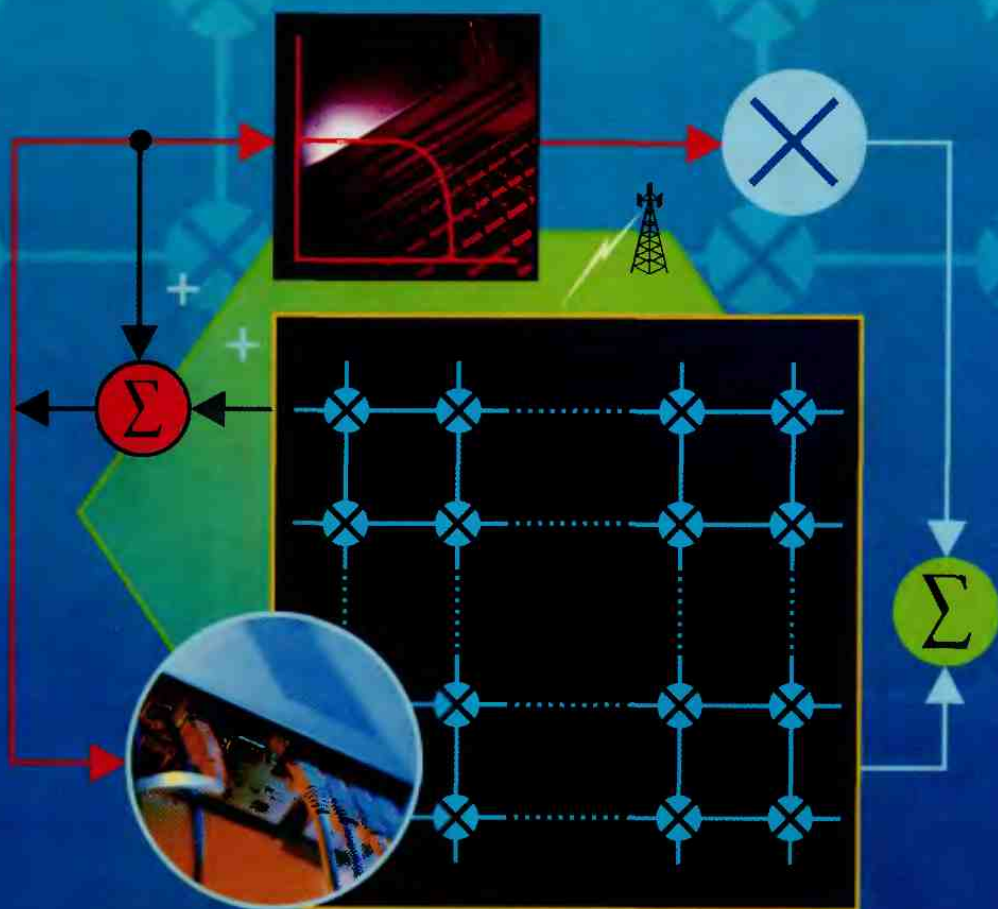


А. Н. Берлин

КОММУТАЦИЯ В СИСТЕМАХ И СЕТЯХ СВЯЗИ



А.Н. Берлин

Коммутация в системах и сетях связи

ЭКСТРЕНДЗ

Москва, 2006

УДК 621.316.5
621.395.34
ББК 32.882

А.Н. Берлин

Коммутация в системах и сетях связи. — М.: Эко-Трендз, 2006. — 344 с.: ил.

ISBN 5-88405-073-9

Рассмотрены архитектура, принципы организации, функционирования и построения различных типов систем коммутации, включая коммутационные станции и их компоненты, сети сигнализации и системы синхронизации. Особое внимание уделено алгоритмам, выполняемым в станциях с программным управлением. Рассмотрены вопросы коммутации и маршрутизации информации в первичных, интеллектуальных, мобильных сетях, а также в сети Интернет.

Содержание книги соответствует стандарту образования по специальности «Сети связи и системы коммутации».

Книга предназначена преподавателям, студентам и аспирантам ВУЗов связи, разработчикам программного и аппаратного обеспечения, специалистам проектных и строительно-монтажных организаций. Ввиду системности и доступности изложения материала она может быть рекомендована широкому кругу читателей, интересующихся теорией и практикой построения и функционирования телекоммуникационных сетей.

ББК 32.882

ISBN 5-88405-073-9

© А.Н. Берлин, 2006

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. ТЕРМИНАЛЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ	12
1.1. Телефонные аппараты и абонентская сеть	12
1.1.1. Потребительские свойства	12
1.1.2. Принципы построения телефонных аппаратов	14
1.1.3. Абонентская кабельная сеть	24
1.1.4. Физические характеристики абонентского участка	25
1.1.5. Абонентские сети и сети доступа	27
1.2. Преобразования информационного сигнала	30
1.2.1. Импульсно-кодовое преобразование	30
1.2.2. Линейные коды	39
1.2.3. Сочетание методов многоуровневой передачи с фазовой манипуляцией	43
1.3. Цифровые абонентские линии	47
1.3.1. Терминалы и устройства для служб ISDN	47
1.3.2. Основные принципы реализации ISDN-терминалов	53
1.3.3. Алгоритмы и процессы работы в ISDN	56
1.3.4. Технологии абонентского доступа xDSL	69
1.4. Принципы преобразования информации	72
1.4.1. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция	72
1.4.2. Компандирование мощности	74
1.4.3. Формирование речевого сигнала и вокодерное преобразование	75
1.4.4. Вокодерное оборудование	76
1.5. Технологии высокоскоростных сетей	78
1.5.1. Групповые тракты высокого порядка. Плезиохронная цифровая иерархия	78
1.5.2. Синхронные цифровые иерархии	80
1.5.3. Режим асинхронной передачи	84
Глава 2. КОММУТАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ	90
2.1. Общие сведения о коммутационных станциях	90
2.2. Построение коммутационных полей	91
2.2.1. Однозвенное коммутационное поле	91
2.2.2. Двухзвенные и многозвенные схемы коммутации	92
2.2.3. Блокировка, смешивание нагрузки, доступность. Виды искания	94
2.2.4. Неполнодоступное включение	96
2.3. Типы управления станциями	97
2.3.1. Управление по ступеням искания	97
2.3.2. Система с централизованным управлением	100

2.3.3. Иерархические системы управления	103
2.3.4. Децентрализованные системы управления	104
2.4. Коммутационные поля	108
2.4.1. Электромеханические декадно-шаговые и координатные коммутационные поля	108
2.4.2. Коммутационные поля на микрoeлектронной элементной базе	121
2.5. Структуры коммутационных систем и принципы установления соединения	134
2.5.1. Координатная АТС	134
2.5.2. Установление соединений в полностью распределенных электронных системах коммутации	136
2.5.3. Краткий обзор некоторых дополнительных видов обслуживания	141
2.6. Управляющие устройства и абонентские комплекты	143
2.6.1. Абонентский комплект координатной станции	143
2.6.2. Комплект аналоговой абонентской линии электронной станции	144
2.7. Структура управляющего устройства и алгоритмическое обеспечение	146
2.7.1. Управляющие устройства в станциях координатной системы	146
2.7.2. Работа маркеров ступени абонентского искания	148
2.7.3. Работа маркера ступени группового искания	150
2.7.4. Управляющие алгоритмы в станциях с программным управлением	151
2.8. Устройства коммутационных систем	153
2.8.1. Устройства станций координатной системы	153
2.8.2. Анализатор кода направления. Кодовый приемопередатчик	157
2.9. Алгоритмы функций, выполняемых в станциях с программным управлением	158
2.9.1. Общие положения	158
2.9.2. Алгоритм сканирования	160
2.9.3. Пример алгоритма, реализующего процесс сканирования	164
2.9.4. Алгоритм передачи команд	166
2.9.5. Пример реализации алгоритма передачи команд	169
2.9.6. Алгоритм приема номера вызываемого абонента	172
2.9.7. Декодирование, анализ номера и выбор направлений	175
2.9.8. Алгоритм поиска промежуточных путей	179
2.9.9. Алгоритмы приема и передачи сигнальной информации	186
2.9.10. Программное обеспечение	192
2.10. Межстанционная сигнализация	208
2.10.1. Линейная сигнализация в координатной АТС	208
2.10.2. Передача управляющей информации в координатных АТС	211
2.10.3. Линейная сигнализация в цифровых системах. Передача сигналов по двум выделенным каналам	217
2.10.4. Передача управляющей информации в цифровых станциях. Общий канал сигнализации № 7	218
2.11. Синхронизация	245
2.11.1. Асинхронная и синхронная передача	245

2.11.2. Цифровые генераторы частотных и акустических сигналов.....	250
2.12. Техобслуживание, эксплуатация и администрирование станций	253
2.12.1. Общие положения	253
2.12.2. Средства и методы технической эксплуатации и обслуживания	254
2.12.3. Некоторые проверочные устройства	258
2.12.4. Программные средства технического обслуживания	259
2.13. Электропитающие установки	262
2.13.1. Общие положения	262
2.13.2. Токораспределительная сеть	263
2.13.3. Обеспечение бесперебойности электропитания.....	265

Глава 3. ПЕРЕДАЧА И КОММУТАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ.....

3.1. Общие принципы построения телефонных сетей связи	269
3.1.1. Городские сети.....	269
3.1.2. Сельские сети.....	271
3.1.3. Междугородные сети	272
3.1.4. Сеть с распределением оборудования	272
3.2. Система нумерации на телефонной сети	273
3.3. Нормированные параметры сети.....	275
3.3.1. Распределение затухания.....	275
3.3.2. Распределение потерь на ГТС.....	276
3.4. Первичные сети.....	277
3.4.1. Линейно-кабельные сети	277
3.4.2. Цифровые каналы и системы	279
3.4.3. Сети АТМ.....	280
3.5. Интеллектуальные сети связи.....	282
3.5.1. Общие положения	282
3.5.2. Принципы построения интеллектуальной сети	282
3.5.3. Пример работы интеллектуальной сети и базовый процесс обслуживания	283
3.6. Сети подвижной связи.....	285
3.6.1. Состав и принципы построения	285
3.6.2. Структура сети коммутации.....	287
3.6.3. Процесс обслуживания вызова.....	289
3.7. Сеть Интернет	291
3.7.1. Сетевые протоколы управления передачей	291
3.7.2. Устройства связи сети Интернет.....	294
3.7.3. Маршрутизация в сети Интернет.....	300
3.8. Принципы построения сети ОКС	305
3.8.1. Компоненты сети и режимы сигнализации.....	305
3.8.2. Зоновые, городские и сельские телефонные сети	306
3.8.3. Междугородные и международные (национальные) сети сигнализации	307

3.9. Маршрутизация в ТФОП. Синхронизация цифровых сетей связи.	
Взаимодействие сетей	309
3.9.1. Объекты, входящие в систему маршрутизации	309
3.9.2. Некоторые типы маршрутизации	311
3.9.3. Особенности алгоритмов маршрутизации	313
3.9.4. Методы синхронизации сетей	314
3.10. Телекоммуникационная сеть управления	316
3.10.1. Общие положения	316
3.10.2. Основные принципы TMN	318
3.10.3. Информационная модель	319
3.10.4. Физическая архитектура	321
3.10.5. Функциональная архитектура и ее связь с физической	323
3.10.6. Иерархия протоколов TMN	324
Приложение 1. Условные обозначения	328
Список сокращений	332
Литература	339

ПРЕДИСЛОВИЕ

Время, в которое написана эта книга, вызывает бурные дискуссии о путях дальнейшего развития телекоммуникаций. Речь идет о том, что блестящее развитие этой области техники, начиная с 50-х годов, привело к тому, что многие проблемы, стоящие перед ней, решены. Лозунг «связь всегда, везде, в любом объеме и удобном виде» успешно реализуется.

Пропускная способность оптических кабелей превышает сегодняшние потребности в передаче. Подвижная связь позволяет доставить информацию прямо к абоненту, где бы он ни находился. Информация доставляется в любом виде — речевом, текстовом в виде изображений.

Много споров идет о судьбе коммутации каналов, поскольку скорости обработки информации современными компьютерами позволяют реализовать новые способы коммутации.

Все это справедливо. Однако не совсем. Как всегда, жизнь богаче теоретических схем. К счастью или сожалению, сети связи необозримо масштабная область и изменить, например, всю сеть планеты Земля за одну ночь или один год невозможно. Да и невыгодно. Поэтому развитие идет следующими путями.

Во-первых, достаточно долгое время будут сосуществовать старое, современное и сверхновое. Под этими терминами в каждый момент времени следует подразумевать различное состояние отрасли. В настоящее время для России (исходя из объема используемой техники): старое — координатная техника и аналоговые системы передачи, современное — цифровая коммутация каналов и сообщений, сверхновое — программная коммутация и совмещение коммутации и обработки.

Конечно, это не означает, что время остановилось, и нет пограничных вопросов, но как рабочая версия в книге принято это состояние. В книге приняты разумные пропорции между старым, новым и сверхновым.

Во-вторых, выбросить все старое не всегда легко. Абонентские медные линии составляют громадный объем, поскольку каждый абонент в конечном итоге должен подсоединиться к станции. Их замена подобна замене песка на всех пляжах мира. Поэтому экономически мир обречен на то, чтобы увеличить эффективность использования уже проложенных первичных сетей. Отсюда вытекают новые направления в телекоммуникационной технике и необходимость изучения уже существующей. Эту необходимость испытали все, кто сейчас внедряет скоростные методы передачи на абонентских сетях.

В-третьих, новое всегда базируется на старом. И формулы механики Ньютона описывают частный, но довольно массовый случай формул теории относительности. Так и в информационной технике. Если отвлечься от элементной базы (реле, транзисторы, микроэлементы, системы команд), а эту возможность дает современная математика, то многие задачи, решенные в условиях жестких ограничений старой элементной базы, дают эффективные решения в новых условиях. Поэтому профессионалам их надо знать.

В-четвертых. В науке и технике, когда поднимаешься на вершину и кажется, что ты ее достиг, открываются новые вершины и новые желания их достичь. Так что кажущиеся завершенными сегодня задачи будут вновь поставлены в измененном виде в других условиях для других целей. Поэтому есть смысл обучать и обучаться в этом направлении.

К радости автора, сегодня вышло множество книг, посвященных вопросам телекоммуникаций, перечислять их безнадежное дело. В первую очередь — это публикации коллективов авторов под руководством Б.С. Гольдштейна, которые отличаются от других книг тем, что изложение ведется людьми, творящими эту технику. Много книг вышло и в издательстве «Эко-Трендз», посвященных вопросам волоконно-оптической связи, подвижной связи, скоростным методам передачи и т.д.

Надо отметить книги с широким диапазоном типа Дж. Беллами «Цифровая телефония» или Л.М.Невдяева «Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник».

Нельзя указать, как это требует стандарт на предисловие, «пробел, который заполняет эта книга». Думается, что нельзя исходить из посылки: «Зачем человеку дарить книгу, если у него уже есть одна». В каждой книге есть что-нибудь полезное. В этой книге автор попытался связать в единую цепь устройства и решения, составляющие существующие сети связи. Это — терминалы, станции и сети телекоммуникаций.

Содержание книги во многом определено стандартом образования по специальности «Сети связи и системы коммутации», но оно несколько расширено в соответствии с требованиями сегодняшнего дня. Книга адресована преподавателям, студентам университетов, а также специалистам, работающим в области телекоммуникаций.

При написании книги автор широко пользовался информацией из сети Интернет, официальными документами международных организаций по связи.

Автор благодарит Б.С. Гольдштейна, от которого получено любезное согласие на использование некоторых материалов книг его и его сотрудников. Во всех случаях даются ссылки на использованные материалы.

При написании книги широко использован многолетний опыт автора по разработке и внедрению систем телекоммуникаций в промышленности, а также опыт преподавания в СлбГУТ.

Громадную работу по редактированию проделал Л.Б. Бельман. В результате полностью переписаны разделы, касающиеся сети Интернет, программного обеспечения. Книга стала четче и понятнее.

Все замечания, предложения по дополнению разделов и другие сообщения
просьба присылать по адресу:

127473, «Эко-Трендз», г. Москва 2-й Щемиловский пер., 5/4; E-mail: izdat@ekot.ru
или автору: e-mail: aberlin@att.net.

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая читателю книга написана для специалистов, преподавателей и студентов университетов телекоммуникаций и информатики. Содержание книги во многом определено стандартом образования по специальности «Сети связи и системы коммутации» [27, 51]. Самым главным было свести в единое целое освещение ряда основных вопросов современных телекоммуникаций. Она будет несомненно полезна широкому кругу специалистов-связистов, стремящихся пополнить и углубить свои знания в области современных систем коммутации, включая аппаратуру и программное обеспечение АТС.

Эта книга — обобщенное знакомство с дисциплиной, которая на жаргоне специалистов прежде называлась «телефония». В последние 30–40 лет телефония претерпела серьезные изменения даже терминологически. Цитируя [65], можно сказать, что общий термин «телекоммуникации», который многие годы использовался в значении «электросвязь» или «дальняя связь», теперь охватывает все способы передачи информации. И это не просто изменение названия, а констатация факта перемен. Не так давно системы обмена информацией включали в себя только телефон и телеграф в самом примитивном смысле. Эти системы осуществляли свои непосредственные задачи и не оказывали никакой помощи абоненту, обслуживаемому персоналу и сети. С увеличением числа абонентов в процессе развития связи появились информационные структуры, которые из-за сложности решаемых задач перешли на программное управление. Это произошло не так давно — всего 40–45 лет тому назад. Теперь это сложные, широкомасштабные и многопроблемные системы, для их изучения необходимы классификация и системный подход. Они содержат новые среды передачи информации, включая волоконно-оптические, спутниковые, мобильные средства связи.

Телекоммуникационные системы можно рассматривать с различных точек зрения. Ниже будет использоваться порядок изучения, соответствующий широко принятой многоуровневой Модели Открытых Систем (МОС — OSI), которая еще не раз с различной степенью подробности будет представлена в этой книге. Во введении рассматривается перечень задач, выполняемых на каждом уровне или, как говорят, «спецификация» системы. В следующих главах мы шаг за шагом будем рассматривать реализацию задач каждого уровня МОС.

Использование в качестве методической основы изложения МОС позволит систематизировать изложение широкого круга вопросов.

На рис. В.1 представлен стек уровней этой модели.

Прикладной уровень. В соответствии с этой моделью рассмотрим структуру основных свойств системы. На этом уровне рассматриваются потребительские свойства системы, реализующие диалог с пользователем. Он представляет собой наиболее динамичную и быстро изменяемую часть системы.

Наиболее стабильную часть представляют потребности обычных абонентов, которые хотят иметь услуги обмена речью и текстами. Но даже и в этой, казалось бы устоявшейся категории потребителей, возникают потребности, отличающиеся от обычных. Например, помощь в наборе номера. Из различных видов такой услуги можно выделить: запоминание и набор последних *n* номеров, сокращенный набор, соединение без набора номера и другие. Большую группу составляют услуги помощи для доступа к абоненту. Поста-



Рис. В.1. Уровни телекоммуникационной системы, согласно МОС

новка в очередь, предупреждение о поступлении вызова занятому абоненту, возможность подключения второго абонента без прерывания предыдущего соединения и т.п. Наряду с этими услугами возникают группы абонентов с новыми потребностями, точнее, телекоммуникационные системы представляют услуги для новых групп потребителей.

Известны примеры других приложений, требующих передачи и приема не только речевой информации: дистанционные библиотеки, дистанционное образование, торговля и финансы, видео по требованию и т.д.

Представительский уровень (уровень представления). Описание информационной системы на пользовательском уровне позволяет сформулировать требования к следующему представительскому уровню. Вся информация, которую порождает пользователь, делится на речевую, текстовую, неподвижные изображения, подвижные изображения.

Каждый из перечисленных видов информации требует своих терминалов и принципов обслуживания. Сегодня всем известны телефонные аппараты для приема и воспроизведения речи, не менее популярны звуковые колонки на компьютерах, комплекты наушник–микрофон. Для приема и передачи текстовой информации известны факсы, дисплеи. Они же применяются при передаче неподвижных изображений. Для передачи подвижного изображения в терминальной установке абонента требуются телевизионные приемники (а иногда и передающие камеры) или компьютеры со специальными программами и оборудованием.

Сеансовый уровень. Этот уровень определяет режимы и длительность обслуживания источников информации. Основной вид сеанса — заказ абонента. В этом режиме соединение создается и завершается по инициативе потребителя. Известны также сеансы по расписанию, например, при радио- и телевизионных трансляциях. Возможны также расписания, при которых доступ к ресурсам транспортной сети происходит по расписанию, автоматически заложенному в управляющем устройстве.

В последнее время получил распространение режим «виртуального соединения». В этом случае для соединения резервируются ресурсы транспортной сети, но они занимаются только при наличии информации. Сеансы также могут отличаться *режимами рассылки информации*.

Режим непосредственного общения абонентов (точка–точка) наиболее часто используемый режим, когда информация проходит от одного абонента к другому.

Циркулярный режим. Информация рассылается от одного источника ко всем абонентам сети или избранной группе. Примером такого режима является радиовещание и телевидение. Циркулярный режим может использоваться на телефонных станциях, например, в конференцсвязи.

Коллективный доступ. Любой абонент сети имеет доступ к источнику информации. Например, служба времени на телефонных станциях, доступ к базе данных в навигационных системах сети Интернет. Частный случай коллективного доступа — доступ для группы абонентов к одному источнику данных (например, закрытые группы абонентов).

По принципу передачи и приема информации известны *симплексный и дуплексный* способы обмена. В первом случае информация поступает в любом из указанных выше режимов только в одну сторону. Дуплексный режим обозначает двусторонний обмен между двумя или более абонентами.

При работе с компьютерными сетями говорят о режиме диалога (интерактивный режим) и режиме доступа.

Транспортный уровень. Взаимодействие оборудования осуществляется через сети, связывающие между собой источники и потребителей информации. Для этого предназначены транспортные (первичные) сети, которые построены на основе проводных или радиосредств, включая радиорелейные и спутниковые линии. В задачу транспортных сетей входит обеспечение предложенной нагрузки (всех поступивших заявок) и создание надежной связи. Эти задачи решаются различными аппаратурными и программными средствами, которые будут рассмотрены в последующих главах.

Сетевой уровень. Он предназначен для доставки информации в точку, заданную абонентом. При этом решаются вопросы повышения вероятности установления соединения (обходные пути), обеспечения качества передаваемой информации (выбор ресурсов сети в соответствии с типом источника). Вопросы маршрутизации тесно связаны с нумерацией абонентов и различными идентификационными номерами в компьютерных сетях, поскольку задание конечной точки соединения происходит путем передачи в систему этих номеров. Одна из самых интересных и сложных задач телекоммуникационной техники, которая непрерывно совершенствуется, — маршрутизация, осуществляемая сетевым уровнем.

Канальный уровень (уровень звена данных). Рассматриваемый уровень выполняет задачи защиты информации и повышения достоверности ее передачи. В некоторых системах первого поколения на этом уровне происходил обмен сигналами для установления соединения. На данном уровне не рассматривается содержание информации, она воспринимается и обрабатывается системой как совокупность двоичных символов, расположенных в определенной последовательности. Защита заключается во введении избыточной информации, которая при искажении сообщения дает возможность определить факт ошибки. Методы повышения достоверности позволяют исправить ошибки, в том числе методом повторной передачи.

Физический уровень. Все указанные выше действия используют передающую среду. Основными средами для передачи информации служат кабельные системы (электрические и оптические), радиоканалы. Физический уровень использует различные способы переноса информации, называемые модуляциями (манипуляциями).

Для передачи информации в виде *аналоговых электрических сигналов* она может быть представлена в виде значения амплитуды, частоты, фазы или любой комбинации этих параметров.

Для обмена информацией используется также *цифровое кодирование* сигналов и разделение на каналные промежутки, при этом каждый информационный канал имеет определенное положение на временной оси. Основным способом обмена информацией — импульсно-кодовая модуляция (ИКМ).

Пакетная коммутация информации состоит в том, что данные разбиваются на пакеты и каждому на передающем конце присваивается адрес приемника. Это позволяет приемнику принять предназначенные ему пакеты.

Изложение большинства рассмотренных в книге задач подчиняется изложенному выше делению на уровни.

Глава 1

ТЕРМИНАЛЫ И ПРИНЦИПЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

1.1. Телефонные аппараты и абонентская сеть

1.1.1. Потребительские свойства

Термин «телефонный аппарат» привычен для нашего слуха, но в настоящее время существует целый ряд устройств, выполняющих на потребительском уровне те же функции и носящих другие названия [38]. Например, специальные звуковые колонки и микрофон, используемые при передаче речи через компьютер, операторский комплект «гарнитура», состоящий из наушников и микрофона и т.п. Ниже будем рассматривать «классический» телефонный аппарат, а затем обратим внимание на особенности других устройств.

Нам с раннего возраста известно: телефонный аппарат предназначен для преобразования акустической энергии речи в электрический сигнал. Рассмотрим, по каким потребительским свойствам оценивается аппарат. Подробно этот вопрос рассмотрен в [17, 26, 38].

Слоговая разборчивость

Этот показатель относится не только к телефонному аппарату, но и ко всей системе, передающей речь. Слоговая разборчивость определяется как отношение числа правильно принятых по испытуемому тракту слогов к общему числу переданных и выражается в процентах. Телефонный аппарат должен обеспечивать слоговую разборчивость 80–90% при включении его в телефонный тракт при затухании каждой абонентской линии 4,5 дБ и затухании соединительной линии 22,5 дБ, при уровне шума в помещении приема 60 дБ (о затухании и способах его измерения будет сказано в дальнейшем). Этот показатель, конечно, является субъективным и зависит от многих причин, в том числе технических. Человеческая составляющая разборчивости: слуховой аппарат принимающей стороны и тембр голоса передающей стороны, техническая составляющая — громкость передатчика. Разборчивость речи, естественно, может оцениваться только статистически и в сравнении с некими эталонными условиями. Например, проводятся испытания с группой абонентов по восприятию от одного источника одной эталонной фразы. Далее фиксируется отношение правильного восприятия к ошибочному. В дальнейшем зачитывается текст (например, газетная полоса), незнакомый испытуемым, и снова определяется коэффициент слоговой разборчивости.

Для достижения такого интегрального показателя, как слоговая разборчивость, необходимо выполнить требования к ряду технических характеристик, обычно указываемых в паспорте телефонного аппарата. Это полоса воспроизведения и равномерность частотной характеристики. Наибольший диапазон частот, который воспринимает человек, находится

в пределах от 10 Гц до 20 кГц. Низкие частоты создаются, например, басовыми духовыми инструментами, крупными барабанами и т.п. Высокие ноты (соответственно, частотные характеристики сигналов) создают скрипки и другие инструменты ведущей оркестровой группы. Однако человеческий голос содержит гораздо меньший диапазон частот. Обычный человек (если он не оперный певец) порождает звуки в диапазоне 300–3400 Гц. Естественно, что конкретные люди различаются по диапазону голоса, чем создают неповторимую гамму человеческой речи.

Из всего вышесказанного следует вывод о потребительских свойствах телефонного аппарата. Требования к частотному диапазону системы зависят от ее назначения. Вся телефонная сеть и ее приборы предназначены для передачи и приема речевой информации в диапазоне 300–3400 Гц. Для расширения диапазона звучания применяются различные приемы на концах телефонной линии. Обычно они предназначаются для улучшения распознаваемости голоса или для приложений, где необходимо музыкальное сопровождение.

Равномерность частотной характеристики

В пределах абонентского терминала эта характеристика зависит от характеристик звуковоспринимающей и звуковоспроизводящей аппаратуры. Величины затухания и воспроизведения сигнала измеряется в децибелах (дБ). Для их значений заданы нормы по всей сети, которые будут рассмотрены в разделе 3. Эти параметры зависят от характеристик тракта (терминала, станций, сети передачи). Известно, что наиболее трудно проходят через систему очень низкие и очень высокие звуки.

Диаграммы на рис. 1.1 отображают желательные формы характеристик приборов разговорного тракта. Кривая 1 показывает, что в полосе пропускания ослабление сигналов (затухание) тракта обмена, включая терминалы, должно быть одинаково для всех частот. Аналогичная картина должна соблюдаться при воспроизведении звука (кривая 2).

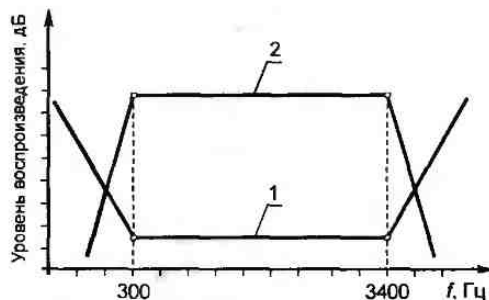


Рис. 1.1. Характеристики приборов разговорного тракта:
1 — затухание (ослабление сигнала); 2 — воспроизведение сигнала

Однако свойства человеческого уха вносят свои коррективы. Человеческое ухо воспринимает различные частоты с разной чувствительностью. Наиболее восприимчиво оно к частотам в диапазоне 800...1000 Гц. Из этого факта следует, что все устройства разговорного тракта должны передавать и принимать информацию без искажений. Однако подавление шумов, возникающих, например, в устройствах электропитания, действует на слуховой аппарат человека и должно проводиться избирательно (рис. 1.2) в различных диапазонах час-

тот, поэтому говорят о «псофометрических шумах», т.е. шумах, обработанных с учетом человеческого фактора.

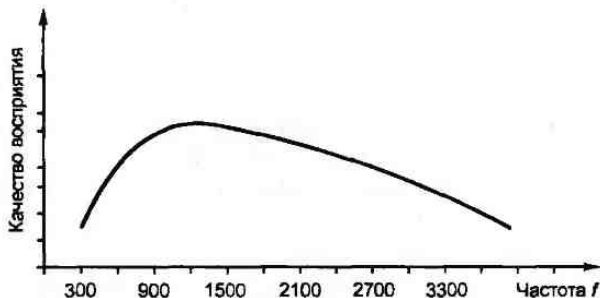


Рис. 1.2. Псофометрическая диаграмма

Взаимное влияние микрофона и телефона

Одно из специфических требований, которые из всех звуковых приборов предъявляются только к телефонным аппаратам, — это необходимость уменьшения перехода звуков из собственного микрофона в собственный телефон. При одновременном поступлении собственного голоса в виде эха такая обратная связь может подавлять посторонними шумами полезную речь. К сожалению, уровень перехода звуков из собственного микрофона в телефон не указывается в документах, прилагаемых к телефонному аппарату. Известно, что компьютерная телефония использует терминал, состоящий из микрофона и звуковых колонок. Они свободно располагаются по отношению друг к другу, что создает большие трудности в защите от взаимного влияния. Поэтому терминалы компьютерной телефонии, как правило, пока не соответствуют тем принятым нормам, о которых будет сказано далее.

1.1.2. Принципы построения телефонных аппаратов

В настоящее время в соответствии с режимами использования известны три типа аппаратов:

- телефонная трубка, гарнитура;
- громкоговорящая связь;
- терминалы для компьютера.

Первый и второй типы могут совмещаться в одном аппарате [10].

Основные электрические цепи простейшего телефонного аппарата показаны на рис. 1.3^{*}. На последующих рисунках (рис. 1.4–1.6) рассмотрена работа отдельных его цепей.

Телефонный аппарат содержит следующие компоненты:

- цепь вызывного тока;
- приборы преобразования речи (микрофон и телефон);
- цепь, устраняющая местный эффект и улучшающая качественные характеристики аппарата.

Рассмотрим работу каждой из цепей в отдельности.

* Для анализа этой и последующих схем следует воспользоваться приложением I, где приведены условные обозначения.

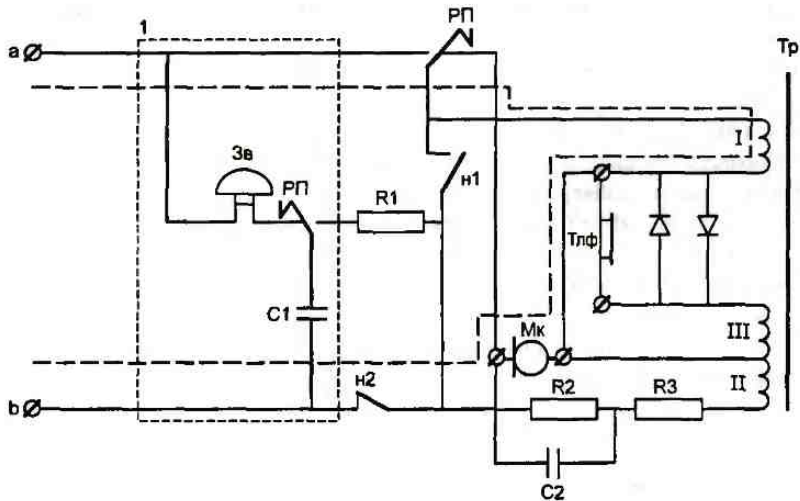


Рис. 1.3. Принципиальная схема телефонного аппарата:
 $R1 = 200 \text{ Ом}$; $R2 = 820 \text{ Ом}$; $R3 = 130 \text{ Ом}$; $C1 = 1 \text{ пФ}$; $C2 = 0,5 \text{ мкФ}$

Цепь приема сигнала «посылка вызова» (1 на рис. 1.3) состоит из звонка, разделительного конденсатора и рычажного переключателя. Звонки в исходном положении (при положенной телефонной трубке) включен в абонентскую линию, при снятии трубки цепь звонка отключается от линии контактом рычажного переключателя (РП). Конденсатор $C1$ предназначен для того, чтобы через звонок не проходил постоянный ток от стационарной батареи, обеспечивающей электропитание микрофона в состоянии «разговор».

Сигнал «посылка вызова» представляет собой синусоидальный сигнал частотой 25 Гц и амплитудой 90 В с постоянной составляющей –60 В. Такие параметры появились еще на начальном этапе внедрения телефонов, когда ток вырабатывался специальным прибором — «индуктором», а звонки требовали значительной мощности для своей работы. Поэтому иногда сигнал «посылка вызова» называют «индукторным», а часть аппаратуры, обеспечивающую прием и обработку этого сигнала в аппарате и на станции, — «индукторными цепями».

Высокое значение напряжения препятствовало применению микросхем в цепях послышки вызова, что долгое время увеличивало стоимость и габариты станций. В настоящее время используется очень много телефонных аппаратов с применением акустического вызова. В этом случае вместо обычного звонка устанавливается акустическое устройство, которое вырабатывает мощный акустический сигнал. Однако для получения звука, по мощности равного звонку, требуется гораздо меньшее напряжение.

Акустические вызывные устройства, заменяющие электрический звонок в телефонном аппарате, называются электроакустическими конверторами (пьезокерамическими преобразователями либо громкоговорителями). Они преобразуют послышку вызова в двухполупериодные акустические сигналы с изменяемой частотой.

Цепи электропитания микрофона. Для работы микрофона требуется, чтобы через него проходил ток определенной величины, для чего со станции на контакты a и b подается постоянное напряжение с заземленной положительной полярностью величиной –60 В (см. рис. 1.3).

Ток электропитания микрофона (обозначен пунктиром на рис. 1.3) протекает через следующие элементы телефонного аппарата:

- контакт рычажного переключателя (РП), который обеспечивает наличие тока только при подъеме трубки;
- обмотку трансформатора I , назначение которой будет объясняться чуть дальше;
- контакт номеронабирателя (n_2), который при работе диска номеронабирателя передает импульсы набора номера на станцию.

На рис. 1.3 показан контакт номеронабирателя n_1 , который шунтирует телефон на время набора номера и тем самым предупреждает треск в телефоне.

Устранение местного эффекта обеспечивает часть телефонного аппарата, которую кратко называют противоместной схемой. Она устраняет попадание сигнала собственного микрофона в телефон. Противоместная схема имеет несколько вариантов построения:

- по принципу компенсации;
- мостовая схема.

На рис. 1.4. рассматривается схема, построенная по принципу компенсации.

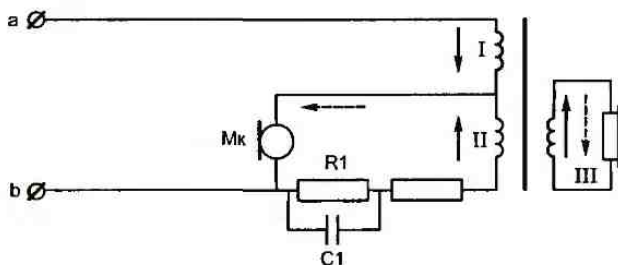


Рис. 1.4. Принципиальная схема телефонного аппарата в части, устраняющей местный эффект по принципу компенсации:

—→ нелинейный ток; —→ ток компенсации

Ток, порождаемый микрофоном в линейной цепи и, в частности, в обмотке I , передается трансформатором в цепь телефона (обмотка III). Одновременно микрофон с помощью обмотки II передает тот же сигнал в цепь телефона, но уже в обратном направлении. Последнее компенсирует ток, наведенный в телефон по линейной цепи от микрофона. Обратный речевой сигнал проходит только по линейной обмотке II и не компенсируется, поскольку полностью проходит через телефон.

Мостовые схемы, устраняющие местный эффект, показаны на рис. 1.5. Известны мостовые схемы, в которых источник включен в одну диагональ этой схемы, тогда приемник, включенный во вторую диагональ, не принимает сигнал источника при выполнении определенных требований к сопротивлениям, включенным в стороны мостовой схемы. В противоместной схеме микрофон включается в одну из диагоналей, а телефон — в другую. Стороны моста образуются сопротивлением линии $R_{\text{лин}}$ и балансным контуром. Последний представляет собой набор из конденсаторов и сопротивлений, совокупность которых дает комплексное сопротивление, равное сопротивлению линии. Значения сопротивлений R_1 , R_2 равны, что позволяет иметь между точками a и b напряжение, равное 0. При этом ток, генерируемый микрофоном, не воздействует на телефон.

Принцип организации громкоговорящей связи. В большинство современных телефонных аппаратов монтируются устройства для громкоговорящей связи. Они используются при работе автоответчика, есть также варианты их использования для воспроизведения акустической посылки вызова.

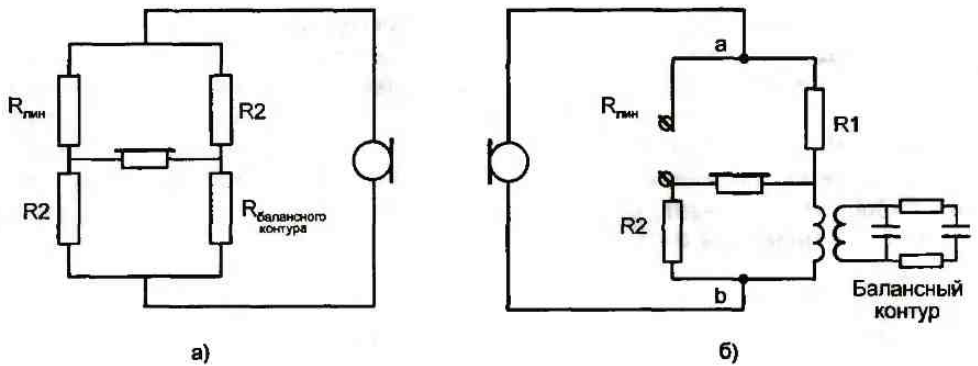


Рис. 1.5. Мостовая противоместная схема

Структурная схема такого устройства показана на рис. 1.6. Этот вариант аппарата отличается от обычного наличием переключателей, усилителей, он также содержит два типа микрофона и телефона. Один тип предназначен для телефонной трубки, а другой — для стационарной установки «без рук».

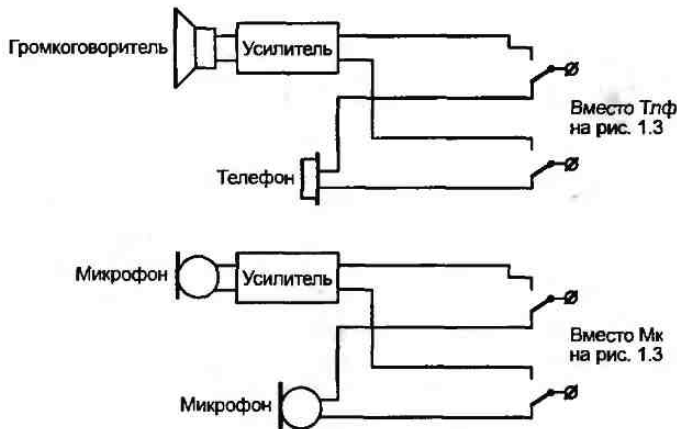


Рис. 1.6. Структурная схема включения в телефонный аппарат устройств организации громкоговорящей связи

Принципы построения микрофона

Микрофон предназначен для преобразования акустической энергии звука в электрическую энергию. Основной принцип действия микрофона состоит в том, что в электрическую цепь включается прибор, изменяющий свои параметры (обычно сопротивление, иногда емкость) под воздействием энергии звука. Первым таким элементом был угольный микрофон, который широко используется до сих пор. Позднее в качестве материала для микрофона применялся кварц и даже световые преобразователи.

Рассмотрим принцип построения угольного микрофона.

Угольный микрофон. Принцип построения угольного микрофона представлен на рис. 1.7. Он содержит угольный порошок, который под влиянием звуковой энергии ме-

няет свою плотность. При большом давлении он уплотняется и уменьшает сопротивление току, при уменьшении давления сопротивление вновь увеличивается. Для нормальной работы угольного микрофона требуется ток 30 мА. При напряжении -60 В, которое обычно применяется на российских телефонных станциях, такой ток соответствует сопротивлению 2 кОм. Это значение включает в себя сопротивление шлейфа (шлейф — это пара проводов, соединяющая телефонный аппарат со станцией) и сопротивление цепей электропитания 2×500 Ом. Это эквивалентно расстоянию примерно $5-7$ км (при использовании медной жилы диаметром $0,4$ мм). Минимальное значение тока в линии составляет около 15 мА, что соответствует сопротивлению около 4 кОм и дает возможность обслуживать абонентов на расстоянии около 10 км при приемлемом качестве передачи сигнала. Для больших расстояний (например, в сельской местности) иногда используется повышенное напряжение электропитания.



Рис. 1.7. Принцип построения угольного микрофона

Максимальный ток, допустимый в микрофоне, — 60 мА. Дальнейшее увеличение тока может привести к «спеканию» угольного порошка в сплошную массу и выходу микрофона из строя. Поэтому, чтобы ограничить максимальное значение тока в цепи микрофона, на станции в цепь электропитания включают две обмотки реле с сопротивлением по 500 Ом каждое. Это дает возможность даже на самой короткой линии иметь нормальное значение тока.

Электретные и конденсаторные микрофоны. Хотя электромагнитные микрофоны дают удовлетворительное качество речи, в технике идет постоянное совершенствование микрофонов на других физических принципах. Одно из направлений — создание микрофонов на основе материалов, которые при звуковом давлении вырабатывают ЭДС, зависящую от величины звукового давления. На рис. 1.8 показан один из способов включения электретного микрофона.

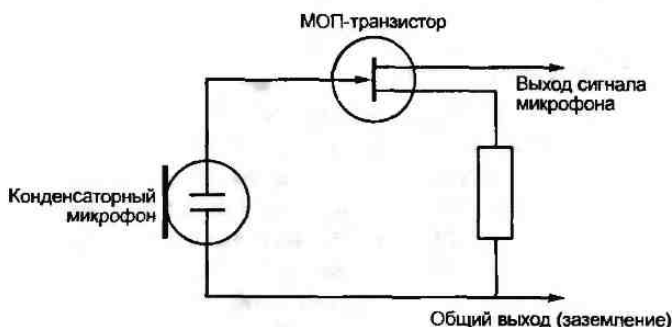


Рис. 1.8. Внутренняя схема электретного микрофона

Поскольку вырабатываемая ЭДС мала, ее подают на усилитель, который построен базе МОП-транзистора и получает электропитание по абонентской линии. Кроме этого, МОП-транзистор обеспечивает последовательное протекание тока, что очень важно для работы коммутационной станции. Его внутреннее сопротивление больше, чем у металлического контакта, но достаточно мало по сравнению с сопротивлением линии.

Еще один из принципов построения микрофона основан на применении конденсатора, который имеет одну подвижную обкладку и меняет величину емкости в зависимости от звукового давления (рис. 1.9).

Основным недостатком этого принципа является необходимость подключения источника электропитания (миниаккумулятора).

Принципы построения электромагнитного телефона

Наиболее распространенной является электромагнитная схема телефона (рис. 1.10).

Телефон содержит электромагнит, состоящий из обмотки, сердечника и железной пластинки. Под влиянием тока, приходящего из линии, в телефоне вырабатывается электромагнитная энергия, которая приводит в действие металлическую пластину. Движение этой пластины порождает звук. Рассматриваемая конструкция имеет один недостаток. Он заключается в том, что порождаемое магнитное поле не зависит от полярности проходящего тока. На любое увеличение тока электромагнит отвечает увеличением действующей на пластину силы, независимо от полярности, и синусоидальный сигнал порождает однополярный поток, который вызывает искажение речи. Поэтому вводится постоянное подмагничивание.

На рис. 1.10, сплошные линии показывают исходное состояние мембраны, а прерывистые — колебания мембраны. На рис. 1.10, а колебания односторонние, а на рис. 1.10, б исходное положение мембраны за счет подмагничивания вогнутое и колебания идут в две стороны.



Рис. 1.9. Внутренняя схема конденсаторного микрофона

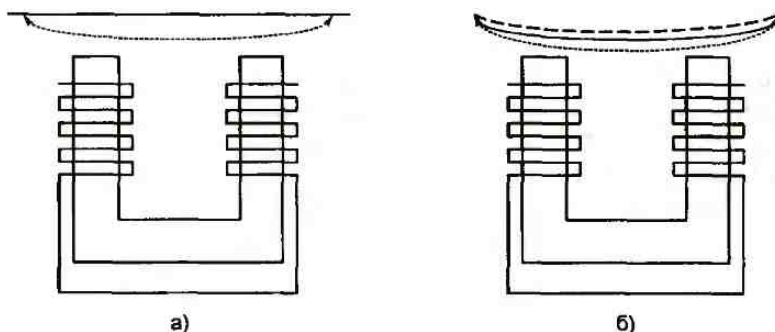


Рис. 1.10. Принцип построения электромагнитного телефона

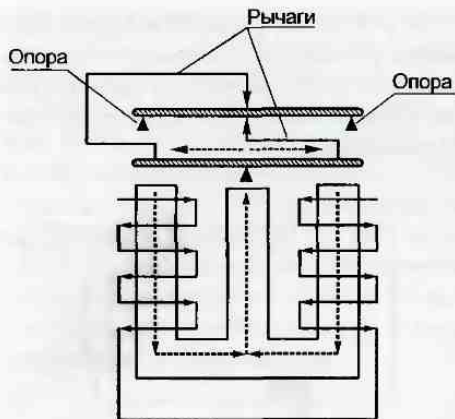


Рис. 1.11. Принцип работы телефона с дифференциальной рабочей цепью

Дифференциальный принцип построения телефона основан на том, что электромагнитная цепь совместно с механической частью мембраны построена таким образом, что передает различные полярности значений тока колебаниями мембраны в различные стороны от нейтрального положения (рис. 1.11).

Микрофон содержит дифференциальную систему, а обмотки создают два противоположных потока. Имеются также рычаги, один из которых воздействует на мембрану вверх и вниз — до нейтрального положения, а другой — вниз и вверх, до нейтрального положения. Таким образом, в зависимости от полярности тока мембрана принимает два различных положения. При этом искажения, которые возникают в обычной цепи без подмагничивания, устраняются за счет усложнения механической системы.

Набор номера и номеронабиратели

Долгое время единственным способом передачи номера входящего абонента (абонента Б) на станцию был импульсный набор. Цифры передавались с помощью периодического разрыва шлейфа. Способ такой передачи уже был частично рассмотрен при описании цепей электропитания микрофона. При этом на станцию передавались импульсы, число которых было равно значению передаваемой цифры. Требования к временным параметрам импульсов следующие. Скорость передачи — 10 имп/с, т.е. время размыкания и замыкания, отводимое на один импульс, $t_{\text{и}} = 100$ мс.

Отношение между временами размыкания и замыкания, составляющими соответственно: $t_{\text{разм}} = 60$, $t_{\text{зам}} = 40$ мс, называется импульсным коэффициентом $k = t_{\text{разм}}/t_{\text{зам}}$. Для приведенных выше данных $k = 1,5$. Идеальных номеронабирателей не бывает, поэтому допускаются следующие разбросы во временных параметрах: скорость диска $v_{\text{д}}$ — от 7 до 12 имп/с; разброс импульсного коэффициента: $1,1 < k < 2,1$.

Очевидно, что

$$t_{\text{и}} = t_{\text{зам}} + t_{\text{разм}} = t_{\text{зам}}(1 + k),$$

$$t_{\text{и}} = t_{\text{разм}} \left(1 + \frac{1}{k} \right).$$

Простой расчет показывает, что минимальное время замыкания — 27 мс (12 имп/с, $k = 2,1$), а максимальное время размыкания — 97 мс (7 имп/с, $k = 1,1$).

Межсерийная пауза $t_{\text{мп}} = 200 \dots 500$ мс. Время отбоя — $t_{\text{отб}} > 200$ мс.

На рис. 1.12 приведена диаграмма, отображающая набор цифр 22.

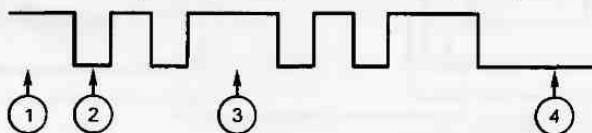


Рис. 1.12. Диаграмма набора номера с помощью импульсного номеронабирателя: 1 — исходное положение; 2 — два импульса; 3 — межсерийная пауза; 4 — отбой

Частотный номеронабиратель. Этот способ набора номера отличается тем, что информация о набранном номере передается с помощью комбинации двух частот. Такой способ передачи ускоряет набор номера и, как будет показано в дальнейшем, уменьшает вероятность ошибки при передаче цифр набранного номера. Комбинации частот и их закрепление за номерами показаны на рис. 1.13. Код образуется с помощью двух групп частот, для образования комбинации из каждой группы берется по одному сигналу. Тогда закрепление частот будет следующее:

$f_0, f_4 — 1, f_0, f_5 — 2, f_0, f_6 — 3, f_0, f_7 — 4, f_1, f_4 — 5, f_1, f_5 — 6, f_1, f_6 — 7, f_1, f_7 — 8,$
 $f_2, f_4 — 9, f_2, f_5 — *, f_2, f_6 — 0, f_2, f_7 — D.$

		1209	1336	1477	1633	
F_0	697	1	2	3	A	X_1
F_1	770	4	5	6	B	X_2
F_2	852	7	8	9	C	X_3
F_3	941	*	0	#	D	X_4
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	
		F_4	F_5	F_6	F_7	

Рис. 1.13. Распределение частот в номеронабирателе

Генераторы и связь с клавиатурой. Многочастотный генератор (рис. 1.14) синтезирует частоты с помощью цифровых отсчетов. Программатор отсчетов по командам управления выработывает цифровые значения, соответствующие амплитуде сигнала в данной временной точке, и они последовательно через регистр сдвига поступают на цифро-аналоговый преобразователь ЦАП. На его выходе получается аналоговый сигнал, который передается в линию.

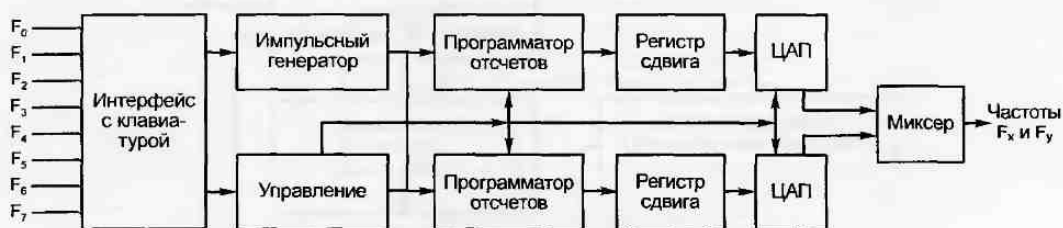


Рис. 1.14. Многочастотный генератор для двухчастотного набора:
 F_x — частота из группы нижних частот; F_y — частота из группы высших частот

При использовании цифрового тракта сигнал вводится прямо в цифровой тракт без цифро-аналогового преобразования.

На рис. 1.15 показана связь генератора с клавиатурой. При нажатии одной клавиши сигнал запуска подается на два входа многочастотного генератора.

Время между двумя цифрами зависит от скорости набора номера абонентами. Поэтому нормировать длительность посылки и паузы невозможно. Они определяются приборами станции по факту смены одной из частот.

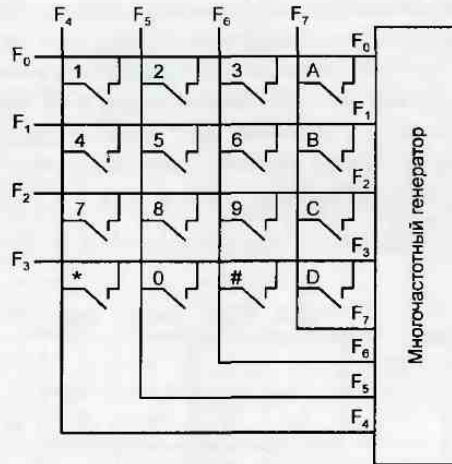


Рис. 1.15. Клавиатура двухчастотного набора и ее связь с многочастотным генератором

На станции приборы приема номера должны быть рассчитаны на прием как импульсных, так и частотных сигналов абонентского номера.

Дополнительные услуги телефонного аппарата

Типы услуг телефонного аппарата непрерывно расширяются, требуя новых ресурсов. Для их выполнения устанавливается дополнительная память с соответствующим управлением или небольшой микропроцессор (рис. 1.16).



Рис. 1.16. Структурная схема устройств запоминания и выдачи номера

Рассмотрим организацию некоторых новых услуг:

- запоминание последних n набранных номеров и их выдача по команде (повторный вызов);
- запоминание n любых номеров и выдача их по команде абонента.

Обе эти услуги выполняются одним и тем же устройством, основу которого составляет оперативная память. Набранные абонентом номера поступают в нее, далее они преобразу-

ются в линейную форму и передаются с помощью контакта реле (импульсные последовательности) или трансформатора (частотный набор) в линию. Устройство может запомнить n ($n = 5 \dots 10$) номеров.

Управляющее устройство (микропроцессор) позволяет по сигналу абонента выбрать один из этих номеров и передать его в линию. Под управлением абонента микропроцессор может также записать любые n номеров и далее вызвать их и передать в линию. Кроме этих устройств, в аппарат устанавливается табло, на котором отображаются номера абонентов и выставляется «меню» для руководства действиями абонента.

Программы, записанные в микропроцессор, определяются поставщиком телефонного аппарата и зависят от принятого процесса общения (например, услуги выбора языка и текстовой записи в телефонную книгу и другие служебные программы, которые не определяются алгоритмом работы со станцией).

Набор современных услуг включает в себя также автоответчик, запросы номера входящего абонента и его запоминание и т.д. Эти и другие услуги частично будут рассмотрены далее. Некоторые новые услуги (к примеру, автоответчик) относятся к другим областям техники.

Имеется еще один вид услуг, выполняемых в современных телефонных аппаратах, — это функции таксофона. При этом процессор осуществляет контроль времени и кассирование монет с учетом вызванной зоны по сигналам, получаемым со станции. Для выполнения дополнительных услуг в телефонный аппарат может монтироваться микропроцессор. Напомним его особенности.

Микропроцессор

Микропроцессор представляет собой обычный набор «процессор–память», применяемый в компьютерах [44]. Интерфейс контроллера абонентского доступа представляет собой типовое решение (рис. 1.17).

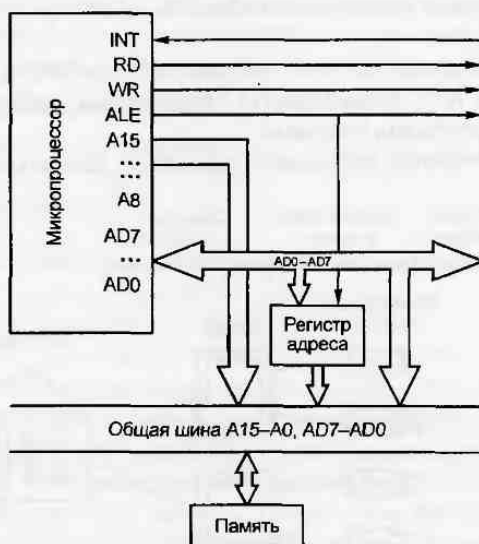


Рис. 1.17. Цепи управляющего микропроцессора

- Назначение различных выходов микропроцессора, представленных на рисунке, следующее:
- AD0–AD7 — двунаправленные шины адреса и данных. При передаче от микропроцессора к контроллеру адреса они мультиплексированы, т.е. передача адреса отделена по времени от передачи данных. Они не мультиплексированы при передаче данных;
 - A8–A15 — старшие разряды адреса, используются для расширения адресного пространства;
 - ALE (Address Latch Enable) — признак, который указывает на то, что адрес должен быть выведен на внешнюю шину;
 - RD (Read) — признак, указывающий на проведение операции чтения;
 - WR (Write) — признак, указывающий на проведение операции записи;
 - INT (Interrupt Request) — запрос на прерывание от контроллера к микропроцессору.

1.1.3. Абонентская кабельная сеть

Производительность абонентских линий во многом определяет пропускную способность тракта. В пределах абонентской сети возникает множество проблем, обусловленных тем, что это самый массовый участок любой информационной сети [75]. Несмотря на прогресс в создании проводных и оптических сетей, радиосредств, решающих проблемы этого участка, он все еще использует много старых решений. Переоборудование этого участка требует больших инвестиций, поэтому экономичные решения основаны на возможностях расширения пропускной способности этого участка без замены кабеля.

Абонентская сеть содержит следующие основные участки (рис. 1.18):

1. Квартирная разводка («последний фут»). Это участок разводки по квартире, который соединен недорогими проводами с телефонной коробкой, расположенной на ближайшем расстоянии от квартиры или дома. В коробку сводятся двухпарные кабели от 20 квартир и одна испытательная пара. Максимальная длина этого участка — 150 м.

2. Абонентский участок («последний ярд»). От телефонных коробок 20-парный кабель разводится до шкафа, который рассчитывается на 600–1000 пар. Максимальная длина участка 500–700 м.

3. Шкафной участок от шкафа до АТС. Средняя длина — 3000 м (максимальная — 5 км). Он проходит от шкафа до АТС и выполняется 600-парными кабелями, уплотненными линиями или волоконно-оптическими кабелями.

Характеристики этих участков определяют параметры абонентской линии (табл. 1.1).

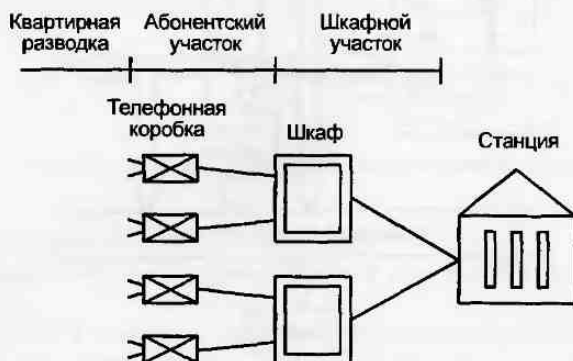


Рис. 1.18. Принцип построения абонентских кабельных сетей

Таблица 1.1

Наименование	Значение
Электрическое сопротивление одиночной жилы, не более	500 Ом
Сопротивление изоляции жил для постоянного тока, не менее	2000 мОм/км
Электрическая рабочая емкость на частоте 800 Гц, не более	0,5 мкФ
Собственное затухание на частоте 800 Гц, не более	4,5 дБ

Параметры, указанные в таблице, носят распределенный характер и зависят от длины линии и марки кабелей. Условно они показаны на рис. 1.19.

1.1.4. Физические характеристики абонентского участка

При использовании абонентских линий для передачи широкополосных сообщений, например, ISDN и DSL, очень важную роль играют такие параметры, как прямое и переходное затухание, импульсные помехи, задержки сигналов, рабочее затухание на различных частотах, переходное затухание и ряд других [56].

Рабочее затухание определяется в децибелах, как отношение мощности сигнала на входе к мощности на выходе. Для удобства использования в случае больших величин принята логарифмическая шкала с десятичным основанием:

$$h = 10 \log \frac{P_{\text{вх}}}{P_{\text{вых}}}$$

На практике удобно измерять не мощность, а напряжение, которое подается на эталонное сопротивление. В качестве эталонного принято входное сопротивление длинной линии, которое равно 600 Ом. Тогда при эталонной мощности $P_s = 1$ мВт эталонное значение напряжения $U_s = \sqrt{P_s R_s}$ составляет 0,775 В.

Используя соотношение U и P получим:

$$h = 10 \log \frac{U_{\text{вх}}^2}{U_{\text{вых}}^2} \quad \text{или} \quad h = 20 \log \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}}$$

Измерение затухания можно осуществить с помощью измерения тока. Тогда

$$h = 10 \log \frac{I_{\text{вх}}^2}{I_{\text{вых}}^2} \quad \text{или} \quad h = 20 \log \frac{I_{\text{вх}}}{I_{\text{вых}}}$$

Из равенства $P = I^2 R$ эталонное значение тока составит 1,29 мА.

Влияние одной цепи на другую характеризуется переходным затуханием — отношением мощности сигнала, передаваемой в одной цепи, к мощности сигнала появляющейся из цепи влияния. Это происходит из-за наведения посторонних сигналов соседними цепями. На каждый провод цепи влияния наводятся две ЭДС. Однако из-за расположения проводов, их различного сопротивления возникает суммарная ЭДС, которая может составлять значительную величину.

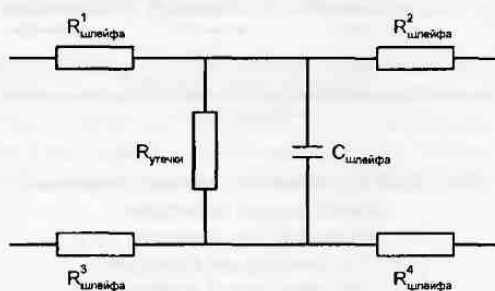


Рис. 1.19. Основные параметры абонентского шлейфа

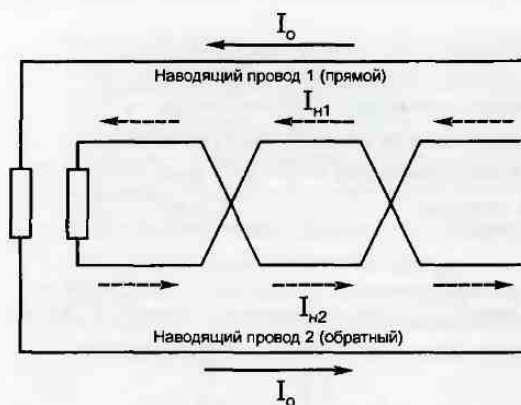


Рис. 1.20. Устранение помех с помощью скрещивания проводов:

- I_0 — основной ток по проводам 1 и 2;
 $I_{н1}$ — ток, наведенный проводом 1;
 $I_{н2}$ — ток, наведенный проводом 2;

ные» (витые) телефонные пары. Нарушение этого правила приводит к неустойчивой работе системы.

Для использования существующей абонентской кабельной сети с целью передачи информации используется еще одно решение, применяемое на абонентском участке в целях увеличения дальности передачи. Известно, что высокие частоты речевого спектра подвержены затуханию больше, чем низкие. Это вызвано преимущественно емкостным характером абонентской линии. Зависимость затухания от частоты приводит к искажениям речевого сигнала, которые получили название амплитудных искажений. В существующих сетях получило распространение введение искусственной индуктивности, которая ослабляет емкостный характер. Эти устройства получили название «пупиновские катушки» (названные по имени их изобретателя — словацкого ученого Пупина). Эти катушки используются на длинных межстанционных и абонентских сельских линиях. Улучшая параметры речи, они препятствуют расширению частотного диапазона (например, для услуг, требующих широкой полосы частот).

Рассмотренные в этом разделе характеристики телефонных линий влияют как на аналоговые, так и на импульсные тракты. Обычно они измеряются в аналоговом режиме (т.е. сравниваются с эталоном). Есть характеристики, которые значительно влияют на цифровой тракт, а потому должны быть проверены до включения широкополосных и импульсных трактов и контролироваться в процессе эксплуатации.

Коэффициент импульсных помех служит для количественной оценки состояния линии, он определяет количество ошибок на определенное число битов. Нормальным считается коэффициент ошибок 10^{-6} . Это означает, что на 10^6 битов в канале появляется одна помеха, которая может привести к ошибке. Минимально допустимая величина коэффициента ошибок (допускается обычно при применении радиотракта) составляет 10^{-3} .

Следует учитывать, что эти показатели условны. Они измеряются за определенный интервал времени, например за час. Но в реальности в течение этого интервала они распределяются неравномерно и могут возникать концентрированно (пачкой). Поэтому иногда вводят коэффициент «пачечности» (концентрации), который показывает возможную величину превышения среднего значения ошибки.

В связи с этим большое внимание уделяется симметрированию проводов, которое заключается в уравнивании их сопротивлений. Любая нагрузка, подключаемая к одному проводу, должна иметь аналог по сопротивлению, подключаемый к другому проводу.

Для ослабления действия соседних проводов применяется «скрещивание» (рис. 1.20), когда провода абонентского кабеля скручиваются с определенным шагом. При этом сигналы, наводимые со стороны постороннего источника на разные участки одного и того же провода, направлены в разные стороны, что ослабляет суммарный наведенный сигнал.

Рассматриваемые ниже системы, которые используют диапазон выше речевого (ISDN, xDSL), обязательно применяют на участке до абонентского шкафа «скрещенные»

Для уменьшения коэффициента ошибок применяются различные алгоритмы, которые будут рассмотрены далее. Помехи ухудшают качество приема речи, а при передаче данных могут вести к неверному их приему или задержкам, замедляющим реальную скорость обмена данными.

Наибольшие проблемы измерения коэффициента ошибок возникают при его ухудшении и при контроле качества канала со стороны передающих или принимающих устройств. Если эти устройства настроены на отключение канала при превышении ошибки, то при случайных возмущениях в сети это часто приводит к полному отключению станции. Поэтому при автоматическом контроле этого параметра необходимо оставлять возможность регулировки порога срабатывания.

Задержка (запаздывание) измеряется временем между поступлением сигнала на вход системы передачи и появлением его на выходе. На это время влияют: параметры линии, параметры аппаратуры, быстродействие и алгоритмы обработки. Задержка информации приводит к возникновению эффекта эха при передаче речи, а фазовые задержки могут привести к ошибкам в передаче данных или к уменьшению скорости передачи за счет времени, необходимого для исправления ошибок.

1.1.5. Абонентские сети и сети доступа

Затраты на абонентские линии ввиду их массовости составляют значительную долю капитальных затрат на строительство и эксплуатацию сетей. Поэтому постоянно идет борьба за снижение их стоимости [33, 79]. В последнее время возникла проблема регулирования доступа потребителя к службам и услугам, предоставляемым различными сетями. Если раньше сети различались по назначению (например, сеть передачи данных и телефонная сеть), то теперь они различаются технологиями (например, сеть Интернет, использующая свои специфические средства и протоколы, обычная телефонная сеть). Дело осложняется тем, что абоненты могут выбирать сети и временно (по потребности и материальным возможностям) подключаться к ним. Простейшие методы, используемые в существующей телефонии, например, ручная кроссировка, в настоящее время уже невозможны из-за своей неоперативности и не сопрягаются с современными цифровыми техническими средствами. Поэтому возникли новые технологии, базирующиеся на сетях доступа.

Рассмотрим вначале проблему снижения стоимости абонентской линии.

Подстанции и выносы

В случае концентрации в одном районе большого числа абонентов в нем устанавливается подстанция (рис. 1.21).

Экономическая целесообразность установки подстанции определяется следующим. Имеется некоторое число абонентских линий $N_{аб}$, каждая длиной $L_{аб}$, при стоимости единицы длины $C_{аб}$. При установке подстанции их длина уменьшается до $L_{аб}^1$. При этом появляется некоторое число соединительных линий $N_{сл}$, каждая длиной $L_{сл}$ и стоимостью $C_{сл}$. Учитывая, что стоимость всего оборудования и установки подстанции равна $C_{под}$, экономическая целесообразность установки определяется неравенством.

$$N_{аб} L_{аб} C_{аб} \geq N_{аб} L_{аб}^1 C_{аб} + N_{сл} L_{сл} C_{сл} + C_{под}$$

Для того чтобы экономически была оправдана установка подстанции, стоимость решения без подстанции должна быть больше, чем при установке подстанции. Но целесообразность установки подстанции определяется и другими факторами. Например, эксплуатационными затратами, относительной ценой аренды абонентской и соединительной линий. Для многих малых предприятий установка подстанции может намного снизить расходы по аренде. В сельской местности с низкой концентрацией и большим разбросом абонентов вынесение емкости

с помощью малых подстанций может оказаться единственно правильным решением. Современные системы позволяют включать до 300 тыс. портов, что для сельских районов не имеет практического смысла. Поэтому вынесение подстанций предусматривается всеми производителями оборудования. При этом возможно многоступенчатое включение выносов (рис. 1.22).



Рис. 1.21. Принцип использования подстанций для экономии абонентских линий:
а) без подстанции; б) с подстанцией



Рис. 1.22. Многоступенчатое включение выносных блоков

Необходимо уточнить термины «подстанция» и «вынос». Подстанция представляет собой вынесенное оборудование с самостоятельным или дистанционным управлением. Обязательным признаком подстанции является замыкание внутреннего трафика внутри подстанции без занятия межстанционных линий.

Вынос — это часть станционного оборудования, вынесенного в область концентрации абонентов и управляемого опорной станцией без замыкания внутреннего трафика. Для варианта, показанного на рис. 1.22, в основном применяется выносное оборудование.

Сети абонентского доступа

На заре появления услуг электронной почты и Интернет потребитель приобретал модем и через телефонную сеть общего пользования получал доступ к соответствующей сети. Наиболее подробно сети абонентского доступа рассмотрена в [79]. С развитием потребностей в услугах передачи данных корпоративные пользователи организовывали телефонную связь через учрежденческую АТС (УАТС). Услуги передачи данных обслуживались локальной сетью LAN (Local Area Network), потоки информации объединялись в системе передачи к станции, где снова разделялись на два потока. Система объединения и разделения потоков

(рис. 1.23) получила название «интегральное оборудование разделения доступа» (IAD, Integrated Access Device).



Рис. 1.23. Сеть абонентского доступа с разделением потоков

С ростом потребностей в различных услугах информационной сети разработано оборудование, позволяющее объединять и разделять потоки от различных абонентских служб к различным поставщикам этих услуг (рис. 1.24). На рисунках АК — абонентский комплект, а парными стрелками обозначены регенераторы.

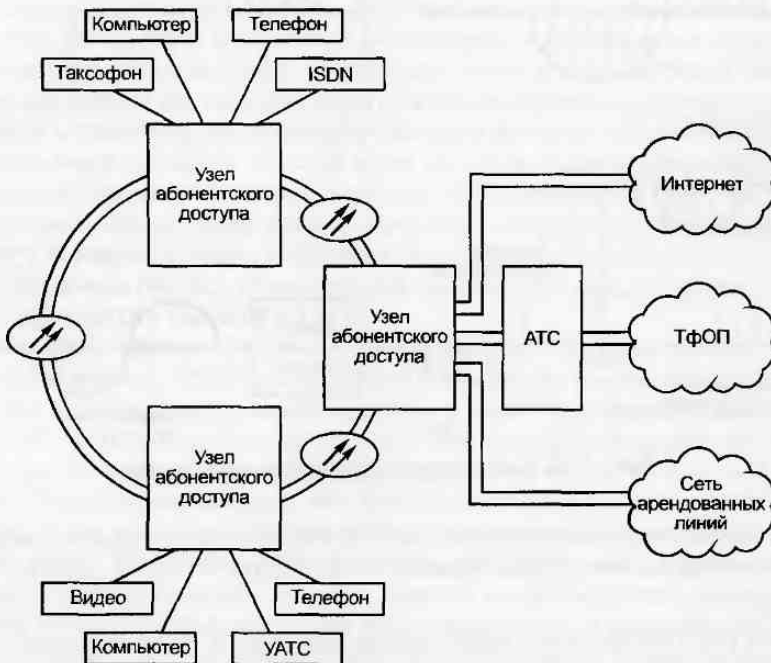


Рис. 1.24. Вариант построения сетей абонентского доступа

1.2. Преобразования информационного сигнала

В настоящем разделе приводятся основные сведения, касающиеся преобразования информационных сигналов при их передаче, необходимые для дальнейшего изучения коммутационных систем и, в частности, передачи сигналов на абонентском участке. Дополнительно рекомендуется литература [8, 30, 47, 55, 63]).

1.2.1. Импульсно-кодовое преобразование

Импульсно-кодовое преобразование [6, 14, 85] состоит из трех этапов:

- дискретизации;
- квантования и кодирования;
- мультиплексирования.

Рассмотрим все три этапа более подробно.

Дискретизация

Для перехода от непрерывного сигнала к дискретному на передающем конце производится периодический опрос сигнала через равные временные промежутки. Если опрос производится с достаточной частотой, то на приемном конце сигнал может быть восстановлен. Этот процесс для входного сигнала в виде синусоиды представлен на рис. 1.25, а, б, в.

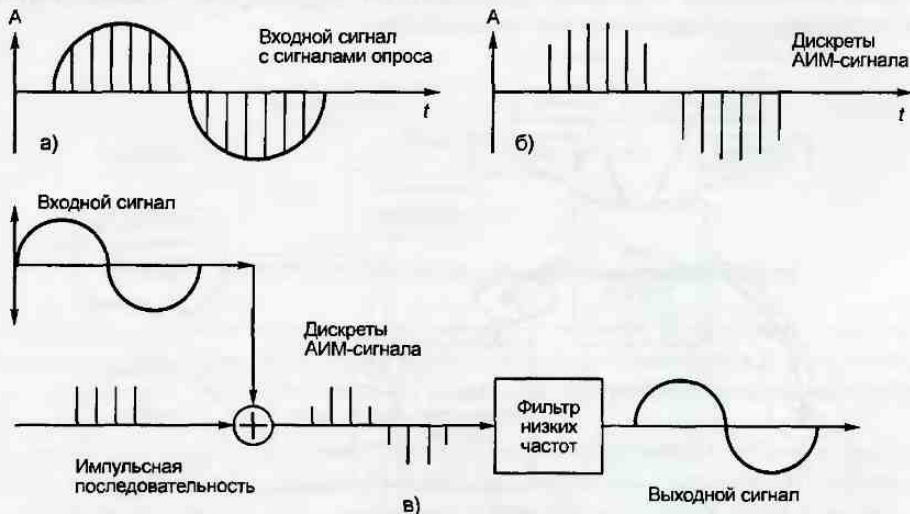


Рис. 1.25. Амплитудно-импульсная модуляция

Для того, чтобы сигнал на приемном конце можно было восстановить, частота дискретизации должна быть в 2 раза больше максимальной частоты входного сигнала:

$$f_{\text{дис}} > 2f_{\text{max}},$$

или, точнее, в 2 раза больше, чем ширина полосы, занимаемой входным сигналом:

$$f_{\text{дис}} > 2BW,$$

где BW — ширина полосы входного сигнала.

Сказанное можно пояснить на простом примере. Для восстановления синусоидального сигнала необходимо иметь для каждого полупериода хотя бы две опорные точки. Тогда сглаживающий фильтр хотя бы приблизительно восстановит исходную форму. При этом может быть получено множество огибающих кривых в зависимости от характеристик этого фильтра. При большем числе точек форма огибающей восстанавливается точнее. При числе точек менее, чем две, огибающая не восстанавливается, более того, получается сигнал другой частоты (рис. 1.26). При недостаточной частоте дискретизации может быть получен сигнал меньшей частоты, но совпадающий по значению во всех точках дискретизации.

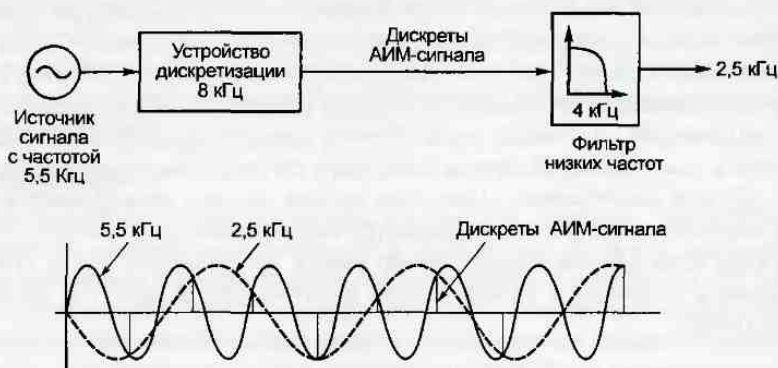


Рис. 1.26. Преобразование сигнала при недостаточной частоте дискретизации

В случае несинусоидального сигнала надо говорить о восстановлении всего спектра частот. При этом, если частота импульсной последовательности окажется выше максимальной частоты спектра, она не повлечет на приемном конце искажения более низких частот. Поэтому даже при выборе достаточной частоты импульсной последовательности дискретизации в реальных устройствах преобразования сигналов на входе передатчика ставят фильтр, который не пропускает сигналы с частотой выше принятой частоты пропускания. Это делается по следующей причине: появление подобных частот приведет к тому, что если на входе появятся сигналы, для которых период опроса мал, то после восстановления на приемном конце могут появиться сигналы в пределах допустимого спектра.

На рис. 1.26 показан процесс возникновения помех на примере, когда сигнал с частотой 5,5 кГц дискретизируется с частотой в 8 кГц.

При определенных на рис. 1.26 соотношениях амплитуд значения дискрет, получаемые для более высокой частоты 5,5 кГц, совпадают со значениями, получаемыми для более низкой частоты. При прохождении выходного фильтра с частотой среза 4 кГц возникает сигнал с частотой 2,5 кГц, который не поступал на вход. Этот пример показывает, что из входного сигнала перед дискретизацией должны быть отделены все сигналы, имеющие частоту выше, чем $f_{\text{дискр}}/2$. Необходимо заметить, что применение таких фильтров в тракте ухудшает условия для передачи высокоскоростных данных и при комбинированном (интегральном) использовании тракта. При необходимости эти фильтры должны отключаться.

Рассмотренный выше принцип позволяет перейти от непрерывного сигнала к дискретному. При этом каждый дискретный отсчет несет информацию о значении сигнала (амплитуде) в момент отсчета. Этот способ передачи получил название «амплитудно-импульсная модуляция» (АИМ). Однако такой способ обмена сигналами оказался непомерно устойчивым. Помехи в первую очередь действуют на амплитуду сигнала, искажения амплитуды

происходят при прохождении сигнала через усилители, поскольку каждый усилитель имеет ограничение по частоте. Поэтому этот способ применялся недолго и вскоре был заменен способом импульсно-кодовой модуляции, принцип которого заключается в том, что вместо сигнала с конкретной амплитудой передается его числовое значение.

Чтобы реализовать такой переход, необходим процесс квантования, который осуществляется аналого-цифровым преобразователем — АЦП.

Квантование

Процесс квантования заключается в определении значения амплитуды каждого отсчета и присвоении этой величине соответствующего двоичного значения. Самое простое — это равномерное квантование. При этом типе квантования диапазон амплитуды входного сигнала (при равномерном квантовании он обычно составляет 30 дБ) разбивается на поддиапазоны с одинаковой величиной шага. Внутри каждого шага величина измеряемого сигнала считается постоянной. Величина исходного сигнала может принимать любое значение между шагами квантования. Однако на выходе сигналу присваивается значение в точке начала квантового шага и оно сохраняется неизменным до его конца. Это значение передается в виде кода, обозначающего номер кванта. На приемном конце этот номер декодируется равным значением в середине шага квантования. В табл. 1.1. показан пример квантования сигнала.

Таблица 1.1. Пример квантования

Момент времени	Исходный сигнал	Присвоенный код			Значение, восстановленное на приеме
		Знак	Код	Десятичное значение кода	
t_1	-1,9	1	010	2	-1,5
t_2	-1,7	1	010	2	-1,5
t_3	-0,1	1	001	1	-0,5
t_4	+2,8	0	011	3	+2,5
t_5	+5,8	0	110	6	+5,5
t_6	+5,3	0	110	6	+5,5

В первом столбце таблицы приведены моменты времени квантования.

Во втором приведены значения исходного сигнала в эти моменты времени.

В следующем столбце приведен код, присвоенный после квантования. Он состоит из:

- знака сигнала (1 — обозначает отрицательный сигнал, 0 — положительный);
- кода сигнала на передаче.

Код сигнала указывает номер кванта. Шаг квантования принят 1. Всего имеется 6 шагов квантования. При этом сигналы -1,9 и -1,7 имеют отрицательный знак (1), а код сигнала (номер кванта) -2 (010).

Два сигнала +5,8 и +5,3 имеют положительный знак (0) и закодированы номером кванта (110). На приемном конце их значение +5,5.

В реальной системе для передачи речи (построения станции) выбраны 256 квантов. Это число позволяет обеспечить хорошую разборчивость речи. Для двоичного кодирования такого числа квантов нужно 8 разрядов. Максимальная принятая частота речевого сигнала, как было сказано ранее, равна 3,4 кГц. Частота дискретизации f_d при $f_{\text{сигнала}} = 3,4$ кГц должна удовлетворять условию $f_d > 6800$ имп/с. Принимается значение 8000 имп/с. Одна дискрета

кодируется 8-разрядным кодом, поэтому скорость передачи информации на линейном участке должна составлять $8000 \times 8 = 64$ кбит/с. Это — скорость стандартного цифрового канала при импульсно-кодовом методе модуляции (ИКМ).

Отметим, что искажения при малых амплитудах сигналов будут больше, чем при больших, поскольку независимо от амплитуды величина искажения $\Delta = q/2$, т.е. равна половине шага квантования. Соответственно, искажение сигнала величиной в 1 квант составит 50 %, а для сигнала величиной в сто квантов относительное искажение будет в 100 раз меньше, т.е. 0,5 %.

Для реальных систем это свойство отрицательно влияет на качество речи, поскольку искажает и без того слабые сигналы. Особенно это сказывается при междугородной связи, где на транзитных участках приходится много раз преобразовывать сигнал из цифровой формы в аналоговую и обратно. При этом слабые сигналы могут быть искажены до уровня шума. Выходом из этого положения является неравномерное кодирование или, как его еще называют, *командирование*.

Командирование

Принцип командирования заключается в том, что диапазон значений амплитуды от максимального до минимального разбивается на сегменты. Те из них, которые соответствуют меньшим значениям сигнала, квантуются более мелкими квантами, а для больших значений выбираются большие кванты, величина которых возрастает с номером сегмента.

Используются два закона неравномерного кодирования: μ -командирование и А-командирование. Они имеют некоторые отличия, которые будут рассмотрены позднее. Начнем с командирования по закону А.

Командирование по закону А (13-сегментное кодирование)

При этом законе весь диапазон амплитуд измеряется с помощью 4096 квантов (в данном случае они выполняют функции единиц измерения амплитуды). Весь диапазон амплитуд разбивается на 8 сегментов, включая нулевой (0, ..., 7 или в двоичной системе 000, ..., 111). В каждом сегменте для измерения применяются 16 шагов квантования различной величины (в двоичной системе они нумеруются от 0000 до 1111). При переходе от сегмента к сегменту величина шага квантования внутри сегмента увеличивается в 2 раза. Исключение составляют первые два сегмента, в которых шаги квантования равны 2. Если шаг квантования в нулевом и первом сегменте принять за 2 кванта, то во втором сегменте этот шаг составляет 4 кванта, в третьем 8 и последнем, восьмом $2^7 = 128$ квантов. С уменьшением шага точность квантования возрастает в два раза. Соответственно, уменьшается абсолютное значение ошибки квантования (напомним, что она равна половине шага квантования). Относительная ошибка на всех шагах приблизительно одинакова и определяется разбросом амплитуд конкретного сигнала в данном сегменте.

Число шагов квантования в каждом сегменте составляет 16. Величина шагов, как указывалось, разная. Код, передаваемый в линию, содержит в 1-м разряде знак значения сигнала (положительное — отрицательное), следующие 3 разряда — номер одного из восьми сегментов, и 4 разряда — номер шага внутри сегмента. Таким образом, вместо передачи 13-разрядных комбинаций, образуемых на входе при 8192 квантах, в линию передаются 8 разрядов. Исходя из сказанного выше, структура байта, передаваемого на линию, имеет вид, представленный на рис. 1.28.

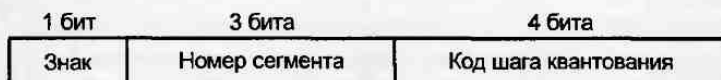


Рис. 1.28. Структура байта, передаваемого в линию при командировании по закону А

Описанную процедуру называют сжатием диапазона передаваемой мощности (компрессия). На приемном конце информация приблизительно восстанавливается (расширяется — экспандируется). Поэтому эту операцию (обычно выполняемую специальным диодом с нелинейной характеристикой), называют *компаундированием* (компрессия — экспандирование).

В настоящее время компрессия выполняется внутри аналого-цифрового преобразователя (кодера), а экспандирование — декодера. Оба прибора объединяются в один элемент, называемый *кодеком*.

Согласно принятому правилу компрессии, каждый сегмент содержит 16 шагов квантования, которые вместе с номером сегмента позволяют установить значения дискреты с точностью, определяемой номером сегмента.

Первый сегмент состоит как бы из двух частей: нулевой подсегмент с номером 000 кодирует отрицательную часть первого сегмента, а 001 — положительную. Остальные 6 сегментов будут сопровождаться знаком в первом разряде, поэтому их нумерация будет зависеть только от величины дискрет. Таким образом, для нумерации сегментов требуется три бита (значения номеров от 000 до 111).

При 13-сегментном кодировании кодек передает 12-разрядную комбинацию. Этого числа разрядов вполне хватает, чтобы закодировать сигнал с максимальным значением 4096 дискрет. При этом номер сегмента можно определить по положению первой единицы в этой двоичной комбинации.

Как известно, двоичный весовой код переводится в десятичный с помощью весов, присваиваемых разрядам.

$$N = a_1 2^{11} + a_2 2^{10} + \dots + a_{11} 2^1 + a_{12} 2^0 = a_1 2048 + a_2 1024 + \dots + a_{11} 2 + a_{12}.$$

Начальные точки сегментов равны 0, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048.

Поэтому, согласно весовому уравнению, все коды последнего сегмента (7-го, с учетом отсчета от нуля) будут начинаться с 1 (единицы в старшем 12-м разряде с учетом отсчета от нуля), т.е. в общем виде 1xxx xxxx xxxx. Все коды 6-го сегмента будут иметь старший нулевой разряд и значение 1 в одиннадцатом разряде и т.д., т.е. 01xx xxxx xxxx. Первый сегмент будет иметь все нули в старших разрядах и единицу в шестом. Наконец, нулевой сегмент будет иметь не менее семи нулей до первого разряда, обозначающего значения кванта. Поэтому правило определения номера сегмента следующее: его номер N определяется как

$$N = 7 - n,$$

где n — номер первого единичного разряда справа в 12-разрядной двоичной комбинации.

В табл. 1.2 приводятся линейные коды и соответствующие им коды сегментов.

Таблица 1.2. Линейные коды и соответствующие им коды сегментов

Кодовая линейная комбинация	Десятичный номер сегмента	Двоичный номер сегмента
0000000xxxxx	0	000
0000001xxxxx	1	001
000001xxxxxx	2	010
00001xxxxxxx	3	011
0001xxxxxxx	4	100
001xxxxxxx	5	101
01xxxxxxx	6	110
1xxxxxxx	7	111

Рассмотрим значение последних разрядов 12-разрядной комбинации.

Они определяют шаг квантования k , который может быть равен 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. Он связан с номером сегмента:

$$k = 2^C,$$

где C — номер сегмента (1, 2, 3, ..., 7).

Напомним, что у двух первых сегментов одинаковый шаг — 2.

Точность шага квантования позволяет определить число последних разрядов, которые можно не передавать в линию, поскольку в данном диапазоне они не влияют на величину дискреты. Например, при шаге квантования $k = 4$ сигналы величиной от 64 до 68 дискрет имеют одно и то же значение, т.е. последние два разряда могут игнорироваться. Учитывая это, с увеличением номера сегмента уменьшается число передаваемых последних бит, как это показано в табл. 1.3. На приемном конце принятая комбинация округляется до половины шага. В таблице латинские буквы w, x, y, z обозначают номер одного из 16-ти шагов квантования в данном сегменте. Прочерки в конце указывают на то, что выбранный шаг квантования не учитывает эти разряды и они игнорируются. В правой части таблицы приводятся 7-разрядные комбинации, передаваемые в канал.

Таблица 1.3. Линейные комбинации, передаваемые в канал согласно закону А

Кодовая линейная комбинация	Комбинация, передаваемая в канал
000000wxyz-	000 wxyz
000001wxyz-	001 wxyz
000001wxyz--	010 wxyz
00001wxyz---	011 wxyz
0001wxyz----	100 wxyz
001wxyz-----	101 wxyz
01wxyz-----	110 wxyz
1wxyz-----	111 wxyz

На приемном конце принятая комбинация округляется до половины шага квантования, что равно добавлению единичного значения предыдущего сегмента вместо непереданного разряда. Непереданные разряды дополняются нулями, число которых определяется в соответствии с номером сегмента. Нули в сегментах добавляются следующим образом:

- в нулевом сегменте — ни одного нуля;
- в первом — ни одного нуля (одинаковая точность);
- во втором — один;
- в третьем — два и т.д.

Восстановление последовательностей на приемном конце (экспандирование) показано в табл. 1.4.

В табл. 1.5 приводятся конкретные значения кодирования для сегментной характеристики с законом А [8]. Надо отметить, что указанный диапазон входных амплитуд дублируется в конечных точках. Поэтому обычно шаг квантования выбирается так, чтобы невозможно было получить значение отсчета, точно равное граничному значению.

Таблица 1.4. Восстановление компенсированных комбинаций на приемном конце согласно закону А

Кодовые комбинации, полученные при компрессировании	Кодовые комбинации линейного выхода
000 wxyz	0000000 wxyz1
001 wxyz	0000001wxyz1
010 wxyz	000001wxyz10
011 wxyz	00001wxyz100
100 wxyz	0001wxyz1000
101 wxyz	001wxyz10000
110 wxyz	01wxyz100000
111 wxyz	1wxyz1000000

Таблица 1.5. Кодирование сегментов согласно закону А

Диапазон входных амплитуд	Размер шага	Код сегмента*	Код шага* квантования	Амплитуда на выходе декодера
0–2	2	000	0000	1
2–4			0001	2
⋮			⋮	⋮
30–32	2	001	1111	31
32–34			0000	33
⋮			⋮	⋮
62–64	4	010	1111	63
64–68			0000	66
⋮			⋮	⋮
124–128	4	010	1111	126
128–136			0000	132
⋮			⋮	⋮
248–256	8	011	1111	252
256–272			0000	264
⋮			⋮	⋮
496–512	16	100	1111	504
512–544			0000	528
⋮			⋮	⋮
992–1024	32	101	1111	1008
1024–1088			0000	1056
⋮			⋮	⋮
1984–2048	64	110	1111	2016
2048–2176			0000	2112
⋮			⋮	⋮
3968–4096	128	111	1111	4033

* Все биты инвертируются через один разряд.

Закон компандирования μ

Этот закон отличается большим числом дискрет для кодирования сигнала. Их — 8159, что позволяет более точно кодировать слабые сигналы. По статистике их больше, чем сигналов с большой амплитудой. Это обстоятельство повышает качество речи (но, как показала практика, незначительно). При этом шаги квантования меняются в каждом сегменте и равны 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256. Ниже приводится таблица кодирования (табл. 1.6).

Таблица 1.6. Кодирование сегментов согласно закону μ

Диапазон входных амплитуд	Размер шага	Код сегмента*	Код шага* квантования	Амплитуда на выходе декодера
0-1	1		0000	0
1-3	2	000	0000	2
3-5			4	
⋮			⋮	
29-31			30	
31-35	4	001	0000	33
⋮			⋮	
91-95			93	
95-103	8	010	0000	99
⋮			⋮	
215-223			219	
223-239	16	011	0000	231
⋮			⋮	
463-479			471	
479-511	32	100	0000	495
⋮			⋮	
959-991			975	
991-1055	64	101	0000	1023
⋮			⋮	
1951-2015			1983	
2015-2143	128	110	0000	2079
⋮			⋮	
3935-4063			3999	
4063-4319	256	111	0000	4191
⋮			⋮	
7903-8159			8031	

* Все значения кодовых комбинаций инвертируются.

Получение кода для передачи в линию в данном случае немного сложнее, чем при использовании А-закона. Кодированию подлежат значения отсчетов, увеличенные на 33. На приемном конце после декодирования полученное значение надо уменьшить на эту величину.

Номер сегмента здесь определяется по положению «ведущей» единицы (при законе А этой единицы в первом сегменте нет) и так же, как в предыдущем случае, равно разности между числом нулей до первой единицы слева и цифрой 7 (объяснение этого факта аналогично объяснению для А-закона и следует из принципов двоичной нумерации).

Значение кода шага квантования определяется, как и в предыдущем случае, отбрасыванием младших разрядов в соответствии с точностью квантования, принятой на данном шаге.

Декодирование производится путем подстановки на место отброшенных разрядов комбинации из единицы в старшем разряде и остальных нулей. Процессы кодирования и декодирования показаны в табл. 1.7 и 1.8. Число разрядов в получаемой линейной комбинации равно 13 (для отображения максимального значения, равного 8159).

Таблица 1.7. Линейные комбинации, передаваемые в канал согласно закону μ

Кодовая линейная комбинация	Комбинация, передаваемая в канал
0000001wxyz-	000 wxyz
000001wxyz--	001 wxyz
00001wxyz---	010 wxyz
00001wxyz----	011 wxyz
0001wxyz-----	100 wxyz
001wxyz-----	101 wxyz
01wxyz-----	110 wxyz
1wxyz-----	111 wxyz

Таблица 1.8. Восстановление компрессированных комбинаций на приемном конце согласно закону μ

Кодовые комбинации, полученные при компрессировании	Кодовые комбинации линейного выхода
000 wxyz	00000001 wxyz1
001 wxyz	0000001wxyz10
010 wxyz	000001wxyz100
011 wxyz	00001wxyz1000
100 wxyz	0001wxyz10000
101 wxyz	001wxyz100000
110 wxyz	01wxyz1000000
111 wxyz	1wxyz10000000

Мультиплексирование

Сигналы, полученные методом ИКМ, позволяют мультиплексировать информацию по времени. Для этого периодически подаваемые сигналы одного канала надо сдвинуть по времени относительно сигналов другого канала так, чтобы они поступали во время паузы в первом, как это показано на рис. 1.29. На нем показаны четыре канала, по каждому из которых периодически поступает информация. При объединении в один тракт эти сигналы поступают в определенные промежутки времени.

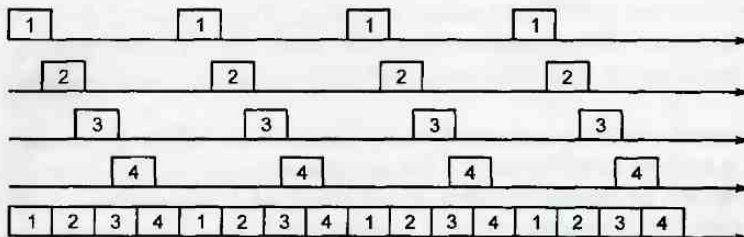


Рис. 1.29. Принцип мультиплексирования

В наиболее распространенной для Европы системе ИКМ, которая легла в основу всех цифровых систем коммутации, количество каналов в одном цифровом тракте равно 32.

Если вспомнить, что для каждого цифрового канала надо передавать 64 килобита в одну секунду, то для передачи 32 каналов требуется передавать 2048 килобит в секунду.

1.2.2. Линейные коды

Скорость, которая необходима для передачи сигналов ИКМ, требует специальных мер для передачи сигналов даже на небольшие расстояния. Величина расстояния, на котором возможна передача сигналов, зависит от требуемой скорости передачи. Проблемы ИКМ заключаются в широком спектре частот, которые требуются для передачи и восстановления прямоугольного импульса. Этот спектр, порождаемый резкими передними и задними фронтами, может привести к возникновению помех в соседних линиях и появлению в них наведенной информации, что нарушит ее конфиденциальность. Особенно ухудшает ситуацию передача однополярных прямоугольных импульсов. Наличие постоянной составляющей и асимметричность порождают искажение самих импульсов и приводит к влиянию на соседние цепи. Поэтому для передачи цифровых сигналов по линии применяются специальные коды (линейные коды).

Биполярные коды

Для устранения постоянной составляющей применяются биполярные коды. Их симметричность аналогична двуполярному аналоговому сигналу синусоидальной формы, хотя резкие переходы заднего и переднего фронтов все же остаются. Однако для таких кодов резко снижается затухание линии и, как следствие, возрастает дальность передачи.

В случае биполярного преобразования (рис. 1.30) логическая единица передается импульсами с чередующейся полярностью (код ЧПИ — чередующаяся полярность импульсов). В иностранной литературе этот код называется АМІ (Alternating Mark Inversion). При этом каждая последующая единица передается полярностью, противоположной предыдущей единице. В результате энергия, накопившаяся от положительного импульса, компенсируется энергией отрицательного. Логическому нулю соответствует отсутствие импульса.

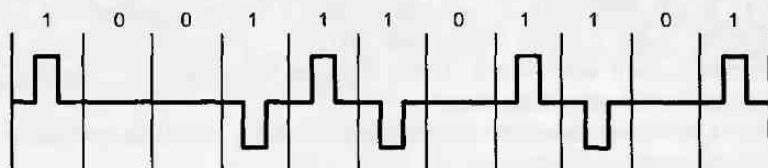


Рис. 1.30. Биполярное преобразование кода

По сути дела, в данном случае применяется троичный код, поскольку при передаче в канал используются три уровня сигнала $+1$, 0 , -1 . При этом полярности единиц должны чередоваться. Это позволяет осуществлять контроль правильности передачи. При одиночной ошибке в канале, например, исчезновении одной единицы, происходит нарушение чередования полярности.

Основным недостатком такого линейного кода является то, что число единиц в сигнале зависит от их числа в исходной комбинации.

Для того, чтобы синхронизовать генераторы, находящиеся на разных станциях, необходимо на приемном конце из поступающих импульсов выделять передние фронты и сравнивать моменты их поступления с аналогичными фронтами местного генератора. При длинной последовательности нулей в исходном сигнале (допускается не более 14 нулей) отсутствие передних фронтов на приемном конце может привести к рассинхронизации генераторов, что в свою очередь приведет к появлению ошибок в информации. Поэтому для биполярного кода применяется алгоритм, позволяющий увеличить плотность единиц.

Он заключается в том, что, если передано N нулей подряд, то на передающем конце вставляется единица. Чтобы на приемном конце при декодировании не воспринималась лишняя единица, на приемный конец передается сигнал о вставке. Этот сигнал состоит в нарушении полярности и позволяет исключить добавленную единицу.

Условия нарушения полярности требуют, чтобы при замене последовательности из нулей на нарушающуюся комбинацию число переданных единиц с правильным чередованием было нечетным. Если оно четное, то в подставляемую комбинацию добавляется одна единица без нарушения полярности и далее 0, а потом происходит нарушение полярности. Это отображается в табл. 1.9 для кода, в котором заменяется последовательность из трех единиц ($N = 3$).

Таблица 1.9. Принцип нарушения полярности

Полярность предыдущего сигнала	Вид комбинации для числа импульсов	
	нечетного	четного
-	00-	+0+
+	00+	-0-

В табл. 1.9 показаны полярности, которыми была передана предыдущая единица, после которой поступает контролируемая последовательность нулей. Если число единиц, переданных до этого момента, нечетное, то вместо трех нулей передается два и на последнем месте передается сигнал, нарушающий полярность (см. колонку 2). Если предыдущий сигнал — минус, то повторяется минус, а если плюс, то повторяется плюс.

Если число единиц, передаваемых до контролируемой последовательности, четное (см. колонку 3), то его добавляют до нечетного, следуя закону чередования, а затем передают еще один нуль. Далее следует нарушение закона — передача единицы, по полярности совпадающей с последней переданной. Таким образом, соблюдаются условия:

- вместо нулей вставляются единицы;
- нарушается закон чередования полярностей для того, чтобы на приемном конце могли различить вставленную единицу;
- между правильно переданной последовательностью и нарушением всегда находится нечетное количество импульсов (единиц), переданных в соответствии с правилом кодирования;
- на приемном конце после обнаружения указанных выше условий восстанавливается последовательность из трех нулей на месте прихода нарушенной комбинации; дополнительно передаваемые единицы используются для выделения передних фронтов и синхронизации генераторов.

Рассмотренный выше код обозначается HDBN (High Density Bipolar of Order N). В примере показан HDB3.

На рис. 1.31 приводится пример, который иллюстрирует, каким образом производится замена комбинаций, содержащих три нуля подряд. В первом случае перед последовательностью из нулей стоит нечетное число единиц. Тогда последний ноль заменяется единицей с нарушением биполярности. Во втором случае вместо первого нуля передается единица с соблюдением чередования полярности, а вместо второго нуля передается единица, нарушающая чередование. Наряду с рассмотренным правилом замены существуют другие, но это пока является наиболее характерным и применяется в системе уплотнения ИКМ-30, а также на некоторых абонентских участках в цифровой системе интегрального обслуживания (ЦСИО, ISDN).



Рис. 1.31. Пример замены последовательностей из трех нулей

Абсолютный бимпульсный код

Этот вид кодирования применяется в нескольких цифровых системах для передачи сигналов внутри станции, а также в сетях Ethernet. Как следует из предыдущей главы, возможность длительной паузы в передаче импульсов по каналу приводит к тому, что требуется усложнение алгоритма передачи и приема. В этом разделе рассмотрен вид кодирования, в котором передача единиц и нулей осуществляется с помощью импульсов. Для передачи логической единицы применяется сочетание двух импульсов дуполярного сигнала, показанного на рис. 1.32, а для передачи логического нуля применяется такой же сигнал, но в противоположной фазе. На приемном конце выбираются такты опроса таким образом, что при наличии единицы в момент опроса фиксируется значение +1, а при наличии в последовательности в данный момент нуля — значение -1.

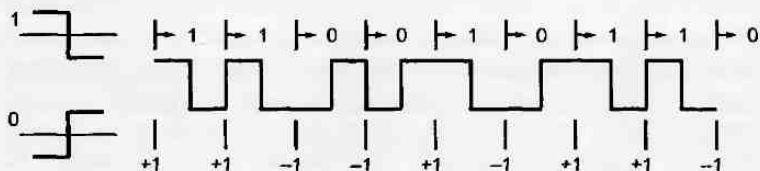


Рис. 1.32. Абсолютный бимпульсный (манчестерский) код

Имеется еще целый ряд биполярных кодов, но рассмотренных достаточно, чтобы представить применение линейных кодов на абонентском участке. Теперь рассмотрим коды, которые привели к увеличению пропускной способности на абонентском участке.

Преобразование к троичным кодам

Биполярный код использует для передачи троичные сигналы. Это позволяет повысить информационность каждой передаваемой единицы. Одна из первых процедур состоит в сведении двоичных кодов к троичным, что позволяет кодировать комбинации меньшим числом разрядов и тем самым повысить скорость передачи. Последовательность чисел от 0 до 15 можно закодировать и передать с помощью четырех битов. При использовании троичных кодов для этого потребуется только три разряда. Таким образом, требуемая скорость в канале уменьшается и составляет только $\frac{1}{4}$ от скорости, требуемой для передачи двоичными кодами. Например, если при передаче двоичными кодами требуется скорость 160 бит/с, то при троичных кодах — только 120 бит/с. Одно из частных преимуществ троичного кодирования состоит в избыточности кода. Три троичных символа дают 27 комбинаций, а четыре двоичных — 16. Поэтому для передачи многим двоичным комбинациям можно сопоставить по две троичных комбинации. Это делается для несбалансированных кодов, т.е. тех, в которых преобладают сигналы положительной или отрицательной полярности. Тогда второй код выбирается с обратной балансировкой, и их попеременная передача обеспечивает отсутствие постоянной составляющей в линии. Те коды, которые не имеют второго варианта, выбираются из множества сбалансированных комбинаций, как это показано в табл. 1.10. Этот код получил обозначение 4В3Т (так как преобразует четыре двоичных символа в 3 троичных).

Таблица 1.10. Преобразование к троичным кодам

Двоичная комбинация	Троичная комбинация (знак дисбаланса)		
	-	0	+
0000	---		+++
0001	--0		+ + 0
0010	- 0 -		+ 0 +
0011	0 --		0 ++
0100	-- +		+ + -
0101	- + -		+ - +
0110	+ --		+ + +
0111	- 0 0		- + +
1000	0 - 0		0 + 0
1001	0 0 -		0 0 +
1010			
1011			
1100			
1101			
1110			
1111			

По аналогии с этим кодом был разработан код 2В1Q, который преобразует два двоичных символа в один символ в системе из четырех уровней. Это позволяет снизить требования к линейной скорости в 4 раза или во столько же раз повысить пропускную способность канала.

Эта тенденция получила дальнейшее развитие в применении многоуровневых кодов для расширения пропускной способности канала.

Многоуровневые коды

Основное применение многоуровневые коды получили на абонентских участках для повышения скорости передачи двоичных символов. В этом случае можно говорить не о повышении скорости передачи по каналу, а об увеличении информационного содержания каждого символа. Объем передаваемой информации в единицу времени в двоичных символах достигает:

$$R = (\log_2 L)/T,$$

где L — число уровней, из которых можно производить выбор в каждом такте; T — длительность тактового интервала.

Эта формула определяет скорость передаваемой информации в бит/с. При $L = 2$ она действительно равна частоте тактовых импульсов. При $L > 2$ она показывает сколько двоичных символов переносит многоуровневый сигнал в секунду. Это иллюстрирует рис. 1.33. Каждый из восьми уровней имеет двоичную нумерацию форматом 3 бита. Если импульсы идут с частотой $1/T$, то скорость передачи $3/T$ бит/с.

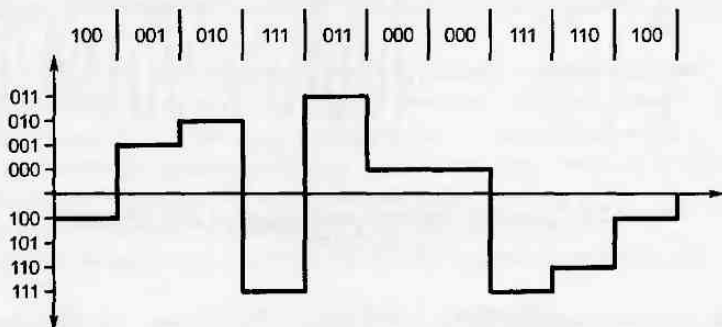


Рис. 1.33. Многоуровневая передача с тремя двоичными символами на один бод

При использовании кодеками недвоичных систем исчисления, например, десятичной, скорость может возрасти еще больше. Скорость передачи при использовании многоуровневых кодов часто измеряют в бодах, при двоичном сигнале она совпадает со скоростью в битах. На рис. 1.33 показан пример передачи восьмиуровневого сигнала, в котором за один такт передается три двоичных разряда (содержание бода — три бита).

1.2.3. Сочетание методов многоуровневой передачи с фазовой манипуляцией

Несмотря на более высокую скорость передачи информации, достигаемую благодаря повышенной информационной емкости символа, многоуровневая передача в чистом виде не применяется. Выше уже было отмечено, что помехи и шумы в канале, а также ограничения на уровень сигнала в усилителях воздействуют, прежде всего, на амплитуду. Поэтому рассматриваемый способ не нашел применения. Однако, в сочетании с другими способами (в частности, с частотными манипуляциями) он дает высокий эффект и хорошую помехоустойчивость. Наибольшее распространение получило сочетание многоуровневой передачи с фазовой модуляцией. (Модуляция — это процесс изменения параметров несущей частоты (амплитуды, частоты, фазы); манипуляция — это процесс воздействия на параметры несущей частоты цифровым сигналом.) Это позволило резко расширить полосу пропускания на абонентском участке. Ниже рассмотрен один из таких способов — фазовая манипуляция.

Фазовая манипуляция

Фазовая манипуляция преобразует информацию путем воздействия на фазу частотного сигнала. Например, в простейшем случае передачи отдельных бит (рис. 1.34) при переходе от 0 к 1 фаза меняется на 180° . В ситуации, показанной на рис. 1.34, а, единице соответствует положительный период в начале цикла, а нулю — отрицательный.

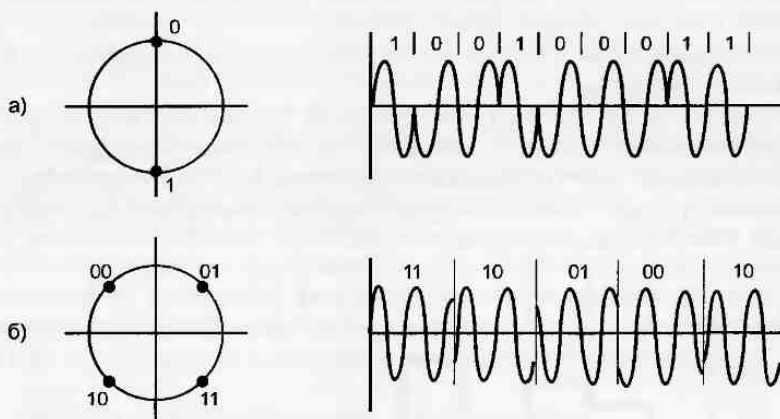


Рис. 1.34. Примеры фазовой манипуляции для случаев: а) 2-ФМ б) 4-ФМ

При способе фазовой манипуляции 4-ФМ (рис. 1,34, б) сдвиг по фазе составляет 45° , при этом он кодируется следующим образом:

- для 11 — сдвиг $+45^\circ$ ($\pi/4$);
- для 10 — сдвиг $+135^\circ$ ($3\pi/4$);
- при 00 — сдвиг $+225^\circ$ ($-3\pi/4$);
- при 01 — сдвиг 315° ($-\pi/4$).

Фаза определяется с помощью измерения значения косинусоидального сигнала в начале периода.

Слева на рисунках показаны круговые диаграммы синусоидального сигнала (на рис. 1.34, б сигнал показывает значения косинуса, и потому сдвинут на 90°). Изменение значения синусоидального сигнала сопоставляется со значением, изображаемым на круге. При этом с изменением времени воображаемый вектор (радиус, помещенный в центр круга) вращается против часовой стрелки. Точка на круге показывает значение синусоидального сигнала в данный момент времени. Нижняя точка на круге соответствует минимальному отрицательному значению амплитуды и сопоставляется с дискретной единицей, а высшая точка соответствует максимальному значению и отождествляется с дискретным нулем. Для диаграммы, показывающей четырехкратный сдвиг фазы, намечены 4 точки.

В отличие от амплитудной модуляции, фазовая манипуляция менее подвержена воздействию на уровень передачи (влиянию на амплитуду) и частоту. Она наиболее приспособлена к передаче многоуровневых сигналов, которые, как следует из предыдущего раздела, позволяют повысить скорость передачи информации, не повышая линейную скорость в канале. Однако на нее сильно влияют индуктивные и емкостные параметры кабеля. Например, уже упомянутые пупиновские катушки, улучшая параметры обычного сигнала, вносят ис-

кусственную индуктивность, которая, в свою очередь, влияет на сигналы, уплотненные с помощью фазовой манипуляции.

Форма модулированного сигнала при фазовой манипуляции определяется формулой:

$$x(t) = \cos \left[\omega_c t + \frac{m_n(t) \Delta \varphi}{2} \right],$$

где $\Delta \varphi = 2\pi/n$ — величина, на которую отличаются фазы соседних сигналов; m_n — симметричный n -уровневый сигнал в виде импульсов постоянного тока без возвращения к нулю, а значения уровней равны $\pm 1, \pm 3$ и т.д.

Последнее выражение легко приводится к виду:

$$\cos(\omega_c t + \varphi) = \cos \varphi \cdot \cos \omega_c t - \sin \varphi \cdot \sin \omega_c t.$$

Формула позволяет свести процесс фазовой манипуляции к комбинации амплитудной модуляции двух последовательностей сигналов.

Представление синусоидального колебания как линейной комбинации синусоидального и косинусоидального колебаний с нулевой начальной фазой называется *квадратурным представлением*.

Функции $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ для каждого такта передачи сигнала являются постоянными, т.е. играют роль коэффициентов, принимающих значения в соответствии с уровнем сигнала. Функции $\cos \omega_c t$ и $\sin \omega_c t$ играют роль несущих частот, сдвинутых на 90° . При сложении двух амплитудно-модулированных сигналов получается одна функция с фазовой модуляцией. Косинусоидальные сигналы обычно называют сигналами «в фазе» или «*B*-сигналами», а синусоидальные — сигналами «в квадратуре» или «*K*-сигналами».

Структурная схема фазового модулятора (ФМ), построенного по этому принципу, показана на рис. 1.35.

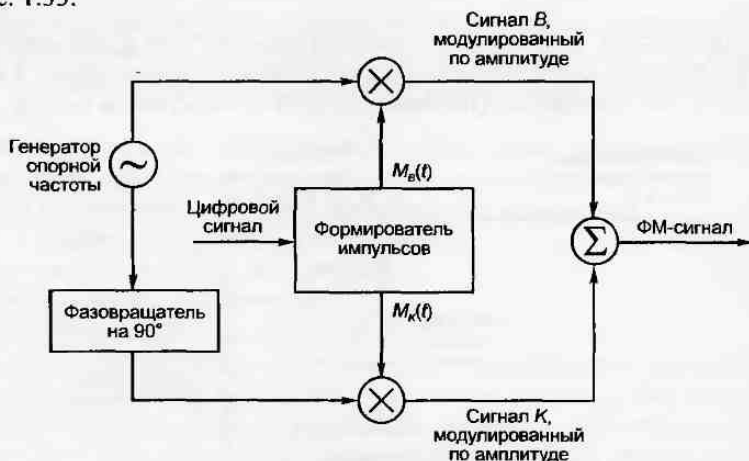


Рис. 1.35. Обобщенная схема фазового модулятора:
 $M_B(t)$ — *B*-сигнал; $M_K(t)$ — *K*-сигнал

Квадратурно-амплитудная модуляция

Квадратурно-амплитудная модуляция (КАМ) представляет собой дальнейшее развитие фазовой манипуляции. В предыдущем разделе было установлено, что фазовая манипуляция может быть представлена как сумма двух амплитудно-модулированных сигналов, которые при сложении в канале дают фазово-модулированный сигнал. На рис. 1.35 показано, как од-

ним цифровым сигналом порождаются два амплитудно-модулированных сигнала, сдвинутые по фазе на 90° . Этот способ, названный способом квадратурного представления, получил дальнейшее развитие, когда каждый из каналов независимо друг от друга получает многоуровневый импульсный сигнал. В этом случае каждый уровень может кодироваться различной амплитудой в каждом (своем) канале, как в случае пространства сигналов системы 16-КАМ (рис. 1.36). При этом амплитуды сигналов в каждом из каналов могут принимать 4 значения (уровня), а их комбинация дает 16 значений. Таким образом можно кодировать 16-уровневый сигнал, что увеличивает информационную емкость сигнала в 4 раза (1 бод в этом случае равен 4 битам). В настоящее время уже существует 64-КАМ (в этом случае 1 бод равен 6 битам) и, следовательно, скорость возрастает в 6 раз, в перспективе — внедрение 128-КАМ. Это позволяет во много раз увеличить пропускную способность каналов [83], что особенно важно на абонентском участке, цифровые технологии уплотнения которого будут рассмотрены ниже.

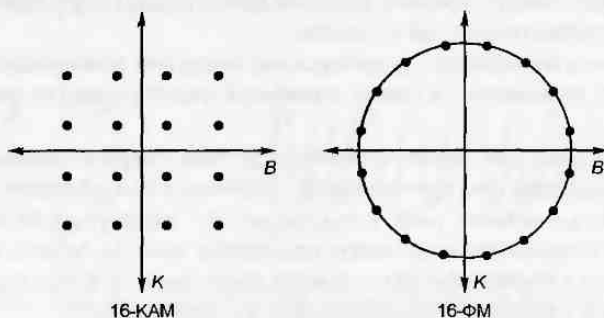


Рис. 1.36. Сопоставление семейств сигналов с 16-КАМ и 16-ФМ

Принципы построения модулятора и демодулятора системы КАМ представлены на рис. 1.37 и 1.38. Они показывают, как модулируются квадратурные сигналы, а их сумма, которая представляет собой фазово-модулированный сигнал, поступает в линию.

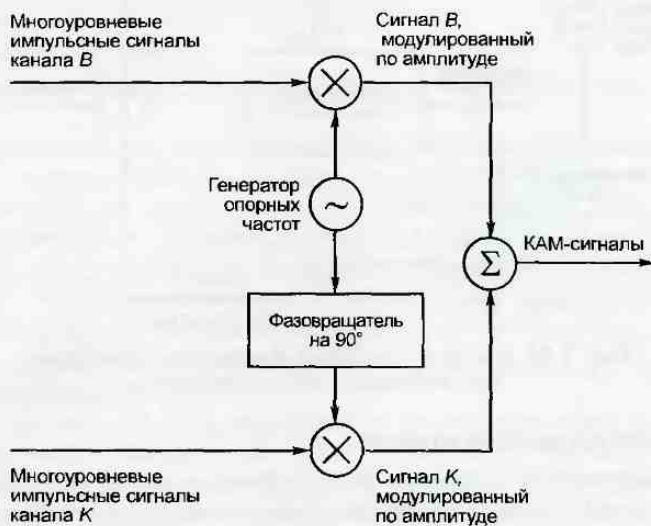


Рис. 1.37. Модулятор КАМ

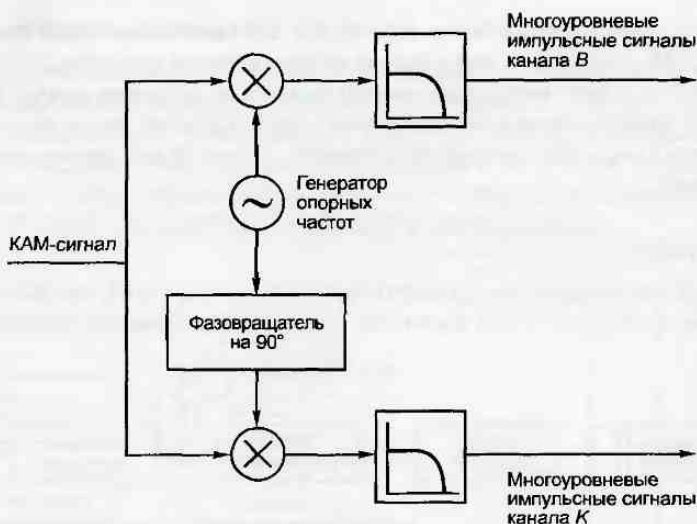


Рис. 1.38. Демодулятор КАМ

1.3. Цифровые абонентские линии

1.3.1. Терминалы и устройства для служб ISDN

Кроме аналоговых устройств, рассмотренных выше, в настоящее время абоненту предоставляется целый ряд служб на основе цифровых технологий [20, 36, 41, 49]. Применение цифрового преобразования позволяет интегрировать в одном тракте информацию от различных служб, таких как:

- передача речи с полосой пропускания 3,4 кГц (обычная телефонная служба);
- передача речи с расширенной полосой пропускания 7,2 кГц;
- факс 2 (обслуживание аналоговых факсимильных аппаратов);
- факс 3, 4 (цифровые факсимильные аппараты);
- телекс (передача текстовых документов);
- видео (неподвижное изображение);
- видео (подвижное изображение).

Для этих абонентов на станции возможно предоставление новых видов услуг. Такие виды служб получили название цифровых систем интегрального обслуживания — ЦСИО. В мировой литературе они имеют название ISDN — Integrated Service Digital Network.

Существует два типа систем обслуживания абонентов. Один предназначается для непосредственного обслуживания абонентов *базовым (основным) включением* и в англоязычных документах обычно обозначается BA (Basic Access). Второй тип систем обслуживания — это *первичное включение* PA (Primary Access).

Базовое включение используется непосредственно для подключения абонентов и предоставляет абонентам два канала по 64 кбит/с (каналы В) и один канал сигнализации 16 кбит/с, обозначаемый D_{16} . Это подключение обозначается $2B + D_{16} = 64 \times 2 + 16 = 144$ кбит/с.

Первичное включение обозначается $30B + D_{64} = 30 \times 64 + 64 = 31 \times 64$ кбит/с (D_{64} — общий канал сигнализации, использующий скорость передачи 64 кбит/с).

С учетом еще одного служебного канала для синхронизации первичное включение требует канала 2048 кбит/с. Это, как следует из предыдущих разделов, — полоса типового цифрового тракта. Такое включение используется для создания пучков каналов, предназначенных для предоставления интегральных услуг. Обычно такое включение представляется на соединительных линиях подстанций. Далее будет рассматриваться только базовое включение.

Эталонные точки

Для подключения аппаратуры, предоставляющей услуги ISDN, предусмотрены специальные эталонные точки (рис. 1.39), в которых определяются правила подключения.



Рис. 1.39. Эталонные точки в системе ISDN

Могут использоваться несколько групп *оконечных устройств*.

К ним относятся: телефонные аппараты, факсы, телетекст, видеоустройства, компьютеры. Количество таких устройств не более 8, все устройства сопрягаются с блоком «оконечный терминал 1» по *специальному протоколу интерфейса S*, который обеспечивает местную (внутри здания) доставку информации и позволяет:

- обеспечить два информационных и один сигнальный канал до оконечного терминала 1;
- обеспечить доступ к двум каналам 8-ми устройствам и осуществить приоритетный доступ устройств к каналам;
- обеспечить линейное кодирование для обеспечения возможности разнесения устройств до 150 м (в зависимости от типа кабеля).

Устройства, не имеющие внутренней реализации эталонной точки *S* (например, стандартные телефонные аппараты), должны использовать адаптеры.

Эталонная точка T предназначена для реализации интерфейса, обеспечивающего подключение нескольких оконечных терминалов 1 и для их подключения к сетевому терминалу 2. Этот терминал служит концентратором нагрузки оконечных терминалов. В случае, когда используется только один оконечный терминал типа 1, терминал типа 2 не устанавливается и эталонные точки *S* и *T* совпадают. Поэтому их часто обозначают как совместную эталонную точку *ST*.

Эталонная точка U преобразует информацию интерфейса *S/T* в форму, необходимую для передачи по линии. Устройства на этом уровне обеспечивают также преобразования, снижающие требования к скорости передачи (например, преобразования 4B/3T).

Эталонная точка V преобразует информацию в частотную форму. Устройства на этом уровне обеспечивают также переход к двухпроводной линии и исключают влияние передачи на прием.

Интерфейс в эталонной точке S

На рис. 1.40 показаны принцип и устройства подключения интерфейса в эталонной точке S (между оконечным устройством и сетевым окончанием). Следует обратить внимание на то, что в оконечных устройствах должны присутствовать функциональная часть и устройство приема и передачи управляющей информации. В частности, передача информации происходит после полного накопления номера, это же устройство осуществляет анализ доступа к каналам B1 и B2, который будет подробнее рассмотрен далее.

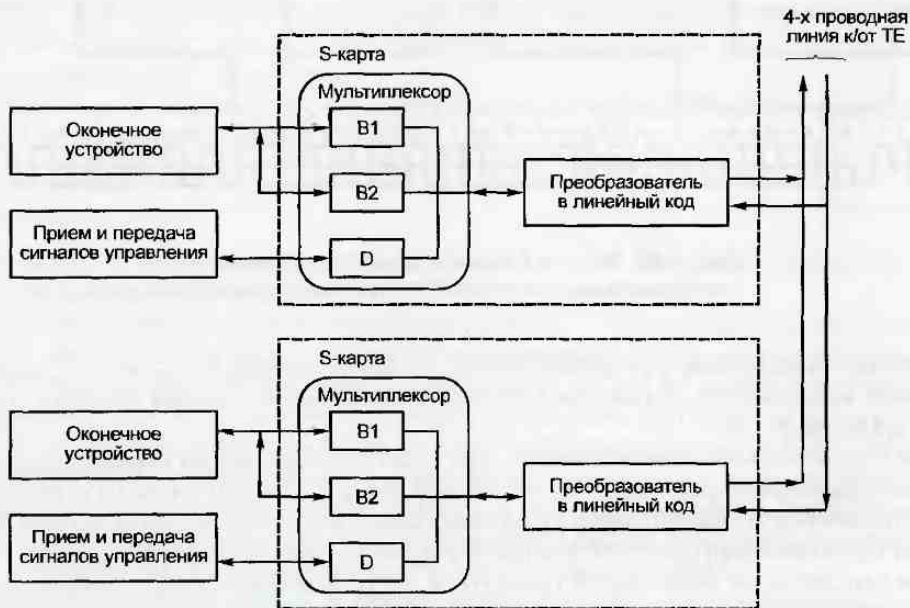


Рис. 1.40. Принцип подключения к эталонной точке S

Интерфейс в точке S использует 4 провода. Передача осуществляется по двум проводам и столько же проводов используется на приемном конце. Следовательно, интерфейс в эталонной точке S требует четырехпроводной линии от абонентской розетки до сетевого терминала, который находится на расстоянии нескольких километров. Расстояние зависит от параметров линии (диаметра жил кабеля и других параметров, рассмотренных в главе 1). Скорость передачи равна 196 кбит/с. Для обмена информацией применяется рассмотренный линейный биполярный код с уплотнением нулей.

Предполагается, что оконечное устройство генерирует цифровую последовательность в формате ИКМ со скоростью 64 кбит/с (8 кбайт/с). Структура и наполнение байтов для тракта ISDN безразличны. Информационные и сигнальные потоки поступают на вход мультиплексора. При этом каждое из оконечных устройств может передавать информацию по одному из двух каналов в зависимости от их занятости (канал может быть занят любым другим устройством из множества устройств, подключенных к шине). Выбор одного из каналов производится на станции путем передачи сигналов управления интерфейса в точке S. После объединения с помощью мультиплексора каналов $2B + D$ результирующий поток передается на следующий блок, где производится кодирование информации и добавляются

служебные биты. При этом скорость, необходимая для обмена, возрастает. Для передачи в интерфейсе эталонной точки *S* принят формат, представленный на рис. 1.41.

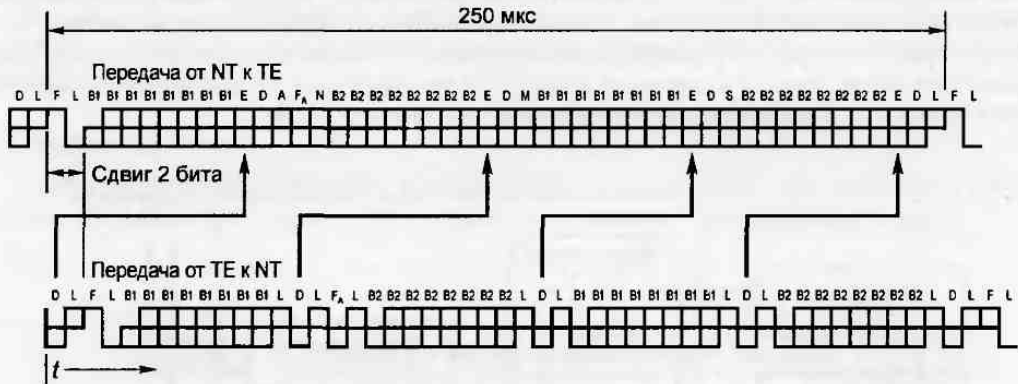


Рис. 1.41. Формат данных и служебных сигналов, передаваемых в интерфейсе эталонной точки *S*

Полезная информация, — в данном случае это байты каналов *B1*, *B2* и *D* — дополнена служебной информацией. Добавлены следующие биты: бит нарушения четности (*L*), бит эхо (*E*) и 8 битов флага.

Бит нарушения четности показывает, что число последовательно передаваемых нулей превысило заданную норму. Поэтому, как следует из 1.2.2, для того чтобы не возникла последовательность из большого числа нулей, необходимо выполнить алгоритм вставки единицы в бит *L*, который нарушает четность при чередовании единиц (см. табл. 1.9 и рис. 1.31).

Бит эхо связан со специальной процедурой, которая решает задачу конкуренции при поступлении одновременно нескольких требований на информационный канал. Когда от одного из абонентов поступает вызов, по каналу *D* передается последовательность единиц. Ответ на эту последовательность поступает по эхо-каналу в виде последовательности единиц (ответ на каждую переданную единицу).

Каждому из 8-ми абонентов присваивается код из последовательности единиц в соответствии с предоставленным приоритетом:

- приоритет 1 — 11111111,
- приоритет 2 — 01111111,
- приоритет 3 — 00111111,
- приоритет 4 — 00011111,
- приоритет 5 — 00001111,
- приоритет 6 — 00000111,
- приоритет 7 — 00000011,
- приоритет 8 — 00000001.

Сетевое устройство, получившее символ «0» на последнюю посланную единицу, перестает генерировать вызов. Таким образом в канале останется только то устройство, которому присвоено наибольшее число единиц (наивысший приоритет).

Флаг применяется в системах передачи для того, чтобы отметить начало передачи единицы информации. Исходная смысловая информация разбита на блоки (единицы), содержащие определенное количество байтов (в данном случае 48). Флаг позволяет отделить каж-

дую такую единицу, одновременно указывая на конец одной единицы и начало другой, и тем самым выполняя задачу синхронизации. Флаг также позволяет подстраивать генератор, поскольку представляет собой последовательность 01111110, содержащую много единиц. Наличие флага улучшает качество передачи, но требует дополнительного времени, поэтому иногда его пропускают (при гарантии низкого уровня помех в канале).

Подсчитаем необходимую скорость передачи информации. Если передавать только полезную информацию, то процесс передачи можно представить как передачу 4 раза за одну мс трех полей информации, которые в сумме составляют 36 битов (16 битов — два канала *B1*, 16 битов — два канала *B2* и 4 бита — канал *D*), что требует скорости передачи $4 \times 36 = 144$ кбит/с. Если к каждому из трех полей добавить 4 служебных бита эхо-канала (*E*), то необходима скорость $4 \times 40 = 160$ кбит/с.

Добавление флага и другой служебной информации приводит к варианту, показанному на рис. 1.41: 48 бит за 250 мс или 192 кбит/с.

Эталонная точка *U*

На выходе сетевого терминала 2 (интерфейс *U*) должна появиться информация, подготовленная для передачи в канал.

В сетевом терминале 2 выделяются каналы *B1*, *B2*, *D* и производится преобразование формата. Формат *S* был удобен для передачи биполярными импульсами на небольшие расстояния (сотни метров). Чтобы передать информацию на 5–7 км необходимо переместить ее в линейное окончание. Поэтому к полезной информации, состоящей из информации каналов *B1*, *B2* и *D* (напомним, что для их передачи требуется канальная скорость 144 кбит/с), вместо служебных полей интерфейса *S* добавляются новые поля для осуществления процесса синхронизации и передачи небольшого числа сигналов управления, необходимых для данного участка. Эта информация требует увеличения канальной скорости на 16 кбит/с. Поэтому суммарная канальная скорость на этом участке равна 160 кбит/с.

В настоящее время стандарт на формат этого интерфейса еще не определен. Наиболее часто используется система разбиения информации, представленная на рис. 1.42, *a*.

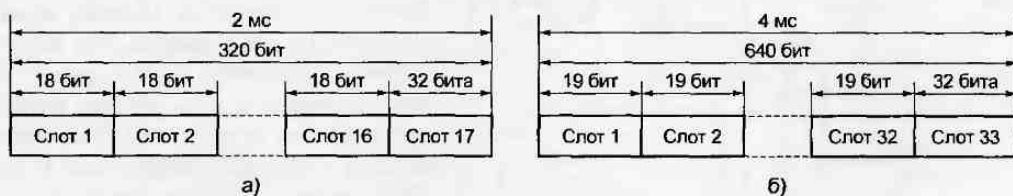


Рис. 1.42. Примеры форматов в эталонной точке *U*

Полезная информация передается в 16-ти временных положениях (слотах), длиной 18 битов каждый, а остальная информация передается в 17-м слоте длиной 32 бита. Таким образом за 2 мс передается 320 бит, т. е. скорость в канале 160 кбит/с.

Имеется и другой вариант построения цикла передачи (рис. 1.42, б): из 32-х битов последнего слота 19 используется для синхронизации, а 12 — для передачи служебных сигналов. В состав этих сигналов входит, например, сигнал активизации оборудования, переводящий окончное оборудование из дежурного в активный режим, что значительно экономит энергию и делает эксплуатацию системы более безопасной и надежной.

Для снижения требований к скорости в терминальном оборудовании осуществляется переход к передаче информации многоуровневыми сигналами и устраняются последовательности, содержащие много нулей (этот процесс часто называют скремблированием). Сказанное иллюстрируется рис. 1.43.



Рис. 1.43. Структурная схема сетевого терминала

Эталонная точка V

На этом этапе информация приводится к виду, необходимому для передачи по абонентской линии. Для этого она преобразуется в частотную форму. Поскольку сигнал многоуровневый, используется фазовая манипуляция. Необходимо также учитывать, что все абонентские линии двухпроводные (исключение составляют оптические абонентские линии). Поэтому необходимо преобразовать информацию для передачи из четырехпроводной линии в двухпроводную и обеспечить передачу и прием. Устройство, осуществляющее это преобразование, представлено на рис. 1.44. Проблема заключается во влиянии цепей передачи на цепи приема, что может вызвать попадание информации из цепи передачи в цепь приема (пунктирная линия на рис. 1.44). Это может вызвать у абонента эффект эха. В линии, при наличии усилителей, это может привести к генерации. Информация, поступившая в цепь приема, может, пройдя усилитель, снова поступить в цепь передачи, что приведет к возбуждению всей системы передачи. Поэтому имеется третий трансформатор, задача которого — поро-

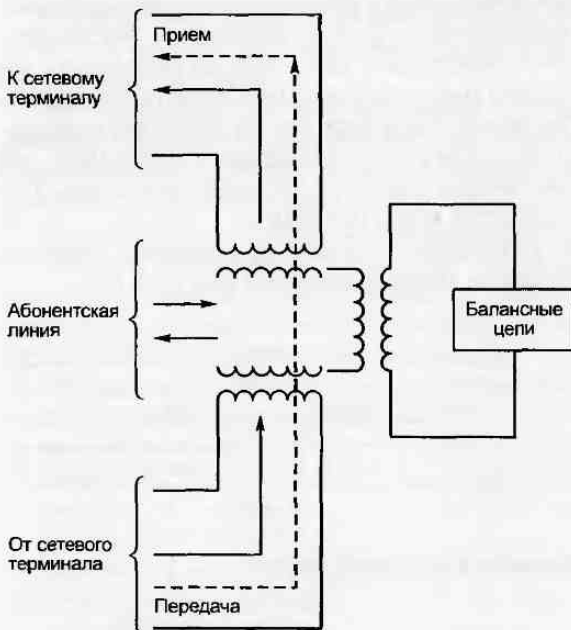


Рис. 1.44. Принцип работы дифференциальной цепи

ждать в трансформаторе цепи передачи компенсационный ток, текущий в обратном направлении и равный по величине току, поступившему от приемника. Для регулировки этого тока применяется балансный контур, комплексное сопротивление которого регулируется в зависимости от параметров абонентской линии.

В цифровых системах для улучшения качества тракта применяется цифровая схема эхокомпенсации (рис. 1.45). Ее принцип заключается в том, что передаваемая в линию информация через цепь задержки передается в сумматор, стоящий в цепи приема. Там она вычитается (алгебраически суммируется) из принимаемого потока. Задержка и параметры сигнала выбираются таким образом, чтобы при вычитании компенсировать сигналы, перешедшие из собственной цепи передачи.

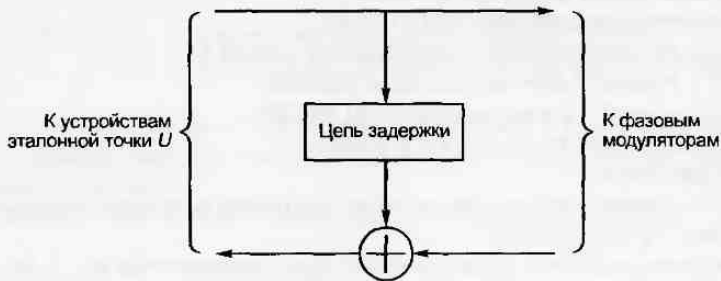


Рис. 1.45. Принцип работы цифрового эхокомпенсатора

1.3.2. Основные принципы реализации ISDN-терминалов

Терминалы реализуются набором микросхем. На рис. 1.46 приведен основной набор микросхем для телефонного терминала, который, как правило, используется для его построения. Для передачи цифровых данных и подключения компьютеров применяются другие аналогичные схемы.



Рис. 1.46. Основные составляющие телефонного терминала ISDN

Телефонный терминал ISDN содержит преобразователь речи, контроллер абонентского доступа к линии и контроллер дистанционного электропитания.

Преобразователь речи. В его задачу входит преобразование аналогового сигнала в цифровую компандированную форму, а также обратное преобразование информации, полученной от контроллера абонентского доступа к линии, обеспечение многочастотного набора, передача вызывных и тональных сигналов. Часто в список функций входят также: обеспечение устройств громкоговорящей связи, тестирование линии и цифрового процессора, входящего в телефонный аппарат, и т.п.

Контроллер абонентского доступа к линии ISDN. В его задачу входит:

- обеспечение дуплексного интерфейса по стыку $S(2B + D)$;
- преобразование структуры кадра, получаемого после аналого-цифрового преобразования;
- обработка информации канала D ;
- обеспечение процедур автоматического включения и выключения из состояния малого потребления тока в дежурном режиме;
- работа с различными версиями ISDN (S и Q);
- обеспечение режима пакетной коммутации по каналу D ;
- интерфейс с управляющим процессором аппарата;
- коммутация речевого канала на каналы $B1$ или $B2$;
- доступ управляющего процессора к B -каналу;
- тестирование канала.

Контроллер электропитания обеспечивает дистанционное электропитание терминала ISDN по принципу «средней точки».

Рассмотрим более подробно основные блоки, представленные на рис. 1.46.

Принцип построения преобразователя речи

Структурная схема показана на рис. 1.47. Преобразователь на входе получает информацию от микрофона и преобразует ее в цифровой сигнал. При этом он обеспечивает необходимые характеристики. Входные и выходные цепи рассчитаны на подключение различных типов микрофонов (электромагнитных, электретных, пьезоэлектрических). Входные фильтры сужают полосу прохождения сигнала для шумов. Выходные фильтры снимают шумы, которые могут поступить далее в линию. На выходе сигнал компрессируется в соответствии с законом A или по закону μ .



Рис. 1.47. Структурная схема преобразователя речи

В направлении передачи возможно подключение частотных комбинаций набора номера. В обратной цепи возможно подключение генератора тональных сигналов и сигнала посылки вызова. Все эти сигналы вырабатываются в цифровой форме. Сигналы на выходе АЦП появляются в специальном внутреннем формате.

Контроллер абонентского доступа

Структурная схема контроллера абонентского доступа показана на рис. 1.48 [69].

На схеме приведены элементы контроллера, выполняющие основные функции.

Последовательный порт содержит линейные цепи для приема сигналов от преобразователя речи. Эти цепи расположены на одной печатной плате с другими микросхемами контроллера и представляют собой пороговые ограничители для уменьшения помех, приходящих с линии.

Коммутатор *B*-каналов позволяет осуществлять передачу и прием информационных сигналов по одному из двух каналов (*B1* или *B2*). Номер канала задается управляющим микропроцессором.

Обработка сигналов *D*-канала от источника заключается в приеме сигналов от/к терминальной схеме (преобразователю речи) и кодировании их в соответствии с протоколами канального и сетевого уровня.

Выходной блок контроллера выполняет функции физического уровня.

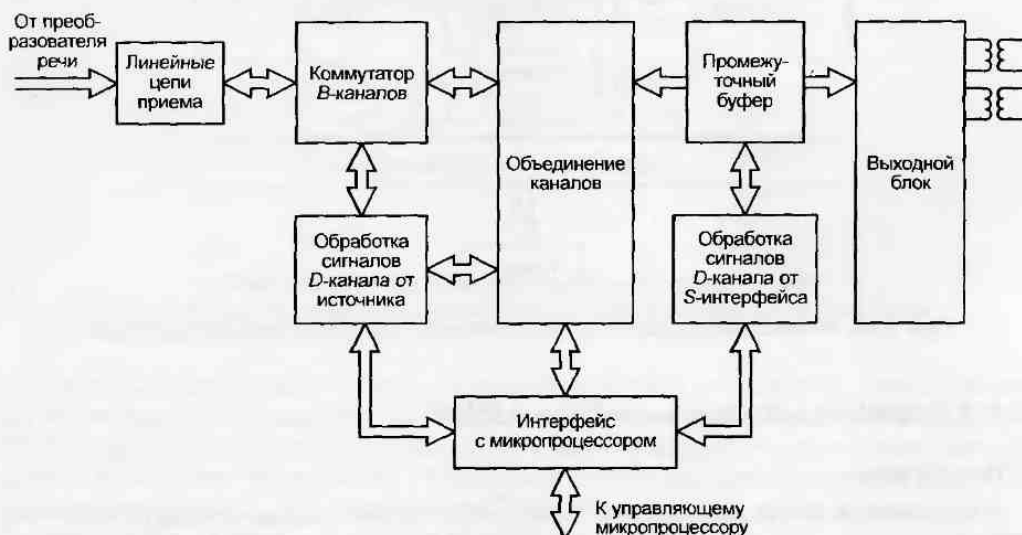


Рис. 1.48. Структура контроллера абонентского доступа к ISDN

Обмен по каналу, алгоритмы защиты информации и обеспечения достоверности будут рассмотрены ниже. На выходе сигнал преобразуется к биполярному коду, и осуществляется уже рассмотренная процедура замены нулей.

Устройство дистанционного электропитания

Электропитание ISDN-терминала осуществляется через среднюю точку одной из обмоток трансформатора дифференциальной системы или, как говорят, по фантомной цепи (см. рис. 1.44). Это устройство выполняет следующие функции:

- преобразование постоянного напряжения сетевого номинала к значениям, необходимым для электропитания микросхем;
- защиту от перенапряжений в линии;
- обеспечение низкого уровня помех в цепях электропитания.

Обычно устройство построено по принципу частотного преобразования.

Интерфейс с микропроцессором

Микропроцессор уже достаточно подробно рассматривался ранее (см. рис. 1.17). На рис. 1.49 показан только интерфейс контроллера абонентского доступа. Назначение отдельных цепей рассмотрено ранее в разделе 1.1.2.

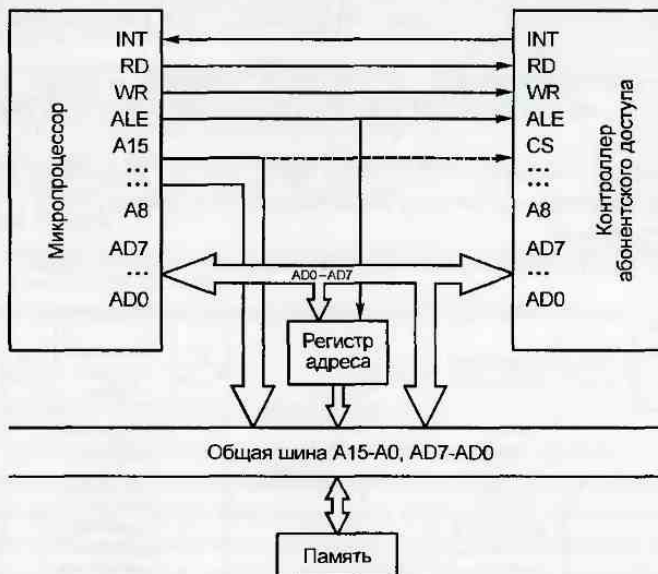


Рис. 1.49. Интерфейс контроллера абонентского доступа и микропроцессора

1.3.3. Алгоритмы и процессы работы в ISDN

Инсталляция

В этом разделе будут рассмотрены основные алгоритмы работы устройств ISDN [20]. Начнем с самых общих алгоритмов, описывающих работу устройств с точки зрения пользователя речевыми услугами. Пользовательские алгоритмы носят название *алгоритмы уровня спецификации*.

При подключении аппарата ISDN к сети требуется его регистрация. Эта процедура может осуществляться двумя способами: автоматическим и ручным. Во всех случаях задачей процедуры является закрепление за терминалом кода идентификации, по которому его будут распознавать на данной станции.

При ручном способе активация проводится техническим персоналом станции при подключении оборудования к абонентской линии. Терминальному оборудованию присваивается номер (TEI — Terminal Equipment Identification) от 0 до 63. Этот номер в дальнейшем используется для запроса данного терминала или для его опознавания в случае запроса на соединение с его стороны. Код автоматически передается на станцию при любом входящем и исходящем вызове и сохраняется неограниченное время. Изменение кода при ручном способе делается также с помощью оператора станции.

Автоматическое присвоение терминального номера применяется при так называемой мобильной установке, когда оборудование используется непостоянно (пользователь временно

или периодически использует службу ISDN, оборудование часто переключается с одной абонентской линии на другую).

Присваиваемый установке номер-идентификатор состоит из двух частей:

- A_i — номер-индикатор, имеющий значения 64...126 (номер 127 используется как вещательный);
- R_j — ссылочный номер, значения которого находятся в пределах 0...65535 (2 байта).

На рис. 1.50 показан обмен сигналами при процедурах инсталляции. При передаче по каналу эти сигналы включаются в специальные места форматов и имеют заранее заданные коды, о которых будет говориться в дальнейшем.

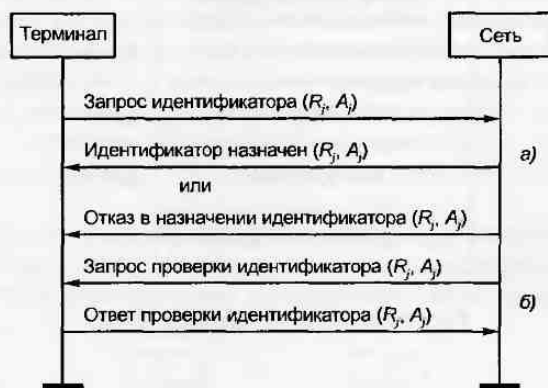


Рис. 1.50. Процедура первоначальной инсталляции:
а) назначение терминального индикатора; б) проверка терминального индикатора

Как только терминальное оборудование подключается к S -интерфейсу, оно автоматически запрашивает идентификатор (ID). При этом оно генерирует случайное число от 0 до 65535 — произвольный ссылочный номер R_j , а далее запрашивает в сети номер-идентификатор терминального оборудования. При этом может быть запрошен конкретный номер (ТЕ), указанный в формате A_i , или право выбора ТЕI остается за сетью, при этом поле $A_i = 127$.

При получении от некоторого S -интерфейса сообщения «запрос ID» (запрос идентификатора) сеть обращается к соответствующему списку. Если она может назначить ТЕI, то по шине S -интерфейса в вещательном режиме передается сообщение «ID назначен», в котором величина R_j берется из сообщения «запрос ID», а назначенный ТЕI помещается в поле A_i .

Все терминалы, подключенные к этой S -шине, проверяют сообщение. Но только тот, который послал запрос, опознает свое R_j и воспринимает назначенный ТЕI. Такая процедура позволяет двум или более ТЕ, подключенным к одной и той же шине, посылать запросы ID одновременно.

Если сеть не может удовлетворить запрос ID из-за того, что запрошенный ТЕI уже есть в списке назначенных для данного интерфейса или из-за того, что все ТЕI в диапазоне 64...126 заняты, она передает по S -шине в вещательном режиме сообщение «отказ в назначении ID», снова копируя R_j из принятого запроса. После этого ТЕ информирует своего пользователя о том, что его запрос на назначение ТЕI отвергнут. Кроме этой основной процедуры существуют процедуры тестирования назначенных ТЕI и отмены их назначения.

Как упоминалось ранее, при применении системы ISDN абонентский терминал может содержать различные приборы: от телефонного аппарата до компьютера. При этом каждый

прибор может иметь свои особенности при обслуживании и сигнализации. В связи с этим каждый из включаемых в станцию приборов должен быть зафиксирован на станции по типу обслуживания, для чего ему присваивается идентификатор точки доступа к сервису — SAPI (Service Application Point Identifier). Этот признак передается устройством при первом подключении к станции по ее требованию.

Формат сообщения управления ТЕI и примеры кодов сообщений показаны на рис. 1.51 и в табл. 1.11.

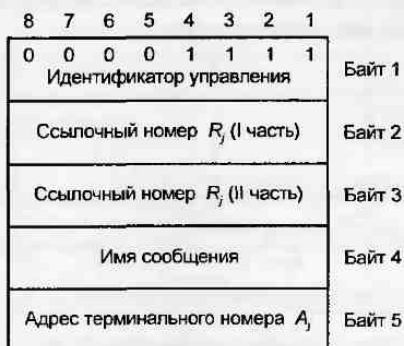


Рис. 1.51. Формат управления ТЕI

Таблица 1.11. Примеры кодов сообщений ТЕI

Тип сообщения	Направление ТЕ-Сеть	Код типа сообщения	Номер R_j	Номер A_j
Запрос ID	→	0000 0001	0–65535	127
ID назначен	←	0000 0010	0–65535	64–126
Отказ в назначении ID	←	0000 0011	0–65535	64–127
Запрос проверки ID	←	0000 0100	–	0–127
Ответ проверки ID	←	0000 0101	0–65535	0–126
Отмена ID	←	0000 0110	–	0–127
Верификация ID	→	0000 0111	–	0–126

При первоначальной установке терминалу присваивается SAPI. Он указывает, объект какого логического уровня должен анализировать содержимое информационного поля. Рекомендации Q.931 определяют значения SAPI, приведенные в табл. 1.12.

Таблица 1.12. Значения SAPI

SAPI	Функция
0	Управление соединением ISDN (коммутация каналов)
1	Пакетная коммутация по рекомендации Q.931
16	Пакетная коммутация по протоколу X.25
63	Управление канальным уровнем

Процедуры и сигналы обслуживания соединений

Для установления соединения для ISDN применяются все те же процедуры, что и при телефонном вызове. Но чаще всего используется набор номера с накоплением в аппарате. Это позволяет упростить процедуру передачи управляющей информации на станцию и уменьшить время занятия группового оборудования станции, которое обслуживает соединения. Как уже говорилось в главе 1, в телефонном аппарате применяется память, которая может накапливать цифры и выдавать их вместе с сигналом занятия станции до или вместе с получением акустического сигнала готовности. Для этого в телефонной нумерации целесообразно уменьшать число префиксов (дополнительных цифр), вторых зуммеров. При необходимости вторые номера заменяются голосовым запросом частотного набора дополнительных цифр.

В случае применения набора по цифрам применяются специальные сигналы переноса информации по одной цифре. Процедура установления соединения показана на рис. 1.52. На нем представлен самый простой процесс установления речевого соединения, когда абонент Б (терминал TE2) находится в состоянии *свободно*. В случае приема сигнала *соединение устанавливается* со стороны станционного окончания (ET — Exchange Terminal), соединение со стороны А (терминал TE1) остается в состоянии *ожидания установления соединения*.

Первый сигнал — *вызов*. Как уже говорилось, набор производится до занятия станции. После завершения набора абонент занимает станцию, и аппарат сразу же передает номер. Поэтому этот сигнал управления включает в себя полный набранный номер.

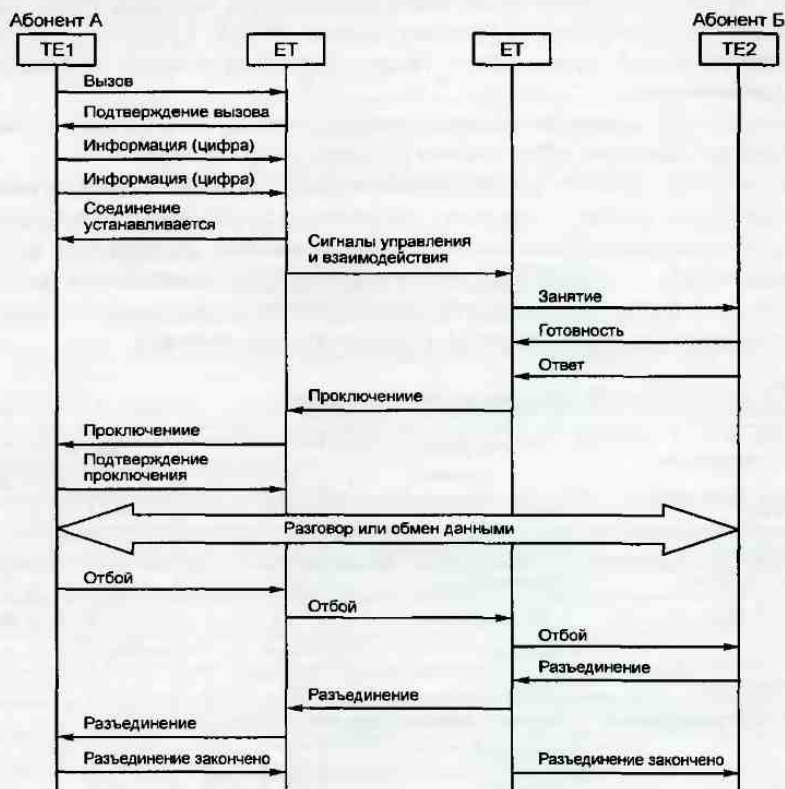


Рис. 1.52. Процедура передачи по цифрам

На рис. 1.52 показана процедура передачи по цифрам (полностью или частично), для чего применяется сигнал *информация*. Если номер накоплен заранее, эти сигналы не нужны и станция сразу дает сигнал об установлении соединения.

Если применяется аппарат без накопления номера, то после получения сигнала *подтверждение вызова* абоненту посылается акустический сигнал *ответ станции* и абонент набирает номер, который по одной цифре поступает на станцию (сигнал *информация*). В случае приема сигнала *соединение устанавливается* со стороны станции, соединение со стороны А остается в состоянии *ожидание установления соединения*.

На входящей стороне подается сигнал *занятие*, он по кодировке совпадает с сигналом *вызов*. Дополнительно к своей кодировке этот сигнал должен содержать тип установки, предлагающей соединение (в данном случае это речевая служба 3,4 кбит/с). Входящая сторона проверяет наличие этой службы и передает сигнал *готовность*. Далее для различных систем могут быть различные сценарии. Есть сети, которым для дальнейшего установления соединения достаточно сигнала незанятости абонента. Во многих случаях продолжение установления соединения следует после ответа абонента (эти сценарии тесно связаны с моментом тарификации вызова). В данном случае выбран сценарий, когда соединение устанавливается при поступлении сигнала *ответ*. По сети последовательно передаются сигналы *проклучение*, переводящие ресурсы в состояние обмена информацией между потребителями. Далее проходит разговор или обмен данными.

Описание этого процесса исходит из концепции двухстороннего отбоя. В этом случае разъединение происходит только тогда, когда оба абонента повесили трубки. После отбоя одного из абонентов на станции А приходит сигнал *отбой*, а абоненту, не повесившему трубку, идет акустический сигнал *занято*. После отбоя этого абонента со станции Б посылается сигнал *разъединение*.

Во многих случаях применяется односторонняя система отбоя, тогда сигнала разъединения и процедуры ожидания отбоя второго абонента не существует.

Даже рассмотрение простого случая порождает множество процедур и сигналов. Рассмотрение «отрицательных веток» — занятость абонента, несовместимость приборов и дополнительные виды обслуживания требует более детального анализа, приведенного в [20].

Для примера (табл. 1.13) приведем коды сигналов, использованных на рис. 1.52. Терминология таблицы не всегда соответствует прямому переводу английских терминов, но приближена к названиям сигналов, принятых в существующих системах.

Таблица 1.13. Коды сигналов обслуживания соединений

Имя сообщения	Английский термин	Биты							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Вызов. Занятие	Setup	0	0	0	0	0	1	0	1
Подтверждение вызова	Setup Acknowledge	0	0	0	0	1	1	0	1
Информация (цифра)	Information	0	1	1	1	1	0	1	1
Соединение устанавливается	Call Proceeding	0	0	0	0	0	0	1	1
Готовность	Alerting	0	0	0	0	0	0	0	1
Ответ. Проклучение	Connect	0	0	0	0	0	1	1	1
Подтверждение проклучения	Connect Acknowledge	0	0	0	0	1	1	1	1
Отбой	Disconnect	0	1	0	0	0	1	0	1
Разъединение	Release	0	1	0	0	1	1	0	1
Разъединение закончено	Release complete	0	1	0	1	1	0	1	0

Все типы кодов образуют 5 категорий сообщений:

- сообщения фазы соединения, используемые в процедурах создания соединения (например, сообщение *setup*, которое посылается пользователем к АТС или АТС к пользователю в качестве запроса соединения);
- сообщения, передаваемые в фазе установления соединения (например, сообщение, которое может быть отправлено во время разговора/передачи данных для пересылки информации «пользователь-пользователь»);
- сообщение фазы разъединения (например, сообщение *disconnect*, которое посылается пользователем к АТС (или АТС к пользователю), чтобы инициировать процедуру освобождения ресурсов, занятых в соединении);
- прочие сообщения (например, сообщение *information*, которое может быть отправлено пользователем или АТС для передачи дополнительной информации);
- национальные сообщения с кодом типа сообщения 0000 0000, обозначающим, что следующее поле является полем типа сообщения, который определен оператором сети.

Форматы сигналов

Рассмотренные выше сигналы могут передаваться в виде однобайтовых сообщений. Существуют два типа однобайтовых информационных элементов.

Тип 1 показан на рис. 1.53. Здесь значение указателя однобайтового сообщения, равное 1, сохраняется. Оставшаяся часть байта используется исключительно в качестве идентификатора информационного элемента.

Тип 2 изображен на рис. 1.54.

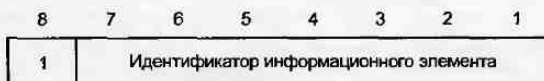


Рис. 1.53. Однобайтный информационный элемент типа 1

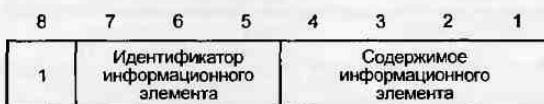


Рис. 1.54. Однобайтовый информационный элемент типа 2

Значение бита 8, равное 1, указывает, что элемент относится к типу однобайтовых; биты 5-7 используются в качестве идентификатора элемента. В битах 1-4 кодируется содержимое информационного элемента.

Однако для установления соединения необходимы сигналы, содержащие больший объем информации. Поэтому кроме этих форматов с ограниченной информационностью существует информационный формат переменной длины, который позволяет передать вместе с именем сигнала дополнительную информацию (рис. 1.55).

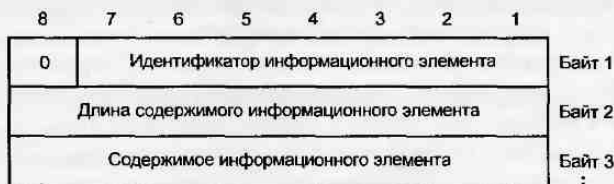


Рис. 1.55. Информационный элемент переменной длины

Восьмой бит первого байта равный 0 указывает на то, что формат переменный. Назначение остальных байтов указано на рис. 1.55.

Рассмотрим некоторые примеры.

Информационный элемент «средства доставки информации» (bearer capability) (рис. 1.56) отражает характеристики средств доставки, запрашиваемые у сети вызывающим пользователем. Этот информационный элемент вставляется в сообщение и посылается вызывающей стороне с целью обеспечения согласованной работы терминалов. Например, если на исходящей стороне речевой сигнал преобразуется в цифровую форму с помощью определенного алгоритма кодирования, то, чтобы принимающая сторона была в состоянии декодировать цифровой сигнал правильно и произвести его обратное преобразование в аналоговый сигнал, ей должно быть известно, как сигнал кодировался на передающем конце.

В информационном элементе *средства доставки информации* содержатся:

- сведения о службах (речь 3,1 или 7 кГц, факс гр. 2, факс гр. 3 и т.д.), перечисленные в 1.3.1;
- режим переноса информации — коммутация каналов или пакетов;
- пропускная способность канала (64 кбит/с, 128 кбит/с);
- стандарт кодирования;
- протокол обработки информации пользователя (стандарт адаптации скоростей, алгоритм сжатия и т.п.);
- скорость передачи данных терминалом пользователя.

Структура информационного элемента *средства доставки информации* приведена на рис. 1.56.

8	7	6	5	4	3	2	1	
1 ext	Стандарт кодирования		Вид информации				Байт 3	
1 ext	Режим передачи		Скорость передачи информации в канале пользователя				Байт 4	
0/1 ext	Идентификатор уровня		Обработка информации пользователя (уровень 1)				Байт 5	
0/1 ext	Синх./ асинх.	СП	Скорость передачи информации терминалом пользователя				Байт 5а	

Рис. 1.56. Информационный элемент «средства доставки информации»: Ext — здесь и далее бит расширения: 1 — указывает на то, что поле длины 1 байт; 0 — указывает на то, что поле длины 2 байта

Рассмотрим значения полей:

Параметр *стандарт кодирования* (coding standard) присутствует не только в поле информационного элемента «средства доставки информации», но и в некоторых других информационных элементах. Значения этого параметра: 00 — стандарт ITU-T; 10 — национальный стандарт; 11 — специальный сетевой стандарт.

Параметр *вид информации* (information transfer capability) принимает одно из следующих значений: 00000 — речь, 01000 — неограниченная цифровая информация; 01001 — ограниченная цифровая информация; 10000 — аудио в полосе 3,1 кГц.

Параметр *режим передачи* (transfer mode) кодируется следующим образом;

10 — пакетный режим;

00 — канальный режим.

Параметр *скорость передачи информации* (information transfer rate) может иметь, в частности, такие значения:

- 00000 — пакетный режим;
- 10000 — канальный режим 64 кбит/с;
- 10011 — канальный режим 384 кбит/с.

Параметр *обработка информации пользователя*, уровень 1 (user information layer 1 protocol) может принимать, например, значения:

- 00001 — адаптация скоростей согласно рекомендациям V.110 и X.30 ITU-T;
- 00010 — кодирование по μ -закону;
- 00011 — кодирование по закону A.

Параметр *скорость передачи информации терминалом пользователя* (user rate) присутствует только тогда, когда предыдущий параметр имеет значение 00001. В этом случае, например, скорости 56 кбит/с соответствует код 01111.

Обозначенная на рис. 1.56 служебная информация содержит две характеристики. Параметр *синхр./асинх.* может принимать значения: 0 — синхронные данные; 1 — асинхронные данные. Параметр *соглашение о передаче звуковых сигналов* (СП) может принимать значения: 0 — передача невозможна; 1 — передача возможна.

Структура информационного элемента *номер вызываемого и вызывающего абонентов* (called and calling party number) показана на рис. 1.57.

	8	7	6	5	4	3	2	1	
0/1 ext	Тип номера			Идентификация плана нумерации				Байт 3	
1/1 ext	Индикатор представления	0	0	0	Резерв		Индикатор верификации	Байт 3а	
0/1 ext	Цифры номера							Байт 4	

Рис. 1.57. Формат информационного элемента «номера абонента»

Рассматриваемый информационный элемент содержит сведения о типе номера (международный, междугородный, местный) и о плане нумерации. Наиболее часто используется национальный план нумерации, обычно соответствующий рекомендациям ITU-T E.164 и E.163. Могут использоваться и другие планы нумерации, такие как X.121 (общий план нумерации, используемый в сетях передачи данных), F.69 (телекстный план нумерации) или частный план нумерации ведомственной сети.

Параметр *тип номера* может иметь значения:

- 001 — международный номер;
- 010 — национальный номер;
- 011 — номер сетевой службы (оператора).

Возможное значение параметра *идентификация плана нумерации*:

- 0001 — план нумерации ISDN/телефонная сеть общего пользования.

Каждая цифра номера кодируется как символ семибитового международного алфавита и занимает один байт.

Если номер принадлежит *вызываемому абоненту*, то он содержит, кроме рассмотренных выше, следующие параметры:

Индикатор представления:

- 00 — представление разрешается (номер вызывающего абонента);
- 01 — представление ограничено.

Индикатор верификации (номера вызывающего пользователя):

- 00 — задан пользователем, сетью не проверялся;
- 01 — задан пользователем, проверен сетью;
- 10 — задан пользователем, проверить не удалось;
- 11 — задан сетью.

Верификация номера имеет большое значение в соединениях с терминальным оборудованием, которое не обслуживается персоналом (компьютеры, устройства факсимильной связи) и используется для приема вызовов.

Информационный элемент *идентификация канала* (channel identification) указывает тот канал, который в интерфейсе должен использоваться для связи (рис. 1.58).

8	7	6	5	4	3	2	1		
0	Идентификатор информационного элемента						0	0	Байт 1
0 0 1 1 0 0									Байт 2
Длина содержимого									Байт 3
1 ext	Идентификация интерфейса	Тип интерфейса	Резерв	Идентификатор предпочтения	Индикация D-канала	Выбор информационного канала			
1 ext	Стандарт кодирования		Номер/ таблица	Тип канала/тип элемента таблицы					Байт 3.2
Номер канала									Байт 3.3

Рис. 1.58. Информационный элемент «идентификация канала»

В данном элементе содержится следующая информация:

- интерфейс базовый (BRI) или первичный (PRI);
- идентифицированный канал является или не является *D*-каналом;
- идентифицированный канал является *B1*-каналом или *B2*-каналом;
- идентифицированный канал является блоком каналов *H0* (6 каналов по 64 кбит/с с общей скоростью 384 кбит/с), *H10* (23 канала по 64 кбит/с с общей скоростью 1472 кбит/с), *H11* (24 канала по 64 кбит/с с общей скоростью 1536 кбит/с), *H12* (30 каналов по 64 кбит/с с общей скоростью 1920 кбит/с), т.е. блоком каналов повышенной скорости.

На аналогичных принципах строятся и другие информационные элементы. Детально с большинством их форматов можно ознакомиться в [20].

Обеспечение достоверности

Выше были рассмотрены вопросы передачи необходимой информации для обеспечения процессов, возникающих при обслуживании вызовов в ISDN. Однако для устойчивой передачи в условиях помех необходимо добавление служебной информации для обеспечения достоверности получаемых сигналов, что осуществляют процедуры на уровне 2. Принцип построения структуры сигнальной единицы с учетом уровня 2 показан на рис. 1.59. (Здесь и далее под сигнальной единицей понимается группа бит, оформленная в информационный блок (например, кадр), используемая для транспортировки по каналу.)

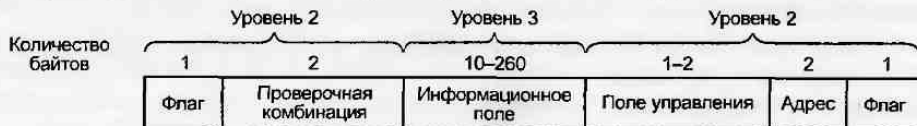


Рис. 1.59. Формат кадра на уровне 2

Этот формат дополняет информацией управления и защиты основное информационное поле. В первую очередь используется информация, полученная при установке (рис. 1.60). Она содержится в адресном поле и позволяет процессу управления определить номер терминала и функции аппаратуры, реализующей заказанный сервис.

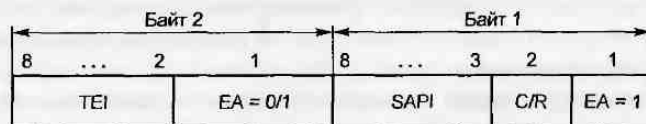


Рис. 1.60. Вид адресного поля

Входящие в это поле TEI и SAPI уже подробно рассматривались. Остается лишь дополнить их небольшим числом признаков.

Бит расширения (EA — Extended Address bit) — признак, служащий для гибкого увеличения длины адресного поля. Бит расширения в первом байте адреса указывает на то, что за ним следует другой байт. Бит расширения во втором байте, имеющий значение 1, указывает на то, что байт 2 в адресном поле является последним. Для увеличения размера адресного поля значение бита расширения во втором байте устанавливается равным 0, что указывает на существование третьего байта, который будет заканчиваться значением бита EA = 1. Таким образом, увеличение размера адресного поля не влияет на остальную часть кадра.

Бит идентификации команды/ответа (C/R — Command/Response bit). Этот признак позволяет отличить команду от ответа на команду. Если кадр «команда», адресное поле идентифицирует получателя, а если кадр «ответ», то адресное поле идентифицирует отправителя.

Отправителем или получателем могут быть как сеть, так и терминальное оборудование. Признаки противоположных значений имеют инверсный смысл. Значения бита C/R приведены в табл. 1.14.

Таблица 1.14. Значения бита C/R

Название кадра	Значение C/R	
	Кадры, передаваемые сетью	Кадры, передаваемые терминалом
Командный кадр	C/R = 1	C/R = 0
Кадр ответа	C/R = 0	C/R = 1

Для отделения одного пакета от другого каждый из них разделяется *флагом F*, который имеет вид: 01111110. Если в информации встречается такая комбинация, то после передачи 5 единиц обязательно вставляется ноль. На приемном конце после приема 5 единиц 0 необходимо удалить.

Два последних байта в структуре кадра содержат 16-битовое поле *проверочной комбинации кадра (FCS — Frame Check Sequence)*. Эта комбинация позволяет определить наличие ошибок в кадре.

Вся информация защищается с помощью специального циклического кода. Принцип защиты состоит в том, что вся передаваемая информация представляется в виде полинома степени n с двоичными коэффициентами.

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0 x^0,$$

где a_n, a_{n-1}, \dots, a_0 — двоичные значения битов информации; x^n, x^{n-1}, \dots, x^0 — условные переменные, указывающие место битов в информационном блоке.

При делении его на заранее заданный простейший полином, не имеющей делителей, называемый *образующий полином*, получается остаток меньшей степени, чем образующий полином. Он передается на приемный конец. После получения информации (сигнальных единиц) полученный остаток алгебраически суммируется с полиномом, образованным из сигнальных единиц. В результате деления на приемном конце должен получиться нулевой остаток. Если он отличается от нуля, то это сигнал об искажении, а величина остатка может указывать на величину искажения.

Условно пояснить этот принцип можно на примере обычных чисел. Предположим, что по каналу передается не двоичная информация, а десятичные числа. Выберем в качестве образующего числа простое число 5. Тогда при делении на это число остаток может иметь значения 0, 1, 2, 3, 4. Например, передается информация, закодированная числом 16. Тогда на передающем конце путем деления мы получаем остаток 1 и передаем его на приемный конец, где, получив число 16, вычитают остаток 1 и при делении получают остаток ноль. Если число получено с искажением, например, 17, то остаток будет равен 1, что говорит о том, что исходное число искажено на единицу. Заметим, что такая защита имеет предел, если мы получим число 21, т.е. отличающееся от истинного на величину образующего числа, то на приемном конце после вычитания получится нулевой остаток и искажение не будет замечено. Если величина достигнет большего значения, то в случае применения восстанавливающего алгоритма получится другое число.

Если вернуться к побитному представлению, то образующие полиномы выбираются, например, 16-й степени. В этом случае говорят, что полином позволяет обнаружить 16-кратную ошибку. Величина полинома выбирается исходя из показателя «число ошибок в канале».

Заметим, что в любой аппаратуре сигнализации ставится анализатор канала, который определяет число ошибок за единицу времени. Если это число выше нормы, то канал может быть заблокирован. При ухудшении качества работы каналов это может привести к блокировке целых направлений и станций.

Из сказанного можно сделать вывод, что для защиты информации требуется в формате отвести 16 битов (2 байта). Сама процедура заключается в определении остатка от деления произведения $x^k(x^{15} + x^{14} + \dots + x + 1)$ на образующий полином $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, где k — число битов кадра между последним битом открывающего флага и первым битом проверочной комбинации. Это действие состоит в делении числа, изображающего кадр, перенесенный на k разрядов, на простейший полином, т.е. полином, не разлагающийся на делители и представляющий собой эквивалент простого числа. После чего путем деления информации на простейший полином выделяется остаток и прибавляется к предыдущему результату. Сумма этих остатков передается в соответствующем поле формата. На приемном конце последовательность данных, представленная в виде двоичного полинома, делится на образующий простейший полином. При этом остаток равен постоянному заранее заданному числу (а не нулю, как это сделано в учебном примере). Если в принятой информации нет искажений, этот остаток представляет число 00011101 00001111.

После того, как введен механизм определения ошибки, необходимо создать механизм улучшения достоверности. Это достигается путем повторной передачи информации.

Вся переданная информация временно сохраняется в буфере, который рассчитывается на некоторое число сигнальных единиц, например, на 128. Информация, передаваемая в канал последовательно, записывается в этот буфер и нумеруется циклически $N(S) = 0, 1, \dots, 127$ и далее снова 0, 1, ... Она сохраняется до получения с приемного конца подтверждения о правильном приеме. Подтверждение должно содержаться в информации, которая передается с приемного конца в виде обратного циклического номера. На приемном конце этот но-

мер должен отличаться на единицу от последнего принятого. После этого информация считается принятой, и информационное поле передается на следующие уровни обработки. Подтверждение происходит путем передачи обратного циклического номера $N(R)$, который на единицу больше (по модулю 128), чем прямой циклический номер $N(S)$. Если разрыв между номерами больше, то приемник игнорирует принятую информацию, прошедшую проверку, и формирует сигнал запроса повторной передачи. Передающая сторона начинает передачу с нарушенного кадра. Для реализации этого алгоритма требуется в поле управления передавать с каждой сигнальной единицей (пакетом) его циклический номер. В обратном сообщении необходимо иметь номер подтверждаемой сигнальной единицы и признак подтверждения.

В процессе обмена номера передаваемой и подтверждаемой единицы передаются в одном формате. Например, передается вторая сигнальная единица, а подтверждается первая. Чтобы дать время на распространение и обработку, допускается определенное расстояние между передачей и подтверждением. Например, передается третья единица, а подтверждается первая. Такое опережение не допускается только в тех случаях, когда приходит информация, номер которой превышает заданное значение. Если информации нет, то передается «пустая» единица, т.е. не содержащая информации. Но при необходимости она также может содержать подтверждение полученной информации.

На рис. 1.61 приведен пример работы системы при нарушении структуры кадра из-за наличия ошибки в канале.



Рис. 1.61. Исправление ошибок в информационном кадре

Кроме основной информации, которая передается в нормальном режиме функционирования (1-кадр) и достоверность которой гарантируется специальными процедурами, для нормального функционирования ISDN необходим ряд сообщений для управления соединением и аппаратурой. Эти сообщения составляют два класса — управляющие кадры (S) и нумерованные кадры (UI). Управляющий кадр содержит только коды сигналов. Например, если аппаратура не в состоянии принимать основную информацию, посылается S-кадр «к приему не готов» (RNR). Когда связь восстанавливается, передается кадр «к приему готов» (RR). Как указывалось (см. рис. 1.61), S-кадр может использоваться для перезапроса информации, принятой с искажением. Для этого используется сигнал REJ («отказ-перезапрос»). Управляющие кадры не содержат прямого циклического номера

$N(S)$, но содержат поле обратного циклического номера $N(R)$ для подтверждения принятых информационных кадров.

Ненумерованный кадр UI используется в ситуациях начальной настройки и в случае аварий. Например, когда невозможна синхронная передача передающей стороной, предлагается асинхронный режим работы (SABME — Set Asynchronous Balanced Mode Extended), точнее, одно из подмножеств — расширенный асинхронный балансный режим. В этом множестве кадров имеется один кадр, в котором записана информация (кадр UI). Возможные значения кадров в сигнальной системе DSS-1 приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15. Основные типы кадров в системе DSS-1

Тип кадра	Команда	Ответ	Описание
Информационный (I)	Информация	—	Используется в режиме с подтверждением для передачи нумерованных кадров, содержащих информационные поля с сообщением уровня 3
Управляющий (S)	Отказ — перезапрос (REJ — reject)	К приему готов (RR — receive ready)	Используется для указания готовности встречной стороны к приему I-кадра или подтверждения ранее полученного I-кадра
	К приему не готов (RNR)	К приему не готов (RNR)	Используется для указания неготовности встречной стороны к приему I-кадра
	Отказ — перезапрос (REJ — reject)	Отказ перезапроса (REJ — reject)	Используется для запроса повторной передачи I-кадра
Ненумерованный (UI)	Ненумерованная информация (UI — unnumbered information)	—	Используется в режиме передачи без подтверждения
	—	Отключено (DM — disconnected mode)	—
	Установка расширенного асинхронного балансного режима (SABME)	—	Используется для начальной установки режима с подтверждением
	—	Отказ от кадра (FRMR — frame reject)	—
	Разъединение (DISC — disconnect)	—	Используется для прекращения режима с подтверждением
	—	Ненумерованное подтверждение (UA — unnumbered ask)	Используется для приема команд установки режима, например, SABME, DISC

1.3.4. Технологии абонентского доступа xDSL

Сведения о технологиях xDSL

Технология ISDN, которая позволяет организовать высокоскоростную передачу по паре стандартных медных проводов, продолжается серией технологий цифровых абонентских линий xDSL (Digital Subscriber Line). Они позволяют увеличить скорость передачи информации по абонентским линиям и расширить возможности абонентского участка телефонной станции. Преимущества такого подхода заключаются в том, что пользователи xDSL не ограничены одним способом переноса информации, как это определено в ISDN, а могут применять другие технологии, которые будут обсуждаться в дальнейшем (такие как IP, Frame Relay или ATM).

Три ключевых преимущества технологий xDSL:

- использование существующих абонентских линий (АЛ);
- передача по АЛ разнообразного трафика массового пользователя — от традиционного телефонного разговора до доступа в Интернет;
- передача трафика данных пользователя (включая и трафик Интернет) в обход коммутируемых сетей ТфОП или ISDN непосредственно в транспортную сеть передачи данных.

Эти преимущества определили технологии xDSL в качестве весьма эффективного средства широкополосного доступа к сетевым услугам.

В табл. 1.16 приведены некоторые из распространенных технологий xDSL и их основные характеристики.

Таблица 1.16. Сравнительные характеристики технологий xDSL

Название технологии	Скорость передачи	Направление передачи	Возможности технологии
DSL — Digital Subscriber Line	160 кбит/с	Дуплекс	ISDN-сервис, передача голоса и данных
HDSL — High data rate Digital Subscriber Line	1,544 Мбит/с 2,048 Мбит/с	Дуплекс Дуплекс	Т1/E1 услуги WAN, LAN-доступ
SDSL — Symmetric Digital Subscriber Line	2,048 Мбит/с	Дуплекс Дуплекс	Как HDSL, а также услуги симметричного доступа
ADSL — Asymmetric Digital Subscriber Line	1,5–9 Мбит/с 16–1024 кбит/с	От станции к пользователю От пользователя к станции	Интернет, LAN, видео по-требованию, видеоконференции, интерактивные услуги, мультимедиа
VDSL — Very high data rate Digital Subscriber Line	13–52 Мбит/с 1,6–2,3 Мбит/с	От станции к пользователю От пользователя к станции	Те же услуги, что в ADSL, но на более высоких скоростях

Технология ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) — это новая технология, которая решает проблему пропускной способности на «последней миле» линии связи между поставщиком и потребителем услуг сетей передачи данных.

Технология ADSL представляет собой платформу для доставки широкополосных услуг, поддерживающую широкий набор приложений (высокоскоростной доступ в Интернет, телеконференции, виртуальные частные сети, мультимедиа), которые требуют широкой полосы пропускания. Слово «асимметричная» в названии технологии означает несимметричность потока данных в направлениях «к пользователю» (downstream) и «к поставщику ус-

луг» (upstream). ADSL позволяет установить большую скорость передачи данных в направлении от поставщика услуг к потребителю. Такой обмен наиболее эффективен при доступе к мощным информационным ресурсам сети Интернет, локальным и корпоративным распределенным сетям. Рис. 1.62 иллюстрирует принцип включения оборудования ADSL в сети.

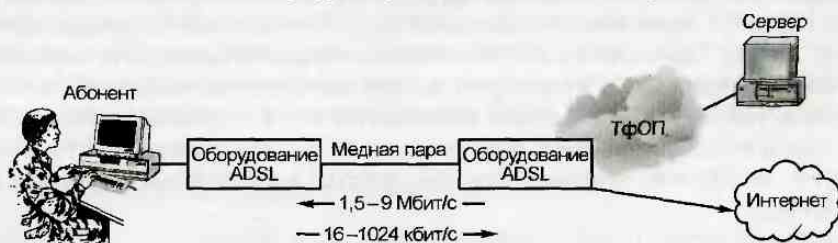


Рис. 1.62. Принцип включения оборудования ADSL

В большинстве случаев пользователи посылают лишь запрос на предоставление ресурса, в ответ получая большой объем информации. Учитывая данное обстоятельство, в сторону пользователя ADSL поддерживает большие скорости, чем в сторону поставщика услуг (см. табл. 1.16).

Ключевым фактором успешного развития и внедрения ADSL является ее стандартизация (стандарт ANSI T1.413 был утвержден еще в 1995 г.), благодаря чему появилась возможность использования оборудования различных производителей. Создана новая версия технологии ADSL, призванная сделать ее более доступной для массового пользователя — Universal ADSL (UADSL), или DSL Lite. В этом случае данные передаются на более низких скоростях, чем в базовой ADSL.

Принципы работы ADSL

Использование ADSL предполагает установку модема на обоих концах абонентской телефонной линии на основе витой пары медных проводников — на АТС и у абонента. Используя диапазон частот линии, с помощью частотного мультиплексирования (FDM, Frequency Division Multiplexing) или эхоподавителей, модемы создают несколько каналов. FDM разделяет диапазон на две части: одну — для доставки информации к пользователю, а другую — для передачи запросов. Канал доставки разделяется, в свою очередь, на несколько низко- и высокоскоростных каналов посредством временного мультиплексирования. Для обеспечения передачи в прямом и обратном направлении применяются дифференциальная система и эхокомпенсаторы, рассмотренные в главе 1, аналогично тому, как это делается в случае аналоговых абонентских линий.

Линии ADSL предусматривают несколько вариантов модуляции. В 1993 г. Американский национальный институт стандартов (ANSI) выбрал схему под названием «дискретная многотональная модуляция» (Discrete Multitone, DMT) в качестве стандартной для ADSL. Обоснованием такого решения явилось то, что DMT не имеет проблем с сильными искажениями на медных линиях в определенных диапазонах частот.

DMT подразделяет канал на подканалы, каждый из которых модулируется на отдельной несущей сигналом, обозначающим, например, значение двоичного разряда. Каждая из частот несущей кратна базовой частоте. Поток входных данных разделяется на N подканалов с различными несущими частотами и одинаковой шириной полосы. Применение нескольких подканалов с узкой шириной полосы предполагает следующие преимущества:

- все каналы независимы и могут индивидуально декодироваться;
- наличие оптимального декодера для каждого канала (максимальная вероятность декодирования).

По стандарту ANSI технология ADSL использует 256 частотных каналов для потока в одну сторону (downstream) и 32 канала для передачи данных в другую сторону (upstream). Эти каналы в полосе частот расположены непосредственно рядом друг с другом, ширина полосы каждого составляет 4,3125 кГц.

Влияние шума на линии связи зависит, как правило, от частоты, поэтому он влияет только на часть спектра. Благодаря тому, что ADSL разделяет канал на множество подканалов, она эффективно оперирует всем доступным диапазоном частот.

ADSL-модемы имеют в своем распоряжении, как правило, так называемый splitter — разделитель, который обеспечивает возможность одновременного разговора по телефону и передачи данных. Активный splitter обладает тем недостатком, что в результате отказа ADSL-модема или при нарушении электроснабжения связь по обычному телефону становится невозможной. Преимущество пассивного разделителя заключается в том, что, кроме отсутствия описанного выше недостатка, он обеспечивает лучшую защиту от пиковых выбросов напряжения.

Альтернативой DMT является амплитудно-фазовая модуляция без несущей (Carrierless Amplitude/Phase, CAP) — разновидность широко используемой в аналоговых модемах квадратурной амплитудной модуляции (Quadrature Amplitude Modulation, QAM). Квадратурное представление синусоидальных колебаний было рассмотрено в 1.2.3 и является основой при построении различных схем модуляции.

На рис. 1.63 представлена схема размещения ADSL-оборудования, где:

- ATU-C (ADSL Terminal Unit-Central) — ADSL-модем станции;
- ATU-R (ADSL Termination Unit-Remote) — ADSL-модем в помещении абонента;
- TE (Terminal Equipment) — терминальное оборудование.

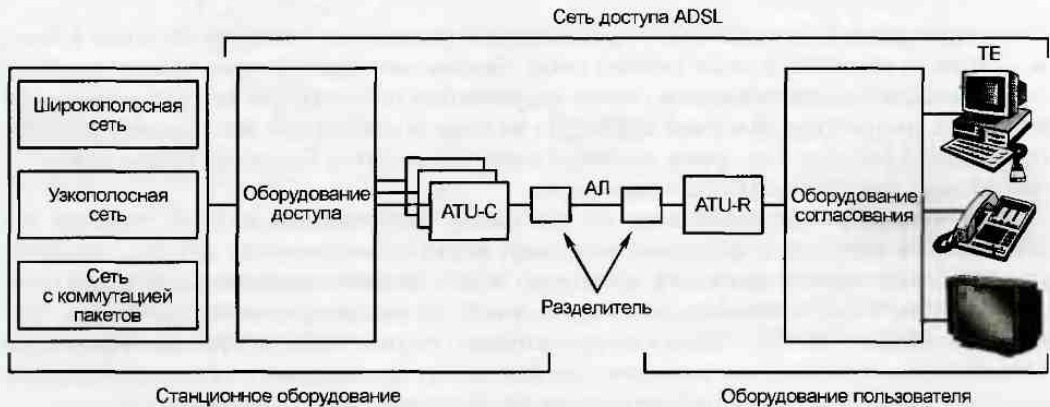


Рис. 1.63. Размещение оборудования ADSL

На реальную пропускную способность цифровых абонентских линий влияют следующие факторы:

- длина линии;
- диаметр проводов;
- наличие незадействованных ответвлений и пупинизации;
- скорость канала передачи данных в глобальных сетях.

Организация линий (разводка в помещении, лестничные коробки, шкафы), их характеристики (затухание, переходные шумы и помехи, скрещивание, пупинизация) были рассмотрены ранее.

Другие технологии DSL

HDSL (High-data rate Digital Subscriber Line) — высокоскоростная цифровая абонентская линия, реализуется двумя модемами, соединенными между собой одной или несколькими парами проводов (обычно 1, 2, 3 пары).

При этом обеспечивается симметричная дуплексная передача цифровых потоков на скоростях 1,544 Мбит/с и 2,048 Мбит/с. По сравнению с аппаратурой ИКМ, обеспечивающей ту же скорость обмена, новая технология позволяет значительно увеличить длину переприемного участка.

SDSL (Simmetric Digital Subscriber Line) — представляет собой однопарную версию HDSL и обеспечивает симметричную дуплексную передачу цифрового потока со скоростью 2,048 Мбит/с.

VDSL (Very High date rate Digital Subscriber Line) — сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия. Технология предназначена для создания в основном ассиметричных линий связи на основе медных пар и волоконно-оптического кабеля.

1.4. Принципы преобразования информации

1.4.1. Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция

Увеличение объема передаваемой информации без увеличения линейной скорости в канале — одна из важнейших задач техники связи. Особое значение оно приобретает при наличии в последовательности каналов обмена информацией радиоканалов или при коммутации речи через компьютеры. В первом случае это вызвано ограниченной пропускной способностью радиозэфира, высоким уровнем помех и влиянием внешней среды. Во втором случае — требованием экономии ресурсов компьютера.

В отличие от стационарной сети, где улучшение характеристик кабелей, введение новых способов переноса информации, например, волоконно-оптических кабелей, позволяет улучшить среду обмена сигналами, радиотракт может только оперировать способами передачи. Поэтому в радиотехнике давно ведется борьба за информационность частотного диапазона (показатель бит/Гц). Выше уже рассмотрены способы транспортировки информации с помощью многоуровневых сигналов, где каждый из передаваемых сигналов переносит большую информацию, что позволяет увеличить объем передачи, не изменяя скорость.

Известны также принципы воздействия на информацию перед передачей. Это, к примеру, алгоритмы сжатия данных (протокол V.42) или сжатия неподвижных изображений (протокол JPEG — Joint Photographic Expert Group). Они основаны на сокращении объема передаваемой информации благодаря повторяющимся элементам текста или изображения. Этот же принцип лежит в основе сжатия подвижных изображений (MPEG — Motion Picture Expert Group), основанного на передаче только изменений соседних кадров.

Для передачи речи применяются другие алгоритмы. При этом наибольший эффект достигается при их комбинации. Рассмотрим два алгоритма, совместно применяемые в сети подвижной связи стандарта GSM.

Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (ДИКМ) применяется для уменьшения скорости передачи речи. При этом используется следующее свойство: значения дискрет, которые определяют величину сигнала в заданное время, больше, чем разность этих дискрет. Если для кодирования дискретами при использовании метода ИКМ требуется один байт, то для этого же действия в случае использования разности между дискретами можно использовать 7 разрядов с сохранением качества речи. Может быть достигнута и большая разница. Поэтому для передачи речи с использованием метода ДИКМ возможна меньшая скорость передачи (48–56 кбит/с) при том же качестве речи, что и в ИКМ. Функциональная схема устройства ДИКМ показана на рис. 1.64.

На рисунке представлено суммирующее устройство, которое позволяет получить разность входного сигнала и его предыдущего значения, затем полученная разность кодируется в цифровую форму и передается в линию. Одновременно эти значения передаются в цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), который восстанавливает значение сигнала, суммируя с предыдущим значением, преобразует его в аналоговую форму и в следующем такте передает на вход сумматора для получения разности. Это классическая схема ДИКМ.

В настоящее время предпочтительным является другой вариант (рис. 1.65), основанный на том, что все преобразования в цепи обратной связи делаются в цифровой форме.

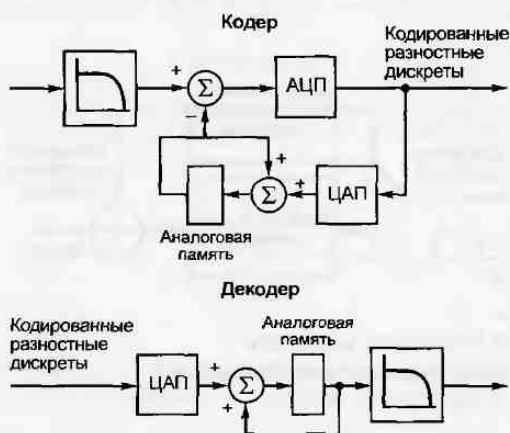


Рис. 1.64. Структурная схема ДИКМ с использованием аналогового суммирования

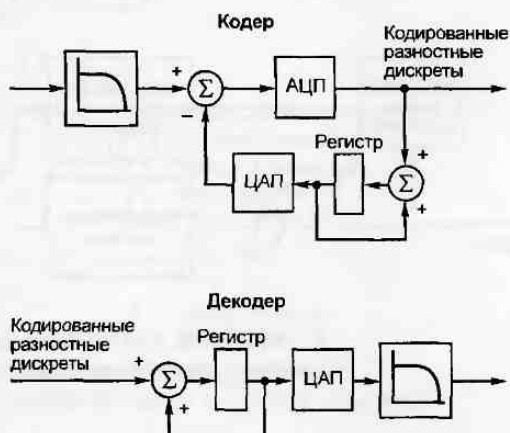


Рис. 1.65. Структурная схема ДИКМ с цифровой обработкой в цепи обратной связи

Систему ДИКМ можно рассматривать как систему предсказания первого порядка, когда исходят из предположения, что в следующий момент сигнал не изменится. Разность сигналов в моменты t и $t-1$ можно рассматривать как ошибку предсказания, которая передается на приемный конец. Можно увеличить степень предсказания и прогнозировать по большому числу отсчетов, используя, например, расчеты математического ожидания и применяя статистические оценки (вероятности появления величин дискрет) как взвешивающие коэффициенты. Однако имеются методы, позволяющие в сочетании с ДИКМ еще более снизить требуемую скорость передачи. В настоящее время все подобные методы основаны на использовании модели речевого сигнала. Одним из способов снижения требований к скорости передачи является компандирование мощности.

1.4.2. Компандирование мощности

При этом способе на передающем конце производится усиление сигналов с низким уровнем и ослабление сигналов с высоким уровнем. При этом сужается диапазон мощности. При снижении амплитуды передаваемых сигналов требуется меньше уровней для квантования и, следовательно, снижается разрядность кодирования. Принцип компандирования мощности показан на рис. 1.66. При этом используют меньшие шаги квантования при кодировании и декодировании сигналов малой мощности и большие шаги для сигналов большой мощности. Для этого на приемный конец передают сигналы об изменении уровня мощности и смене шага квантования.

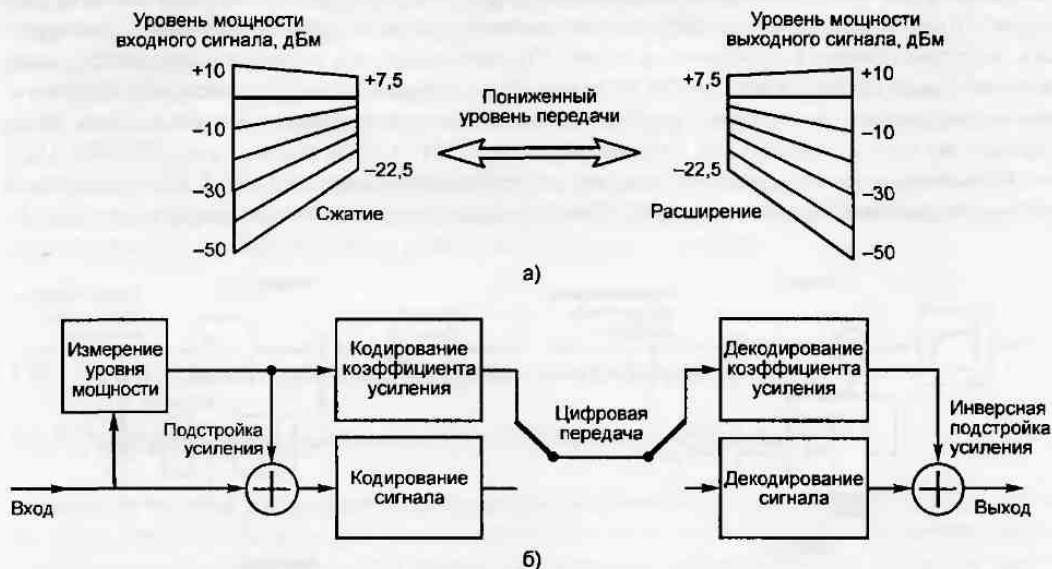


Рис. 1.66. Компандирование сигнала по мощности:
а) принцип компандирования; б) реализация компандирования

Передающий полукomплект кодирует и передает в сторону приемного полукomплекта значение коэффициента, на которое настроено усиление. Затем на приемном конце осуществляется подстройка уровня мощности (формируемого на выходе декодера). Поскольку уровень мощности может при произнесении слога оставаться постоянным в течение ста и более дискрет, то размеры шага квантования изменяются редко (например, каждые 5–10 мс), что уменьшает требования к скорости передачи информации о коэффициенте усиления. В связи с тем, что данный способ связан с продолжительностью слога, он получил название «слоговое компандирование». Это название отличает его от рассмотренного ранее «мгновенного компандирования».

На рис. 1.66 показаны основные устройства для осуществления компандирования по мощности. На входящем конце сигнал поступает на вход устройств кодирования и измерения мощности. После измерения мощности выбирается коэффициент усиления сигнала, и устройство кодирования коэффициента мощности периодически подключается к каналу цифровой передачи для того, чтобы информировать приемник о принятом коэффициенте усиления.

Слоговое компандирование показывает, насколько важно использовать свойства речи для уменьшения скоростей. Поэтому далее рассмотрим эти свойства на примере.

1.4.3. Формирование речевого сигнала и вокодерное преобразование

На рис. 1.67 показан принцип распределения энергии в частотных диапазонах. Эта картина может изменяться в широких рамках в зависимости от тембра голоса и особенностей произношения. На рисунке видно, что буквы отличаются не только частотным диапазоном, но и структурой. Для каждого звука характерны пики (резонансы) энергии в определенных частотных диапазонах и провалы в других. Частоты, на которых возникают пики, называются «частотами формант» или просто «формантами». Гласные и звонкие согласные звуки речи содержат обычно от трех до четырех формант. Эти свойства и иллюстрируются рис. 1.67. Изображенная «спектрограмма» представляет собой распределение энергии речи в виде функции времени и частоты.

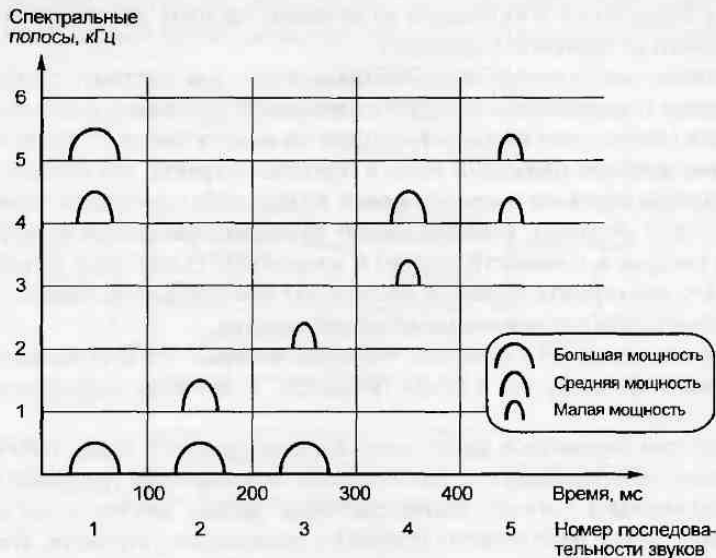


Рис. 1.67. Пример распределения энергии в частотных спектрах:
1 — гласная; 2 — гласная; 3 — гласная; 4 — звонкая согласная; 5 — глухая согласная

Число фонем в русском языке составляет 32, это 6 гласных звуков и остальные согласные. Чтобы закодировать их номера, достаточно 6 битов. Человек в среднем произносит в секунду 10 звуков. От центральной нервной системы к речевому аппарату сигналы передаются со скоростью 60 бит/с.

Эти простые оценки порождают иллюзию, что речь содержит небольшой объем информации и может быть передана с небольшой скоростью. Однако более детальное рассмотрение процесса образования звука позволяет заключить, что для передачи речи необходимы большие объемы информации.

При разговоре грудная клетка сжимается и расширяется, поток воздуха проходит через трахею и гортань в полости глотки, рта и носа. Голосовой тракт простирается от голосовой щели (отверстие между голосовыми складками гортани) до губ, и в процессе речи его форма меняется. Если произносятся звонкие звуки (гласные, носовые, звонкие согласные), называемые также вокализованными (voiced), голосовые складки в гортани смыкаются и размыкаются с той частотой, которая называется частотой основного тона (pitch). Получается последовательность импульсов воздушного потока, которые возбуждают полости голо-

сового тракта. Говоря, человек меняет геометрические размеры этих полостей, соответственно меняются и резонаторные частоты — «форманты».

При произнесении глухих (невокализованных, unvoiced) звуков голосовые складки расслаблены. Проходя по суженному голосовому тракту, воздух создает турбулентный поток, т.е. в полости рта и носа возбуждаются шумоподобные сигналы.

Взрывные (смычные, stop) звуки получаются путем кратковременного выхлопа — полного перекрытия речевого тракта, нагнетания давления и внезапного открытия тракта. Взрывные звуки бывают звонкие (б, д, г) и глухие (п, т, к), т.е. могут образовываться с участием голосовых складок и без них. Таким образом, в терминах спектра сигналов, когда человек говорит, он производит спектрально-временную модуляцию широкополосного сигнала, генерируемого голосовыми складками и представляющего своего рода несущую. Полезная информация содержится в интонации (изменении частоты основного тона) и в смене спектра с тонального на шумовой и наоборот.

Линейная модель речеобразования представляет речь как систему, состоящую из генератора возбуждения (генераторная функция) и линейной системы с медленно изменяющимися параметрами (фильтровая функция), которая им возбуждается. В такой модели не учитывается взаимное влияние голосовой щели и голосового тракта, что сильно упрощает анализ. Для экономичной передачи и хранения речи необходимо определить параметры генераторной и фильтровой функции. В генераторной функции изменяется частота и амплитуда основного тона (высота и громкость голоса) и происходит смена вида функции (основной тон или шум), а у фильтровой функции происходит постоянное изменение коэффициента передачи, проявляющееся в изменении огибающей спектра.

Такая модель представляет собой речь человека, который «гудит» на одной частоте, периодически изменяя ее на другую и меняя громкость, а основная информация «добавляется» в «подтонах».

Для передачи этих параметров достаточно скорости передачи около 1200 бит/с.

Рассмотренные ранее принципы и реализующая их аппаратура предназначены в первую очередь для максимально точного воспроизведения формы входного сигнала на выходе приемной стороны. Ниже рассмотрены принципы построения устройств, которые моделируют человеческую речь, используя при этом методы цифрового кодирования. Они называются вокодерами (это слово получено от словосочетания voice coder — кодер речевого сигнала) [42, 66].

По принципу определения параметров фильтровой функции различают следующие типы вокодеров:

- каналные (полосные, channel);
- формантные;
- ортогональные;
- вокодеры с линейным предсказанием (липредеры — с ЛИнейным ПРЕДсказанием РЕчи);
- гомоморфные.

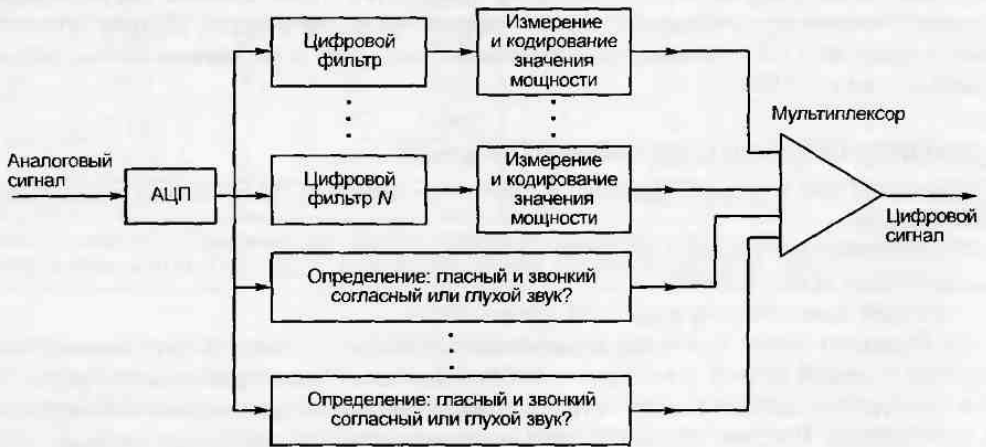
1.4.4. Вокодерное оборудование

Ранее вокодеры выполнялись на основе аналоговой техники на всем разговорном тракте. Теперь они реализуются на основе цифровых технологий.

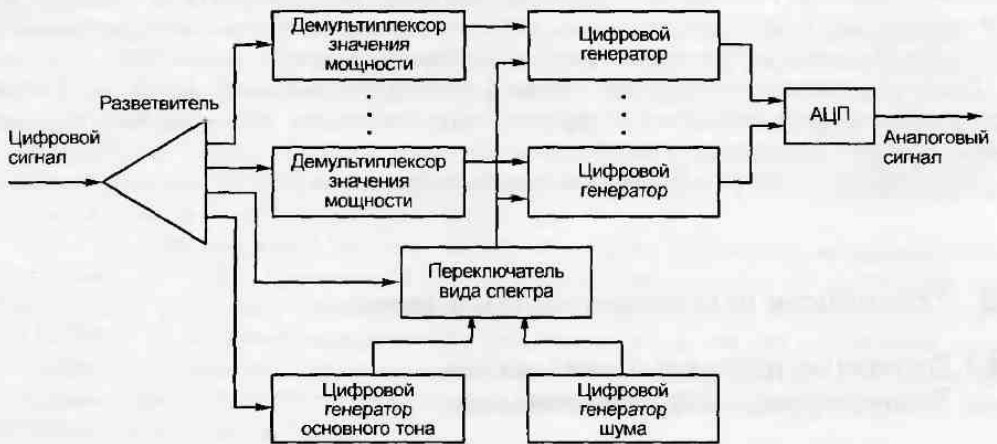
Полосный вокодер

На рис. 1.68. показан полосный (канальный) вокодер. Основная задача процесса кодирования в вокодере — определить спектр сигнала, мощность в каждом спектре за достаточно

длинный отрезок времени, в который существует форманта. На передающей стороне аналоговый сигнал поступает на АЦП, затем проходит ряд цифровых фильтров, каждый из которых выделяет узкую полосу (обычно шириной 200–400 Гц). Чем уже полоса, тем лучше будет качество речи на приемном конце, но тем больший объем информации необходимо передавать по цифровому тракту. Далее используются устройства, измеряющие и кодирующие значение мощности спектра в каждом диапазоне частот. В дополнение к информации о спектре вокодеры определяют характер возбуждения (гласный или звонкий согласный, в отличие от глухого согласного) и частоту основного тона для гласных или звонких согласных звуков. Полученная информация передается на приемный конец, где она используется для управления цифровым генератором. Он представляет собой память, где хранятся временные отсчеты частот, из которых необходимо выбрать нужную по частоте и мощности. Возбуждение гласных происходит с помощью генератора импульсов, который открывает на определенное время генерацию основного тона. Возбуждение глухих звуков имитируется шумовым генератором.



а)



б)

Рис. 1.68. Структурная схема полосного (канального) вокодера: а) кодер; б) декодер

Ортогональные вокодеры отличаются от полосных тем, что функции фильтров выполняются цифровыми методами: либо с помощью быстрого преобразования Фурье, либо с помощью ортогональных функций Уолша (периодические дискретные функции, принимающие значения 0 или 1).

Формантный вокодер

Как видно из рис. 1.67, энергия речи может концентрироваться в трех-четыре пиках, называемых формантами. Формантный вокодер определяет и передает положение пика энергии в частотном диапазоне, амплитуду спектральных пиков. Вследствие этого снижается объем передаваемой информации. Качество восстановленной речи зависит от точности определения этих параметров. Принцип устройства формантного вокодера основан, также как и в предыдущем случае, на разделении спектра на полосы и определении в полосах необходимых характеристик. Но для передачи отбираются только данные о возбужденных спектрах. Это снижает требования к объему передаваемой информации. Декодер восстанавливает сигнал также с помощью генерации основного тона и различных типов сигналов (шумовых и импульсных).

Вокодер с линейным предсказанием (липредер)

Указанный тип вокодера строится на измерении формант. На приемный конец передаются сведения:

- о характере возбуждения (гласные или звонкие согласные);
- о периоде основного тона;
- текущие значения коэффициентов предсказания.

На приемном конце в отличие от полосного фильтра, где происходит восстановление мощности в каждой полосе, в вокодере с линейным предсказанием происходит пересчет значения полученного сигнала в соответствии с принятыми по каналу изменениями коэффициентов предсказания. Пересчет осуществляется на основе математической модели, предполагающей линейную зависимость между соседними по времени сигналами. При этом порядок предсказания (количество учитываемых предыдущих сигналов) может быть от 6 до 12, что определяет качество речи. Чем выше требуемое качество, тем больший порядок предсказания используется в модели. Соответственно, необходима большая скорость вычислений.

Поскольку изменение голосовых сигналов происходит достаточно медленно, то также медленно происходят изменения коэффициентов предсказания, что позволяет передавать речевые сигналы с достаточно низкой скоростью.

Более подробно теория и техника вокодеров рассмотрена в [76].

1.5. Технологии высокоскоростных сетей

1.5.1. Групповые тракты высокого порядка.

Плезиохронная цифровая иерархия

Рассмотренная в предыдущих разделах система образования цифровых каналов ИКМ-30 породила целую иерархию цифровых систем с большим числом каналов: 120 (ИКМ-120), 480 (ИКМ-480), 1920 (ИКМ-1920) и 7680 (ИКМ-7680). Им соответствуют обозначения E1, E2, E3, E4, E5.

Эта система скоростей характерна для Европы и Южной Америки. Для США и Канады принята другая иерархия, обозначаемая DS1, DS2, DS3, DS4. В Японии используют еще одну, третью иерархию. Указанные иерархии скоростей приведены в табл. 1.17 [76].

Таблица 1.17. Иерархия скоростей для многоканальных систем

Уровень цифровой иерархии	Скорость передачи в соответствии с различными системами цифровой иерархии								
	АС 15454 кбит/с.			ЯС 1544 кбит/с			ЕС 2048 кбит/с		
	Скорость	Кoeffициент мультиплексирования	Число каналов	Скорость	Кoeffициент мультиплексирования	Число каналов	Скорость	Кoeffициент мультиплексирования	Число каналов
0	64		1	64		1	64		1
1	1544	24	24	1544	24	32	2048	1	30
2	6312	4	96	6312	4	96	8448	4	120
3	44736	7	672	32064	5	480	34368	4	480
4	274176	6	4032	97728	3	1440	139264	4	1920
						7680	564992	4	7680

Примечания: АС — американская система (уровни иерархии DS0–DC4); ЯС — японская система (уровни иерархии DJ0–DJ4); ЕС — европейская система (уровни иерархии E0–E5).

В терминологии, принятой в технике телекоммуникаций:

- 0-й уровень — основной цифровой канал (ОЦК);
- 1-й уровень — первичный цифровой канал (ПЦК);
- 2-й уровень — вторичный цифровой канал (ВЦК);
- 3-й уровень — третичный цифровой канал (ТЦК);
- 4-й уровень — четвертичный цифровой канал (ЧЦК).

В международных системах появилась необходимость согласовывать информацию, передаваемую в различных системах. Это обеспечивается с помощью добавления/изъятия выравнивающих битов. Если процедура согласования осуществляется от системы с относительно меньшей скоростью к системе с большей скоростью, то в информацию добавляются по определенному закону выравнивающие биты. Они могут использоваться для передачи служебных сигналов. Обратный переход более сложен и приводит к уменьшению числа используемых каналов в системе с большей скоростью.

После того, как цифровые системы начали интенсивно развиваться на магистральных направлениях, они стали применяться и на межстанционных линиях для отдельных прикладных целей в станциях учреждений, а также для передачи данных. В процессе использования выявился их основной недостаток. Он заключается в том, что для организации, представляющей в пользование цифровые каналы, наиболее выгодны системы с большим числом каналов. Для потребителей, арендующих эти каналы, как правило, требуется лишь сравнительно небольшое их число.

К примеру, в крайнем случае, из системы уровня 4 (139264 кбит/с, для краткости далее все значения скоростей округляются) необходимо предоставить канал первого уровня. Для этого надо пройти 3 ступени демультиплексирования. Для обратной передачи информации необходимо также пройти три ступени мультиплексирования.

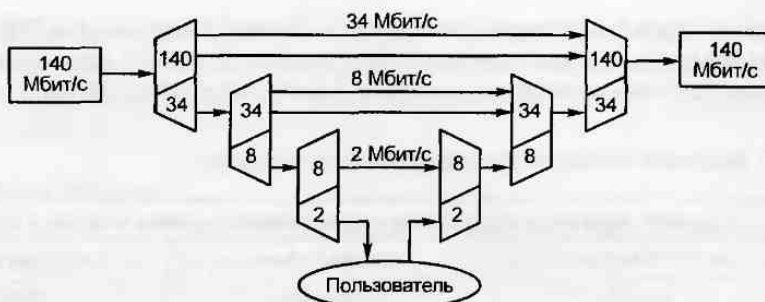


Рис. 1.69. Ввод/вывод потока пользователя 2 Мбит/с в поток 140 Мбит/с в PDH

На рис. 1.69 показано, как информация, содержащаяся в потоке 140 Мбит/с, доводится до потребителя, использующего тракт из 30 каналов (скорость 2 Мбит/с). Каждая из ступеней требует установки мультиплексоров/демультиплексоров, что делает такую систему экономически невыгодной. При каждом преобразовании требуется удаление/установка выравнивающих битов.

1.5.2. Синхронные цифровые иерархии

Для устранения указанного недостатка была предложена система, состоящая из отдельных транспортных модулей, которая подробно рассмотрена в [76]. Основной особенностью этой системы является регулярная иерархия. При передаче информация размещается в виде блоков данных определенной структуры (информационных единиц). При этом единицы верхнего уровня строятся из единиц нижнего уровня. Они упаковываются таким образом, чтобы информацию можно было легко ввести и вывести. Эту структуру представляют как *виртуальный контейнер*, который имеет стандартные размеры и сопровождающий *заголовок*. В заголовок вносятся данные о полезной нагрузке, а также данные по управлению и маршрутизации *полезной нагрузки*. Это сведения о контейнерах нижнего уровня, которые, в свою очередь, также имеют заголовок и строятся по принципу предыдущего уровня. Такой принцип построения называется *принципом последовательных вложений — инкапсуляции*.

В основу построения системы синхронной цифровой иерархии (СЦИ, английская аббревиатура SDH — Synchronous Digital Hierarchy) положены базовые сигнальные единицы, на которых строятся системы Американской и Европейской иерархий: 1,5; 2; 6; 8; 34; 45; 140 Мбит/с. Эти единицы получили название *трибов* [76]. Например, триб E1 = 2 Мбит/с содержит кадр из 32 каналов, рассмотренный в предыдущих разделах.

В соответствии с уровнями иерархии имеются 4 уровня контейнеров. Каждый контейнер содержит ярлык, содержащий управляющую информацию. Виртуальные контейнеры объединяются в группы верхнего уровня, где сопровождаются *указателем*, который отмечает начало контейнера. Это дает возможность уменьшить влияние случайных временных сдвигов, которые могут смещать начало и приводить к искажениям.

Если емкость контейнера мала для передаваемой информации, система позволяет соединить контейнеры, т.е. предоставляет возможность сцепления (конкатенации). Составной контейнер отличается от основного индексом и рассматривается как другой контейнер большей емкости.

Для передачи управляющей информации отводится отдельное поле заголовков величиной 81 байт. Структура синхронного транспортного модуля (СТМ или STM) приведена на рис. 1.70.

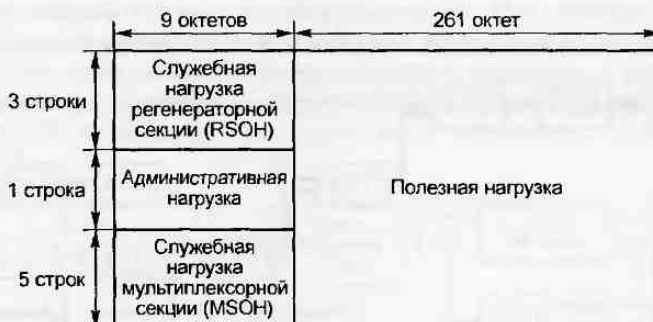


Рис. 1.70. Структура синхронного транспортного контейнера STM-1

Синхронный транспортный контейнер (Synchronous Transport Module — STM) первого уровня изображается в виде матрицы, содержащей 270 октетов в строке и 9 строк. Следовательно, он содержит $9 \times 270 \times 8 = 19440$ битов.

Принятая скорость передачи — 8000 контейнеров в секунду. Соответствующая канальная скорость должна быть равна $19440 \times 8000 = 155,52$ Мбит/с.

В состав модуля входят служебные поля (блок $9 \times 9 = 81$ байт) и часть, несущая полезную нагрузку ($261 \times 9 = 2349$ байтов). Поле служебной нагрузки или заголовка (OH — OverHead) содержит информацию, касающуюся функций контроля, эксплуатации и технического обслуживания и называется секционной нагрузкой или секционным заголовком (SOH — Section OH). При этом служебная информация разделяется на две части: это 3 строки по 9 байтов для передачи информации внутри регенераторных секций (RSOH — транзитные участки) и 5 строк по 9 байтов для передачи информации мультиплексорами (MSOH — окончное оборудование), где формируются и расформируются синхронные транспортные пакеты. В приведенном выше контейнере должна размещаться переносимая информация, для чего составлена иерархия модулей нижнего уровня, которые могут размещаться в контейнере.

Первичные потоки псевдосинхронной цифровой иерархии РДН упаковываются в первичные контейнеры *C-n* (*C* — Container). Имеются следующие типы контейнеров:

- С-1 имеет два подтипа. Это контейнер С-11, который переносит поток системы Т1 со скоростью 1,54 Мбит/с, и контейнер С-12 для переноса потока Е1 со скоростью 2,048 Мбит/с. При первом потоке за период 125 мкс поступит 24 байта, а во втором случае — 32 байта. Для обеспечения переноса единиц информации других иерархий применяются контейнеры другого объема;
- С-2, имеющий модификации С-21 для переноса информационных единиц потока Т2 = 6,312 Мбит/с и С-22 для переноса сигнальной информации для потока 8,448 Мбит/с;
- С-3, имеющий модификации С-31 для переноса информации со скоростью 34,368 Мбит/с и С-32 для переноса информации со скоростью 44,736 Мбит/с.
- С-4 — для переноса информации со скоростью 139,264 Мбит/с.

Порядок формирования из этих контейнеров модуля показан на рис. 1.71, где кроме уже рассмотренных приведены следующие блоки:

- TUG-*n* (Tributary Unit Group) — группа трибных блоков, формируемых путем мультиплексирования трибных блоков нижнего уровня ($n = 2, 3$);
- AU-4 (Administrative Unit) — административный блок 4-го уровня;
- AUG (Administrative Unit Group) — группа административных блоков.

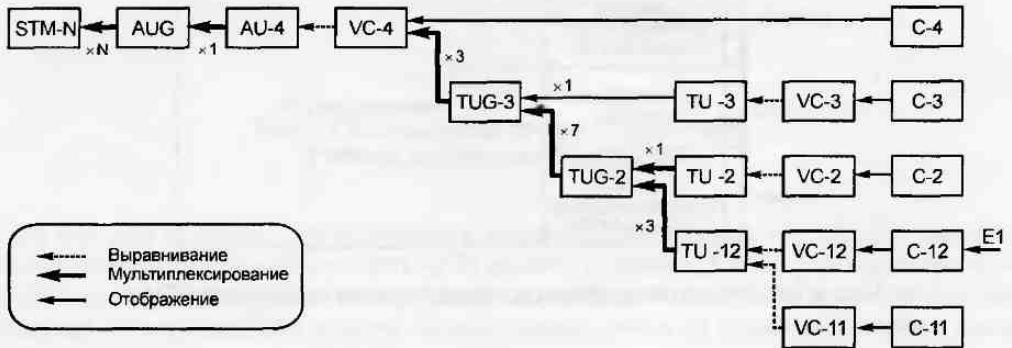


Рис. 1.71. Схема мультиплексирования PDH трибов в технологии SDH (редакция ETSI 1992 г.)

Существует, как видно из рис. 1.71, только один путь формирования модуля STM-1 из информационной единицы потока E1. Это путь E1 – C-12 – VC-12 – TU-12 – TUG-2 – TUG-3 – VC-4 – AU-4 – AUG – STM-N.

Кроме показанной схемы формирования модуля, существуют рекомендации американской схемы мультиплексирования, которые в данной работе рассматриваться не будут.

Для переноса первичные контейнеры снабжаются служебными заголовками. Они содержат информацию, необходимую для маршрутизации контейнера, а также текущую информацию, собираемую по мере прохождения контейнера через сеть. Таким образом, формируются виртуальные контейнеры — VC. Они также имеют модификации: VC-1 – V-11, V-12; VC-2 – V-21, V-22; VC-3 – V-31, V-32.

Виртуальный контейнер 4-го уровня (VC-4) представляет собой поле формата 9×261 . Его полезная нагрузка формируется либо из контейнера C-4, либо из нескольких контейнеров низших уровней. На рис. 1.72 представлена схема, иллюстрирующая варианты мультиплексирования (упаковки) PDH-трибов в терминальный контейнер первого уровня (STM-1).

Первичный поток E1 сначала формируется в контейнер C-12 (32 байта за период 125 мкс). Добавление заголовка из двух служебных байтов превращает виртуальный контейнер в сигнальную единицу следующего уровня TU-12 (Tributary Unit) объемом 34 байта. Эти 2 байта — маршрутный заголовок (РОН) и указатель триба (PTR — Pointer), который дает возможность определить местоположение контейнера при его транспортировке. Подробное описание организации указателя приведено в [76].

Далее возможна группировка информации, содержащейся в трибах второго уровня, в контейнеры третьего уровня (группы трибных блоков). Если до этого этапа проводились действия, связанные с добавлением служебной информации или выравниванием потока под размеры контейнера, то теперь проводится мультиплексирование — действие по группировке нескольких потоков в одном контейнере высшего уровня. В результате мультиплексирования формируется блок TUG-2, содержащий три триба TU-12. Таким образом, в контейнере уже

могут переноситься три первичных потока E1. На следующем шаге производится мультиплексирование трибов TUG-2, что связано с формированием триба третьего уровня TUG-3. И далее последовательность вновь мультиплексируется в 3 раза для упаковки в виртуальный контейнер последнего, четвертого уровня (VC-4). При этом должно быть заполнено все информационное поле объемом 261 байт.

На последней стадии добавляются административные данные регенераторной секции и заголовок мультиплексной секции. Полученный модуль информации является транспортным модулем первого уровня (STM-1). Действия, рассмотренные выше, показаны в виде диаграммы на рис. 1.72 и снабжены численными характеристиками, взятыми из примера, приведенного в [76].

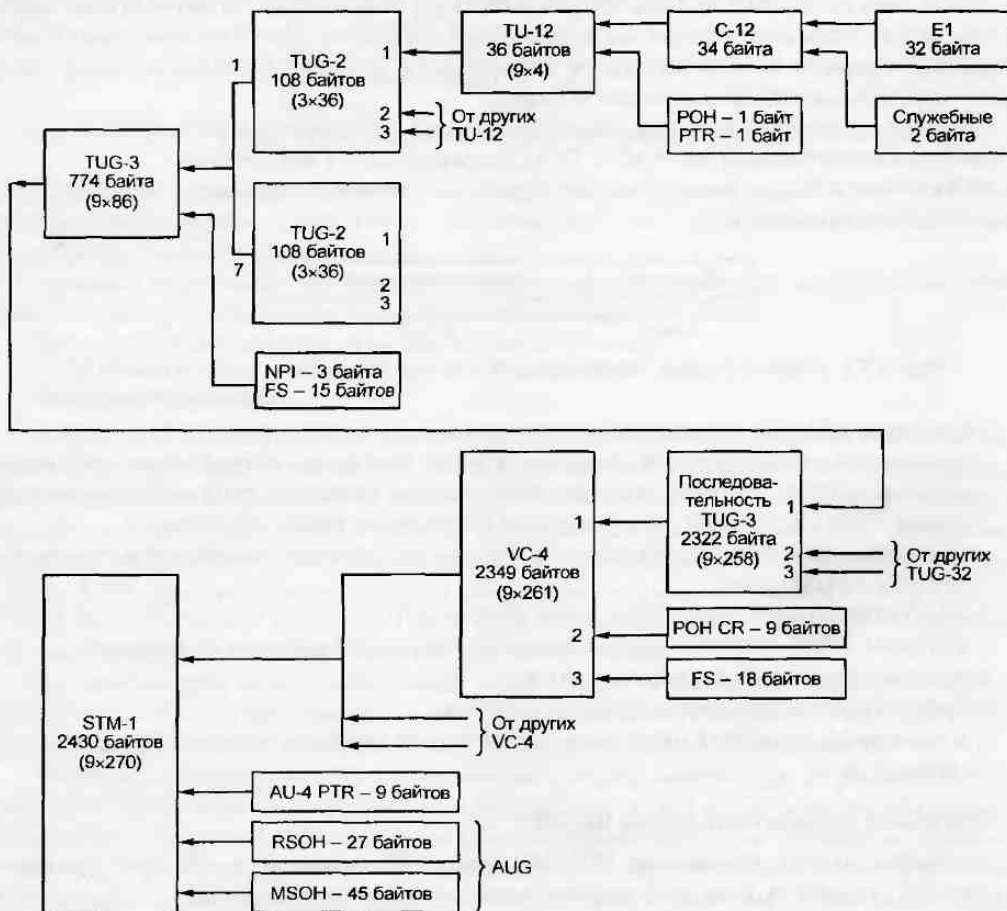


Рис. 1.72. Пример логического формирования модуля STM-1 из информационной единицы (триба) E1

POH	Path Overhead	Маршрутный заголовок
PTR	Pointer	Указатель
NPI	Null Pointer	Поле индикации нулевого указателя
FS	Fixed Stuff	Фиксированный заполнитель
RSOH	Regenerator Section Overhead	Заголовок регенераторной секции
MSOH	Multiplex Section Overhead	Заголовок мультиплексной секции

1.5.3. Режим асинхронной передачи

Основные принципы

Сущность режима асинхронной передачи (ATM — Asynchronous Transfer Mode) состоит в транспортировании всех видов информации пакетами фиксированной длины, называемыми ячейками, когда потоки ячеек от различных пользователей асинхронно мультиплексируются в цифровом тракте. Как отмечено в [62], идея построения технологии ATM возникла как новая парадигма построения сети связи для широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания (ШЦСИО). Вместо многочисленных сетей телефонной, факсимильной, телеграфной связи и сетей передачи данных, каждая из которых рассчитана на обеспечение одного вида связи тем или иным способом переноса информации, строится единая цифровая сеть на базе широкого использования волоконно-оптических линий связи и единого метода транспортирования по сети всех видов информации с помощью технологии асинхронного режима переноса пакетов фиксированной длины.

Эталонная модель ШЦСИО на основе технологии ATM является расширением модели Взаимосвязи открытых систем (ВОС — OSI), рассмотренной в начале книги.

ATM-системы имеют фиксированный формат, т.е. ячейку постоянной длины (рис. 1.73), они подробно описаны в [62].



Рис. 1.73. Формат ячейки, передаваемой при использовании технологии ATM

Технология ATM имеет следующие особенности:

- предполагает использование цифровых систем передачи с относительно небольшим уровнем ошибок, поэтому проверка правильности передачи данных пользователя на уровне звена отсутствует, на этом уровне проверяется только заголовок;
- рассчитана на создание виртуального соединения, которое используется только при наличии информации;
- имеет относительно небольшую длину пакета;
- алгоритм обработки заголовка выполняет ограниченное количество функций.

Указанные выше свойства обеспечивают:

- эффективное использование сетевых ресурсов;
- возможность создания единой универсальной сети для широкого спектра служб;
- гибкость сети.

Эталонная модель протоколов ШЦСИО

Эталонная модель протоколов ШЦСИО (рис. 1.74) включает в себя три плоскости: плоскость пользователя, плоскость управления и плоскость менеджмента.

Плоскость пользователя (U-plane) имеет несколько уровней и обеспечивает транспортировку всех видов информации в совокупности с принятыми для данного пользователя механизмами защиты от ошибок, контроля и управления потоком, ограничения нагрузки.

Плоскость управления (C-plane) определяет протоколы установления, контроля и разединения соединений. Ей принадлежат все функции сигнализации. Плоскость также имеет уровневую структуру.

Плоскость менеджмента (M-plane) обеспечивает выполнение функций управления плоскостями и уровнями. Уровневой структуры не имеет.

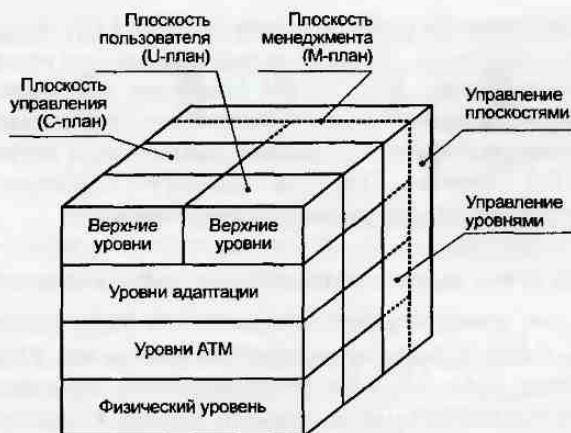


Рис. 1.74. Эталонная модель протоколов ШЦСИО

Управление уровнями решает задачи распределения сетевых ресурсов, их согласования с параметрами трафика, обрабатывает информацию по эксплуатации, техническому обслуживанию и администрированию сети.

Функции управления плоскостями обеспечивают координацию между всеми плоскостями модели протоколов и связывают их в единое целое.

Ниже кратко рассмотрены функции основных уровней.

Физический уровень

В качестве физической среды для передачи сигналов наиболее часто используются волоконно-оптические кабели, возможно также использование коаксиального кабеля, экранированной медной пары, радиоканала высокого качества. В качестве систем передачи могут использоваться плезеохронные и синхронные цифровые иерархии. Они имеют собственную структуру кадра. Поэтому необходим механизм, обеспечивающий согласование с кадрами систем АТМ. Для этого рекомендуются специальные механизмы упаковки ячеек в поле полезной нагрузки систем передачи ПЦИ и СЦИ. На приемном конце должна обеспечиваться обратная процедура, позволяющая восстанавливать ячейки.

На передающем конце добавляется информация, позволяющая проводить контроль ошибок в заголовке. Применяемая система защиты позволяет исправлять ошибки. Поэтому при возникновении ошибки передачи она исправляется, либо ячейка стирается.

Поскольку технология АТМ рассчитана на передачу информации от различных служб, имеющих отличающиеся скорости, то на физическом уровне предусматривается механизм согласования скоростей. Этот механизм имеет несколько вариантов. Первый — добавление ячеек, не несущих информации («пустые ячейки» — *idle cells*). На стороне приема такие ячейки просто отбрасываются. Второй способ заключается в передаче специальных «неназначенных ячеек» (*unassigned cells*).

Наличие нескольких способов согласования скоростей говорит о потенциальной возможности несовместимости на физическом уровне двух систем АТМ.

Размещение ячеек АТМ в кадрах системы синхронной цифровой иерархии

На физическом уровне происходит формирование в единый поток пакетов, поступающих из различного типа источников. В конечных точках заголовков добавляется (сторона передачи) или снимается (сторона приема).

При использовании в качестве среды передачи системы СЦИ информация ATM размещается в виртуальных контейнерах. Из предыдущего раздела следует, что размер виртуального контейнера не кратен размеру ячейки ATM. Например, поле полезной нагрузки виртуального контейнера VC-4 составляет $9 \times 261 = 2349$ байтов. Этот размер не кратен размеру ячейки 53 байта. Поэтому контейнер заполняется полностью, а оставшиеся байты могут быть упакованы в другой контейнер. При этом сохраняется структура байтов, что требует на приемном конце соответствующего механизма восстановления.

Размещение ячеек ATM в кадрах плезиохронной цифровой иерархии

Порядок размещения ячеек в кадрах плезиохронной цифровой иерархии определен в рекомендации ITU-T G.804. В этом случае временные положения цифровой системы (слоты) заполняются байтами ячеек ATM. Разграничение ячеек производится при получении поля контроля ошибок в заголовке. Таким образом, граница ячейки определяется от заголовка к заголовку. Структура кадра ПЦИ для скорости 34,368 Мбит/с (иерархия E3) показана на рис. 1.75. Обратим внимание, что кадр содержит 7 дополнительных технологических байтов.

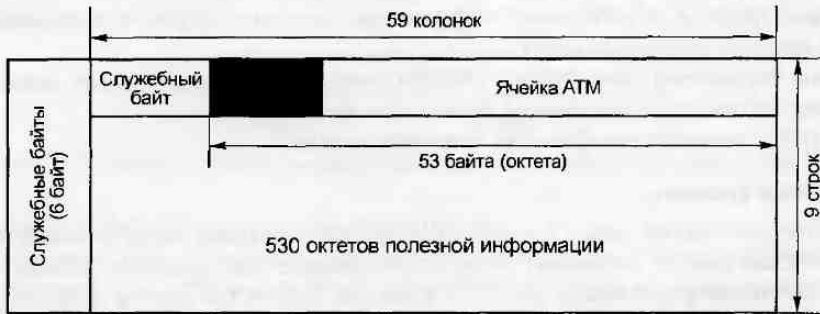


Рис. 1.75. Размещение ячеек ATM в структуре кадра ПЦИ

Каждый кадр, передающий ячейки ATM, имеет поле полезной нагрузки, равное 530 байтам и семь байтов служебной нагрузки. Поэтому общий кадр содержит 537 байтов. Эти 530 байтов расположены в группах по 9 байтов. В первой группе один из байтов занят служебной информацией ($9 \times 59 - 1 = 530$). Общая скорость передачи такого кадра $537 \times 8 \times 8000 = 34,368$ Мбит/с.

Скорость передачи полезной нагрузки равна $530 \times 8 \times 8000 = 33,920$ Мбит/с.

При такой упаковке необходимы такие же механизмы упаковки/распаковки кадров и выравнивания скоростей, как и при использовании СЦИ, для которых и предусмотрены служебные байты.

Интерфейс на основе передачи ячеек ATM

На участке «пользователь–сеть» рекомендован еще один тип интерфейса. Он передает непрерывный поток ячеек ATM. Скорости этого потока могут быть 155,520 Мбит/с или 622,080 Мбит/с.

Структура такого потока приведена на рис. 1.76. Поток представляет собой непрерывную последовательность ячеек длиной 53 октета каждая. Структура представляет собой поток ячеек ATM, где после 26 ячеек ATM вставляется ячейка физического уровня (ФУ), несущая служебную информацию по эксплуатации и техническому обслуживанию.

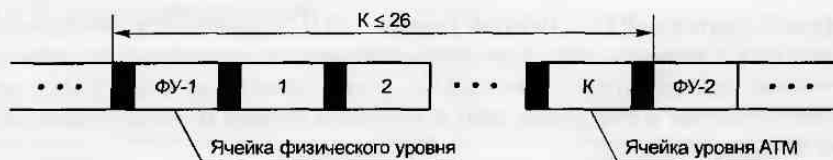


Рис. 1.76. Структура потока ячеек АТМ:
ФУ — ячейка физического уровня; 1, 2, ..., К — ячейки уровня АТМ

Уровень АТМ. Виртуальные каналы и виртуальные пути

Одной из основных задач уровня АТМ является транспортирование ячеек. Оно осуществляется на основе виртуального соединения. Этот принцип объединяет в себе некоторые основные черты коммутации каналов и коммутации пакетов. Маршрут (или несколько маршрутов) следования устанавливается до того, как начнется информационный обмен, и все узлы, через которые проходит маршрут следования, информируются о соединении. По существу виртуальное соединение — это логическое понятие, определяющее адреса и указатели на узлах сети, без физического занятия средств передачи.

Соединения можно устанавливать различным образом. Возможно установление соединения по звеньям, как в обычной телефонной сети. В этом случае на каждом пункте коммутации изменяется номер виртуального канала. Другой способ — использование целой группы звеньев, объединяя их в один виртуальный канал. В этом случае виртуальный канал будет создаваться под одним номером на нескольких звеньях сети. Возможна также посылка информации по нескольким виртуальным каналам, которые в этом случае объединяются понятием «виртуальный путь», при этом путь физической передачи не будет связан с маршрутом физическим каналом. Учитывая, что виртуальный канал (путь) считается занятым только в момент обмена информацией, образующие его физические каналы можно использовать в других соединениях, а сам виртуальный путь удерживать на долгое время (в виде списка адресов). Такие виртуальные пути могут закрепляться за отдельными корпоративными пользователями. В этом случае говорят о создании виртуальных сетей.

Структура заголовков уровня АТМ

Структура заголовка пакета АТМ приведена на рис. 1.77. Заголовок в интерфейсе «пользователь—сеть» имеет следующие поля:

Общее управление потоком (GFC — Generic Flow Control). Его длина 4 бита. Используются алгоритмами защиты от перегрузок, создаваемых оконечными устройствами пользователя, но не используется для управления потоками, порождаемыми сетью.

Идентификатор виртуального пути (VPI — Virtual Path Identifier) занимает 8 битов в интерфейсе «пользователь—сеть», и 12 битов — в сетевом интерфейсе, что расширяет возможности сетевой маршрутизации.

Идентификатор виртуального канала (VCI — Virtual Channel Identifier) длиной 16 битов вместе с идентификатором пути составляет маршрутное поле ячейки. Действительное число битов, используемых для маршрутизации, может устанавливаться по соглашению между пользователем и сетью. Для определения позиций битов, используемых для маршрутизации, внутри полей маршрутизации ИТУ-Т рекомендует следующие правила:

- биты, используемые для обозначения адреса, должны быть смежными (идти подряд);
- битовая комбинация должна начинаться с младшего значащего бита;
- биты, не используемые ни пользователем, ни сетью, должны устанавливаться в ноль.

Тип полезной нагрузки (PT — Payload Type) — *ТПН*. Применяется для идентификации ячеек пользователя и ячеек эксплуатации и технического обслуживания, а также для индикации соединения «пользователь уровня АТМ — пользователь уровня АТМ» в некоторых типах уровней адаптации АТМ. Кроме того, в этом поле первый бит может сигнализировать о перегрузке пользователя.

Приоритет потери ячейки (CLP — Cell Loss Priority) — *ППЯ*. Если в поле ППЯ записана единица, то данная ячейка может быть отброшена сетевым узлом в случае перегрузки. В противном случае она должна быть сохранена.

Контроль ошибок в заголовке (HEC — Header Error Control) длиной в 8 битов. На уровне АТМ не заполняется.

Пользователь—сеть

Общее управление потоком		Идентификатор виртуального пути	
Идентификатор виртуального канала		Идентификатор виртуального канала	
Идентификатор виртуального пути			
Идентификатор виртуального канала	Тип полезной нагрузки	Приоритет потери ячейки	
Контроль ошибок в заголовке			

а)

Сетевой интерфейс

Идентификатор виртуального пути			
Идентификатор виртуального канала		Идентификатор виртуального канала	
Идентификатор виртуального пути			
Идентификатор виртуального канала	Тип полезной нагрузки	Приоритет потери ячейки	
Контроль ошибок в заголовке			

б)

Рис. 1.77. Структура заголовка пакета АТМ

Протоколы уровня адаптации

Основное свойство АТМ-технологии заключается в том, что она рассчитана на транспортирование всех видов информации различных служб пакетами фиксированной длины. При этом потоки ячеек различных пользователей асинхронно мультиплексируются в едином цифровом потоке. Одно из положительных свойств этой технологии — возможность обеспечения работы как существующих, так и перспективных служб без перестройки транспортной части системы благодаря высокой гибкости сети. Для этого в соответствии с эталонной моделью между уровнем АТМ и верхними уровнями расположен уровень адаптации. Его задача — превратить пользовательскую информацию в протокольные блоки данных для их размещения в поле полезной нагрузки одного или нескольких смежных пакетов АТМ и на приеме осуществить обратное преобразование.

Имеются несколько типов протоколов уровня адаптации. Чтобы упорядочить их, была проведена классификация служб (табл. 1.18).

Рассмотрим признаки основных классов. Типичным примером класса А является передача речи с постоянной скоростью 64 кбит/с.

Таблица 1.18. Классификация служб

Характеристика службы	Класс А	Класс В	Класс С	Класс D
Временная зависимость между источником и получателем	Существует		Не существует	
Скорость передачи	Постоянная	Изменяющаяся		
Режим соединения	Ориентирован на соединение			Не ориентирован на соединенис

Отличие класса В от класса А состоит в том, что источниками его нагрузки являются службы с изменяющейся скоростью. Например, передача движущегося изображения, где скорость передачи зависит от частоты смены кадров или регулируется специальной программой.

В классе С содержатся службы, ориентированные на соединение, но для которых не критичны временные задержки. Примером может служить передача данных с установлением соединения.

Класс D отличается от класса С тем, что включает службы, не ориентированные на соединение (например, электронную почту).

В соответствии с этим разделением разработаны различные типы протоколов уровня адаптации. Рассмотрим кратко задачи каждого из них.

Уровень адаптации АТМ первого типа. Этот уровень предназначен:

- для переноса блоков с постоянной битовой скоростью источника и доставкой их с той же скоростью;
- для синхронизации оконечных устройств источника и получателя;
- для индикации искажений информации, если эти искажения не восстанавливаются самим уровнем адаптации.

Он рассчитан на транспортировку;

- сигналов речевого диапазона (например, сигналов со скоростью 64 кбит/с, кодированных по закону А или закону μ);
- асинхронных каналов, т.е. сигналов от источников с постоянной двоичной скоростью, не синхронизированных с частотой сети связи (например, сигналы со скоростями 1,544; 2,048; 6,132; 8,448; 32,064; 34,368 и 44,735 Мбит/с).
- синхронных каналов, т.е. сигналов от источников с постоянной двоичной скоростью, синхронизированных с частотой сети связи (например, сигналы со скоростями 64; 384; 1536 и 1920 кбит/с).

Уровень адаптации АТМ второго типа. Этот уровень обеспечивает службы, передающие информацию с изменяющейся скоростью, и обеспечивает синхронизацию между источником и получателем.

Уровень адаптации АТМ третьего-четвертого типа. Этот уровень предназначен для передачи данных службами как с установлением, так и без установления соединений при высоких требованиях к достоверности передаваемой информации. Протоколы данного уровня могут обслуживать сообщения произвольной длины, либо поток сообщений. В обоих режимах имеется возможность гарантированного обслуживания, при котором производится повторная передача утраченных или принятых с ошибками протокольных блоков данных.

Уровень адаптации АТМ пятого типа. Является развитием протоколов уровня адаптации третьего-четвертого типа и предоставляет услуги высокоскоростной передачи данных с меньшим объемом служебных сигналов и информации.

Глава 2

КОММУТАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ

2.1. Общие сведения о коммутационных станциях

В данном разделе будут в основном рассмотрены станции, предназначенные для работы в телефонных сетях. Рассматриваемые вопросы составляют основу телекоммуникаций и изучались многие десятилетия. Существует ряд учебников [1, 21, 37, 57], которые являются базовыми для изучения изложенного материала. Развитие телекоммуникационной техники привело к интеграции, охватившей сначала сети передачи речи и данных, а затем соответствующие услуги. Вследствие набирающих силу интеграционных процессов ограничиться рассмотрением только задач передачи речи невозможно, поэтому будут рассмотрены и другие принципы коммутации и обработки информации. Основные принципы построения коммутационных станций слабо зависят от того, на какой элементной базе (механические элементы или цифровая техника) выполняются станции. Решения по построению станций диктуются в первую очередь экономическими и техническими требованиями, порождая возможности реализации новых услуг для абонентов.

Сегодня наблюдается большое разнообразие, как телефонных станций, так и коммутационных узлов обработки информации. Однако все они содержат определенные группы устройств (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Общая структура станции, предназначенной для коммутации и обработки информации

Рассмотрим задачи, выполняемые компонентами станции.

Коммутационное поле выполняет задачи коммутации двух или нескольких источников между собой. На первых этапах внедрения телефонной техники это были электромеханические устройства на базе электромагнитных элементов. Эти базовые элементы определили названия для первых коммутационных систем:

- декадно-шаговая система автоматических телефонных станций (АТС);
- координатная система АТС (АТС-К) или усовершенствованная АТС-К — АТС-КУ.

С появлением микроэлементной базы и развитием электронной вычислительной техники был разработан целый комплекс цифровых систем передачи и соответствующих цифровых систем коммутации. В настоящее время большинство задач коммутации выполняется совместно с задачами управления. Рост быстродействия позволяет совместить эти задачи и тем самым приводит к дальнейшему прогрессу коммутационной техники.

Управляющее устройство решает логические задачи, необходимые для установления соединения, а также выполняет задачи, связанные с основными и дополнительными видами обслуживания. Первые АТС применяли управляющие устройства на базе электромагнитных реле, по сути представляющие собой медленные компьютеры. Число выполняемых ими задач было ограничено вследствие небогатых логических возможностей и большого времени выполнения. В дальнейшем, по мере развития микропроцессорной элементной базы, для задач управления АТС стали применять цифровую компьютерную технику, которая в настоящее время может реализовать практически все функции телефонной станции. Поэтому наряду со сложившимися методами построения и управления сетями, характерными для традиционной телефонии, стали развиваться и получать все большее распространение методы, присущие компьютерным сетям (например, пакетная передача, адресная коммутация и т.п.). При переходе к управлению с помощью компьютерных средств появилась еще одна существенная составляющая — программное обеспечение, которое выполняет все основные задачи по управлению станцией (кроме функций физического и некоторых функций уровня звена данных). Общая структурная схема современной станции с программным управлением (см. рис. 2.1) включает также:

- *терминальные комплекты*, обеспечивающие выполнение протоколов низших уровней взаимодействия эталонной модели с абонентскими терминалами;
- *линейные комплекты*, выполняющие те же функции, что и терминальные комплекты, но по отношению к объектам сети (другие станции, узлы сети).

Комплекты и их функции будут рассмотрены в последующих разделах.

Рассмотрим более подробно структуру построения коммутационных систем на примере телефонных станций. Особенности построения других объектов коммутации будут проанализированы отдельно.

2.2. Построение коммутационных полей

2.2.1. Однозвенное коммутационное поле

Для наиболее простого типа коммутационного поля — полнодоступного коммутационного поля — характерно, что каждый источник, подключенный к его входу, может быть соединен с источником, подключенным к выходу. Такой тип коммутационного поля применялся в станциях очень малой емкости (до 50 номеров и меньше). На рис. 2.2 показано построение условной схемы коммутатора. На каждом пересечении горизонтали и вертикали коммутато-

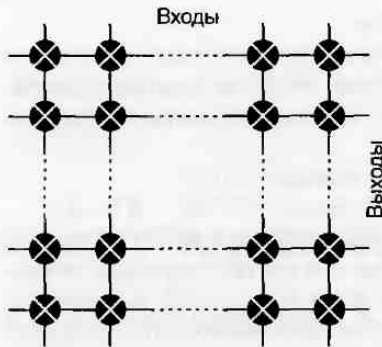


Рис. 2.2. Общий вид матрицы полноступного коммутационного поля:
 ⊗ — точка коммутации

ра показан контакт. Физический принцип реализации такого коммутатора может быть любым, но здесь рассмотрение касается поля с электромеханической коммутацией.

В последнее время в связи с уменьшением габаритов и удешевлением микросхем, реализующих коммутаторы, стало возможным применять этот принцип для построения станций достаточно большой емкости (свыше 2000 входов-выходов). Однако для современных станций емкостью десятки и сотни тысяч номеров такая матрица просто не может быть выполнена.

В последнее время во многих важных приложениях для коммутации применяются программные методы, которые реализуются на компьютерах. Они эквивалентны способу с применением полноступной схемы. Но при больших емкостях компьютер не может обеспечить об-

служивание поступающих потоков вызовов. Поэтому на программном уровне требуется поиск решений, эквивалентных многозвенной коммутации.

2.2.2. Двухзвенные и многозвенные схемы коммутации

При большом числе пользователей более эффективны схемы коммутации, содержащие много звеньев. На рис. 2.3. приведена двухзвенная схема коммутации. Для определения областей применения сравним эту и предыдущую схемы по числу требуемых точек коммутации.

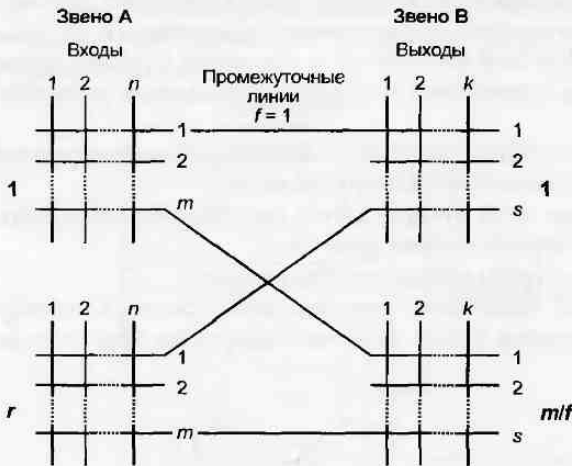


Рис. 2.3. Двухзвенная коммутационная схема

На рис. 2.3 приняты следующие обозначения:

- n — число входов в матрицу звена А;
- r — число матриц звена А;
- m — число промежуточных линий между звеньями А и В;
- s — количество входов в матрицу звена В;
- k — число выходов из матрицы звена В;
- f — связность.

Связность — это число промежуточных линий, которые соединяют одну определенную матрицу звена А с одной определенной матри-

цей звена В. Пусть необходимо коммутировать N входов с M выходами. Тогда будут соблюдаться следующие условия:

- для полноступной коммутационной схемы число точек коммутации равно NM ;
- для неполноступной схемы коммутации число точек коммутации равно $r \cdot (nm) + (mif) (ks)$;
- число коммутаторов звена А (r) зависит от требуемого общего числа входов N и составляет $r = N/n$;

– число коммутаторов звена В (m/f) зависит от требуемого общего числа выходов M , т.е. $m/f = M/k$.

Тогда число точек коммутации неполнодоступной коммутационной схемы будет равно $Nm + Ms$. Тем самым определяется условие того, что многозвенная коммутационная схема более эффективна, чем однозвенная: число коммутационных точек в ней должно быть меньше, чем в полнодоступной

$$NM > Nm + Ms;$$

$$1 > m/M + s/N.$$

Последнему условию может соответствовать множество сочетаний параметров коммутационных схем, но для всех из них справедливы соотношения

$$m/M < 1 \text{ и } s/N < 1 \text{ (где } N, M, m, s \neq 0).$$

Эти требования означают, что число выходов матрицы звена А не должно быть больше общего числа выходов всей коммутационной схемы M , а число входов звена В не должно быть больше общего числа входов в коммутационную схему N .

Такое условие выполняется для всех реальных задач. Число выходов матриц, которые используются для малых станций (100...500 входов и тот же диапазон числа выходов) варьируется от 4 до 8, а для больших емкостей (4000...300 000 входов и выходов) используются матрицы, имеющие 512 выходов. Из приведенных данных следует, что в современных телефонных станциях однозвенные коммутационные схемы во много раз менее экономичны, чем многозвенные. Однако небольшое число входов в коммутационную матрицу не позволяет построить коммутационную двухзвенную схему с достаточно большим числом выходов. Для этих случаев применяются многозвенные схемы (рис. 2.4).

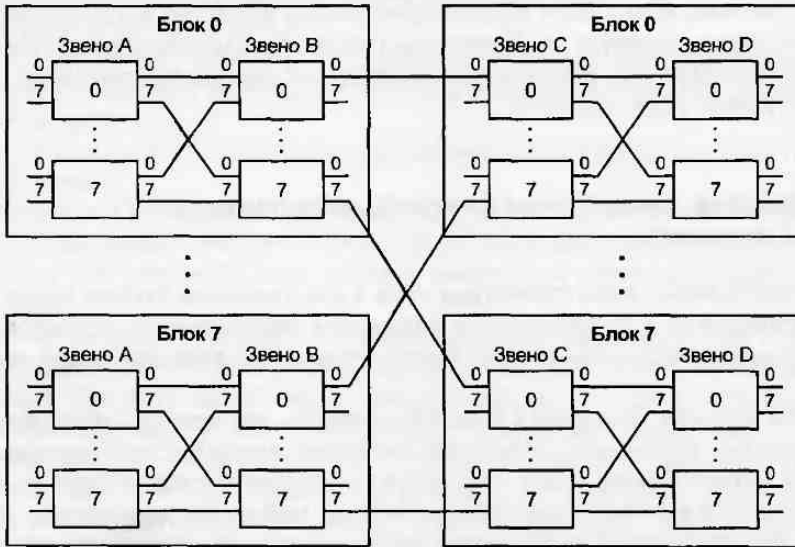


Рис. 2.4. Пример построения 4-звенной коммутационной схемы 512x512

На рис. 2.4 показан блок, содержащий 8 коммутационных матриц 8×8 . Он имеет общее число входов $N = 64$ и выходов $M = 64$. Для увеличения числа входов и выходов строится схема из 8 блоков, которая позволяет увеличить число входов и выходов до $N = M = 512$.

Показанная на рис. 2.4 схема коммутации имеет равное количество входов и выходов, однако, для построения телефонных систем применяются различные типы блоков. Они различаются не только параметрами коммутаторов и числом каскадов, но и назначением. Например, известно, что уровень загрузки абонентских линий довольно низок (за исключением таксофонов, линий с терминалами сети Интернет). В среднем они используются на 10–15%. Для межстанционных линий, стоимость которых очень высока, необходимо увеличить интенсивность использования и тем самым снизить требования по числу линий, выделяемых для заданной группы абонентов. Поэтому для включения абонентских линий применяются специальные схемы с концентрацией (рис. 2.5).

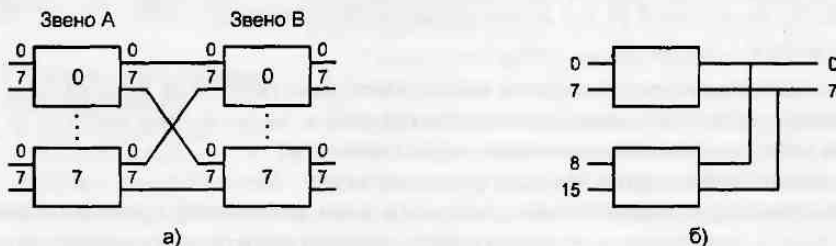


Рис. 2.5. Концентрация нагрузки на звене А:
а) 2-звенная схема с концентрацией; б) пример создания матрицы с концентрацией

Для этого применяются матрицы, которые имеют число входов большее, чем число выходов. Это может достигаться конструктивно или путем запараллеливания выходов (рис. 2.5). В цифровых системах коммутации широко применяются варианты, когда концентрация путем запараллеливания делается на абонентских (терминальных) комплектах, что вносит дополнительные удобства. При рассмотрении вопросов построения терминальных комплектов будут рассмотрены и такие варианты.

2.2.3. Блокировка, смешивание нагрузки, доступность. Виды искажения

Переход от однозвенных коммутационных схем к многозвенным схемам порождает новое явление — блокировку. Под блокировкой понимается невозможность установления соединения от заданного входа к свободному выходу из-за отсутствия свободных промежуточных линий.

В качестве примера блокировки (рис. 2.6) показано, как между 1-м входом и 4-м выходом невозможно установить соединение, поскольку матрицы двух звеньев соединяет единственная промежуточная линия. Она занята соединением между входом 2 и выходом 3. Это может привести к отказу в соединении. Поэтому параметры двухзвенных коммутационных схем рассчитываются при заданных потерях (это одна из задач теории телетрафика). Потери можно уменьшить, увеличив число линий между матрицами, т.е. увеличив связность. В цифровых станциях промежуточные линии представляют собой ИКМ-тракты и содержат 30 каналов, что эквивалентно связности 30. Увеличение связности уменьшает вероятность блокировки, но все-таки такая вероятность остается и зависит от соотношения числа входов, выходов, промежуточных линий, а также от числа вызовов и их продолжительности.

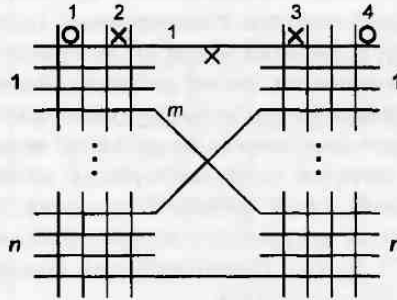


Рис. 2.6. Принцип блокировки свободного выхода:
 X — занятые вход, выход, промежуточная линия; O — вход и выход,
 между которыми нет свободной промежуточной линии

Для схем с любым количеством звеньев, имеющим блокировки, применяется *обусловленный способ искания*. Поскольку в таких схемах свобода линии на одном звене не означает свободы пути в целом, выбор каждой свободной линии определяется свободностью пути в целом. В случае обусловленного искания поиск путей происходит следующим образом:

- между двумя точками определяются доступные и свободные пути;
- выбирается единственный путь;
- определяются номера свободных линий на каждом звене;
- формируется результат искания.

Процесс определения и выбора свободной линии (абонентской, соединительной, промежуточной) часто называют пробой, а устройство, осуществляющие этот процесс, называется пробным устройством.

Кроме того, в связи с блокировкой возникает еще одна проблема — доступность и смешивание нагрузки.

Доступность и смешивание нагрузки. Под доступностью понимается число путей, каждый из которых может состоять из нескольких линий, ведущих от одного входа к искомым выходам. Для уточнения этого понятия рассмотрим возможные варианты поиска от входа к выходу.

Свободное искание, когда ищется любой выход коммутационного поля, с которым необходимо произвести коммутацию. Например, если выделена группа приборов, от которых абонент может получить сигнал «ответ станции» (как это сделано в координатных станциях), то безразлично, какой из этих приборов будет обслуживать соединение.

Групповое искание, когда ведется поиск любого выхода, но в определенной группе. Например, после набора номера определяется станция, к которой пойдет вызов. Поэтому нужно найти те выходы, которые ведут к данной станции, и среди них выбрать любой.

Вынужденное искание, когда ведется поиск промежуточной линии только к одному из выходов. Например, между двумя заданными абонентами.

Смешивание — это метод обеспечения большой доступности от внутренних линий к межстанционным направлениям.

Рассмотрим рис. 2.6. При поиске любого из выходов двухзвенной схемы доступность от входа, принадлежащего первой коммутационной матрице, к входам при свободном искании равна числу ее выходов, т.е. m . При групповом искании доступность зависит от включения

линий, ведущих к другим станциям, в выходы звена В. Если все такие линии включены в одну матрицу звена В, то доступность к направлению на эту станцию равна единице (к ним ведет одна линия). При включении линий этого направления в разные матрицы при достаточном их количестве доступность может достигнуть значения m , дальнейшее возрастание этого показателя ограничено числом промежуточных линий.

При вынужденном поиске доступность будет самая низкая — она равна 1. В связи с этим после концентрации нагрузки схема коммутации должна обеспечить доступ всех абонентских линий к меньшему числу внутростанционных линий. Также должна быть включена схема, увеличивающая доступность внутростанционных линий к межстанционным направлениям. На рис. 2.7 показан пример введения двухзвенной ступени смешивания. Возможно применение числа ступеней до 4-х.

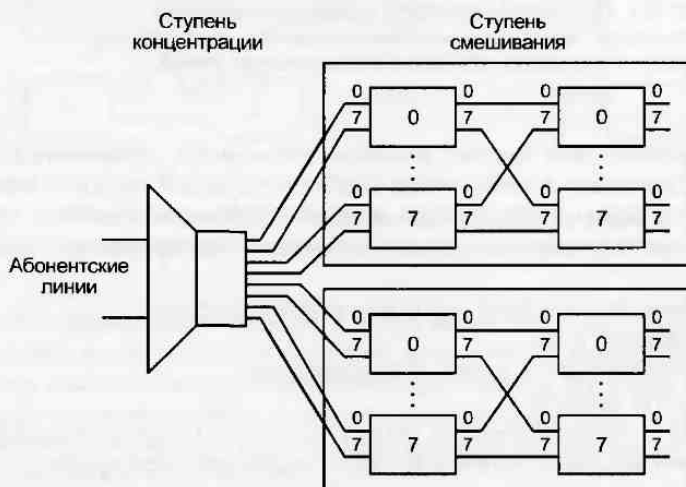


Рис. 2.7. Двухзвенная ступень смешивания

2.2.4. Неполнодоступное включение

В связи с проблемой доступности линий необходимо также рассмотреть, хотя бы теоретически, так называемые неполнодоступные включения, когда не каждый выход доступен каждому входу. Этот принцип включения широко применялся в системах первого поколения, и нет гарантий, что он вновь не будет применяться на новом витке развития этого класса систем. В рассматриваемом примере неполнодоступного включения станционных линий (рис. 2.8) абонентские линии, включенные в каждую из матриц, могут подключиться только к определенной группе станционных линий. Например, абонентские линии, включенные в 0-ю матрицу, могут использовать 1-ю и 2-ю станционную линию, 3-ю линию — совместно с 3-й матрицей, а 4-ю линию — совместно с 1-й матрицей. Такое подключение приводит к неравномерному использованию станционных линий. Обычно оно применяется при неравномерной доступности станционных линий. Например, если управляющее устройство выбирает выходы матрицы, начиная с меньшего номера, то последние выходы будут занимать в последнюю очередь. Вероятность их занятости будет меньше, чем у других выходов, поэтому они могут быть отданы в распоряжение нескольких групп абонентских линий.

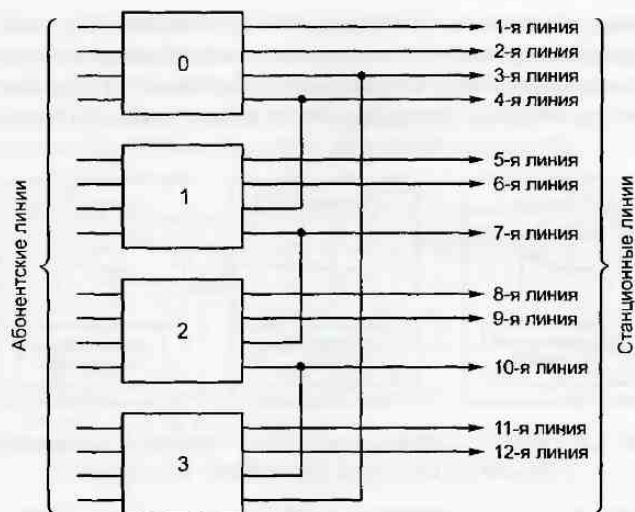


Рис. 2.8. Неполнодоступное подключение станционных линий

2.3. Типы управления станциями

2.3.1. Управление по ступеням искания

Индивидуальное и общее управление

Рассматриваемый способ основан на том, что задача управления соединением разбивается на ряд задач, каждая из которых выполняется последовательно отдельным устройством. Чаще всего они разнесены в пространстве и представляют собой оборудование различных станций. Поэтому для «общения» таких устройств необходима сигнализация.

Наиболее распространенный вариант распределения задач заключается в следующем. На одну ступень (ступень абонентского — АИ, или линейного искания — ЛИ) возлагаются все задачи по взаимодействию с абонентским комплектом. По исходящей связи эта ступень принимает сигнал, инициирующий соединение, передает акустические сигналы станции (например, «ответ станции») и устанавливает связь со следующей ступенью. При входящей связи в ее задачу входит определение состояния абонента и в зависимости от него подключение акустических сигналов и передача по сети сигнала об установлении соединения и ответе абонента.

Следующая ступень (ступень группового искания) принимает цифры набора и выбирает линии в направлениях на другие станции. Для создания больших сетей применяется несколько групповых ступеней.

Общая схема управления по ступеням (рис. 2.9) включает одно управляющее устройство на ступень. Однако имеются системы, в которых устройством управления снабжен каждый коммутационный прибор или группа приборов (рис. 2.10). Такой способ управления применялся в первых автоматических станциях. Сегодня он частично используется в современных АТС, когда при наличии цифровых коммутаторов устанавливается индивидуальное устройство для поиска свободных путей и последовательного установления соединения. Следует обратить внимание на то, что первые автоматические системы имели только одну

задачу — установление соединения. В этом смысле современные системы с «самопоиском» аналогичны им. Однако современные станции выполняют большое число задач, не связанных непосредственно с управлением коммутационным полем. Эти задачи, как правило, выполняются другими устройствами, отделенными от коммутационного поля.



Рис. 2.9. Принцип распределенного по ступеням управления с общим устройством управления на ступень

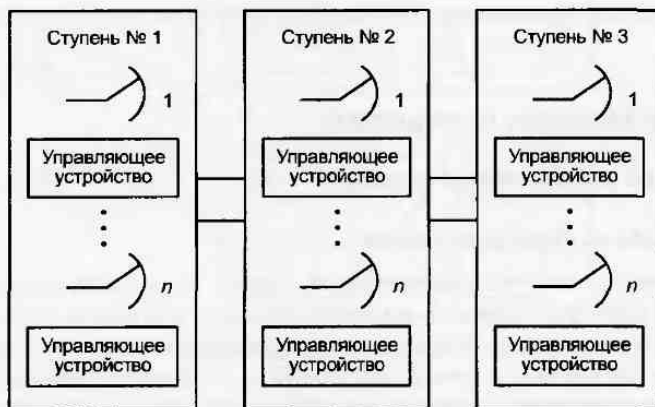


Рис. 2.10. Принцип распределенного по ступеням управления с индивидуальным устройством на каждый коммутационный прибор ступени

Прямое и косвенное управление установлением соединения

Прямым называется управление, при котором станция управляется непосредственно по сигналам, передаваемым с абонентского терминала (телефонного аппарата). Такой способ применялся в декадно-шаговых АТС. Основные его недостатки очевидны. Они состоят не столько в опасности непосредственного воздействия абонента на станцию, сколько в том, что в настоящее время автоматические устройства могут в процессе установления соединения проводить дополнительные действия (например, маршрутизацию вызова, накопление информации и т.п.). Человек не может проводить подобные действия из-за ограничений физического (быстродействие) и интеллектуального плана (объем информации и множество сигналов).

Все современные станции применяют косвенное управление. На рис. 2.11 показано управление, распределенное по ступеням. Ступень абонентского поиска (АИ) имеет управляющее устройство, называемое в координатных АТС «маркер». Аналогично групповые

ступени искания имеют свои управляющие устройства — маркеры групповой ступени искания (МГИ). На рисунке показаны также абонентский комплект (АК), выполняющий функции интерфейса с абонентской линией, а именно: прием сигнала вызова, блокировку комплекта и в некоторых случаях посылку сигнала «занято». Принцип работы этого комплекта будет рассмотрен далее. На рисунке показаны шнуговые комплекты.

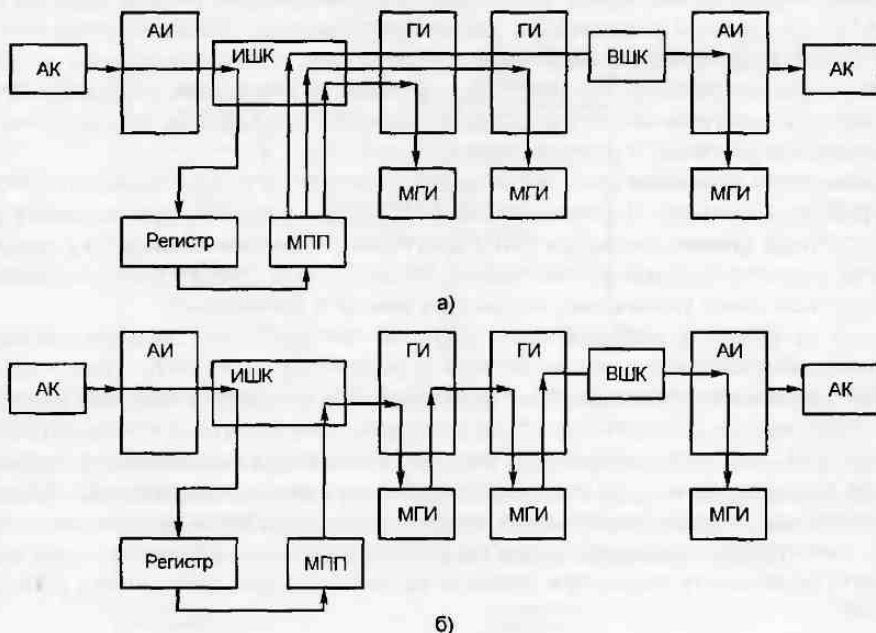


Рис. 2.11. Принцип передачи сигналов управления:
а) «из конца в конец»; б) «эстафета»

Исходящий шнуговой комплект (ИШК) выполняет следующие функции:

- электропитание микрофона исходящего абонента;
- прием и дальнейшую передачу сигналов взаимодействия, например, «отбой» вызывающего абонента (абонента А).
- в некоторых случаях прием от входящей станции сигнала «отбой» вызываемого абонента (абонента В) и передачу зуммерных сигналов «занято».

Входящий шнуговой комплект (ВШК) выполняет функции:

- электропитание микрофона вызываемого абонента;
- прием сигнала «отбой» со стороны абонента В;
- прием и передачу сигнала «ответ» абонента В;
- передачу сигнала «посылка вызова» в сторону абонента В;
- передачу сигнала «контроль посылки вызова» в сторону абонента А.

Вместе эти комплекты обеспечивают прием и передачу сигналов в процессе установленного соединения, называемых сигналами взаимодействия. К ним относятся:

- «занятие» — сигнал, принимаемый от абонента абонентским комплектом или комплектом входящих соединительных линий (ВКСЛ или РСЛ-В — реле соединительных линий входящих); он передается на входящую станцию исходящим комплектом соединительных линий (ИКСЛ или РСЛ-И);

- «отбой А»;
- «отбой В».
- «запрос автоматического опознавания номера» (запрос АОН).

Эти сигналы передаются и принимаются в АТС координатной системы шнуровыми комплектами.

Сигналы, передаваемые между регистрами и управляющими устройствами (в координатной АТС это маркеры), называются *сигналами управления*. Сигналы управления представляют собой информацию о набранных цифрах (адрес конечного пункта), а также информацию о ходе соединения. Это могут быть сигналы об отсутствии свободных линий, занятости абонента местным или междугородным вызовом и ряд других, передаваемых в процессе выполнения основных и дополнительных услуг.

При косвенном управлении все эти сигналы принимаются и обрабатываются управляющим устройством станции. В координатной АТС такими устройствами являются регистр и многочастотный приемопередатчик (МПП), которые позволяют обеспечить надежную передачу этих сигналов на большие расстояния. На рис. 2.11, а, б показаны два основных способа передачи сигналов управления: «из конца в конец» и «эстафета».

Сигналы от абонента, передаваемые с помощью частотного или дискового номеронабирателя накапливаются в выделенном для этой цели приборе — регистре. Далее процесс установления соединения осуществляется под управление регистра с помощью специальных средств, позволяющих осуществлять обмен сигналами с управляющими устройствами.

На рис. 2.11, а сигналы управления передаются регистром исходящей станции во все устройства управления сети. На рис. 2.11, б сигнал передается «по эстафете». Каждое устройство принимает полную информацию, необходимую для установления соединения, и передает ее самостоятельно дальше. Существуют промежуточные варианты, когда информацию следует накапливать только при переходе на сеть с другими принципами установления соединения.

Общее управление

Рассмотренное в начале этой главы общее управление (см. рис. 2.1), характерное для первых станций с программным управлением, заключается в том, что всей станцией управляет одно устройство. Однако сегодня такое решение уже нерационально, на смену ему появились иные решения. Однако заложенные в нем принципы по-прежнему весьма полезны и в различных формах используются при реализации современных принципов управления. Поэтому рассмотрим основные соображения, которые влияют на выбор того или иного решения при построении систем управления телефонных станций.

2.3.2. Система с централизованным управлением

Главными факторами, влияющими на выбор системы управления телефонными станциями, являются:

- адаптация системы управления к количеству абонентских и станционных терминалов и качеству и количеству оказываемых услуг;
- обеспечение надежности управления.

Каждый потребитель коммутационной системы стремится к тому, чтобы его система имела возможность развиваться от малой емкости до максимально большой. Это экономит первоначальные затраты и позволяет постепенно в процессе эксплуатации по мере увеличения доходов наращивать ее емкость. Аналогично потребление услуг растет постепенно по

мере их внедрения, поэтому гибкость при внедрении услуг также является одним из важных показателей системы. На рис. 2.12 показано желательное изменение стоимости системы в случае наращивания емкости станции.

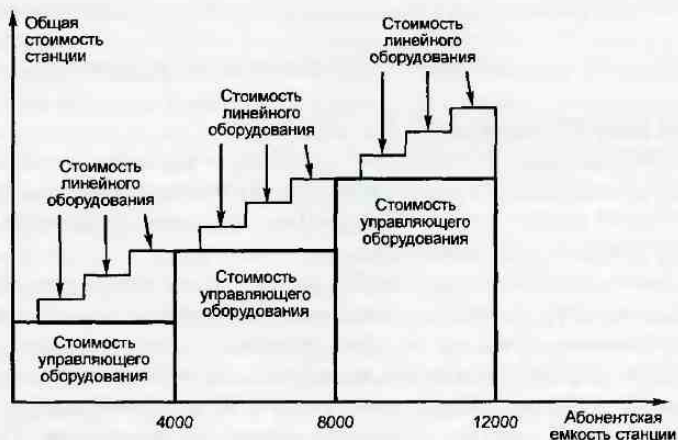


Рис. 2.12. Желательная адаптация стоимости при наращивании емкости станции

При централизованном управлении (рис. 2.13) всегда велика постоянная составляющая стоимости оборудования, которое устанавливается на станции независимо от ее емкости. В первую очередь это управляющие устройства. Поэтому стоимость станции, отнесенная к ее емкости, особенно велика для малых емкостей в начале запуска станции.

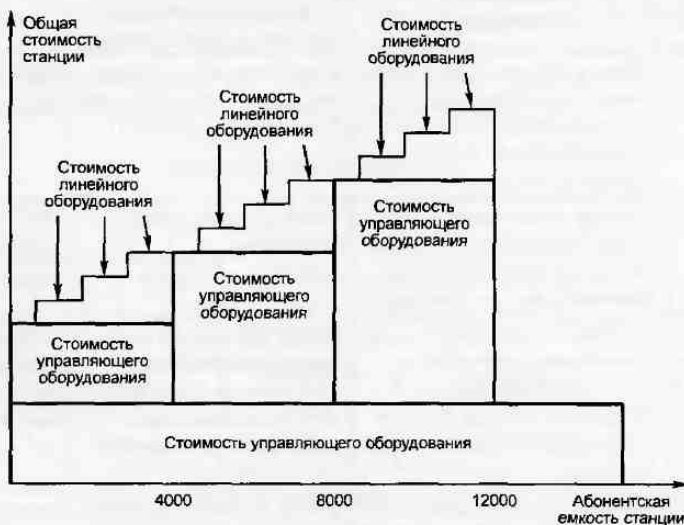


Рис. 2.13. Адаптация стоимости при наращивании емкости станции в случае централизованного управления

Обеспечение надежности средств управления [81] позволяет увеличить живучесть станции. Управляющее устройство телефонной станции — одна из наиболее важных систем, влияющих на ее надежность. С этой точки зрения система управления станцией очень уязвима.

В технических условиях указывается полное время простоя станции — 2 часа за 40 лет. В теории надежности применяется показатель, называемый коэффициентом готовности

$$K_{\text{гот}} = \frac{T_{\text{раб}} - T_{\text{пр}}}{T_{\text{раб}}} = 1 - \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{раб}}},$$

где $T_{\text{раб}}$ — время нахождения системы в работоспособном состоянии; $T_{\text{пр}}$ — время простоя системы.

Для указанных технических условий $K_{\text{гот}} = 0,999994$.

Для обеспечения такого коэффициента готовности необходимо, по меньшей мере, дублирование управляющего устройства. Теоретически возможны следующие варианты:

- одно управляющее устройство работает, другое — в резерве («горячем» или «холодном»);
- работают параллельно оба устройства.

На практике более предпочтителен второй вариант. В первом случае при аварии «рабочего» устройства резервное не имеет оперативной информации об установленных и устанавливаемых соединениях. Приходится приводить всю станцию к исходному состоянию и работать с данными, соответствующими исходному состоянию. Этот процесс называется *полной перезагрузкой станции*. Следует отметить, что не всегда исходное состояние может дать гарантию правильной работы. Например, может быть потеряна блокировка неисправного оборудования и т.п. Теоретически на телефонной станции можно отметить четыре уровня восстановления (табл. 2.1). Примечательно, что эти уровни существуют и в нетелефонных системах, но условия, определяющие режимы (времена восстановления), другие.

Таблица 2.1. Уровни восстановления АТС

Название режима восстановления	Условия проведения восстановления	Ориентировочное время восстановления работоспособности для телефонной станции	Возможные действия
Сохранение устанавливаемых соединений	Время локализации и перехода на резерв не должно превышать длительности существования самого короткого внешнего сигнала	10 мс (время распознавания самого короткого импульса набора номера)	Исправление данных в оперативной памяти
Сохранение установленных соединений	Время локализации и перехода на резерв не превышает время занятия оборудования одним соединением	3 мин (среднее время разговора)	Переход на периферийное резервное устройство управления
Сохранение работоспособности управляющего устройства	Сигнал о сбое программного обеспечения требует времени локализации и восстановления больше чем указано в предыдущих случаях	Время анализа сигналов аварии программного обеспечения плюс время восстановления программного обеспечения	Перезагрузка программного обеспечения с резервных копий
Восстановление исходного состояния станции	Выход из строя основных аппаратных средств или программного обеспечения	Сумма времен диагностики станции, перезаписи резервного программного обеспечения и восстановления исходного состояния станции и системных установок	Восстановление исходного состояния оборудования и программного обеспечения с автоматическим или ручным контролем. Системные установки и послеаварийное включение

Для ограничения последствий потери оперативной информации применяется *метод дублирования с разделением трафика*. В этом случае каждое управляющее устройство в нормальном режиме работает со своим оборудованием. В случае же аварии исправный компьютер принимает на себя всю нагрузку. При этом оперативная информация для части оборудования теряется, а информация, касающаяся долговременного состояния станции (например, сведения о длительных блокировках), дублируется в обоих управляющих устройствах.

Для уменьшения времени перехода на резерв и устранения потерь информации наиболее часто используется *система дублирования с синхронизацией*. В этом случае сигналы из внешней среды поступают в оба устройства управления, а команды управления внешней средой идут в нормальном режиме из одного устройства. При аварийном режиме исправное устройство не требует корректировки информации.

Такой режим позволяет также контролировать нормальную работу устройств и выявлять сбои и ошибки на ранних стадиях их появления. Для этого между дублирующими устройствами образуют канал, по которому возможно сравнение результатов их работы, например, при выводе команд во внешнюю среду или при записи результатов в память. Чем детальнее будет сравнение, тем точнее и оперативнее осуществляется контроль и диагностика. Но при этом на процессы, связанные с техническим обслуживанием, затрачиваются значительные ресурсы ЭВМ (память и время процессора). Это может привести к недостатку производительности, необходимой для выполнения основных функций, уменьшению пропускной способности системы, снижению качества и сокращению перечня услуг.

2.3.3. Иерархические системы управления

Иерархические системы управления — это промежуточный между централизованным и децентрализованным способами управления тип организации систем. В чистом виде он применяется редко. По подобному принципу построена эксплуатируемая в сетях коммутационная система АХЕ фирмы Ericsson [43, 74]. Структурная схема управляющего устройства, построенного по иерархическому принципу, показана на рис. 2.14.



Рис. 2.14. Иерархический принцип управления

В рассматриваемом случае все задачи разбиваются на уровни иерархии и распределяются по процессорам. Первое и основное достоинство такого разбиения — снижение требований к производительности процессоров. Кроме этого, разбиение задач по процессорам огра-



Рис. 2.15. Блок системы с децентрализованным управлением

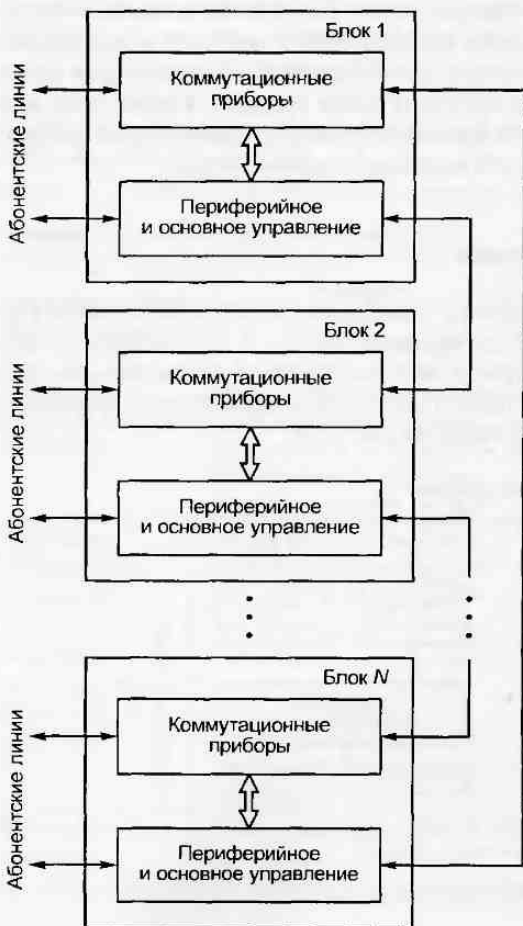


Рис. 2.16. Блок-схема децентрализованной станции с непосредственными связями между блоками

ничивает последствия выхода из строя отдельных процессоров, поскольку при такой локальной аварии нарушается выполнение только какой-либо одной функции системы. Для более высокой надежности может применяться резервирование на любом уровне и по любому принципу («горячий» резерв, разделение нагрузки и т.п.).

2.3.4. Децентрализованные системы управления

Эти системы получили наибольшее распространение на телефонных станциях, так как они удовлетворяют основным принципам адаптации систем и обеспечения их надежности [11, 56]. Система разбивается на модули (часто в требованиях на систему задано, что «система построена по модульному принципу»). Каждый модуль (рис. 2.15) предназначен для обслуживания группы внешних источников или для выполнения ограниченной задачи (иногда ограничения касаются и количества, и функций). Станция комплектуется из таких модулей в соответствии с требуемой на данный момент емкостью и поставленными задачами. Чем меньше емкость линий или приборов, содержащихся в модуле, тем точнее адаптация.

Модуль имеет локальное микропроцессорное управление и включает коммутационные приборы, осуществляющие взаимодействие с внешним миром (чаще всего на физическом и канальном уровнях). Небольшое коммутационное поле позволяет наиболее эффективно подключать терминалы к центральному коммутационному полю. Известны несколько способов построения систем с децентрализованным способом управления.

Непосредственное соединение блоков

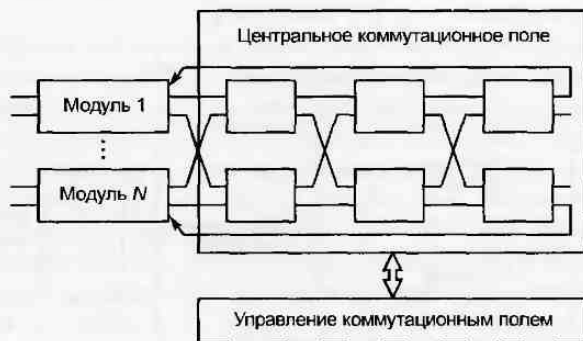
Для этого способа соединения блоков (рис. 2.16) характерно соединение блоков непосредственно друг с другом без использования центрального коммутацион-

ного поля. Тогда каждый модуль имеет пучок линий или цифровых трактов, соединяющих его с каждым другим модулем. Внутри модуля находятся в требуемом объеме ступени концентрации и смешивания. Последняя предназначена для доступа к необходимому пучку линий. При установлении соединения внутри модуля должно быть определено направление (номер модуля), в котором устанавливается соединение. Кроме этого речь идет о разделенных пучках, т.е. вся нагрузка разбивается по различным направлениям. В этом случае снижается использование межстанционных линий: чем больше емкость станции (число модулей), тем меньше пучки линий, что неудобно при наращивании.

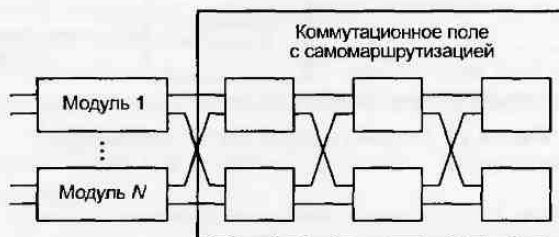
Решение без применения коммутационного поля допускалось в первых вариантах системы Linea UT фирмы Italtel. Была принята величина модуля 2000 номеров, максимальное количество модулей составляло 16.

Станция с применением центрального коммутационного поля

Для межмодульной коммутации с использованием всех выходов модулей устанавливают коммутационное поле. Последнее требует установки специального устройства для управления коммутацией, как это показано на рис. 2.17, а.



а)



б)

Рис. 2.17. Децентрализованное управление:
 а) с применением процессора коммутационного поля;
 б) без применения процессора коммутационного поля
 и односторонним коммутационным полем

Коммутационное поле с самомаршрутизацией

Наличие процессора коммутационного поля нарушает децентрализацию, так как появляется элемент, при выходе из строя которого выходит из строя и вся станция. Поэтому

коммутационное поле, как минимум, дублируется, а в некоторых системах ставится 4 блока. При нормальном функционировании все эти блоки работают в режиме разделения нагрузки, что улучшает качество обслуживания.

Одним из достижений в построении телефонных станций стала разработка системы с самонашрутизацией. Такая система не требует процессора, управляющего поиском путей в коммутационном поле, децентрализует управление, увеличивает надежность и позволяет производить постепенное наращивание коммутационного поля. Вариант такого поля показан на рис. 2.17, б, принцип его работы будет рассмотрен далее. Разделение станций на модули требует обмена сигналами внутри станции, в связи с этим на уровне структурной схемы возникают следующие варианты организации такой сигнализации:

- использование сигнализации внутри информационного канала;
- выделение отдельного сигнального канала одного из двух видов:
 - фиксированного;
 - с коммутацией через отдельный коммутатор (обычно коммутатор сообщений).

Структура модуля характерна для всех типов станций (рис. 2.18). Модуль состоит из типовой управляющей части — коммутационное поле и процессор. Комплекты в каждом из типов модуля могут отличаться. Они выполняют задачу согласования с внешней средой и компонуют модуль в зависимости от его назначения.

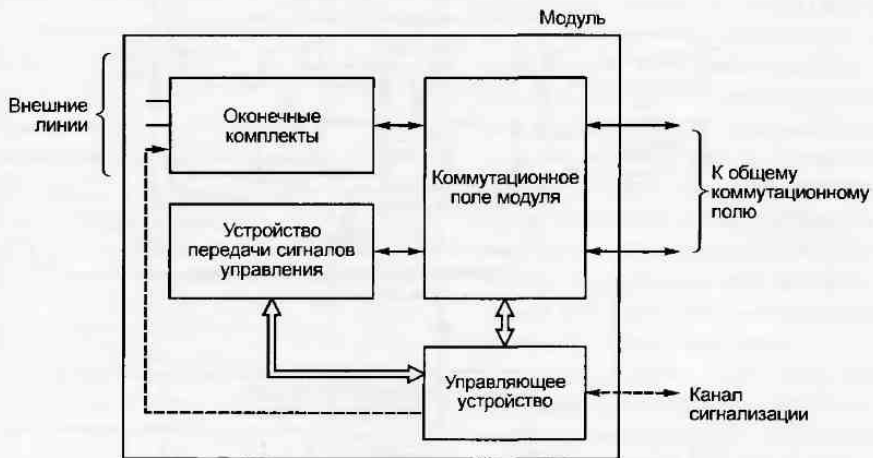


Рис. 2.18. Общий принцип построения модуля

Коммутационное поле модуля может быть однозвенным (система S-12), распределенным по ступеням, содержащим абонентскую и групповую часть (в системе EWSD ступени DU и CDU) и многозвенным для обеспечения доступа к направлениям, ведущим к разным блокам (система Linea UT). Комплекты управляются от процессора модуля, либо по отдельной группе шин, либо по одному из каналов тракта, связывающего комплекты с коммутационным полем.

Принцип включения комплектов (рис. 2.19) подразумевает объединение комплектов в группы и подключение к групповому тракту. Обычно он содержит 32 канала, один из которых предназначен для сигнализации. Этот же канал может применяться для приема и передачи сигналов управления периферийными устройствами. Группы трактов, соединяющие комплекты с коммутационным полем, позволяют создавать резервные пути.

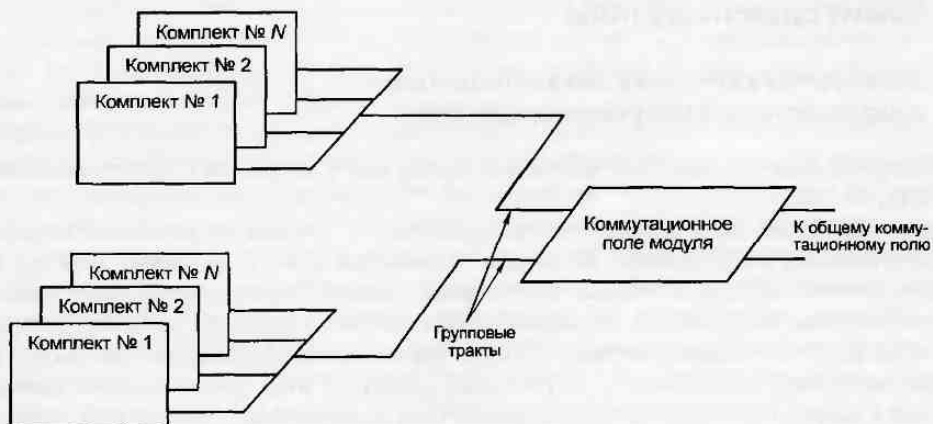


Рис. 2.19. Принцип подключения комплектов к коммутационному полю модуля

На рис. 2.18 показаны два варианта подключения сигнального канала.

Один из вариантов состоит в том, что устройство передачи сигналов управления включается в коммутационное поле модуля. Это позволяет коммутировать исходящие от него сигналы в любой канал любого выхода. Обычно для сигнализации применяют фиксированный канал. Как правило, это 16-й канал, однако возможно применение в качестве фиксированных и других каналов. Само устройство сигнализации реализует обработку сигналов на первом и втором уровне. Напомним, что она включает в себя синхронизацию, исправление ошибок и перезапросы. Логические операции осуществляются процессором модуля.

Штриховой линией показан второй возможный вариант — непосредственный вывод сигнального канала от процессора. В этом случае наряду с коммутатором информации может применяться коммутатор межстанционной сигнализации. В его задачу входит коммутация сигнальных каналов и информации между модулями. Одной из возможных целей такого отделения сигнальных каналов может служить их использование для передачи информации в виде сообщений.

В некоторых системах (например, ESS № 5) сигнализация идет по фиксированному каналу, но на входе коммутационного поля она выделяется для коммутации через коммутатор сообщений.

На рис. 2.20 показан общий вид модульной станции с двумя типами коммутации — информационной и сигнальной.

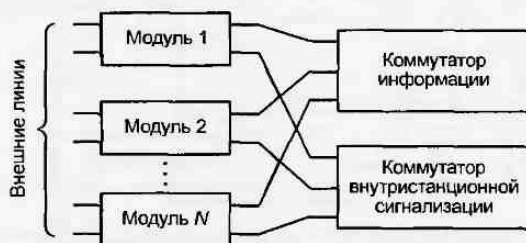


Рис. 2.20. Принцип работы модулей с отдельным коммутатором сигнализации

2.4. Коммутационные поля

2.4.1. Электромеханические декадно-шаговые и координатные коммутационные поля

Описание устройств координатной техники в данной книге опирается на сведения, содержащиеся в [1, 14–16].

Коммутационные поля на базе электромеханических элементов заложили основы построения станций и сетей, которые во многом сохранились в настоящее время. Прежде всего они дали толчок созданию теории телетрафика, которая в настоящее время развилась в мощное научное направление, позволяющее рассчитывать ресурсы телекоммуникационных систем на любой элементной основе. Несмотря на то, что современные системы строятся только на основе электронных и программных средств, в мире остается много электромеханических систем (особенно на базе координатного соединителя). Рассмотрим основы построения таких коммутационных полей.

Декадно-шаговые системы

Декадно-шаговый искатель представляет собой прибор с вращением. Символически он изображен на рис. 2.21, а.

В искателе имеются две основные части — скользящий контакт (щетки) и неподвижное контактное поле. Прибор имеет индивидуальное управляющее устройство и управляется импульсами, поступающими из абонентского терминала. При поступлении импульса прибор делает один шаг и устанавливает соединение с первым выходом.

Второй вариант (рис. 2.21, б) — прибор, который имеет два движения, подъемное и вращательное. При поступлении импульсов прибор совершает подъемное движение. После подъема можно переключить его управление на вращение, после чего каждый импульс будет приводить к шагу вращательного движения.

Такие искатели обычно могут совершать 10 подъемных движений и 10 вращательных. Легко подсчитать, что этот прибор имеет 1 вход и 100 выходов.

На его базе может быть создана малая станция. Упрощенный пример подобной станции представлен на рис. 2.22.

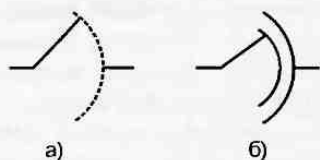


Рис. 2.21. Символическое изображение шагового искателя:
а) с вращательным движением;
б) с вращательным и подъемным движением

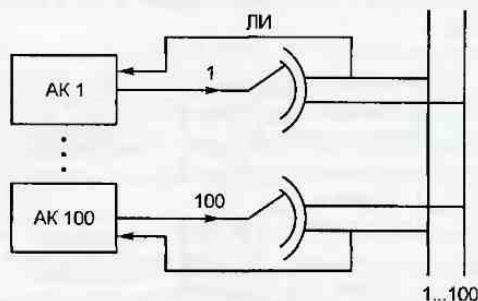


Рис. 2.22. Принцип построения АТС на базе декадно-шагового искателя:
АК — абонентский комплект

Для обозначения структуры коммутационного поля, образующего станцию, будем употреблять термин «группообразование». Приведенное на рис. 2.22 группообразование представляет собой простейшую станцию. Она состоит из одной ступени, которая называется ступенью линейного искания (ЛИ).

Процесс установления соединения начинается с подъема абонентом трубки. Это действие фиксируется абонентским комплектом, который является также частью управляющего устройства коммутационного прибора. Это же устройство посылает абоненту акустический сигнал «ответ станции». При наборе номера происходит подъемное движение искателя. Число шагов подъема соответствует числу импульсов набора. В паузе между наборами первой и второй цифры (межсерийная пауза) происходит переключение с режима подъема на режим вращения. При наборе второй цифры происходит вращательное движение, число шагов которого, так же как и для подъемного движения, зависит от числа импульсов номеронабирателя. В это же время происходит проба абонента. Если абонент свободен, происходит остановка вращения; если занят — движение не прекращается и идет до 11-го контакта, который введен для подключения зуммера «занято».

В случае остановки управляющее устройство посылает сигналы «посылка вызова» и «контроль посылки вызова». Разъединение осуществляется управляющим устройством после получения сигнала «отбой» от одного или двух абонентов. После этого искатель приводится во вращательное положение, а после прохождения последнего контакта он переходит в исходное положение.

Однако при построении станций большей емкости это простое решение усложняется и используется группообразование, принципы которого важны не только для станций с декадно-шаговым механизмом, но и для дальнейшего развития других систем.

Из теории телетрафика известно, что группа приборов обычно используется более эффективно, чем индивидуальный прибор. Например, абонентские линии, закрепленные за индивидуальным абонентом, заняты около 20 % времени, а соединительные линии между станциями — около 70 %. Это показывает, что группировка улучшает использование линий. Поэтому экономически целесообразно сделать приборы линейного искания общими для как можно большей группы абонентов. Для этого вводится ступень предварительного искания (ПИ). На этой ступени применялся прибор только с вращательным движением и 17 выходами. Он был гораздо дешевле коммутационного и управляющего прибора для ступени линейного искания и закреплялся за абонентом. В этом случае группообразование выглядит так, как показано на рис. 2.23.

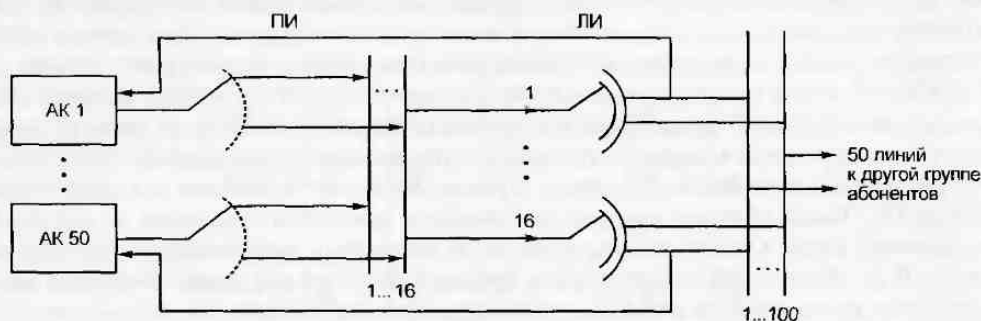


Рис. 2.23. Принцип построения АТС на базе декадно-шагового искателя с предварительной ступенью искания

Ступень предварительного искания выполнена на искателе с 17 выходами; 16 из них задействованы для информационных выходов, а 17-й — для посылки акустического сигнала занятости. При этом все выходы ступени предварительного искания запараллелены и в них включено 16 линейных искателей. Группа абонентов выбрана в количестве 50, что обеспечивает качество обслуживания (число отказов абоненту в обслуживании), приближающееся к включению, показанному на рис. 2.22. Но число приборов в рассматриваемом случае равно 16 (на группу 100 абонентов — 32), что значительно меньше, чем это показано на предыдущем рисунке.

Для увеличения емкости станции и организации направлений на другие станции вводится еще одна ступень — группового искания (ГИ), изображенная на рис. 2.24.

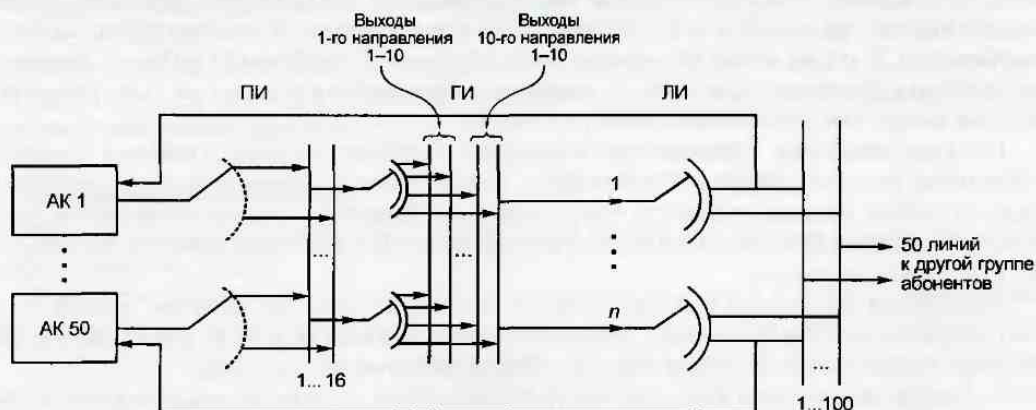


Рис. 2.24. Принцип построения АТС на базе декадно-шагового искателя с предварительной и групповой ступенями искания

Групповая ступень строится на искателях с двумя движениями (подъемным и вращательным). При этом подъемное движение происходит под управлением импульсов, поступающих извне. За подъемом следует пошаговое вращательное движение и производится проверка занятости одной из 10 линий, включенных в выходы ступени ГИ. Это позволяет включить в ступень ГИ 10 сотенных групп и увеличить емкость станции до 1000 номеров.

Установление соединения происходит следующим образом. При подъеме абонентом трубки ступень предварительного искания находит свободный прибор на ступени ГИ, откуда абоненту посылается акустический сигнал «ответ станции». После набора номера прибор ГИ совершает подъем на заданную набранным номером декаду и осуществляет искание любой свободной линии в данном направлении к сотенной группе линейного искания (ЛИ). Поскольку максимальное число выходов из одного прибора ГИ равно 10, то такое же максимальное число приборов в данной сотне может быть доступно этому прибору. Доступность к этой ступени абонента выше, поскольку ступень ПИ имеет 16 выходов для подключения к ступени ГИ. Таким образом, максимально абоненту может быть доступно до 160 приборов в заданной сотне. Однако выходы ступени ГИ могут быть запараллелены, поэтому доступность D от абонентской линии лежит в пределах от 10 до 160 линий. Реальный выбор определяется путем расчета вероятностных характеристик, которые зависят от нагрузки, создаваемой абонентами.

Обратим внимание на то, что функции посылки акустических сигналов переместились в ступень ГИ, которая находится «ближе» к абонентской линии.

Дальнейшее расширение станции может происходить благодаря установке дополнительных ступеней ГИ. Для построения сети в миллион абонентов применяются ступени ПИ, I ГИ, II ГИ, III ГИ, IV ГИ, ЛИ (рис. 2.25). Функции ступеней II ГИ, III ГИ, IV ГИ в части управления проще, чем I ГИ. Они заключаются только в приеме одной цифры и искании свободных линий к следующим ступеням.

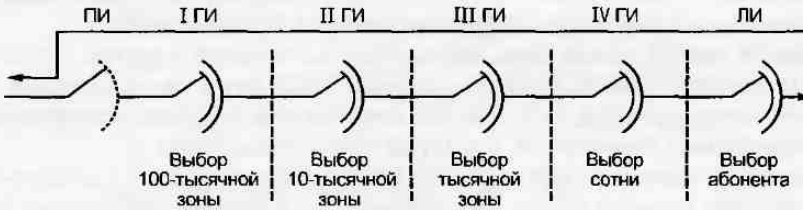


Рис. 2.25. Построение миллионной сети на базе декадно-шаговой АТС

Поскольку изменения сетей требуют колоссальных затрат, они по структуре консервативны и большинство современных сетей до сих пор сохранили черты рассмотренной выше десятичной системы. Возможности современной техники и методы передачи изменяют вид и структуру сетей, но это очень длительные процессы.

Координатные системы

Многokратный координатный соединитель (МКС) представляет собой прибор, который управляется по координатам. В отличие от декадно-шагового искателя, он не имеет скользящих контактов, которые ухудшают качество разговорного тракта, внося шумы и трески. Кроме того, контакт скольжения увеличивает трудоемкость обслуживания. Малое число коммутируемых декадно-шаговым искателем проводов (3 провода, обозначаемых *a*, *b* и *c*) не позволяет иметь необходимое число видов обслуживания. Развитие координатных АТС в России начато в конце шестидесятых годов. Подобные системы еще используются в нашей стране.

Координатный соединитель представляет собой матрицу (рис. 2.26). Он имеет следующие составляющие:

- удерживающие магниты (УМ) и связанное с ними контактное поле (иногда их называют вертикалью);
- выбирающие магниты (ВМ) или горизонтали.

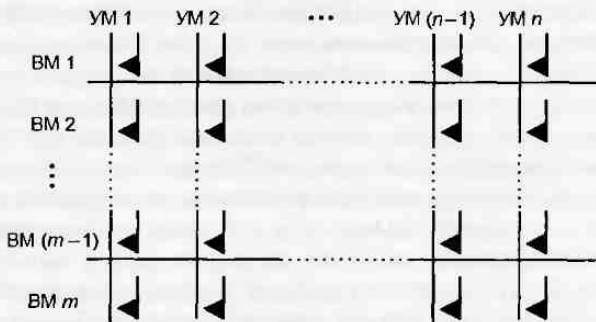


Рис. 2.26. Принцип построения координатного соединителя

Координатный соединитель работает следующим образом. Сначала работает ВМ. Механически он представляет собой планку с небольшим углом поворота. Она может повернуться немного вверх (при срабатывании, например, ВМ1) или вниз (при срабатывании, например, ВМ2). Срабатывание ВМ подготавливает замыкание контактов, находящихся на пересечении вертикали и горизонтали. После срабатывания контактов ВМ отпускает контакты, и в разговорном состоянии работает только УМ. Это позволяет исключить лишний расход тока, тем более что при удержании необходима меньшая величина тока.

Выбирающий магнит может быть использован в сочетании с другим удерживающим. В реальном соединителе число проводов, которые замыкаются на пересечении вертикали и горизонтали, может достигать до 6, что дает возможность получить модификации многократного координатного соединителя, о которых будет сказано ниже.

По своим коммутационным возможностям МКС можно сравнить с n декадно-шаговыми искателями. Входом является вход в УМ, а выходы — контакты, работающие с помощью ВМ (рис. 2.27).

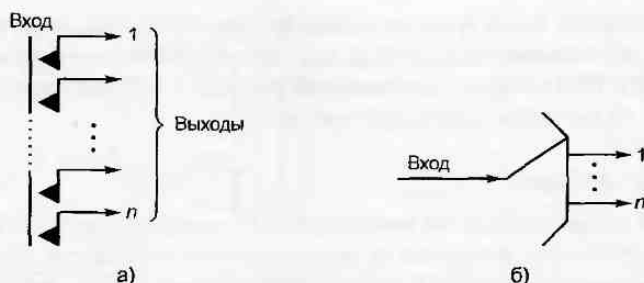


Рис. 2.27. Сравнительное представление МКС и декадно-шагового искателя: а) вертикаль МКС; б) эквивалентный (условный) декадно-шаговый искатель

МКС позволяет строить более удобные схемы группообразования, которые позволяют улучшить структуру и повысить пропускную способность сети.

В части управления МКС представляет собой прибор с «обходным принципом управления». Управляющее устройство выделяется на группу приборов и осуществляет логические действия обычно под управлением регистра (см. рис. 2.11).

Конструктивно МКС выполняется как 10 вертикалей и 10 горизонталей при коммутации 6 проводов ($10 \times 10 \times 6$). Возможна модификация 20 вертикалей и 10 горизонталей при 6 проводах ($20 \times 10 \times 6$). Однако для этих модификаций за счет уменьшения проводности количество выходов может быть увеличено в два раза, т.е. могут быть получены МКС $10 \times 20 \times 3$ (на базе $10 \times 10 \times 3$) и $20 \times 20 \times 3$ (на базе $20 \times 10 \times 6$). На рис. 2.28 показан принцип увеличения числа выходов из вертикали за счет снижения проводности. На этом рисунке вход подключается к контактам вертикали, которые имеют меньшую проводность и управляются с помощью дополнительного выбирающего магнита. Провода обычно обозначаются латинскими буквами a, b, c, d, e, f . Тогда верхний дополнительный выбирающий магнит (ДВМВ) использует провода a, b, c , а нижний (ДВМН) — d, e, f . Далее выходы образуются так же как и раньше с помощью выбирающих магнитов, но вместо одного выхода получают два: один — из проводов a, b, c (если работает верхний дополнительный выбирающий магнит), второй — из d, e, f (если работает нижний дополнительный выбирающий магнит). Таким образом увеличивается число выходов за счет уменьшения проводности.

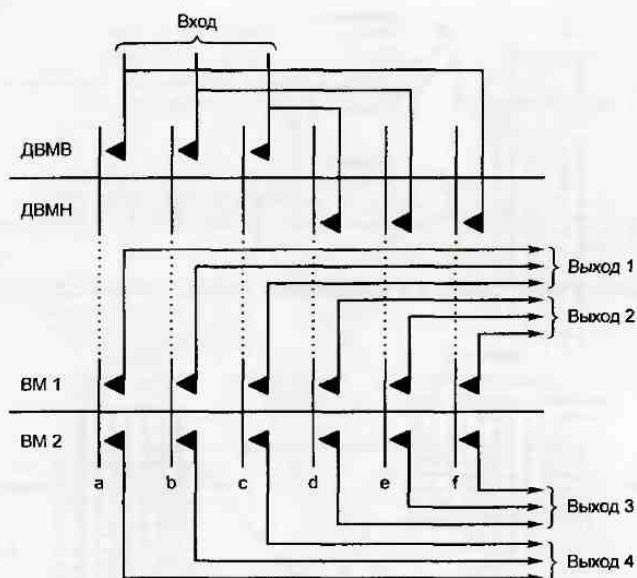


Рис. 2.28. Принцип увеличения числа входов МКС за счет уменьшения проводности

Группообразование ступеней

На базе координатных соединителей строится группообразование различных ступеней искания. АТС координатной системы содержит ступени абонентского искания (АИ) и группового искания (ГИ). В отличие от декадно-шаговой системы координатная является системой с косвенным управлением и, как было показано в главе 1, она содержит группу приборов для общения с абонентами (регистры), для доступа к которым в ней устанавливается ступень регистрового искания (РИ).

Ступень АИ предназначена для обслуживания исходящей и входящей связи. При исходящей связи она обеспечивает свободное искание, т.е. ищется любой свободный выход. При входящей связи необходимо линейное искание, т.е. ищутся пути от определенного входа к заданному абонентскому выходу. Как указывалось ранее, линейное искание приводит к большим потерям из-за блокировок, поэтому ступень абонентского искания строится из двух звеньев для исходящей связи и большего числа (3–4 звена) по входящей. На рис. 2.29 проясняется принцип такого группообразования. На этом рисунке ступень абонентского искания построена из двух звеньев (А и В) по исходящей связи и четырех для входящей. Звенья А–В имеют следующие структурные параметры:

- 100 входов (по числу включаемых абонентских линий);
- 60 промежуточных линий между звеньями;
- 40 входов (выходов), из которых 20 входящих и 20 исходящих.

Звенья С–D рассчитаны на включение 10 сотенных блоков со звеньями А–В и имеют следующие структурные параметры:

- 200 выходов;
- 40 промежуточных линий;
- 30 входов.

На рис. 2.30 и 2.31 показаны схемы группообразования ступени АИ (звенья А и В).

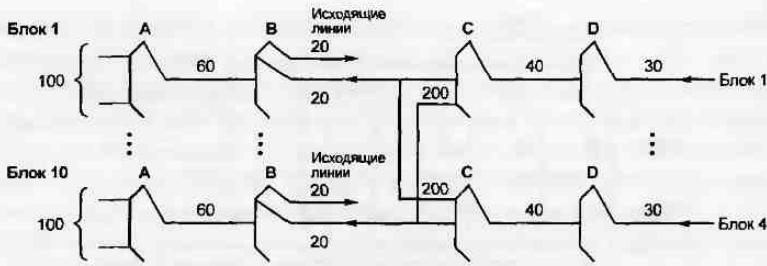
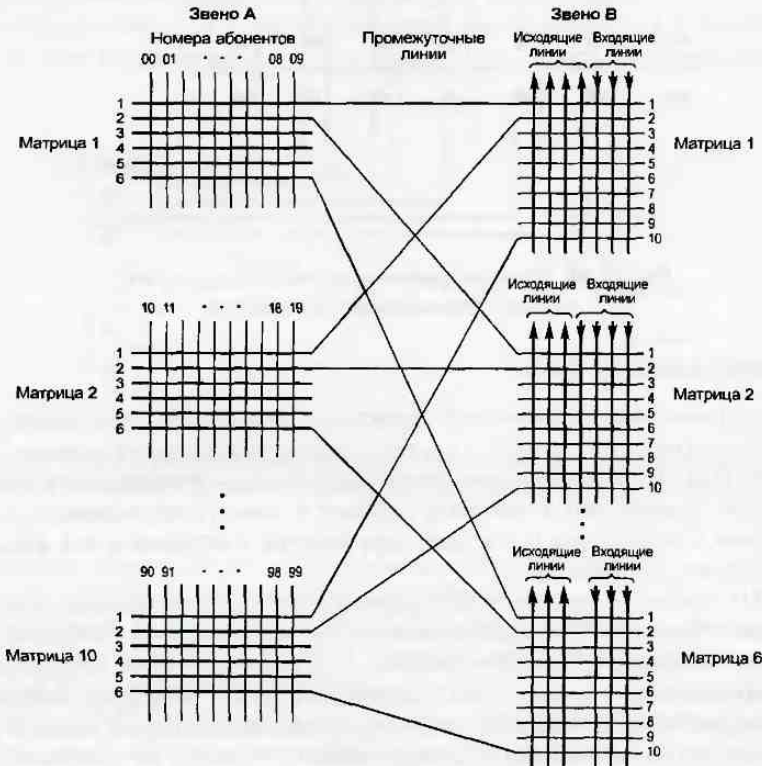


Рис. 2.29. Функциональная схема 1000-линейной группы ступени абонентского искания



а)



б)

Рис. 2.30. Группообразование ступени абонентского искания 100×60×40 (20 исходящих и 20 входящих линий) без транспонирования:
а) построение блока; б) схема группообразования

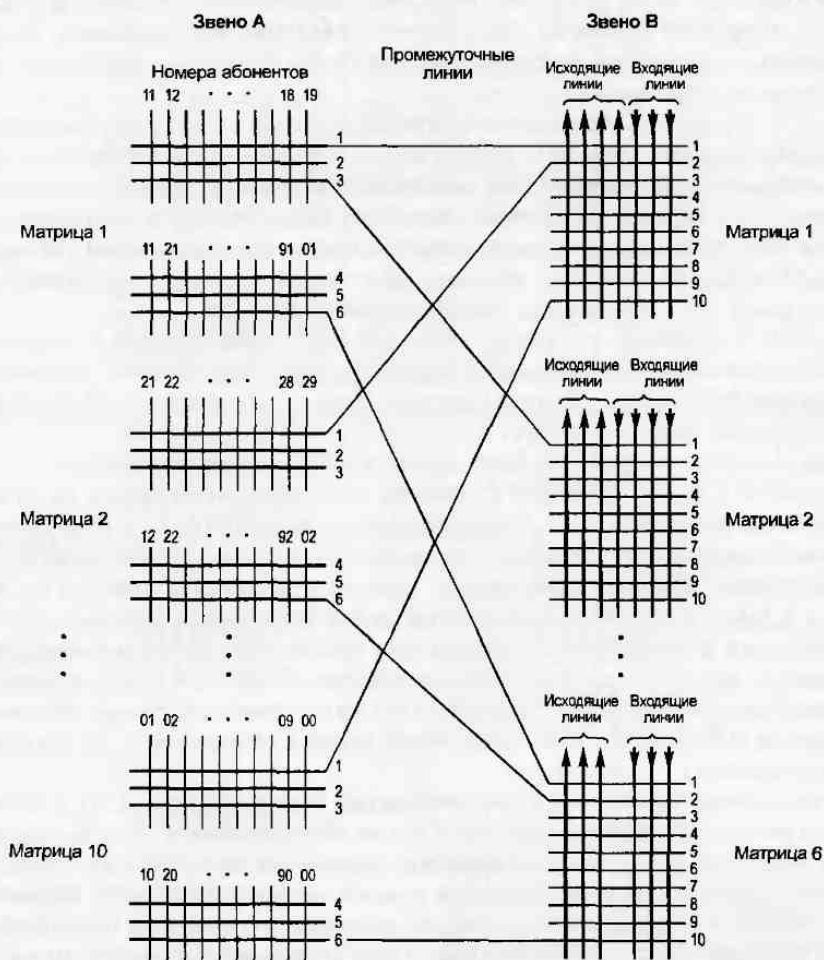


Рис. 2.31. Группообразование ступени абонентского искания $100 \times 60 \times 40$ (20 исходящих и 20 входящих линий) с транспонированием: Абонентские линии включаются в МКС в различном порядке — транспонировано (в порядке нарастания единиц и/или десятков)

На рис. 2.30 жирными линиями показаны вертикали МКС (определяемые номерами удерживающих магнитов), а тонкими — горизонталы МКС (определяемые по номеру выбирающих магнитов). Абонентские линии включаются в вертикали по 10 абонентов в каждую вертикаль, и путем запараллеливания образуется матрица, в которую включены 6 промежуточных линий к звену В. Для включения 100 абонентов требуется 10 матриц (10x6). Следовательно, они образуют 60 промежуточных линий. Эти линии распределяются среди шести матриц звена В.

Промежуточные линии включаются по номерам горизонталей (выбирающих магнитов). Выходы/входы ступени АВ определяются удерживающими магнитами. Четыре матрицы звена В имеют 7 входов/выходов. Из них две предназначены для включения 4-х исходящих

линий и 3-х входящих. А две другие наоборот, включают 4 входящие линии и 3 исходящие. Две матрицы содержат 6 входов/выходов. Из них 3 входящих и 3 исходящих. Итого общее число входов/выходов ступени А–В составляет 40 ($7 \times 4 + 6 \times 2$), при этом 20 ($4 \times 2 + 3 \times 4$) исходящих и столько же входящих.

На рис. 2.30, б показана эта же схема группообразования в условных обозначениях принятых в технике координатных АТС и применяемых обычно без пояснений (см. [15]). Для условного изображения применяют знак выхода поля вертикали (кружок) и знак самой вертикали (черта). Все кружки, на которые указывает черта, являются выходами вертикали МКС (контактного поля удерживающего магнита). Черта вместе с кружком указывает на то, что вертикали подключены к полю предыдущей ступени. Кружки с черточками, расположенные друг за другом, указывают на запараллеливание выходов.

На рис. 2.30, б, показано, что каждая вертикаль МКС звена А имеет 10 выходов (по 10 кружков по направлению расположенных выше кружков с черточками). Это указывает на то, что вертикали МКС имеют общие 10 выходов. Они сгруппированы по 10 вертикалей в 6 групп. Последующее звено В содержит 6 групп по 7 ($3 + 4$) выходов МКС.

Такое же условное изображение будет применяться далее без разъяснений

В реальной АТС коммутирующие устройства учитывают, что в группе из 10 абонентов могут встречаться абоненты с очень большой разницей по нагрузке (при этом среднее число вызовов может сохраняться). Абоненты с высокой нагрузкой могут блокировать абонентов с низкой нагрузкой. Поэтому применяется двойная группировка (рис. 2.31). Абоненты включаются в МКС в порядке, определяемом двумя последними цифрами абонентского номера (десятками и единицами). В горизонтали одних МКС (поле выбирающих магнитов) включаются абоненты, имеющие в своем номере одинаковую цифру единиц, а в других, имеющие одинаковые цифры десятков. При этом параметры схемы группообразования не меняются (100 входов, 60 промежуточных линий и 40 выходов — 20 исходящих и 20 с входящими линиями).

Схема группообразования без транспонирования показана на рис. 2.30, с транспонированием — на рис. 2.31. Каждая матрица 10×6 группообразования без транспонирования разбита на две матрицы 10×3 . При этом возможно включение двух групп абонентов. Одна из них содержит абонентские линии, имеющие в своем номере одинаковую цифру десятков, а вторая включает в себя абонентские линии, имеющие в нумерации одинаковые цифры единиц при различающихся цифрах десятков. Такое включение смешивает нагрузку от абонентов десятичных (маленьких) групп и выравнивает ее, что уменьшает вероятность блокировки абонентов с незначительной нагрузкой. Заметим, что это вызвано тем, что при управлении и включении абонентских линий номера закрепляются за местом включения. Изменение места включения в АТС координатного типа вызывает изменение абонентского номера. В АТС с программным управлением такого закрепления нет. Поэтому группировка абонентов для улучшения показателей может корректироваться в процессе эксплуатации без изменения абонентского номера.

Согласно рис. 2.31, требуется 60 вертикалей. Они разбиты на 10 групп (по 6 вертикалей в группе), в каждой из которых включается по 10 абонентских линий. В 40 вертикалях группируются линии с одной и той же цифрой единиц и разными цифрами десятков (11, 21, 31, ..., 01), а в 20 используется второй вид включения с одной и той же цифрой десятков и разными цифрами единиц (11, 12, 13, ..., 10).

На рис. 2.32 показано распределение вертикалей для конкретной модификации МКС ($20 \times 10 \times 6$ — 20 вертикалей по 10 выходов из каждой при 6 проводах в каждой точке коммутации). Рисунок демонстрирует присутствие трех таких многократных координатных соединителей при построении звена А. На рис. 2.33 показано группообразование звеньев СД.

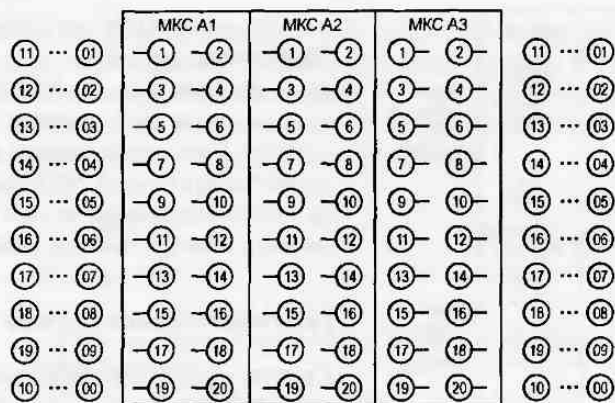


Рис. 2.32. Схема транспонированного включения абонентских линий в звене А блока АВ

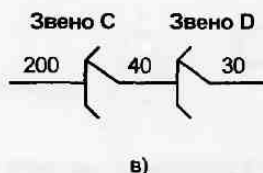
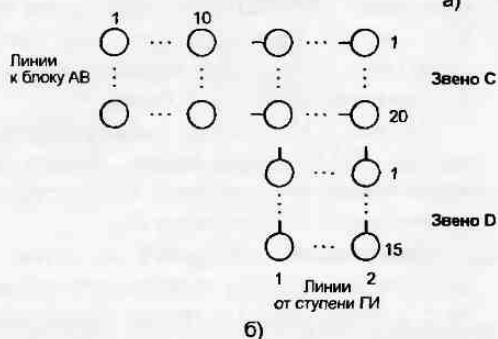
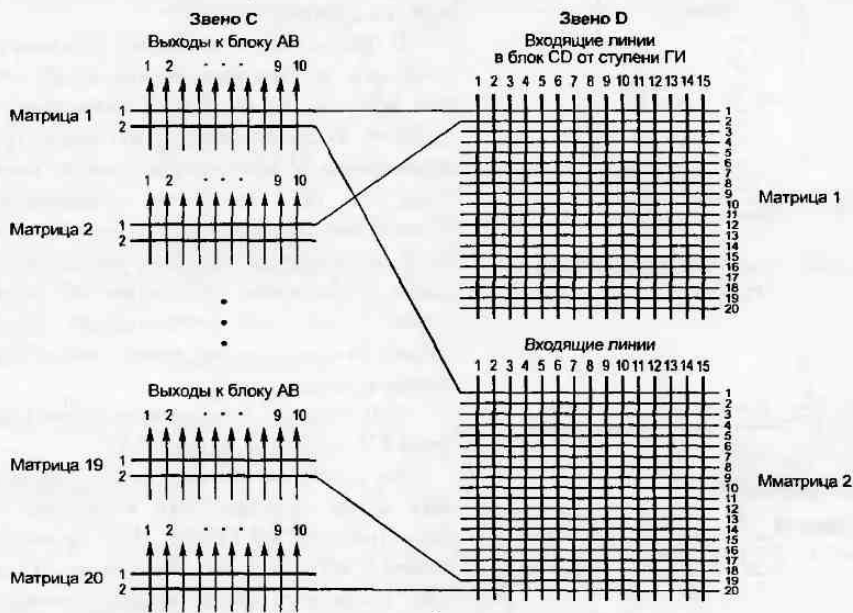


Рис. 2.33. Блок CD ступени абонентского искания: а) построение блока; б) схема группообразования; в) функциональная схема

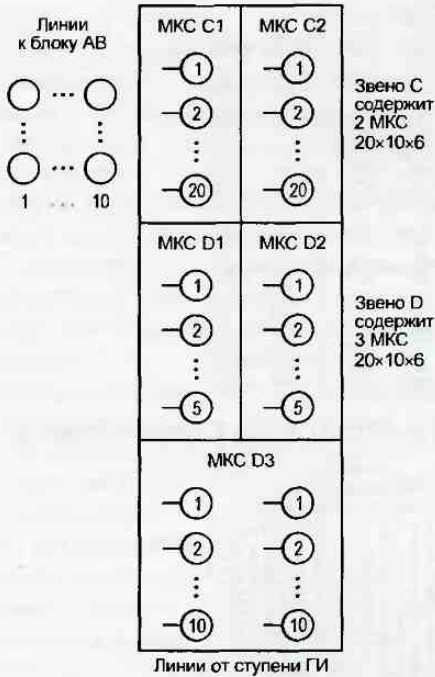


Рис. 2.34. Распределение линий по МКС

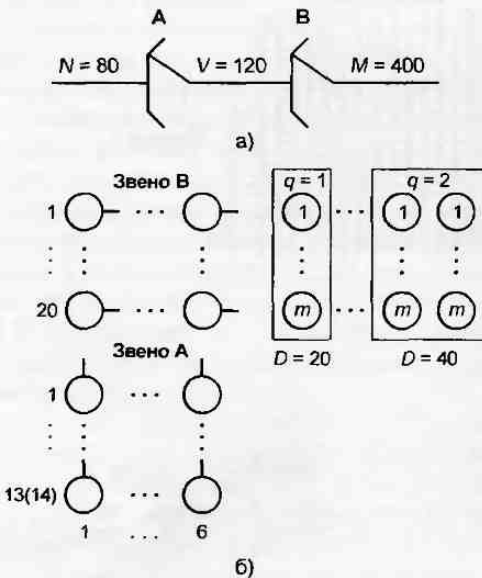


Рис. 2.35. Коммутационные схемы ГИ:
а) функциональная схема;
б) схема группообразования

Для построения рассматриваемого группообразования требуется:

- на звене С — два МКС 20×10×6;
- на звене D — три МКС 10×20×6.

Рис. 2.34 иллюстрирует как группируются элементы этих типов МКС при построении этого группообразования, на нем показано распределение по конструктивным элементам МКС.

Группообразование ступени ГИ

Ступень группового искания, как известно из предыдущего, предназначена для подключения абонентов к различным направлениям, ведущим на другие станции.

В предыдущих примерах ступени рассматривались на станциях миллионной, стотысячной и других групп. Такое назначение ступени требует создания некоторого числа групп (направлений). В предыдущих главах также показано, что при групповом искании возможна блокировка, поэтому распределение линий одного направления должно уменьшать вероятность блокировки. Последнее из условий состоит в том, что организация направлений на различные станции может потребовать различного числа линий.

Структурная и функциональная схемы ступени ГИ показаны на рис. 2.35.

На этом рисунке показана одна из возможных схем, используемая в системе АТС-КУ. Она содержит 80 входов, 120 промежуточных линий и 400 выходов. Прежде всего, отметим, что, поскольку число промежуточных линий превышает число входов, такая схема называется схемой с расширением. Она позволяет уменьшить блокировки направлений из-за отсутствия промежуточных линий.

На рис. 2.35 показано также распределение выходов ГИ по направлениям. Каждое направление имеет определенное количество линий (доступность, обозначаемая D).

Направление образуется из групп, число которых для каждого направления обозначается q , а число линий в группе обозначается m . Поэтому доступность в каждом направлении определяется как $D = mq$ и равна 20, 40, 60...

На рис. 2.36. показана функциональная схема группообразования ГИ. На первом звене (звено А) двухзвенная схема содержит 6 коммутационных матриц. Из них четыре матрицы 13×20 и две 14×20 . Общее число входов на звене А — 80, число промежуточных линий — 120. Каждый вход имеет доступ к направлению по 20 промежуточным линиям. Второе звено В состоит из 20 матриц 20×20 . Они образуют 400 выходов.

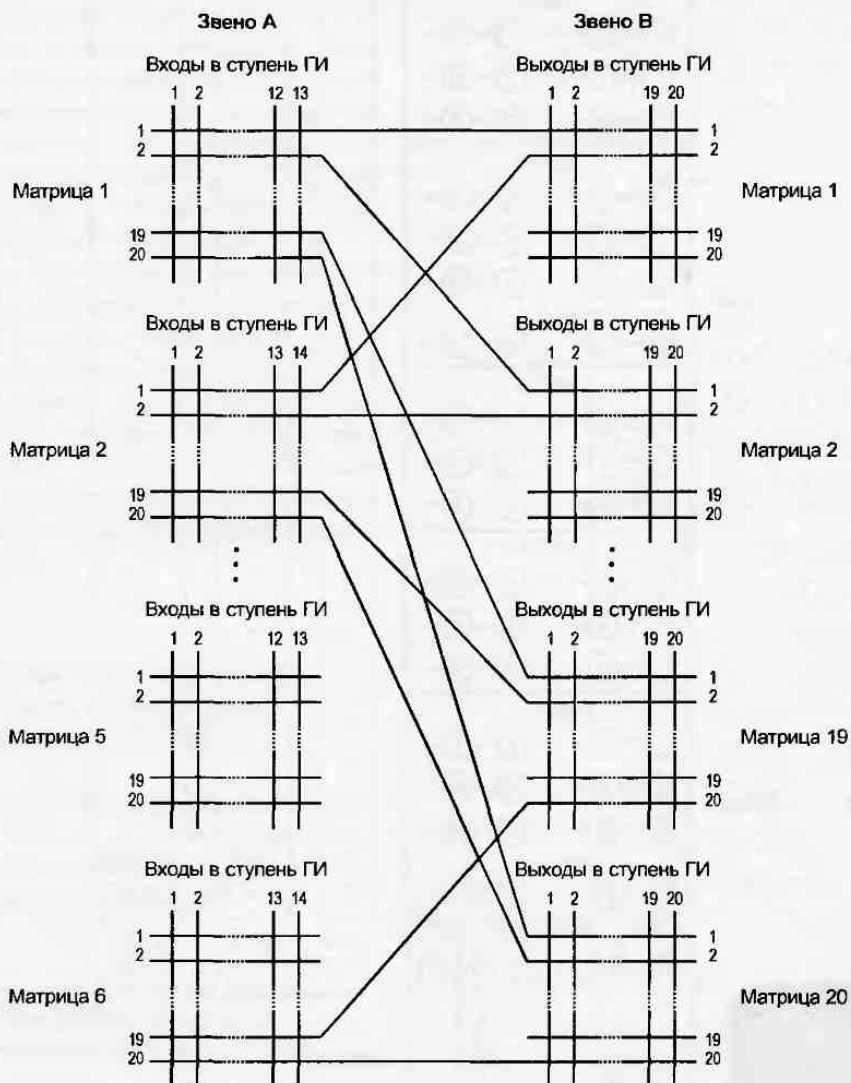


Рис. 2.36. Функциональная схема группообразования ГИ

Определение вертикалей по МКС показано на рис. 2.37. На этом рисунке можно увидеть, что ступень состоит из 4-х МКС на звене А ($20 \times 20 \times 3$) и 6-и МКС того же типа на звене В.

Для полноты следует показать пример ступени регистрового искания.

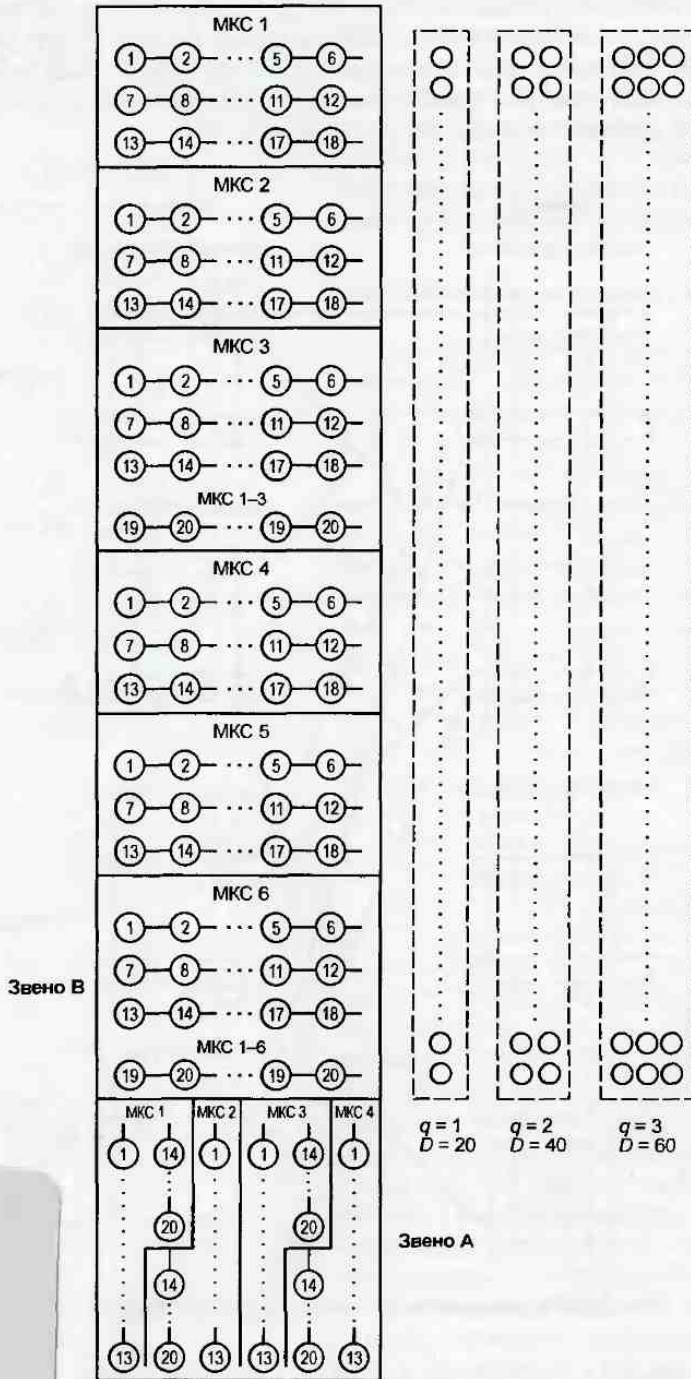


Рис. 2.37. Схема группообразования на ступени GI

Степень регистрового искания

Коммутационный блок ступени регистрового искания показан на рис. 2.38. В поле каждой вертикали МКС (удерживающего магнита) звена включает $n_a = 10$ входов. Для включения $N = 120$ входов требуется в каждом ряду $k_a = 12$ вертикалей. Каждый коммутатор звена А имеет число проводов $m_a = 5$. Каждый из коммутаторов звена В имеет по $n_b = 10$ выходов. Для включения всех промежуточных линий $V_{AB} = k_a \times m_a = 60$ требуется $k_b = 6$ коммутаторов, в каждом из которых содержится по $m_b = 7$ или 6 выходов. Обратим внимание, что каждый коммутатор звена А связан не со всеми коммутаторами звена В.

Рассмотренное выше построение коммутационных полей позволяет строить станции, о которых будет идти речь в следующих разделах. В следующем разделе рассмотрены коммутационные поля, выполненные на электронной элементной базе.

2.4.2. Коммутационные поля на микроэлектронной элементной базе

Рассмотрим структуру цифрового тракта, который должен быть скоммутирован через цифровое поле и назначение различных временных интервалов.

Принципы использования временных каналов при цифровом потоке с импульсно-кодовой модуляцией

Изучение изложенных в этой главе сведений можно дополнить информацией из [37, 38].

Каналы, полученные путем мультиплексирования в системе ИКМ-30, распределяются как изображено на рис. 2.39.

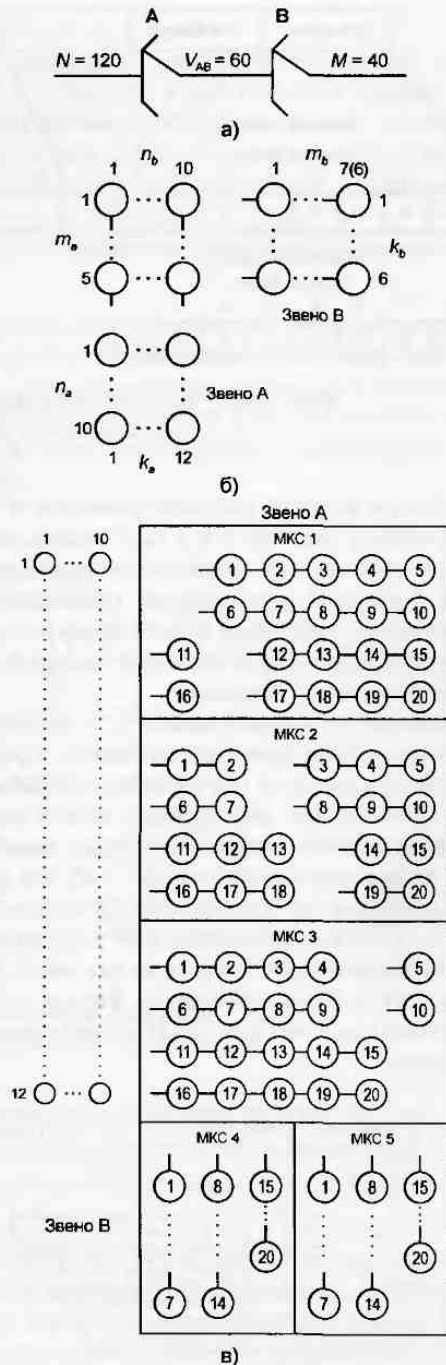


Рис. 2.38. Коммутационный блок ступени регистрового искания: а) функциональная схема; б) схема группирования; в) распределение вертикалей по МКС



Рис. 2.39. Распределение временных положений в тракте ИКМ при отдельном канале сигнализации

На этом рисунке показано размещение информации в цикле. Каждый цикл состоит из 32 временных каналов. 0-й и 16-й каналы переносят служебную информацию. В 0-м канале каждый четный цикл передается информация для синхронизации цикла. Она представляет собой 7-битовую комбинацию, размещенную в 1–7 битах. Первый бит, обозначенный на рисунке S, либо равен 1, либо используется для контроля правильности передачи информации цикла [49, 50]. В нечетных циклах 0-й байт предоставлен для использования национальными администрациями.

Вариант, показанный на рис. 2.39, используется для передачи сигнальной информации по принципу «общий канал сигнализации». При этом способе сигнализация для всех 30 речевых каналов передается по 16-му каналу. Подробнее этот способ рассмотрен в разделе 2.10.

Второй способ образования канала получил название «выделенный канал». В этом случае за каждым информационным каналом закрепляется сигнальный канал. Принцип этого выделения показан на рис. 2.40. Он заключается в том, что вводится нумерация 32-канальных циклов. Выделяются 16 циклов, в каждом из которых информация сигнализации 16-го канала закрепляется за информационным каналом. Каждое временное положение 16-го канала разбивается на две части. В первом цикле передается сигнальная информация 1-го и 17-го каналов, во втором — 2-го и 18-го, в третьем — 3-го и 19-го и т.д., в пятнадцатом 15-го и 31-го. В нулевом и шестнадцатом циклах передается служебная информация.

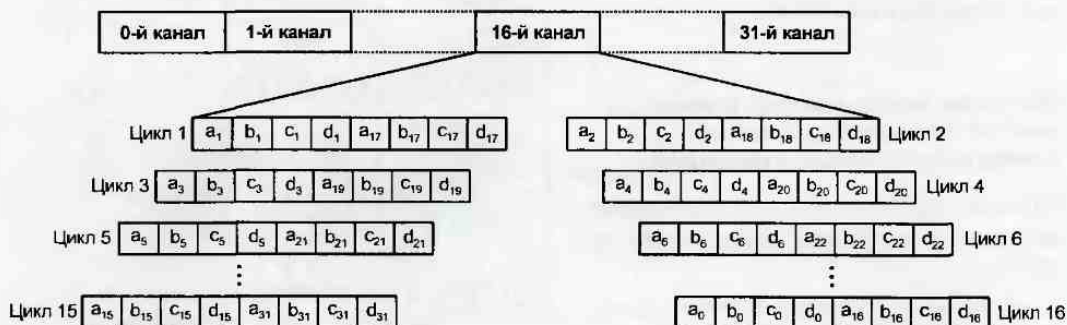


Рис. 2.40. Образование выделенного канала

Типы электронной коммутации

Различаются два принципа электронной (цифровой) коммутации: временная и пространственная. Цифровая коммутация указывает на то, что коммутируются потоки с импульсно-кодовой или цифровой, модуляцией. На ранних стадиях разработки электронных АТС использовалась коммутация сигналов с амплитудно-импульсной модуляцией. Но она не получила распространения из-за недостатков, связанных с чувствительностью к искажениям и помехам.

В дальнейшем изложении вид модуляции не оговаривается, при этом подразумевается цифровая коммутация.

Временная коммутация. Этот вид коммутации подразумевает, что весь поток информации распределен во времени. В каждый временной интервал (далее именуемый слот, slot) вводится информация, которая закрепляется за этим положением. Временной коммутатор должен перенести информацию из одного временного положения в другое заданное положение. На рис. 2.41 схематично показан пример, когда информация, содержащаяся в 5-м временном интервале, переносится в 21-й интервал.

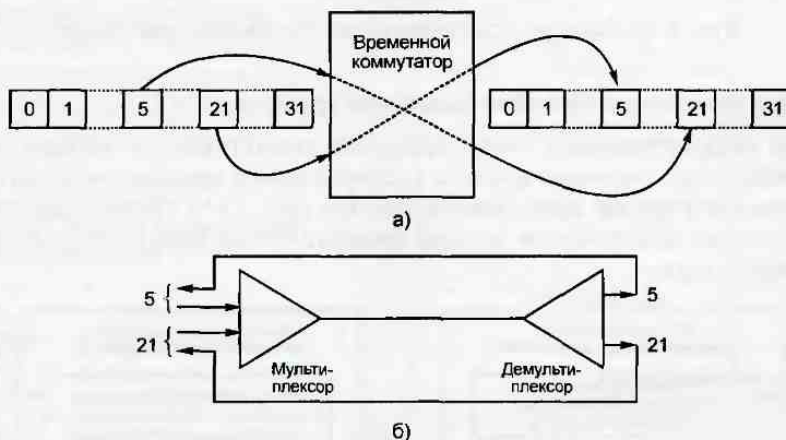


Рис. 2.41. Принцип временной коммутации: а) схематичное изображение; б) функциональная схема

Поскольку электронная коммутация имеет односторонний характер (в силу того, что электронные компоненты имеют только одно направление), а связь должна быть двухсторонней, то коммутация, как правило, осуществляется не только прямой (5-й канал с 21-м каналом), но и обратной (21-й канал с 5-м) (рис. 2.41, б).

Пространственная коммутация заключается в том, что информация переносится из одного временного тракта в другой без изменения временного положения. Это проиллюстрировано примером, показанным на рис. 2.42, где информация переносится из тракта I (временное положение 5) во второй тракт в то же положение. На том же рисунке показано второе пространственное соединение.

В реальных телефонных станциях используются оба варианта, но часто применяют комбинированные пространственно-временные коммутаторы, когда коммутация производится одновременно в другой тракт и другое временное положение (рис. 2.43).



Рис. 2.42. Принцип пространственной коммутации



Рис. 2.43. Принцип пространственно-временной коммутации

Принципы реализации способов временной коммутации

Наиболее распространенный способ временной коммутации, т.е. перенос информации из одного временного положения в другое, состоит в записи информации в память и считывании с задержкой в другом временном положении (рис. 2.44). Последовательный цифровой поток поступает на вход схемы, которая преобразует информацию из последовательной формы в параллельную.

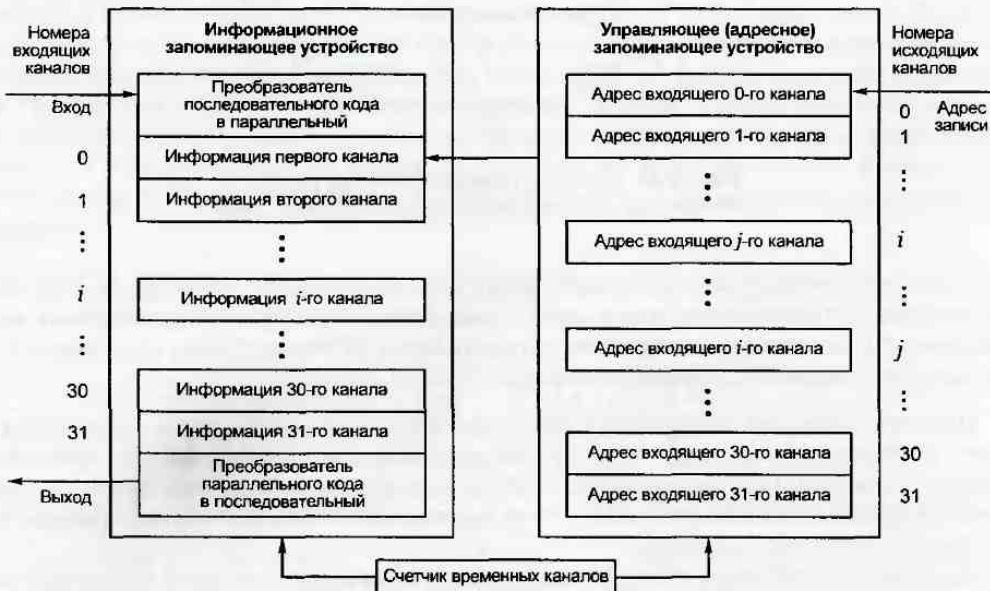


Рис. 2.44. Схема коммутации временных каналов

Далее эта информация записывается в запоминающее устройство (ЗУ). Адрес записи устанавливается счетчиком временных каналов, который генерирует последовательно номера временных положений. Поэтому сообщения располагаются в информационной памяти по мере возрастания номера канала. Чтение этой информации в исходящий тракт производится в соответствии с информацией, записанной в адресной памяти. Опрос этой памяти также производится по тактовым импульсам, приходящим от счетчика временных каналов. Каждый такт соответствует номеру слота в исходящем потоке. Информация, которая записывается в это временное положение из информационного ЗУ, определяется адресом, поступающим из адресного ЗУ.

На рис. 2.44 адрес входящего канала i записан в адресной памяти на месте временного положения j . И наоборот, адрес входящего канала j записан в адресной памяти на месте временного положения i . Это означает, что при чтении из адресной памяти во временное положение j на вход информационной памяти поступит адрес i . Это приведет к тому, что в этом временном положении (j) будет считана информация, поступившая по входящему каналу (i). Это реализует временную коммутацию, принцип которой приведен на рис. 2.41.

Принцип реализации пространственной коммутации временных каналов

На рис. 2.45. показан элемент, пространственной коммутации на 16 входящих и 16 исходящих (выходных) временных цифровых трактов каждый на 32 временных положения. Эта схема состоит из 16-и включенных параллельно по входу мультиплексоров, управляемых по времени информацией, поступающей по управляющей шине из адресно-временной памяти. Одно слово временной памяти содержит (16×4) битов. На каждый мультиплексор поступает 4 бита. Они указывают, какой тракт надо подключить в данном мультиплексоре в данном временном положении. На приемном конце устанавливается аналогичная схема, но с подключенными демультиплексорами. Принцип управления остается тот же самый.

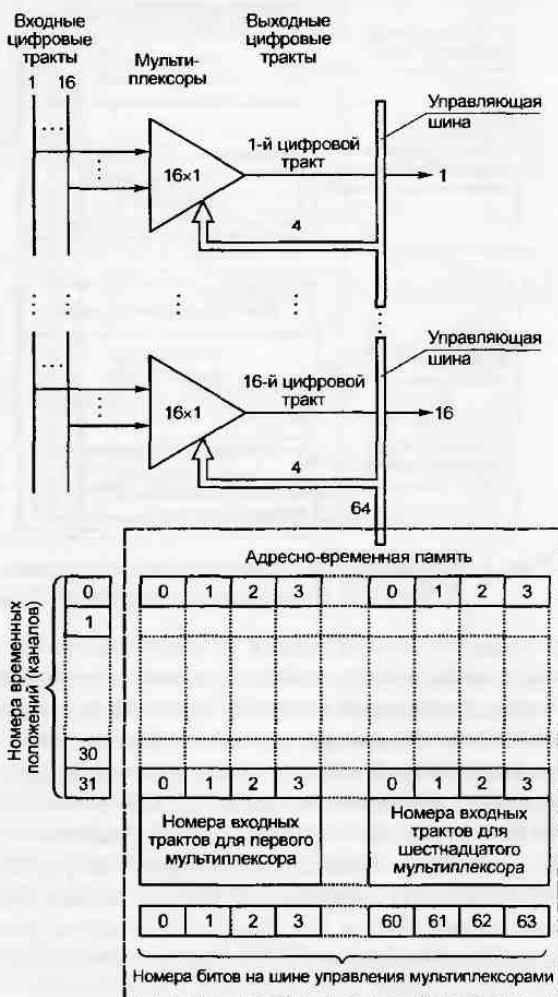


Рис. 2.45. Элемент пространственной коммутации каналов с разделением по времени (16 входных трактов на 16 выходных трактов по 32 временных положения в каждом)

Пространственные коммутаторы широко применялись на начальных этапах создания цифровых АТС. Их главное достоинство — небольшая задержка коммутируемой информации. В настоящее время в связи с ростом скорости работы микросхем почти везде используется пространственно-временная коммутация.

Принцип реализации пространственно-временного коммутатора

Принцип построения пространственно-временного коммутатора с использованием запоминающего устройства (рис. 2.46) почти аналогичен принципу построения временного коммутатора.



Рис. 2.46. Реализация пространственно-временной коммутации на базе запоминающего устройства (N цифровых трактов по 32 временных положения в каждом)

Информационная память устанавливается для каждого цифрового тракта. Адресная память устанавливается в объеме, равном суммарному числу каналов всех трактов, и управляет всеми трактами по принципу временной коммутации. Суммарное число каналов, которое может быть обслужено адресной памятью, зависит от ее быстродействия. Время опроса всех каналов должно быть равно времени одного цикла (кадра), т.е. $125 \text{ мкс} = 125 \times 10^{-6} \text{ с}$. При работе коммутатора происходит два обращения к памяти. Первое, когда внешнее управляющее устройство определяет номер временного положения и адрес записи в запоминающем устройстве. Второе, когда содержимое управляющей памяти, соответствующее временному интервалу, выбирается в качестве адреса считывания. Операции записи и считывания должны выполняться для каждого временного канала. Предполагая, что эти времена равны, определим максимальное число каналов для заданной скорости работы памяти:

$$C = \frac{125 \times 10^{-6}}{2t_c},$$

где 125 мкс — длительность цикла для частоты дискретизации речевого сигнала равной 8 кГц ; t_c — длительность обращения к ЗУ в микросекундах.

В качестве примера предположим, что одно обращение к ЗУ требует 0,5 мкс, тогда число каналов C равно 125.

Современные ЗУ имеют гораздо меньший цикл обращения. Поэтому суммарное количество каналов по всем цифровым трактам может достигать 1024–2048 каналов, т.е. 32–64 тракта по 32 канала в каждом.

Для организации пространственно-временной коммутации на базе запоминающего устройства можно мультиплексировать несколько потоков и проводить коммутацию этого высокоскоростного потока. На выходе можно снова разделить поток на несколько исходящих (рис. 2.46).

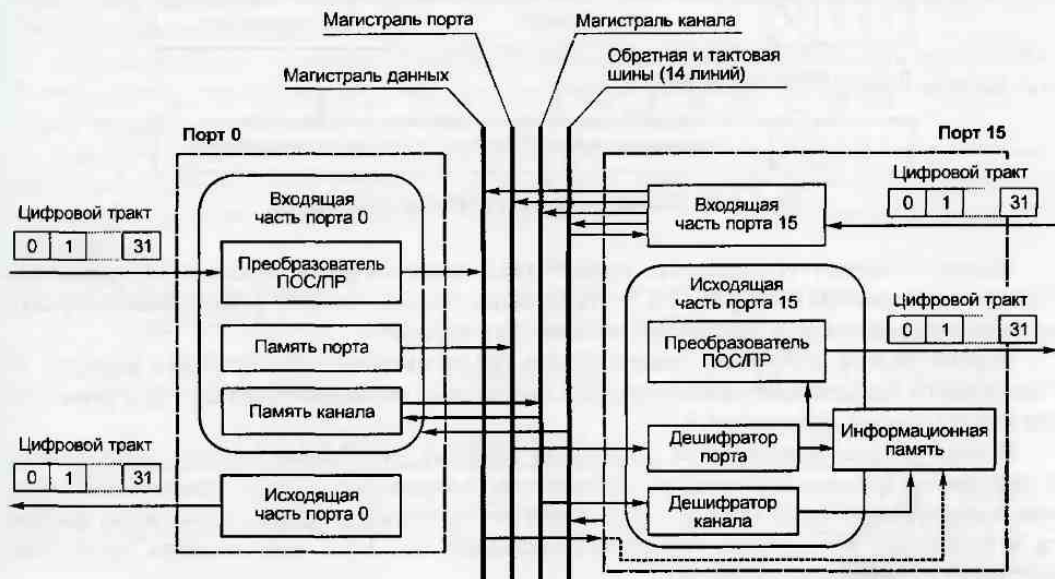


Рис. 2.47. Элемент пространственно-временной коммутации каналов с разделением по времени

Для построения пространственно-временных коммутаторов применяются более сложные схемы [49]. На рис. 2.47 показана схема, содержащая 16 двусторонних портов на 32 цифровых канала каждый. Под термином «порт» подразумевается часть схемы коммутации, принимающая и передающая цифровой поток. Как показано на рис. 2.47, она подразделяется на исходящую и входящую части. На рисунке подробно показаны входящая часть 0-го тракта и исходящая часть 15-го тракта. Соединяющие эти порты магистрали показана на рисунке. Магистраль данных содержит 16 шин, магистраль порта — 4 шины, магистраль канала — 5 шин, число шин для передачи обратных сигналов и тактовых последовательностей — 14.

Временные тракты включаются во входящую часть порта. Далее информация накапливается в преобразователе последовательной информации в параллельную. Параллельная передача информации позволяет уменьшить время обмена между портами в 16 раз и тем самым увеличить число обслуживаемых портов. В соответствии с временным интервалом из адресной памяти считываются заданные адреса порта и канала.

Форматы управления рассматриваемым элементом показаны на рис. 2.48.



Рис. 2.48. Форматы коммутируемых сообщений

Формат включает 16 битов, что требует увеличения скорости передачи по сравнению с байтовым форматом в два раза, т.е. до 4096 кбит/с. Первые два бита определяют тип режима работы управляющего устройства элемента (его логики).

Первый режим *свободного канала* (признак 00) характеризует поступление формата, не содержащего информации, и соответствует свободному временному каналу. В данном случае коммутация не производится.

Второй режим *установления соединения* (признак 01). Работа элемента заключается в определении и записи информации в соответствии с вариантами поиска, записанными в поле *тип поиска* (в отличие от термина «поле формата», принятого разработчиками этого элемента, в телефонии используется термин «вид искания»; см. 2.2.3, виды искания: свободное, групповое и другие виды искания).

Возможны следующие типы поиска:

- любой канал Q в портах с номером $P = 12 \dots 15$ (для выходов звена А);
- любой канал Q в портах с номером $P = 0 \dots 11$ (для входов звена А);
- любой канал Q в портах с номером $P = 7 \dots 15$ (для выходов звеньев В, С);
- любой канал Q в портах с номером $P = 0 \dots 7$ (для входов звеньев В, С);
- любой канал Q в любом порте P (для каждого из типов матриц);
- любой канал Q в портах с конкретным номером P , содержащимся в формате коммутируемого сообщения (рис. 2.48, б); для каждого из значений (0–11, 12–15, 0–7, 8–15, 0–15) в формате указывается отдельный код типа поиска;
- канал с конкретным номером Q в порте с конкретным номером P .

В режиме установления соединения в соответствии с типом поиска управляющее устройство элемента определяет в памяти порт, в котором существуют свободные каналы, и передает в этот порт информацию о поиске канала. После чего по обратной шине получает информацию о номере канала и записывает ее в собственную память. При этом учитывается число оставшихся каналов. Если канал задан в формате, показанном на рис. 2.48, б, то информация просто записывается в память.

В режиме *передачи речи* (данных) формат поступает в соответствии с временным положением. Из адресной памяти считываются сначала адрес порта, а в следующем такте — адрес канала.

На исходящей стороне порта дешифраторы принимают адреса порта и канала и записывают информацию с шины данных в память. В дальнейшем эта информация считывается в соответствии с временным промежутком исходящей стороны.

Для того чтобы обеспечить дуплексную передачу, устанавливаются пары исходящих и входящих портов.

В соответствии с типом поиска элемент может настраиваться на различные модификации, которые условно показаны на рис. 2.48. Следует обратить внимание на то, что возможно коммутировать информацию не только от входов к выходам, но и между любыми входами одной матрицы. Информация нулевого канала воспринимается самим элементом коммутации для поддержания синхронизма порта с внешними источниками и передается автоматически в другие нулевые каналы.

При современных скоростях элементная база порта может поддерживать тракт до 64 и более каналов, что по меньшей мере равно двойной потребности. Поэтому каждый порт имеет два входа и два выхода и называется «двухпортовый».

Одним из узких мест системы является центральная шина, по которой проходит коммутация от 16 портов. Для ее разгрузки применяется мультиплексирование, когда в один и тот же момент времени каждая группа шин используется для передачи в различные порты (рис. 2.49).

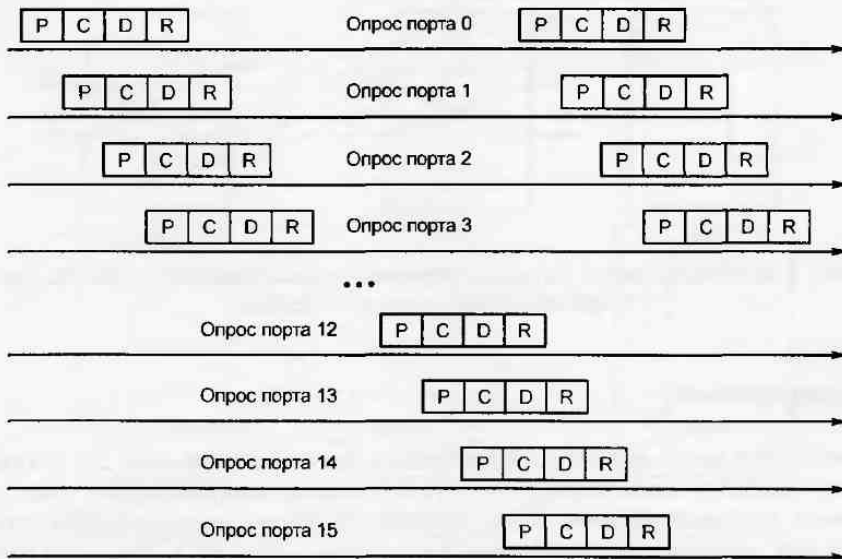


Рис. 2.49. Принцип уплотнения шин внутри коммутационной матрицы:
P — номер; C — номер канала; D — данные; R — обратная информация

Первым по шине передается адрес порта (P). Входная часть схемы расшифровывает его и открывает порт для принятия адреса канала. Порт остается открытым для принятия информации по следующей группе шин, а информация о порте может быть снята. В следующий момент эта информация передается по группе шин номера канала и одновременно по группе передается адрес порта. Далее процесс повторяется для других групп шин, как это показано на рис. 2.49. Это позволяет не занимать шину свыше одного цикла «чтение-запись».

Рассмотренный элемент в соответствии с форматом (поле «тип поиска», см. рис. 2.48, б) позволяет использовать его в трех модификациях. В отличие от ранее рассмотренных элементов все модификации создаются программным путем по значению в поле «тип поиска». Эти модификации показаны на рис. 2.50.

Первая модификация (рис. 2.50, а) позволяет коммутировать информацию от любого из 16 входов к любому из 16 выходов (любой канал Q к любому каналу P). Эта модификация в дальнейшем будет использоваться для построения группообразования на звене D .

Вторая модификация (рис. 2.50, б) разделяет порты на входные (номера $0...7$) и выходные (номера $8...15$). Коммутация производится в основном от входного порта к выходному, но возможна коммутация между входными (выходными) портами. Тип поиска — любой канал в портах $0...7$ или с любым портом $0...15$. Эта модификация в дальнейшем будет употребляться для построения группообразования на звеньях B и C .

Третья модификация (рис. 2.50, в) дает возможность осуществлять концентрацию. Она позволяет коммутировать 12 входных портов $0...11$ с 4-я выходными портами $12...15$ и наоборот. Тип поиска — любой канал с любым каналом в портах $0...11$. Также возможна коммутация между входными (выходными) портами. Эта модификация в дальнейшем будет использоваться для построения группообразования на звене A . Форматы команд управления приведены на рис. 2.48. Модификации матрицы показаны на рис. 2.50.

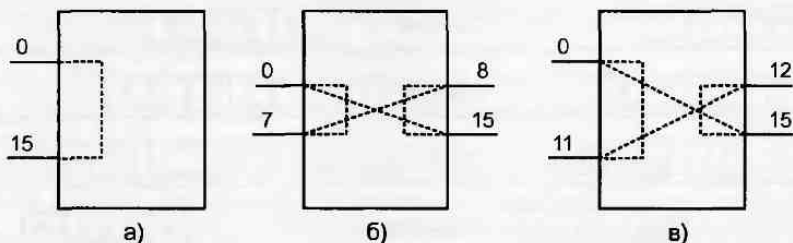


Рис. 2.50. Модификации матрицы пространственно-временной коммутации в зависимости от поля «тип поиска»

Группообразование

Как уже отмечалось в предыдущих разделах, коммутационные поля для станций большой емкости наиболее целесообразно строить с помощью многокаскадных схем. Рассмотрим варианты группообразования таких станций. Наиболее распространено применение каскадов на базе пространственно-временной коммутации. Однако в некоторых распространенных системах в качестве промежуточных ступеней для временных потоков используются только пространственные коммутаторы. Рассмотрим один из таких примеров (рис. 2.51) — коммутационное поле станции малой (средней) емкости со сжатием, выполненное по принципу «время–пространство–время» (В–П–В). На входе имеется 64 временных тракта. Число каналов тракта может быть разное, например, 32 канала. Тогда количество каналов на входе составляет 2048 (или 1024 дуплексных соединений). Если ввести еще одну ступень пространственной коммутации, то коммутируемую емкость можно увеличить в несколько раз.

В случае применения только пространственно-временной коммутации большой интерес представляет так называемое одностороннее группообразование, именуемое группообразованием «со звеном отражения» (рис. 2.52).

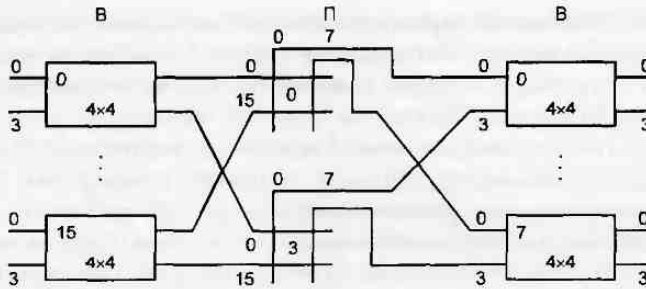


Рис. 2.51. Пример группообразования с применением временной и пространственной коммутации временных потоков на 64 групповых входных тракта и 32 выходных тракта

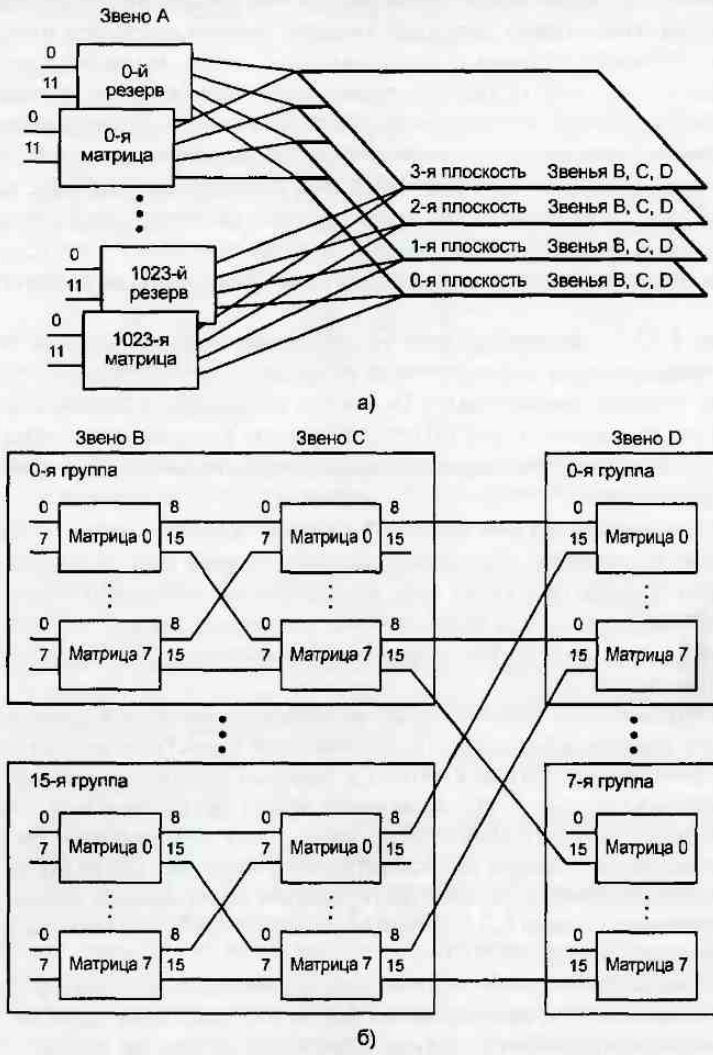


Рис. 2.52. Группообразование «со звеном отражения» (звено D):
 а) степень концентрации; б) степень смешивания

Этот тип группообразования характерен тем, что все источники нагрузки сосредоточены в одних и тех же матрицах. По сравнению с уже изучавшимися типами группообразования отсутствует сторона, в которую включаются только источники одного типа (например, абонентские комплекты, таксофоны и другие терминалы), а с другой стороны — только объекты канального типа (входящие и исходящие комплекты). В предыдущих системах это вызывало необходимость создания ступеней концентрации. В данном случае подключение источников с резко различающейся нагрузкой требует их первоначального распределения по различным матрицам первой ступени таким образом, чтобы средняя нагрузка на вход соответствовала заданному качеству обслуживания и определялась теоретическими расчетами телетрафика. Однако, как показано на рис. 2.52, а, в случае необходимости можно поставить ступень сжатия в виде матрицы 12×4 (звено А). Ступень сжатия также выполняет функции обеспечения надежности во многих конфигурациях станции. В данном случае она обеспечивает доступ от входных трактов к четырем плоскостям коммутационного поля. Этим обеспечивается четырехкратный резерв коммутационного поля (коммутационное поле — это один из блоков, существенно влияющих на надежность станции). Однако в большинстве случаев используется двукратный резерв (дублирование). В этом случае либо некоторые из выходов звена А остаются незадействованными, либо в каждую плоскость от ступени концентрации ведут две линии, что снижает максимальное количество входов. Но, как можно видеть из рисунка, число входов и так достигает большого значения.

Поскольку звено А выполняет функции обеспечения надежности, его устанавливают даже в тех случаях, когда нагрузка не требует сжатия, в этом случае используют не все входы этого звена.

Согласно рис. 2.52, б, плоскость имеет 16 групп (звенья В и С, группы от 0-й до 15-й). Каждая группа предназначена для включения 64 трактов. Это составляет 1024 тракта. При включении в них ступени концентрации (с учетом включения резервной ступени) общее число входов будет составлять $1024 \times 12/2 = 6192$ тракта. Каждый тракт содержит по 32 канала, что вполне достаточно для создания станций большой емкости (например, 65000 абонентов и 32000 каналов).

Первой матрице каждой группы (звено В) доступно 8 матриц звена С. Последнее звено D называют «звено отражения». Соединение на этой ступени, как бы «отражается», и установление соединения к другому входу идет в направлении противоположном первому этапу. Следует отметить, что если устанавливается соединение между портами в этой схеме группообразования, то до этой ступени проводится свободное искание, а после нее вынужденное искание (см. раздел 2.2.3).

Несмотря на потенциально большое число включаемых линий, это группообразование позволяет постепенно наращивать станцию от минимальной емкости до максимальной, что обеспечивается свойством коммутационных матриц, а также особенностями управления полем.

Как уже отмечено (см. рис. 2.50), соединение может осуществляться в пределах одной матрицы любого звена, поэтому любое звено может быть отражающим. На рис. 2.53 показан принцип наращивания станции на рассмотренных выше матрицах по мере увеличения емкости станции. Одновременно должно увеличиваться число команд поиска свободной линии. Это число нечетное и равно 1,3,5, и полная схема требует 7 команд (на рис. 2.53 она не показана, так как повторяет рис. 2.52).

Эти команды выдаются внешним источником, включенным во входы ступени А. Он определяет число команд путем сравнения исходящего и входящего адресов. Каждый вход в коммутационное поле может быть пронумерован. В состав номера входят:

- номер входа в звено А (11 входов требуют для кодировки 4 бита);
- номер выхода из звена В (8 выходов требуют для кодировки 3 бита);

- номер выхода из звена С (8 выходов требуют для кодировки 3 бита);
 - номер выхода из звена D (16 портов требуют для кодировки 4 бита).
- Всего для кодировки необходимо 14 битов.

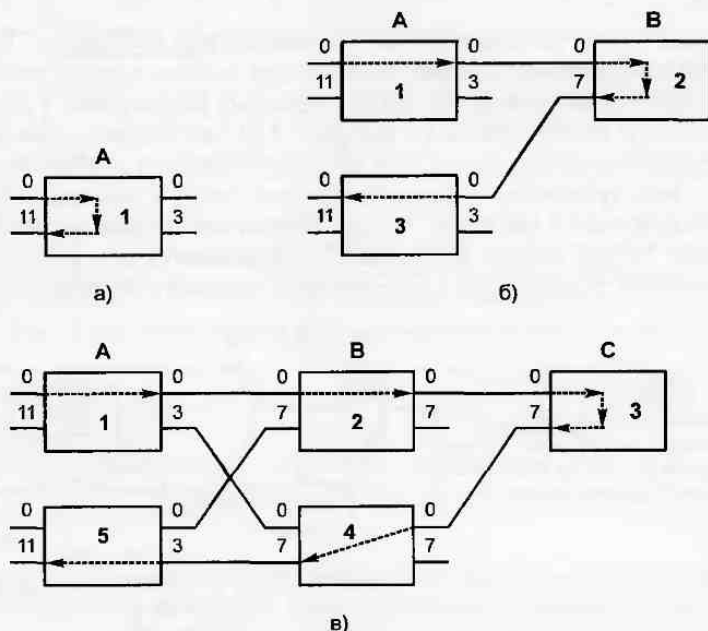


Рис. 2.53. Принцип наращивания емкости коммутационного поля и связь его с числом команд установления соединения

Количество необходимых команд определяется устройством модуля, который управляет соединением. Предположим, что надо установить соединение между исходящей точкой, включенной в порт с номером ABCD, и $A^1B^1C^1D^1$. Поразрядное сравнение этих номеров позволяет определить необходимое количество команд для установления соединения.

Если $A \neq A^1$, $B = B^1$, $C = C^1$ и $D = D^1$, то соединение устанавливается только в пределах звена A и надо передать одну команду (рис. 2.53, а).

Если $A \neq A^1$, $B \neq B^1$, $C = C^1$ и $D = D^1$, то соединение устанавливается в пределах звеньев A и B и передается 3 команды (рис. 2.53, б).

Если $A \neq A^1$, $B \neq B^1$, $C \neq C^1$ и $D = D^1$, то соединение устанавливается в пределах звеньев A, B и C и необходимо передать 5 команд (рис. 2.53, в).

Если $A \neq A^1$, $B \neq B^1$, $C \neq C^1$, $D \neq D^1$, то соединение устанавливается в пределах звеньев A, B, C и D, при этом необходимо передать 7 команд.

Такой принцип управления позволяет не менять алгоритм работы внешних модулей и поиска промежуточных путей в зависимости от состава и емкости станции.

Итак, рассмотрены основные принципа построения коммутационных полей.

Знакомство с ними позволяет рассматривать и создавать другие типы. На основе рассмотренных типов полей строятся коммутационные системы, которым будет посвящена следующая глава.

2.5. Структуры коммутационных систем и принципы установления соединения

2.5.1. Координатная АТС

Ниже рассмотрим только установление внутрисканционных соединений. Приводимое описание относится к системе коммутации АТС-КУ. Это система с регистровым управлением, основные компоненты которой (ИШК, ВШК, маркеры) рассмотрены в разделе 2.3.1. Подробно их схемы будут рассматриваться в разделе 2.8. В настоящем разделе рассматриваются связи внутри станции средней емкости, для внутрисканционного соединения которой нужна только одна ступень группового искания, в качестве которой выбрана ступень III ГИ. Соединение устанавливается в два этапа: сначала абонентский терминал соединяется с регистром, затем после набора номера соединение устанавливается под управлением регистра. На рис. 2.54 показано соединение с регистром при получении абонентского вызова.

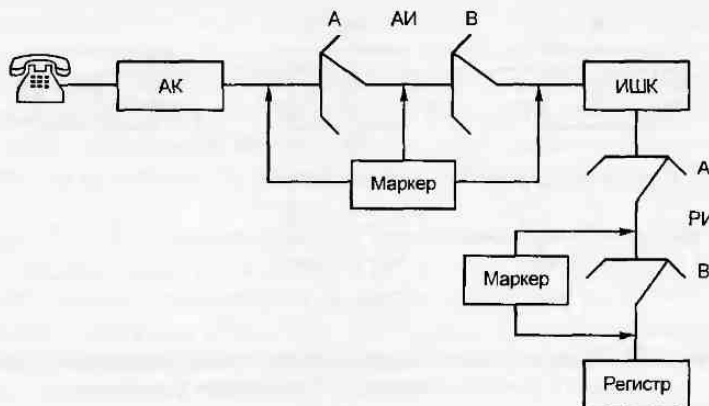


Рис. 2.54. Вызов абонентом станции

При вызове абонентом станции в абонентском комплекте срабатывает реле, передавая сигнал «занятие» в управляющее устройство станции (в координатной системе оно называется «маркер»).

Маркер определяет номер абонентской линии в данной сотне и отмечает все пути, доступные данной линии. Выбирается свободный исходящий шнуровой комплект (ИШК), после чего в блоке АВ устанавливается соединение с ИШК. Маркер освобождается. Соединение удерживается из комплекта, который занимает вход ступени регистрового искания (РИ). Маркер этой ступени определяет вход, по которому поступил вызов, и отмечает все свободные пути, доступные этому входу. Пробное устройство маркера выбирает свободный регистр. В блоке РИ устанавливается соединение ИШК с регистром. Из регистра в аппарат вызывающего абонента посылается акустический сигнал «ответ станции».

Процессы обработки вызова имеют некоторые незначительные особенности при занятии станции другими типами абонентских линий: таксофонами, подстанциями малой емкости, спаренными телефонными аппаратами, уплотненными абонентскими линиями.

После соединения с регистром абонент набирает номер, который фиксируется в регистре. Дальнейшее установление соединения иллюстрируется рис. 2.55.

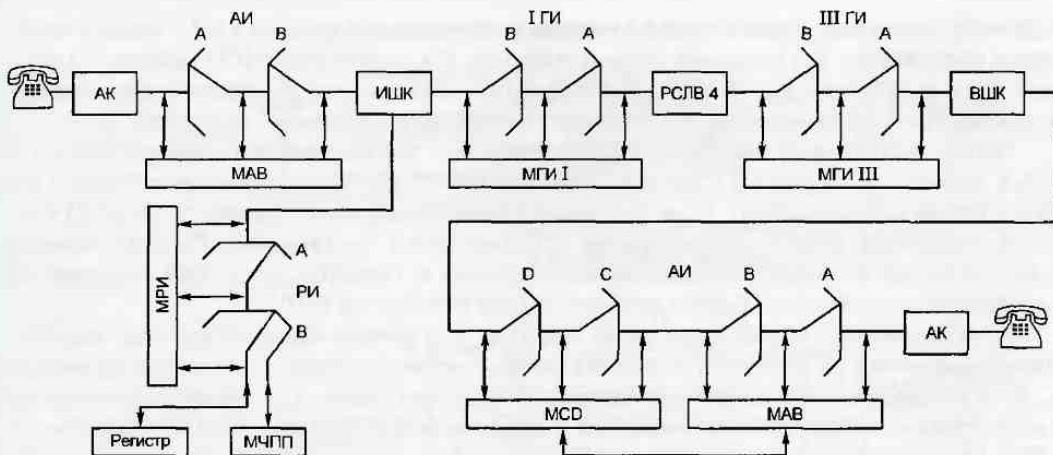


Рис. 2.55. Установление внутрисканционного соединения:

- | | |
|---|---|
| АИ — ступень абонентского искания; | МГИ I — маркер ступени I ГИ; |
| МAB — маркер звеньев А и В; | МГИ III — маркер ступени III ГИ; |
| МСД — маркер звеньев С и D; | РР — ступень регистровой искания; |
| АК — абонентский комплект; | МРР — маркер регистровой ступени искания; |
| ВШК — входящий шнуровой комплект; | ИШК — исходящий шнуровой комплект; |
| МЧПП — многочастотный приемопередатчик; | РСЛВ — реле соединительных линий входящее |
| ГИ — ступень группового искания; | |

После набора номера регистр занимает многочастотный приемопередатчик (МЧПП), состоящий из многочастотного генератора, адресно-кодowego устройства, передатчика и кодowego приемника. Он дает сигнал ИШК на занятие входа групповой ступени искания. Маркер ГИ определяет вход, по которому поступил сигнал «занятие», и подключает к нему кодовой приемопередатчик ступени ГИ, после чего обмен сигналами проходит по разговорным проводам частотным кодом. Следует напомнить, что ступень РР содержит 6 проводов: три из них используются для связи ИШК с абонентской стороной и три — с групповой стороной.

Из маркера в сторону регистра посылается сигнал «передать частотным способом первую цифру». Из МЧПП в сторону маркера по разговорным проводам, но уже в прямом направлении, передается первая цифра номера.

В зависимости от принятой на сети нумерации внутрисканционное направление на ступени I ГИ может быть определено по одной, двум или трем первым цифрам номера. Если первой цифры недостаточно для установления соединения, маркер передает в регистр сигнал «передать следующую цифру частотным способом». Когда информация будет полностью накоплена, маркер ступени ГИ выбирает свободную линию в требуемом направлении и устанавливает соединение ИШК с внутрисканционным комплектом РСЛВ 4 (реле соединительных линий внутрисканционные, 4 провода). Этот комплект занимает вход ступени III ГИ. Маркер I ГИ освобождается, а соединение удерживается ИШК.

Маркер ступени III ГИ запрашивает следующую цифру номера вызываемого абонента и устанавливает соединение занятого входа с входящим шнуровым комплектом (ВШК). Последний жестко связан с входом блока CD, обслуживающим 1000-линейную группу ступени АИ (см. группообразование ступени АИ на рис. 2.29). При поступлении вызова он занимает вход блока CD.

Маркер блока CD (МСД) многочастотным способом принимает и фиксирует последние три цифры номера вызываемого абонента. Он имеет связь по внутрисканционными проводам

с десятью маркерами блока АВ (МAB) ступени абонентского искания (АИ), каждый из которых обслуживает 100-линейный абонентский блок. По цифре сотен MCD выбирает требуемый МAB и линейным кодом по двадцати проводам передает ему последние цифры номера. Затем MCD и МAB совместно устанавливают соединение к требуемому абоненту.

Проба состояния входящей абонентской линии производится маркером блока CD через звенья С, В, А (порядок прохождения соединения при входящей связи обратный порядку при исходящей связи). Если вызываемая абонентская линия занята, то из MCD в регистр передается сигнал «разъединение установленного соединения». Регистр передает в маркер сигнал «подтверждение о получении сигнала из маркера», после чего нарушает установленное соединение. Абонент получает сигнал «занято» из ИШК.

Если вызываемая абонентская линия свободна, то в регистр передается сигнал «окончание установления соединения», и дополнительно к установленному соединению на звеньях С, В, А устанавливается соединение на звене D. Маркеры блоков С, В, А и абонентский регистр освобождаются. ИШК переводится в предответное состояние. Соединение в блоках CD и АВ удерживается комплектом ВШК. Он же обеспечивает посылку индукторного вызова в аппарат вызываемого абонента. После ответа вызываемого абонента устанавливается разговорное состояние шнуровых комплектов.

Электропитание микрофона вызывающего абонента осуществляется из схемы ИШК, а вызываемого — из ВШК.

Установление входящих и исходящих соединений к АТС и АМТС (автоматическая междугородняя телефонная станция) различного типа, к узлам спецслужб и др. можно рассмотреть самостоятельно, изучив раздел «Сигнализация», который следует далее.

2.5.2. Установление соединений в полностью распределенных электронных системах коммутации

В предыдущем разделе была рассмотрена структурная схема и внутривыделенное соединение в системе, где коммутация и управление распределены по ступеням.

Теперь рассмотрим еще одну распределенную систему, где обслуживающее оборудование и функции распределены по модулям [74]. Каждый из модулей имеет ограниченную емкость и выполняет определенные функции. Это позволяет иметь систему, гибко адаптирующуюся как по емкости, так и по функциям.

В основе такой системы лежит понятие «модуль». Главное свойство модуля — он позволяет громадное разнообразие внешних терминалов и протоколов привести к единому виду, принятому для передачи и обработки в данной коммутационной системе. Происходит согласование одновременно двух потоков — информационного и сигнализации (протоколов обмена).

Информационный поток подразумевает переход от различного типа трактов (цифровых асинхронных и синхронных, аналоговых и других) к одному типу, используемому внутри системы (в настоящее время это синхронный цифровой тракт).

Поток сигнализации приводит многочисленные системы сигнализации (например, аналоговую или сигнализацию DSS, рассмотренную в первом разделе) к единому виду (в настоящее время это подобно отдельному каналу сигнализации, который будет рассмотрен в дальнейшем). Стандартный вид модуля представлен на рис. 2.56.

Модуль содержит две части — терминальную, управляющую. Задача терминальной части — взаимодействие с внешними источниками заданного типа и преобразование информационного потока к внутривыделенному виду. Терминальная часть выделяет (или устанавливает в обратном направлении) сигналы управления и взаимодействия от/к внешнего источника и передает их в управляющую часть терминала.

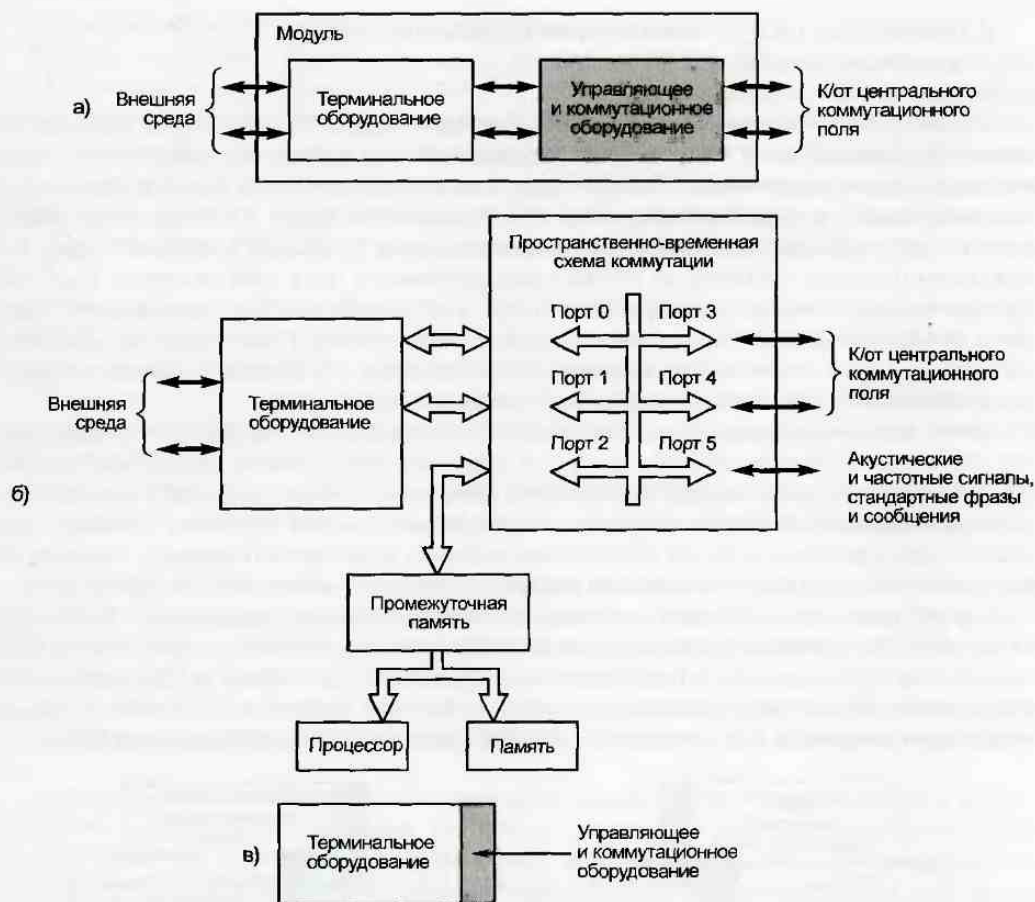


Рис. 2.56. Принцип построения модуля:

а) общий вид; б) состав управляющих и коммутационных устройств; в) условное обозначение

Управляющая часть терминала содержит универсальный компьютер с ресурсами, достаточными для обработки задач, поступающих от источников, подключенных к данному модулю.

Программное обеспечение этого компьютера можно разделить на две части:

- обработка задач от внешних источников;
- взаимодействие с другими модулями системы и выполнение общестанционных и общесистемных задач.

Состав и объем этого обеспечения имеет фиксированную часть для обслуживания источников и стандартного взаимодействия. В зависимости от емкости и задач, выполняемых системой, резервные ресурсы могут быть заняты общегрупповыми или общесистемными задачами.

В больших станциях для решения задач, не связанных с конкретными источниками, могут быть выделены групповые (например, модуль абонентских услуг для группы аналоговых абонентских модулей) или общесистемные модули (например, задача маршрутизации). Поскольку такие задачи не связаны с обработкой сигналов физического интерфейса, они содержат только управляющую часть.

В управляющем оборудовании содержатся два компонента:

- коммутационное поле;
- управляющее устройство.

На рис. 2.56, б показаны основные составляющие модуля. На рис. 2.56, в показано условное обозначение этого модуля. Часть, закрашенная серым цветом, соответствует управляющему и коммутационному оборудованию. Коммутационное поле модуля коммутирует информационные потоки к центральному коммутационному полю, а управляющую информацию — к процессору. Для обеспечения синхронизации процессор подключен через промежуточную память к одному из портов коммутационного поля. Это позволяет ему непосредственно подключаться к центральному полю и передавать необходимые сигналы управления в сторону внешних источников. Кроме того, при наличии специальной операционной системы он может иметь доступ к памяти другого модуля, что создает большие программные возможности и увеличивает возможность наращивания ресурсов.

Число информационных портов составляет два (как в сторону терминального оборудования, так и в сторону центрального поля), что повышает необходимую надежность системы. Еще один порт используется для подключения цифровых сигналов, которые в модуле могут быть преобразованы в стандартные акустические сигналы («ответ станции», «занято»), «контроль послышки вызова»), а также для передачи звуковых объявлений (например, «абонент выключен из обслуживания») или стандартных фраз, записанных абонентом (см. раздел 2.11).

Структурная схема станции с полностью распределенным управлением изображена на рис. 2.57, где приведен один из возможных вариантов компоновки станции. Набор модулей позволяет реализовать внутростанционное соединение. На рисунке не показаны модули вызывных сигналов, технического обслуживания, которые являются обязательной принадлежностью станции и в том или ином количестве присутствуют в любой комплектации.

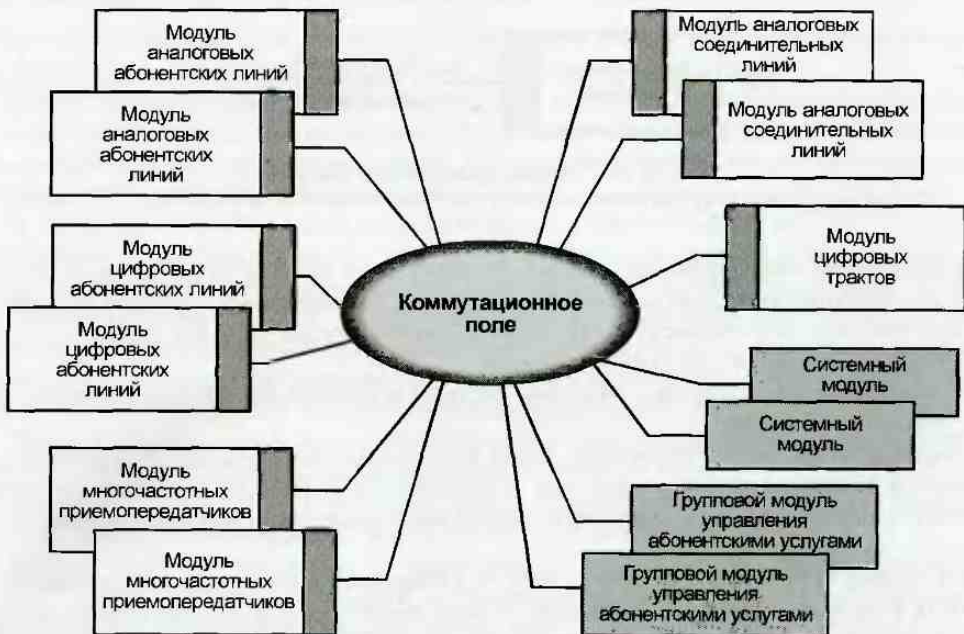


Рис. 2.57. Упрощенная структура станции с полностью распределенным управлением (S-12)

Рассмотрим функции изображенных на рисунке модулей.

Модуль аналоговых абонентских линий предназначен для взаимодействия с данным типом линии, получает и преобразует сигналы «абонент снял трубку», «абонент положил трубку». Осуществляет передачу в сторону абонента акустических сигналов «ответ станции», «посылка вызова», «контроль посылки вызова», «занято» и др. Все они, кроме сигнала «посылка вызова», подключаются ко входу модуля. Сигнал «посылка вызова» из-за относительно высокого напряжения (см. раздел 1.1.2) коммутируется в абонентском модуле. Туда же подключаются некоторые цепи, контролирующие параметры абонентского шлейфа.

Модуль цифровых абонентских линий. Этот тип модуля предназначен для работы с цифровыми абонентскими линиями, рассмотренными в разделе 1.3. Он также обеспечивает обмен сигналами при инсталляции цифровых линий и их обслуживании.

Модуль аналоговых соединительных линий предназначен для обеспечения работы с существующими станциями, которые передают информацию в аналоговой форме. Он будет рассмотрен в разделе 2.6.

Модуль цифровых трактов обеспечивает работу с цифровыми трактами. Наиболее распространенными являются комплекты для работы с системами импульсно-кодовой модуляции.

Модуль многочастотных приемопередатчиков применяется при внутрисканционной связи для принятия сигналов набора номера от частотного номеронабирателя. При входящей и исходящей связи он обеспечивает передачу управляющих сигналов к станциям координатной системы (например, АТС–КУ).

Далее идет группа модулей, не содержащих терминальной части. Это процессоры, обеспечивающие выполнение определенных задач. На рисунке они окрашены серым цветом.

Групповые модули управления абонентскими услугами управляют основными и дополнительными видами услуг. Например, проверяют возможность абонента пользоваться «исходящей связью» (в случае, если он принадлежит абонентской группе), принимать передиспетрированный вызов и т.д. В станциях малой емкости эти модули не используются, а их функции распределяются по другим модулям.

Системный модуль следит за наличием ресурсов в системе (например, при наличии нескольких модулей многочастотных приемопередатчиков собирает сведения о наличии в них свободного приемопередатчика). Он выполняет системные задачи, например, выбора направления и маршрута, тарификации.

Рассмотрим алгоритм работы этой системы при установлении внутрисканционного соединения (рис. 2.58).

1. Модуль аналоговых абонентских линий определяет, что абонент А снял телефонную трубку (замкнулся шлейф абонентской линии), и посылает команды установления соединения модулям управления абонентскими услугами. Это необходимо для проверки возможных дополнительных видов обслуживания. После установления соединения посылается номер вызывающего абонента.

2. Модуль управления абонентскими услугами на основе полученной информации и абонентских данных, накопленных в его памяти, определяет, что абонент имеет аппарат с многочастотным набором и обращается к коммутационному полю с командами для установления соединения с системным модулем. Это необходимо для определения одного из модулей, в котором имеется свободный приемник многочастотного набора. Затем модуль передает ему запрос для установления соединения с модулем аналоговой абонентской линии (номер вызывающего абонента).

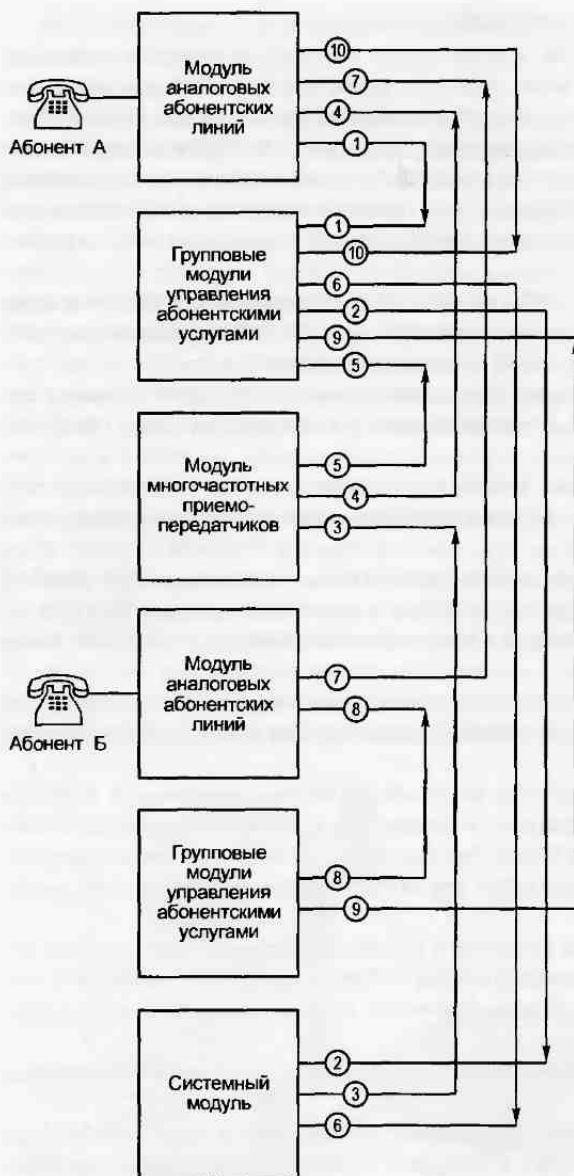


Рис. 2.58. Пример установления соединения в полностью децентрализованной системе коммутации

9. Модули абонентских услуг устанавливают между собой соединение и в дальнейшем совместно управляют этапами «посылка вызова», «ответ абонента» и т.д. После ответа абонента Б все соединения со служебными модулями разрушаются и остаются соединения между абонентскими модулями.

10. После отбоя абонента (в данном случае А) устанавливается соединение с модулем управления абонентскими услугами, и это порождает межмодульный обмен для процесса «отбой».

3. После получения необходимых сведений системный модуль осуществляет выбор одного из модулей многочастотных приемопередатчиков, передает команды на соединение с выбранным модулем многочастотных приемопередатчиков и передает в управляющее устройство этого модуля номер исходящего абонента и запрос на поиск путей между ними.

4. Модуль многочастотных приемопередатчиков устанавливает путь к модулю аналоговых абонентских линий и по информационному каналу передает акустический сигнал «ответ станции».

5. После набора первой цифры отключается сигнал «ответ станции» и происходит соединение многочастотного модуля с модулем управления абонентскими услугами, после набора всех цифр в подсоединенный модуль передается информация о набранном номере (это также необходимо для дальнейшего управления дополнительными видами обслуживания).

6. По набранному номеру модуль управления абонентскими услугами обращается к системному модулю, который определяет направление (в данном случае внутрисканционное).

7. После определения направления системный модуль передает его номер модулю аналоговых абонентских линий (через модуль управления абонентскими услугами), и устанавливается соединение 7 между модулями абонентских линий А и Б.

8. Модуль группы Б устанавливает соединение со своим модулем управления абонентскими услугами для осуществления дополнительных видов обслуживания (переадресация вызова).

2.5.3. Краткий обзор некоторых дополнительных видов обслуживания

В предыдущем разделе были рассмотрены только процессы установления внутрисканционных соединений. Изучив основные этапы этого типа соединений, можно представить себе и другие типы соединений. Некоторые из них будут рассмотрены далее, после изучения разделов, посвященных сигнализации. Ниже приведем только краткое описание дополнительных видов обслуживания.

Услуги набора номера

Соединение без набора. В определенных случаях соединение может устанавливаться сразу же после подъема абонентом трубки. Для этого используется самостоятельно введенный номер или (что гораздо чаще) номер, введенный оператором.

Такая услуга означает, что в любое время или по заранее заданному расписанию в определенные промежутки времени после подъема трубки устанавливается постоянный канал между портами данной АТС, либо между портом данной станции и портом другой станции. Как вариант возможно установление полупостоянного соединения (т.е. устанавливаемого по расписанию на длительный срок).

Сокращенный или именной набор. Эта услуга позволяет вызывать других абонентов путем набора постоянного кода, набора букв имени или вызовом из справочника.

Услуги переадресации

В данном случае вызов переадресуется к другому абоненту, либо на пульт оператора, либо к механическим голосам (стандартным или записанным абонентом). Эта услуга устанавливается оператором либо абонентом. Имеются следующие варианты этой услуги:

- безусловная переадресация или перевод вызова в любых случаях;
- переадресация по занятости входящего абонента;
- переадресация по неответу в течение определенного промежутка времени;
- ограничение услуги переадресации; абонент имеет право запретить переадресацию на свой номер;
- перевод вызова во время соединения; услуга позволяет абоненту устанавливать соединение между вызывающим и третьим абонентом, либо между двумя вызванными абонентами.

Услуги ожидания

Услуга устанавливается либо оператором, либо абонентом. Во время разговора абонент (входящий для второго вызова) получает предупреждающий сигнал и переводит другого в режим ожидания (кратковременным отбоем или набором 1). По окончании разговора он может вернуться к предыдущему соединению. Вариантом является *наведение справки во время разговора*, когда один из двух абонентов может установить соединение с третьим, переводя предыдущего в режим ожидания.

Продолжение соединения после освобождения предыдущего (установка в очередь). Эта услуга позволяет вызывающему абоненту (абонент Б) положить трубку. После освобождения вызываемой линии устанавливается обратное соединение. Если услуга предусматривает установление очереди, то учитывается приоритет входящего вызова и изменяется положение в очереди.

Услуги многосторонней связи

Трехсторонняя конференцсвязь. В этом случае абонент может подключить к разговору третьего участника.

Конференцсвязь с неограниченным числом абонентов. Предусматривается проведение совещаний с односторонней связью или диалогом всех или части участников, циркулярный вызов по списку, добавление и удаление участников.

Встречная конференцсвязь. При этом вызываемый абонент добавляет число участников (возможна иерархическая конференцсвязь).

Административные услуги

Определение номера вызывающего абонента. Эта услуга позволяет по запросу оператора или оборудования определить номер вызывающего абонента. Запрос от абонента о поступлении злонамеренного вызова делается набором 1, или нажатием рычажного переключателя, или с помощью специального кода регистрации (процедура стандартизирована международными организациями).

При внутреннем вызове операторы получают распечатку с указанием номеров обеих сторон, времени суток и даты. При установке на контроль право на отбой закрепляется за вызванным абонентом. В случае внешних злонамеренных вызовов действия и информация зависят от межстанционной сигнализации.

Запрет связи. Администрация может установить для отдельного абонента запрет на выход в некоторые направления. Имеются следующие разновидности запретов:

- полный запрет исходящей связи;
- связь только по паролю;
- перевод исходящей или входящей связи к оператору;
- запрет входящей связи на переадресацию номеров.

Вмешательство. В сетях РФ оператор междугородной или некоторых других служб может вмешаться в установленное соединение. Например, при междугородном соединении абонент получает предупредительный сигнал, после чего оператор междугородной связи извещает его о поступлении входящего вызова. Если абонент согласен принять вызов, он кладет трубку и первоначальное соединение разъединяется в пользу нового абонента. Некоторые соединения могут иметь защиту против подключения с внешней стороны. Это определяется либо по составу участников, либо по типу соединения (например, при передаче по линии данных).

Другие услуги

Будильник. Абонент может установить время, когда на его аппарат будет выдан сигнал «посылка вызова».

Обратный вызов с проверкой абонентской линии. Абонент может проверить свою линию и, набрав код доступа, повесить трубку. После проверки параметров линии ему поступит сигнал «посылка вызова».

Пароль. Оператором может быть установлен пароль, по которому абонент может пользоваться определенными услугами.

Обслуживание по приоритетам. Каждому абоненту присваивается приоритет (например, от 0 до 3). В зависимости от приоритета участвующих в соединении абонентов вступают в действие ограничения по внутростанционной, местной или междугородной связи.

Услуги службы ЦЕНТРЕКС

Такая служба имитирует для заданной группы абонентов учрежденческую АТС с сокращенным набором услуг внутри учреждения и специфическими услугами для учреждения [39]:

- переадресация вызова при неответе или занятости абонента для перенаправления оператору;

- исходящие и входящие междугородные и международные вызовы через оператора в случае ограничения абонентов или контроля над расходами;
- вызовы с помощью оператора с заказанным или предложенным ожиданием;
- управление с помощью оператора отдельными типами нагрузки;
- централизованные ответы при входящей связи;
- вызов оператора во время соединения;
- поиск абонента оператором;
- постановка в очередь на канал (местная, междугородная связь).

Служба обеспечивает услуги перехвата при:

- исходящей и входящей связи;
- несуществующем номере;
- неисправной линии;
- ограничении доступа для входящей связи;
- ограничении доступа по исходящей связи.

Услуги абонентов ISDN были рассмотрены в разделе 1, а услуги интеллектуальной сети будут рассмотрены в разделе 3. В настоящее время развиваются услуги, связанные с передачей подвижного изображения.

2.6. Управляющие устройства и абонентские комплекты

2.6.1. Абонентский комплект координатной станции

Абонентский комплект АТСК-У выполняет следующие действия:

- принимает вызов абонента (подъем трубки) и занимает управляющее устройство;
- отключает сигнал занятия от управляющего устройства и линейное реле от разговорного тракта после срабатывания коммутационного поля;
- передает в сторону вызывающего абонента акустический сигнал «занято» при любом действии, вызывающем отключение комплекта от коммутационного поля (например, неустановление соединения по технической причине или из-за занятости вызываемого абонента).

Принципиальная схема комплекта приводится на рис. 2.59.

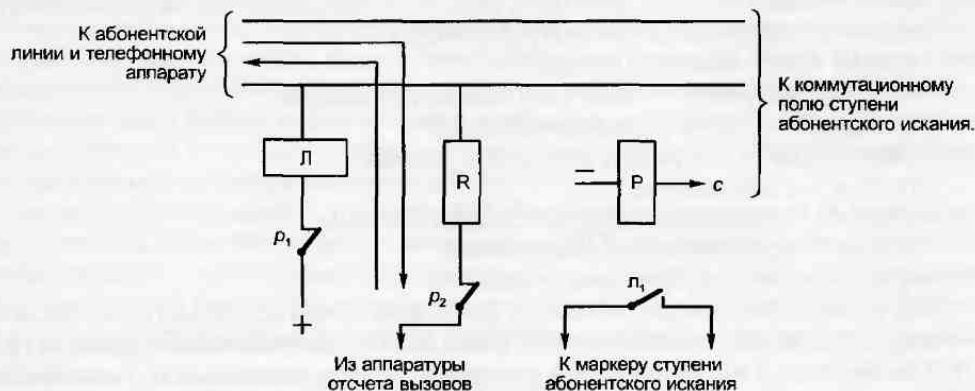


Рис. 2.59. Абонентский комплект АТСК-У

Абонентский комплект включает:

- *линейное реле* (Л), работает при подъеме абонентом телефонной трубки и передает в управляющее устройство станции (в координатных АТС — маркер) сигнал «занятие»;
- *разделительное реле* (Р), отключает сигнал «занятие» на время разговора.

На этом рисунке реле обозначены большими буквами, а принадлежащие им контакты — маленькими с номерами контактов. Напомним, что при рассмотрении телефонных схем существует общепринятое соглашение, что на схеме контакты изображаются в исходном положении, т.е. в момент времени, когда в обмотке реле отсутствует ток. Термины «срабатывание реле» или «реле работает» означают, что в обмотку реле поступает ток, и контакты меняют свое состояние на противоположное.

Рассмотрим функционирование АК.

Установление исходящего соединения. При снятии вызывающим абонентом телефонной трубки замыкается цепь линейного реле. Рабочими контактами реле Л ($Л_1$) посылается сигнал «занятие» управляющего устройства координатной АТС ступени АИ. После установления соединения срабатывает реле Р, получая положительный потенциал по проводу *c* из исходящего шнурового комплекта (ИШК) (см. раздел 2.5.1).

Во время разговора в работе находится реле Р. Комплект АК освобождается и переходит в исходное состояние:

- а) если первым дает отбой вызывающий абонент, то в ИШК размыкается провод *c*, после чего отпускает реле Р; во время разговора в работе находится реле Р;
- б) если первым дает отбой вызываемый абонент, то вызывающий получает зуммерный сигнал «занято» из входящего шнурового комплекта, пока вызывающий абонент не даст отбой, после чего отпускает реле Р.

Установление входящего соединения. При установлении входящего соединения на провод *c* из входящего шнурового комплекта подключается плюс батареи, в АК срабатывает реле Р и комплект переходит в разговорное состояние. Освобождение комплекта такое же, как и при исходящем соединении. В координатной АТС имеются варианты комплектов для работы с таксофонами и спаренными абонентскими аппаратами.

2.6.2. Комплект аналоговой абонентской линии электронной станции

В настоящее время схемы абонентских комплектов в электронных АТС во многом унифицированы и выполняются на микросэлектронных элементах (кроме релейных и трансформаторных цепей). Полный перечень функций к комплекту, выполненному на основе электронных схем, принято обозначать аббревиатурой **BORSCHT**:

- В — (Battery feed) — электропитание;
- О — (Overload protection) — защита от опасных напряжений;
- Р — (Ringing) — посылка вызывных сигналов;
- С — (Supervision) — контроль за состоянием шлейфа;
- С — (Coding) — кодирование;
- Н — (Hybrid) — реализация дифференциальной системы;
- Т — Testing — испытание абонентских линий.

Схема такого комплекта приведена на рис. 2.60.

Электропитание терминала (например, микрофона и логической части) осуществляется от стационарной батареи номиналом 60 В с заземленным положительным полюсом (*функция В*). Максимальный ток в этой цепи ограничивается сопротивлениями *R*, установленным симметрично в проводах *a* и *b*. Эти же сопротивления служат для контроля состояния шлейфа (*функция С*).

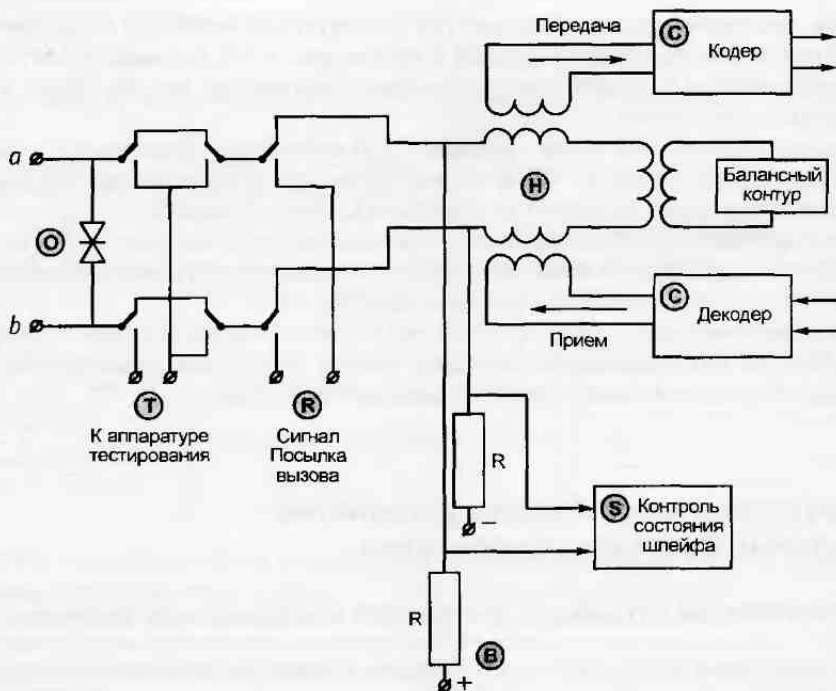


Рис. 2.60. Абонентский аналоговый комплект электронной АТС

Защита от опасных напряжений (O) выполняется в двух точках абонентского шлейфа. Одна — в кроссе станции, другая — в абонентском комплекте. Первая защищает от кратковременных перенапряжений (например, от напряжения молнии, попадающего на линию). Поэтому устройства защиты в кроссе получили название «грозозащитники». Они работают «на пробой», т.е. под влиянием перенапряжения замыкают накоротку вход станции и при исчезновении импульса снова восстанавливают нормальную цепь.

В абонентском комплекте защита работает по принципу предохранителя, т.е. при увеличении тока или напряжения защитная вставка «перегорает» и обрывает абонентский шлейф. В электронных станциях одна из сложных проблем защиты заключается в том, что быстрдействие защитных устройств должно быть больше, чем основных цепей. Иными словами, защита должна сработать раньше, чем нарушится работа основных цепей. В связи с этим на характеристики работы защитных цепей налагаются высокие требования. Оговаривается время реакции на импульсы с очень жесткими требованиями на длительность передних фронтов и время блокировки основных цепей.

Функция *посылки вызывных сигналов (R)* обеспечивает передачу сигнала посылки вызова. Величина напряжения этого сигнала равна 90 В. Параметры этого сигнала и возможные варианты его реализации рассматривались в разделе 1. Наиболее распространен в настоящее время сигнал переменного тока частотой 25 Гц. Для предохранения контактов реле отключение и включение реле синхронизируется с моментами, когда сигнал равен нулю.

Кодирование и декодирование (функция C). Она реализуется с помощью кодера и декодера, выполненных в виде одного устройства (кодека).

Функция дифференциальной системы (Н) реализуется с помощью трансформаторных схем. Принцип ее работы описан в разделе 1.3.1 (см. рис. 1.44). Балансный контур, построенный на резисторах и конденсаторах, может быть программно регулируемым и настраиваться на конкретную линию.

Испытание абонентских линий (функция Т). Подключение абонентской линии к контрольной точке осуществляется с помощью контактов реле. Они позволяют подключить испытательную аппаратуру к абонентской линии или в сторону станции.

Тестовая аппаратура (общая на группу или на станцию) позволяет производить контроль параметров абонентской линии или проводить испытание станции с абонентской стороны, подключать автоабонента, имитировать нагрузку и т.п.

Абонентский комплект — одно из наиболее массовых устройств станции, поэтому проводятся работы по его микроминиатюризации. Наборы микросхем, реализующих функции АК, называют сокращенно SLIC (Subscriber Line Interface Circuit).

2.7. Структура управляющего устройства и алгоритмическое обеспечение

2.7.1. Управляющие устройства в станциях координатной системы

Координатная система была первой, где устройство управления было отделено от управляемого прибора. В этом смысле управляющее устройство в координатных АТС, названное маркером, было первой вычислительной управляющей машиной, используемой в телефонных станциях. Многие решения в дальнейшем были перенесены в программное обеспечение, а многие до сих пор представляют неоценимый опыт, извлеченный из многолетней эксплуатации во всем мире. Ниже рассматриваются управляющие устройства ступеней абонентского и группового искания. Ступень регистрового искания построена по тем же принципам.

Первое устройство — это маркер ступени АИ (рис. 2.61). Рассмотрим функции некоторых блоков. Эти функции имеют универсальный характер и, несмотря на присутствие других технологий, остаются обязательными для любой системы коммутации (и даже любой информационной системы).

Определитель абонентских линий (ОАЛ). Это одна из конкретных реализаций функции выбора «один из n ». Эта функция необходима всегда, когда управляющее устройство или программа обслуживает группу источников вызова. При этом может возникнуть ситуация, когда поступает несколько заявок на обслуживание (например, одновременно несколько абонентов сняли трубку). В этом случае по определенному критерию должна быть выбрана одна, которая будет обслуживаться, а остальные устанавливаются на ожидание (гораздо реже другим дается отказ в обслуживании). Аналогичные функции выполняет *определитель входящих линий маркера СД*.

Распределитель перемены очередности (РПО). Принципы предоставления возможности обслуживания могут быть различными. Из распространенных принципов известны следующие:

- а) постоянный приоритет, начиная с первого источника в сторону увеличения номера;
- б) постоянный приоритет, начиная с последнего источника в сторону уменьшения номера;
- в) переменное искание с увеличением (циклическим) приоритета на единицу после каждого занятия;
- г) переменное искание с увеличением (циклическим) приоритета после каждого занятия на случайное число.

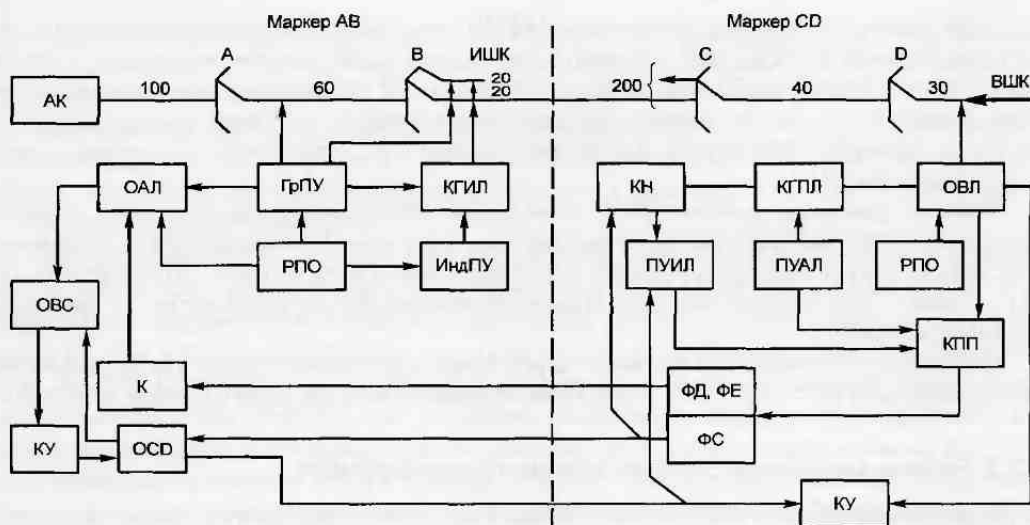


Рис. 2.61. Структурная схема управляющих устройств (маркеров) АВ и CD ступени АИ:

ОАЛ — определитель абонентских линий;
 ОВС — определитель вида сообщения;
 РПО — распределитель перемены очередности;
 ГрПУ — групповое подключающее (пробное) устройство;
 КГИЛ — коммутатор групп исходящих линий;
 ИндПУ — индивидуальное подключающее (пробное) устройство;
 КПП — кодовый приемопередатчик;
 ФД, ФЕ — фиксатор десятков и единиц;
 ФС — фиксатор сотни;

КН — коммутатор направлений;
 ОВД — определитель блока CD;
 ОВЛ — определитель входящих линий;
 КГПЛ — коммутатор групп промежуточных линий;
 ПУИЛ — подключающее устройство исходящих линий;
 ПУАЛ — подключающее устройство абонентских линий;
 КУ — контрольное устройство;
 К — коммутатор сигнального тракта между маркерами МАВ и МСD

Постоянный приоритет применяется в малоответственных системах или в непрофессиональных разработках. Его недостаток — в случае нормальной нагрузки выход из строя прибора с приоритетом может заблокировать остальные. В случае необнаруженного повреждения возможно предоставление одного и того же неисправного прибора при наличии качественных аналогичных приборов. Постоянный приоритет порождает неравномерное распределение нагрузки, что при применении механических приборов приводит к их износу.

В координатной системе распределитель приоритета изменяет его на +1 после каждого занятия (вариант б). Часто это делается по группам. Например, в определителе абонентских линий предоставляется сначала приоритет в соответствии с номером десятков, а внутри десятков — по номеру единиц.

Групповое подключающее (пробное) устройство (ГрПУ). Его функции являются также принципиальными для устройств любой коммутационной системы. Как следует из предыдущих разделов, многозвенное коммутационное поле обеспечивает много вариантов при установлении соединения множества промежуточных путей. Первая задача состоит в том, чтобы выделить из них только те, которые доступны крайним точкам (или группам точек). Далее из них выделяются свободные линии и выходы. Впервые принципы поиска в многозвенных коммутационных полях были внедрены в координатной системе и названы *обусловленным искажением*. В дальнейших разделах изложено, как эти принципы реализуются в системах с программным управлением. Аналогичные функции выполняет *коммутатор групп промежуточных линий (КГПЛ) маркера CD*.

Коммутатор группы исходящих линий (КГИЛ) и индивидуальное подключающее (пробное) устройство (ИндПУ). Эти устройства применяются при групповом поиске, т.е. когда ищется группа и затем свободный прибор этой группы. КГИЛ выделяет все свободные приборы, а индивидуальное подключающее (пробное) устройство выбирает одно из них. Аналогичные функции выполняют блоки *подключающего устройства исходящих линий (ПУИЛ) маркера CD.*

Кодовый приемопередатчик (КПП). Блок предназначен для обмена сигналами управления и взаимодействия, которые будут рассмотрены в разделе «Сигнализация». В координатной системе принята передача сигналов с помощью двух частот из пяти. Этот способ получил название «многочастотный код». Передача информации осуществляется по принципу «из конца в конец».

Остальные блоки маркеров основаны на решениях, характерных только для данной системы координатных АТС (АТСК-У), и будут рассмотрены далее в процессе описания их работы.

2.7.2. Работа маркеров ступени абонентского искания

Ступень АИ состоит из 1000-линейных абонентских групп. Каждая 1000-линейная группа содержит 10 100-линейных блоков АВ, обеспечивающих установление входящих и исходящих соединений, и три-четыре блока CD, предназначенных для установления только входящих соединений. Каждый блок управляется индивидуальным маркером. В 1000-линейной группе ступени АИ может устанавливаться одновременно до десяти соединений, в том числе три-четыре входящих соединения. Структурная схема маркеров АВ и CD (МАВ и МСD) представлена на рис. 2.61. Маркер ступени АИ работает следующим образом.

Прием вызова. Абонентский комплект передает сигнал вызова на ОАЛ, который обеспечивает выбор одного из нескольких вызовов. При этом определяются цифры десятков и единиц абонентского номера. Далее работает определитель вида сообщения (ОВС), который фиксирует, что маркер занят исходящим соединением. После этого ОВС блокируется от обслуживания других вызовов.

При каждом занятии ОАЛ срабатывает распределитель перемены очередности (РПО), изменяя номер приоритета на единицу.

Поиск промежуточных путей и выходов. Определитель абонентских линий отмечает промежуточные линии между звеньями АВ, через которые может быть установлено соединение с исходящей линией, и включает групповое устройство ГрПУ. Последнее находит свободную промежуточную линию, которой доступны свободная линия вызывающего абонента и хотя бы одна исходящая линия (в группе из трех-четырех линий по числу блоков каскада CD). Как это было определено для обусловленного искания в разделе 2.2.3, ГрПУ включает соответственно коммутатор групп исходящих линий. Он подключает к ИндПУ группу линий, и оно находит свободную исходящую линию в этой группе. Последовательность занятия промежуточных и исходящих линий определяется РПО.

Завершение соединения. После завершения этапа определения промежуточных путей или общесистемных выходов маркер АВ замыкает цепи срабатывания электромагнитов МКС звеньев АВ. Линия вызывающего абонента соединяется с исходящей линией, в которую включен исходящий шнуровой комплект. В абонентском комплекте срабатывает раздельное реле, после чего маркер АВ освобождается, и занимается вход блока CD. ОВЛ определяет номер входа, по которому поступил вызов. При каждом занятии РПО изменяет приоритет в очереди.

К проводам *a* и *b* входящей линии подключается кодовый приемопередатчик (КПП). Последний запрашивает и принимает цифры сотен, десятков и единиц номера вызывающего

абонента, расшифровывает и фиксирует их в устройствах фиксации сотен (ФС), десятков (ФД) и единиц (ФЕ). После приема номера по информации фиксатора сотен ФС занимается определенным блоком АВ.

Определитель блока CD маркера АВ (ОСД) определяет номер блока CD, от которого поступил вызов. Затем в маркере АВ работает определитель вида сообщений, который и отмечает, что маркер занят установлением входящего соединения. ОАЛ и ОСД блокируются от обслуживания других вызовов.

Выбор промежуточных линий и выходов между звеньями АВ и CD. Блок ОСД включает коммутатор К, который образует внутрисканционный тракт между МАВ и МСД, участвующими в установлении входящего соединения. Цифры десятков и единиц номера передаются ФД и ФЕ и принимаются по этому тракту непосредственно ОАЛ, аналогично тому, как это было принято при исходящем соединении. Далее происходит выбор соединительного пути для установления соединения аналогично исходящему соединению, который осуществляется групповым и индивидуальными устройствами маркера АВ. При этом завершается процесс поиска промежуточных путей на звеньях CD. ОВЛ, в соответствии с номером коммутатора звена D, к которому подсоединен обслуживаемый вход, включает соответствующее реле коммутатора групп промежуточных линий (КГПЛ) между звеньями С и D. Коммутатор направлений (КН) совместно с КГПЛ отмечает промежуточные и исходящие из блока CD линии, доступные занятому входу. В маркере АВ в случае отсутствия свободных путей для установления соединения с помощью блока ОСД передается отметка в ПУИЛ маркера МСД. Это устройство воздействует на кодовый приемопередатчик, который передает в регистр частотный сигнал отсутствия путей. Регистр нарушает установленное соединение. Маркеры МАВ и МСД освобождаются. При наличии свободных путей для установления соединений групповое, а затем и подключающие пробные устройства МАВ, по отметке из блока CD находят свободную входящую в блок АВ линию, доступную обслуживаемому входу CD, и отмечают ее положительным потенциалом. Одновременно из МАВ в МСД через контакты ОСД передается сигнал начала выбора одной из 20 возможных линий, и выбирается та, которая отмечена положительным потенциалом ИндПУ маркера АВ.

Проба состояния абонента. После окончания работы подключающих устройств с помощью МАВ устанавливается частичный разговорный тракт от абонентского комплекта до звена С. Благодаря этому соединению проводится (по служебному проводу с) проба состояния входящей абонентской линии. Абонентская линия может иметь следующие состояния: «свободна», «занята местным или междугородным соединением». Результат пробы передается в КПП, который передает в регистр соответствующий частотный сигнал. Если абонент свободен, то частично установленное соединение дополняется соединением на звене D, после чего оба маркера освобождаются. Если абонент занят, то после получения из регистра подтверждающего сигнала о приеме сигнала разъединения к абонентской линии подключается зуммер «занято».

Временный контроль установления соединения. В маркерах МАВ и МСД предусматривается установка контрольных устройств. Они отмечают случаи занятия на время, превышающее технически необходимое для установления соединения.

В случае задержки установления соединения по технической причине передается сигнал занятия общестанционного устройства автоматического контроля, в котором записывается состояние маркера в момент задержки. Если соединение не устанавливается несколько раз подряд, контрольное устройство включает аварийную сигнализацию.

2.7.3. Работа маркера ступени группового искания

Структурная схема маркера ГИ показана на рис. 2.62. Для примера показан один из вариантов группообразования, блок 80×120×400. В структурной схеме основные составляющие блоки выполняют те же функции, что и в предыдущем случае. В то же время в схеме появляется новый блок АКН — анализатор кода направления. Этот блок выполняет важные функции:

- определение достаточности принятой информации о номере абонента для начала установления соединения;
- выбор по полученному номеру (адресу) входящего абонента номера направления установления соединения.

Они будут рассматриваться ниже в станциях с программным управлением и в разделе 3.9.

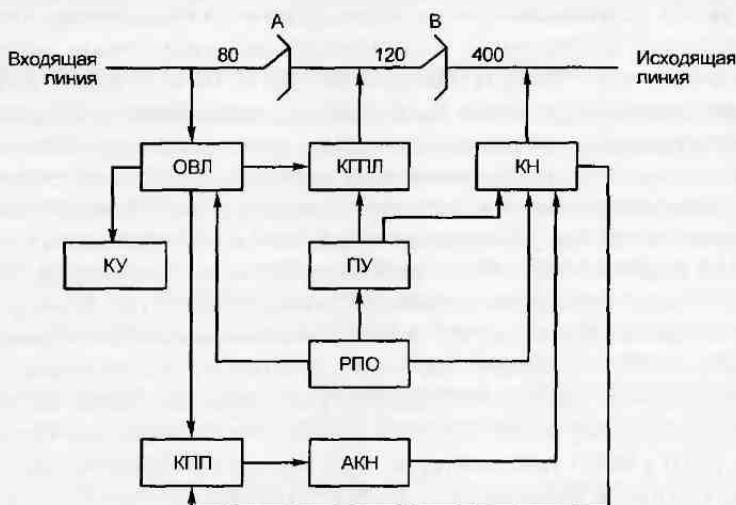


Рис. 2.62. Структурная схема маркера ГИ:

ОВЛ — определитель входящих линий; КГПЛ — коммутатор групп промежуточных линий;

РПО — распределитель приоритета очереди; КН — коммутатор направлений;

ПУ — пробное устройство; КПП — кодовый приемопередатчик;

КУ — контрольное устройство; АКН — анализатор кода направления

Маркер работает в следующей последовательности.

Прием вызова. Вызов, поступающий на вход блока ГИ, приводит в действие ОВЛ. Он работает в два этапа. На первом этапе определяется цифра десятков, на втором — цифра единиц. После этого определитель блокируется от обслуживания других вызовов. Вновь поступающие вызовы находятся в режиме ожидания.

Смена приоритета в очереди. При каждом срабатывании ОВЛ происходит смена приоритета по принципу «кольца». Обслуживание вызовов, находящихся в режиме ожидания, а также поступающих одновременно, производится в соответствии с состоянием РПО.

Подключение кодового приемопередатчика. После определения номера входа, которому поступил вызов, определитель входящих линий подключает к разговорным проводам (провода *a* и *b*) многочастотный кодовый приемопередатчик (КПП). Он запрашивает и получает информацию от регистра, участвующего в этом соединении. Направление установления со-

единения в пределах этой ступени ГИ определяется в зависимости от принятой нумерации и места ступени ГИ в сети. Код направления может определяться по одной или трем цифрам номера.

Числом запрашиваемых из регистра цифр управляет анализатор кода направления (АКН). Анализируя каждую цифру, он определяет достаточность информации. Если информации недостаточно для установления соединения, АКН передает в КПП сигнал для запроса следующей цифры. Запрос поступает в регистр. Если информация принята полностью, то АКН соединяет КПП с коммутатором направлений (КН), в котором срабатывают соответствующие реле направления.

Выбор промежуточных линий и выходов в направлении. Определитель входящих линий в зависимости от номера входа включает групповые реле коммутатора групп промежуточных линий КГПЛ. Kontakтами реле КГПЛ и КН включается пробное устройство ПУ, которое обусловленным исканием находит свободную промежуточную линию и исходящие линии, доступные занятому в блоке ГИ входу. Пробное устройство содержит 20 пробных реле, поэтому одновременно может быть опробовано 20 линий в требуемом направлении. В то же время блок ГИ предусматривает образование направлений с доступностью 40...60 линий, а также обходных направлений. Если доступность направлений составляет более 20 линий и первая попытка пробы была безуспешной, ПУ передает сигнал в коммутатор направлений, который отключает предыдущие линии и начинает опробование 20 других линий и т.д. Очередность занятия линий определяет РПО. Если заняты все линии прямого КН, РПО подключает линии обходного направления.

Отсутствие соединительных путей. При полном отсутствии соединительных путей не работает ни одно пробное реле. После определенной паузы срабатывает вспомогательное реле и передает многочастотному приемопередатчику сигнал «отсутствие промежуточных линий». МПП транслирует его многочастотным кодом в регистр, после чего регистр разъединяет установленное соединение. Маркер блока ГИ освобождается.

Успешное завершение соединения. Если соединительные пути найдены, то устанавливаются приборы разговорного тракта. После этого маркер освобождается. Если соединение устанавливается в направлении, в котором сигналы управления передаются в виде полярностей станционной батареи (батареиные импульсы), то КН обеспечивает запуск КПП и передает сигнал перехода на батарейный способ передачи. В этом случае установление соединения в данном направлении завершается маркером только после получения сигнала подтверждения.

Контроль технического времени установления соединения. Выполняется также как и на ступени АИ.

Функции маркера регистравого искания и состав блоков аналогичны предыдущим случаям.

2.7.4. Управляющие алгоритмы в станциях с программным управлением

На рис. 2.63 представлена структурная схема управляющих алгоритмов станции с программным управлением. Алгоритмы, представленные на этом рисунке, частично представляют собой программные модули и будут рассмотрены в следующей главе.

К основным алгоритмам следует отнести следующие:

- сканирование;
- прием номера;
- ввод-вывод канальных сигналов;
- передачу команд (вывод);
- анализ и маршрутизацию;
- поиск промежуточных путей.



Рис. 2.63. Структурная схема алгоритмического обеспечения

На рис. 2.63 показаны логические связи между программами. При реализации реального процесса они вызываются операционной системой в соответствии с расписанием и присвоенными приоритетами. Эта система является одним из вариантов многозадачной процессориентированной системы и будет рассмотрена в дальнейшем.

Функционально алгоритмы во многом совпадают с задачами, выполняемыми в станциях электромеханической системы.

Алгоритм сканирования. Выполняет функции, аналогичные ОВЛ, — выделяет один из поступивших на обслуживание вызовов. Это реализуется путем периодического опроса источников, при наличии заявки она ставится на обслуживание. Различают первоначальный вызов (в этом случае заявка ставится на «порождение процесса») и поступление текущего входного сигнала, «продвигающего» процесс (в последнем случае заявка записывается в область памяти порожденного процесса).

Алгоритм приема номера. Выполняет функции, аналогичные регистру координатной АТС, обеспечивает прием адреса вызываемого абонента. Он определяет достаточность принятой информации и момент начала установления соединения.

Алгоритм анализа номера и маршрутизации. Выполняет функции анализатора кода направления. Он производит пересчет принятого номера вызывающего абонента в номер направления и передает его для поиска промежуточных путей выходов.

Алгоритм поиска промежуточных путей. Является аналогом коммутатора групп промежуточных линий и пробных устройств. При наличии многокаскадной схемы он выполняет обусловленное искание по всем каскадам: между двумя точками, между точкой и группой точек, между двумя группами точек.

Алгоритм ввода-вывода канальных сигналов. Выполняет обмен сигналами управления и взаимодействия с другими станциями в соответствии с принятыми протоколами, в том числе управляет многочастотным обменом.

Алгоритм передачи команд. Передает команды, управляющие электромагнитными или электронными устройствами.

Остальные алгоритмы выполняют действия по обработке поступивших сигналов и реализации принятых эксплуатационных процессов.

Процесс обслуживания вызовов происходит следующим образом. Внешние сигналы принимаются с помощью периодического опроса источников вызова. Далее в зависимости от этапа соединения заявки поступают:

- на вход алгоритма установления соединений (при необходимости найти приборы и установить между ними физическое или виртуальное соединение);
- на вход алгоритма приема номера (при необходимости приема сигнала от абонента);
- в алгоритм обработки сигналов приборов станции (например, сигналы ответа, отбоя, различные сигналы при дополнительных видах обслуживания).

После накопления необходимого числа цифр они передаются в алгоритм установления соединения, который в зависимости от состояния соединения проводит дальнейшие действия по установлению внутростанционного соединения. В частности, активизируется алгоритм анализа номера и маршрутизации. После работы этого алгоритма полученные данные передаются в виде команд в периферийные управляющие устройства. Эти команды могут быть закончены нормально и аварийно, в соответствии с чем работают, соответственно, алгоритмы нормального или аварийного завершения соединения.

2.8. Устройства коммутационных систем

2.8.1. Устройства станций координатной системы

Ниже будут рассмотрены типовые устройства, которые использовались в предыдущих поколениях станций и реализуются в виде программных решений в современных станциях. Более подробно управляющие устройства координатных АТС — маркеры, рассмотрены в [15, 16]. Многие логические принципы, заложенные при разработке релейных схем, поучительны при использовании новой элементной базы. Основные устройства, которые применяются на всех станциях и имеют программные аналоги в современных станциях, — это определители и регистры.

Определители

Определители предназначены для выбора одного из нескольких поступивших вызовов в соответствии с принятым приоритетом. Применяются два типа определителей — *двухпроводные* и *однопроводные*.

Однопроводный определитель (рис. 2.64) обычно применяется при выборе одной из нескольких соединительных линий или промежуточного пути. Он состоит из реле, которые принимают заявки на выбор одного из нескольких поступивших сигналов или нескольких свободных линий. На рис. 2.64 показаны контакты датчиков состояния объектов. При незанятости промежуточных линий отрицательная полярность передается контактами удерживающих магнитов УМ1, УМ2, ..., УМ n (если они в исходном положении).

На рис. 2.64 показана также схема выбора одного из n сигналов, состоящая из реле $E_1...E_n$ и их контактов $e_1...e_n$. Они образуют последовательную цепь удержания, где каждое реле с большим номером обрывает цепь для последующих реле. Таким образом, при срабатывании нескольких реле обеспечивается приоритет удержания реле с наибольшим номером. При подключении к определителю датчиков состояния объектов (в нашем примере контактов удерживающих магнитов) будут работать те из реле E_n , на которые поступает

отрицательная полярность. Цепи срабатывания образуются через диоды и групповой контакт реле e_d (обмотка этого реле не показана). После того, как реле E_i переходят в рабочее состояние, срабатывает групповое реле ЕД и своим контактом обрывает цепь срабатывания. Тогда в работе остается одно реле, которое заблокировано в цепи приоритетов, состоящий из контактов $e_1 - e_n$.

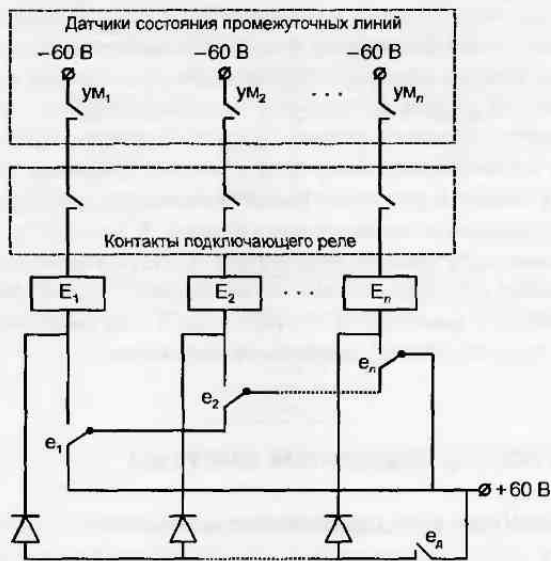


Рис. 2.64. Однопроводный определитель

Двухпроводный определитель (рис. 2.65) применяется, например, в определителях абонентского номера.

На рисунке показан определитель, содержащий:

- матрицы контактов линейных реле;
- реле десятков и единиц;
- распределители приоритета по цифрам десятков и единиц.

Матрица контактов линейных реле соединяет контакты линейного реле абонентского комплекта (реле Л, см. рис. 2.59), передающие сигналы о поступлении вызова. По строкам этой матрицы расположены контакты абонентских комплектов, имеющих в нумерации одинаковую цифру десятков. По вертикали соединены контакты линейных реле абонентских комплектов, имеющих одинаковую цифру единиц.

Реле десятков и единиц. К каждой горизонтали матрицы подключается обмотка реле (Д) имеющего номер, равный цифре десятков абонентских комплектов, включенных в эту горизонталь (обратим внимание, что в телефонии до применения программного управления нумерация начинается с цифры 1, а заканчивается цифрой 0).

К каждой вертикали матрицы контактов линейных реле подключается реле, имеющее номер, равный цифре единиц абонентских комплектов, включенных в эту вертикаль.

Распределители приоритета по цифрам десятков и единиц. Как и в однопроводном определителе, они состоят из двух цепей — срабатывания и удержания. Цепи срабатывания проходят через диоды, а цепь удержания состоит из последовательностей контактов, определяющих приоритет удержания, как это уже было рассмотрено при описании работы однопроводного определителя.

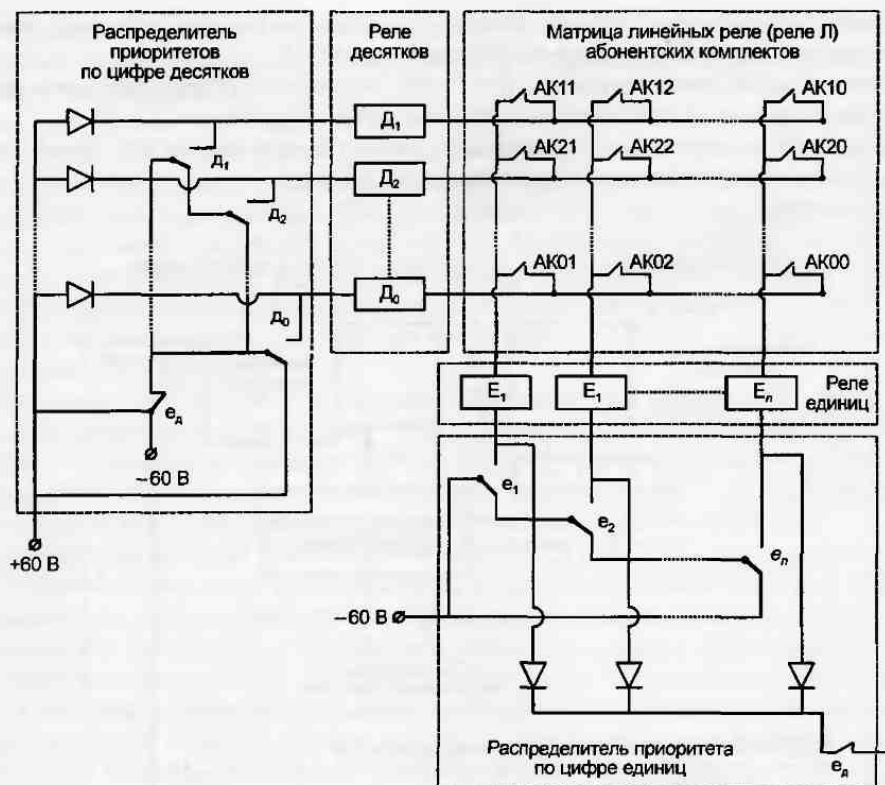


Рис. 2.65. Двухпроводный определитель

Схема работает следующим образом. При замыкании линейного реле абонентского комплекта (например, в абонентском комплекте АК22) образуется цепь срабатывания для реле десятков и единиц (в нашем примере для реле десятков D_2 и реле единиц E_1). Эта информация о номере абонента передается в управляющее устройство. Если снимут трубку несколько абонентов, то сработают несколько реле десятков и единиц. При этом схема распределения приоритетов десятков оставит в работе только реле одного десятка. После этого выбирается один из сигналов по приоритету цифр единиц (если вызывающие абонентские комплекты находились в одном десятке). Далее срабатывает групповое реле ЕД (на рисунке показаны только его контакты), разрывая цепь срабатывания на время обслуживания вызова. Благодаря этому определитель блокируется от занятия другими вызовами. Освобождается определитель после отпущения реле Л в АК. Это, как уже говорилось, может произойти при подключении АК к коммутационному полю, либо при отбое абонента, либо при срабатывании временного контроля.

Регистры

Регистры — это устройства, предназначенные для приема и фиксации номера вызывающего абонента. Как уже упоминалось (раздел 2.5, рис. 2.55), эти устройства подключаются к исходящим шнуровым комплектам через ступень регистрового искания (РИ) и принимают либо импульсы телефонного номеронабирателя, либо посылки многочастотного набора.

Регистр также обеспечивает посылку абоненту акустического сигнала «ответ станции», взаимодействует с анализатором кода направления (см. 2.7.3).

Рассмотрим работу этого устройства (рис. 2.66), состоящего из трех составляющих:

- приема импульсных или частотных сигналов набора номера;
- определения межсерийного интервала (промежутка времени между двумя сериями импульсов, которые связаны с приемом одной цифры);
- приема цифр.

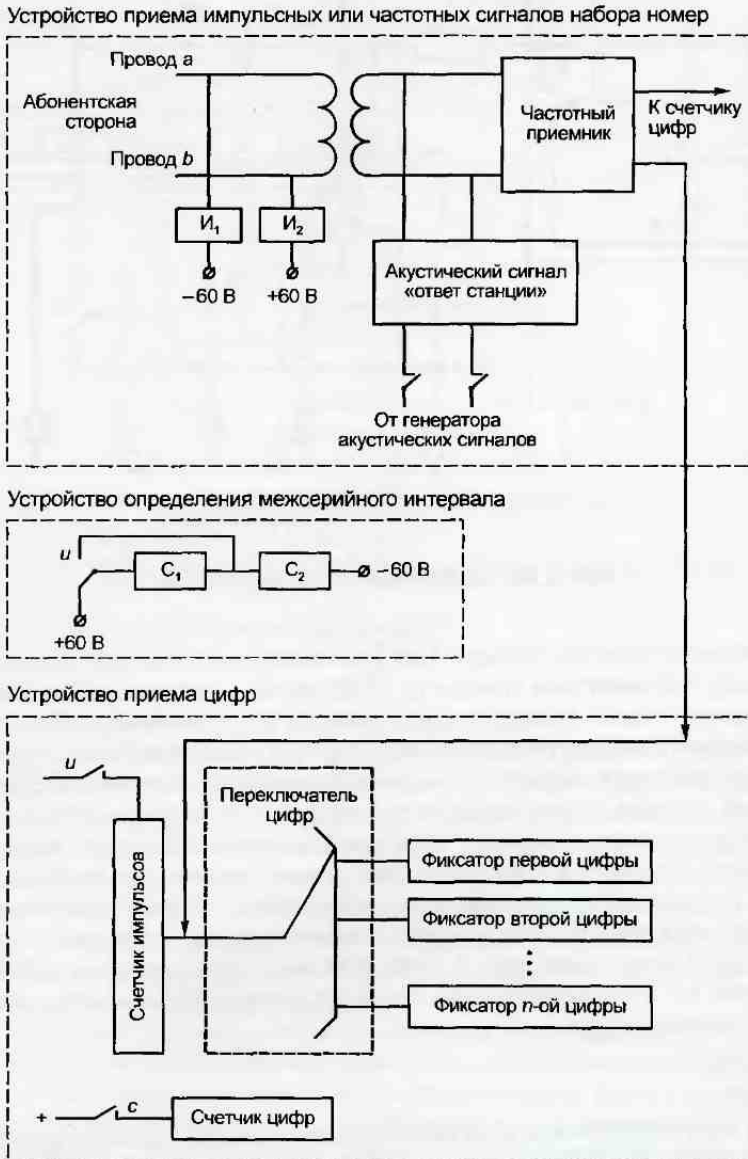


Рис. 2.66. Структурная схема регистра

Устройство приема импульсных или частотных сигналов набора номера. Это устройство позволяет принять импульсы набора номера от телефонного номеронабирателя либо от частотного приемника.

При поступлении импульсов от номеронабирателя они имеют вид, рассмотренный в 1.1.2 (см. рис. 1.12). При разрыве шлейфа, пульсирует реле *И*. На рис. 2.66 показаны две обмотки этого реле, которые обеспечивают срабатывание или отпускание этого реле во время изменений состояния шлейфа. При поступлении частотных сигналов они через трансформатор поступают в частотный приемник. При подключении телефонного аппарата к регистру абоненту посылается акустический сигнал «ответ станции», который прерывается при поступлении первого импульса первой цифры или первого частотного сигнала (логические цепи, обеспечивающие эти действия, не показаны). Абонент, получив сигнал «ответ станции», набирает номер.

Устройство определения межсерийного интервала. При подключении телефона к регистру срабатывает реле *И* (поскольку трубка поднята и абонентский шлейф замкнут). При этом реле *С*, называемое серийным реле (на рисунке показаны две обмотки этого реле C_1 и C_2), отпускает. После того как начинается набор номера (см. рис. 1.12), пульсирует реле *И*. При отпускании реле *И* его контакт *и* снова включает цепь срабатывания реле *С*.

При срабатывании реле *И* шунтируется обмотка C_1 реле *С*. Поэтому время отпускания реле *С* увеличивается, и оно удерживается на время существования импульса. Если время срабатывания превышает время существования самого длинного импульса, реле отпускает и таким образом фиксируется, что серия импульсов закончилась и цифра принята.

Устройство приема цифр. При наборе номера кроме уже указанного контакта, приводящего в действие устройство определения межсерийного интервала, другой контакт реле *И* передает импульсы на вход счетчика импульсов. После того как устройство определения межсерийного интервала определит, что прием данной цифры закончен, отпускает реле *С* и своим контактом *с* передает сигнал на счетчик цифр. Он фиксирует поступление следующей цифры и подключает фиксатор следующей (в данном случае первой) цифры. Цифра, которая зафиксирована в счетчике импульсов, переписывается в соответствующий фиксатор. Далее поступает следующая цифра, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет принята последняя цифра.

В разделе 2.9.6 показана программная реализация этого же процесса.

2.8.2. Анализатор кода направления. Кодовый приемопередатчик

Анализатор кода направления применяется в основном на групповых ступенях искания (см. рис. 2.62). Устройство включает две части:

- анализатор вида связи;
- анализатор кода направления станции.

Анализатор вида связи определяет достаточность цифр для начала установления соединения. Эти устройства представляют собой дешифраторы, которые преобразуют последовательно принятые цифры в номер направления. Каждый дешифратор, получив цифру, может «пересчитать» ее в номер направления или в сигнал о подключении к следующей ступени дешифрации для анализа следующей цифры.

По первой цифре могут быть определены следующие направления:

- на междугородную станцию (цифра 8);
- к узлу спецслужб (цифра 0);
- для некоторых сетей — неоткрытые направления (например, во многих городах при незадействованной полностью нумерации не используются цифры 4 и 5).

Первая цифра может означать выход в пригородную зону (например 2). По второй цифре определяются направления на спецслужбы (например, службы, начинающиеся на 0).

Анализатор кода станции позволяет определить направление по трем набранным цифрам. Всего он допускает дешифрацию до 888 направлений. Реально такое число не достигается, так как проводится оптимизация сети, уменьшающая число направлений, что улучшает качество обслуживания.

Кодовый приемопередатчик принимает многочастотные сигналы и выделяет индивидуальные частоты. После приема он определяет наличие строго двух из шести сигналов. При передаче он преобразует принятые сигналы в частотные посылки кодом 2 из 6. Эти устройства построены на фильтрах, усилителях, дешифраторах и генераторах частоты.

2.9. Алгоритмы функций, выполняемых в станциях с программным управлением

2.9.1. Общие положения

В этом разделе рассматривается только один из уровней алгоритмического обеспечения. В соответствии с рекомендациями МККТТ (серия Z.100 «Specification and Description Language SDL») определены этапы разработки программного обеспечения. При этом выделены два типа алгоритмов. Алгоритмы этапа спецификаций и алгоритмы этапа описаний.

Спецификация отображает работу станции с точки зрения заказчика и написана с использованием терминов заказчика. Например, они включают алгоритмы входящей и исходящей связи и другие, описывающие работу станции с точки зрения верхнего уровня, т.е. пользователя. Далее следует разработка алгоритмов, реализующих эти функции.

В настоящей книге рассматривается часть алгоритмов этапа описания. Для более детального рассмотрения вопросов разработки алгоритмического обеспечения можно обратиться к [9–11]. В этой главе будут использованы термины и символы, которые используются в рекомендациях МККТТ. Ниже приведены некоторые из них.

Алгоритм изображается в виде модели конечного автомата [10]. Для описания его действия применяются следующие термины:

- ВХОД — сигнал, поступающий из внешнего окружения;
- ВЫХОД — сигнал, передаваемый алгоритмом во внешнее окружение;
- СОСТОЯНИЕ — состояние алгоритма, при котором действия процесса приостановлены до получения сигнала ВХОД;
- ПЕРЕХОД — совокупность действий, которые при поступлении сигнала ВХОД переводят автомат из одного состояния в другое.

Перечисленные действия (кроме сигнала ВЫХОД) включает в себя:

- РЕШЕНИЕ — выбор одного из нескольких возможных путей продолжения процесса;
- ЗАДАЧА — действие, которое не является ни РЕШЕНИЕМ, ни ВЫХОДОМ.

Для этих операторов заданы графические символы, применяемые для их изображения [9, 20].

Обычно функции этапа описания являются детализацией символов уровня спецификации. Например, алгоритм сканирования, который приводится первым в этой главе, дает описание реализации оператора ВХОД на уровне спецификации.

Отметим, что эти функции рассматривались в предыдущих разделах применительно к устройствам управления станциями координатной системы.

Все функции управляющих устройств координатной техники могут быть реализованы программно. Поэтому в 80-е годы все станции в основном перешли на программное управление. Каждому устройству может соответствовать программный модуль. Рассмотрим алгоритмы функционирования некоторых наиболее широко используемых модулей. Это позволит, во-первых, проанализировать алгоритмы функционирования модулей, участвующих в установлении соединения, и, во-вторых, на примерах конкретных алгоритмов выявить общие принципы их реализации.

Рассмотрение базируется на общей модели алгоритма, показанного на рис. 2.67. Центральный алгоритм получает от программы сканирования сигналы об изменении состояния внешней среды и вызывает периферийные модули.

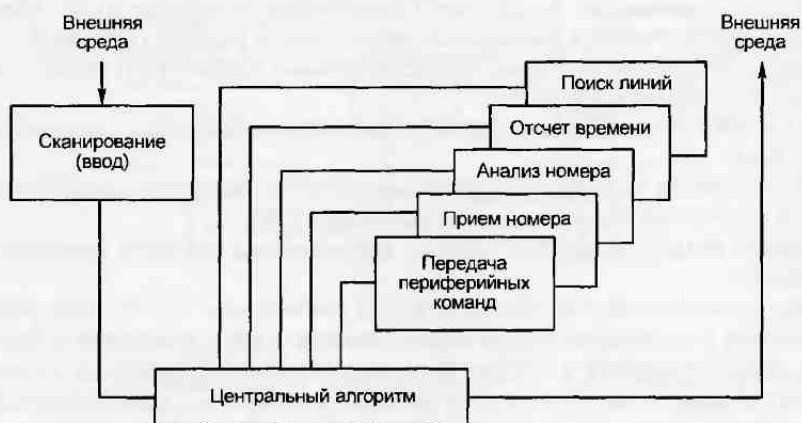


Рис. 2.67. Структурная схема алгоритма работы станции

Для построения общего алгоритма предполагается наличие сменных модулей, реализующих отдельные функции и вызываемых центральной программой. При этом сами модули должны удовлетворять специфическим требованиям.

Первое — они должны иметь внешний интерфейс и применяться так же как микросхема, по необходимости. В отличие от большинства микросхем программный модуль может настраиваться (в настоящее время некоторые микросхемы также обладают этим свойством). Настройка может осуществляться по количественным показателям либо выбором режимов.

Имея базовый модуль и исходные данные, можно создавать (генерировать) конкретный модуль. Программный модуль обычно сопровождается текстом контрольной задачи для его проверки. Таким образом, алгоритмический модуль является настраиваемой на заданный режим или оборудование единицей. В основу математической модели положен автоматный принцип.

Каждый из модулей отображается в виде виртуального автомата, управляющего конкретным оборудованием или обновляющего конкретные области памяти. При этом он имеет виртуальные входы и выходы. Входы разделяются на две группы: оперативные и входы настройки. Формализация модулей алгоритмов в виде логических выражений представлена далее.

Изложение в данном разделе строится по принципу «меньше подробностей», поэтому, следуя ключевой линии анализа, алгоритмы будут изложены в общем виде. Для более подробного изучения можно рекомендовать [40].

2.9.2. Алгоритм сканирования

Итак, принято, что программное обеспечение можно реализовать на базе универсальной программы. Первая ее часть — алгоритм ввода. Один из наиболее распространенных алгоритмов ввода — сканирование, т.е. ввод путем периодического опроса.

Некоторые особенности алгоритма сканирования порождаются структурой оборудования. Датчики, подлежащие сканированию для определения поступления вызова, называемые «точки сканирования», включаются в «линейки сканирования». Они образуют матрицы, называемые определителями. На станции может быть несколько определителей — от 1 до 100. Поэтому адрес каждой точки сканирования определяется номером определителя, номером линейки в определителе и номером точки в этой линейке. На рис. 2.68, *a* показаны эти входные данные, которые задают программному обеспечению необходимые параметры. Некоторые из точек могут быть заблокированы, для чего задается таблица блокировок, которая содержит «маски», исключающие из процесса сканирования некоторые точки. Число определителей, число линеек, таблица блокировок, число точек в линейке относятся к полупостоянным данным, отображающим параметры оборудования. Кроме этого имеются полупостоянные данные, относящиеся к процессу.

В связи с особенностями обслуживающего процесса должны быть введены данные, относящиеся к нему:

1. Число и значение периодов сканирования (обычно значение длительности периода указывается в количестве интервалов длительностью 10 мс).

2. Расписание сканирования, т.е. таблица, закрепляющая значения периодов за отдельными линейками.

3. Таблица сканирования, где находятся адреса сканируемых линеек. Они располагаются в строках таблицы и подразделяются на списки. В каждый список вносятся адреса сканируемых линеек, располагающиеся в порядке их опроса. Например, первым идет список линеек, опрашиваемых каждые 10 мс, потом список линеек, опрашиваемых через каждые 20 мс, и т.д.

4. Размер буфера заявок. Этот параметр задает длину буфера для сохранения полученных заявок на работу программ обработки вызова. Он задается после вероятностного расчета числа поступающих вызовов.

На рис. 2.68, *a* показаны оперативные входы и выходы:

1. Сигнал задающего генератора, который задает начало процесса опроса следующей линейки. Как уже упоминалось, в большинстве систем минимальный период составляет 10 мс.

2. Запрос на сканирование по заданному адресу, который поступает от оператора или программы, если какие-либо линейки не сканируются периодически или требуется внеочередная проверка их состояния.

3. Сигнал «ответное слово» — реакция на сигнал опроса линейки. Его вид зависит от режима сканирования.

Режимы, в которых может работать алгоритм сканирования, следующие:

1. Простое сканирование, которое заключается в том, что при периодическом опросе, считывается состояние линейки (кодируемое 1 — если есть изменение точки опроса, и 0 — если изменения нет). Состояние всех точек линейки поступает обратно на вход модуля сканирования в виде n -разрядного слова (n — разрядность линейки, обычно равная 16 или 32).

2. Режим с защитой. Сканируемые датчики обычно контактируют с внешней средой (абонентские и соединительные линии, контакты реле), что вызывает появление кратковременных помех. Для борьбы с этим явлением применяется сканирование с защитой. Наиболее распространенный способ — двойное (тройное) сканирование со сравнением результатов. Для дальнейшей обработки передаются только сигналы, имеющие устойчивый характер, т.е. сохраняющиеся более заранее заданного времени.



а)

Заявка на простое сканирование, с защитой и по флажку

Тип определителя	Номер определителя	Номер линейки
------------------	--------------------	---------------

б)

Заявка на сканирование

Адрес сканируемой линейки	Адрес процесса и результата
---------------------------	-----------------------------

в)

Ответное слово сканирования

Номер заявителя	Тип комплекта	Номер комплекта	Номер точки сканирования	Тип изменения
-----------------	---------------	-----------------	--------------------------	---------------

г)

Рис. 2.68. Общий вид алгоритма сканирования

3. Сканирование по флажку. Во многих случаях входной сигнал поступает в случае окончания накопления данных. Например, при поступлении от соседней станции информации о номере вызываемого абонента на входящей станции накапливаются цифры и вырабатывается заявка на соединение после того, как принято достаточное количество цифр. В таких случаях сканируется только один датчик (флажок), а после того, как появляется сигнал об окончании приема информации, считывается вся информация.

4. Еще один вид сканирования — по запросу, когда извне (от оператора или программы) записывается заявка на сканирование.

В соответствии с режимом сканирования формируются различные виды заявок.

На рис. 2.68, б показана заявка на простое сканирование. Она содержит следующую информацию:

- тип определителя, указывающий на устройства, включенные в данный определитель (многие из них содержат несколько точек сканирования);
- номер определителя — это номер определителя в типе;
- номер линейки — это номер внутри определителя.

На рис. 2.68, в показана информация, запрашивающая сканирование по заявке. Она содержит адрес сканируемой линейки и адрес процесса (области памяти, в которую нужно записать результат).

На рис. 2.68, г показана структура ответного слова сканирования. В данном случае приведена информация при простом сканировании и сканировании с защитой по заявке. Она содержит:

- номер заявителя, т.е. программы или оборудования, которое дало заявку на сканирование;
- информацию о точке сканирования, которая представлена в координатах оборудования, т.е. содержит тип комплекта (АК, ИШК и т.п.), номер комплекта, номер точки сканирования в данном комплекте;
- информация о типе изменения;
- состояние опрашиваемой точки, а именно перешла ли она из состояния, обозначаемого нулем (исходное состояние), в состояние, обозначаемое единицей (рабочее состояние).

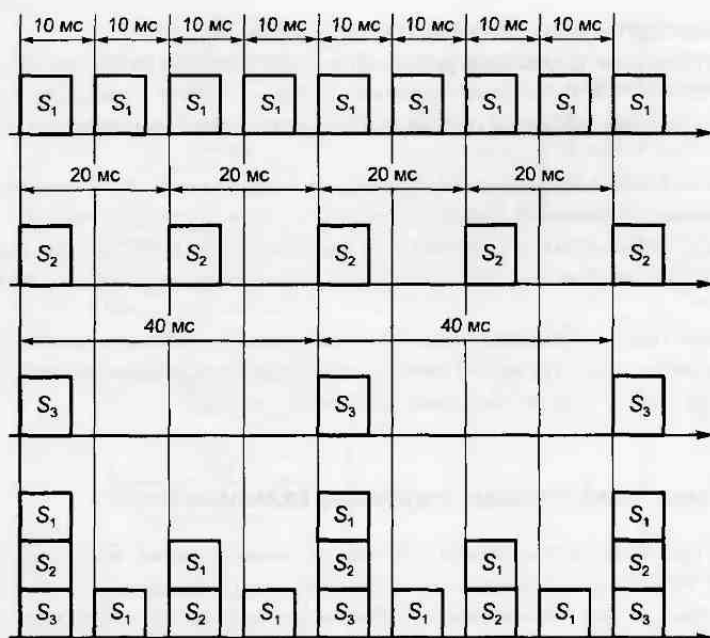
Иногда от программы сканирования требуется в результате указать один из двух переходов, например, из исходного состояния в рабочее и наоборот. Тогда с учетом необходимости отображать отсутствие изменения для поля типа изменения предусматривается два бита. Они указывают: 00 — нет изменения, 01 — изменение из исходного состояния в рабочее, 10 — изменение из рабочего состояния в исходное.

При сканировании по флажку в поле типа изменения указывается вся принятая информация, о завершении приема которой сигнализировал флажок.

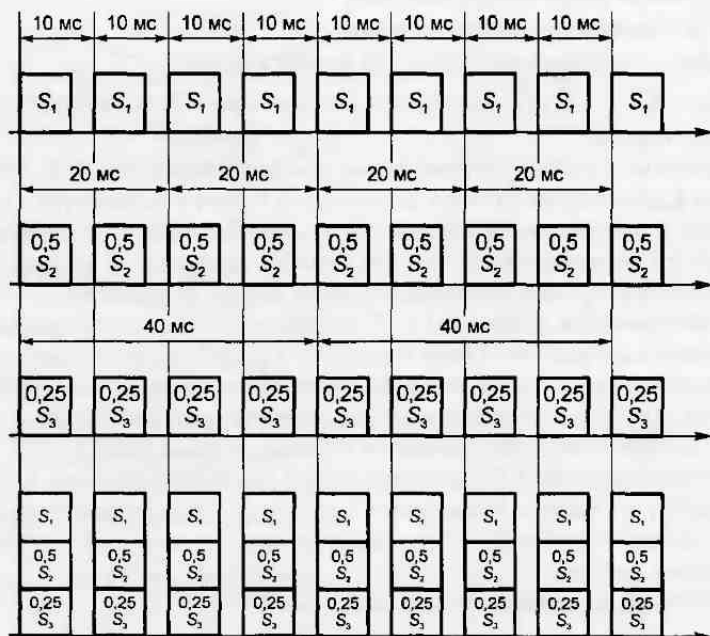
Информация, полученная в процессе сканирования, является исходной для выбора и дальнейшей активизации программ.

При работе алгоритма сканирования большую роль играет организация списков адресов сканирования (рис. 2.69, а). В памяти списки адресов могут быть сгруппированы по длительности периода сканирования. Например, в список S_1 группируются адреса линеек, сканируемых с периодом 10 мс, в список S_2 — адреса линеек, сканируемых каждые 20 мс, в S_3 — адреса линеек, сканируемые с периодом 40 мс. Предположим, что в первом периоде опрашиваются все списки, тогда через 10 мс опрашиваются только список S_1 (для списков S_2 и S_3 пауза в сканировании не истекла). Во втором цикле будут опрашиваться списки S_1 и S_2 . Далее будет сканироваться только один список S_1 . Далее все три списка. В результате число сканируемых адресов будет то уменьшаться, то увеличиваться, что может привести к скоплению заявок в отдельные десятимиллисекундные циклы (на рис. 2.69, а, результирующий график).

Поэтому принимается несколько другой порядок опроса списков — адреса списков разделяются на части, число которых равно числу 10-миллисекундных интервалов, составляющих период. Так, например, список S_2 (период сканирования 20 мс) разделяется на 2 части, список S_3 — на четыре части (период сканирования 40 мс). При этом каждый 10-миллисекундный интервал сканируется весь список S_1 половина списка S_2 четверть S_3 . Это обеспечивает в каждом интервале относительное выравнивание числа сканируемых линеек (рис. 2.69, б, результирующий график) и обеспечивает высокую вероятность равномерного поступления заявок в разных циклах.



а)



б)

Рис. 2.69. Принципы распределения заявок при различной организации расписания

Связь с центральным алгоритмом осуществляется следующим образом:

а) при работе с существующим процессом результаты сканирования (в форматах, показанных на рис. 2.69) записываются в соответствующую область памяти процесса, указанную в заявке; вместе с состоянием процесса они являются исходными данными для осуществления перехода;

б) при первоначальном вызове записывается заявка на открытие области памяти процесса, после чего записывается входной сигнал, и новый процесс устанавливается в конец очереди на обработку; такая установка позволяет не задерживать обработку существующих вызовов и является одной из мер борьбы с перегрузкой процессора при пике нагрузки.

Центральный алгоритм после обработки процесса записывает в область памяти алгоритмов заявку на сканирование, где указан объект, от которого ожидается сигнал ВХОД, и номер (адрес) области процесса, куда необходимо установить заявку.

2.9.3. Пример алгоритма, реализующего процесс сканирования

Итак, существует ряд алгоритмов, выполняющих процессы сканирования. Более подробно этот вопрос изложен в [9, 10, 40], где приведены описания алгоритмов, которые представлены в других разделах данной главы. Ниже даны обобщенные выводы из указанных источников, соответствующие максимально строгим требованиям по обслуживанию вызовов.

Алгоритм сканирования приведен на рис. 2.70. На этом рисунке приняты обозначения:

R_1^k — предыдущие состояния точек опроса линейки;

R_2^k — последующие состояния точек опроса линейки;

R_0^k — состояния линейки в таблице блокировки для опроса линейки.

Остальные переменные $R_3^k, R_4^k, R_5^k, R_6^k$ вычисляются в процессе работы алгоритма и поясняются по ходу его рассмотрения.

Верхний индекс в алгоритме означает текущий номер обслуживаемой линейки, который изменяется в соответствии с оператором 20 этого алгоритма. Алгоритм начинается с периодического запуска таймера. В данном случае выбран период запуска 10 мс, что гарантирует чтение наиболее короткого сигнала (импульса дискового набора номера) от 2 до 3 раз. Многократный опрос в дальнейшем позволяет отличить реальный сигнал от помехи.

В начале алгоритма выполняются операторы 1–7, обрабатывающие буфер заявок, поступивших от уже начавшихся процессов. Такой приоритет в обработке позволяет не ставить на обслуживание новые заявки, чтобы избежать перегрузки алгоритмов обработки. Данный участок алгоритма определяет наличие сигналов, которые ожидает остановленный после перехода процесс. Алгоритм при этом доставляет в процесс сигнал ВХОД.

Второй участок содержит операторы 8–12, выявляющие наличие изменений в состоянии внешней среды. Принцип его работы заключается в том, что сопоставляются предыдущее состояние линеек R_1 и последующее R_2 и определяется, есть ли изменения по сравнению с предыдущим моментом времени.

Например, если в некоторый десятимикросекундный цикл k :

$R_1 = 00101101$, а

$R_2 = 10010101$, то

$R_3 = R_1 \oplus R_2 = 10111000$.

Разряды результата, равные единице, говорят о наличии изменения, при этом следует обратить внимание на то, что отмечены два типа перехода — из 1 в 0 и из 0 в 1.

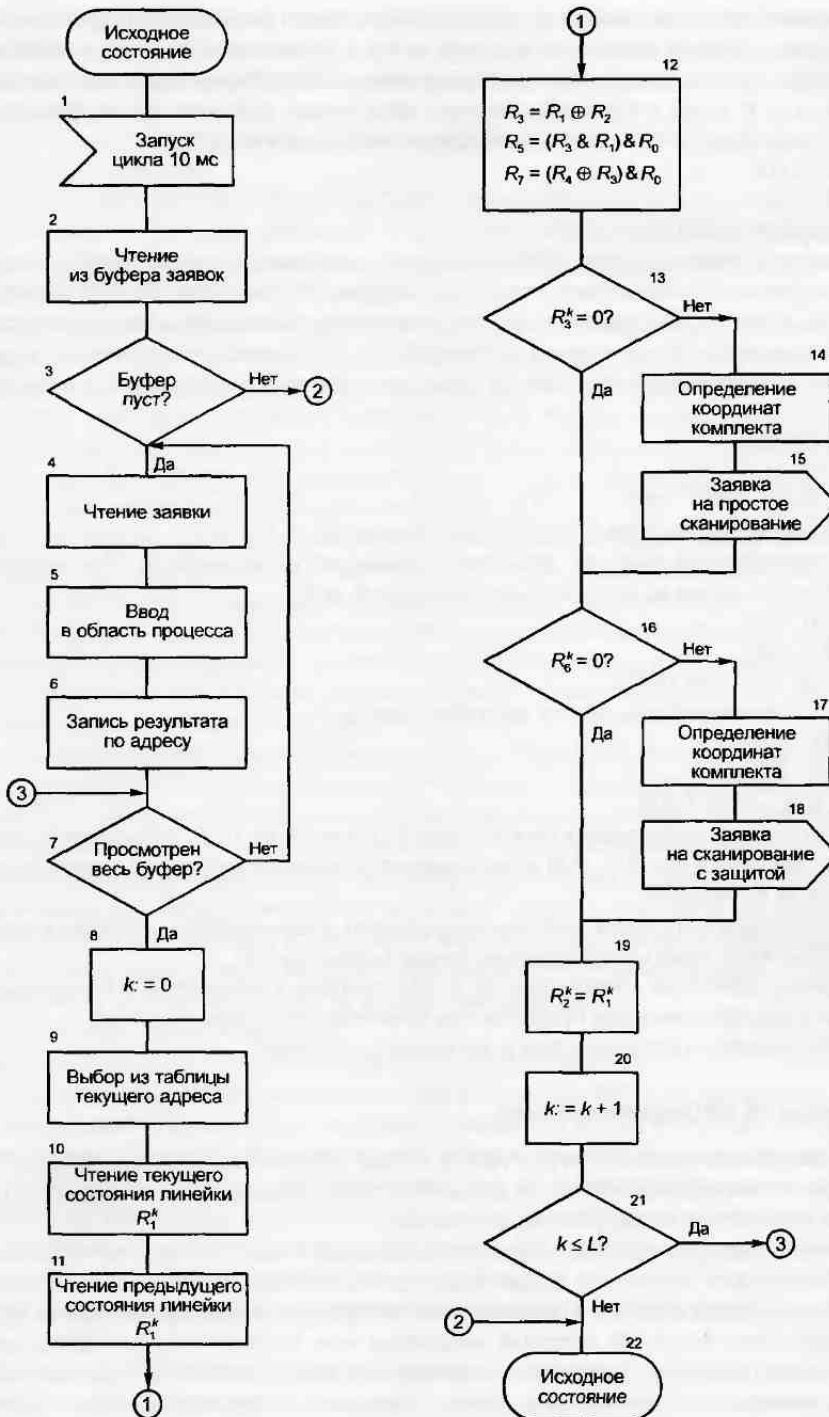


Рис. 2.70. Алгоритм сканирования

При многих процессах важна не только информация о наличии изменения, необходимо также различать его тип. Например, переход из 0 в 1 обозначает «вызов», а обратный переход — «отбой». При приеме номера фиксация цифры может происходить по переднему или заднему фронту. В связи с этим производятся следующие действия. Для определения перехода из 1 в 0 проводится операция поразрядного умножения R_3 и R_1 :

$$R_3 = 10111000$$

$$R_1 = 00101101$$

$$R_4 = R_3 \& R_1 = 00101000.$$

Из этого результата должны быть исключены заблокированные точки. Формируется массив блокировок R_0 . Одно слово из этого массива считывается. В нем 0 означает, что точка сканирования заблокирована, а 1 — что она находится в работе. Для исключения заблокированных точек R_4 логически умножается на R_0 . После чего получается массив R_5 , содержащий незаблокированные точки сканирования, которые изменили свои состояния из 1 в 0.

$$R_4 = 00101000$$

$$R_0 = 11001111$$

$$R_5 = R_4 \& R_0 = 0000\ 1000$$

Единичное значение разрядов указывает на переход из 1 в 0.

Далее определяются разряды, изменившие свое состояние из 0 в 1. Для этого выполняется операция сложения по модулю 2 над числами R_4 и R_3 :

$$R_4 = 0010\ 1000$$

$$R_3 = 1011\ 1000$$

$$R_6 = R_4 \oplus R_3 = 1001\ 0000$$

Исключая заблокированные точки получаем массив R_7 :

$$R_6 = 1001\ 0000$$

$$R_0 = 1100\ 1111$$

$$R_7 = R_6 \& R_0 = 1000\ 0000$$

Результат сканирования содержится в словах R_5 (переход из 1 в 0) и R_7 (переход из 0 в 1).

Следующие операторы (13–18) обеспечивают получение координат комплектов, в которых произошли изменения.

После этого каждому слову массива предыдущих состояний присваивается значение текущего, чтобы подготовить последующие циклы (оператор 19).

Дальнейшие действия (операторы 20 и 21) связаны с переходом к следующей строке сканирования или завершением процесса при проверке последней линейки.

Алгоритм завершается переходом в исходное состояние.

2.9.4. Алгоритм передачи команд

Рассматриваемый алгоритм в соответствии с общей моделью выполняет оператор ВЫХОД. Он формирует и передает команды во внешнюю среду. В современных системах такого рода команды передаются в следующие устройства:

Комплекты, содержащие реле. Например, команда может поступать в комплекты аналоговых абонентских линий, где осуществляется контактная коммутация сигнала послышки вызова и подключение линии к измерительной аппаратуре. Такого рода работа требует передачи аналоговых сигналов высокой мощности или малого сопротивления контактов, коммутирующих сигналы. Несмотря на прогресс техники, контакты еще не скоро будут полностью заменены другими средствами. Обмотки, управляющие реле, komponуются в специальные линейки, и сигналы, поступающие из процессора, перекодируются и при необходимости усиливаются. Особенности передачи команд в такие устройства обусловле-

ны тем, что объекты коммутации имеют относительно большое время срабатывания и отпущения. Поэтому при передаче команд обычно неэффективно дожидаться реакции, а целесообразно возвратиться к процессу по прошествии времени, достаточного для выполнения команды устройством.

Устройство, скорость выполнения команды которым ниже скорости работы процессора, будем называть медленным.

Коммутационные поля. Устройства этого типа, несмотря на их различия, из которых наиболее существенными являются временное и пространственное разделение, содержат специальные области памяти, обычно называемые «адресная память», куда записывается информация о каналах, выбранных в результате работы программы поиска путей. Эти области памяти используют ту же элементную базу, что и устройства управления, и поэтому работают с такой же скоростью. Поэтому устройства называют быстрыми. Коммутационные поля, как правило, содержат несколько каскадов, и команды управления передаются по каскадам.

Устройства обмена информацией. Они могут быть отнесены к быстрым. От предыдущих эти устройства отличает то, что в их функции может входить последующая обработка информации для обеспечения помехоустойчивости и других функций, отнесенных к первым трем уровням в модели открытых систем [20, 49, 74].

В начале настоящей главы было оговорено, что алгоритмы будут изображаться на основе модели конечного автомата. Это, в частности, означает, что работа алгоритма отображается последовательностью переходов из одного состояния в последующее в зависимости от поступившего сигнала. Изменение состояния процесса обычно вызывает необходимость изменения внешней среды, например, включения или выключения реле, передачи сигналов на соседнюю станцию и др. В общем случае говорят, что состояние внешней среды приводится в соответствие с состоянием процесса.

Например, при переходе процесса из состояния «свободно» в состояние «ожидание набора номера», необходимо подключить к абонентскому комплекту приемник набора номера (см. раздел 2.5.2, рис. 2.58). Для этого следует, как минимум, выработать команды на включение коммутационного поля и соответствующих реле комплекта. В связи со сказанным выше, смена состояний в большинстве случаев вызывает передачу последовательности команд во внешнее (по отношению к компьютеру) оборудование. Состав команд определяется парой состояний, определяющих ПЕРЕХОД (предыдущее и последующее состояние). Алгоритм передачи команд работает в соответствии с характеристиками команд, которые рассматриваются ниже.

Команды могут выдаваться одним из следующих способов:

- последовательно одна за другой;
- при условии правильного исполнения предыдущей команды;
- по истечении определенного времени после выдачи предыдущей команды.

Указанные условия должны быть записаны совместно с кодом команды. Сами команды могут иметь самый различный вид, в частности, содержать координаты устройства, на которое они воздействуют. Например, для включения реле комплекта команда может содержать номер комплекта и номер реле в комплекте. Для коммутационного поля нужны координаты коммутационного поля, которых может быть много. Это, например, номер блока, номер группы, номер матрицы, номер тракта, номер канала и пр.

И последнее уточнение, характеризующее этот процесс, — передача команд проводится в несколько этапов.

Первый этап — формирование команд. Уже говорилось, что один и тот же ПЕРЕХОД, как правило, сопровождается выдачей одной и той же последовательности команд. Однако все команды имеют определенный адрес. Другими словами, все одноименные процессы установления соединения одинаковы, но каждый «экземпляр процесса» имеет конкретные ад-

реса, так как каждый вызов поступает от определенного источника и требует индивидуальной маршрутизации. Поэтому на этапе формирования команды она считается последовательно из памяти, и к ней присоединяется конкретный адрес. Исходными данными для него могут быть данные, хранящиеся в области памяти процессов. Это может быть адрес, содержащийся во входном сигнале, в номере вызывающего абонента, в результате поиска и выбора новых путей и приборов.

Местоположение исходных данных в области памяти процессов должно быть указано в заявке на формирование команды.

Второй этап — выдача команд. Как правило, пути передачи команд могут быть различными и по соображениям надежности пути передачи, как минимум, дублируются. Кроме того, устройства бывают основные и резервные. Они могут работать в режимах:

- «горячего резерва» (одно устройство работает, а второе находится в рабочем состоянии, но не выполняет никаких функций (программ) и подключается в случае аварии первого);
- разделения нагрузки (в нормальном режиме каждое устройство работает на «свое» оборудование, а при аварии одно принимает всю нагрузку на себя);
- в синхронном режиме (в нормальном режиме оба устройства работают параллельно, при аварии неисправное устройство отключается).

При различных режимах необходимы различные алгоритмы маршрутизации команд. Например, первая попытка передачи команды проходит через основное устройство. В случае неудачной передачи команда повторяется второй раз, а затем выполняется попытка передачи через другое устройство. Возможны и другие алгоритмы, один из них будет приведен далее.

Третий этап — контроль выполнения команды. При этом производится опрос контрольных точек устройства, в которое передана команда. Эти точки сканируются, и формируется информация о правильности выполнения команды. При положительном результате формируется сигнал «команда выполнена». Отрицательный результат требует принятия мер по доставке команды. Если после этого команда не передана, то вырабатывается признак «команда не выполнена».

Связь данного модуля с центральным алгоритмом проявляется следующим образом. В центральный модуль передается результат выполнения команды. В случае положительного результата («команда выполнена») возможны следующие варианты:

а) если ВЫХОД предназначен для передачи команд в быстрые устройства, то центральная программа завершает ПЕРЕХОД тем, что устанавливает в области памяти процесса следующее состояние и начинает обработку следующего процесса;

б) если команда предназначена для передачи в медленные устройства, то устанавливается следующее состояние. С точки зрения центральной программы — это такой же процесс, как и предыдущий. Но в алгоритме передачи обязательно должно быть состояние ожидания выполнения команды (обычно оно именуется «ожидание перехода [имя следующего состояния]»);

в) при отрицательном результате передачи команд в область памяти процесса записывается входной сигнал «команда не выполнена», там же модуль передачи команд записывает следующее состояние «команда не выполнена в состоянии [имя предыдущего состояния]», после чего в центральную программу передается сигнал на повторную обработку этого процесса с новыми данными. Естественно, что новое состояние и новый выходной сигнал вызовут новый переход, действия которого зафиксированы в других состояниях центральной программы.

Во всех случаях, указанных в пунктах а), б), в), центральная программа переходит к обработке следующего процесса.

Модуль передачи команд для формирования команд использует данные, хранящиеся в области памяти процесса. В основном они используются для формирования конкретных адресов в типовых наборах команд.

После рассмотрения алгоритмов, связанных с функциями ввода/вывода, рассмотрим коммутационные алгоритмы выполняющие задачи, которые применяются во всех типах коммутационных станций.

2.9.5. Пример реализации алгоритма передачи команд

Рассмотрим один из возможных вариантов реализации алгоритма передачи команд. Основные его особенности:

- рассматривается наиболее сложный случай — передача в медленные устройства;
- считается, что периферийные устройства дублированы, что также усложняет алгоритм;
- при невыполнении команды предусматривается ее повтор.

Таким образом, алгоритм реализует наиболее сложный случай и при конкретном применении может быть упрощен, если отказаться от одного из перечисленных условий. Например, в современных станциях с распределенным управлением группы управления могут быть настолько уменьшены, что управление ими может осуществляться без резерва и повторов при невыполнении команды.

Общая структура алгоритма передачи команд показана на рис. 2.71. На нем, как и в предыдущем случае (алгоритм сканирования), показана входная информация (предыдущее и последующее состояния). По этой информации находится последовательность команд, которая подлечит передаче. Кроме того, на вход алгоритма поступает информация от алгоритма сканирования (результат сканирования контрольных точек), которая используется для проверки правильности передачи команд. Остальная информация вводится до начала работы алгоритма и является информацией настройки.

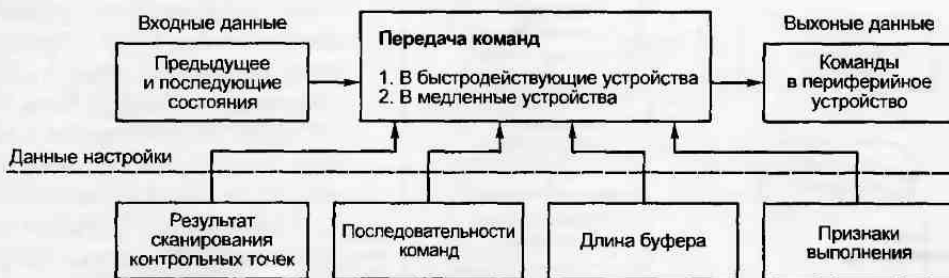


Рис. 2.71. Общая структура алгоритма передачи команд в периферийные устройства

Последовательность команд задается таблицей, которая каждой паре состояний ставит в соответствие совокупность команд. Признаки выполнения записываются в каждую команду и указывают на способ выполнения команд (последовательное, по условию, по времени).

Длина буфера вычисляется исходя из нагрузки на модуль и указывает максимальное количество заявок, которое может находиться в очереди на выполнение алгоритма передачи команд.

Алгоритм передачи команд представлен на рис. 2.72. Он начинает работу при получении заявки на передачу последовательности команд (оператор 1). Эта заявка содержит два состояния — предыдущее и последующее. Иногда эти пары нумеруются, и тогда передается

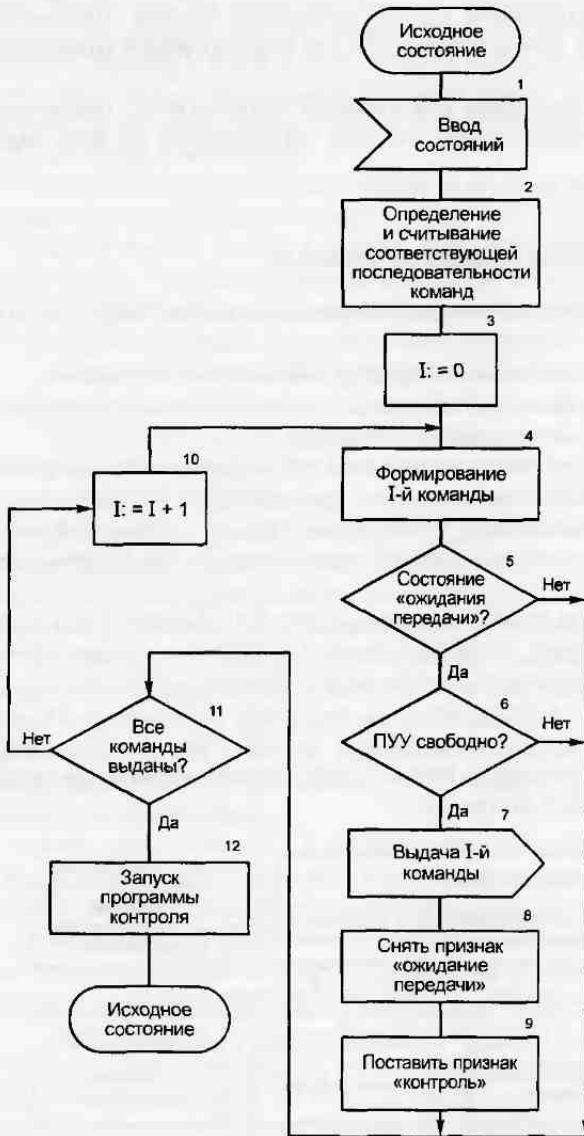


Рис. 2.72. Алгоритм передачи команд

информация о номере пары, называемая номером последовательности команд. По этой информации выбирается последовательность команд (оператор 2), соответствующая этой входной информации. Далее устанавливается текущий номер первой команды последовательности (оператор 3), после чего проводится формирование текущей команды (оператор 4), которое заключается в том, что по номеру типа устройства, который содержится в первой команде, считанной из таблицы последовательности, подставляется номер комплекта из области процесса управляющего соединением. Далее эта команда передается в буфер для вывода с признаком «ожидание передачи». При выводе команды проверяется наличие этого признака — оператор 5 (возможны и другие признаки, например, «ожидание контроля»).

Оператор 6 проверяет занятость периферийного управляющего устройства (ПУУ). При включении медленного периферийного устройства оно может быть занято, и есть смысл перейти к передаче следующей команды, если она направлена в другое ПУУ.

Оператор осуществляет передачу команд, после чего снимается признак «ожидание передачи», устанавливается признак «контроль» и после того, как все команды будут переданы, включает-

ся вторая часть этого алгоритма — «контроль за передачей команд» (операторы 8–9). Далее проверяется необходимость дальнейшей передачи хотя бы еще одной команды (оператор 11), и, если это необходимо, то счетчик команд увеличивается на единицу (оператор 10). В случае передачи последней команды запускается алгоритм контроля (оператор 12). Далее алгоритм переходит в исходное состояние.

Рассмотрим теперь второй этап выдачи команд — контроль правильности выдачи (рис. 2.73). Алгоритм показывает, что передача команд инициируется центральной программой и при обнаружении заявок выполняется функция контроля. Проверяется наличие у дан-

ной последовательности команд признака «ожидание контроля». Если такой признак обнаруживается, то проверяется, выполнена команда или нет. Если же она выполнена, определяется, произошло ли это с первого раза или нет, и далее выясняется, каким устройством это было выполнено — основным или резервным. В соответствии с результатами проверки этих условий осуществляются действия, отображенные на рис. 2.73. В конце делаются обычные проверки на окончание передачи.

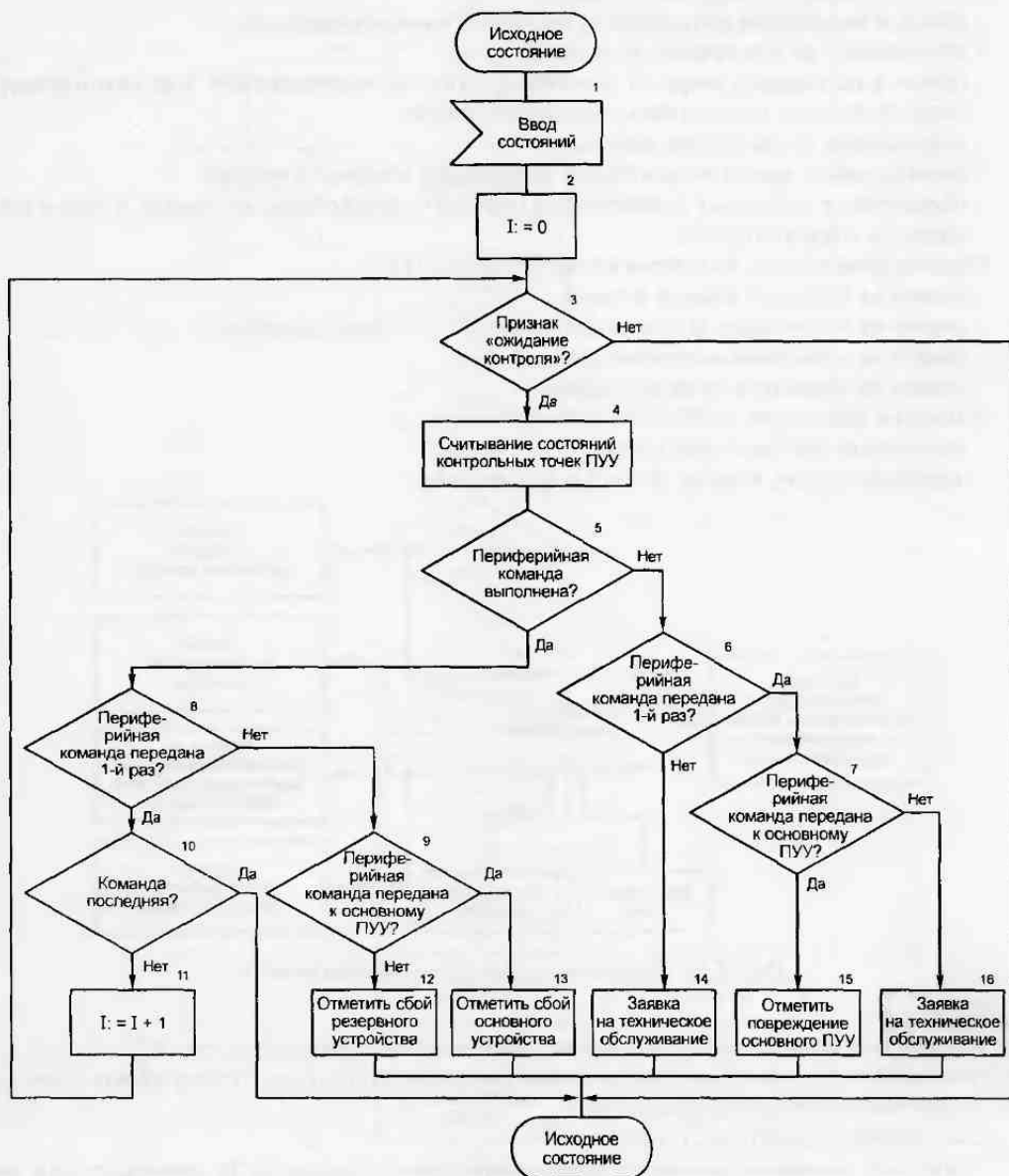


Рис. 2.73. Алгоритм контроля правильности передачи команд

2.9.6. Алгоритм приема номера вызываемого абонента

Алгоритм предназначен для фиксации номера вызываемого абонента. Он позволяет осуществить прием номера от дискового и многочастотного номеронабирателей. С точки зрения процесса обслуживания эти два вида набора отличаются тем, что информация поступает в виде отдельных импульсов (дисковый набор) или прямо в виде кода цифры.

Алгоритм приема номера обеспечивает:

- прием и накопление импульсов от дискового номеронабирателя;
- определение межцифрового интервала;
- прием и накопление цифр от многочастотного номеронабирателя или накопленного числа импульсов от дискового номеронабирателя;
- определение конца набора номера;
- формирование заявок на алгоритмы дальнейшей обработки вызова;
- обращение к алгоритму «таймер» для отсчета межцифрового интервала и прием сигналов от этого алгоритма.

Результатами работы алгоритма являются (рис. 2.74):

- заявки на алгоритм анализа номера;
- заявки на отключение акустического сигнала «готовность станции»;
- заявки на включение алгоритма «таймер»;
- заявки на обработку сигнала «отбой».

Алгоритм использует следующие области памяти:

- накопления принимаемой цифры;
- хранения первой, второй, третьей и других цифр.



Рис. 2.74. Функциональная схема приема номера

Конкретный пример работы алгоритма приема номера приведен на рис. 2.75. Работа алгоритма начинается с анализа буфера заявок (оператор 2). При отсутствии заявок управление возвращается алгоритму-диспетчеру.

Если заявки на работу поступили, то:

- по одной из них определяется номер оборудования (оператор 3), принимающего номер (приемник набора номера — ПНН);
- формируется заявка на включение таймера для отсчета 200 мс (оператор 4).

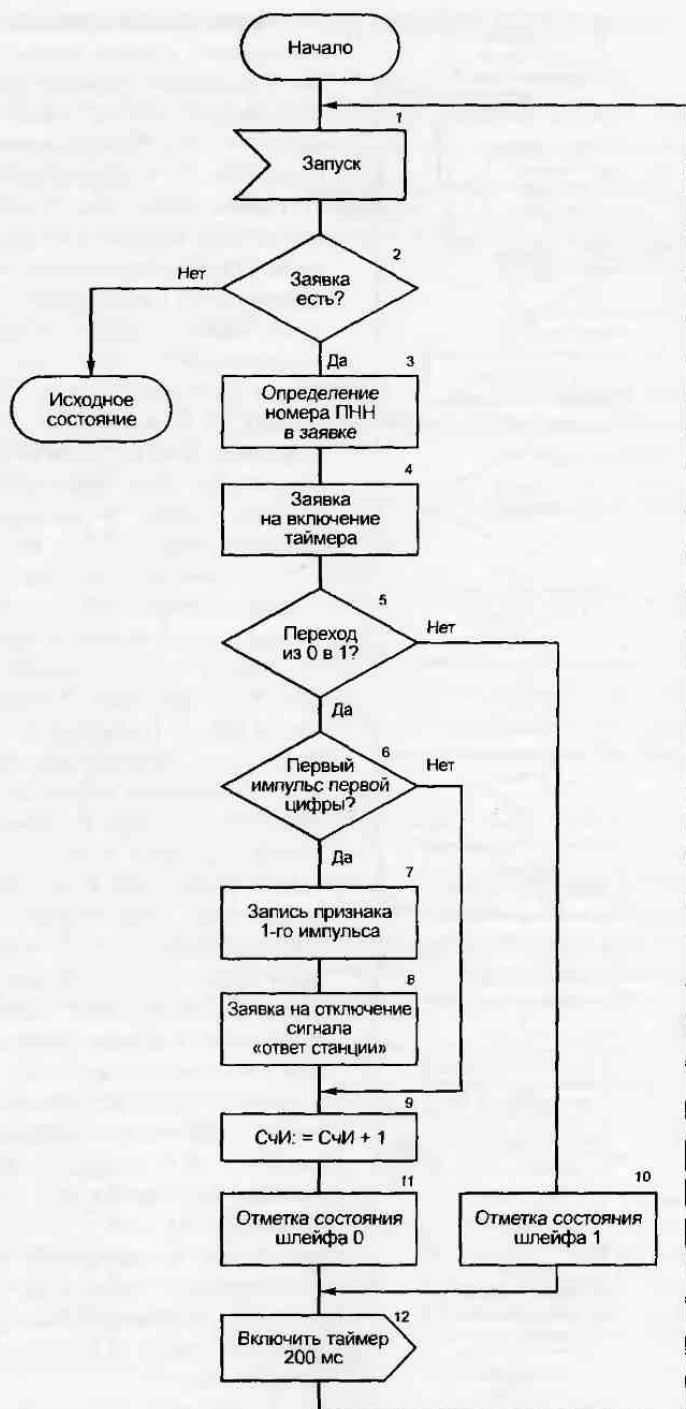


Рис. 2.75. Алгоритм приема номера



Рис. 2.76. Алгоритм приема цифр

Часто отсчет времени ведется самим алгоритмом приема номера. Для этого данному алгоритму передается управление через каждые 100 мс. Если шлейф разомкнулся, т.е. состояние сменилось с 1 на 0 (оператор 5), то анализируется номер поступившего импульса (оператор 6). Если это первый импульс, то формируется заявка на отключение сигнала «ответ станции» (оператор 8) и отмечается, что первый импульс первой цифры принят (оператор 7). Содержимое счетчика импульсов увеличивается на 1 (оператор 9). Если импульс не первый, то выполняется тот же оператор 9, а указанные выше действия не производятся. После чего фиксируется состояние шлейфа, равное 0 (оператор 10), и снова читается заявка. Если тип перехода от 0 к 1, то фиксируется состояние шлейфа, равное 1 (оператор 11), включается таймер 200 мс и снова читается заявка буфера.

Вторая часть алгоритма приема номера (рис. 2.76) начинается с анализа наличия заявок на таймер (оператор 2). Если заявок нет, то алгоритм заканчивает работу. Если заявки есть, то алгоритм определяет номер приемника набора номера (оператор 3), и анализируется состояние шлейфа. В случае замкнутого шлейфа работа алгоритма зависит от числа цифр, зафиксированного счетчиком СчЦ (оператор 5). Если число цифр превышает заданное максимальное значение (оператор 6), то алгоритм заканчивает работу. В противном случае, цифра, зафиксированная в счетчике импульсов, переписывается в соответствующую область памяти (оператор 7), а значение счетчика (цифра) увеличивается на 1 (оператор 8). Счетчик импульсов приводится в исходное положение (оператор 9), после чего анализируется, достаточно ли накоплено цифр для начала установления соединения (оператор 10). В случае положительного результата формируется заявка на алгоритм анализа номера (оператор 12).

Результатом работы алгоритма приема цифр является запись принятых номеров в память для их дальнейшей обработки.

2.9.7. Декодирование, анализ номера и выбор направлений

Общая структура этого алгоритма показана на рис. 2.77. На вход поступает информация, которая должна быть преобразована в другую форму. Пересчет одного числа или набора чисел в другие — довольно распространенная в коммутационной технике операция. В частности, она обусловлена многозначностью системы нумерации одного и того же прибора на телефонной станции. Например, абонентский комплект может иметь следующие номера:



Рис. 2.77. Общая структура алгоритма анализа номера и выбора маршрутов и образующих их групп линий

- *списочный* — зафиксированный в абонентском справочнике и поступающий на АТС при наборе номера абонента;
- *позиционный* — номер места включения этого АК в коммутационном поле;
- *порядковый* — тип комплекта и номер в типе;
- *по вводу* — номер линейки определителя;
- *по выводу* — номер линейки управляющего устройства, в которое включены исполнительные элементы;
- *зоны памяти* — номер области, в которой хранятся данные о комплекте.

В процессе установления соединения все эти номера могут преобразовываться один в другой. При разработке АТС всегда стараются упорядочить связь между нумерациями. Наличие закона, определяющего такое преобразование, экономит ресурсы, но, к сожалению, чаще всего такой закон отсутствует.

Очень простым алгоритмом преобразования (пересчета) является одноступенчатая дешифрация с помощью таблицы, когда каждому исходному номеру, подлежащему пересчету, отводится одна строка таблицы, в которую записывается соответствующий номер в другой системе нумерации. Подобный пример показан на рис. 2.78, а. Показанный дешифратор предназначен для определения порядкового номера абонентского комплекта. Каждой строке сопоставляется списочный номер (например, 512546), в который записан соответствующий порядковый номер абонентского комплекта (в данном случае АК 1).

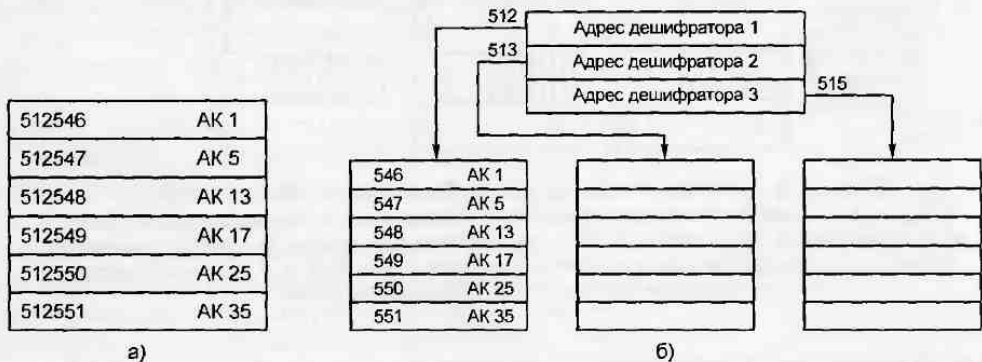


Рис. 2.78. Области памяти алгоритма анализа:

а) организация памяти при прямом пересчете; б) при двухступенчатом пересчете

Существенное влияние на алгоритмы дешифрации оказывают требования наращивания станции в процессе эксплуатации. Для удобства расширения станции в процессе эксплуатации часто вводится двухступенчатая или многоступенчатая адресация (рис. 2.78, б).

На современных сетях с узлообразованием число возможных комбинаций первых цифр абонентского номера значительно превышает число направлений с каждой станции. Каждую АТС можно включить в узел исходящего сообщения. При этом внешние связи идут только через узел. Таким образом, число внешних направлений равно 1, и, если номер абонента сети содержит 6 знаков, то одноступенчатая нумерация приведет к огромному объему неэффективно используемой памяти. Учитывая вышесказанное, для уменьшения объема пересчета можно применить последовательный принцип анализа, когда последовательно анализируется каждая отдельная цифра.

Результаты такого анализа могут быть следующими:

- данное число цифр (в том числе и одна цифра) достаточно для пересчета направления;
- анализ направлений должен быть продолжен с использованием того же числа цифр;
- необходимо продолжить анализ с добавлением для анализа еще одной цифры.

Для алгоритма, реализующего этот способ, организуются массивы памяти анализа первой, второй третьей и т.д. цифр номера (рис. 2.79). Каждая зона массива памяти содержит два слова (на рис. 2.79 показаны только зоны массива первых цифр). Первое слово содержит в себе эталон, с которым будет сравниваться i -я цифра номера, и адрес (A_1, A_2, \dots, A_n) очередного слова зоны массива первых цифр. В этой зоне находится другой эталон, сравнение с которым осуществляется в случае, если предыдущий эталон совпал с i -й цифрой номера. Если такое совпадение произошло, во втором слове может иметь место один из двух видов информации: номер направлений или адрес массива следующей ($i + 1$)-й цифры, с эталонами которого надо последовательно сравнить эту цифру.

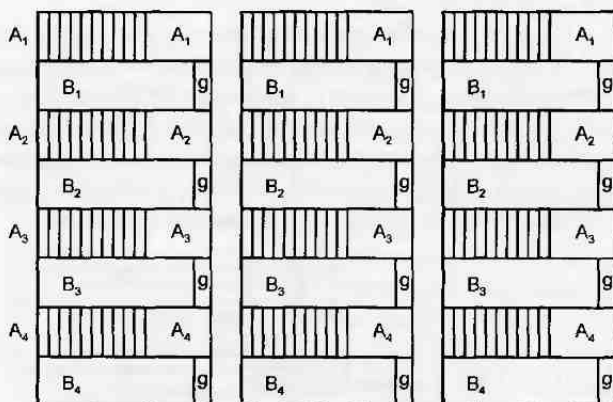


Рис. 2.79. Массивы алгоритма последовательного анализа цифр:

A_1, \dots, A_n — адреса, по которым осуществляется переход при несовпадении цифры и эталонов зон той же i -й цифры; B_1, B_2 — направления или адреса, по которым возможен переход при совпадении цифры и эталона в зону $(i + 1)$ -й цифры; g — признак перехода по адресу или окончания поиска направления

Эталон представляет собой десятиразрядное слово с информацией, записанной позиционно. Напомним, что в позиционном коде каждой цифре от 0 до 9 соответствует один двоичный разряд, единичное значение которого свидетельствует о наличии этой цифры в слове.

Модуль, реализующий этот алгоритм, использует в качестве входных данных заявки от алгоритма приема номера (адреса зоны, где накоплены цифры). Результатом его работы является номер направления.

Алгоритм настраивается на основе таблиц, списочных номеров и соответствующих им направлений (рис. 2.79). Он осуществляет ряд действий, представленных на рис. 2.80. Алгоритм начинается с запуска. Затем устанавливается индекс $i = 0$ (оператор 2), соответствующий первой цифре номера. Далее эта цифра читается (оператор 3) и декодируется в позиционный номер (оператор 4), после чего читается эталон (\mathcal{E}_i) (оператор 5) и побитно проверяется на совпадение (оператор 6) с позиционным значением номера (N_i).

Если получено совпадение позиционного номера и эталона, то проверяется признак во втором слове эталона (оператор 8). Значение $g = 0$ говорит о том, что в этом слове записан номер направления, который вносится в рабочую ячейку (оператор 9) и является результатом работы алгоритма. Если цифра не совпала с эталоном, то из первого слова эталона читается адрес зоны и эталона, размещенного в этой зоне (оператор 7) и процесс повторяется. При совпадении цифры с эталоном и при $g = 1$ читается следующая цифра и эталон вторых цифр, адрес которого указан во втором слове зоны ($i = i + 1$, оператор 12). При этом проверяется, не превосходит ли индекс $(i + 1)$ заданное на сети число цифр (оператор 13). Если не превосходит, читается следующая цифра и процесс повторяется. В противном случае отмечается, что набранный номер соответствует несуществующему направлению (оператор 14).

Рассмотрим конкретный пример. На рис. 2.81 показаны сетевые соедине-

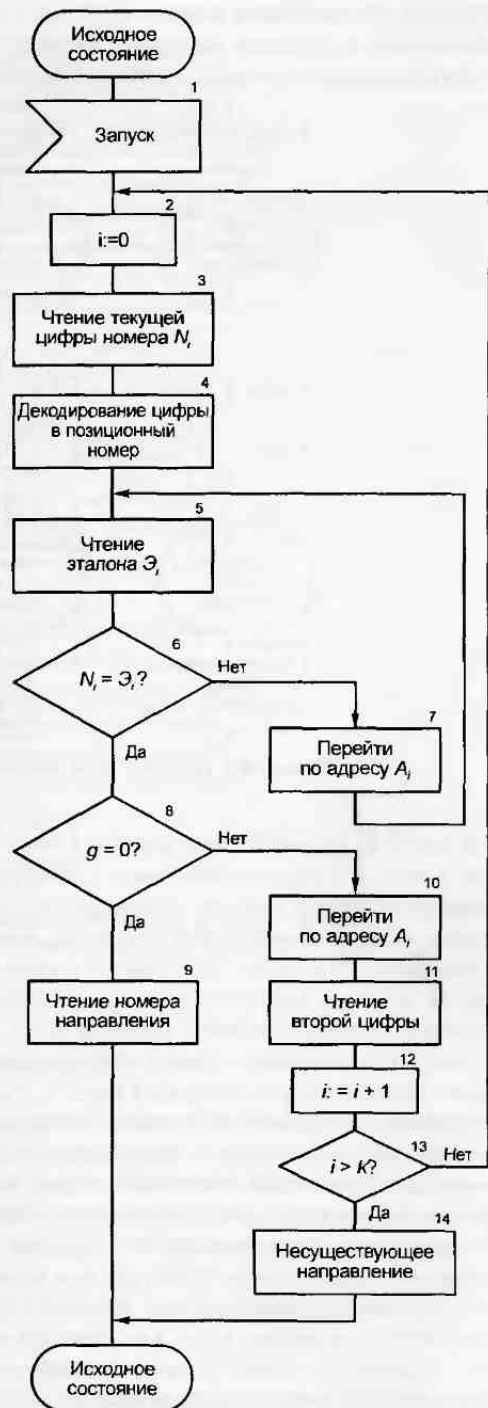


Рис. 2.80. Алгоритм пересчета номера

ния станции, обозначенной цифрой 1. От нее к другим АТС имеется шесть направлений, обозначенных шестизначными номерами. Первые два направления характеризуются одним знаком, одно направление — двумя знаками, остальные два — тремя знаками.

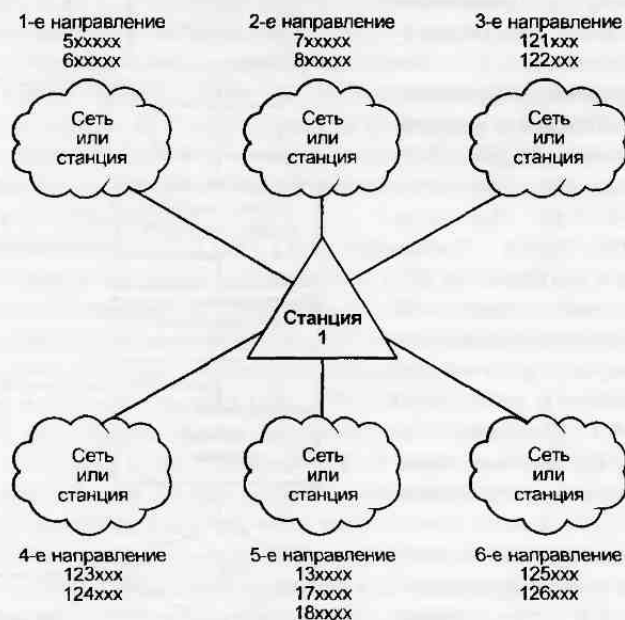


Рис. 2.81. Пример сети связи с нумерацией направлений

На рис. 2.82 показаны зоны памяти, соответствующие данной сети.

По адресу 1 в эталоне значением 1 отмечены позиции 5 и 6, соответствующие первому направлению. Номер данного направления записан во втором слове, признак $g = 0$. В правой части первого слова содержится адрес второй зоны (адрес 2), используемый при несовпадении цифр с эталоном. Значением 1 в эталоне адреса 2 отмечены позиции 7 и 8, соответствующие второму направлению. Адрес 3 в этой зоне указывает, куда надо перейти при несовпадении эталона и цифры. Признаком $g = 1$ в слове с адресом 3 указывает, что в случае совпадения позиционного номера цифры и хотя бы одного разряда эталона нужно перейти в эталон массива вторых цифр по адресу 5. Такой переход диктуется тем, что первая цифра со значением 1 не дает возможности определить направление, поскольку четыре направления (с третьего по шестое) характеризуются номерами, начинающимися с 1 (рис. 2.81). В конце каждого массива цифр стоит эталон, содержащий все единицы. Он гарантирует, что цифры, не пересчитанные в номер направления или не переадресованные к другим ячейкам, не приведут станцию в тупиковую ситуацию. Таким цифрам приписывается индекс «несуществующее направление». Действия для подобных исходных данных уже отображены общим алгоритмом анализа (см. рис. 2.80).

При запуске в работу этого алгоритма указывается место, в котором находится информация, подлежащая декодированию. Наиболее распространенный случай — пересчет набранного номера в номер направления установления соединения. В этом случае дается заявка с указанием области памяти процесса, где находится информация, и указанием места, в которое следует записать номер найденного направления.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	Адрес 2	Адрес 1
1-е направление										0	
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	Адрес 3	Адрес 2
2-е направление										0	
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Адрес 3
Адрес 5										1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		Адрес 4
Несуществующее направление										0	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	Адрес 6	Адрес 5
5-е направление										0	
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Адрес 7	Адрес 6
Адрес 9										0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		Адрес 7
Несуществующее направление										0	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Адрес 9	Адрес 8
3-е направление										0	
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	Адрес 10	Адрес 9
4-е направление										0	
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	Адрес 11	Адрес 10
6-е направление										1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		Адрес 11
Несуществующее направление										0	

Рис. 2.82. Пример отображения участка сети в зонах памяти
В зонах памяти отображается сеть, показанная на рис. 2.81

2.9.8. Алгоритм поиска промежуточных путей

Алгоритм поиска промежуточных путей выполняет одну из массовых задач и применяется при наличии на станции многокаскадной коммутационной системы. Он предназначен для отыскания в ней свободной и доступной вызову линии. Алгоритм, структурная схема которого показана на рис. 2.83, может выполнять поиск линий между следующими пунктами:

- двумя заданными точками (входом и выходом) коммутационного поля (поиск «точка–точка»);
- точкой и группой точек коммутационной системы (поиск «точка–группа»);
- двумя группами точек (поиск «группа–группа»);
- группой и одной точкой (поиск «группа–точка»).

При реализации указанных операций используются следующие типы искания:

- *линейное искание*, т.е. поиск определенной линии в соответствии с принятой адресной информацией (например, по номерам двух абонентских комплектов);

- *свободное искание*, т.е. выбор промежуточных линий к любому свободному и доступному выходу (например, к любому приемнику набора номера);
- *групповое искание*, при котором на первом этапе происходит выбор группы выходов, а на втором отыскивается любой свободный выход в этой группе (например, при исходящей связи, когда поиск проводится в одном из нескольких направлений соединения).



Рис. 2.83. Структурная схема алгоритма поиска путей

Во всех системах с программным управлением рассматриваемый алгоритм осуществляет действия по поиску одной из всех свободных и доступных линий между двумя заданными точками. Такой способ называется *обусловленным исканием* «от конца к концу».

В заявке на работу алгоритма поиска промежуточных линий (рис. 2.83) задаются следующие параметры: данные адреса первой точки (или группы точек); тип поиска и маршрут. Необходимый тип поиска может быть выбран из перечня, приведенного выше.

Выбор маршрута необходим в том случае, когда поиск ведется в пределах различных блоков. Например, между двумя точками блоков абонентских линий (БАЛ) при местной связи или между точкой и группой точек в блоке соединительных линий (БСЛ) при транзитной связи и т.д. Маршрут указывает на комбинации такого поиска (БАЛ–БАЛ, БАЛ–БСЛ и т.д.). Результат поиска путей содержит координаты промежуточных линий (информация о заданных конечных точках переносится из входной заявки), признак «путь найден», а при занятости — «путь не найден». Кроме этих двух наиболее часто встречающихся признаков возможно занесение таких признаков как «путь найден с учетом категории». Например, в сотовых сетях в случае приоритетной связи при полуавтоматическом соединении от АМТС.

В последнее время снова возвращаются системы, в которых поиск осуществляется последовательно по звеньям коммутационного поля (например, System 12). Особенности управления при этом состоят в том, что процессор последовательно формирует команды, содержащие указанные типы поисков.

Кроме того, современные цифровые коммутаторы могут изменять соотношения между входами и выходами, и поиск может проводиться через различное число звеньев. Поэтому при формировании команд увеличивается количество признаков типа поиска (например, до 16), а результат поиска формируется и передается в процессор самим коммутационным полем. Но от этого логическое содержание процесса не меняется, несмотря на незначительное различие процессов эксплуатации.

Для настройки модуля, реализующего поиск путей, необходимы следующие данные:

- число линий между звеньями коммутационной системы;
- число направлений соединения и число линий в них;
- таблица (или граф) связей в соответствии с группообразованием;
- размерность и число коммутаторов (соединителей) по каждому звену.

Для поиска промежуточных линий организуются массивы памяти, отражающие различные элементы коммутационной системы. Как уже указывалось, массивы памяти тесно связаны с оборудованием, состояние которого они отображают. При этом значению 0 обычно приписывается состояние линии «занято», а 1 — «свободно». На рис. 2.84 изображен массив, отражающий состояние выходов матричных соединителей звеньев А (для выходов звена В и выходов D структура массива одна и та же).

МС 0								МС 1							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
МС 2								МС 3							
МС 4								МС 5							
МС 6								МС 7							

Рис. 2.84. Массив состояний выходов матричных соединителей

Выходы коммутационной системы должны отражать состояние соединительных линий к другим станциям и обеспечивать возможность перераспределения этих линий в различных направлениях. На рис. 2.85, а изображен один из способов организации памяти направлений. Согласно этому способу, в каждое из 16-разрядных слов можно записать данные о состоянии восьми линий. У каждой линии могут быть четыре состояния «свободно/занято» и «заблокировано/разблокировано». В массиве памяти для отображения этих состояний для каждой линии отведено два двоичных разряда.

Все слова, отражающие состояния линий одного направления, компоуются в один из подмассивов. Для всех подмассивов направления организуется массив базовых адресов (рис. 2.85, б), где указывается начало и конец подмассива каждого направления, включая такие устройства станции, как приемники набора, частотные приемопередатчики и т.п. Каждому номеру канала в направлении ставится в соответствие номер, записанный в массиве позиционных адресов (блока, матрицы, выхода звена D).

Общий алгоритм поиска промежуточных путей показан на рис. 2.86 для четырехзвенной схемы.

В первую очередь анализируется заявка и определяется тип поиска (операторы 3–5). Если в типе указана группа точек (оператор 4), то из них выбирается одна (оператор 6), и искание проводится между двумя точками.

В дальнейшем проводится поиск линий между двумя точками. Если линия не будет найдена (оператор 10), то проверяется тип поиска (оператор 13). Если поиск групповой, то анализируется, можно ли осуществить еще одну попытку поиска с другой точкой в группе. Это возможно, если число попыток не превысило максимально заданное (оператор 14). Если линии найдены, то по результату поиска уточняется состояние промежуточных линий, корректируется и формируется результат в виде координат промежуточного пути (операторы 11 и 12). Во всех случаях на выходе алгоритма формируется признак (оператор 12), имеющий значение «путь найден» или «путь не найден».

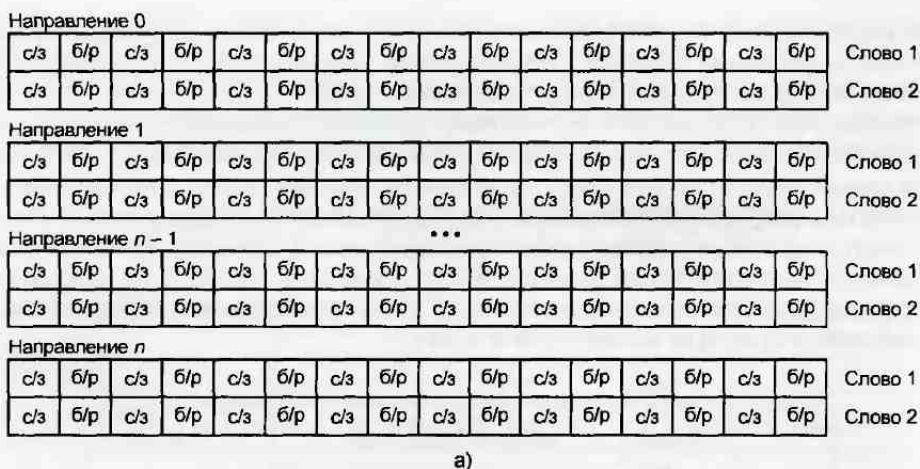


Рис. 2.85. Способ организации памяти направлений:

В каждое 16-ти битовое слово можно записать данные о состоянии восьми линий:
с — свободен, з — занят, б — блокирован, р — разблокирован

Принцип обусловленного искания заключается в последовательном определении общей свободности участков путей по графу доступности (рис. 2.87, б), с помощью которого изображаются все доступные пути между двумя точками. Граф называется последовательно-параллельным, если любые его два участка включены либо последовательно, либо параллельно. Четырехзвенная схема группообразования без расширения и сжатия показана на рис. 2.87, а. Она содержит звенья, обозначенные буквами А, В, С, D, каждое из которых образовано с помощью восьми коммутаторов. Каждый коммутатор имеет восемь входов и восемь выходов. Кружки на рис. 2.87, б соответствуют соединителям звеньев А, В, С, D, а дуги — промежуточным линиям между ними. На каждой дуге указано состояние линии (0 — занято, 1 — свободно). В рассматриваемом графе для примера показано, что соединение от абонента 0 из звена А может пройти по 8 соединительным линиям звена В (в примере счет линий начинается от 0, и $n_1 = 7$); далее n_2 путями последующего звена ведет только одна линия (в примере $n_1 = n_2 = 7$) к соединителям звена С и т.д. Этот граф называется односвязным, так как от каждого соединителя предыдущего звена к определенному соединителю последнего звена ведет только одна линия.

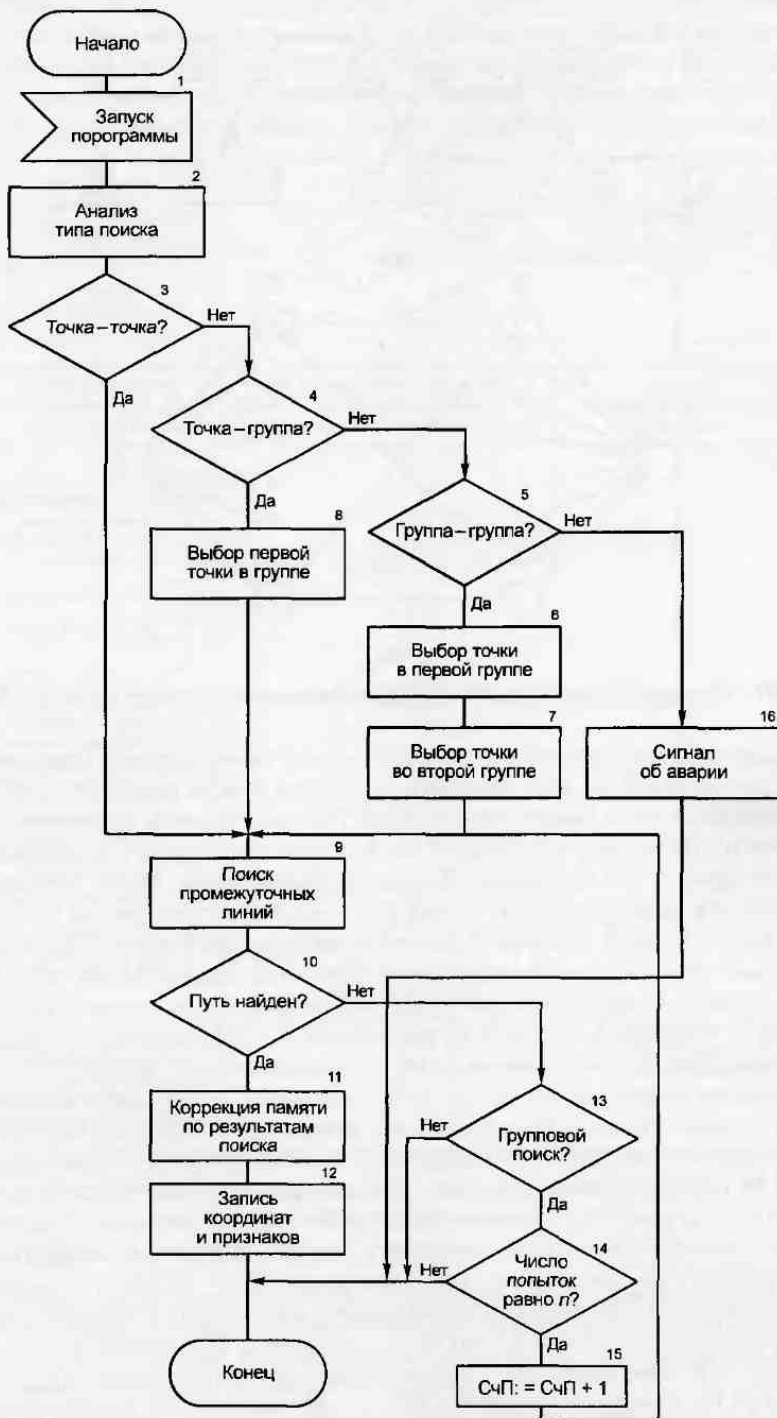


Рис. 2.86. Алгоритм поиска промежуточных линий (общая часть)

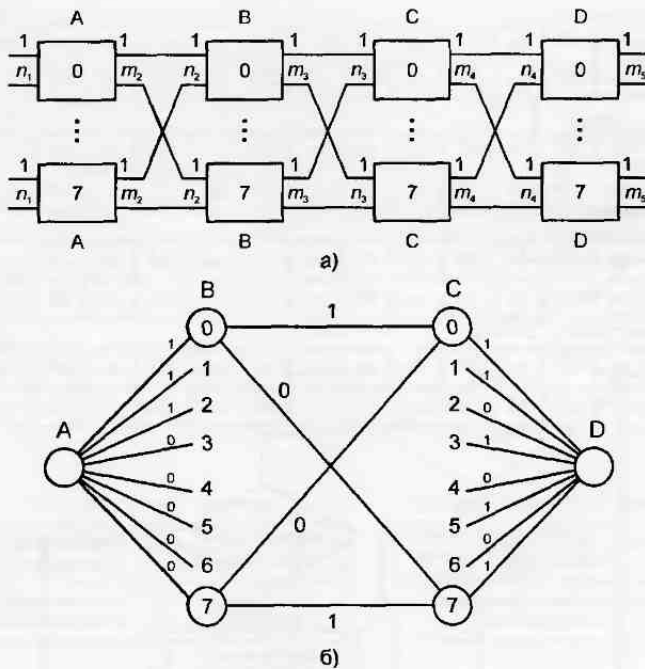


Рис. 2.87. Четырехзвенная схема группообразования и соответствующий ей граф

Задача сводится к нахождению путей в графе между двумя точками, отмеченными только единицей (свободными по всем звеньям). Процедура поиска реализуется путем логического перемножения слов в памяти, отражающих состояние линий, образующих один путь от точки до точки. Поскольку в некоторых звеньях один выход ведет к нескольким входам последующего звена, а его состояние кодируется одним битом, то это состояние обычно «размножается», т.е. образуется новое слово, где каждый бит повторяется столько раз подряд, сколько имеется линий, доступной данной, в последующем звене. Так, на рис. 2.87 одной из свободных промежуточных линий звена А доступны восемь линий звена В. Поэтому ее состояние (равное 1) представляется в виде восьмиразрядного слова 11111111 (размножение), а совместная свобода пути от входа звена А к выходу звена В определяется как логическое произведение этого слова на слово состояний выходов звена В.

Для реализации поиска задаются две точки, например, номера двух абонентских комплектов, либо номера абонентского комплекта и направления. При этом может быть задано не только внешнее направление, но и направление на любой блок служебных комплектов.

На рис. 2.88 показан пример алгоритма поиска промежуточных путей. В алгоритме после запуска его центральной программой оператор 2 позволяет определить состояния выходов, доступных данному абонентскому комплекту (выходы матричного соединителя звена А). Оператор 3 проводит «размножение» этой информации: $M_{AB} = 8 \circ S_{AB}$ (\circ — оператор разномножения). После этого определяются свобода и доступность промежуточного пути по любой линии между звеньями А и В к любому выходу звена В (оператор 4).

Дальнейшие действия (операторы 5 и 6) повторяют предыдущую процедуру, но только со стороны звена D. По номеру комплекта (он либо задан в заявке, либо предварительно выбран из группы — направления) определяется номер байта состояний (S_{CD}) в массиве (M_{CD}). Затем состояния этого байта логически «размножаются» (оператор 6), формируя массив (M_j). Далее

вычисляется массив результата $M_{рез}$ (оператор 7), с помощью которого определяются свободные и доступные с двух сторон линии между двумя выходами звена B и входами звена C , например, со стороны абонентского комплекта и выхода со станции. После этого массив анализируется и из него выбирается одна из таких линий. Любая из выбираемых линий характеризуется наличием 1 в результирующем массиве. (На рис. 2.88 выбирается первая левая единица.)

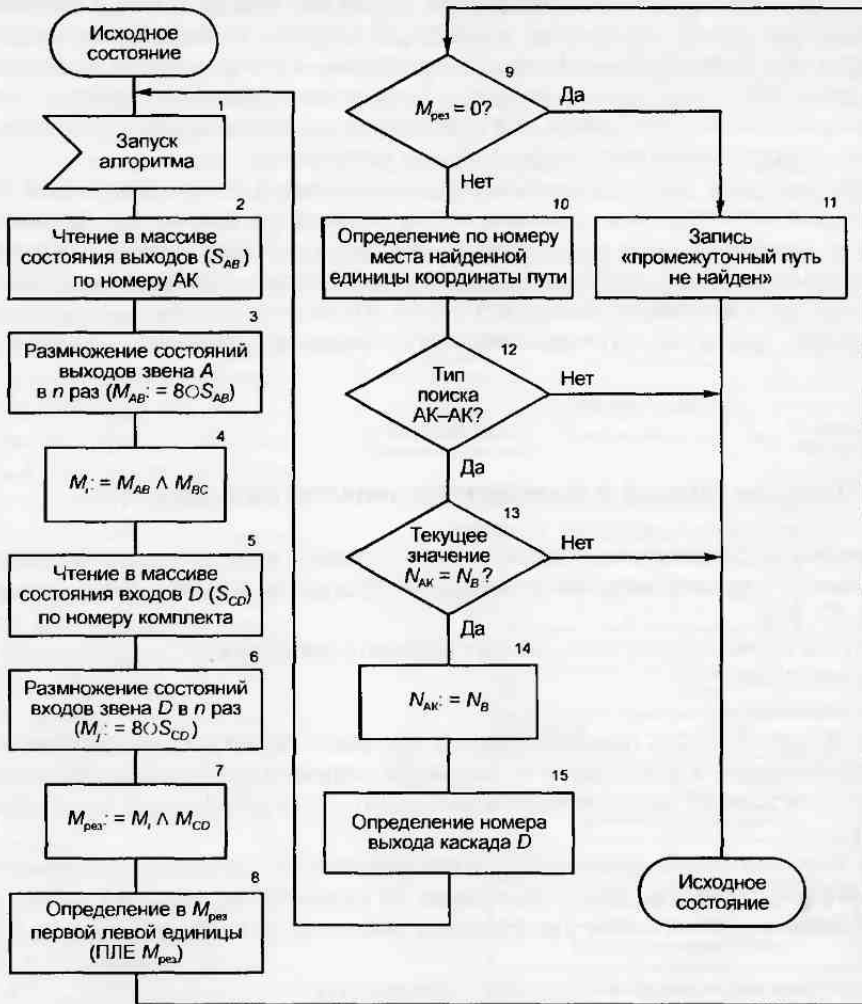


Рис. 2.88. Алгоритм поиска промежуточных путей:

○ — оператор размножения

В простейшем случае процесс выбора — это поиск первой левой единицы (оператор 8). Часто применяют более сложный выбор. Одним из таких случаев является выбор по счетчику, который указывает начало поиска. В этом случае поиск начинается с единицы, номер которой указывает начало поиска и ведется по циклу.

Оператор 9 формирует один из признаков «путь найден» или «путь не найден» ($M_{рез} = 0$). В первом случае производится расшифровка результирующего слова для формирования

координат найденного промежуточного пути. Для этого по местоположению найденной единицы определяются номера соединителей и их входов в каждой матрице каждого звена (оператор 10). На рис. 2.88 показан поиск между двумя комплектами (местная связь), поэтому процесс повторяют для второй части пути до абонента В (операторы 12–13). Если вторая половина пути просмотрена, то алгоритм закончен. Если поиск групповой, то при отсутствии путей меняют оконечный комплект и поиск повторяют. Еще раз следует напомнить, что здесь рассмотрен только простейший алгоритм. В реальных станциях в настоящее время применяются пространственно-временные коммутаторы, в которых выход представляет собой групповые тракты по 32 и более каналов. Тогда ребра графа превращаются в пучки линий, и поиск несколько усложняется. Все станции без исключения применяют обходные направления, что требует повторов поиска в другом направлении.

Однако, несмотря на это, в реальности рассмотренный нами простейший принцип лишь обрастает деталями, но в основных чертах остается без изменений. Алгоритм получает одну из указанных выше видов заявок и использует области памяти процесса. После поиска он помещает координаты найденного пути в область памяти центрального процесса, а, если путь не найден, формирует в этой области следующее состояние «путь не найден» и дает запуск на повторную обработку оператора перехода, но уже с новыми данными.

2.9.9. Алгоритмы приема и передачи сигнальной информации

Данный раздел посвящен рассмотрению весьма сложного вопроса — сигнализации. Данная проблема и смежные вопросы, в частности, протоколы обмена, рассмотрены в ряде работ [20, 72, 84].

Приступая к анализу этой темы, следует разделить два вопроса:

- Что передавать?
- Как передавать?

Ответ на первый вопрос позволит судить о том, какой сигнал следует передавать в ответ на поступивший ранее в зависимости от состояния системы и результата его обработки. Эта задача является основой для центральной программы. С ее реализацией мы познакомимся далее.

Ответ на второй вопрос должен обеспечивать правильную передачу уже известного сигнала и надежную работу системы сигнализации. За это отвечает алгоритм (точнее, алгоритмы) сигнализации. Для изучения этого вопроса воспользуемся классификацией, приведенной в [20].

Для передачи сигналов по каналу связи применяются:

- внутриканальная сигнализация;
- внеканальная сигнализация;
- отдельные каналы связи.

Первые два вида сигнализации используют для передачи сигналов комплекты и устройства, работающие совместно с канальным оборудованием. Поэтому они в большей мере относятся к алгоритму передачи команд. Например, при передаче сигналов по разговорному тракту необходимо сформировать сигналы включением определенных реле (взаимодействие по аналоговым линиям) или записью в определенные регистры (взаимодействие по цифровым каналам). В этом случае достаточно дать заявку в модуль передачи команд, и он сформирует соответствующие команды.

При использовании отдельного канала сигнализации процесс установки заявки на передачу команды не отличается от предыдущего случая. В настоящее время в качестве передающей среды применяется 16-е временное положение ИКМ-тракта. Алгоритм передачи команд помещает сформированные последовательности в информационную область памяти 16-го канала. Но на передающей и приемной станциях используются специальные алгоритмы для преобразования пользовательской информации в форму, передаваемую по каналу (сигнальные единицы) и обеспечивающую защиту информации от искажения. Эти задачи выполняются на канальном уровне эталонной модели [20]. Понятие эталонной модели играет очень важную роль в современных системах обмена информацией и сигнализации, но требует достаточно детальных рассуждений, поэтому при необходимости следует обратиться к [20].

Алгоритм сигнализации рассмотрим кратко на примере отдельного канала сигнализации и протокола X.25. Такое рассмотрение поможет читателю в дальнейшем самостоятельно расширить знания по данному вопросу.

Структура алгоритма приема и передачи сигнальной информации показана на рис. 2.89. На вход этого алгоритма поступает заявка на передачу сигналов управления и взаимодействия.

Заявка на передачу сигнала указывает область памяти процесса, в котором указан адрес комплекта, через который или для которого надо передать сигнал, определяемый состоянием процесса. Эта заявка содержит сигнал, который необходимо передать на соседнюю станцию. Сигнал кодируется в соответствии с рекомендациями ИТУ и поступает на выход для передачи во внешнюю среду в соответствии с протоколом, принятым на данном направлении. Кроме того алгоритм выдает сообщения о результате передачи сигналов («сигнал передан», «сигнал не передан»).

Для передачи сигнала организуется буфер (рис. 2.90) для накопления сигнальных единиц (СЕ). Обычно буфер рассчитан на накопление 128 (максимально 256) сигнальных единиц. Они нумеруются циклически от 0 до 128 (после 128 нумерация начинается с нуля). Эти номера называются «прямые порядковые номера» (ППН). Аналогично организуется буфер приема, в котором сигналы также циклически нумеруются. Они соответственно называются «обратные порядковые номера» (ОПН).



Рис. 2.89. Структура алгоритма приема и передачи сигнальной информации

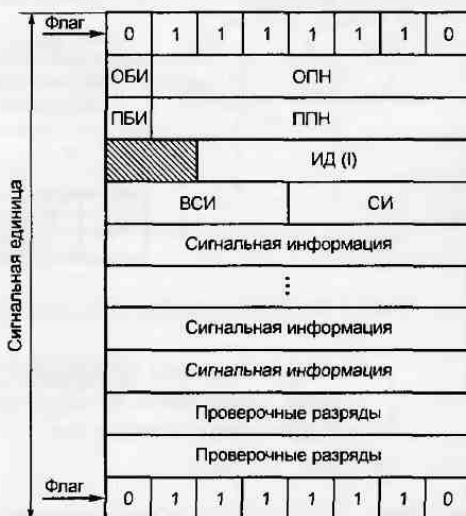


Рис. 2.90. Организация буфера для передачи сигнальных единиц:

- ОБИ — обратный бит индикации; ОПН — обратный порядковый номер; ПБИ — прямой бит индикации;
- ППН — прямой порядковый номер;
- ИД — индикатор длины; ВСИ — вспомогательный сигнальный индикатор (вид сигнальной информации); СИ — сигнальный индикатор (тип сообщения)

Каждая сигнальная единица (CE) имеет вид, представленный на рис. 2.91. Они подразделяются на:

- информационную единицу (Message Signaling Unit, MSU);
- единицу состояния линии (Link Status Signaling Unit, LSSU);
- заполняющую единицу (Fill-in Signaling Unit, FISU).

Информационная сигнальная единица предназначена для переноса основных сигналов между станциями.

Сигнальная единица состояния линии применяется для передачи основных сигналов установления соединения и для осуществления дополнительных видов обслуживания. Она содержит поля, которые показаны на рис. 2.91.

Поле «флаг» — это открывающая и закрывающая сигнальную единицу последовательность. Поскольку длина сигнальной единицы переменная, флаг является единственным признаком завершения сигнальной единицы, одновременно он указывает на начало новой единицы.

Проверочная последовательность позволяет обнаруживать и исправлять ошибки.

Поле сигнальной информации содержит информацию об основных сигналах. Оно переменной длины. Его максимальная длина — 256 байтов. Это поле зависит от этапа соединения и конкретных передаваемых сигналов и в большинстве случаев содержит обязательную часть, показанную на рис. 2.91.



Рис. 2.91. Основные форматы передачи сигнальной информации

ИСЕ	MSU	Message Signaling Unit	Информационная сигнальная единица
ССЕ	LSSU	Link Status Signaling Unit	Сигнальная единица состояния линии
ЗСЕ	FUSU	Fill-in Signaling Unit	Заполняющая сигнальная единица
Флаг	Flag		Открывающая и закрывающая последовательность
Контрольные биты	FSC	Frame Check Sequence	Проверочная последовательность
ПСИ	SIF	Signaling Information Field	Поле сигнальной информации
ВСИ	SIO	Service Octet	Вспомогательный служебный индикатор
ИД	LI	Length Indicator	Индикатор длины
ПБИ	FIB	Forward Indicator Bit	Прямой бит индикации
ППН	FSN	Forward Sequence Number	Прямой порядковый номер
ОБИ	BIN	Backward Indicator	Обратный бит индикации
ОПН	BSN	Backward Sequence Number	Обратный порядковый номер

Индикатор длины — указывает на количество байтов в передаваемой сигнальной единице. Максимально он может содержать 8 разрядов, но в настоящее время все задачи могут быть решены с помощью 6 разрядов. Поэтому 2 старших разряда пока остаются в резерве для будущего использования.

Далее следуют биты вспомогательного служебного индикатора (ВСИ). Они разделяются на две группы по четыре бита каждая. Первая часть определяет тип сигнализации:

- зонавая и местная сигнализация (1100);
- междугородняя (1000);
- международная (0000).

Каждый индикатор вызывает различные программы обслуживания. Например, местное соединение резко отличается по алгоритму и составу используемого оборудования от междугородного соединения и т.п.

Вторая группа из четырех битов определяет тип информации, содержащейся в основном поле:

- управление сетью сигнализации (код 0000);
- техническое обслуживание и измерение сети сигнализации (код 0001);
- сеть передачи данных (коды 0110 и 0111);
- техническое обслуживание и эксплуатация телефонной сети (код 1100).

Поля ПБИ, ППН, ОБИ, ОБН служат для обеспечения достоверности передачи, и работу с ними следует рассмотреть более подробно (рис. 2.92). Завершается сигнальная единица двумя контрольными байтами.



Рис. 2.92. Принцип подтверждения и переспроса сигнальных единиц:
 а) подтверждение в случае правильного приема сигнальной единицы;
 б) переспрос в случае неправильного приема сигнальной единицы (инверсия прямого бита индикатора)

Основное назначение алгоритма, представленного на рис. 2.92, состоит в том, чтобы передать в линию сообщения, разбитые на сигнальные единицы и помещенные в буфер. Каждой из единиц присваивается прямой порядковый номер (ППН), значение которого передается в канал вместе со значением прямого бита индикации (ПБИ). Сигнальная единица сохраняется в буфере под этим номером до поступления подтверждения о правильности приема данной сигнальной единицы со значением обратного порядкового номера (ОПН). Признаком правильного приема является равенство значений ПБИ = ОПН. В этом случае в буфере передачи стирается сигнальная единица, для которой ППН = ОПН.

При неправильном приеме ПБИ инвертируется и передается обратно. На передающем конце, если индикаторы не совпадают (ОБИ \neq ПБИ), то это служит сигналом для повторной передачи с прежним (неинвертированным) значением бита ПБИ и прежним номером ППН.

Функционирование алгоритма происходит циклически, т.е. информация передается постоянно либо в нормальном режиме, либо в режиме повтора, либо в виде заполняющих единиц во время пауз. Алгоритм передачи сигнальной единицы показан на рис. 2.93. Его работа начинается с анализа буфера заявок (оператор 1). Заявки в этот буфер устанавливаются другими алгоритмами или из внешней среды. Если заявки на передачу нет, то анализируется состояние буфера (оператор 2). Он может содержать непереданные команды. Если и он пуст, то передается заполняющая единица в формате, представленном на рис. 2.91 (оператор 11). Если же буфер не пуст, это означает, что какая-то сигнальная единица не передана из-за искажений. Тогда передается повторно первая неподтвержденная сигнальная единица (оператор 3).

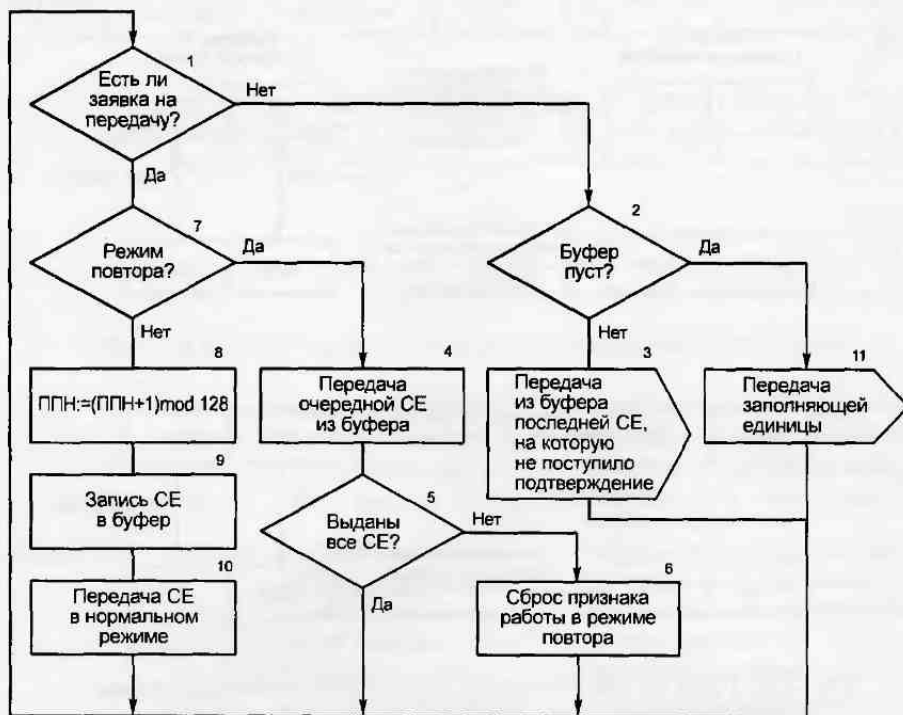


Рис. 2.93. Алгоритм передачи сигнальной единицы

В случае, если есть заявки (оператор 1) и отсутствует требование на повтор (оператор 7), производится передача значащей единицы. С этой целью формируют очередное значение ППН (оператор 8).

Его значение устанавливается в соответствии со значением ОБИ той СЕ, на которую только что получена квитанция на подтверждение или переспрос (ОБИ: = ПБИ). Перед началом передачи СЕ записывается в буферную память (оператор 9) и передается в режиме, предусмотренном протоколом канального уровня эталонной модели (оператор 10). В случае повторной передачи выполняются операторы 4, 5, 6.

Переданные значащие СЕ воспринимаются на приемной стороне в соответствии с алгоритмом, показанным на рис. 2.94. Инициализация алгоритма происходит при поступлении сигнала о получении очередной СЕ (оператор 2).

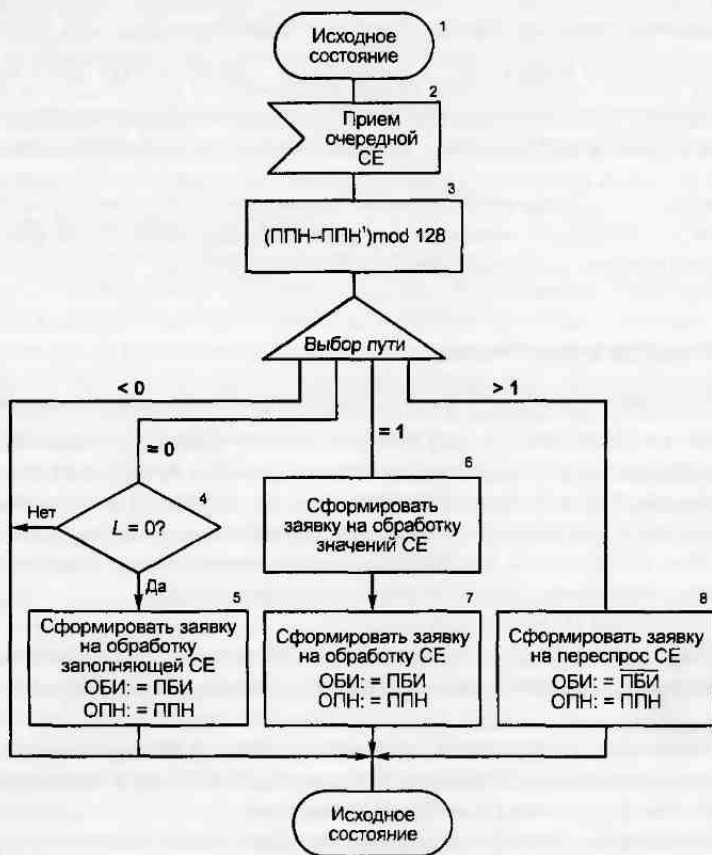


Рис. 2.94. Алгоритм передачи сигнальной информации

Дальнейшие действия зависят от соответствия прямых порядковых номеров только что полученной и предыдущей СЕ (ППН и ППН'). Для выявления этого соответствия вычисляются их разность по модулю 128 (оператор 3).

Вычитание по модулю 128 означает, что разность между числами 0 и 127 положительна и равна 1, т.е. $0 - 127 = 1$. Это учитывает цикличность нумерации в пределах $0 < \text{ППН} < 127$. Возможны четыре варианта разности:

1. Разность меньше нуля, т.е. очередной ППН оказался меньше предыдущего. В этом случае полученная СЕ аннулируется (не принимается к дальнейшей обработке).

2. Разность равна нулю, т.е. очередной ППН оказался равен предыдущему. В этом случае производится проверка длины (L) полученной СЕ (оператор 4). Если ее длина равна нулю, то это заполняющая единица, и формируется заявка на ее обработку (оператор 5, ОБИ: = ПБИ). Если не равна, то полученная сигнальная единица аннулируется путем возврата в состояние ожидания.

3. Разность равна единице. Это соответствует требуемому порядку следования значащих сигнальных единиц. Полученная сигнальная единица направляется к центральной программе на обработку (оператор 6), и формируется квитанция подтверждения (оператор 7) путем сохранения соответствия ОБИ и ПБИ (ОБИ: = ПБИ).

4. Разность больше единицы, т.е. очередной ППН превышает предыдущий на величину, не допустимую при правильном порядке получения значащих единиц. В этом случае формируется квитанция на переспрос СЕ (оператор 8, ОБИ: = ПБИ). При таком переспросе в обратном направлении передается обратный порядковый номер, равный принятому, но при этом обратному биту индикации присваивается значение инверсное прямому биту индикации.

Следует отметить, что когда имеется значительная задержка в линии, допускается большая разность между очередной переданной и принятой единицей. Тогда разность оговаривается, и меняется значение условия, приводящее к оператору 8.

2.9.10. Программное обеспечение

Свойства программного обеспечения устройств в телекоммуникационных сетях

В этом разделе рассматривается программное обеспечение (ПО) станций, работающих в телекоммуникационных сетях. Основные свойства этого ПО присущи сегодня многим системам, использующим программное обеспечение, и не являются уникальными [58]. Программное обеспечение станций имеет следующие характерные свойства.

1. Это «большое программное обеспечение», основные признаки которого:

- создается коллективом специалистов свыше 100 человек;
- имеет объем более 100 000 строк текста;
- обновляется и дополняется в течение всего жизненного цикла системы.

2. Функционирует с системой, работающей в *реальном масштабе времени*. Это означает, что:

- задача (например, установление соединения) должна быть решена за определенное время (срок «старения» программы иногда исчисляется миллисекундами), после которого ее решение становится бессмысленным;
- решение задачи происходит в ситуации, которая может изменяться в течение времени ее решения (освобождение и блокировка путей, выход из строя ресурсов и ошибочные или злонамеренные действия пользователей).

Кроме того, для таких программ характерен *промышленный подход*, основными признаками которого являются:

1. *Массовость изделия* и его длительный срок службы при эксплуатации в непрофессиональной (в смысле программирования) среде.

2. *Отчуждаемость и устойчивость* к будущему. Эти понятия подразумевают возможность установки, дополнения, коррекции и замены компонентов и ПО в целом без привлечения его создателей.

3. *Простота обслуживания.* Она подразумевает наличие средств контроля за исполнением действий программ и реакцией окружающей среды, а также касается создания «дружественного» интерфейса.

Эти свойства характерны не только для задач сферы телекоммуникаций, но принадлежат системам, использующим промышленное программное обеспечение.

Системы программирования

В задачу этого раздела не входит рассмотрение или тем более критическая оценка различных систем программирования и тех или иных программных решений. Как заметил один из создателей теоретического подхода к программированию Э. Дийкстра [34], «...растет Вавилонская башня языков программирования, и каждый последующий претендует на роль ее венца».

Предлагаемый подход был развит в процессе разработки отечественных систем телекоммуникаций с программным управлением в 1970-х годах. Он представлен в книгах, многих статьях [10, 12, 13, 22, 56, 60] и в настоящее время может быть отнесен к классу объектно-ориентированных систем программирования. Не претендуя на обзор систем, принадлежащих этому классу, приведем основные определения. Заметим, что далее такой подход не раз встретится, например, при рассмотрении вопросов эксплуатации и управления сетями связи [92–95].

Объектно-ориентированный подход

Основу этого подхода составляют следующие понятия:

1. *Объект* — устройство или информация о нем, подлежащая обработке в программе.
2. *Атрибут.* Каждый объект описывается списком атрибутов, которые с одной стороны дают определение всем характеристикам объекта, с другой стороны указывают на параметры, которые могут быть использованы внешним окружением. Соотношение *объект–атрибут* соответствует отношению *функция–параметр* в математике. Это иногда позволяет записывать объект в виде функции.

3. *Сообщение (метод).* Запросы на работу объекта называются *сообщениями или методами*. Объекты могут поддерживать более чем один метод. Методы состоят из двух частей: *описание (signature)* и *реализация (implementation)*. *Описание* состоит из имени метода, имен и типов параметров и исключений (*exceptions*).

4. *Интерфейс объекта* представляет собой часть объекта, предназначенную для взаимодействия с внешним окружением. Совокупность интерфейсов определяет поведение объекта. Интерфейс объекта состоит из имени объекта и набора методов.

5. Часто с интерфейсом связано понятие *класса*. Класс имеет внутреннюю часть, определяющую структурное качество, и внешнюю часть, содержащую группировку всех объектов класса и конструктор для каждого класса.

6. Поведение объекта — это *контракт*, т.е. описание поведения объекта при управлении его программой, которое предлагается потребителю. Контракт состоит из *описания и необходимых предусловий (Pre-conditions)*, *инвариантов (invariants)* и *постусловий (post-conditions)*. *Инварианты–предусловия* — условия, правильность которых должна быть обеспечена перед вызовом метода. *Постусловия* — условия, правильность которых проверяется после вызова метода. Они подтверждают правильность выполнения контракта.

Архитектура CORBA для распределенных вычислительных систем

Для построения программного обеспечения, его разработки и эксплуатации во многих приложениях применяется CORBA (Common Object Request Broker Architecture — Общая архитектура с передачей запросов к объекту через посредника). Основные сведения об этой архитектуре содержатся в [22, 101–103].

Часто она классифицируется как система работы с *распределенными вычислительными ресурсами*. Ее свойства во многом соответствуют перечисленным в начале этого раздела требованиям к разработке и эксплуатации программного обеспечения станций в сетях телекоммуникаций. Часть архитектуры CORBA, необходимая для дальнейшего рассмотрения, показана на рис. 2.95.



Рис. 2.95. Фрагмент архитектуры CORBA

Согласно современной классификации указанная архитектура принадлежит классу архитектуры «клиент–сервер». Как можно видеть на рис. 2.95, имеется два типа сетевых устройств:

- *клиенты* (при объектно-ориентированном подходе — это *объекты*);
- *серверы* (обслуживающие узлы сети).

Работа осуществляется *сервером* по запросу *клиента* на услугу.

Основной особенностью архитектуры CORBA является наличие программной шины ORB (Object Request Broker — посредник объектных запросов). ORB «отвечает» за распределение запросов клиента по соответствующим серверам, а также за управление транспортной средой для взаимодействия в процессе выполнения задачи. Детали этого взаимодействия скрыты от пользователя и существуют как часть реализации «программной шины».

Обычно скрытыми являются следующие элементы взаимодействия:

- *Местоположение объекта.* Клиент не знает, где располагается целевой объект — в отдельном процессе в другом компьютере сети, в другом процессе того же самого компьютера сети.
- *Реализация объекта.* Клиент не знает, каким образом реализован объект, какой язык программирования или язык сценариев использован для реализации, какая операционная система или какое оборудование работает в объекте.
- *Состояние объекта.* При передаче запроса к целевому объекту клиент не должен знать, активизирован ли объект (то есть, запущен ли соответствующий процесс) и готов ли он принять запрос. В случае необходимости перед тем как передать объекту запрос услуги компонент ORB невидимо для клиента запускает процесс на объекте.
- *Механизм связи с объектом.* Клиенту не известен механизм (например, протокол, разделяемая память, вызов локального метода и т.д.).

Эти особенности ORB дают возможность разработчикам приложений сконцентрировать внимание на приложениях и не беспокоиться о проблемах распределенного системного программирования нижнего уровня.

При эксплуатации станции этот подход упрощает модернизацию, поиск сбоев и отклонений от нормального функционирования и других действий.

Краткие сведения о подходах, которые предоставляют возможность эффективно решать задачи сетей и станций, позволяют рассмотреть еще один метод, соответствующий изложенным свойствам объектно-ориентированного подхода и распределенных систем программирования. Он использовался при создании отечественных систем коммутации. Этот под-

ход отражен во многих статьях и книгах. Для начального изучения можно рекомендовать [10–13, 59–61].

Табличный метод или метод универсальной программы

Характерные особенности метода:

- математическое задание объектов, которое выражается в записи алгоритмов в виде рекурсивных или табличных функций;
- описание процессов с точки зрения автоматной модели.

Объекты

Объектами, над которыми проводятся действия, будут комплекты, станции, коммутационные поля. В данном случае будут рассматриваться станции. Иногда для обработки используются *виртуальные объекты*. Примером реального объекта является комплект аналоговой абонентской линии, рассмотренный в разделе 2.6.2. Запрос на обработку следует от комплекта в сторону внешней среды после снятия абонентом трубки.

Согласно концепции *объекта*, он имеет *атрибуты*, необходимые для работы с этим объектом. Например, это могут быть:

- *Тип комплекта*. Этот атрибут в нашем примере позволяет определить перечень программ обработки абонентского вызова.
- *Номер комплекта*. На станции может быть сотни тысяч комплектов одного типа. Номер позволяет определить, с каким из них надо работать.
- *Состояние комплекта*. Этот атрибут указывает, на каком этапе находится работа, осуществляемая внешним окружением с этим комплектом (*комплект свободен, занят, заблокирован и т.д.*) Значение этого атрибута в отличие от рассмотренных выше атрибутов меняется в процессе работы.

Каждый из этих атрибутов может быть пронумерован и представлен, как параметр функции, называемой абонентский комплект — $f_{AK}(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$.

Аналогичные атрибуты имеют и другие комплекты. Например, рассмотренный в примере установления соединения в полностью децентрализованной системе (см. 2.6.2) приемник многочастотного набора имеет те же атрибуты, что и абонентский комплект:

- тип комплекта;
- номер комплекта;
- состояние комплекта.

Однако он имеет несколько своих атрибутов:

- номер принятой цифры (возможные значения 1, 2, 3, ...);
- значение 1-й цифры;
- значение 2-й цифры;
- возможны другие.

Эти атрибуты также участвуют при обработке вызова.

Динамический объект — соединение

Объекты могут быть виртуальными (воображаемыми), которые не существуют реально, но описаны логически и отображаются только в памяти. Одним из таких важных объектов является *соединение*.

Для многих систем *соединение* существует в реальном оборудовании, отображая временную совокупность приборов, реализующих физическое соединение двух оконечных терминалов.

Приведем пример, который был рассмотрен ранее (см. рис. 2.59). Н рис. 2.96 приводится иллюстрация понятия виртуального объекта *соединение*. В этом примере абонентский комплект (АК1) соединяется с модулем многочастотного приемопередатчика (МЧПП) для передачи набранного номера. Согласно рассмотренному ранее алгоритму, исходящий абонент набирает номер входящего абонента, после чего другая часть МЧПП подсоединяется к другому абонентскому комплекту АК2.

После этих действий на станции появляется новый объект *соединение*, который отображается с помощью *адресов связи*. Для этого к атрибутам реального объекта добавляется атрибут *номер адреса связи* (N_{CB}). Его значение указывает номер типа и номер комплекта, соединенного с данным. Тогда функция, отражающая, например, объект АК1 как функцию его атрибутов (параметров), имеет вид:

$$f_{AK1} = f(N_{тип}, N_{AK1}, N_{CB})$$

- $N_{тип}$ — номер типа комплекта, в данном случае тип АК (обычно этому типу присваивается номер 1);
- N_{AK1} — номер комплекта в своем типе (например, от 100 до 10 000 в зависимости от емкости станции);
- N_{CB} — номер адреса связи (значения определяются типом, номером в типе комплектов, участвующих в соединении).

Аналогично отображается рассматриваемый в примере объект МЧПП:

$$f_{MЧПП} = f(N_{тип}, N_{MЧПП}, N_{CB}, \dots)$$

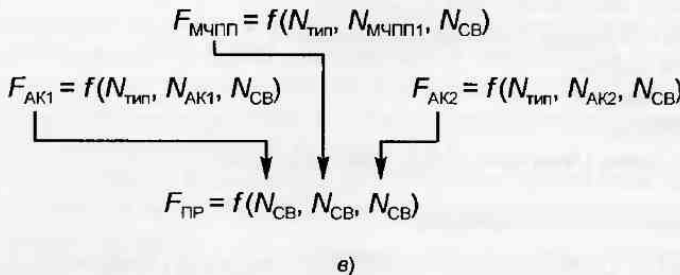
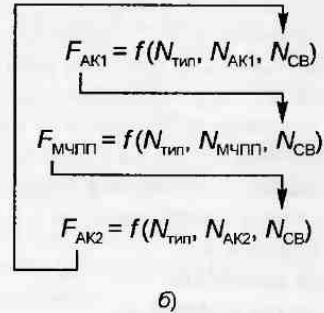
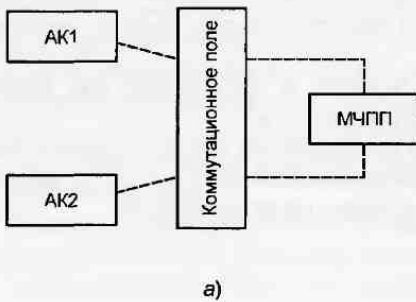


Рис. 2.96. Принцип создания и отображения объекта *соединение*:

$F_{ГПР}$ — функция процесса;

- а) условное изображение объекта *соединение* реального оборудования;
- б) распределенное отображение объекта *соединение* с помощью адреса связи;
- в) централизованное отображение объекта *соединение* с помощью адреса связи

Отличие состоит только в номере типа, который должен принимать значение, закрепленное за этим типом комплекта, и в дополнительных параметрах, содержащих характеристики набранного номера, обозначенных N_1, N_2, \dots, N_k .

Заметим, что объект *соединение* является динамическим. Он изменяется в процессе установления соединения. В процессах, обеспечивающих передачу данных, он необязательно имеет аналог соединения реального оборудования. Он может отображать параметры виртуального пути или канала (см. 1.5.4).

Функционально объект *соединение* может быть отображен двумя способами *децентрализованным* (рис. 2.96, б) и *централизованным* (рис. 2.96, в).

При *децентрализованном* способе соединение отображается с помощью записи номера и типа *предыдущего устройства* на место переменной *адрес связи* ($N_{св}$) последующего устройства (это показано стрелками на рисунке). Для надежности запись типа и номера последнего устройства дублируется в адресе связи первого устройства (замыкается «кольцо»).

При *централизованном* способе создается новое виртуальное устройство — *процесс*, в котором записывают в переменные адреса связи номера и тип участников процесса.

Объект *соединение* может также иметь свои атрибуты (например категорию соединения), которые здесь не указаны.

Серверы

Согласно концепции архитектуры распределенных вычислительных ресурсов (одной из которых является CORBA), объекты выступают в виде *клиентов*, обслуживание которых осуществляется *серверами*. Серверы, применяемые при табличном подходе, были рассмотрены ранее в виде *алгоритмов отдельных функций*. Проблема заключается в том, что по запросу клиента должны быть вызваны только определенные функции и в определенном порядке. Для этого в рассматриваемом методе предлагается табличная запись функции (универсальная программа).

Для дальнейшего изучения уточним применяемые термины.

Универсальная программа

Не вдаваясь в сложные математические подробности, приведем цитату [45]:

«Универсальные программы — это программы, которые в некотором смысле *реализуют* все программы. Сначала существование универсальной программы кажется неправдоподобным. Тем не менее, нетрудно убедиться, что она существует. Суть состоит в том, что универсальная программа не должна обязательно содержать в себе все другие программы. Она должна уметь *кодировать* и *декодировать номера* всех программ, которые могут быть записаны и допустимы на заданном языке программирования».

Можно добавить, что программа есть последовательность из заданных команд. Число таких последовательностей велико, но не бесконечно, и может быть перечислено. Оно поддается закономерному описанию в виде номеров. Теоретическое исследование универсальных программ [61] выходит за рамки настоящей книги.

Автоматный подход

Автоматный подход позволяет упорядочить в определенной последовательности вызовы серверов по запросу объекта. Согласно рекомендациям МККТТ Z.100–Z.104, для представления алгоритмов предложен язык спецификаций и описаний SDL (Specification and Description Language). Он также опирается на понятие *конечный автомат*. Поэтому этот под-

ход позволяет использовать переход от алгоритмов различных уровней к программе. В модели конечного автомата любой алгоритм отражается следующей рекурсивной функцией*:

$$S(t+1) = f(S(t), X(t)),$$

$$Z(t+1) = f_1(S(t), X(t)),$$

где $X(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t), \dots, x_p(t)]$ — значения сигналов на входе автомата;

$S(t) = [s_1(t), s_2(t), s_3(t), \dots, s_n(t)]$ — внутренние состояния автомата;

$Z(t) = [z_1(t), z_2(t), z_3(t), \dots, z_k(t)]$ — значения сигналов на выходе автомата.

Следуя этим выражениям, алгоритм можно представить как последовательное вычисление рекурсивной функции, которая сопоставляет совокупности *входного сигнала, текущего состояния и нового состояния*. Смена состояний называется *переход*. Пара «ВХОД–СОСТОЯНИЕ» уникальна, т.е., нигде в алгоритме не применяется для перехода в другое состояние. *Переход* из одного состояния в другое сопровождается выполнением *действий при переходе*. Эти действия указаны в рекомендациях ИТУ-Т Z.100–104. Приведем некоторые определения:

- СОСТОЯНИЕ обозначает положение процесса, при котором он приостановлен до получения сигнала ВХОД;
- ВХОД — действие, которое передает алгоритму информацию от внешнего окружения или другого алгоритма и инициирует ПЕРЕХОД;
- ЗАДАЧА — действие, не определенное ни одним из приведенных терминов;
- УСЛОВИЕ — это действие, при котором выбирается один из нескольких возможных путей продолжения процесса;
- ВЫХОД — действие, которое передает сигнал внешнему окружению или другому алгоритму.

Приведем еще несколько определений, которые позволяют внести ясность. При разработке и использовании алгоритмов следует различать различные уровни алгоритмов, которые соответствуют уровням абстракции и применяемым языкам программирования. В частности, *алгоритм–спецификация* — это описание процесса на уровне заказчика или эксплуатационного персонала. *Алгоритм–описание* — алгоритм, отображающий реализацию алгоритма-спецификации.

Согласно рекомендациям для изображения алгоритмов применяются следующие обозначения (рис. 2.97).

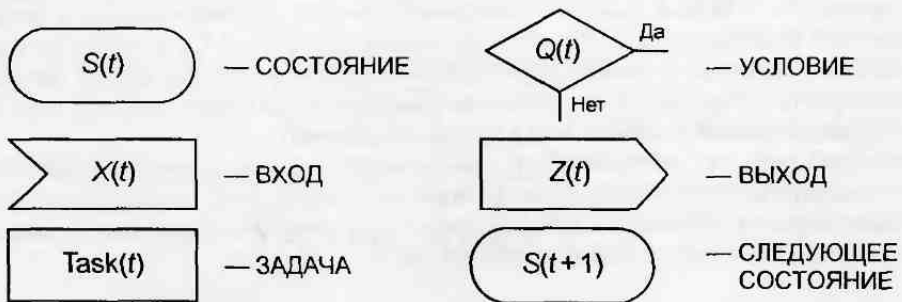


Рис. 2.97. Условное отображение блоков алгоритмов

* Функция, позволяющая последовательное вычисление ее значений на основании предыдущего значения и начальных условий.

При применении этих обозначений существуют естественные ограничения:

- за символом СОСТОЯНИЕ может следовать один или *несколько* символов ВХОД;
- каждому символу ВХОД должен предшествовать один символ СОСТОЯНИЕ (пара СОСТОЯНИЕ ВХОД уникальна, т.е., должна соответствовать только переходу в одноименное СЛЕДУЮЩЕЕ СОСТОЯНИЕ);
- за символом ВХОД должен следовать один и только один символ, который не может быть символом ВХОД;
- за символом и ЗАДАЧА или ВЫХОД должен следовать один и только один символ, который не может быть символом ВХОД;
- за символом УСЛОВИЕ должны следовать два или более символов, которые не могут быть символами ВХОД.

Заметим, что нет никаких ограничений на число следующих последовательно операторов ПЕРЕХОД (ЗАДАЧА, УСЛОВИЕ, ВЫХОД) и на порядок их следования.

Табличные функции

Указанные выше ограничения позволяют иметь еще одно отображение алгоритма, записанного на языке SDL, в виде таблицы соответствий (табл. 2.2)^{*}, которая сопоставляет каждой паре ВХОД–СОСТОЯНИЕ набор действий при переходе.

Таблица 2.2. Таблица соответствий, отображающая оператор ПЕРЕХОД

Наименования операторов	$S(t)$	$X(t)$	TASK	$Q(t)$	$Z(t)$	$S(t+1)$
Текущее значение оператора	$s(t)$	$x(t)$	Task(t)	0	$z_1(t)$	$s_1(t+1)$
				1	$z_2(t)$	$s_2(t+1)$

Наименования операторов указывают, что на соответствующем месте в таблице содержатся числовые значения, указывающие номера конкретных действий. Для этого вводится соответствующая нумерация, отображающая возможные значения операторов.

Значение оператора $S(t)$ — указывает номер состояния, в котором находится процесс. Например, табл. 2.3. показывает пример нумерации операторов СОСТОЯНИЕ. (Здесь и далее для составления таблиц используется рис. 2.98.) Эта таблица составляется либо нумерацией состояний в готовом алгоритме, либо устанавливается руководителем разработки (для ограничения имен и числа состояний), либо накапливается, контролируется, пополняется системой автоматизации.

Значение оператора $X(t)$ — указывает номер входного сигнала, который инициирует переход. Например, табл. 2.4 показывает пример нумерации операторов ВХОД.

Таблица 2.3. Нумерация оператора СОСТОЯНИЕ

Наименование оператора СОСТОЯНИЕ	Числовое значение
Свободно	1
Ожидание первой цифры	2
Ожидание отбоя абонента	3

Таблица 2.4. Нумерация оператора ВХОД

Наименование оператора ВХОД	Числовое значение
Абонент снял трубку	1
Абонент положил трубку	2

* В некоторых случаях применяется таблица переходов, которая имеет другой вид, но эквивалентна рассматриваемой здесь таблице соответствия.

Операция ВХОД до поступления сигнала «ВХОД» в основной алгоритм обработки выполняется модулем (объектом) «сканирование».

Значение $Q(t)$ — указывает номер оператора УСЛОВИЕ. Для нумерации применяют индексы при буквенном обозначении Q . Табл. 2.5. показывает пример нумерации одного УСЛОВИЯ.

Таблица 2.5. Нумерация оператора УСЛОВИЕ

Наименование оператора УСЛОВИЕ	Числовое значение
Свободный МЧПП найден (Q_1)	ДА — 1
	НЕТ — 0

Значение $z(t)$ указывает номер выходного сигнала, передаваемого в окружающие устройства или алгоритмы. $Task(t)$ указывает номер оператора ЗАДАЧА.

При нумерации этих операторов следует дать несколько комментариев. Как показано в предыдущих разделах (2.9.2–2.9.8), многие функции выполняются алгоритмическими модулями (в терминологии объектно-ориентированного подхода — *объектами*). Например, оператор ВЫХОД, указывающий на включение и выключение акустических сигналов, выполняется модулем передачи команд. Этот модуль, согласно идеологии объектно-ориентированного подхода, имеет свой интерфейс. Поэтому при описании интерфейса указываются номера последовательностей команд. Эти номера определяют конкретную последовательность команд в операторе ВЫХОД. Обычно они бывают многозначными. Например, применяется номер, состоящий из двух частей. В первой части он содержит номер устройства (объекта), которое должно выполнить последовательность команд, а во второй части указывается (через точку) конкретная последовательность команд.

Табл. 2.6 показывает пример нумерации операторов ВЫХОД. В этой таблице предполагается, что при нумерации объекту «акустическое соединение» поставлен в соответствие номер 3 (первая часть номера оператора ВЫХОД), и он может сформировать две последовательности команд (вторая часть номера оператора ВЫХОД) — «включить» или «выключить». Эти действия отражены соответственно номерами во второй части номера.

Таблица 2.6. Нумерация оператора ВЫХОД

Наименование оператора ВЫХОД	Числовое значение
Включить акустический сигнал «занято»	3.1
Отключить акустический сигнал «занято»	3.2
Включить акустический сигнал «ответ станции»	3.3
Включить таймер 20 с	4.1

Номер сигнала ВЫХОД с именем «включить таймер 20 с» предполагает, что таймер — это объект с номером 4 (первая часть номера), а действие имеет номер 1.

Еще раз напомним, что присвоение этих номеров делается произвольно по готовому алгоритму, или руководителем, или системой автоматизации, но впоследствии строго соблюдается. Особое значение придается разрешению, запрещению или ограничению синонимов. Например, термин «включить» может иметь синонимы — «активизировать», «запустить»

и т.п. Для табличного алгоритма выполнение операторов-синонимов возможно, но лучше выполнять заповедь «не увеличивай сущность без необходимости», поскольку многозначность может привести к трудностям в понимании разработчиком или пользователем.

Операторы ЗАДАЧА выполняются модулями, которые также как и оператор ВЫХОД имеют свои интерфейсы. Принцип назначения номеров одинаков. Например, при выполнении оператора ЗАДАЧА с именем «найти свободный приемник» необходимо указать, что этот оператор предназначен модулю поиска промежуточных путей (он также проводит поиск свободных приборов) и номер действия внутри этого модуля. Табл. 2.7 иллюстрирует пример нумерации оператора ЗАДАЧА. В данном случае назначенный номер 2.1. показывает, что модуль (объект) «поиск промежуточных путей» имеет номер 2 (первая часть номера оператора), а действие «найти свободный МЧПП» имеет номер 1.

Таблица 2.7. Нумерация оператора ЗАДАЧА

Наименование оператора ЗАДАЧА	Числовое значение
Найти свободный МЧПП	2.1

Заметим, что при передаче сообщения объекту номер оператора сопровождается необходимой информацией, которая рассматривалась при описании отдельных алгоритмов. Эти данные указаны на рисунках 2.71, 2.74, 2.77, 2.83, 2.89) в виде некоторых входов.

Возвращаясь к таблице соответствия можно сказать, что для описания работы крупного устройства, например, станции, таблица должна включить в себя все переходы алгоритма, что составляет сотни тысяч строк. Это предполагает наличие программной поддержки для минимизации таблиц, объема памяти, времени поиска и коррекции. Однако преимуществом табличного подхода является то, что эти операции никак не связаны с особенностями самого алгоритма и обладают всеми свойствами программного обеспечения для распределенных систем программирования, которые заключаются в том, что от пользователя скрыты элементы взаимодействия: местоположение объекта, реализация объекта, механизм связи с объектом.

Еще одним достоинством является прямой переход от алгоритма к программе. Это дает возможность автоматизации и быстрой реализации, что позволяет разработчикам сконцентрировать внимание на приложениях и не беспокоиться о проблемах распределенного системного программирования нижнего уровня.

Рассмотрим пример табличного отображения алгоритма. На рис. 2.98 приведен простой алгоритм, выполненный в соответствии с автоматным подходом и написанный на языке SDL. Этот же алгоритм отображен с помощью таблицы соответствий (табл. 2.8), в которой применяется нумерация операторов, заданная табл. 2.3–2.7.

Сопоставление табл. 2.8 и рис. 2.98 показывает, что существует обратное соответствие, т.е. таблица однозначно может быть переведена в алгоритм на языке SDL. Более того, язык на первом этапе внедрения алгоритма имел текстовую версию, которая не получила развития. При табличном подходе она может быть использована для автоматизации одной из самых «скучных» работ — составления описания алгоритма.

Строке таблицы может быть сопоставлен текст, который заполняется по подставленным в таблицу параметрам. В результате чего получается описание работы алгоритма.

Например, для строки табл. 2.8 может быть представлен следующий текст.

«Если система находится в состоянии... и поступил сигнал..., то выполняется, ...проверяется условие... Если в результате проверки..., то акустический..., таймер... Система переходит в состояние...». Все пропущенные слова восстанавливаются с использованием параметров табл. 2.3–2.7.

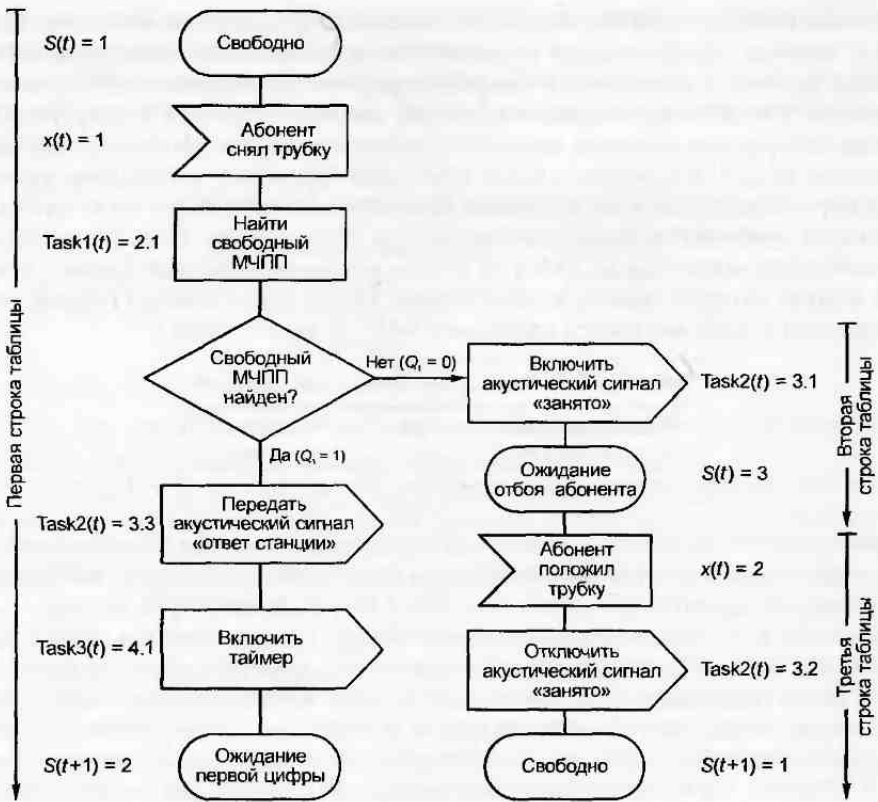


Рис. 2.98. Фрагмент алгоритма перехода из исходного состояния в состояние «прием номера»:

$S(t)$, $S(t+1)$ — СОСТОЯНИЯ в текущий и следующий момент времени;
 $x(t)$ — ВХОД (входной сигнал); Q_1 — УСЛОВИЕ 1 (результат поиска путей);
 $Task1$ — заявка на ЗАДАЧУ1 (алгоритм поиска путей);
 $Task2$ — заявка на ЗАДАЧУ2 (передача команд);
 $Task3$ — заявка на ЗАДАЧУ3 (установка таймера)

Таблица 2.8. Таблица соответствия согласно алгоритму, изображенному на рис. 2.98

№ строки	$S(t)$	$x(t)$	$Task1(t)$	Q_1	$Task2(t)$	$Task3(t)$	$S(t+1)$
1	1	1	2.1	1	3.3	4.1	2
2			–	0	3.1	–	3
3	3	2	–	–	3.2	–	1

Алгоритмы работы с таблицей

Таблица дает возможность разработать универсальную программу, т.е. она позволяет кодировать и декодировать номера алгоритмов, которые могут быть записаны и допустимы на языке SDL. Это дает большие преимущества и, в частности, то, что выполнение заданного алгоритма не программируется, а кодируется и вносится как данные для программы обработки таблицы. Поэтому выполнение алгоритма не нужно записывать в операторах

языка программирования, на котором выполнена программа работы с таблицей. Существуют и другие преимущества, которые предоставляет программная шина.

Таблица соответствия содержит переходы, записанные в виде чисел. Алгоритм работы с таблицей заключается в том, что выполняются две задачи:

- по заданной паре ВХОД–СОСТОЯНИЕ определяется нужная строка таблицы соответствия;
- осуществляются действия в том порядке, который указан в строке, и в соответствии с содержанием установленного в ней номера.

Алгоритм достаточно прост и далее не приводится. Можно только отметить, что стремление к оптимизации объема таблиц и их записи в памяти могут усложнить эти алгоритмы.

Многозадачность

Особенностью программного обеспечения телекоммуникационной аппаратуры является необходимость реализации многозадачного режима. Даже при децентрализованном управлении один процессор выполняет попеременно несколько задач, т.е. в управляющем устройстве АТС существуют сразу несколько процессов. Еще одна особенность состоит в том, что время старта этих задач непредсказуемо и зависит от внешних причин.

Эта проблема решается следующим способом, применяемым для систем с многозадачной обработкой. Для каждого процесса, который обозначается в общем случае как «обработка вызова», отводится область памяти. В ней записывается *глобальное состояние вызова*. Оно может принимать следующие значения: *свободно*, *работа*, *ожидание*, *блокировка* и регулирует взаимодействие между процессами.

Состояние *свободно* присваивается, если область не занята вызовом. Состояние *работа* — при выполнении процесса. Состояние *ожидание* отмечает ожидание поступления внешнего сигнала. Состояние *блокировка* отмечает аварийные процессы. Система работает, изменяя состояния в порядке, показанном на рис. 2.99.



Рис. 2.99. Последовательность значений глобальных состояний вызова

Переходы на рис. 2.99 осуществляются в двух фазах.

1. Фаза ввода. На этом этапе проводится опрос внешних объектов как в алгоритме сканирования. При поступлении из внешней среды сигналы ВХОД записываются в специальные зоны памяти, называемые областями памяти процессов. В этой фазе глобальное состояние — *свободно* (точнее, отсутствует запись в области «состояние») заменяется глобальным состоянием *ожидание*, и процесс переводится в очередь на выполнение.

2. Фаза выполнения. При обращении к очереди областей памяти процессов, ожидающих обслуживания, процессор выбирает одну из них. После чего области памяти процесса присваивается глобальное состояние *работа*. Обработка входного сигнала заключается в

* Под сигналом, согласно определению ГУ-Т (Рекомендация Z.100), понимается поток данных несущих информацию процессу. Например, сигналы «абонент снял трубку», «абонент положил трубку», сигналы управления, поступающие с других станции и т.п.

выполнении перехода в соответствии со значением поступившего *входного сигнала* и *локального состояния* вызова (этапом). Здесь имеются в виду *локальные состояния*, например, «набор номера», «ожидание отбоя». По этой паре выполняется обработка строки табличным алгоритмом с присвоением ему в конце работы *локального состояния*. После этого действие приостанавливается в ожидании нового входного сигнала.

При успешном выполнении этих действий вызову снова присваивается состояние *ожидание* (на рис. 2.99 возможность возврата указывается двухсторонней стрелкой), и он возвращается в очередь *ожидających* процессов. Если этот переход был завершающим для процесса (например, разъединение), то область памяти освобождается и ей присваивается значение *свободно*.

При аварийном завершении, например, если поступил сигнал превышения времени выполнения перехода или другой аварийный сигнал, процесс переводится в состояние *блокировка*. При восстановлении системы область памяти процесса, как правило, освобождается и ей присваивается состояние *свободно*.

Согласно рассмотренному порядку, действия по обработке вызова можно представить в виде работы с тремя очередями (рис. 2.100). На этом рисунке условно показан порядок обработки областей памяти, организованных в виде очередей.



Рис. 2.100. Порядок многозадачной обработки процессов и взаимодействие очередей

Очередь свободных процессов — это резерв всех свободных областей памяти, которые могут быть использованы для «порождаемых» процессов.

Очередь процессов, ожидающих ввода сигналов, — области памяти, которые выполнили действия, установили следующие состояния и ожидают нового сигнала ВХОД.

Очередь процессов, ожидающих обработки, — это области памяти, в которые записан входной сигнал. Они ожидают процедуры обработки строки табличного алгоритма. Порядок обработки вызова следующий. При поступлении входного сигнала диспетчер ввода, в качестве которого выступает программа сканирования, распределяет его в одну из двух очередей. Если это *первичный сигнал*, то занимается одна из областей памяти процессов в очереди свободных процессов, вместо состояния *свободно* устанавливается состояние *ожидание* и процесс переводится в очередь процессов, ожидающих обработки. Если этот процесс уже существует, что определяется заявкой на сканирование (см. 2.9.2), то после записи поступившего входного сигнала процесс переводится в очередь процессов, ожидающих обработки. Устанавливается состояние *ожидание*.

После того, как процесс будет выбран из очереди, выполняются программы выбора и обработки одного процесса (состояние *работа*). В случае успешного окончания обработки он может быть помещен в очередь ожидающих процессов с установкой заявки на сканирование очередного входного сигнала либо в очередь свободных процессов (при окончании обслуживания).

Основные операции работы с очередью

Для установки в очередь, извлечения из очереди, перевода в другую очередь используются стандартные процедуры работы со *списком* [3]. При этом используются операции со списками или с особым видом списка — *очередью*. *Очередь* — это список, в котором элементы добавляются с одного (конец очереди), а удаляются с другого конца (начало очереди), что несколько упрощает алгоритмы работы с ними.

Для работы со списками применяют следующие операции:

- ВСТАВИТЬ В СПИСОК;
- УДАЛИТЬ ИЗ СПИСКА;
- ПЕРЕВЕСТИ ИЗ СПИСКА В СПИСОК;
- НАЙТИ В СПИСКЕ.

Процедура ВСТАВИТЬ В СПИСОК показана на рис. 2.101.

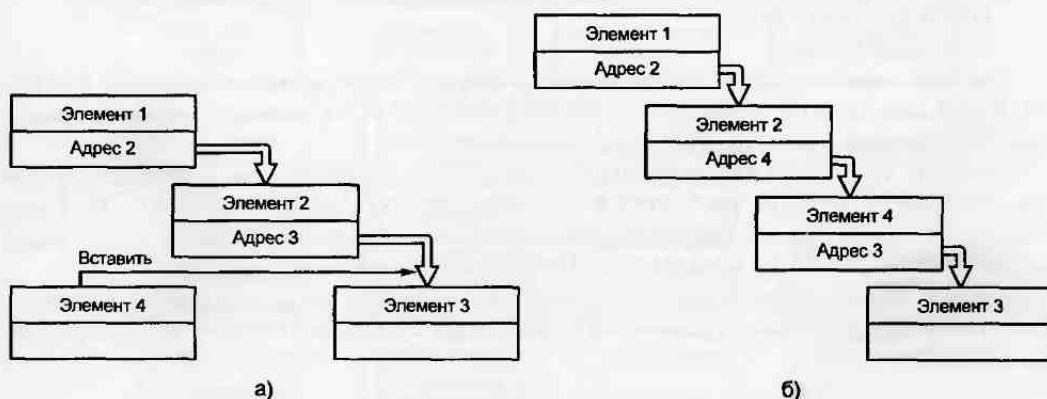


Рис. 2.101. Принцип вставки в список:

а) исходный список; б) список после проведения операции ВСТАВИТЬ В СПИСОК

На рис. 2.101, а показана реализация списка. Поле «элемент» содержит информацию об объекте, записанном в список. Поле «адрес» позволяет проводить операции с элементами

списка. Каждый предыдущий элемент содержит ссылку (адрес) на последующий. Там же показано планируемое место вставки четвертого элемента между вторым и третьим. Место вставки указано произвольно, и как мы увидим, процедура одинакова для любого места и не зависит от длины списка.

На рис. 2.101, б показан новый список со вставленным четвертым элементом. Для формирования нового списка выполнены действия по изменению адресных ссылок.

Операция УДАЛИТЬ ИЗ СПИСКА состоит в присвоении адресу ссылки предыдущего элемента адреса ссылки удаляемого элемента. Результат удаления из списка элемента 2, показан на рис. 2.102.

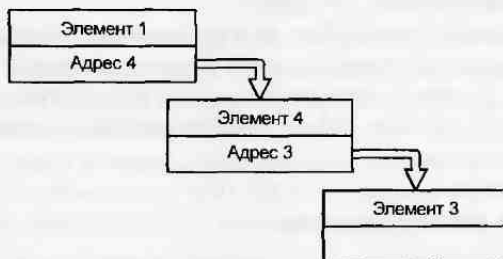


Рис. 2.102. Принцип удаления из списка

Перенос вызова из одного списка в другой содержит в себе две операции: УДАЛИТЬ и ВСТАВИТЬ.

Как уже было сказано, очередь — это специальный вид списка. Работа с очередью характеризуется выбранной дисциплиной обслуживания. Простейшая и массовая дисциплина FIFO — «первый вошел — первый вышел», когда элементы списка нумеруются согласно порядку их поступления. Первый поступивший вызов в начале очереди получает номер 1, последний в конце получает номер в соответствии с длиной очереди.

Для удобства работы с очередью вводятся два указателя:

- НАЧАЛО ОЧЕРЕДИ.
- КОНЕЦ ОЧЕРЕДИ.

Для того, чтобы вставить новый элемент в очередь, надо увеличить указатель КОНЕЦ ОЧЕРЕДИ на 1 ($\text{КОНЕЦ ОЧЕРЕДИ} = \text{КОНЕЦ ОЧЕРЕДИ} + 1$) и вставить элемент в список, изменив адресную ссылку предыдущего элемента.

Для того, чтобы УДАЛИТЬ ЭЛЕМЕНТ (взять его на обработку), надо увеличить указатель НАЧАЛО ОЧЕРЕДИ на 1 ($\text{НАЧАЛО ОЧЕРЕДИ} = \text{НАЧАЛО ОЧЕРЕДИ} + 1$). Тогда, следующий элемент станет первым (продвинется в начало очереди). Разность между указателями КОНЕЦ ОЧЕРЕДИ и НАЧАЛО ОЧЕРЕДИ определяет длину очереди.

Поскольку увеличение номеров не должно быть бесконечным, то для списка длины l принято считать, что номер, следующий за элементом с номером $(l - 1)$, — элемент с номером 0.

Операционная система и распределение ресурсов управляющего устройства

Рассматриваемое программное обеспечение (ПО) относится к классу прикладного. Управление информационно-вычислительными процессами и множеством сервисных функций осуществляется системным программным обеспечением, сердцевиной которого является операционная система (ОС). В число основных функций операционной системы входит

распределение ресурсов компьютера (памяти, времени), управление доступом к этим ресурсам. Программное обеспечение системы коммутации (рис. 2.103) является прикладным, однако ОС и ее модули участвуют в диспетчеризации прикладных процессов. Часть модулей ПО систем коммутации жестко привязаны ко времени и выполняются периодически через фиксированные для конкретного модуля интервалы времени (задачи 1, 2). Остальные задачи выполняются в свободные интервалы времени. Последовательность их выполнения определяется системой приоритетов. При распределении компьютерного времени выделяются четыре группы (уровня) задач:

1-й уровень — ручное вмешательство обслуживающего персонала, имеющего соответствующее право на прерывания; оно защищено паролем;

2-й уровень — функции контроля, диагностики и восстановления работоспособности;

3-й уровень — функции, вызываемые периодически по сигналу таймера;

4-й уровень — станционные процедуры и процессы.

Практически во всех системах периодически выполняемые задачи по обработке вызовов являются наиболее приоритетными.

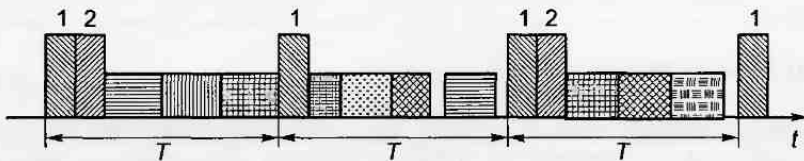


Рис. 2.103. Диаграмма распределения времени между обычными и периодическими задачами:
 T — минимальный период выполнения задач



Рис. 2.104. Пример структурной схемы программного обеспечения АТС

Как видно из рисунка, задачи выполнения основных алгоритмов решаются во время, оставшееся от периодически выполняемых задач, которые в телекоммуникационных станциях имеют сравнительно малый период. Например, программа сканирования активизируется через каждые 10 мс (см. 2.9.2). Поэтому периодические программы необходимо делать быстродействующими или включать в них минимальное число функций. Наиболее кардинальным решением является выделение для периодических задач отдельного процессора, работающего параллельно с процессором, обрабатывающим соединение.

Программное обеспечение АТС строится согласно структурной схеме, пример которой для задач, непосредственно участвующих в обслуживании приборов станции (базовые задачи), показан на рис. 2.104. Эта структурная схема является основой для построения диспетчера, который распределяет задачи, согласно приоритетам их выполнения. Сначала распределяются задачи верхнего уровня этой структурной схемы. В данном примере — это обработка вызова, техническое обслуживание и т.д., Затем задачи внутри каждой группы верхнего уровня. Внутри каждой группы имеется свой диспетчер задач, который организует последовательность выполнения программ, оптимизируя очереди и время обработки.

2.10. Межстанционная сигнализация

В данном разделе рассматриваются вопросы взаимодействия различных станций и основа этого взаимодействия — сигнализация. Ниже будут кратко рассмотрены основные системы сигнализации. Более подробно с проблемами сигнализации можно ознакомиться в [20, 25, 49, 72, 84].

Для установления соединения между станциями происходит обмен сигналами. С увеличением числа служб и появлением новых видов сетей (Интернет, интеллектуальные сети, мобильные сети и др.) растет число сигналов и протоколов обмена. Поэтому рассмотрение систем сигнализации в этой книге разбито на две части. В настоящей главе рассмотрены основные системы обмена, принятые на современных системах коммутации, а в третьей главе будут рассмотрены сетевые протоколы.

2.10.1. Линейная сигнализация в координатной АТС

Сигналы, передаваемые между станциями, условно подразделяются на сигналы взаимодействия (линейные) и сигналы управления (регистровые) [16].

Линейные сигналы предназначены для информирования соседней станции о фазе установления соединения и передаются в состоянии установленного тракта (кроме сигнала «занятие»). При передаче этих сигналов по цепям разговорного тракта возникает проблема защиты от имитации этих сигналов полезной информацией.

Сигналы управления (регистровые сигналы). Включают в себя большую группу сигналов, которыми обмениваются управляющие устройства при установлении соединения и эксплуатации станции и сети.

Рассмотрим самый простой и распространенный метод передачи линейных сигналов по трехпроводной соединительной линии. В данном случае абстрактные положения протокола необходимо, хотя бы кратко, представить на примере физической реализации. Линейные сигналы в трехпроводной физической линии применяются для взаимодействия со станциями электромеханических систем (декадно-шаговой и координатных систем местной и междугородной связи) и при использовании неуплотненных линий. Состав сигналов и их описа-

ние приведены в табл. 2.9 и 2.10, заимствованных из [16, 20]. В табл. 2.9 приведены сигналы, передаваемые в направлении входящей станции, в табл. 2.10 — сигналы, передаваемые от входящей станции.

Таблица 2.9. Сигналы, передаваемые в направлении входящей станции по трехпроводной соединительной линии

№ п/п	Название сигнала	Описание	Примечание
1	ЗАНЯТИЕ	Положительный сигнал на проводе <i>c</i>	Передается при появлении нового вызова
2	НАБОР НОМЕРА	Замыкание и размыкание абонентского шлейфа	Время передачи импульсов — 50 мс, время передачи паузы — 50 мс, время межцифрового интервала — 700 мс
3	РАЗЪЕДИНЕНИЕ	Высокое входное сопротивление на проводе <i>c</i>	Передается в случае освобождения исходящей СЛ (отбой А и др.)

Таблица 2.10. Сигналы, передаваемые от входящей станции по трехпроводной соединительной линии

№ п/п	Название сигнала	Описание	Примечание
1	ОТВЕТ/ЗАПРОС	Положительный сигнал на проводе <i>b</i>	Передается после ответа вызываемого абонента. Если этот сигнал «ответ» сопровождается частотным сигналом 500 Гц, то он должен обрабатываться как запрос информации АОН. Время распознавания сигнала — 70...90 мс. Приемник 500 Гц должен быть готов к приему частотного сигнала через 10 мс после получения линейного сигнала «ответ»
2	СНЯТИЕ ЗАПРОСА АОН	Полярности сигналов на проводах как при сигнале «ответ»	Снятие частоты 500 Гц
3	ЗАНЯТОСТЬ/ОТБОЙ	Отрицательный сигнал на проводе <i>b</i>	Передается со стороны исходящей станции, если абонент недоступен, занят или в случае сбоя в процессе соединения, а также, если абонент Б вешает трубку
5	БЛОКИРОВКА	Высокое входное сопротивление на проводе <i>c</i>	Передается на исходящую станцию в случае блокировки линии на входящей станции
6	КОНТРОЛЬ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ	Отрицательная полярность через высокое сопротивление со стороны входящей станции	Сигнал передается входящей станцией после получения сигнала «разъединение» и освобождения соединительной линии и оборудования

В координатной АТС передача этих сигналов осуществляется на исходящей станции двумя приборами:

- комплектом реле соединительных линий, исходящим трехпроводным — РСЛИ-3 (употребляется также сокращение КСЛИ-3);

– исходящим шнуровым комплектом — ИШК, уже упоминавшимся при рассмотрении структурной схемы координатной АТС.

На входящей стороне эти функции выполняются комплектом реле соединительных линий входящим трехпроводным — РСЛВ-3 (употребляется также сокращение КСЛВ-3).

На рис. 2.105 показана схема РСЛИ-3, а на рис. 2.106 — РСЛВ-3.

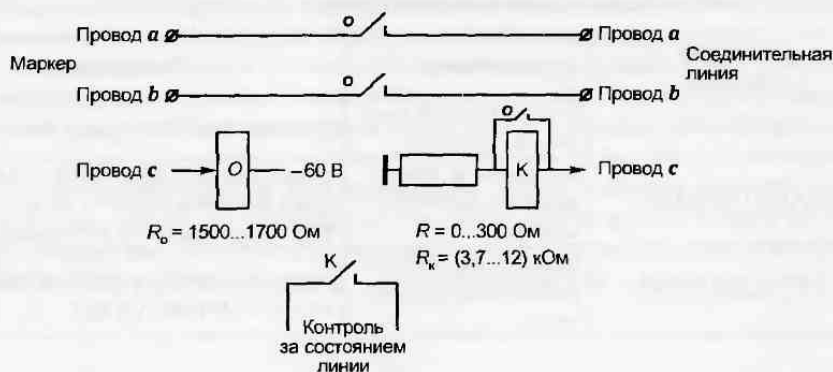


Рис. 2.105. Принципиальная схема РСЛИ-3

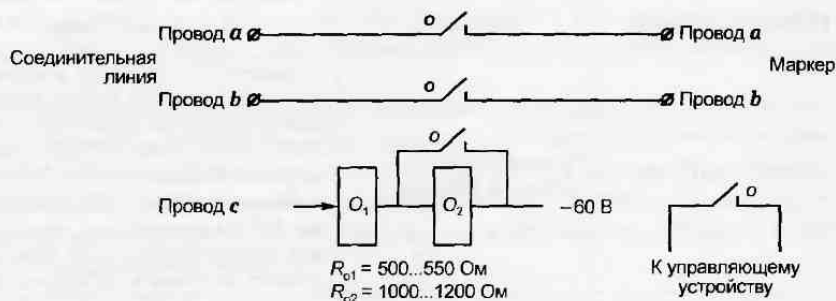


Рис. 2.106. Принципиальная схема РСЛВ-3

Рассматриваемые комплекты входящих и исходящих реле соединительных линий работают описанным ниже образом.

Контроль исходного состояния соединительной линии и передача сигнала «занятие» осуществляется следующим образом. В исходном состоянии в РСЛИ-3 контрольное реле K , которое получает потенциал -60 В из входящего комплекта через обмотку реле O , находится в рабочем состоянии. Параметры этих реле приведены на рис. 2.105–2.106. Реле K имеет высокоомную обмотку ($3,7\text{--}12 \text{ кОм}$) и поэтому реле занятия (реле O) во входящем комплекте находится в исходном состоянии. Работающее реле K показывает, что соединительная линия и входящий комплект соединительных линий исправны. Своим контактом (обычно его соединяют последовательно с предохранителем и гнездом подключения) оно передает в управляющее устройство признак того, что соединительная линия свободна и исправна.

Если линия неисправна (обрыв), снят или заблокирован РСЛВ-3, то цепь включающая реле K , обрывается, и контакт, передающий информацию в управляющее устройство, размыкается. Другим контактом реле K передает в устройство сигнализации информацию

о блокировке соединительной линии. Это запускает отсчет времени, и далее реализуются алгоритмы, принятые на данной станции для технического обслуживания.

В случае занятия РСЛИ-3 со стороны маркера в этом комплекте срабатывает реле *O*, которое своим контактом шунтирует цепь реле *K*, и проключает провода *a* и *b*. Из-за уменьшения сопротивления на исходящем конце линии (оно будет равно в зависимости от расстояния между станциями от 0 до 300 Ом) во входящем комплекте РСЛВ-3 срабатывает реле *O*. Оно подключает дополнительную обмотку (для уменьшения тока в цепи удержания) и своим контактом передает в управляющее устройство сигнал занятия. При этом проключаются разговорные провода.

2.10.2. Передача управляющей информации в координатных АТС

Способ передачи управляющей информации во многом зависит от принципов построения станции (см. 2.5). В этом примере рассмотрен обмен управляющими сигналами для случая, когда применяется подключение МЧПП — многочастотного приемопередатчика, для чего на рис. 2.107 приведен фрагмент схемы, изображенной на рис. 2.55.

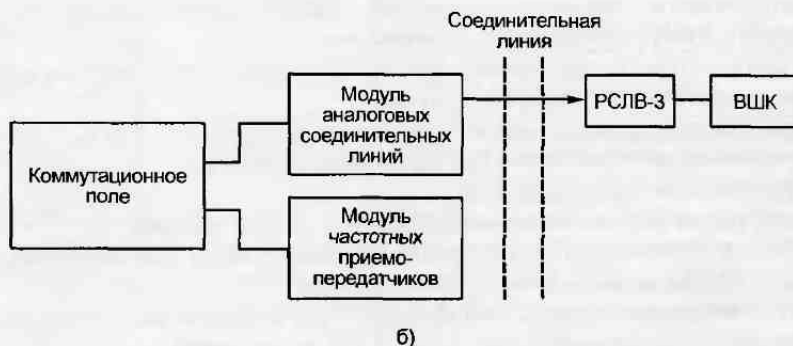
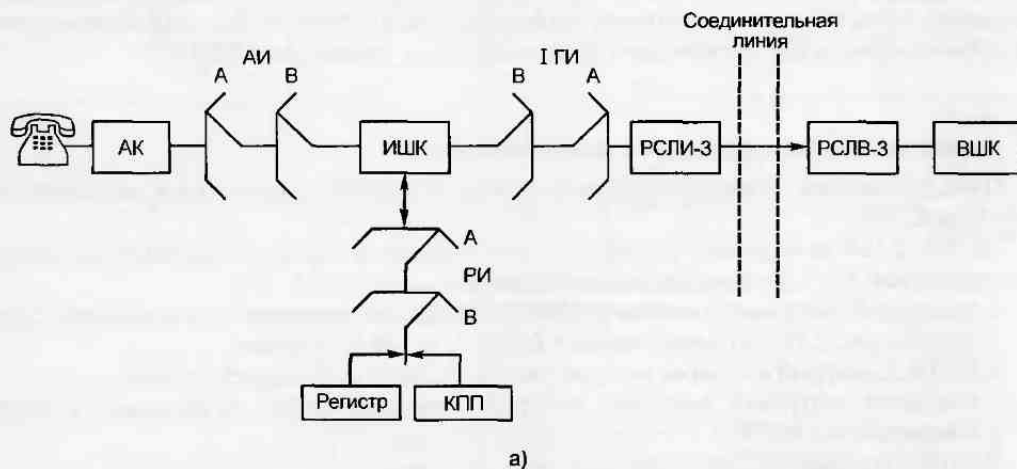


Рис. 2.107. Структурная схема взаимодействия приборов при передаче информации частотным или импульсным способом

Напомним, что в 2.5 рассматривался случай, когда на исходящем конце устанавливается многочастотный приемопередатчик. Аналогичное устройство размещается в маркере группового искания (см. рис. 2.62). Обратим внимание, что в маркере группового искания этот прибор называется кодовым приемопередатчиком (КПП). Разница между МЧПП и КПП заключается только в том, что кодовый приемопередатчик может принимать, кроме информации в виде многочастотных посылок, импульсы, передаваемые методом разрыва шлейфа, или с помощью сигналов различной полярности, передаваемых по проводам *a* и *b*. Протокол многочастотного обмена рассмотрен далее. На рис. 2.107, *a* приведена схема с КПП как более общий случай по сравнению с рис. 2.56. Рис. 2.107, *a* показывает, что на станции происходит разделение функций между приборами. Комплекты РСЛИ-3 осуществляют обмен линейными сигналами для подключения КПП (в комплектах в соответствии с рис. 2.105, 2.106 провода *a* и *b* проключают электрическую цепь). Обмен сигналами управления происходит между специальными приборами КПП регистровой ступени искания (РИ) и групповой ступени искания соседней станции.

На рис. 2.107, *b* приведен фрагмент подключения многочастотного приемопередатчика на станции с полностью распределенным управлением (см. рис. 2.58). В данном случае установление соединения осуществляется так, как это изложено в 2.5.2 при описании рис. 2.57. После чего модуль аналоговых соединительных линий обменивается линейными сигналами, позволяющими подготовить взаимодействие многочастотных приемопередатчиков. Обмен управляющими сигналами производится под управлением МЧПП.

Передача линейных сигналов в координатных АТС

Ниже рассмотрен упрощенный пример обмена сигналами управления в координатной АТС (рис. 2.108).

На рис. 2.108 изображены устройства, участвующие в обмене линейными сигналами в координатной АТС. На этом рисунке изображены:

- исходящий шнуровой комплект (ИШК), который устанавливается на исходящей станции (см. рис. 2.107, *a*) и включается в РСЛИ-3, на той же станции;
- РСЛИ-3, который соединяется с комплектом РСЛВ-3 на входящей станции;
- входящий шнуровой комплект, который устанавливается на входящей станции и включается в РСЛВ-3.

В ИШК установлены следующие реле:

- И — его контакты, показанные на рисунке, предназначены для передачи импульсов набираемого номера на входящую станцию;
- С, контакты которого срабатывают при поступлении первого импульса и удерживаются до наступления межцифровой паузы;
- А — принимающее ответ абонента Б на стороне абонента А;
- Б — принимающее отбой абонента Б на стороне абонента А.

В ВШК установлены следующие реле:

- И — импульсное реле, принимающее импульсы набора номера;
- ОТВЕТ — принимающее ответ абонента и транслирующее этот сигнал на исходящую станцию в ИШК (на рис. 2.106–2.108 не показаны);
- ОТБОЙ — воспринимающее отбой абонента Б для передачи соответствующего сигнала на исходящую станцию (на рис. 2.106–2.108 не показаны).

Порядок обмена сигналами показан на рис. 2.109, *a*, на рис. 2.109, *b* показана кодировка этих сигналов.

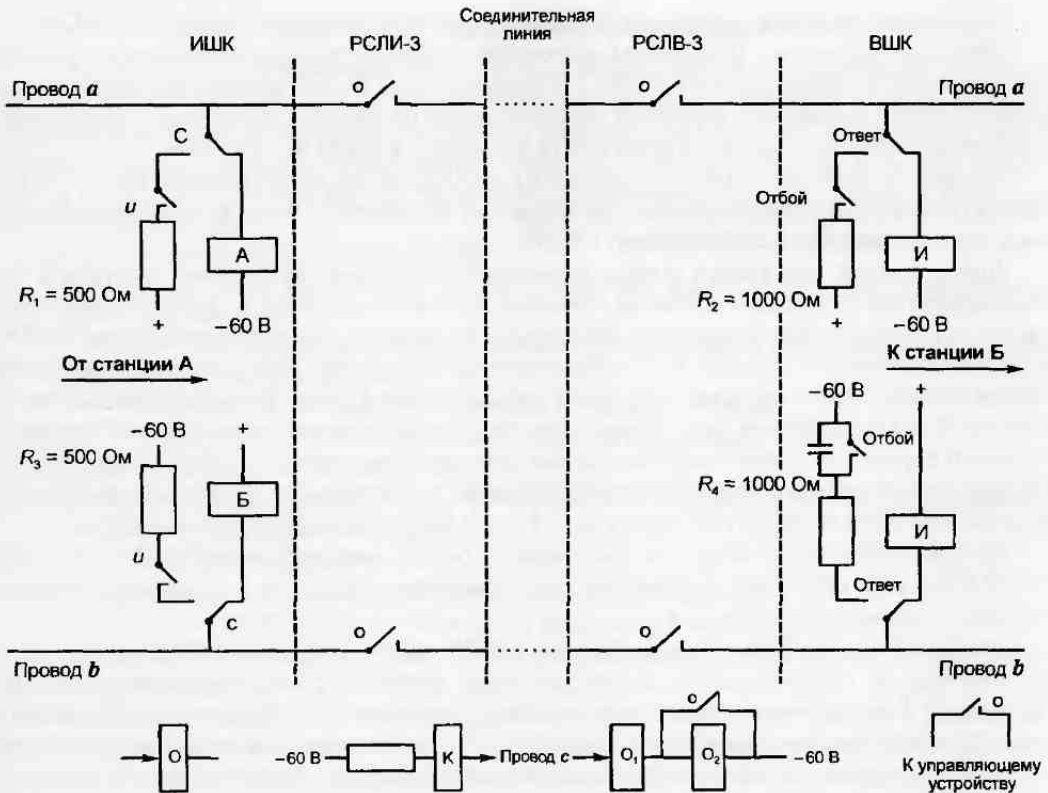


Рис. 2.108. Принцип обмена линейными сигналами по трехпроводным линиям



а)

Название сигнала	Направление	Кодирование
Исходное положение (Разъединение)	→	«+» по проводу с через сопротивление 3.7...12 кОм
Занятие	→	«+» по проводу с через сопротивление 300 Ом
Набор номера	→	«+» по проводу а через сопротивление 500 Ом, «-» по проводу б через сопротивление 500 Ом
Ответ Б	←	«+» по проводу а через сопротивление 1000 Ом
Отбой Б	←	«-» по проводу б через сопротивление 1000 Ом

б)

Рис. 2.109. Обмен сигналами по трехпроводной линии:
а) последовательность сигналов; б) кодировка линейных сигналов

Рассмотрим последовательно этот процесс.

Исходное положение. В исходном положении целостность линии и исправность входящего комплекта контролируется РСЛИ-3 с помощью реле *K*, как это уже рассматривалось ранее. Сигнал закодирован передачей положительной полярности по проводу *c* через реле и резистор с сопротивлением, которое может составлять в сумме 4...12,3 кОм.

Занятие. Сигнал «занятие» передается из РСЛИ-3 путем шунтирования реле *K*. Этот сигнал (положительной полярности), поступающий по проводу *c* через резистор сопротивлением 300 Ом, приводит к срабатыванию в РСЛВ-3 реле *O*.

Набор номера. При наборе номера в комплекте ИШК под управлением импульсов номеронабирателя, стоящего у абонента, изменяет свое состояние реле *И*, которое своим контактом подключает положительную полярность на провод *a* через сопротивление 500 Ом и другим контактом к проводу *b* — отрицательную полярность (это кодировка импульсов набора номера). Цепи передачи импульсов проходят также через контакты реле *c*. Реле *C* (см. рис. 2.66) — серийное реле, служит для того, чтобы отметить межцифровой интервал. В данном случае оно подключает импульсные цепи на время передачи набора номера. Таким образом сигнал набора номера кодируется передачей положительной полярности по проводу *a* и отрицательной полярности — по проводу *b* через резистор сопротивлением 500 Ом.

На входящей стороне импульсы принимаются реле *И* (импульсное реле ВШК). Одна обмотка этого реле принимает положительную полярность по проводу *a*, а другая — отрицательную полярность по проводу *b*.

Ответ абонента. После ответа абонента в ВШК срабатывает реле ОТВЕТ и подключает к проводу *a* положительную полярность через резистор с сопротивлением 1000 Ом. На проводе *b* подключается также резистор сопротивлением 1000 Ом, но цепь постоянного тока отсутствует из-за включения конденсатора. Это необходимо для создания симметричного сопротивления, подключенного к разговорным проводам. В противном случае асимметрия проводов приводит к снижению переходного затухания не только в этой, но и в других соседних цепях.

Из сказанного выше можно сделать вывод, что сигнал «ответ» кодируется положительной полярностью на проводе *a*, передаваемой через резистор сопротивлением 1000 Ом.

В исходящем комплекте срабатывает реле *A* через контакт реле *C*, которое находится в исходном состоянии с момента окончания набора номера. Срабатывание реле *A* дает сигнал управляющему устройству на исходящей стороне об ответе абонента *Б*.

Отбой абонента Б. При отбое на входящей стороне срабатывает реле ОТБОЙ и своими контактами отключает отрицательный потенциал на проводе *a* и подключает отрицательный потенциал на провод *b* через резистор с сопротивлением 1000 Ом. Это означает, что сигнал «отбой» кодируется отрицательным потенциалом на проводе *b*, передаваемым через резистор 1000 Ом.

В исходящем шнуровом комплекте срабатывает реле *Б*, которое посылает сигнал управляющему устройству об отбое абонента *Б*. Далее управляющее устройство принимает решение в зависимости от принятой системы отбоя (двухсторонний, односторонний и т.п.) и выработывает сигнал разъединение.

Разъединение. Для разъединения управляющее устройство приводит реле *O* в РСЛИ-3 в исходное состояние, оно снимает шунтирование реле *K*, комплект возвращается в исходное состояние. На входящей стороне отпускает реле *O* (поскольку величины контрольного тока, проходящего через реле *K* исходящего комплекта, не хватает для его удержания), и комплект переходит в исходное положение. Далее управляющее устройство, получив сигнал об отпуске реле *O*, приводит устройства станции в исходное состояние.

Системы обмена управляющей информацией в координатных АТС

Многочастотная сигнализация была одной из первых систем, применяющих помехозащищенные коды для передачи сигналов управления. Телефонные станции и другие системы обмена и обработки информации работают в условиях повышенного воздействия помех. Это могут быть производственные помехи (наводки от работающих реле, соседних установок по заземлению, электрического транспорта) или целенаправленные помехи с целью искажения информации.

Основные особенности такой системы:

- применение частотного обмена, который повышает скорость сигналов и увеличивает дальность передачи;
- использование специального кода с возможностью проверки на входящем конце правильности принятого сигнала;
- наличие алгоритма обмена, позволяющего исправлять ошибки.

Существуют несколько систем многочастотной сигнализации:

- принятые в мире системы R1 и R2;
- принятая в России система R1.5 (это наименование, которое появилось неофициально, теперь уже стало общепринятым).

Система R1.5 имеет модификации:

- «импульсный челнок», который применяется в городских АТС;
- «импульсный пакет», разработанный для междугородных станций;
- «безинтервальный пакет» — для обмена информацией в случае автоматического опознавания номера.

Ниже будет рассмотрена только одна модификация — «импульсный челнок», для остальных будут указаны только отличительные особенности. Она использует комбинации из 6 частот. Каждый сигнал образуется комбинацией сигналов «2 из 6». Число комбинаций — 15.

Для передачи этих кодов используются следующие частоты:

$$f_0 = 700 \text{ Гц}; \quad f_1 = 900 \text{ Гц}; \quad f_2 = 1100 \text{ Гц}; \\ f_4 = 1300 \text{ Гц}; \quad f_7 = 1500 \text{ Гц}; \quad f_{11} = 1700 \text{ Гц}.$$

Длительность сигнала составляет 45 ± 5 мс.

Алгоритм обмена построен по принципу «запрос—ответ». На каждый сигнал запроса приходит другой сигнал: либо запрос следующей информации, либо подтверждение. Каждый из принятых сигналов проверяется на строгое наличие 2-х частот. Если число принятых частот равно 1 или 3 и более, то на передающую сторону идет сигнал «запрос повтора» («повтори, не понял»). Количество таких перезапросов определяется либо счетчиком попыток, либо посредством таймера.

Обмен производится в соответствии с процессом установления соединения для координатной системы коммутации, который был описан ранее. Кратко он сводится к следующему. После подключения кодового приемопередатчика к разговорному тракту он передает на входящую станцию сигнал В1 (обратные сигналы будем кодировать буквой В, прямые — А). Сигнал В1 — «запрос первой цифры». На этот сигнал передатчик регистра отвечает одной цифрой. Если необходимо принять следующую цифру (этим кодовым приемником или приемником другой степени), то в обратном направлении передается сигнал В2 — «запрос следующей цифры частотным кодом». Передатчик отвечает передачей следующей цифры.

Если ступень ГИ является последней перед декадно-шаговой АТС или станцией другой системы, которая не работает частотным способом, то передается сигнал В9 — «запрос следующей, а затем и остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом».

В некоторых случаях для продолжения соединения следующей станции нужно иметь уже переданный знак, тогда передается сигнал В3 — «запрос ранее переданной цифры частотным кодом». Это имеет место, например, при выходе на узловую станцию для поиска направлений (этот вопрос будет рассмотрен в разделе, касающемся сетей). Аналогичный сигнал для такого же случая предусмотрен для декадно-шаговой АТС — сигнал В10. Кроме этого, для перехода в сеть декадно-шаговой системой предусмотрен вариант передачи всего номера декадным кодом (сигнал В8 — «запрос передачи всего номера (начиная с первой цифры) декадным кодом»).

В случае установления соединения в координатной системе после пробы абонента передается сигнал В4 («абонент свободен») или В5 («абонент занят»). Возможно также, что соединение не может быть установлено из-за занятости промежуточных линий или выходов, тогда в обратном направлении передается соответствующий сигнал В7 — сигнал перегрузки (отсутствие свободных путей).

Во всех случаях, когда сигнал принят с искажением, он должен быть передан повторно. Для этого передается в обратном направлении сигнал В6 — «запрос повтора (повтори, не понял)».

Кодировка сигналов в координатной системе при передаче методом «импульсный челнок» приведена в табл. 2.11.

Таблица 2.11. Кодировка сигналов в методе «импульсный челнок»

Номер сигнала	Частоты	Сигнал	
		Прямое направление	Обратное направление
1	$f_0 f_1$	Цифра 1	Запрос первой цифры номера вызываемого абонента частотным кодом
2	$f_0 f_2$	Цифра 2	Запрос следующей цифры частотным кодом
3	$f_2 f_1$	Цифра 3	Запрос ранее переданной цифры частотным кодом
4	$f_0 f_4$	Цифра 4	Вызываемый абонент свободен
5	$f_1 f_4$	Цифра 5	Вызываемый абонент занят
6	$f_2 f_4$	Цифра 6	Запрос ранее переданной цифры, принятой с искажением (запрос повтора)
7	$f_0 f_7$	Цифра 7	Сигнал перегрузки (отсутствие свободных путей)
8	$f_1 f_7$	Цифра 8	Запрос передачи всего номера (начиная с первой цифры) декадным кодом.
9	$f_2 f_7$	Цифра 9	Запрос передачи следующей и всех остальных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом.
10	$f_4 f_7$	Цифра 0	Запрос повторения переданных цифр номера вызываемого абонента декадным кодом
11	$f_0 f_{11}$	Резерв	Резерв
12	$f_1 f_{11}$	Подтверждение сигналов обратного направления № 4, 5, 8, 9, 10	Резерв
13	$f_2 f_{11}$	Запрос повторения ранее переданного сигнала, принятого с искажениями	Резерв
14	$f_7 f_{11}$	Резерв	Резерв
15	$f_4 f_{11}$	Резерв	Резерв

Другие упомянутые способы многочастотной сигнализации отличаются тем, что приняты меры для ускорения передачи информации.

При использовании модификации «импульсный пакет» передача цифровой информации осуществляется не по одному знаку, а целым пакетом, что уменьшает время на перезапрос.

При методе передачи «безинтервальный пакет» сигналы идут без пауз, которые при импульсном способе позволяют отделить один знак от другого. Для определения момента смены знака система следит за сменой комбинации.

Если подряд идут одинаковые знаки, то между ними вставляется разделительная комбинация. Такой способ иногда называют «сменно-качественным».

В заключение надо сказать, что в международных рекомендациях предусмотрены протоколы R1 и R2. Протокол R1.5 — «гибридный». Он использует частоты протокола R1, а логику обмена R2. При этом, в отличие от последнего, в прямом и обратном направлениях применяются одни и те же наборы частот. История этого вопроса отражена в [20].

2.10.3. Линейная сигнализация в цифровых системах.

Передача сигналов по двум выделенным каналам

При рассмотрении принципов использования временных каналов при цифровом потоке с импульсно-кодовой модуляцией приводилось два способа использования 16-го канала (канал сигнализации). В первом случае сигналы управления передаются для любого из каналов тракта (общий канал сигнализации) со скоростью 64 кбит/с. Принцип передачи сигналов для этого случая будет рассмотрен в дальнейшем.

Второй способ получил название *выделенный канал*. В этом случае за каждым информационным каналом закрепляется выделенный сигнальный канал (ВСК), реальная скорость передачи для каждого такого канала — 4 кбит/с. Он был весьма распространен при связи с электромеханическими системами по цифровым трактам. Образование в цифровом тракте выделенного канала уже рассматривалось в 2.4.2 при описании рис. 2.40. При этом способе 16-й канал разделяется на две части по 4 бита каждая. Эта система имеет примерно тот же состав сигналов (сравните по составу сигналов табл. 2.9, 2.10 и табл. 2.12, 2.13), то же совпадающее число и обозначение проводов в проводной системе и битов в выделенном канале (а, б, с, д).

Алгоритм установления соединения совпадает с рассмотренным выше для трехпроводной линии. В табл. 2.12 и 2.13 приведены линейные сигналы.

Таблица 2.12. Линейные сигналы, передаваемые исходящей станцией

№	Направление сигнала	Название сигнала	Состояние бит				Примечание
			1ВСК (а)	2ВСК (б)	(с)	(д)	
1	→	ЗАНЯТИЕ	1	0	0	1	Передается при появлении нового вызова
2	→	НАБОР НОМЕРА					Время передачи: импульса — 50 мс паузы — 50 мс междигитрового интервала — 700 мс
		Импульс	0	0	0	1	
		Пауза	1	0	0	1	
		Междигитровый интервал	1	0	0	1	
3	→	РАЗЪЕДИНЕНИЕ	1	1	0	1	Передается в случае освобождения исходящей СЛ (отбой А и др.)
4	→	ОТБОЙ А	0	0	0	1	Может быть принят, если АТС реализует систему двухстороннего отбоя

Таблица 2.13. Линейные сигналы, передаваемые по двум выделенным каналам

№	Направление сигнала	Название сигнала	Состояние бит				Примечание
			1ВСК (a)	2ВСК (b)	(c)	(d)	
1	←	ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ЗАНЯТИЯ	1	1	0	1	Ожидается в течение 1 с после отправки сигнала «занято»
2	←	ОТВЕТ/ЗАПРОС АОН	1	0	0	1	Передается после ответа вызываемого абонента. Если этот сигнал сопровождается частотным сигналом 500 Гц по разговорному тракту, то он должен обрабатываться как запрос информации АОН
3	←	ЗАНЯТОСТЬ	0	0	0	1	Передается со стороны входящей станции в случае, если абонент Б недоступен, занят или в случае сбоя процесса установления соединения
4	←	ОТБОЙ Б	0	0	0	1	Передается со стороны входящей станции, если абонент Б вешает трубку
5	←	БЛОКИРОВКА	1	1	0	1	Передается на исходящую станцию в случае блокировки линии на входящей станции
6	←	КОНТРОЛЬ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ	0	1	0	1	Сигнал передается входящей станцией после получения сигнала «разъединение» и освобождения соединительной линии и оборудования

2.10.4. Передача управляющей информации в цифровых станциях. Общий канал сигнализации № 7

С увеличением и усложнением функций коммутационных систем стало необходимым усовершенствовать систему сигнализации. Наиболее кардинальным решением было разделение цепей передачи информации и сигнальных цепей. Такая система реализуется следующим образом. На группу каналов выделяется сигнальный канал, и информация, касающаяся соединения по любому каналу из группы, передается по общему каналу и сопровождается адресом источника.

Преимущества общего канала сигнализации (ОКС) следующие:

1. Сигнальные цепи отделены от цепей передачи информации, что исключает их взаимное влияние, например, имитацию сигналов в тракте обмена. Нет необходимости подключать и отключать приемники, передатчики и тракт обмена, что упрощает алгоритмы обмена сигналами.

2. Обмен сигналами осуществляется с помощью средств, присущих технике передачи данных, поэтому увеличивается скорость обмена, и вводятся эффективные способы защиты, рассмотренные в первом разделе при изучении абонентских линий ISDN.

3. Увеличивается число сигналов, которые могут быть переданы по тракту сигнализации, поскольку кодирование информации не связано с ограничениями, присущими взаимодействию с информационным трактом.

4. Возможно использование пучков каналов в двухстороннем режиме. Рассмотренные в 2.10.1–2.10.3 были однонаправленными и делились на исходящие и входящие комплекты.

5. Общий канал сигнализации связан не только с телефонными приложениями и может быть использован для передачи сигналов по любым протоколам, в том числе может служить мощным средством для передачи и коммутации данных.

К недостаткам ОКС следует отнести:

1. Необходимость выделения отдельного канала. В цифровых АТС этот недостаток не влияет на занятость каналов обмена (для этого выделен 16-й канал), поэтому не является существенным и подробно не рассматривается.

2. Централизация обмена. С точки зрения канальной надежности канал сигнализации один на группу из 30 каналов (в ИКМ). Поэтому в больших пучках линий имеется возможность обмена по другому тракту. С точки зрения управления этот недостаток присущ системам с централизованным управлением, где программа управления ОКС связана с одним (резервированным) устройством. В децентрализованной системе могут быть несколько модулей, программное обеспечение которых управляет сигнализацией.

Каналы ОКС № 7 представляют собой отдельную сеть и коммутируются по правилам коммутации сообщений. Возможны два способа маршрутизации сигнальных сообщений (рис. 2.110).

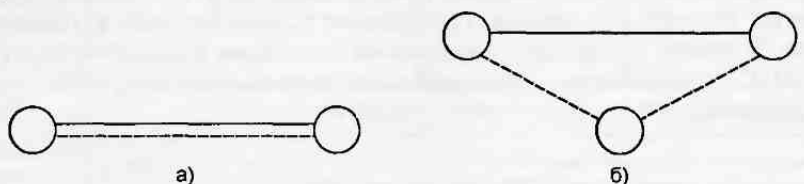


Рис. 2.110. Способы маршрутизации информации в ОКС:

а) связанный; б) несвязанный;

----- маршрут канала сигнализации; — маршрут информационного канала

Согласно первому способу (связанный ОКС), маршрутизация каналов сигнализации проводится совместно с маршрутизацией информационных каналов. При этом их маршруты совпадают, как показано на рис. 2.110, а.

Второй способ — несвязанный ОКС. Маршрутизация сигнальной информации идет независимо от информационных каналов, и их маршруты могут не совпадать, как это показано на рис. 2.110, б.

Аппаратурная реализация ОКС

Основные устройства, реализующие ОКС, показаны на рис. 2.111.

Интерфейс с информационными каналами реализует взаимодействие с коммутационным полем. В зависимости от нагрузки входы ОКС могут занимать несколько входов в коммутационное поле. При этом в общем случае они имитируют цифровой поток и могут быть скомутированы в любой канал любого тракта на выходе (напомним, типовой тракт ИКМ включает в себя 30 информационных каналов). Интерфейс позволяет накапливать информацию от каждого канала сигнализации и коммутировать ее в 16-й канал требуемого тракта. Возможность коммутации с другими каналами создает условия для ликвидации аварийных ситуаций и резервирования.

Контроллер ОКС производит обработку сигналов и выполняет запросы нижних уровней протокола (физического и канального). Аппаратурная реализация части протокола, как правило, увеличивает быстродействие и устойчивость системы.



Рис. 2.111. Основные устройства, реализующие ОКС

Управляющее устройство представляет собой процессор в сочетании с необходимыми видами памяти. Это либо станционное управляющее устройство, либо устройство управления модулем. В первом случае при установлении соединения взаимодействуют программные блоки ОКС и установления соединения. Во втором требуется обмен информацией с другими модулями.

Архитектура протоколов ОКС № 7

На рис. 2.112 приводится диаграмма, определяющая соответствие архитектуры протоколов ОКС № 7 и уровней модели ВОС [20]. Три нижних уровня модели протоколов ОКС объединены в подсистему МТР (Message Transfer Part, подсистема передачи сообщений) и реализуются преимущественно аппаратно.

Первый уровень (физический) определяет физические, электрические и функциональные характеристики канала передачи данных для звена сигнализации. На этом уровне осуществляется транспортировка сигнала по заданной физической среде. Как упоминалось выше, наиболее часто используемыми является применение 16-го канала в системе ИКМ для передачи сигналов ОКС со скоростью 64 кбит/с. Этот канал, как показано на рис. 2.112, вводится как цифровой тракт в коммутационное поле станции и, следовательно, должен иметь те же характеристики, которые рассматривались для цифрового тракта.

Если каналов сигнализации несколько, то они могут организовать на входе многоканальный тракт.

Второй уровень (канальный). Он определяет структуру информации, передаваемой по звену, процедуры обнаружения и исправления ошибок.

Третий уровень (сетевой) обеспечивает маршрутизацию и надежность передачи сообщения за счет выбора соответствующего маршрута передачи и управления сетью сигнализации. Этот же уровень передает и принимает информацию от систем сигнализации прикладного уровня.

Прикладные уровни приведены на рисунке в качестве примера и их состав и функции меняются с развитием коммутационной техники. Например, не так давно выделялась подсистема телефонной сигнализации, теперь она полностью реализуется подсистемой ISUP,

которая объединяет в себе особенности телефонных протоколов и системы ISDN. Усовершенствованием прикладного уровня является прикладная подсистема транзакций (Transaction Capabilities Application Part, TCAP). Введение этой подсистемы позволяет на прикладном уровне обобщить некоторые действия и программы, либо наиболее часто вызываемые, либо характерные для нескольких прикладных задач. Такие проблемы очень характерны для услуг, оказываемых интеллектуальными или мобильными сетями.



Рис. 2.112. Протоколы ОКС № 7

В подсистемах нижнего уровня существует тенденция обеспечить передачу через ОКС не только данных, относящихся к сигнальной информации, но и других данных. В этом случае необходимо учитывать, что при передаче возникает две группы единиц информации, ориентированных на соединение и не ориентированных на соединение. В рамках этих групп появляются классы информации, которые предъявляют различные требования к системе. Это в первую очередь требования к временным задержкам (чувствительна ли информация или нет к этому явлению). В каждом из этих классов может передаваться информация, имеющая постоянную и переменную скорость. Такие требования породили на уровне 3 системы передачи сообщений подсистему управления соединением каналов сигнализации (Signaling Connection Control Part, SCCP), управляющую передачей по сети.

Рассмотрим подсистемы, входящие в модель ОКС, начиная с системы, которая раскрывает основные сигналы на уровне пользователя. Это поможет сравнить процедуры установления соединения в системах без ОКС и с ОКС.

Далее рассмотрим другие уровни, позволяющие защитить информацию, маршрутизировать сообщение и обеспечить надежность функционирования сети.

Ранее уже рассматривались процедуры для ISDN-тракта. Приводимые ниже процедуры весьма схожи, но имеют некоторые особенности, на которые будет указано ниже.

Подсистема ISUP протоколов прикладного уровня

На рис. 2.112 приведены возможные системы протоколов прикладного уровня:

- подсистема телефонного пользователя и обмена данными ISDN (ISUP);
- подсистема мобильных абонентов различных стандартов (MAP);
- подсистема интеллектуальной сети (INAP).

Остановимся только на первой из них. Надо отметить, что в настоящее время подсистема ISUP обеспечивает работу с сетью ISDN. Набор формализованных правил и процедур для данной сети поглощает ранее известные системы сигнализации. Ряд сообщений, определенных для подсистемы ISUP, приведен в табл. 2.14. В этой таблице указаны сигналы, необходимые для установления соединения, которые будут далее использованы для построения диаграмм для различных типов соединений.

Таблица 2.14. Сообщения подсистемы ISUP

№	Название сигнала	Примечание
1	Начальное адресное сообщение (IAM — Initial Address Message)	Передается для занятия соседней станции
2	Последовательная передача адреса (SAM — Subsequent Address)	Передается при работе со станциями, не имеющими ОКС и требующими последовательной передачи цифр
3	Абонент найден (ACM — Address Complete Message)	Сообщение о завершении соединения. Передается с последней станции после определения состояния абонента «свободен»
4	Ответ абонента (ANM — Answer)	Передается при снятии телефонной трубки
5	Освобождение (REL — Release)	Передается в случае, когда входящая станция может быть освобождена
6	Завершение освобождения (RLC — Release Complete)	Передается при окончании соединения
7	Приостановка соединения (SUS — Suspend)	Сообщение, по которому происходит приостановка соединения (например, при реализации услуги «временный переход на другую линию»)
8	Возобновление соединения (RES — Resume)	Сообщение, которое отменяет приостановку
9	Запрос номера абонента (A — Information request)	Запрос номера абонента А с целью предоставления счета за оказанные услуги или определения номера вызывающей стороны по заявке абонента
10	Информация (INF — Information)	Ответное сообщение на сообщение запроса номера
11	Блокировка (BLO — Blocking)	Передается исходящей или входящей станцией в случае необходимости блокировки линии от занятия
12	Подтверждение блокировки (BLA — Blocking Acknowledgment)	Передается для подтверждения блокировки
13	Частичное освобождение (CCL — Calling party Clear signal)	Передается, когда может быть освобождена часть занятых приборов. Сообщение поддерживает процедуру двухстороннего отбоя
14	Сообщение об оплате (CRG — Charge)	Сообщение поддерживает процедуру начала оплаты
15	Начало посылки вызова (RNG — Ringing)	Передается после начала посылки акустического сигнала «посылка вызова» при входящем полуавтоматическом соединении
16	Запрос номера абонента (INR — Information Request)	Запрос передается для составления счета за предоставленные услуги или для определения вызывающей стороны

Сигнализация при установлении соединения

Рассмотрим процедуры обмена сигналами на прикладном уровне. Они во многом напоминают уже рассмотренные процедуры для станций предыдущих поколений как по составу сигналов (частично приведенных в табл. 2.14), так и по порядку обмена, приведенному на рис. 2.113–2.115. На рис. 2.113 приведен порядок обмена сигналами между цифровыми станциями одного типа, имеющими ОКС. При приеме от терминала сигнала «вызов» (см. рис. 1.52), который содержит цифровую информацию, необходимую для установления соединения, исходящая АТС-А анализирует эту информацию и выбирает маршрут. При этом формируется начальное адресное сообщение IAM (табл. 2.14). Этот сигнал является аналогом сигнала «занятие» в системах обмена предыдущих поколений, но, используя преимущества системы ОКС, он несет гораздо больше информации. В частности для сетей, оборудованных ОКС, он может содержать полный номер вызываемого абонента. Кроме того, он указывает требования к сети, к среде передачи, к процедурам. Структура и содержание его формата подробнее будут рассмотрены далее. Транзитная АТС-В принимает первоначальное сообщение (IAM), анализирует содержащуюся в нем информацию и определяет дальнейший маршрут к входящей АТС-Б. Она также проключает обратный тракт к АТС-А для того, чтобы абонент А мог принимать тональные сигналы, которые могут прийти в процессе установления соединения от элементов сети. Далее проключается тракт к входящей АТС-Б.



Рис. 2.113. Обмен сигналами при установлении и разъединении соединения

При поступлении начального сообщения (IAM) на АТС-Б номера вызываемого абонента определяется, требуется ли дополнительная информация от АТС-Б об абоненте А. Если она требуется, то посылается сообщение «из конца в конец» (о чем указывается в фиксированной обязательной части сообщения). Сообщения такого типа не анализируются транзитной станцией («прозрачная передача»). Исходящая станция предоставляет соответствующую информацию, посылая ответное сообщение «из конца в конец».

После приема необходимой информации АТС-Б вызываемый абонент информируется о входящем вызове, а от АТС-Б к транзитной АТС-В передается сообщение «абонент найден» (АСМ). Этот сигнал эквивалентен обратному сигналу на координатной АТС о состоянии абонента Б («свободен», «занят», «занят междугородним соединением»). При этом передается и другая информация расширяющая возможности обслуживания. Сообщение о принятии сообщения «абонент найден», передается к исходящей АТС-А, что указывает на успешную маршрутизацию и позволяет удалить из памяти маршрутную информацию, связанную с соединением.

Когда вызываемый абонент отвечает на вызов, входящая АТС-Б проключает разговорный тракт и передает сообщение об ответе на транзитную станцию (сообщение АНМ), которая, в свою очередь, пересылает сообщение ответа на исходящую станцию АТС-А. При приеме сообщения «ответ абонента» исходящая станция проключает тракт в прямом направлении. Таким образом устанавливается соединение вызывающего и вызываемого абонентов, начинается тарификация вызова и осуществляется разговор или передача данных.

В настоящее время принята система одностороннего отбоя, когда любой из абонентов (вызывающий или вызываемый) может инициировать разъединение. В предшествующих системах, где для определения злонамеренного вызова требовалась задержка соединения, реализовывались другие системы отбоя — только от абонента Б (вызываемого абонента) или двухсторонний отбой. Это требует дополнительного обмена, который показан на рис. 2.114 и 2.115, где приведены диаграммы обмена сигналами с системами предыдущего поколения.

От уже рассмотренной выше процедуры установления соединения между системами, обладающими ОКС, процедуры, показанные на этих рисунках, отличаются тем, что адрес передается частями, поэтому применяется команда последовательной передачи адреса SAM (см. табл. 2.14). При отбое абонента А передается сигнал частичного освобождения (CCL). В ответ абоненту Б посылается тональный сигнал «занято» и сообщение о приостановке соединения до получения отбоя абонента Б. После получения сигнала об отбое второго абонента соединение полностью освобождается. С уменьшением на сети станций устаревших систем эта процедура должна использоваться все меньше и меньше.



Рис. 2.114. Обмен сигналами при установлении входящего соединения от системы с сигнализацией по ОКС к декадно-шаговой системе (ДШС)



Рис. 2.115. Обмен сигналами при установлении входящего соединения от декадно-шаговой системы к системе с сигнализацией по ОКС

Структура некоторых сигналов

Сигнальная информация передается между пунктами сигнализации в виде сообщений переменной длины, называемых сигнальными единицами. Напомним, что существует три типа сигнальных единиц:

- значащая сигнальная единица (MSU — Message Signal Unit), которая используется для передачи сигнальной информации, формируемой подсистемами пользователей или SCCP;
- сигнальная единица состояния звена (LSSU — Link Status Signal Unit), используется для контроля состояния звена, посредством которой передается информация об аварийных ситуациях и сбоях второго уровня;
- заполняющая сигнальная единица (FISU — Fill In Signal Unit), которая используется для контроля целостности звена и обеспечения синхронизации звена при отсутствии сигнального трафика.

Тип сигнальной единицы определяется по идентификатору длины LI (Length Indicator), который указывает на длину поля, содержащего полезную информацию:

- $LI > 2$ — значащая сигнальная единица;
- $LI = 1$ или 2 — сигнальная единица состояния звена;
- $LI = 0$ — заполняющая сигнальная единица.

Структура сигнальных единиц показана на рис. 2.116, который аналогичен рис. 2.91. Каждое из показанных на рисунке полей сигнальных единиц будет рассмотрено далее. Основная сигнальная информация содержится в поле сигнальной информации SIF.

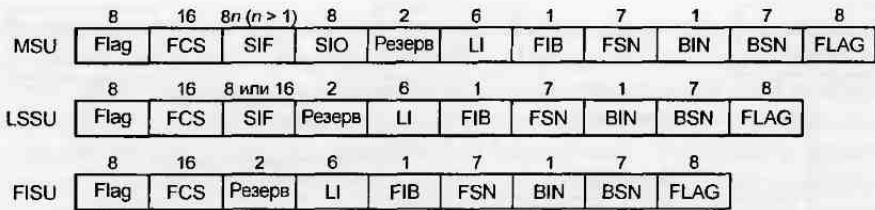


Рис. 2.116. Виды сигнальных единиц:

FCS	Frame Check Sequence — биты последовательной проверки	FIB	Forward Indicator Bit — прямой бит индикации
SIF	Signaling Information Field — поле сигнальной информации	FSN	Forward Sequence Number — прямой порядковый номер
SIO	Services Information Octet — байт индикатора обслуживания	BIN	Back Indicator — обратный бит индикации
LI	Length Indicator — индикатор длины	BSN	Back Sequence Number — обратный порядковый номер

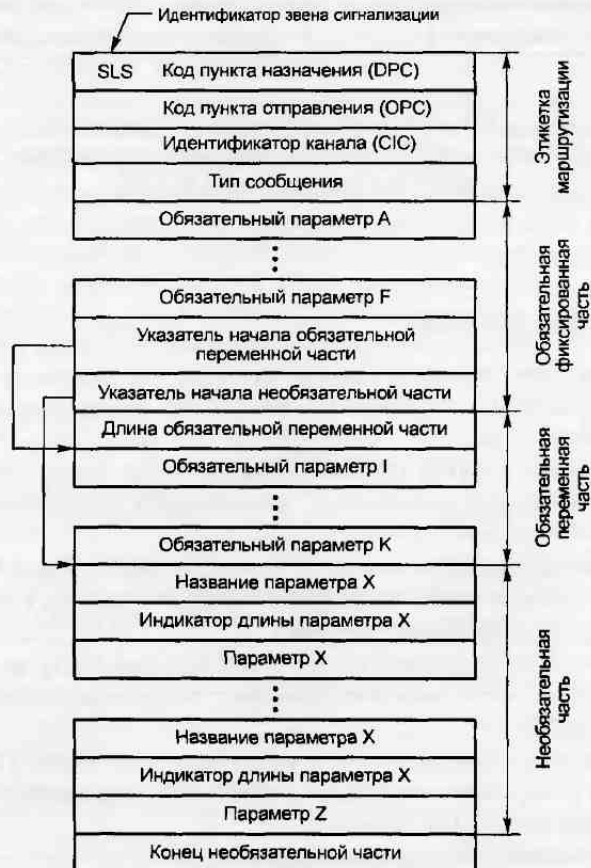


Рис. 2.117. Структура сообщения подсистемы ISUP

DPC	Destination Point Code — код пункта назначения
OPC	Origination Point Code — код пункта отправления
CIC	Circuit Identification Code — идентификатор канала

На рис. 2.117 показана структура сообщения подсистемы ISUP, соответствующая Рекомендации ITU-T Q.763. Как видно из рисунка, сообщение делится на общую часть — этикетку, предназначенную для маршрутизации, и следующие три части:

- обязательная фиксированная часть (MFP — Mandatory Fixed Part);
- обязательная переменная часть (MVP — Mandatory Variable Part);
- необязательная часть (OP — Optional Part).

Обязательные фиксированные параметры всегда входят в состав сообщения данного типа и имеют фиксированную длину. Позиция и длина параметров однозначно определяют тип сообщения.

Обязательные переменные параметры обязательны для данного типа сообщения и имеют переменную длину. Для определения начала каждого параметра используется специальный указатель, значение которого указывает на начало переменной части. Название и длина каждого параметра следуют из типа сообщения.

Необязательные параметры могут присутствовать или отсутствовать в конкретном типе сообщения. Каждый необязательный параметр содержит название (один байт), например на рис. 2.117 название параметра *X*, и индикатор длины (один байт).

Обязательная фиксированная часть содержит информацию о начале обязательной, переменной и необязательной частей.

Рассмотрим содержание полей для конкретных сигналов (рис. 2.118). Первоначальное сообщение (IAM) показано в табл. 2.15. Этот сигнал аналогичен сигналу «занятие» в системах с канальной сигнализацией, но, как будет видно, он содержит больше информации, что позволяет более эффективно использовать телекоммуникационную сеть и упростить процесс обслуживания.

Напомним, что передача в канал начинается с младшего байта, т.е. отсчет байтов начинается с правой стороны рисунка. Поле сигнальной информации содержит следующие составляющие:

- код пункта отправления — 14 битов;
- код пункта назначения — 14 битов;
- идентификатор звена сигнализации — 4 бита.

Код пункта определяет местоположение пункта сигнализации и содержит несколько полей:

- а) при международной сети — код зоны, код сети, код пункта сигнализации;
- б) при междугородной сети — код сигнальной зоны, код пункта в зоне;
- в) при местной сети — код соты тысячного района, код пункта в районе сети.

Начальное сообщение. Структура типового поля SIF для сообщения IAM приводится в соответствии с [49] в табл. 2.15.

Поясним наиболее сложную часть табличной информации — получение номеров пунктов назначения и отправления. На рис. 2.118, а отображены двоичные коды поля сигнальной информации (последний столбец табл. 2.15). Биты расположены в порядке следования латинских букв. Сверху над полученной последовательностью приведены шестнадцатеричные значения каждого байта.

На рис. 2.118, б показана последовательность из 14 битов, полученная из двоичной информации табл. 2.15 и отображающая номер пункта назначения. Она разбивается на составляющие: код зоны, код сети, код пункта в сети. По кодам легко устанавливаются их десятичные значения. На рис. 2.118, в показана такая же последовательность разбиения для оставшихся битов, отображающих номер пункта отправления.

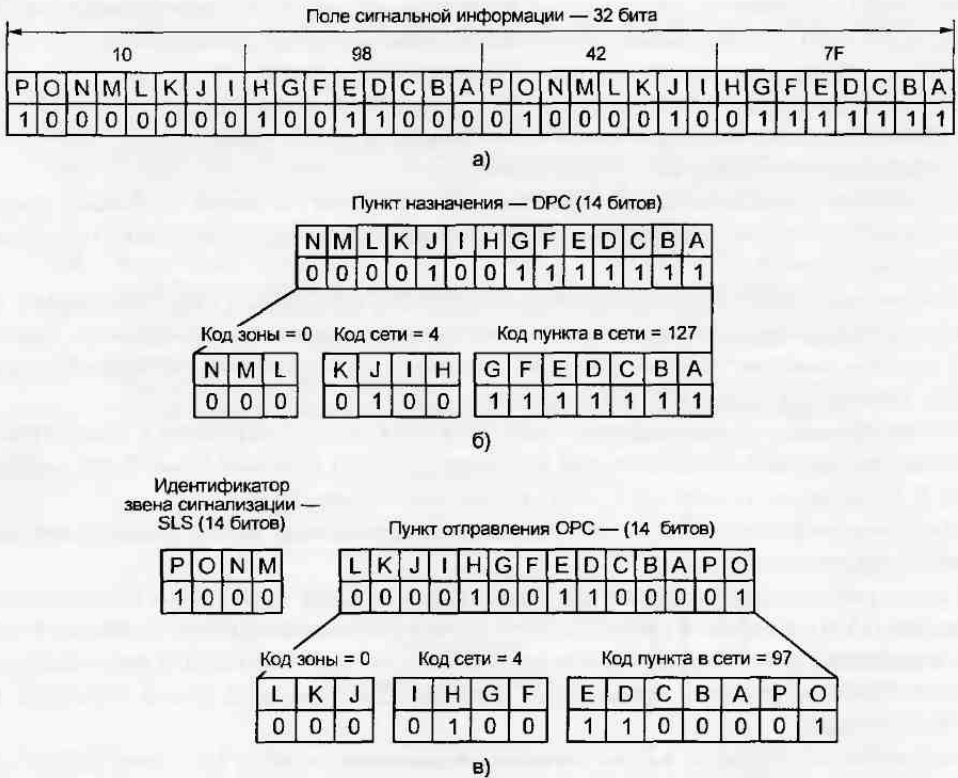


Рис. 2.118. Пример расшифровки полей сигнальной информации для номеров пунктов назначения и отправления

Таблица 2.15. Типовое поле SIF для сообщения IAM (занятие и передача первой цифры)

Наименование поля	Содержание	Номер байта и статус	&N	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Коды пунктов назначения (DPC) и отправления (OPC)	DPC = 0-4-127 OPC = 0-4-97	01 F	7 F	0111 1111
Поле выбора звена сигнализации — SLS (Все три поля содержат по 14 бит)	SLS = 1	02 F	42	0100 0010
		03 F	98	1001 1000
		04 F	10	0001 0000
Номер цифрового канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	IAM	07 F	01	0000 0001

Таблица 2.15 (окончание)

Наименование поля	Содержание	Номер байта и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Индикаторы среды обмена NCI (Nature of Connection Indicators)	BA = 00 — нет спутникового канала DC = 00 — не требуется тестирования канала E = 0 — нет эхозаградителя на исходящей стороне HGF = 000 — не определены	08 F	00	0000 0000
Прямые индикаторы вызова FCI (Forward Call Indicator)	A = 0 — национальный вызов CB = 00 — сигнализация по звеньям D = 1 — имеется конвертирование сигнала E = 0 — нет сигнализации «из конца в конец» F = 0 — нет сквозного канала ISDN HG = 01 — на всей сети не требуется ОКС I = 0 — исходящий вызов не является вызовом ISDN PONM LKJ = 0000 000 — не используются	09 F 10 F	48 00	0100 1000 0000 0000
Категория участников соединения CPC (Calling Party's Category)	Абонент с неопределенной категорией HGFE DCBA = 0000 0000	11 F	00	0000 0000
Требуемая среда передачи TMR (Transmission Medium Requirement)	Требуется канал 3,1 кГц	12 F	03	0000 0011
Указатель начала обязательной переменной части PMP (Pointer to Mandatory variable Part)	Обязательная переменная часть начинается со 16-го байта	13 F	10	0001 0000
Длина обязательной переменной части LI (Length Indicator MVP)	Длина обязательной переменной части равна 3	14 V	03	0000 0011
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Необязательная часть начинается с 20-го байта	15 F	14	0001 0100
Индикатор номера вызванного абонента CPNI (Called Party Number Indicator)	Номер вызванного абонента содержит нечетное число цифр. H = 1 GFE DCBA = 000 0010 (номер местный)	16 V	82	1000 0010
Сетевые данные (Network options)	H = 0 — разрешен выход на международный центр коммутации GFE = 001 — план нумерации МККТТ E.164 DCBA = 0000 — резерв	17 V	10	0001 0000
Значение цифр номера вызванного абонента (Called Party Number Values)	Первая цифра равна 2	18 V	02	0000 0010
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	20 O	00	0000 0000

В колонке табл. 2.15 символом $\&H$ показан шестнадцатеричный номер двоичной комбинации сигнала. В колонке «Номер байта и статус» указывается номер байта и принадлежность к одной из частей, показанных на рис. 2.118. Напомним, что элементы, входящие в поле сигнальной информации, делятся на следующие:

- принадлежащие к обязательной фиксированной части, обозначаемые в таблице буквой F;
- принадлежащие к обязательной переменной части, обозначаемые в таблице буквой V
- принадлежащую к необязательной части, обозначаемые в таблице буквой O.

Номера байтов поля сигнализации SIF начинаются с 5-го. Байты 01F–04F имеют смысловое значение только в сообщении IAM.

Рассмотрим содержание каждой из строк табл. 2.15.

Коды пункта назначения DPC и пункта отправления OPC. Установлено (рис. 2.118), что пункт назначения (DPC), согласно двоичному коду, указанному в последнем столбце имеет следующую сетевую нумерацию:

- код зоны — 0;
- код сети — 4;
- код пункта сигнализации — 127.

Пункт отправления (OPC) имеет сетевую нумерацию:

- код зоны — 0;
- код сети — 4.
- код пункта сигнализации — 97.

Идентификатор звена сигнализации (SLS) имеет значение — 1. Это поле используется для маршрутизации и будет рассмотрено ниже.

Номер цифрового канала CICL внутри цифрового тракта равен 1. Для системы ИКМ-30 этот параметр максимально равен 32.

Номер цифрового тракта CICH. Количество цифровых трактов в Европейской иерархии пока не превышает 256, поэтому число бит для отображения этого параметра равно 8. Для передачи кодов идентификации каналов используются два байта (PONM LKJI HGFE DCBA). Первые 5 битов (E DCBA) указывают номер разговорного канала внутри цифрового тракта. Десятичное значение этого номера равно 1 (двоичное значение равно 0 0001). Следующие 8 битов (M LKJI HGF), определяющие номер цифрового тракта, имеют десятичное значение 0 (двоичное значение — 0 0000 000). Оставшиеся биты не используются.

Тип сообщения определяется его номером, для передачи которого используется один байт. Первоначальному сообщению (IAM) присвоен десятичный номер 1 (двоичное значение 0000 0001).

Индикаторы среды обмена NCI передаются в одном байте.

$BA = 00$ — нет спутникового канала. Эта информация указывает на отсутствие значительных задержек при передаче информации, обусловленных наличием спутниковых каналов. В противном случае необходимо на всех участках перестроить некоторые текущие параметры соединения. Например, увеличить тайм-ауты.

$DC = 00$ — не требуется тестирования канала. Эта информация связана с особенностью установления соединения с общими каналами сигнализации. Поскольку при этом способе сигнализация не использует информационный тракт, то после успешного установления соединения целостность информационного тракта не гарантируется. Поэтому информационный тракт периодически тестируется. Данное значение указывает на то, что тестирование канала не требуется.

$E = 0$ — нет эхоградиента на исходящей стороне. Повышенный уровень усиления и большое число переприемных участков приводят к появлению эха. Отсутствие эхоградиента указывает на ограничение характеристик линии.

$HGF = 000$ — не определены.

Прямые индикаторы вызова FCI размещаются в двух байтах. В данном примере:

$A = 0$ — национальный вызов, указывает на то, что соединение идет внутри страны;

$CB = 00$ — сигнализация по звеньям, указывает на то, что на данном участке используется система из «конца в конец» (см. рис. 2.113–2.115);

$D = 1$ — имеется конвертирование сигнала, предупреждает, что на каком-то участке было необходимо провести преобразование сигналов. Эта информация может вводить ограничения на состав получаемых обратных сигналов;

$E = 0$ — нет сигнализации «из конца в конец», показывает, что на данной сети нет средств для передачи информации «из конца в конец»;

$F = 0$ — нет сквозного канала ISDN, предупреждает, что сеть имеет участки, которые не обладают ресурсами (цифровыми каналами, ОКС и т.п.) для установления сквозного ISDN-соединения;

$HG = 01$ — на всей сети не требуется ОКС, показывает, например, что устанавливается обычное соединение для передачи речи и информации по каналу с обычной полосой 3,1 кГц, без дополнительных видов обслуживания;

$I = 0$ — исходящий вызов не является вызовом ISDN, указывает, что необходимо определить способ обслуживания соединения.

Категория участников соединения CPC дает информацию о категории соединения. Это понятие при установлении соединения совпадает с категорией абонента. После установления соединения оно определяется категориями входящего и исходящего абонентов. В рассматриваемом примере значение битов $HGFE\ DCBA = 0000\ 0000$ указывает, что категория соединения не определена.

Требуемая среда передачи TRM. В этом поле указывается требуемый потребителем скоростной ресурс канала. Например, для ISDN могут применяться каналы с шириной полосы 3,1 кГц и 7,2 кГц или цифровые каналы со скоростью обмена 64 кбит/с. В примере указано, что требуется телефонный канал с полосой 3,1 кГц.

Указатель начала обязательной переменной части PMP. Необходимость этого указателя задана структурой сообщения подсистемы ISUP (см. рис. 2.117). В рассматриваемом примере указано, что обязательная переменная часть начинается с 16-го байта (двоичный код 0001 0000).

Длина обязательной переменной части LI. Параметр, определяющий длину этой части в байтах. Для данного примера длина обязательной переменной части равна 3 (двоичный код 0000 0011).

Индикатор номера вызванного абонента CPNI:

$H = 1$ — указывает на то, что номер состоит из нечетного числа цифр (это может быть использовано при системной проверке правильности принятого номера);

$GFE\ DCBA = 000\ 0010$ — местный номер.

Сетевые данные:

$H = 0$ — указывает, что данное соединение может выходить на международную сеть (к международному центру коммутации);

$GFE = 001$ — несет информацию о том, что передаваемый номер абонента построен в соответствии с планом нумерации, принятым в Рекомендации E.164 ITU-T;

Биты $DCBA = 0000$ — резервные.

Значение цифр номера вызванного абонента. В однородной сети (см. рис. 2.113), где все станции имеют ОКС, возможна передача всех или любой части цифр номера вызванного абонента. По этой причине поле «значение цифр номера вызванного абонента» входит в переменную обязательную часть, поскольку его длина зависит от количества передаваемых цифр. В данном примере предполагается, что связь идет к станции, принимающей каждую цифру отдельно (см. рис. 2.113–2.115), и значение этой цифры равно 2.

Указатель начала необязательной переменной части POP. Указывает на 20-й байт, который является завершением всего сообщения.

Конец необязательных параметров. Это поле всегда указывает на завершение сообщения в целом.

Рассмотрим второй сигнал — сообщение *последовательная передача адреса SAM* (Subsequent Address Message). Он передается при работе со станциями, не имеющими ОКС и требующими последовательной передачи цифр. Содержание информации сигнального поля этого сообщения приведено в табл. 2.16.

Таблица 2.16. Типовое поле SIF для сообщения SAM

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер цифрового канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	SAM	07 F	02	0000 0010
Указатель начала обязательной переменной части PMP (Pointer to Mandatory variable Part)	Обязательная переменная часть начинается с 10-го байта	08 F	0A	0000 1010
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Необязательная переменная часть начинается с 14-го байта	09 F	0E	0000 1110
Длина обязательной переменной части LI (Length Indicator MVP)	Длина обязательной переменной части — 3 байта	10 V	03	0000 0011
Индикаторы номера вызванного абонента CPNI (Called Party Number Indicators)	Номер вызванного абонента содержит нечетное число цифр N = 1; GFE DCBA = 000 0010 (номер местный)	11 V	82	1000 0010
Сетевые данные (Network Options)	N = 0 — разрешен вызов на международный центр коммутации; GFE = 001 — план нумерации МККТТ E.164; DCBA = 0000 — резерв	12 V	10	0001 0000
Значение цифры вызванного абонента (Called Party Number Values)	Цифра равна 7	13 V	07	0000 0111
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров.	14 O	00	0000 0000

Информация, содержащаяся в строках этой таблицы, совпадает с информацией, содержащейся в аналогичных строках первоначального сообщения IAM (см. описание строк табл. 2.15). Поэтому перейдем к рассмотрению следующего сообщения *абонент найден* (ACM, Address Complete Message). Оно применялось при описании процедуры установления соединения (см. рис. 2.113–2.115). Его структура приведена в табл. 2.17.

Таблица 2.17. Типовое поле SIF для сообщения ACM (абонент Б найден)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	ACM	07 F	06	0000 0110
Обратный индикатор вызова BCI (Backward Call Indicator)	BA = 10 — оплату производит абонент А DC = 01 — абонент Б свободен FE = 01 — обыкновенный абонент HG = 00 — сигнализация по звеньям I = 0 — нет конвертирования сигнализации J = 0 — возможна индикация «из конца в конец» K = 1 — используется сквозной ISDN-канал M = 1 — нет эхозаградителя на входящей стороне PO = 00 — без индикации	08 F 09 F	16 16	0001 0110 0001 0110
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Указатель начала необязательной части с 11-го байта	10 F	0 B	0000 1011
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	11 O	00	0000 0000

В этом сообщении рассмотрим только одну строку.

Обратный индикатор вызова BCI. Эта строка имеет новое содержание по сравнению с предыдущими сообщениями.

BA = 10 — указывает, что оплату производит исходящий абонент. При оплате со стороны вызывающего абонента ставится другой код и меняется алгоритм обслуживания.

DC — сообщает о состоянии входящего абонента (свободен, занят, занят междугородным соединением, заблокирован, сменился номер и т.п.). В данном случае код 01 указывает на свободу абонента.

FE — дает информацию о типе абонента (обыкновенный абонент, гостиничный и т.п.). Указанное в таблице значение 01 означает, что абонент обыкновенный. Значения остальных битов уже рассматривались при описании прямого индикатора соединения (FCI) в формате первоначального сообщения (IAM). В этом сообщении они определяют характеристики входящего абонента (абонента Б).

HG = 00 — сигнализация по звеньям.

I = 0 — нет конвертирования сигнализации. Показывает, что информация на всем протяжении канала связи не преобразуется в другой вид.

J = 0 — возможна индикация «из конца в конец». Показывает, что на данной сети имеются средства для передачи информации «из конца в конец».

K = 1 — используется сквозной ISDN-канал. Указывает, что сеть имеет участки, которые обладают ресурсами (цифровыми каналами, ОКС и т.п.) для установления сквозного ISDN-соединения.

$M = 1$ — нет эхоградителя на входящей стороне. Повышенный уровень усиления и большое число перепринимаемых участков приводит к появлению эха. Отсутствие эхоградителя хотя бы на одной стороне указывает на ограничение характеристик линии.

Сообщение *ответ абонента (ANM)* передается при снятии телефонной трубки. Его структура приводится в табл. 2.18. Назначение всех составляющих этого сообщения уже было рассмотрено при описании предыдущих сообщений.

Таблица 2.18. Типовое поле SIF для сообщения ANM (абонент Б ответил)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	ANM	07 F	09	0000 1001
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Указатель начала необязательной части с 9-ого байта	08 F	09	0000 1001
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	09 O	00	0000 0000

Сообщение *приостановка соединения (SUS, Suspend)*. Это сообщение отображено в табл. 2.19 и имеет только одну строку, которую мы не рассматривали ранее. Это — *индикатор прекращения*, который указывает тип приостановленного соединения. Этот признак определяет алгоритм обработки сообщения, поскольку есть типы сообщений, которые не допускают приостановки, или ограничивают ее длительность. В данном примере указано, что приостановлено соединение абонента ISDN.

Таблица 2.19. Типовое поле SIF для сообщения SUS (абонент Б временно прекратил связь)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	SUS	07 F	0D	0000 1101
Индикатор прекращения (Suspend Indicator)	$\Lambda = 0$ — абонент ISDN HGFE DCB = 0000 000 — не используются	08 F	00	0000 0000
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Начало необязательной переменной части с 10-го байта	09 O	0A	0000 1010
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец опциональных параметров	10 O	00	0000 0000

Сообщение *возобновление соединения RES* (Resume). Это сообщение отменяет приостановку соединения (табл. 2.20). Строки этого сообщения имеют то же назначение, что и у предыдущего.

Таблица 2.20. Типовое поле SIF для сообщения RES (абонент Б возобновил связь)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	RES	07 F	0E	0000 1110
Индикатор возобновления (Resume Indicator)	A = 0 — абонент ISDN HGFE DCB = 0000 000 — не используются	08 F	02	0000 0010
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Необязательная часть начинается с 10-го байта	09 F	0A	0000 1010
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательных параметров	10 O	00	0000 0000

Сообщение *освобождение REL* (Release). Передается в случае, когда входящая станция может быть освобождена. Это сообщение, однако, не является признаком полного освобождения всего оборудования, участвующего в соединении. Процесс разъединения определяется принятой системой отбоя (см. описание графа обмена рис. 2.114, 2.115).

Особенность этого сообщения состоит в том, что обязательная переменная информация строго разбивается на байты (октеты), конец каждого октета указывается единицей в последнем бите (H = 1). Рассмотрим назначение некоторых строк табл. 2.21.

Таблица 2.21. Типовое поле SIF для сообщения REL (отбой абонента А)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	REL	07 F	0C	0000 1100
Указатель начала обязательной переменной части PMP (Pointer to Mandatory variable Part)	Обязательная переменная часть начинается со 10-го байта	08 F	0A	0000 1010
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Необязательная переменная часть начинается с 14-ого байта	09 F	0E	0000 1110
Длина обязательной переменной части LI (Length Indicator)	Длина обязательной переменной части зависит от длины полезной нагрузки	10 V	03	0000 0011

Таблица 2.21 (окончание)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Информация для оплаты CAI (Charge Advice Information)	H = 1 — октет закончен GF = 00 — стандарт оплаты ITU E — не используется DCBA = 0000 — отбой инициирован абонентом	11 V	80	1000 0000
Рекомендации ITU	H = 1 — октет закончен GFE DCBA = 000 0000 — Рекомендация Q.931	12V	80	1000 0000
Признаки действия (Cause Value)	H = 1 — октет закончен GFE = 001 — типовое событие DCBA = 0000 — нормальное разъединение	13 V	90	1001 0000
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	14 O	00	0000 0000

Поле *информация для оплаты*. При отбое абонента — инициатора соединения — необходимо подготовить информацию для оплаты. Поэтому в битах GF передаются признаки оплаты в соответствии с рекомендациями ITU. Биты DCBA указывают, что отбой инициирован абонентом, а не устройствами сети.

Поле *рекомендации ITU*. Процедура отбоя должна соответствовать рекомендации ITU Q.931(1.451), относящейся к основным процессам управления соединением.

Поле *признаки действия*. Эти признаки в данном случае указывают на то, что соединение нормальное (не аварийное) и должно быть обслужено по стандартному (типовому) алгоритму.

Сообщение *завершение освобождения RLC* (Release Complete) представлено в табл. 2.22. Оно передается при окончании соединения и по ходу установления соединения, порождая процесс окончательного освобождения приборов.

Таблица 2.22. Типовое поле SIF для сообщения RLC (отбой абонента Б)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	RLC	07 F	10	0001 0000
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Указатель начала необязательной переменной части с 9-го байта	08 F	09	0000 1001
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	09 O	00	0000 0000

Сообщение *запрос номера абонента А* (Information Request, INR) (табл. 2.23). Основная информация этого сообщения содержится в *индикаторах запроса информации*. Абонентский номер запрашивается в двух случаях:

- для составления счета за предоставленные услуги;
- для определения вызывающей стороны по заявке вызываемого абонента (либо это дополнительная услуга, либо определение злонамеренного вызова).

В первом случае, кроме самого номера, важной информацией является категория абонента и сведения о тарифе. Она инициируется в соответствии со значениями битов DE.

Во втором случае, кроме номера важной является информация о необходимости удерживать соединение.

Таблица 2.23. Типовое поле SIF для сообщения INR (запрос номера абонента А)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PONM LKJI
Номер разговорного канала	CICL = 1	05 F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICH = 0	06 F	00	0000 0000
Тип сообщения	INR	07 F	03	0000 0011
Указатель начала необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Указатель начала необязательной части с 11-го байта	08 F	0B	0000 1011
Индикаторы запроса информации (Information Request Indicators)	A = 1 — запрашивается номер абонента А B = 0 — удержание абонента А не требуется C = 0 D = 1 — запрашивается категория абонента А E = 0 — нет запроса о тарифе GF = 00 — резерв H = 1 — запрос о злонамеренном вызове PONM LKJI = 0000 0000 — не используется	09F 10 F	99 00	1001 1001 0000 0000
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец необязательной части параметров	11 O	00	0000 0000

Сообщение *информация* — INF (табл. 2.24) — ответ на сообщение INR. В обязательной фиксированной части, состоящей из двух байтов (10F, 11F) указываются характеристики (индикаторы) этой информации, приведенные в таблице.

Обязательная переменная часть содержит несколько параметров:

- «категория участников соединения» (байт 12V). Категория состоит из одного байта (см. байт 13V) и указывает, что номер с приоритетом (байт 14V);
- «номер вызывающего абонента» (15V), детально описывается с помощью 7 байтов (16V–22V). Эти байты содержат детальные характеристики номера (длина номера 7 байтов), индикаторы номера, сетевые характеристики и, наконец, значение цифр (поля 19V–22V).

Таблица 2.24. Типовое поле SIF для сообщения INF (передача номера абонента А)

Наименование поля	Пояснения	Байт и статус	&H	Двоичный код HGFE DCBA PQNM LKJI
Номер разговорного канала	CICH = 1	05F	01	0000 0001
Номер цифрового тракта	CICL = 0	06F	00	0000 0000
Тип сообщения	INF	07F	04	0000 0100
Указатель обязательной переменной части PMP (Pointer Mandatory to Variable Part)	Обязательная переменная часть начинается с 12-го байта	08F	0C	0000 1100
Указатель необязательной переменной части POP (Pointer to Optional Part)	Указатель начала необязательной части с 23-го байта	09F	17	0001 0111
Индикаторы информации (Information Indicators)	BA = 11 — передается номер абонента А C = 0 — удержание абонента А не обеспечивается ED = 00 — не используется F = 1 — передается категория абонента А G = 0 — нет информации о тарифе H = 1 — запрос удовлетворен PONMLKJI = 0000 0000 — не используется	10F 11F	A3 00	1010 0011 0000 0000
Название параметра — «категория участников соединения» CPC (Calling Party's Category)	Содержит категорию участников соединения	12V	05	0000 0101
Длина параметра LI (Length Indicator)	Длина параметра — 1 байт	13V	01	0000 0001
Приоритет (Priority)	HGFE DCBA = 00001011 — абонент с приоритетом	14V	0B	0000 1011
Название параметра — «номер вызывающего абонента» (Calling Party Number)	Содержит номер вызывающего абонента	15V	0A	0000 1010
Длина параметра части LI (Light Indicator POP)	Длина параметра — 7 байтов	16V	07	0000 0111
Индикатор номера вызывающего абонента (Calling Party Number Indicator)	H = 1 нечетное число цифр GFECDBA = 000 0011 — абонентский номер	17V	83	1000 0011
Сетевые характеристики (Network Options)	H = 0 — номер полный GFE = 001 — план нумерации E-164 DC = 00 — показ номера BA = 11 — показ обеспечивает сеть	18V	13	0001 0011
Значение цифры вызванного абонента (Called Party Number Values)	1-я цифра = 2 2-я цифра = 5 3-я цифра = 4 4-я цифра = 9 5-я цифра = 1 6-я цифра = 1 7-я цифра = 3	19V 20V 21V 22V	25 94 11 30	0010 0101 1001 0100 0001 0001 0011 0000
Конец необязательных параметров (End Optional Parameters)	Конец опциональных параметров	23O	00	0000 0000

Конкретные примеры построения поля SIF позволяют представить принципы построения основных сигналов управления установлением соединения.

Далее рассмотрим вопросы, касающиеся второго (канального) уровня подсистемы передачи сообщений ОКС (см. рис. 2.115), который определяет структуру информации, передаваемой по звену, процедуры обнаружения и исправления ошибок. После чего рассмотрим третий уровень (сетевой), обеспечивающий маршрутизацию и управление сетью сигнализации.

Повышение достоверности (определение и исправление ошибок).

2-й уровень МТР

Для защиты от сдвига информации каждая сигнальная единица открывается и закрывается флагом, который представляет собой последовательность 01111110. В первом разделе уже рассматривалась процедура защиты флага от имитации (см. 1.3.3).

На уровне, который будет рассмотрен ниже, используются поля (см. рис. 2.117):

FCS (Frame Check Sequence) — биты последовательной проверки;

FSN (Frame Check Sequence) — прямой порядковый номер;

FIB (Forward Indicator Bit) — прямой бит индикации;

BSN (Back Sequence Number) — обратный порядковый номер;

BIN (Back Indicator) — обратный бит индикации.

Для обнаружения ошибки применяется принцип деления полиномов (остаточный код) (см. раздел 1.3.3). Напомним, что поле FSC представляет собой остаток от деления по модулю 2 полинома, представляющего собой передаваемую информацию, на образующий полином. На приемном конце также путем деления проверяется совпадение результата с полученным остатком (может использоваться немного более сложный алгоритм). При несовпадении производится перезапрос информации.

Процедура перезапроса при появлении ошибок иллюстрируется рис. 2.119.

Вернемся к рассмотрению процедуры перезапроса, которая подробно рассмотрена в 2.9.9 (см. рис. 2.92).

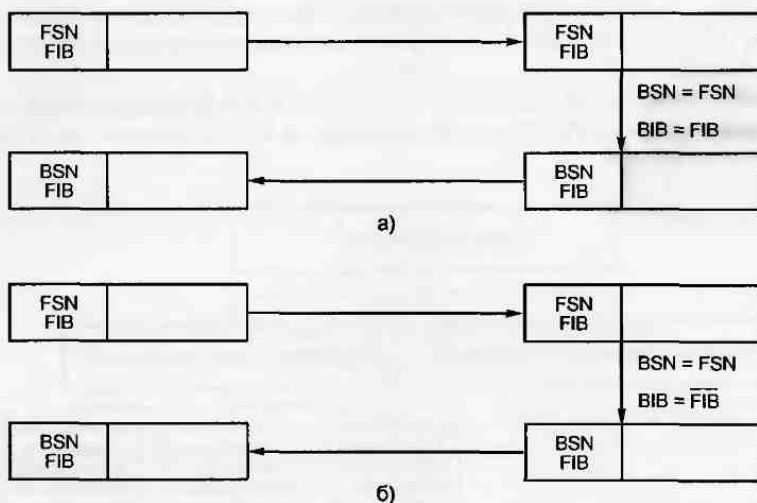


Рис. 2.119. Принцип исправления ошибок при передаче:

а) информация принята без искажения, б) информация принята с искажением

При передаче информации каждая сигнальная единица записывается в промежуточную циклическую память и хранится до получения положительного подтверждения. Номер ячейки записи совпадает с прямым порядковым номером. Каждая сигнальная единица включает в себя прямой порядковый номер (поле FSN) и прямой бит индикации (поле FIB). На приемном конце, если информация принята без искажения, в обратную сторону в полях BSN и BIB посылается информация, которая полностью копирует полученную (рис. 2.19, а). При получении этого сигнала передающая сторона стирает сигнальную единицу из памяти.

В случае принятия искаженной информации (рис. 2.19, б) на приемном конце прямой бит индикации инвертируется, и в обратную сторону передается обратный порядковый номер (BSN), совпадающий с прямым (FSN), но с инвертированным битом (BIB). В этом случае производится повторная передача сигнальной единицы.

Для систем с большим временем задержки при передаче используется метод *превентивного повторения*. Информация, которая не подтверждена положительно, после заданного времени (обычно это время определяется числом переданных сигнальных единиц за время нахождения информации в буфере), передается заново.

Уровень 2 выполняет также функции контроля качества тракта обмена. Для этого производится подсчет ошибок за определенное время. Если число ошибок превышает заданный порог, об этом информируется уровень 3 для принятия решения (например, происходит изменение маршрута).

Управление сетью сигнализации. Уровень 3 МТР

Этот уровень выполняет следующие задачи (рис. 2.120):

- маршрутизация сообщений сигнализации, включая сведения о состоянии сети и пересылки информации по другим маршрутам в случае плохого качества работы отдельных участков сети;
- управление сигнальным трафиком, включая мероприятия и сообщения об изменении нагрузки (при перегрузках), а также включение резервных ресурсов без потери передаваемых сообщений;
- управление звеньями сигнализации, используемое для формирования пучков сигнальных каналов на конкретной станции, активации и восстановления звена данных.



Рис. 2.120. Функции управления сетью сигнализации и восстановления звена данных

Маршрутизация сообщений сигнализации

Для выполнения этой функции используется часть поля сигнальной информации (поле SIF), которая называется *этикетка маршрутизации* (Routing Label) (см. рис. 2.117). Эта часть рассмотрена для некоторых сигнальных единиц (см. табл. 2.15).

С помощью кода пункта назначения (DPC) функция обработки сигнальной информации может определить, в какую конечную точку сети отправлено сообщение (например, Москва, Санкт-Петербург и т.п.). Если существует несколько жестких путей для передачи сигнальной информации, то для выбора звена сигнализации на каждом переприеме используется поле выбора звена сигнализации — SLS (Signaling Link Selection).

Имеются два основных случая использования поля SLS, а именно:

- сигнальная информация передается по каналам ОКС по фиксированному маршруту;
- сигнальная информация передается с использованием обходных путей.

Примером первого случая служит пучок каналов, непосредственно связывающий исходящую и входящую станции со связанными сигнальными каналами ОКС (рис. 2.121).

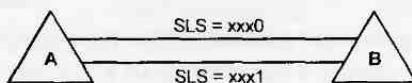


Рис. 2.121. Разделение сигнальной информации внутри одного пучка каналов

В случае применения обходных путей информация достигает конечной точки, и сигнализация разделяется по сигнальным каналам, которые принадлежат различным направлениям (рис. 2.122). Разделение нагрузки по транзитным станциям можно использовать различным образом, в частности:

- для резервирования при неисправности сигнализации, когда от станции А к В информация может пройти другим путем (в зависимости от SLS и поля конечной точки);
- при режиме разделения нагрузки (по величине нагрузки, в зависимости от времени суток или типа полезной нагрузки), когда часть сигнальной информации по каким-либо заданным условиям может маршрутизироваться в другом направлении.

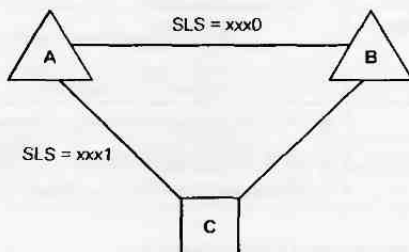


Рис. 2.122. Разделение сигнальной информации по различным направлениям при одном транзите

На рис. 2.123 показана структура, использующая обходные пути в двух звеньях сигнализации. Маршрутам сообщений соответствуют следующие SLS:

- A–C–E–B SLS = xx00;
- A–C–F–B SLS = xx01;
- A–D–E–B SLS = xx10;
- A–D–F–B SLS = xx11.

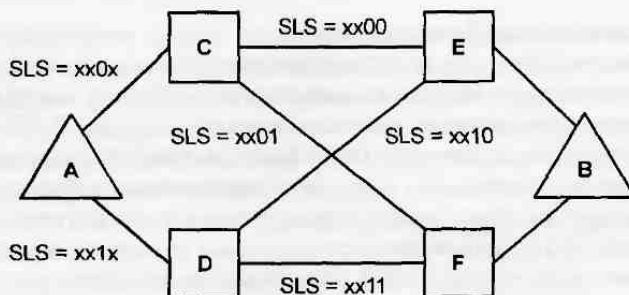


Рис. 2.123. Пример разделения сигнальной информации по различным направлениям (случай двух транзитов):
 △ — точки, в которых обрабатывается сигнальная информация прикладного уровня;
 □ — точки транзита сигнальной информации

Функции обработки сообщений уровня 3. При приеме (функцией обработки сообщений) сигнальной единицы от уровня 2 анализируется код пункта назначения (DPC) с целью определить, предназначается ли данная сигнальная единица для принимающего пункта сигнализации. Если она предназначается для этого пункта, то она доставляется к подсистеме пользователя.

Для передачи информации в подсистему передачи пользователя (ISUP) используется поле индикатора обслуживания SIO (Service Information Octet). Оно состоит из указателя подсистемы SF (Sub service Field) и индикатора сервиса SI (Service Indicator). Поле SI используется для указания типа сетей, которые используют данную сигнализацию. Например, оно служит для разделения сообщений, предназначенных для междугородных и международных сетей. Поле содержит четыре бита, из которых в настоящее время используются 2, а другие 2 являются резервными. Пример распределения кодов SF показан в табл. 2.25, а кодов SI — в табл. 2.26.

Таблица 2.25. Значение поля указателя подсистемы SF

Значения битов D C	Наименование информации
00	Международные сообщения
01	Междугородные национальные сообщения
10	Резерв для международного использования
11	Резервируется для национального использования

Таблица 2.26. Поле индикатора сервиса SI

Биты D C B A	Наименование службы
0 0 0 0	Сообщения управления сетью сигнализации
0 0 0 1	Сообщения тестирования и обслуживания сети сигнализации
0 0 1 0	Резерв для национального использования.
0 0 1 1	SCCP (Signaling Connection Control Part) — подсистема управления сигнальным соединением
0 1 0 0	Подсистема ISUP

Если сообщение предназначалось для другого пункта сигнализации (данный пункт транзитный), то после анализа кода пункта назначения выбирается маршрут в соответствии с этим кодом и значением поля SLS. Принципы кодирования пунктов отправления и назначения приведены при описании рис. 2.117.

Рассмотрим другую совокупность функций, выполняемых на сетевом уровне подсистемы передачи сообщений сигнализации (МТР), — *функции управления сетью сигнализации* (рис. 2.124).

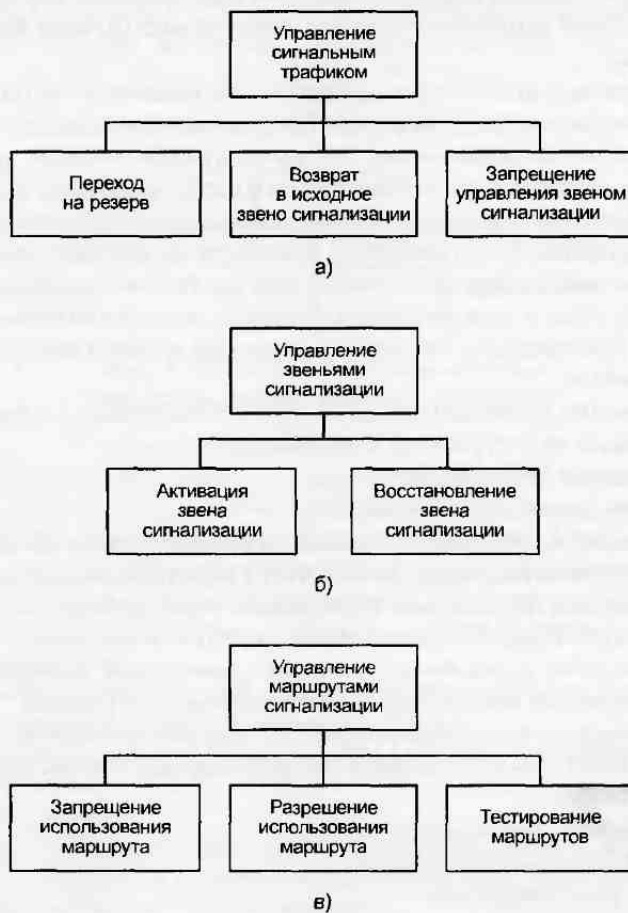


Рис. 2.124. Функции управления сетью сигнализации

Эти функции разделяются на три группы:

- управление сигнальным трафиком;
- управление звеньями сигнализации;
- управление маршрутами сигнализации.

Управление сигнальным трафиком (рис. 2.124, а) обеспечивает процедуры, необходимые для поддержания сигнального трафика в случае нарушений в сети сигнализации. Эта функция включает в себя следующие процедуры:

- переход на резервное звено;
- возврат в исходное звено сигнализации;
- запрещение управления звеном сигнализации.

Процедура перехода на резервное звено пытается осуществить перенос сигнального трафика от недоступного звена сигнализации на альтернативное звено. Пример: переход при отказе звена сигнализации. Такой переход должен выполняться без потери сообщения, дублирования или нарушения последовательности передачи сообщений. Это достигается накоплением информации в буфере повторной передачи и алгоритмами повтора. Если альтернативных путей нет, пункт назначения считается недоступным. Об этом информируется подсистема пользователя.

Процедура возврата в исходное звено сигнализации инициируется тогда, когда устраняются причины, вызвавшие переход на резерв. При этом восстанавливается прежняя система маршрутизации сообщений сигнализации. Эта процедура обеспечивает устранение искажений и нарушений последовательности сигналов при возврате в исходное звено.

Процедура запрещения управления звеном сигнализации используется для облегчения работ по техобслуживанию и тестированию. Процедура не вызывает изменения состояния звена на уровне 3, оставляя звено доступным только для посылки сообщений техобслуживания и тестирования. Если в сети возникают ситуации, когда необходимо использовать запрещенные звенья сигнализации, процедура запрещения может игнорироваться, и эти звенья включаются в работу.

Управление звеньями сигнализации (рис. 2.124, б) обеспечивает создание звеньев сигнализации и поддержание их доступности. Основные процедуры:

- активизация звена сигнализации;
- восстановление звена сигнализации.

Активизация звена сигнализации — процесс, приводящий звено сигнализации к состоянию готовности обслуживать трафик. Он включает в себя установление начального фазирования звена сигнализации и проведение тестирования, гарантирующего правильность функционирования. Обратный процесс выводит звено из рабочего состояния.

Восстановление звена сигнализации совпадает с процедурой активизации, но применяется для повторного ввода в работу звена сигнализации после его отказа.

Управление маршрутами сигнализации (рис. 2.124, в) обеспечивает распределение информации о состоянии сети с целью блокировки или разблокировки маршрутов сигнализации.

Основные процедуры:

- запрещение использования маршрута;
- разрешение использования маршрута;
- тестирование пучка маршрутов.

Процедура запрещения использования маршрута инициируется транзитным пунктом с целью извещения одного или нескольких пунктов сигнализации о запрете транзита к конкретному пункту назначения. Запрет может касаться отдельных типов трафика. Например, запрет местных соединений, запрет междугородных соединений.

Процедура разрешения использования маршрута снимает состояние запрета.

Процедура тестирования маршрута инициирует проверку маршрутизации. Сообщение о тестировании пучка содержит информацию о пункте назначения, принятую транзитным пунктом. При приеме данного сообщения транзитный пункт сигнализации сравнивает состояние пункта назначения, указанное в сообщении, с действительным состоянием. Если они различны, результат сравнения возвращается в пункт назначения.

2.11. Синхронизация

2.11.1. Асинхронная и синхронная передача

Проблема синхронизации появилась при введении на станции тактового генератора. Как указывалось, все временные каналы разделялись по времени благодаря тактовой синхронизации [31]. При этом периодически необходимо отмечать начало кадров, циклов и т.п.

До недавнего времени проблемы синхронизации в электромеханических АТС не существовало. В первых электронных АТС для передачи сигналов использовался метод передачи «запрос–ответ», который не требовал тактового генератора. Этот метод поясняется на рис. 2.125.



Рис. 2.125. Принцип посылки импульса без использования тактового генератора

Если необходимо переслать один импульс, система посылает в линию сигнал высокого уровня (передний фронт). После приема соседняя станция отвечает подтверждением, что вызывает прекращение посылки сигнала в прямом направлении. Такой способ требует прямого и обратного тракта, но имеет то преимущество, что не нуждается в тактовых генераторах и не создает серьезной проблемы синхронизации. При цифровой передаче требование наличия обратного тракта неприемлемо, поэтому вся цифровая техника пошла по пути установки тактовых генераторов.

Как сказано выше, для нормальной работы цифровых устройств в сети необходима установка единых моментов отсчета и нумерации тактов [6].

В цифровой технике существуют два принципа установки этой временной базы:

- асинхронный способ;
- синхронный способ.

Первый связан с каждым передаваемым сообщением. Начало сообщения отмечается специальной группой битов, называемых «стартовыми», они же и завершают сообщение, поэтому комбинация называется «старт-стоповой».

С момента принятия старт-стопового символа система начинает прием информации и синхронность генераторов не должна нарушаться за время самого длинного сообщения. Асинхронная система особо привлекательна для случаев невысокой нагрузки и коротких сообщений. В этом случае на станциях можно иметь генераторы невысокой точности, которые могут сохранять стабильность процесса приема-передачи в течение короткого отрезка времени.

Синхронные системы рассчитаны на большие потоки сообщений (иногда пустых, заполняющих паузы) и их непрерывную передачу.

Для правильного обмена между двумя станциями должно быть идеальное совпадение частот и фаз генераторов на обеих станциях. В реальной аппаратуре генераторы имеют до-

пуски по вырабатываемой частоте. В настоящее время имеются генераторы, частота генерации импульсов которых имеет точность 10^{-6} , 10^{-9} . Рис. 2.126 иллюстрирует процесс, который происходит при несовпадении частот импульсов.

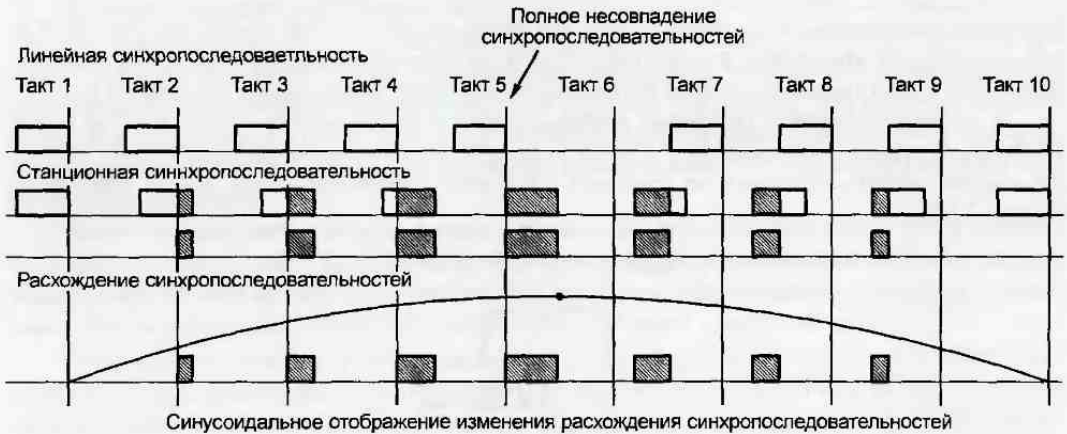


Рис. 2.126. Нарушение синхронности местного тактового генератора и синхроследовательности приходящей по линии

На этом рисунке показаны две синхроследовательности импульсов: выделяемая из поступающей информации и местного станционного генератора. Из-за неточности генераторов (расхождения частот генераторов примерно $10^{-6} \dots 10^{-9}$ Гц/с) при начальном совпадении импульсы синхроследовательностей через некоторое время начинают расходиться. Из-за малой величины расхождения невозможно воспроизвести точный график расхождения. На рис. 2.126. показан условный процесс такого расхождения.

На первом такте показано совпадение импульсов и расхождение равно нулю. В следующий момент из-за несовпадения частот появления импульсов происходит расхождение линейной и станционной синхроследовательности. В дальнейшем (такт 4) расхождение увеличивается, и на такте 5 эти импульсы полностью не совпадают. В этом такте возможно пропадание информационных импульсов из-за полного расхождения тактовых последовательностей линейного и местного генератора. Далее происходит «скачок» и импульсы станционной синхроследовательности начинают частично совпадать со следующим импульсом линейной синхроследовательности. Далее происходит полное совпадение, после чего процесс повторяется. Периодическое изменение фазы может быть отражено синусоидой.

Выделение указанных площадей совпадений в реальной аппаратуре служит индикатором для взаимной подстройки генераторов, для чего, используя импульсы линейной синхроследовательности, специальное устройство (селектор тактовых импульсов) определяет частоту генератора передатчика. Это возможно, если импульсы этой последовательности идут без перерыва (или с небольшим перерывом), для чего используется специальное линейное кодирование (см. 1.2.2).

Блуждание фазы

Кроме нестабильности генераторов имеет место расхождение частот (блуждание) по различным параметрам (фаза, период и т.п.). Основными причинами фазового блуждания являются:

- изменение длины и параметров тракта;
- изменения скорости распространения;
- доплеровские сдвиги при подвижных оконечных устройствах.

Изменение длины параметров тракта происходит в результате температурных воздействий или в результате атмосферных изменений, приводящих к изгибу кабельной линии. При этом происходит замедление распространения, что меняет реальную скорость передачи. Наиболее значительным увеличением пути распространения обладают спутниковые каналы, где изменение пути может достигать 300 км, что увеличивает время прохождения сигнала примерно на 1 мс. Относительное изменение скорости при температурных изменениях мало, но сопоставимо с точностью тактового генератора. Это увеличивает необходимость регулирования частоты на приемной станции. Усложняет дело тот факт, что блуждание носит нерегулярный характер.

Изменение скорости распространения связано с изменением физических параметров линии (например, значений индуктивности и емкости линий). Эти изменения примерно того же порядка, что и при изменении длины линии. При радиотракте большие коррективы вносят параметры среды (например, влажность).

Доплеровские сдвиги. Этот фактор является наиболее значительным источником потенциальной нестабильности тактовой частоты, возникающей при связи с подвижными объектами. Например, при движении самолета со скоростью 500 км/ч нестабильность тактовой частоты может достигать $5 \cdot 10^{-7}$. Рассмотренные выше причины требуют взаимной подстройки частоты между взаимодействующими устройствами цифровой связи.

Принцип работы станционного генератора

Имеется два типа станционных генераторов с автоподстройкой. Структурная схема первого из них показана на рис. 2.127. Основным устройством, входящим в его состав, является генератор, управляемый напряжением. Селекторы тактовых частот (СТЧ) выделяют импульсы тактовой частоты передатчика. Эти импульсы поступают на сравнивающее устройства (СУ), которое определяет площадь совпадения (см. рис. 2.126) и преобразует (интегрирует) ее в напряжение. Это напряжение подается на вход генератора, управляемого напряжением, который изменяет значение частоты местного генератора. Процесс продолжается пока не наступит полное совпадение моментов поступления тактовых импульсов местного генератора и импульсов поступающих по линии. На рис. 2.127 показано, что подстройка может производиться от нескольких соседних станций. В этом случае генератор настраивается на среднеарифметическое значение частоты.

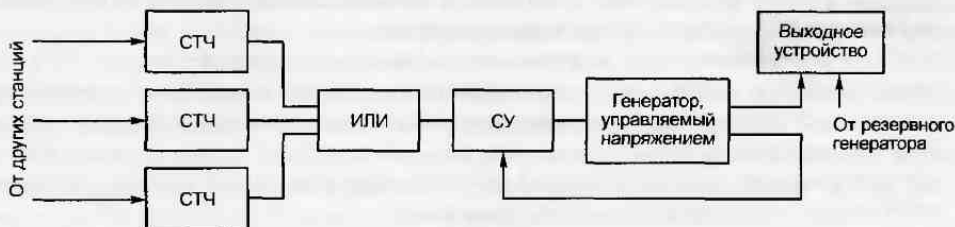


Рис. 2.127. Структурная схема станционного генератора, управляемого напряжением

Второй вариант показан на рис. 2.128. Он содержит общестанционный импульсный генератор (ОИГ), который работает по тактовым импульсам, получаемым от задающего гене-

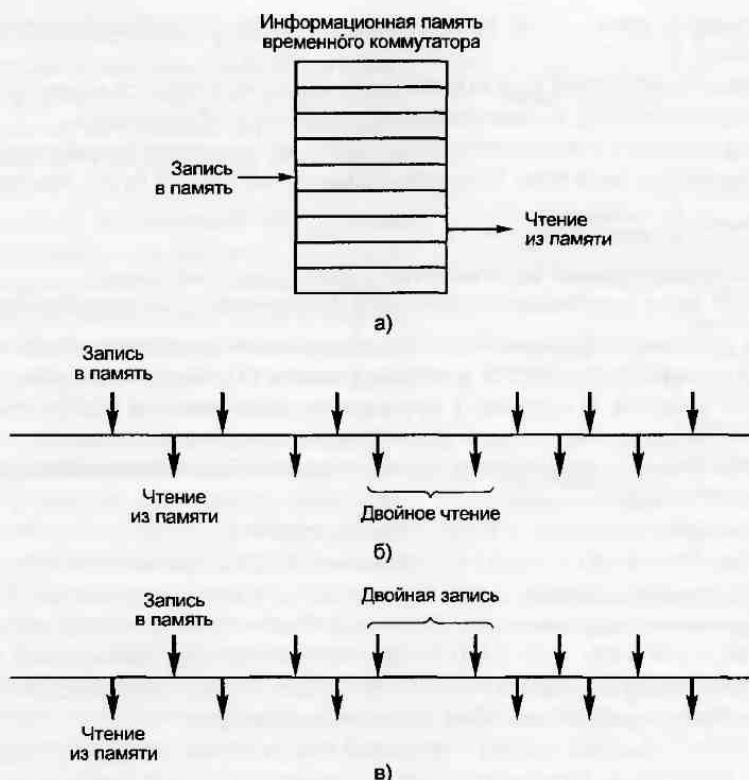


Рис. 2.129. Процесс двойного чтения и записи во временном коммутаторе

По сути дела при временной коммутации каналов (см. 2.4.2, рис. 2.45) информационная память представляет собой эластичную память и требует определенного соотношения между моментами записи и считывания. При нарушении этого соотношения происходит искажение передаваемой информации.

При опережении тактов считывания тактами записи происходит двухкратное считывание одной и той же информации — проскальзывание (рис. 2.129, б). При обратном соотношении происходит двойная запись (рис. 2.129, в).

Наиболее опасно, когда моменты чтения и записи для одного и того же информационного буфера почти совпадают. Тогда нестабильность может привести к тому, что оба обращения будут периодически меняться местами.

Вследствие этого проскальзывания, вызванные двойными считываниями, могут следовать за проскальзываниями, вызванными двойными записями. Поэтому необходимо вводить запаздывание между записью и чтением (оно символически показано на рис. 2.129, а).

Частота проскальзывания определяется разностью частот повторения цикла ΔF . Зная точность генератора, можно определить частоту проскальзывания и наоборот.

Влияние проскальзывания на информацию

В ИКМ речевом сигнале при 25 проскальзываниях возникает резкий кратковременный звук — «щелчок». Для несущественного влияния на речь этих «щелчков» определена норма

обеспечения качества речи — 300 проскальзываний в час. Это обеспечивается точностью генератора 10^{-4} .

При передаче данных одно проскальзывание приводит к запросу и повторной передаче информации, а следовательно, к уменьшению реальной скорости передачи.

Кроме синхронизации станционных генераторов на канальном уровне необходима синхронизация генераторов всей сети. Вопросы синхронизации сетей будут рассмотрены в разделе 3.

Принципы формирования акустических (зуммерных) сигналов, стандартных фраз (сообщений) и сигналов многочастотных генераторов

Указанные принципы предназначены для обеспечения приборов станции акустическими и многочастотными сигналами. В электромеханических системах для этого использовались аппаратные средства. В системах с программным управлением эти функции выполняются с помощью программных средств. Кратко рассмотрим эти принципы.

1. Набор акустических (зуммерных) сигналов на сети Российской Федерации включает в себя следующие сигналы:

- «ответ станции» (dial tone) — 425 ± 3 Гц (непрерывный);
- «занятость» (busy tone) — 425 ± 3 Гц (посылка 0,3–0,4 с; пауза 0,3–0,4 с);
- «контроль посылки вызова» — 425 ± 3 Гц (посылка $1 \pm 0,1$ с; пауза $4 \pm 0,4$ с).

2. Для обеспечения передачи многочастотным кодом необходимо сформировать частоты: 500, 700, 900, 1100, 1300, 1500, 1700 Гц. Для обеспечения других способов многочастотной сигнализации, предусмотренных ИТУ-Т, необходим более широкий спектр частот. Все они могут быть сформированы способом, рассмотренным далее.

3. Кроме этого, станции требуют формирования так называемых стандартных фраз и стандартных сообщений. Стандартные фразы применяются при сообщениях, используемых в течении длительного времени. Например, при обращении к службе времени произносится стандартная фраза: «Московское время ... часов ... минут». При использовании карт с предварительной оплатой разговоров, произносятся фразы: «Наберите PIN-код», или «Извините, вы набрали неверный PIN-код».

Стандартные сообщения часто устанавливаются по желанию абонента. Это примерно следующие тексты: «Абонент... изменил номер. Звоните, пожалуйста, по номеру...». Иногда, он сам может записать сообщение на станции (помимо своего автоответчика). Это, например, тексты, «Я уехал, буду только ... ноября. Все сообщения передавайте маме. Ее телефон...».

2.11.2. Цифровые генераторы частотных и акустических сигналов

Для получения частотных и акустических сигналов в цифровых АТС используются комбинации цифровых отсчетов — дискрет [33]. Получение цифровых отсчетов рассматривалось в 1.2.1. Для генерации сигнала определенной частоты в специальное запоминающее устройство (накопитель частотных сигналов) записываются значения, равные амплитуде дискрет. При считывании они передаются в сторону абонентского терминала и преобразуются с помощью АЦП в аналоговые сигналы. Аналогично получают многочастотные комбинации для обмена со станциями координатной системы (см. 2.10.2, табл. 2.11).

Значения цифровых отсчетов записываются в накопитель (рис. 2.130). Они разбиваются на зоны. В каждой зоне записаны цифровые отсчеты, образующие акустические (зуммерные) сигналы «ответ станции», «занятость», «контроль посылки вызова». В других зонах за-

писываются многочастотные сигналы, обеспечивающие посылку комбинаций в соответствии с принятым протоколом многочастотной сигнализации. Такие же накопители могут использоваться для передачи стандартных фраз и сообщений.

Объем памяти, необходимый для создания программного генератора цифровых, акустических и частотных сигналов, определяется следующим образом. Количество ячеек в зоне накопителя определяется частотой зуммерного сигнала, для генерации которого эта зона предназначена. Это число n равно числу дискретных отсчетов, которые идут с частотой $f_n = 8000$ бит/с. Если длительность периода сигнала равна T_f (частота f), а период появления импульсов дискретизации $T_n = 125$ мкс, то число цифровых отсчетов $n = T_f/T_n$. Учитывая, что $T_f = 1/f$, а $T_n = 1/f_n$, получим: $n = f_n/f$

Необходимо также учесть, что число отсчетов должно быть целым. Поэтому указанное выше соотношение должно быть умножено на число k , которое позволяет получить целое n . Физически такое умножение означает, что число отсчетов (время воспроизведения) увеличивается в это же число раз. В результате получим:

$$n = k \frac{f_n}{f}$$

В соответствии с этим выражением зона акустических (зуммерных) и многочастотных сигналов разбивается на подзоны, каждая из которых содержит n ячеек, и число таких подзон равно числу периодов k .

Для определения числа ячеек в подзоне частота дискретизации, равная 8000 бит/с, делится на частоту воспроизводимого сигнала. Например, для воспроизведения акустического сигнала частотой 425 Гц (основа зуммеров «занято», «контроль посылки вызова», «готовность станции к приему номера») необходимо число отсчетов $n = 8000/425 = 320/17$, что означает, что для генерации этого сигнала требуется 17 подзон, в каждой из которых 320 отсчетов.

В соответствии с изложенным легко рассчитать n для основных частот акустических сигналов (425 Гц) и для многочастотной передачи (700, 900, 1100, 1300, 1500 Гц).

Значение цифрового отсчета определяется мгновенным значением синусоидального сигнала в момент отсчета по следующей формуле:

$$U = U_m \sin 2\pi f x \Delta t,$$

где U — текущее значение напряжения сигнала; U_m — амплитуда синусоидального сигнала; Δt — период отсчета, равный 125 мкс; x — номер отсчета внутри периода ($x = 1, 2, \dots, k$;

k определяется из выражения $n = k \frac{f_n}{f}$).

Сигналы записываются в соответствии с принципами неравномерного кодирования (см. 1.2.1). В этом случае код передается в виде 8-разрядной комбинации следующего со-



Рис. 2.130. Накопитель акустических и многочастотных сигналов

держания: «знак» + «номер сегмента» + «код внутри сегмента». В соответствии с законом неравномерного кодирования выбирается шаг квантования q , значение которого изменяется с увеличением номера сегмента. Например, если порог ограничения кодера $U_{\text{огр}} = 3,15$ В, для кодирования с числом квантов 4096 величина кванта равна:

$$q = 3,15/4096 = 0,768 \text{ мВ.}$$

Начальное положение (код шага квантирования 0000, сегмент 000) имеет значение $q/2 = 0,384$ мВ.

В соответствии с законом сегментного кодирования (закон А), количество сегментов равно 8. В сегментах 000 и 001 шаг квантования одинаков (см. табл. 1.5). Далее размер шага квантирования увеличивается вдвое. Само значение сигнала вычисляется по таблицам, которые были приведены (табл. 1.5 и 1.6). В табл. 2.27 приведены значения шага квантования для различных сегментов [49].

Таблица 2.27. Значения шагов квантования для различных сегментов

Код шага квантования	Номер сегмента							
	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	0,384	12,67	25,34	50,69	101,4	202,7	405,5	811,0
0001	1,152	13,44	26,88	53,76	107,5	215,0	430,1	860,2
0010	1,920	14,21	28,41	56,83	113,7	227,3	454,7	909,4
0011	2,688	14,97	29,95	59,91	119,8	239,5	479,3	958,5
0100	3,456	15,74	31,48	62,98	126,0	251,8	503,8	1007,7
0101	4,224	16,51	33,02	66,05	132,1	264,1	528,4	1056,8
0110	4,992	17,28	34,56	69,12	138,2	276,5	553,0	1106,0
0111	5,760	18,05	36,09	72,19	144,4	288,8	577,6	1155,2
1000	6,528	18,81	37,63	75,27	150,5	301,1	602,1	1204,3
1001	7,296	19,58	39,16	78,34	156,7	323,3	626,7	1253,5
1010	8,064	20,35	40,70	81,41	162,8	325,6	651,3	1302,6
1011	8,832	21,12	42,24	84,48	169,0	337,9	675,9	1351,8
1100	9,600	21,89	43,78	87,56	175,1	350,2	700,5	1400,9
1101	10,368	22,65	45,31	90,63	181,3	374,8	724,9	1449,9
1110	11,136	23,42	46,84	93,70	187,4	374,8	749,6	1499,2
1111	11,904	24,19	48,38	96,77	193,6	387,1	774,2	1548,4
Шаг	0,768	0,768	1,536	3,072	6,144	12,28	24,57	49,15

Интервалы прерывания для акустических сигналов формируются программным путем. Многочастотные сигналы (например, при передаче двухчастотным кодом) формируются путем сложения в цифровом виде используемых частот в соответствующих модулях (см. 2.5.2, 2.10.2).

Для соответствующей обработки в модулях акустические, частотные сигналы, стандартные фразы и сообщения развоятся по станции. При этом организуется 30-канальный цифровой тракт. В этом тракте они закрепляются за различными каналами тракта, как это показано на рис. 2.131.

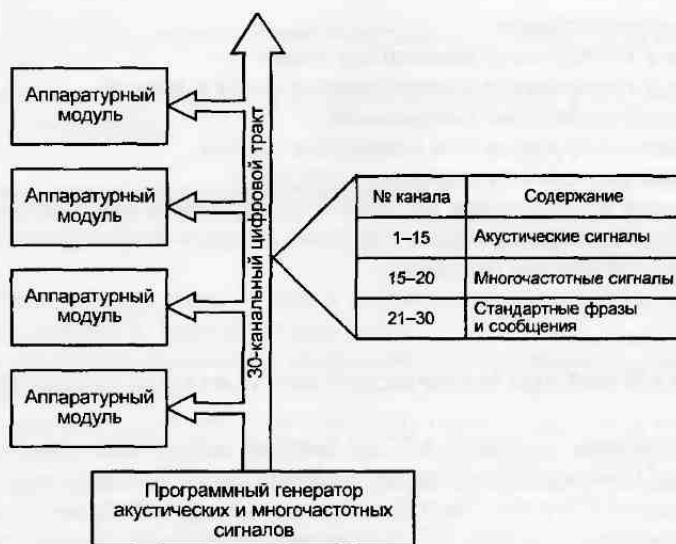


Рис. 2.131. Пример распределения акустических и многочастотных сигналов по аппаратурным модулям

2.12. Техобслуживание, эксплуатация и администрирование станций

2.12.1. Общие положения

Термин «техническое обслуживание, эксплуатация и администрирование (O&M)» охватывает все задачи, которые выполняются системой для обеспечения непрерывной и эффективной работы и оптимального использования установленного оборудования.

Эта система выполняет следующие функции.

1. Администрирование и эксплуатация.

1.1. Изменение абонентских данных состоит в установлении и снятии дополнительных видов обслуживания, таких как организация и эксплуатация абонентских групп, обнаружение злонамеренных вызовов.

1.2. Обслуживание абонентских, соединительных линий и каналов — это измерение их параметров, организация групп направлений, установка ограничений и слежение за перегрузкой, установка кода перехвата соединений для направления по другим маршрутам, запись и закрепление за терминалами стандартных сообщений, маршрутизация (назначение маршрутов, групп линий и отдельных каналов).

1.3. Измерение, контроль и регулировка трафика.

1.4. Тарификация, установка и корректировка тарифов, учет стоимости разговоров.

1.5. Обеспечение документирования и надежности подсчета стоимости.

1.6. Обслуживание системы ОКС, включая установку пунктов сигнализации, закрепление каналов за системой ОКС, обслуживание подсистем пользователя и подсистемы управления сетью сигнализации.

2. Техническое обслуживание.

- 2.1. Измерение и тестирование абонентских линий.
- 2.2. Измерение и тестирование соединительных линий и каналов.
- 2.3. Диагностика и устранение повреждений.
- 2.4. Обслуживание и профилактика аппаратных средств.
- 2.6. Ведение документации об аварийных состояниях.
- 2.7. Модификация и обеспечение надежного функционирования программного обеспечения.
- 2.8. Модификация и ведение баз данных.

2.12.2. Средства и методы технической эксплуатации и обслуживания

Как правило, современные цифровые АТС не требуют постоянного присутствия обслуживающего персонала. Станции контролируются и обслуживаются с помощью центров технического обслуживания (ТО) и посещаются персоналом только при проведении работ по техническому обслуживанию. Системы ТО должны обеспечивать различные организационные формы обслуживания, например, со специализацией персонала по оборудованию или использование универсальных специалистов. При обеспечении дистанционного интерфейса предусматривается специализированный стык Q3. Результатом такой работы должно стать достижение определенного качества функционирования системы.

Обнаружение ошибок и поддержание работы системы обеспечиваются системами самоконтроля, сигнализации, резервированием и переключением при повреждениях, а также отображением информации на терминалах ТО.

Диагностические программы позволяют оператору определить место повреждения и сводят восстановление к замене типового элемента замены (ТЭЗа).

Все операции документируются. Для общения с человеком применяется рекомендованный ITU-T человеко-машинный язык MML (Man-Machine Language) или система типовых окон и меню. Каждое вводимое сообщение контролируется на правильность, выполнение команд и инструкций подтверждается.

Собранные сведения о трафике подлежат обработке специально предусмотренными программами. При этом формируются данные о часе наибольшей нагрузки, отчеты о качестве обслуживания за недели, месяцы, сезоны и т.п. Чаще всего они представлены в виде графиков и таблиц.

На каждой станции имеется система сигнализации в виде отображающих средств. Отдельно предусматриваются средства для тестирования и измерения аналоговых и ISDN-линий, соединительных линий и каналов, а также трактов сигнализации ОКС. Все технические средства могут работать непосредственно по команде запуска или в режиме регламентных работ. Данные могут выводиться как на станционную панель, так и на панель центра технического обслуживания.

Для тестирования взаимодействия с внешним окружением на станциях предусматриваются тестовые приборы, обеспечивающие испытания интерфейсов и измерение параметров линий и каналов.

В этот комплекс обязательно должны входить:

- аппаратура для тестирования и измерения параметров абонентских и соединительных линий;
- автоабонент для установления одного и одновременно нескольких тестовых соединений;

- прибор для обратного вызова абонента со стороны станции при ремонте его на месте пользователя;
- оборудование для тестирования и проверки сигнализации, включая междугородные и международные вызовы.

Типовая процедура технического обслуживания

Типовая процедура обслуживания включает в себя следующую последовательность действий:

1. Оповещение оператора визуальными и акустическими средствами. Визуальные сообщения указывают на адрес и характер повреждения.
2. Оператор подтверждает принятие аварийного сигнала, оповещающего о необходимости технического обслуживания.
3. Оператор начинает через терминал процедуру технического обслуживания.
4. Система сопровождает оператора до момента локализации повреждения.
5. Оператор блокирует поврежденное устройство и запускает программу диагностики, которая рекомендует ему ТЭЗ для замены.
6. Оператор заменяет ТЭЗ и ставит новый.
7. Проводится тестирование нового ТЭЗа.
8. При положительном результате тестирования снимается блокировка.
9. Станция вводит элемент в конфигурацию и сообщает оператору об устранении отказа.

Для ремонта неисправного блока организуются ремонтные центры, которые оснащаются специальными аппаратными и программными средствами. Возможно обслуживание организацией-поставщиком.

Сопровождение программного обеспечения

Сопровождение программного обеспечения необходимо для устранения ошибок в программном обеспечении, а также при отклонениях в поведении внешней среды. Кроме этого, периодически может проводиться коррекция или модернизация программного обеспечения по договору с поставщиком или из-за изменений в сети.

Для тестирования программного обеспечения применяются штатные или дополнительные программы, поставляемые через сеть Интернет фирмой-производителем. Они обычно включают средства для внесения изменений в действующие программы, анализа временных задержек при выполнении процедур, поставленных на контроль, статистики времени выполнения (задержки) программ.

Меры по обеспечению надежности системы

Для поддержания надежности системы используются следующие принципы и средства [81]:

- максимальная децентрализация обработки вызовов;
- память, устойчивая к отказам и сбоям и исправляющая ошибки;
- резервные копии программного обеспечения, сохраняющие «историю» изменений данных;
- резервирование оборудования;
- программы перехода на резервное оборудование и обратно;
- система рестартов и перезагрузки, когда работа модуля начинается с исходного состояния или полностью перезагружается программное обеспечение.

При этом возможно несколько уровней восстановления (табл. 2.28).

Таблица 2.28. Уровни восстановления системы связи

Уровень	Влияние на обслуживание	Время действия
Восстановление одного процесса	Разрушение одного соединения	< 10 с
Запуск проверочной программы	Разрушение одного соединения	< 2 с
Восстановление отдельных приборов	Задержка выполнения новых запросов на обслуживание	1,5...3 мин (без перезагрузки памяти)
	Сброс устанавливаемых соединений	3...5 мин (с перезагрузкой памяти)
Полное восстановление	Задержка выполнения новых запросов	1,5...3 мин (без перезагрузки памяти)
	Сброс всех соединений	3...5 мин (с перезагрузкой памяти)

Поддержка сети

Этот вопрос относится к более широкой проблеме — сетям управления телекоммуникациями (TMN — Telecommunication Management Network). В соответствии с концепцией TMN система коммутации должна поддерживать ряд центров и рабочих мест, число и иерархия которых определяются принятой организацией обслуживания на сети (например, проблемно-ориентированными группами обслуживания). В связи с этим станция должна поддерживать действия операторов при выполнении отдельных задач. Полномочия операторов защищаются персональным кодом, а также осуществляется регистрация входа пользователей и их действий.

Документация

Для технического обслуживания и эксплуатации большое значение имеет документация. Для аппаратурных средств имеются хорошо испытанные стандарты и известные документы — руководства по технической эксплуатации и обслуживанию. Для станций, использующих программное обеспечение, практика пока опережает стандартизацию.

Для эффективной эксплуатации необходимы следующие описания программного обеспечения:

- на уровне спецификаций — описания перечня задач, выполняемых программным обеспечением;
- на уровне описания — изложение того, из чего состоит и как сделано программное обеспечение;
- руководства по эксплуатации, сопровождаемые алгоритмами по основным разделам: «Администрирование и техническое обслуживание» и «Эксплуатация».

Система документирования программного обеспечения на основе рекомендаций ITU-T рассмотрена в [12].

Тестовые испытания и приемка

После монтажа оборудования производится загрузка прикладных программ и программ настройки, включая базу данных для настраиваемого экземпляра станции. После этого производится полное тестирование станции в соответствии с принятым порядком испытаний. Приемка производится с помощью стандартного программного обеспечения.

Интеграция в сеть

Последний этап перед пуском станции в эксплуатацию — интеграция в сеть. Под этим термином понимается последовательная проверка и подключение к станции абонентских и соединительных линий, их тестирование с внесением в базу данных соответствующих изменений.

Проверка и обеспечение показателей качества

Обеспечение качества гарантируется периодическими проверками, автоматической регистрацией факта проверки и ее результатов. Проверяются:

- средства контроля и диагностики (их современность и соответствие измеряемых показателей текущей версии системы качества);
- качество выполнения процедур;
- качество работы аппаратуры.

Язык общения «человек–машина»

Язык общения «человек–машина» применяется при администрировании, техническом обслуживании и эксплуатации. С его помощью обслуживающий персонал получает сведения о состоянии станции, состоянии линий передачи и приема информации и линиях сигнализации. Система также сообщает информацию о повреждениях и сведения о результатах диагностики. Язык имеет стандарты форматов и наборов команд взаимодействия. В настоящее время большинство станций оснащены системой взаимодействия в виде меню, при этом классические форматы, определенные ITU-T, не всегда соблюдаются. Поэтому далее приведем сведения только об основных командах.

Правила взаимодействия отражены в документации на каждую станцию. При взаимодействии с системой общения «человек–машина» различают исходное состояние, состояние первого взаимодействия (контакта пользователя с системой) и состояние последующих взаимодействий.

При первом контакте пользователя с системой заносятся системные данные, пароли и прочая информация, необходимая для выполнения действий по техническому обслуживанию станции. При этом система команд включает в себя: команды порождения базы данных (например, о составе оборудования, установленных стойках, печатных платах, существующем внешнем окружении); команду удаления данных, занесенных ранее в процессе настройки или ошибочно записанных при первичном обращении (данные о конфигурации системы, удаленных объектах обслуживания, конфигурации сети ОКС № 7 и т.п.); команды доступа, в которых назначаются пароли доступа для администрирования в целом или по группам оборудования.

Для дальнейшего взаимодействия (не первичный контакт пользователя с системой) вводятся следующие команды:

- установление проверочных соединений;
- блокировка-разблокировка, постановка на обслуживание оборудования или группы (например, направления);
- измерение нагрузки (установка и снятие контроля за нагрузкой);
- трассировка соединения;
- запрос данных о состоянии соединительных линий и каналов, кодировках маршрутов;
- активизация сообщений об уровнях повреждения станции, характеризующихся временем восстановления, запуск и остановка запущенных процессов.

Все команды проверяются на синтаксическое и семантическое соответствие. При этом могут порождаться сообщения:

- о неправильной команде (команда отсутствует, нет данных, содержащихся в команде, команда некорректна из-за того, что не соответствует введенным ограничениям);
- о неправильном синтаксисе (для содержащейся в команде операции нет соответствующего оборудования).

В системе команд должны содержаться:

- команды помощи оператору, которые зависят от текста, выведенного на дисплее, а также общая команда (*Help*);
- запрос на повторение предыдущей команды или серии команд;
- команды об окончании работы на любом из этапов обслуживания;
- команды, которые указывают на последовательность связанных действий или вызывают информацию об объектах, участвующих в соединении (комплектах, коммутационных приборах и других устройствах, обслуживающих данное соединение).

2.12.3. Некоторые проверочные устройства

Проверочное устройство абонентских линий

Это устройство должно обеспечивать подключение измерительных приборов к абонентской линии. Существуют два пути такого подключения. Один путь уже рассматривался при описании абонентского комплекта BORSHТ. Для подключения предусмотрена функция *Testing* (испытание абонентских линий), для чего в абонентском комплекте имеются контакты, обеспечивающие подключение испытательного прибора, который не только обеспечивает проверку соответствия нормальными условиям, но и осуществляет испытание в предельных условиях (имитация максимальной длины линии, разброса параметров электропитания и т.п.).

На станциях применяются устройства для подключения из кросса, куда вводятся абонентские линии. При таком подключении обеспечивается полное разделение линейной и станционной стороны. Это делается для того, чтобы оборудование станции не влияло на проверку параметров линии. Оборудование, подключаемое в кроссе, состоит из следующих частей.

Измерительная часть, которая позволяет:

- измерять омическое сопротивление шлейфа абонентской и соединительной линий и отдельно каждого провода соединительной линии (двухпроводной и трехпроводной);
- определить сопротивление изоляции между проводами *a* и *b* абонентской и соединительной линий, а также между любым проводом и «землей» (включая провод *c*) в пределах от одного до нескольких десятков МОм;
- проверять наличие «посторонних полярностей» (они могут появиться из-за несанкционированного или случайного подключения к линии посторонних устройств) путем измерения сопротивления изоляции между каждым проводом и минусом батареи;
- вызывать абонента, у которого повешена трубка, акустическим сигналом «посылка вызова»;
- вызывать абонента, у которого снята трубка, тональным сигналом нарастающей громкости;
- проверять целостность конденсатора в телефонном аппарате абонента;
- проверять исправность предохранителя кросса;
- проверять правильность работы номеронабирателя в сторону станции;
- проверять целостность и работу вызывных цепей;
- устанавливать испытательные соединения.

Для измерения и испытания линий часто применяют подключение к линии посредством установления соединения через устройства станции (коммутационное поле и комплекты). В этом случае необходимо исключить влияние этих приборов на результаты измерения, отключив, например, элементы электропитания.

Служебная часть содержит пульт, который позволяет:

- принять и документировать заявку абонента (например, номер абонента, время поступления вызова, длительность занятия и т.п.);
- вывести параметры абонентской или соединительной линий и «историю» ее измерения;
- использовать испытательные телефонные аппараты для осуществления испытательных вызовов и один аварийный аппарат, включенный в другую станцию для случая полного выхода из строя обслуживаемой станции.

Автоабонент

Автоабонент предназначен для проверки качества работы станции. Он устанавливает контрольные соединения между испытательными номерами станции, которые подключены к его входам и позволяет осуществлять одиночные и групповые вызовы. В настоящее время он реализуется аппаратно-программным способом. Номера и порядок вызова абонентов задаются обслуживающим персоналом. Для проверки качества разговорного тракта автоабонент содержит генератор частоты, с помощью которого имитируется прохождение разговора и проверяется уровень сигналов в разговорном тракте. Устройство также содержит средства для сбора статистики о числе сделанных вызовов и результатах каждого вызова.

Предусматриваются средства контроля для работы со станциями других систем и междугородными станциями.

Чтобы провести анализ состояния приборов станции при непрохождении контрольного соединения можно задать остановку прибора.

2.12.4. Программные средства технического обслуживания

Современные станции предусматривают большой набор средств для программной поддержки администрирования, технического обслуживания и эксплуатации. Рассмотрим некоторые из них.

Наблюдение за вызовом

Эта функция заключается в том, что оператор с помощью аппаратуры записывает все характеристики вызова с фиксацией событий и временными отметкам последовательности фаз вызова. Выборочный контроль производится по типу вызовов (региональный, междугородный, международный, все типы вызова). При этом собираются следующие сведения:

- дата и время поднятия трубки;
- вызываемый/вызывающий номер;
- время посылки/приема первой/последней цифры;
- время соединения/отбоя служебных приборов;
- время передачи служебных сигналов;
- время конца маршрутизации от момента начала соединения до получения сигнала «ответ»;
- продолжительность разговора;
- тарифная и учетная информация;
- переданные и принятые сигналы.

Программная поддержка системы учета стоимости

Тарификация — один из важных аспектов администрирования на станции, обеспечивающий доходную часть эксплуатации.

Для учета стоимости принимаются во внимание следующие параметры:

- исходный пункт;
- пункт назначения;
- тип вызова;
- используемые услуги;
- время дня, день недели и праздничные дни;
- тип и/или способ оказания услуги (например, помощь оператора);
- абонементное обслуживание;
- необходимость активизации оборудования.

При эксплуатации применяются следующие методы учета стоимости:

- единый тариф, не зависящий от нагрузки;
- одноимпульсный учет — поразговорная оплата (один учетный импульс на весь разговор);
- начисление заранее определенного количества импульсов;
- повременная оплата разговора;
- оплата с пороговой точкой (после достижения некоторого порога времени или числа разговоров изменяется система оплаты).

Момент начала начисления может быть установлен следующим образом:

- при ответе абонента;
- при ответе станции (сигнал «соединение установлено»);
- при ответе оператора.

При оплате учитываются некоторые особенности разговора:

- место (офис или квартира);
- дополнительный вид обслуживания;
- объем передаваемой информации (при выходе абонента на службу передачи данных);
- указание предельного кредита;
- связь гостиничных телефонов; в этом случае в расчетный центр передается абонентский номер и количество учетных импульсов.

Автоматическая подготовка данных для отчета о каждом вызове может включать следующие записи, передаваемые в расчетный центр:

- номер вызываемого абонента;
- номер направления входящего вызова;
- номер направления исходящей группы соединительных линий;
- категория оплаты;
- тип вызова (входящий, исходящий);
- вид соединения (использование различных служб или передача данных);
- дата и время разговора (год, месяц, день, час, минуты, секунды, десятые доли секунд);
- для абонентов ISDN может отображаться такая же полная информация для каждого из каналов В.

Для разделения доходов между операторами сетей отдельно учитываются входящая и исходящая нагрузки. Это позволяет операторам определять свои доходы в зависимости от поступившей и переданной нагрузки.

Для абонентов обеспечиваются следующие услуги:

- вывод визуального отображения тарифов на дисплей абонентского терминала (при его наличии);

- учет длительности вызова и выдача его на дисплей абонентского терминала;
- предупреждение о смене тарифа по различным причинам (например, из-за наступления часа наибольшей нагрузки).

Для учета на станции может вестись учет:

- всех вызовов;
- внешних вызовов;
- местных вызовов;
- междугородных вызовов;
- международных вызовов;
- вызовов службы Центрекс.

На станции возможно определение в ее пределах нескольких подзон с различными тарифами и учетом стоимости.

Программное обеспечение дает возможность персоналу вести статистику поступивших доходов: по времени суток, по видам связи, по категориям абонентов. Оно обеспечивает сохранность данных о тарификации. Для этого учетные записи хранятся на участках памяти с защитой от записи. Защита снимается только на отдельных участках при выполнении новых записей. Абонентские данные дублируются на носителях различного типа.

Аварийная сигнализация

Любая телекоммуникационная система предусматривает световую и акустическую сигнализацию. В настоящее время используются средства сигнализации, устанавливаемые на печатных платах (например, на платах генераторов тактовых импульсов, блоках электропитания и др.), а также стоечная сигнализация, выводимая на специальную панель. Она сигнализирует о состояниях приборов, непроизводительных занятиях и т.п. В большинстве случаев сигнализация осуществляется с помощью светодиодов. На большинстве станций приняты следующие правила:

- *зеленый цвет* — нормальная работа;
- *желтый цвет* — предупреждение;
- *красный цвет* — авария.

Обобщающая информация выводится на станционную световую панель. Серьезные повреждения, приводящие к выходу значительного числа служб, сопровождаются акустическим сигналом. Подробная информация доступна обслуживающему персоналу на дисплее станционного пульта.

Работа в условиях перегрузки

Для обеспечения функционирования станции в условиях перегрузки применяются:

- перераспределение потоков внутри станции;
- практически не блокирующееся коммутационное поле;
- программы защиты от перегрузки (замедление приема заявок и процедур низких категорий и т.п.).

При перегрузках система обслуживает вызовы как при нормальной нагрузке с допустимо превышенным временем ожидания.

Характеристики эксплуатации и технического обслуживания

Затраты времени на эксплуатацию и ТО, приведенные к одному абоненту, могут составлять несколько сотых человеко-часа в год на один абонентский номер.

Средняя частота замены ТЭЗов может определяться, например, из расчета один ТЭЗ в месяц на 5000 абонентов.

Полное время простоя станции составляет, например, 2 часа за 40 лет;

Время простоя отдельных абонентских и соединительных линий определяется из расчета, например, 30 минут в год на одну линию.

2.13. Электропитающие установки

2.13.1. Общие положения

Электропитающие установки являются частью телекоммуникационных систем и играют важную роль в обеспечении их надежной и бесперебойной работы [28]. Они обеспечивают оборудование электрической энергией постоянного и переменного тока необходимых номиналов и с требуемыми характеристиками.

Система электропитания содержит:

- устройства бесперебойного электропитания;
- токораспределительную сеть;
- сети заземления;
- устройства для обеспечения гарантированного электропитания переменным током (инверторы).

Номиналы напряжения

Номинальное напряжение на российских коммутационных станциях обычно соответствует значению -60 В. В настоящее время в связи с массовой поставкой зарубежного оборудования допускается использовать номинал -48 В.

Допустимые нормы отклонения для -60 В — $-54 \dots -66$ В ($\pm 10\%$), для номинала -48 В — $-40 \dots -56$ В.

Напряжение должно быть замерено на входе токораспределительного щита.

Строгие определения относят эти нормы к статическим, т.е. медленным отклонениям.

Динамические, или кратковременные, отклонения относятся скорее к самому оборудованию потребителя, чем к установке электропитания. Это оборудование должно сохранять работоспособность при многократных включениях и выключениях электропитания или при снижении номинала (в техническом задании на аппаратуру следует оговаривать пределы электробезопасности для аппаратуры).

В современных коммутационных системах применяются источники бесперебойного питания, сохраняющие свои параметры при достаточно длительных перерывах в базовом электропитании от сети переменного тока (от 4 до 8 часов). При катастрофическом отключении (внезапное выключение, не сопровождаемое заранее оговоренными процедурами и программами) станции должен обеспечиваться возврат к рабочему состоянию всего оборудования.

На крупных телекоммуникационных объектах должны вводиться два силовых кабеля от двух независимых источников переменного тока. Требования к параметрам вводимого напряжения и частоте переменного тока следующие:

- номинальное напряжение — 220/380 В;
- частота — 50 Гц;
- диапазон изменения напряжения — 187...242 В;

- диапазон изменения частоты — 47,5...52,5 Гц;
- коэффициент нелинейных искажений — не более 10%.

Величина потребляемой электроэнергии на современных станциях приблизительно равна 1 Вт на одну абонентскую линию.

Например, для станции на 10 000 номеров ток, потребляемый аппаратурой, может составить до 170 А в ЧНН. Для станций электромеханической системы потребление будет выше. В частности, для АТСК-У оно составляет 450 А в ЧНН. Следует обратить внимание на то, что на электромеханических станциях потребление тока зависит в значительной степени от числа установленных соединений. При небольшой нагрузке потребление энергии резко падает. Станции, построенные только на микроэлементной базе, потребляют ток непрерывно.

Из основного номинального напряжения на станциях формируются следующие номиналы:

- ±5 В — для электропитания микросхем;
- ±12 В, 24 В — для электропитания реле.

Кроме этого, для обслуживающих приборов необходимо обеспечивать гарантированное электропитание переменным током номиналом 220 В. Оно обеспечивается специальными преобразователями постоянного тока в переменный, которые называются *инверторами*.

2.13.2. Токораспределительная сеть

Токораспределительная сеть строится по одному из нескольких способов:

- магистральному;
- радиальному;
- радиально-магистральному.

При *магистральном способе* токораспределительная сеть строится на основе одной магистрали, разводящей электропитание по всем устройствам станции (рис. 2.132). Часто эта магистраль выполняется в виде кольца. Это делается для повышения надежности при разрывах цепи, которые могут быть результатом работ по техническому обслуживанию.

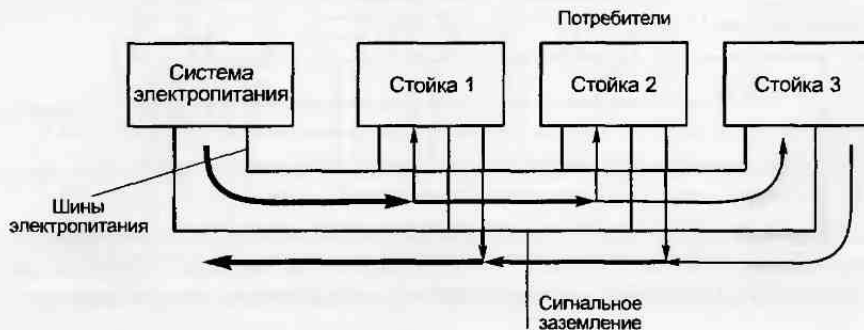


Рис. 2.132. Магистральная система разводки электропитания

При таком способе по магистрали протекают довольно значительные токи. На рис. 2.132 величина проходящих на различных участках магистрали токов соответствует толщине линий. Если учитывать сопротивление токопроводящей шины, то в наиболее неблагоприятных условиях находятся устройства в конце магистрали. Напряжение в конце токопроводящего проводов имеет более низкое значение, чем в начале. Поскольку величина протекающего тока зависит от загрузки станции, то в сигнальном заземлении обязательно возникают

перепады напряжения на проводах, особенно обратных. При этом сказывается различная чувствительность элементов. Например, если для реле с номиналами электропитания 60 В, 24 В, 12 В перепады величиной 0,5 В не являются критическими, то для микросхем они сравнимы с величиной входного сигнала. Поэтому перепады напряжения на обратном проводе имеют бóльшие негативные последствия, чем на прямом. В связи с этим во многих случаях рекомендуют отделять сигнальное заземление источников питания электронной базы от заземления других номиналов.

Радиальный принцип токоразводки (рис. 2.133) позволяет уменьшить эти недостатки. Разделение цепей, подводящих ток к потребителям, снижает сопротивление проводов, разводящих токи. Иногда применяют смешанный способ — *радиально-магистральную разводку* (рис. 2.134). Он более прост в монтаже. Для этого потребителей разделяют по группам. Например, до каждого ряда оборудования идет радиальная разводка, а внутри ряда — магистральная.



Рис. 2.133. Радиальная система разводки электропитания

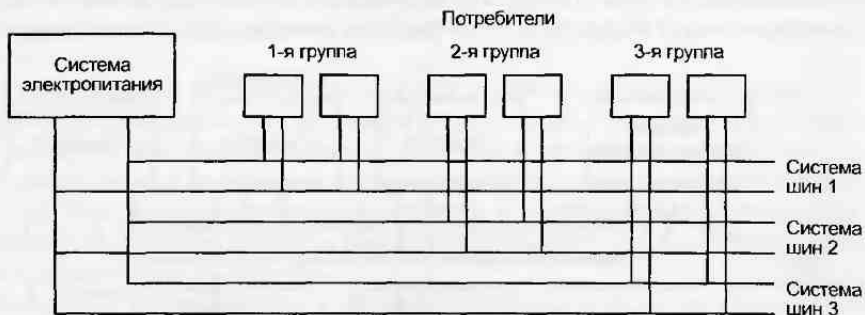


Рис. 2.134. Магистрально-радиальная система разводки электропитания

Наиболее распространен способ, когда по станции разводится только один номинал напряжения, а другие получаются с помощью вторичных источников питания (ВИП), которые устанавливаются на каждой стойке потребителя тока. Такой способ показан на рис. 2.135: потребителям разводят электропитание постоянным током (на рисунке для примера указан наиболее частый случай — 60 В). Этот способ требует несколько больших затрат, но гарантирует развязку цепей по электропитанию и установку индивидуальных стабилизаторов меньшей мощности на каждой стойке. При меньших мощностях проблема стабилизации решается гораздо проще.

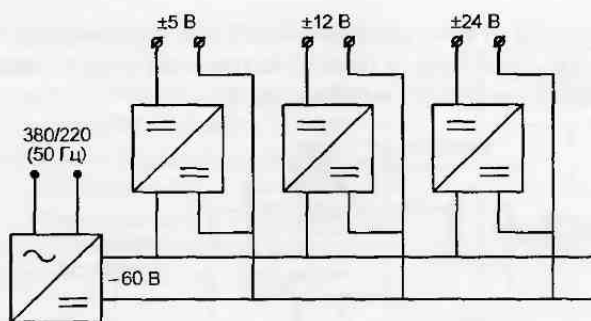


Рис. 2.135. Система разводки электропитания постоянным током

Для упрощения преобразователей применяется метод магистральной разводки переменным током (рис. 2.136). Этот метод заключается в том, что в центральном электропитающем устройстве (на рисунке крайнее слева) производится преобразование переменного тока напряжением 380 В (220 В) частотой 50 Гц в постоянный ток, после чего он преобразуется в переменный, но большей частоты (например, 20 кГц) и меньшего напряжения. Далее на стойках потребителя он снова преобразуется в постоянный. Увеличение частоты позволяет уменьшить габариты трансформаторов. Уменьшение напряжения позволяет применять микроэлектронную элементную базу.

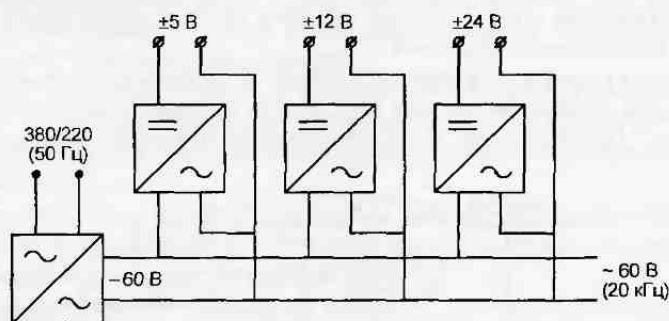


Рис. 2.136. Система разводки электропитания переменным током

Вариантом такого способа является разводка с помощью «широких» импульсов. Этот способ заключается в передаче от центрального устройства электропитания «широких» импульсов, перекрывающихся по времени. Наложённые друг на друга они образуют таким образом имитацию источника постоянного тока.

2.13.3. Обеспечение бесперебойности электропитания

Бесперебойность электропитания (UPS — Uninterruptible Power Supply) обеспечивается:

- дублированием электропитающих установок;
- буферным режимом.

В первом случае используется параллельная работа двух электропитающих установок (рис. 2.137). При дублировании иногда (на больших станциях) применяют введение двух

силовых кабелей (фидеров) от сети промышленного тока напряжением 380/220 В — *резервный ввод*. Фидеры подводятся либо от разных источников, либо от разных фаз трехфазной сети (при использовании однофазных выпрямителей).

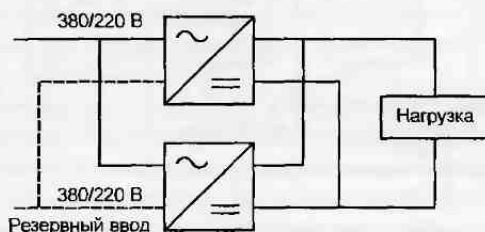


Рис. 2.137. Безбуферная система подключения

Электропитание постоянным током производится непосредственно от *включенных параллельно* выпрямителей, снабженных стабилизаторами тока (напряжения). Мощность каждого из выпрямителей должна быть рассчитана на обеспечение пиковой нагрузки.

При выключении сети переменного тока происходит полная остановка работы станции, что является серьезным недостатком такой системы, так как большинство энергосетей не гарантирует непрерывность электропитания. Это касается даже случая подключения двух вводов. Обычно в договорах на поставку электроэнергии оговаривается право поставщика на перерыв длительностью до 2 с. Однако для всех типов станций такой перерыв влечет разъединение установленных соединений.

Для АТС, использующих электронные системы и системы с программным управлением, это приводит, как правило, к полному перезапуску системы, что означает также полную остановку станции. Поэтому чаще всего применяется буферная система электропитания (рис. 2.138).

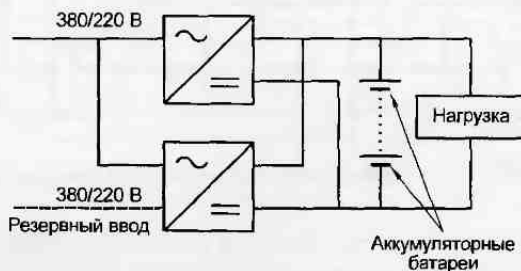


Рис. 2.138. Буферная система подключения

Режим работы такой системы заключается в том, что параллельно с работой выпрямителей на нагрузку работает аккумуляторная батарея. При наличии напряжения сети переменного тока выпрямители обеспечивают питание аппаратуры и режим подзаряда батареи. При исчезновении напряжения в сети переменного тока работа выпрямителей прекращается. Питание аппаратуры осуществляется от аккумуляторной батареи, работающей в режиме разряда. Мощность батареи рассчитывается на работу в ЧНН в течение 4, а в более ответственных случаях и 8 часов. Основными достоинствами системы являются простота, высокая надежность и хорошие динамические характеристики системы. Аккумуляторные батареи

позволяют сгладить все резкие кратковременные колебания параметров сети. Недостаток — большие колебания выходного напряжения из-за заряда и разряда аккумуляторной батареи. Поэтому применяются различные решения, позволяющие при отсутствии напряжения в сети постепенно, по мере разряда батареи подключать дополнительные группы аккумуляторов. Во время восстановления электропитания и заряда эти группы отключаются.

В большинстве современных станций применяется решение, основанное на применении максимально повышенного напряжения и использовании стабилизаторов при преобразовании на стойках. Такой стабилизатор устанавливается также в целях сохранения напряжения в управляющих устройствах независимо от колебаний нагрузки (рис. 2.139).

Стабилизатор обычно устанавливается на выходе выпрямителя или преобразователя. Наиболее удобно применять его при децентрализованном способе разводки электропитания, так как стабилизаторы большой мощности обычно имеют большие габариты и стоимость. На вход стабилизатора подается повышенное по сравнению с требуемым номиналом напряжение. Регулирующий элемент снижает его до требуемой величины. Параметры выходного напряжения контролируются элементом обратной связи. При изменении параметров на выходе вырабатывается сигнал, поступающий на вход регулирующего элемента, и тот увеличивает либо уменьшает напряжение.

Регулирующие элементы строятся по принципу регулируемого сопротивления. При разводке с помощью «широких импульсов» (см. раздел 2.13.2) возможно его построение на базе комбинирования ширины импульсов при преобразовании импульсной последовательности в постоянный ток.

Элемент обратной связи содержит эталонный элемент (например, стабилитрон) и схему сравнения выходного напряжения с напряжением на стабилитроне. Сигнал регулировки вырабатывается на основе разности этих напряжений.

Большое значение при использовании буферной системы имеют устройства, подключающие аккумуляторные батареи к токоразводящей сети. Они должны подключать и выключать батареи без изменения значений напряжения (без «выбросов»). При больших значениях токов это является проблемой и решается с помощью специальных переключателей, построенных, например, на стабилитронах.

Для обеспечения надежной работы в условиях ненадежной сети электроснабжения предусматривается возможность подключения дизель-генераторов. Не останавливаясь подробно на этом способе электроснабжения, можно заметить, что основная проблема этого способа — нестабильность частоты вращения и, как следствие, большие колебания частоты вырабатываемого электропитания.

Электробезопасность

В целях обеспечения защиты АТС от наружных и внутренних перенапряжений применяются защитные устройства, устанавливаемые на всех уровнях распределения энергии (распределительная сеть, уровень отдельного потребителя). Основные требования к этим устройствам — это динамические характеристики. Они должны работать быстрее, чем за-



Рис. 2.139. Принцип построения стабилизатора постоянного тока

щищаемое ими оборудование. Поэтому обычно оговаривается время реакции таких систем на те или иные изменения напряжения.

Система заземления должна иметь защитное заземление металлических стативов и шасси. Оно объединяется с сигнальным заземлением только на основном источнике электропитания.

Электропитающие установки оборудуются фильтрами для отделения частот, создающих радиопомехи. Все устройства станции должны быть оборудованы защитным заземлением от внешних воздействий и излучений самой аппаратуры во внешнюю среду.

Псофометрическое электропитание

При электропитании приборов речевого тракта необходимо учитывать, что органы слуха человека имеют различную чувствительность к звукам разной частоты. Характеристика такого восприятия человеком различной величины звукового давления на различных частотах показана на рис. 2.140. Поэтому помехи, возникающие при преобразовании электрического тока, должны иметь различные нормы для различных частот. Для этого рекомендуется ставить в цепи, предназначенные для электропитания разговорного тракта, специальные фильтры, создающие различное затухание в зависимости от частоты.

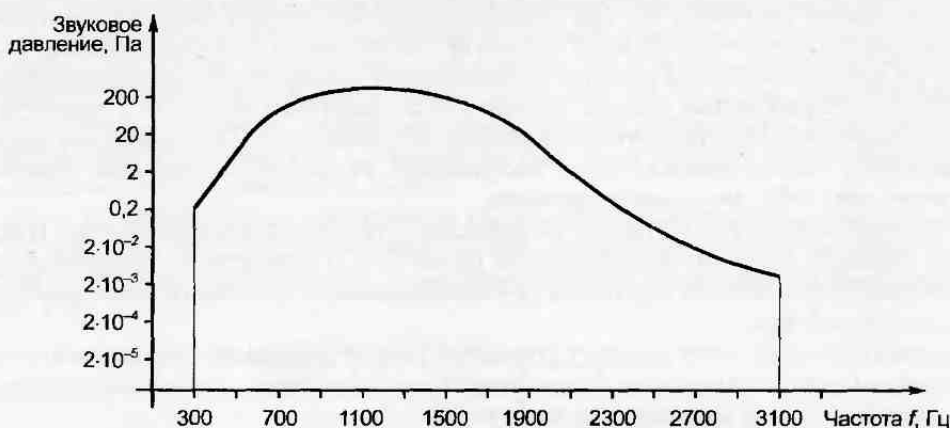


Рис. 2.141. Псофометрическая характеристика электропитания звукового тракта

Глава 3

ПЕРЕДАЧА И КОММУТАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

3.1. Общие принципы построения телефонных сетей связи

3.1.1. Городские сети

Телефонные сети представляют собой совокупность оконечных устройств (терминалов), телефонных станций, линий и каналов, транзитных узлов коммутации.

Начальная фаза построения сети связи характеризуется конфигурацией, когда каждая станция связывается с другой телефонной станцией по принципу «каждый с каждым» (рис. 3.1).

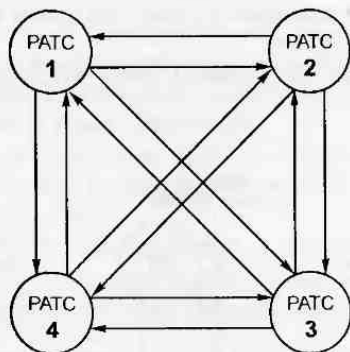


Рис. 3.1. Построение нерайонированной сети

Такого типа сети рекомендовались для сетей не свыше 80 000 номеров. Их недостатки очевидны:

1. Большое число направлений и соответственное число соединительных линий. При такой системе число направлений равно числу сочетаний из числа станций по 2. Например, при 10 станциях число направлений на каждой равно $C_{10}^2 = 45$.

Учитывая необходимость двухсторонней связи, это может потребовать 45 исходящих и 45 входящих соединений (что еще раз напоминает о преимуществах ОКС, предоставляющей возможность двухсторонней связи).

2. Плохое использование соединительных линий. Поскольку, как уже указывалось, при объединении нагрузки число соединительных линий суммарно уменьшается, благодаря лучшему их использованию. В связи с этим целесообразно сконцентрировать нагрузку нескольких станций, для чего устанавливаются узлы, концентрирующие, например, входящую нагрузку (рис. 3.2).

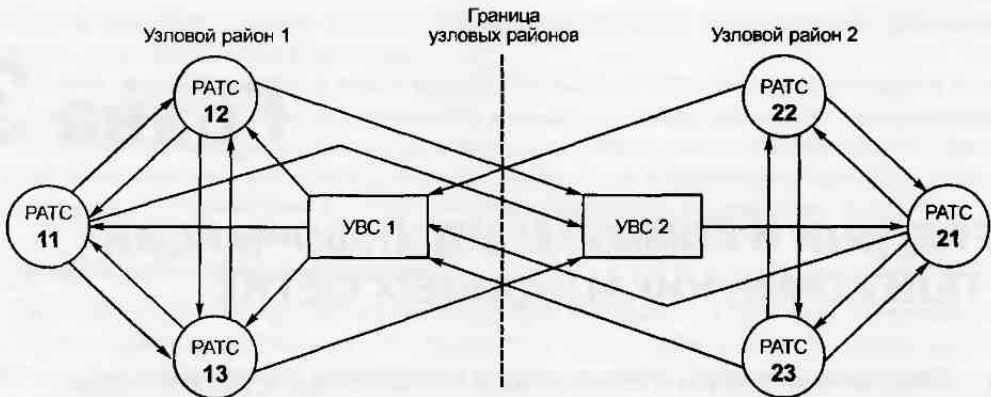


Рис. 3.2. Построение районированной сети с узлами входящего сообщения

Как видно на рис. 3.2, в каждом стотысячном районе устанавливается узел входящего сообщения (УВС), куда поступает нагрузка от всей сети. Таких узлов на миллионной сети может быть до 8. Входящие сообщения далее распределяются по АТС данного района (РАТС). Таким образом, организуется сеть на 800 000 номеров с шестизначной нумерацией. Следует обратить внимание на нумерацию узлов, в которой отображается принадлежность станций к одному из узловых районов.

Крупные сети строятся с использованием узлов входящего и исходящего сообщений, как это показано на рис. 3.3.

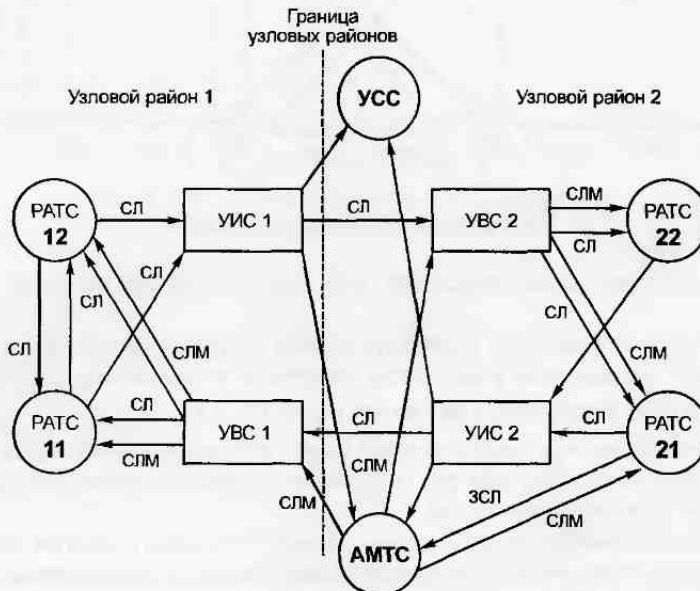


Рис. 3.3. Построение районированной сети с узлами входящего и исходящего сообщений

Территория города разбивается на стотысячные районы, число которых может быть до восьмидесяти (на рис. 3.3 показано два). В каждом районе организуется узел входящего сообщения (УВС) и узел исходящего сообщения (УИС). На УИС каждого района поступают исходящие сообщения абонентов этого района. УИС соединяется со всеми УВС других районов. В соответствии с набранным номером он коммутирует сообщение в один из УВС. Таким образом происходит концентрация нагрузки от отдельных станций.

На такой сети должны размещаться как минимум один узел справочной службы (УСС) и одна междугородная станция (АМТС). В некоторых телефонных сетях для обеспечения меньших потерь для междугородных соединений выделяют пучки линий (каналов), выделенных только для междугородной связи (СЛМ — соединительные линии междугородные). Гораздо реже аналогичные пучки выделяются при исходящей междугородной связи в основном для связи с операторами междугородной сети (ЗСЛ — заказно-соединительные линии).

Также на больших сетях выделяется узел специальных служб (милиция, скорая помощь и другие). Станция, выполняющая эту роль, должна быть рассчитана на много занятий с небольшой продолжительностью, что часто вызывает затруднение, поскольку в такой ситуации управляющие устройства загружаются значительно больше, чем на обычной станции.

3.1.2. Сельские сети

Для сельской сети характерна малая удельная концентрация абонентов. Концентрирующие станции обычно размещаются в крупных поселках, и проблема заключается в том, что необходима установка малых станций, и станция, концентрирующая нагрузку, должна иметь окончную емкость и быть в тоже время транзитной.

На сельской сети различают следующие типы станций (рис. 3.4):

- *оконечная станция (ОС)*, обычно небольшой емкости (50...100 номеров), предназначенная для включения абонентов;
- *центральная станция (ЦС)*, устанавливается в районном центре, концентрирует нагрузку от оконечных станций и обслуживает абонентов этого центра, обычно имеет абонентскую емкость до 2000 номеров и обслуживает почти столько же соединительных линий;
- *узловая станция (УС)*; при некоторой удельной плотности абонентов (на единицу площади) устанавливаются узлы (чисто транзитные станции), которые концентрируют нагрузку от оконечных станций и включаются в центральную станцию.

Сельская сеть построена по зонам, каждая из которых рассчитана на обслуживание 100 тыс. абонентов. При необходимости ЦС связывается соединительными линиями с городскими узлами. В этом случае говорят, что она играет роль узла сельско-пригородной связи (УСП) [25, 56].

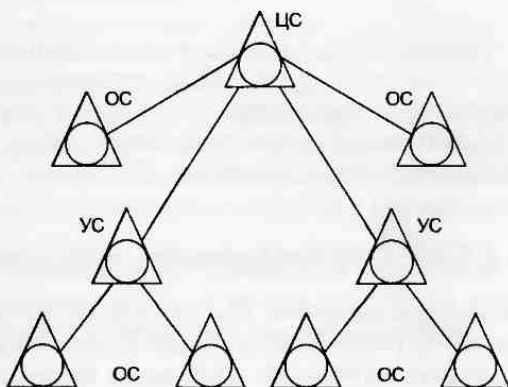


Рис. 3.4. Принцип организации сельской сети связи

3.1.3. Междугородные сети

Междугородные сети строятся по иерархическому принципу (рис. 3.5).

При построении междугородной сети на нижнем уровне находятся автоматические междугородные телефонные станции (АМТС). Их связь с городской сетью была описана при рассмотрении городской сети. В сельской сети они подключаются к ЦС. АМТС обслуживают одну или несколько миллионных зон, в крупных городах может быть несколько АМТС. Все АМТС включаются в узлы автоматической коммутации 2-го уровня (УАК2).

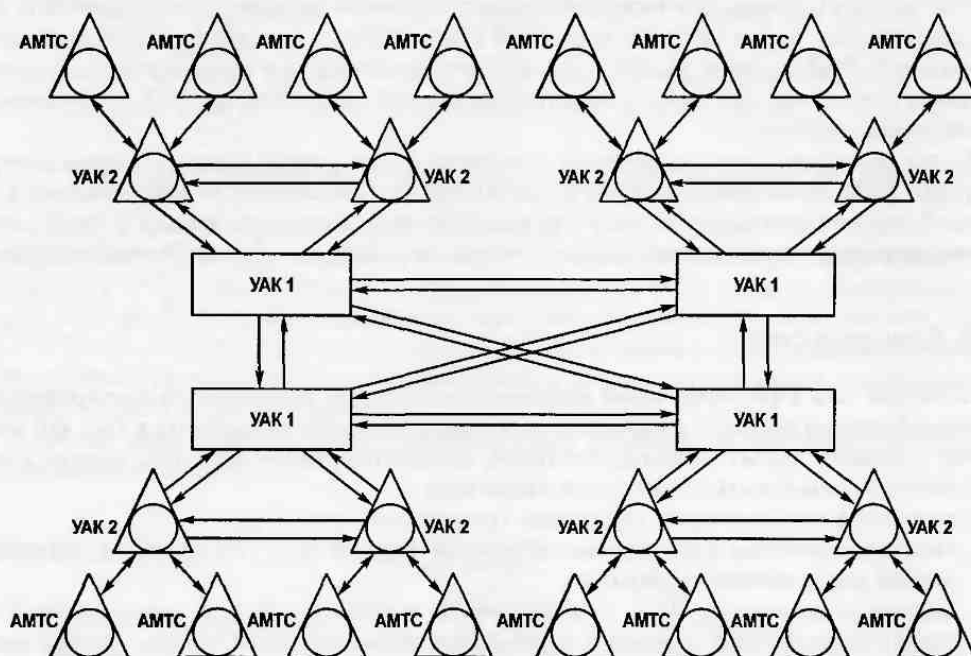


Рис. 3.5. Принцип построения междугородной сети

Основная нагрузка между зонами проходит по линиям между УАК2. Вся избыточная нагрузка проходит через УАК1, которые соединены по принципу «каждый с каждым» и рассчитаны на пропускание телефонной нагрузки с небольшими потерями. Пути между УАК1 называются *путями последнего выбора*, поскольку эти пути используются только в случае отсутствия путей между УАК2.

3.1.4. Сеть с распределением оборудования

Современные цифровые станции, как мы убедились в предыдущих разделах, имеют большую абонентскую емкость и число соединительных линий. Напомним, что в настоящее время они могут обеспечить предельную абонентскую емкость, достигающую нескольких сот тысяч номеров. При включении непосредственно в станцию длина абонентской линии будет очень велика. Поэтому все современные станции рассчитаны на установку отдельных блоков (выносных станций — ВС) ближе к области концентрации абонентов. При этом сокращается

длина линий и уменьшается их число (рис. 3.6). На рисунке показаны две ступени выноса оборудования. В большинстве систем вынос может составлять до пяти таких ступеней.

Такое решение особенно выгодно в сельской сети, где на большой площади находится малое число абонентов.

3.2. Система нумерации на телефонной сети

Общие принципы

На телефонной сети известны два вида нумерации: открытая и закрытая. [14].

Открытая нумерация характеризуется тем, что число знаков зависит от маршрута соединения. Поскольку маршрутизация в телефонной сети очень сложна и недоступна широкому кругу абонентов, то часто такой вид нумерации не используется. В настоящее время с развитием принципов частотного набора появилась возможность широкого использования так называемого «донабора» номера. Этот вид широко применяется в различных сервисах: например, при обслуживании на нескольких языках после набора номера могут быть предложены операторы, говорящие на разных языках. Для этого «механический голос» произносит стандартные фазы типа: «Если хотите говорить на русском языке, то наберите номер 1», «If you want to speak English call number 2» и т.д. После набора номера соединение маршрутизируется к различным операторам. Может быть несколько ступеней оповещения. Например, сначала с помощью механического голоса абоненту предлагаются технические или ремонтные службы, а потом языки. Это, по сути, является переменной нумерацией различных служб, и набор может быть закончен на любой из цифр.

Такой способ применяется для междугородных и городских служб. Иногда «донабор» применяется при подключении учреждений, транковых и других сетей небольшой емкости при подключении их на правах абонентов.

При *закрытой нумерации абонентов* им присваиваются постоянные номера, и их значение не зависит от положения вызывающего абонента (абонента В).

На практике применяется *смешанная система нумерации*. Например, если абонент вызывает абонента своей зоны (города), он набирает номер внутризональной нумерации. При выходе за пределы зоны ему приходится набирать более длинный номер.

На *городской сети* используется только закрытая 5, 6, 7-значная нумерация. Абонентский номер образуется в пределах 10 000-й группы (0000–9999) с добавлением впереди кода, определяющего данную десяти тысячную группу. Иногда, как исключение, допускается применение на одной сети закрытой нумерации с различным числом цифр (например, 5–6 или 6–7 знаков).

Для вызова экстренных и некоторых справочных служб применяется сокращенная нумерация, содержащая 2–3 знака. При этом номера используют первую цифру 0. На всех сетях России экстренным спецслужбам присваиваются одинаковые двузначные номера:

- пожарная служба — 01;
- милиция — 02;
- скорая медицинская помощь — 03;
- аварийная служба газовой сети — 04.

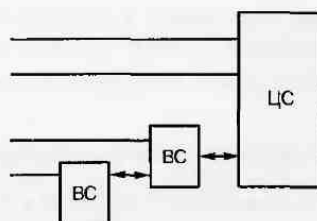


Рис. 3.6. Сеть на основе распределенного оборудования одной станции

Для пользования автоматической междугородной телефонной связью необходимо набрать номер 8 — ABC *ab* *xxxx*, где 8 — индекс выхода на междугородную связь; ABC — трехзначный код зоны; *ab* — код местной сети или сотысячной группы абонентов.

Нумерация при междугородной связи

Для междугородной связи в России используются следующие значения:

- A = 1 — для служб междугородной связи;
- A = 2 — для указания, что связь идет внутри зоны.

Остальные значения A могут быть использованы для нумерации.

B, C — могут быть полностью использованы для нумерации.

При международной связи используется код 8–10 $N_{ми}$, где 10 — индекс выхода на международную сеть, а $N_{ми}$ — полный международный номер вызываемого абонента (11–12 знаков).

Номера от 8–11 до 8–19 зарезервированы для междугородных служб (операторы междугородных служб, справочная междугородная и международные службы).

Нумерация при городской и сельской связи

Два значения кода $a = 0$, и $a = 8$ зарезервированы для специальных служб и междугородной связи. Остальные значения могут использоваться для нумерации.

При вызове абонентов ГТС областного центра России с 5-значной или 6-значной нумерацией местный номер абонента должен дополняться до зонавого (7-значного) цифрами 22 или 2, соответственно.

Если абонент при местной связи для выхода на ГТС набирает индекс выхода, то последний набирается дополнительно перед индексом ABC.

При автоматической зонавой телефонной связи абонент должен набирать 8–2 *ab* *xxxx*, где 2 — внутризонавый индекс; *ab* *xxxx* — 7-значный зонавый абонентский номер.

Для вызова справочно-информационных служб междугородных ГТС и сетей районных сельской телефонной сети с местной сокращенной нумерацией по автоматической междугородной внутризонавой сети должны использоваться полные междугородные номера, построенные по следующему принципу:

- по междугородной сети — 8 – ABC *ab*0*x*111;
- по внутризонавой сети — 8 – 2 *ab* 0*x*111.

Набор справочно-информационных служб с 3-значной нумерацией производится набором:

- по междугородной сети — 8 – ABC *ab* 0*x*11, где 0*x*(*x*) — местный номер службы; (скобки означают возможность использования еще одного знака); 11(1) — дополнительные знаки для выравнивания значности междугородного или зонавого номера;
- по внутризонавой сети — 8 – 2 *ab* 0*x*11, где 0*x*(*x*)11 — местный номер службы.

Для вызова по междугородной или внутризонавой сети справочно-информационных служб ГТС областного центра с 5-, 6- или 7-значной нумерацией выделяется специальный код сотысячной группы *ab* — 99. Вызов служб с двухзначной нумерацией производится набором:

- по междугородной сети — 8 – ABC 99 0*x*111;
- по внутризонавой сети — 8 – 2 99 0*x*111.

При 3-значной нумерации:

- по междугородной сети — 8 – ABC 99 0*x*11;
- по внутризонавой сети — 8 – 200 0*x*11.

3.3. Нормированные параметры сети

3.3.1. Распределение затухания

Нормы распределения затухания утверждены положениями по проектированию сетей. На рис. 3.7 показано распределение затухания при различных вариантах построения городских сетей и маршрутах соединения.

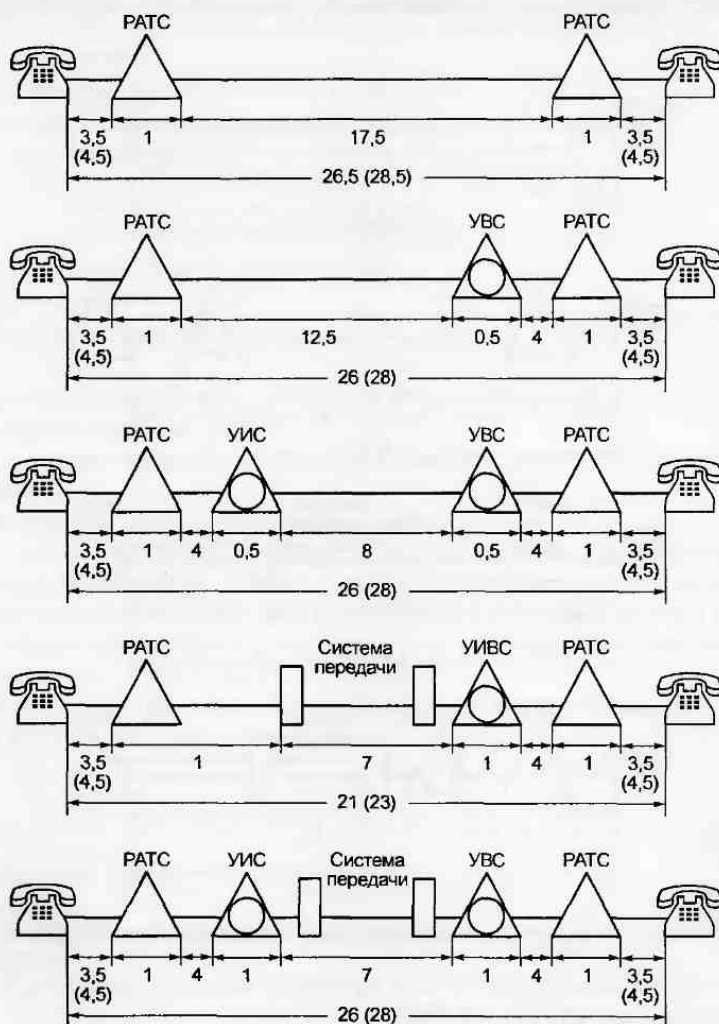


Рис. 3.7. Распределение затухания на ГТС

Максимальное затухание между двумя телефонными аппаратами не должно превышать 28 дБ. При этом затухание абонентских линий не должно превышать 4,5 дБ. Для затухания стационарного четырехполосника допустимая величина затухания гораздо меньше: для PATC она не должно превышать 1 дБ на PATC и 0,5 дБ на УИС или УВС при двухпровод-

ной коммутации. При четырехпроводной коммутации затухание станционного четырехполюсника УИС и УВС принимается равным 0. Затухание станционного четырехполюсника при переходе с двухпроводного тракта на четырехпроводный равно 1,0 дБ.

Распределение затухания на внутризонной сети приведено на рис. 3.8. Затухание от телефонного аппарата до станции, где осуществляется переход на четырехпроводный тракт (АМТС, УВС, УИС), не должно превышать 9,5 дБ. Значения в скобках показывают допустимые превышения затухания на абонентском участке. Для длинных абонентских линий допускается превышение, а следовательно, увеличивается норма затухания по всему тракту.

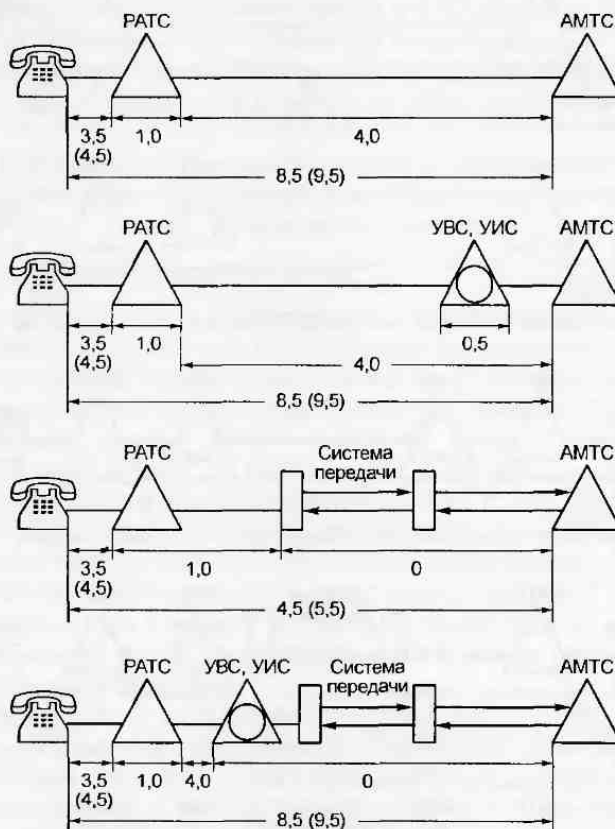


Рис. 3.8. Распределение затухания на внутризонной сети

3.3.2. Распределение потерь на ГТС

Качество обслуживания телефонных вызовов на ГТС определяется вероятностью потерь или отказов в обслуживании из-за отсутствия свободных и доступных коммутационных приборов и каналов. Фактические (реальные) потери на ГТС оцениваются отношением числа потерянных в час наибольшей нагрузки (ЧНН) вызовов к общему числу поступивших вызовов. Расчетные нормы потерь в ЧНН на различных участках ГТС используются при определении объемов оборудования ГТС.

Суммарные расчетные потери для абонентов ГТС не должны превышать 0,030, при связи с пригородной зоной и учрежденческими АТС — 0,040, а при связи АТС с АМТС — 0,005. Расчетные нормы потерь на станциях ГТС приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Расчетные нормы потерь на станциях и узлах ГТС

№ этапа соединения	Вид связи или соединения	Норма потерь в ЧНН
1	Получение абонентом сигнала готовности станции к приему набора номера	0,007
2	Соединение между абонентами одной станции	0,020
3	Выход по прямому пучку линий (каналов) к функционально обособленной группе коммутаторного оборудования: – при связи между абонентами разных станций; – в направлении к экстренным службам; – в направлении к неэкстренным службам; – при входящей междугородной связи	0,005 0,001 0,010 0,001
4	Входящая местная связь	0,010
5	Входящая междугородная связь	0,003

Этапы соединения (табл. 3.1) определяются следующим образом:

- 1 — с момента поднятия трубки;
- 2 и 3 — с момента принятия адресной информации, достаточной для установления соединения;
- 4 и 5 — с момента поступления вызова на вход станции.

Вероятность потерь включает вероятность занятости входов коммутационного оборудования, управляющих устройств, устройств приема и передачи сигналов, внутренние блокировки приборов, линий и каналов. При использовании обходных путей в междугородной связи нормы потерь используются для расчета числа приборов на один участок пути последнего выбора (УАК1–УАК1, см. 3.1.3).

В случае потерь из-за ожидания свыше допустимого времени можно принять те же нормы, установив предельные времена ожидания.

3.4. Первичные сети

3.4.1. Линейно-кабельные сети

Линии городских телефонных сетей делятся на абонентские и соединительные (межстанционные).

Абонентские линии (АЛ) соединяют телефонные аппараты (ТА) с автоматической телефонной станцией (АТС) (рис. 3.9).

При такой системе построения сети делятся на три участка:

- магистральный — от АТС до распределительного шкафа (РШ);
- от распределительного шкафа до распределительной коробки (РК), а в случае разводки с помощью воздушных кабелей — до кабельного ящика (КЯ);
- от распределительной коробки до аппарата абонента (абонентская проводка).

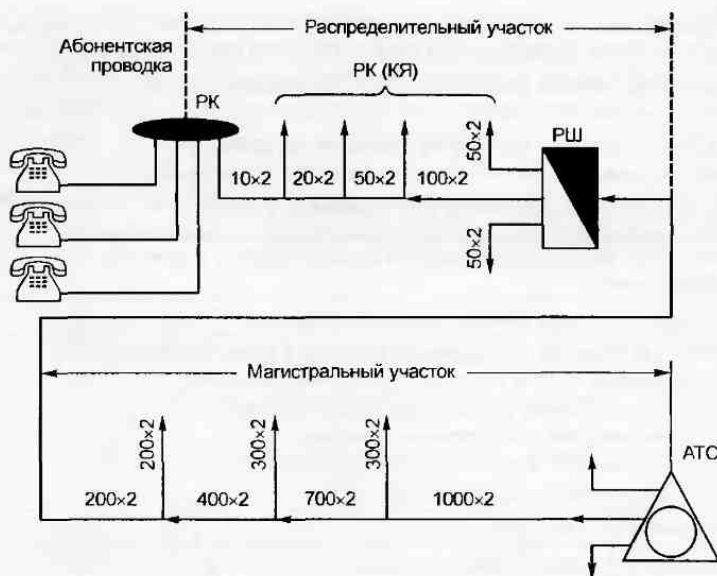


Рис. 3.9. Схема разводки абонентских линий ГТС

Абонентская проводка выполняется однопарным изолированным распределительным проводом, а при наличии кабельной коробки возможно и неизолированным.

На распределительном участке применяются малопарные кабели — по 10 и 100 пар. При этом для исключения взаимного влияния применяется скрутка (см. 1.14).

На магистральных участках АЛ прокладываются городские телефонные кабели с числом пар 100 и более (многопарные). В примере на рис. 3.9 показан 1000-парный кабель, имеющий ответвления [18].

Соединительные линии (СЛ) связывают между собой станции и прокладываются в трубопроводах кабельной канализации.

На станции абонентские и соединительные линии разводятся в кросс и с помощью его оборудования соединяются со станцией.

Кросс выполняет следующие задачи:

- позволяет осуществлять подключение и коррекцию включения абонентских и соединительных линий к станционному оборудованию в произвольном порядке;
- обеспечивает электрическую защиту оборудования от опасных напряжений и токов, возникающих на линии из-за грозовых разрядов, влияния электрических железнодорожных линий, линий электропередачи, а также при контакте с электроосветительной сетью.

С помощью кроссовой коммутации имеется возможность увеличивать число линий в направлении к каждой станции. Например, возможна организация транзитов через кросс без коммутации через станцию (кроссовый транзит). Такая коммутация позволяет организовать дополнительные линии в нагруженных направлениях. Однако, современная связь требует более оперативной и обоснованной, с точки зрения ситуации на сети, коммутации. При аварийной ситуации или перегрузках направлений необходим максимально обоснованный выбор выключения каналов с одних направлений и подключения к другим. Поэтому на уровне кросса в современных системах (SDH, ATM) применяются более совершенные

методы кроссовой коммутации. Они обеспечивают быструю реакцию на состояние сети (выход из строя каналов и направлений) и могут быть поддержаны программным обеспечением для принятия решений. Принцип распределения абонентских и соединительных линий показан на рис. 3.10.

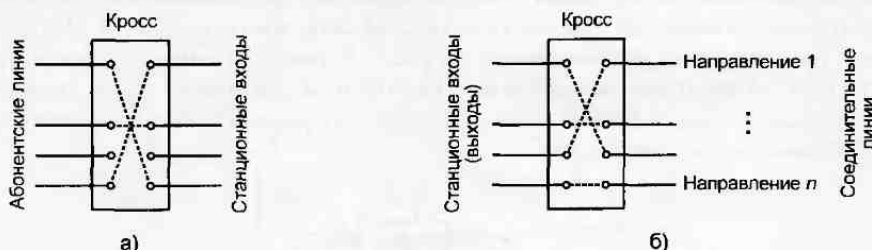


Рис. 3.10. Принцип закрепления абонентских (а) и соединительных (б) линий за входами (выходами) станции:
 - - - - - ручные кроссировки

При подключении линий с целью исключения помех и взаимных влияний, а также из-за различий в схемах защиты от высоких напряжений, абонентские линии и неуплотненные соединительные линии включаются в одни стойки кросса. Уплотненные линии включаются в другие стойки кросса.

3.4.2. Цифровые каналы и системы

Для обеспечения межстанционной связи широко используются цифровые каналы. Для этих целей используется аппаратура ИКМ-30, подробно рассмотренная в предыдущих главах. На узловых и других участках, где требуется большое число каналов, используются системы более высоких порядков (ИКМ-120, ИКМ-480).

При цифровом способе передачи, особенно в системах синхронной цифровой иерархии, широкое применение получила кольцевая структура сети. В простейшем виде эта структура представляет собой конфигурацию последовательно соединенных однонаправленных цифровых каналов, образующих замкнутую цепь — кольцо.

В каждом узле коммутации реализуются три функции:

- выделение блоков (временных интервалов), предназначенных для данного узла;
- транзитная передача блоков информации, предназначенных для других узлов;
- вставка информации, идущей от данного узла.

Такой принцип работы требует для выделения блоков и вставки информации перехода на самый нижний уровень цифровой иерархии (для Европейской системы уплотнения ИКМ-30). После чего возможно выделить или вставить информацию на данном узле.

При использовании синхронной цифровой иерархии возможна вставка и удаление отдельных блоков и виртуальных контейнеров. Такая система эффективна, поскольку имеется общий доступ всех узлов к общему ресурсу каналов. Она позволяет легко подключать новые узлы. Новый узел просто «врезается» в ближайшую точку кольца. В радиальной структуре это требует связи с центральными станциями.

Одним из достоинств такой структуры является возможность перераспределять пропускную способность системы, что превращает ее в распределенную систему передачи

и коммутации. В системе SDN это делается простым закреплением контейнеров за определенными узлами.

Недостаток простейшей кольцевой системы — ненадежность, поскольку выход из строя любого узла или любой линии может вывести ее из строя. Поэтому применяется резервирование (как минимум дублирование), которое порождает другие возможности построения сети. Вариант, обеспечивающий живучесть кольцевой сети показан на рис. 3.11. При выходе линии из строя (показано жирной линией на рис. 3.11) используются ресурсы второго кольца, работающего в обратном направлении. Для этого на каждом из узлов коммутации (УК), примыкающих к поврежденной линии, образуется обратный транзит. Таким образом сохраняется полностью связанная сеть.

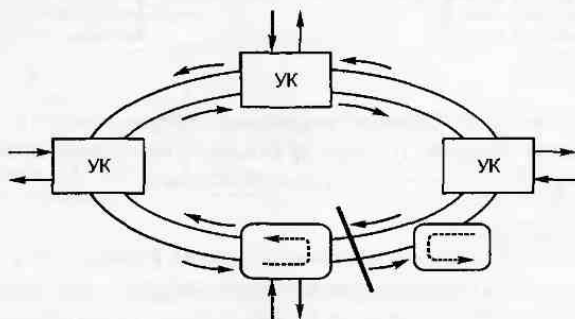


Рис. 3.11. Кольцевая структура с использованием обратного направления для обхода повреждения

Последствия выхода из строя узла сети минимизируются установкой оборудования и программного обеспечения, организующих его аварийный обход (рис. 3.12). В этом случае узел становится регенератором.

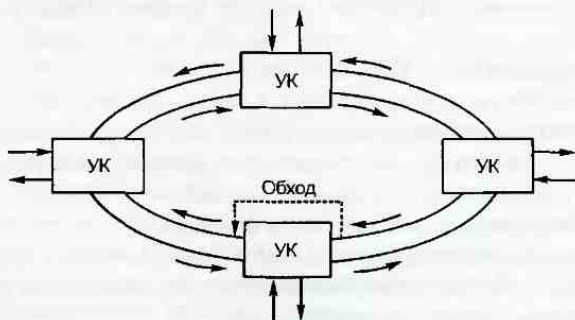


Рис. 3.12. Кольцевая структура с использованием обхода узла при его повреждении

3.4.3. Сети ATM

Общий принцип построения сети ATM приведен на рис. 3.13.

Она состоит из двух частей:

- магистральная часть;
- сеть доступа.

Магистральная часть предоставляет транспортные услуги и предназначена для высокоскоростной передачи информации с различными скоростями, технологиями образования информационного тракта и пульсирующей нагрузкой. На рис. 3.13 показаны основные скорости обмена — 622 или 155 Мбит/с. Указанные магистрали могут иметь значительно большие скорости, достигающие 30 Гбит/с.

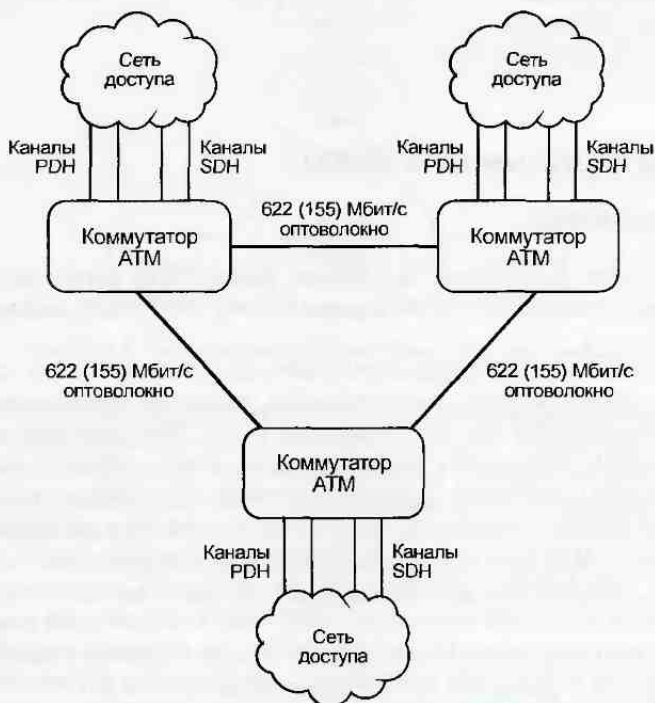


Рис. 3.13. Принцип построения сети ATM

На магистральном участке используются коммутаторы виртуальных путей и виртуальных каналов. Устанавливается оборудование, обеспечивающее интерфейсы с системами синхронной цифровой иерархии (SDH), например, оборудование подключения к транспортным модулям STM-1 (155 Мбит/с), STM-4 (622 Мбит/с), STM-16 (2488 Мбит/с).

Магистральный участок может содержать оборудование для подключения к системам PDH, например, для передачи по системам E-1 (2048 Мбит/с), E-3 (34 368 Мбит/с), E-4 (139,264 Мбит/с) и др.

Сеть доступа может включать в себя следующие узлы:

- устройства для связи с оконечными терминалами, например, видеоустройствами, мониторами и другим широкополосным оборудованием;
- мультиплексоры сетей ATM, позволяющие объединить различные виды трафика, включая потоки речевой информации, низкоскоростные и высокоскоростные данные, местные вычислительные сети; они не только концентрируют эти потоки, но и адаптируют их к форматам ATM;
- коммутаторы для создания сетей абонентского доступа (граничные коммутаторы);
- концентраторы для подключения различных источников к аппаратуре ATM.

К сетям абонентского доступа могут подключаться:

- телефонные сети общего пользования (через соединительные линии, цифровые каналы SDH и PDH);
- локальные вычислительные сети, построенные по шинному или кольцевому принципу (Ethernet или Token Ring);
- сети видеозображения;
- сети Интернет, X.25 и др.

3.5. Интеллектуальные сети связи

3.5.1. Общие положения

Интеллектуальные сети базируются на ресурсах телефонных сетей общего пользования и обеспечивают пользователя доступом и выполнением некоторого набора интеллектуальных услуг [22, 53].

Примером наиболее часто применяемых интеллектуальных услуг является «служба 800», развитая во многих странах и позволяющая, например, пользоваться телефонными картами с оплаченными услугами междугородной связи. При этом она дает возможность нескольким компаниям предложить междугородную связь. Абонент, набрав номер 800 (иногда перед номером требуется префикс, например 1) и цифры компании, указанной на карточке, может выйти на междугородную связь, иногда даже на определенного национального оператора. Такая услуга создала конкуренцию на этом рынке и резко понизила стоимость минуты телефонного разговора. Часто это служба используется для создания служб, оплачиваемых входящим абонентом. Например, компании, рекламирующие товары или услуги, могут получить номер (после набора 800), по которому они подробно отвечают на возникающие вопросы. При этом соединение осуществляется независимо от географического расположения исходящего абонента. Для удобства заказчика вместо цифр может использоваться набор букв, обозначающих имя компании (например, FORD). В общем виде можно сказать, что интеллектуальная сеть представляет собой надстройку или дальнейшее расширение сети общего пользования.

3.5.2. Принципы построения интеллектуальной сети

Архитектура платформы интеллектуальной сети представлена на рис. 3.14. Она содержит обычный телефонный узел, осуществляющий первоначальный прием номера и подключающий соединение к узлу управления услугами (как один из видов соединений). Платформа обеспечена дополнительным программным обеспечением, которое позволяет взаимодействовать с другими элементами интеллектуальной сети. Совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих подключение ТФОП к интеллектуальной сети, называется *узлом коммутации услуг (SSP, Service Switching Point)*.

Станции, подключающие абонентов к интеллектуальной сети, включены в обычную телефонную сеть. Однако направление к *узлам управления услугами (SCP, Service Control Point)* требует наличия ОКС с *подсистемой приложений интеллектуальной сети (INAP, Intelligent Network Application Part)*, предназначенной для передачи сигналов рассматриваемого типа сети. Подробнее с INAP можно ознакомиться по книгам [20, 22].

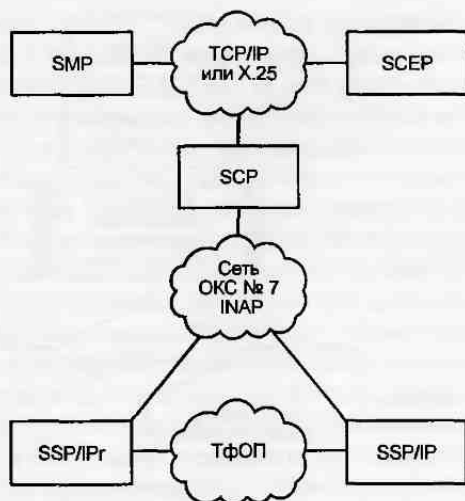


Рис. 3.14. Принцип построения Интеллектуальной сети

В обычную станцию могут быть включены приборы для реализации дополнительных функций типа *интеллектуальная периферия (IPr, Intelligent Peripheral)*, например, поддерживающие диалоги с абонентами. Это — приглашение к набору цифр, информация о стоимости услуги или величине кредита и т.п. Вся информация, дополнительно поступающая от абонента, представлена в многочастотном коде. В связи с этим аппараты абонентов должны быть оборудованы частотными номеронабирателями. Для подключения IPr к узлу SCP используются соединительные линии с сигнализацией, которая реализует протоколы DSS1 первичного доступа ISDN.

Узел управления услугами содержит программы, централизованно реализующие логику услуг. В зависимости от принятой информации он дистанционно с помощью канала сигнализации управляет SSP. Например, осуществляет переадресацию вызова на другой коммутационный узел и другие дополнительные коммутационные действия. Узел SSP после выполнения коммутационных действий приостанавливает свою работу до получения новых инструкций от SCP, вплоть до разъединения.

Система эксплуатационного управления (*SCEP, Service Creation Environment Point*) и среда создания услуг (*SMP, Service Management Point*) предоставляют оператору возможность управлять, контролировать, создавать, активизировать, отменять услуги.

3.5.3. Пример работы интеллектуальной сети и базовый процесс обслуживания

Рассмотрим пример работы интеллектуальной сети при реализации услуги «междугородное соединение по заранее оплаченной карте». Алгоритм этого процесса показан на рис. 3.15.

Услуга заключается в том, что абонент заранее закупает карту, при этом он оплачивает определенное количество минут. С помощью системы управления интеллектуальной сетью необходимо проверить правильность специального номера идентификатора карты, убедиться, что у абонента не исчерпан лимит, и указать маршрут соединения, поскольку соединение может проходить по отдельной сети, распространяющей эту карту.

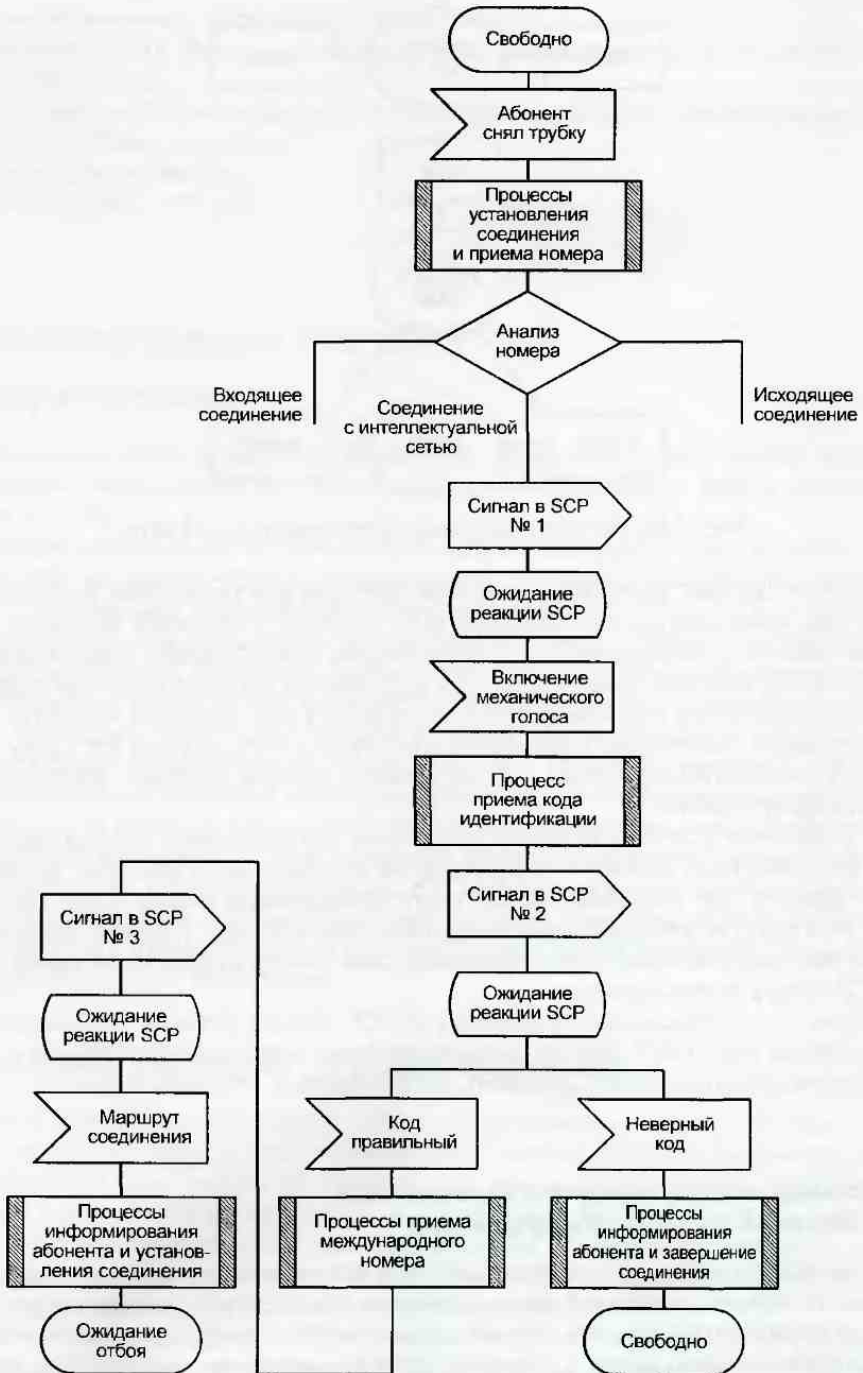


Рис. 3.15. Алгоритм реализации услуги «междугородное соединение по предварительно оплаченной карте»

Рассмотрим кратко этот процесс. После снятия абонентом трубки процесс идет обычным путем, рассмотренным в предыдущих разделах. После приема номера (или его части) определяется, что соединение требует выхода на узел управления услугами (SCP). Устанавливается соответствующее соединение и на SCP посылается сигнал, содержащий набранный номер. На станции (узле коммутации SSP) процесс приостанавливается. SCP, проведя анализ номера, дает команду в SSP для подключения интеллектуальной периферии. Далее узел коммутации SSP включает механический голос: «наберите код карты». Код карты принимается или транслируется через узел коммутации, после окончания приема выдается сигнал в SCP, и коммутационный узел снова приостанавливает работу в ожидании анализа кода.

От узла управления услугами может прийти один из двух сигналов (правильный или неправильный код). По неправильному коду узел коммутации информирует абонента с помощью интеллектуальной периферии (механический голос: «набранный код неправильный») и завершает соединение (возможно предоставить абоненту право на повторное число попыток). При правильном коде у SCP запрашивается информация о маршруте соединения (каналы могут принадлежать нескольким компаниям и поэтому должен быть указан точный маршрут, гарантирующий указанную на карте стоимость соединения).

Процесс разъединения не рассматривается. Хотя в нем может быть еще одно интеллектуальное действие — предоставление информации абоненту об оставшейся сумме денег.

Пример позволяет дать некоторые определения, используемые в общей модели обслуживания интеллектуального вызова. Модель использует следующие понятия:

Точки состояния вызова (PIC, Point In Call). Эти точки характеризуют состояние вызова («установление соединения», «разговор», «обмен данными» и т.д.).

Точки обнаружения обращений к услугам интеллектуальной сети (TDP, Trigger Detection Points), в русском языке используется термин «триггерные точки». Они, как видно из примера, приостанавливают процесс обслуживания вызова для обращения к логике услуг интеллектуальной сети. Это происходит по определенному критерию (например, по набранному абонентом префиксу или коду).

Важно отметить, что эксплуатационный персонал SSP может самостоятельно определять триггерные точки и назначать критерии.

Точки обнаружения событий (EDP, Event Detection Point). Такими событиями могут быть: занятость абонента, ответ, отбой. Информация об этих событиях используется сервисной логикой SCP.

Для изучения архитектуры, протоколов и интерфейсов интеллектуальных сетей связи можно обратиться к [22].

3.6. Сети подвижной связи

3.6.1. Состав и принципы построения

Существуют три основных вида наземных мобильных сетей:

Транкинговые сети [16, 64]. Они работают только в зоне радиопокрытия или в нескольких отдельных зонах, связанных сетью связи и не гарантирующих непрерывность связи во время движения.

Пейджинговые сети, обеспечивающие передачу короткой текстовой информации.

Сотовые сети, которые представляют собой наиболее мощную группу сетей как по охвату территории и объему передаваемой информации, так и по количеству оказываемых услуг [2, 4, 29, 71].

Сотовые сети разделяются по определенным стандартам, которые отличаются принципами каналообразования, сигнализации и управления.

Из широко известных систем можно назвать:

- NMT (Nordic Mobile Telephony) — система, работающая с применением аналогового уплотнения и частотным управляющим каналом.
- GSM (Global System for Mobile communications) — система, применяющая частотно-временное уплотнение, имеющая многоканальную систему сигнализации [2, 4, 29, 71].
- CDMA (Code Division Multiple Access) — система, передающая информацию с помощью особого типа числового кодирования [4].

Для Северной Америки характерно применение системы AMPS (Advance Mobile Phone System) и D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System). Они представляют собой американские варианты аналоговых и цифровых систем связи для подвижных объектов.

Подвижные сети связи опираются на общедоступную телефонную сеть, но в то же время требуют усовершенствования оборудования станций для отслеживания передвижения объектов. В простейшем случае сеть подвижных объектов (рис. 3.16) начинается с установки антенны и организации радиоканала, заменяющего абоненту проводную абонентскую линию.

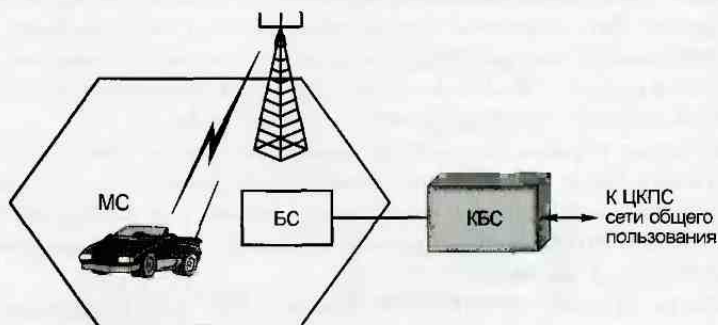


Рис. 3.16. Принцип построения одной соты

Все абонентские радиолинии могут использоваться всеми абонентами, находящимися в данной зоне. Как говорилось, укрупнение пучка увеличивает его использование.

Абонент имеет трубку, которая представляет собой мобильную радиостанцию, далее — мобильную станцию (МС). Она соединяется по радиоканалу с базовой приемопередающей станцией (БС), представляющей собой радиоаппаратуру, необходимую для обслуживания одной соты. Контроллер базовых станций (КБС) может обслуживать несколько БС. В его функции входит несколько логических задач, в частности, поиск канала по заявке абонента и управление подключением абонента к этому каналу, слежение за качеством передачи — регулировка мощности и определение момента, когда абонент покидает зону обслуживания. В этот момент уровень принимаемого сигнала падает ниже заданного порога. Задача контроллера — найти БС с нормальным уровнем сигнала и переключить подвижный объект на этот канал. В случае, если такой БС нет, то КБС должен выработать сигнал для передачи соединения другому контроллеру.

Контроллеры подключаются к центрам коммутации подвижной связи (ЦКПС). Эти центры представляют собой коммутационные станции, оснащенные оборудованием и программным обеспечением для выполнения задач связи с подвижным объектом.

Требования к сотовой системе связи заключаются в следующем:

- максимальное число радиоканалов;
- максимальная зона радиопокрытия.

Эти требования противоречивы, поскольку максимальное число каналов образуется в ультракоротком диапазоне. В то же время в этом диапазоне увеличивается затухание и уменьшается расстояние, на которое возможна радиопередача. Поэтому подвижные сети связи строятся на так называемом принципе повторного использования радиочастот [46, 91], который заключается в том, что выделенный для сотовой связи диапазон радиочастот разбивается на несколько частей, и в различных сотах используются несовпадающие радиочастоты. Повторно эти частоты используются только в сотах, отстоящих хотя бы на одну соту от соты, использующей ту же частоту. Такое разбиение называется частотным радиопланом. На рис. 3.17, а показан один из возможных частотных радиопланов 3/9. Весь диапазон частот, который может быть использован базовой станцией, разбивается на три группы — А, В, С. Сеть разбивается на соты, скомпонованные в группы по три соты, содержащие различные частоты (кластеры).

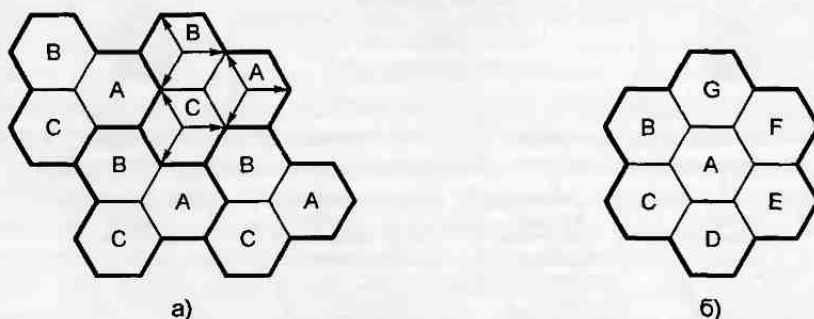


Рис. 3.17. Принцип повторного использования частот

В центре каждой радиозоны устанавливаются антенны, направленные под углом 120° по отношению к друг другу. Таким образом все возможные частоты распределяются по группам по три направления в каждой. Внутри кластера не допустимо повторное использование частот.

Возможен и другой частотный радиоплан, например, при разбиении частотного диапазона на 7 групп, в каждой из которых устанавливаются указанные выше антенны — план 7/21 (рис. 3.17, б).

3.6.2. Структура сети коммутации

При наличии указанного плана все станции включаются в мобильную телефонную сеть, как это показано на рис. 3.18. Нижний уровень подключения подвижных объектов был рассмотрен при описании одной соты (см. рис. 3.16). Контроллер базовой станции подключается далее к ЦКПС. Он является основным элементом сети, на котором размещается оборудование, следящее за местоположением подвижных станций, фиксирующее номера подвижных абонентов. ЦКПС представляет собой коммутационную станцию, оснащенную оборудованием и программным обеспечением для выполнения задач связи с подвижным объектом. Он выполняет все функции по установлению соединений и сопряжению объектов подвиж-

ной сети с оборудованием и услугами фиксированной сети, обеспечивая маршрутизацию и переключение рабочих каналов в процессе перемещения абонентов из соты в соту в пределах групп базового оборудования, закрепленных за ним. Он обеспечивает взаимодействие при переходе абонента в соту, управляемую другим ЦКПС, постоянно следит и при необходимости обновляет данные о местоположении подвижного объекта, используя размещенные на нем специальные устройства.



Рис. 3.18. Принцип построения сотовой мобильной сети:

УАК — узел автоматической коммутации; УИС и УВС — узлы исходящей и входящей связи

Первое из таких устройств — домашний регистр местоположения (Home Local Register, HLR). Регистр содержит базу данных сети связи, в которой хранится информация о зарегистрированных абонентах. Поскольку все вызовы первоначально поступают на ЦКПС, за которым «закреплен» подвижный абонент, на этом ЦКПС должна быть область памяти (база данных), принадлежащая данному абонентскому номеру, в которой хранится информация о текущем местоположении. В общем случае это информация о всех зарегистрированных абонентах. Также необходимо оборудование и программы, позволяющие принять данные об обновлении этого местоположения.

Там же содержится международный идентификационный номер мобильного абонента (IMSI, International Mobile Subscriber Identity), позволяющий опознавать мобильную станцию в центре аутентификации (AuC, Authentication Center). Этот номер хранится обычно в блоке идентификации абонента (SIM, Subscriber Identification Module), включает в себя код страны — 3 цифры (MCC, Mobile Country Code), код мобильной сети оператора — 2 цифры (MNC, Mobile Network Code) и код идентификации абонента — 10 цифр (MSIN, Mobile Subscriber Identification Number). К данным, хранящимся в домашнем регистре, име-

ют дистанционный доступ все ЦКПС и визитные регистры сети. Доступ к базе данных абонентов домашнего регистра осуществляется по IMSI или международному ISDN-номеру мобильной станции (MSISDN, Mobile Station International ISDN Number).

Второе устройство — визитный регистр местоположения (VLR, Visit Local Register), содержащий базу данных, в которой фиксируются подвижные станции, находящиеся в зоне обслуживания данного ЦКПС, но не закрепленные первоначально за данной зоной. Поэтому при появлении в «чужой» зоне подвижный объект регистрируется в VLR, затем посылается информация об обновлении местоположения в HLR. Станция визита устанавливает соединение с данным абонентом только при наличии подтверждения о регистрации в HLR. Информация о «чужом» абоненте хранится временно, пока абонент зарегистрирован в конкретной географической зоне, где он находится.

Визитный регистр присваивает абоненту мобильной станции временный роуминговый номер и передает его в ЦКПС, который осуществляет маршрутизацию этого вызова к базовым станциям, расположенным вблизи мобильного абонента.

ЦКПС содержит также технические средства для проверки законности используемого оборудования — регистр идентификации (EIR, Equipment Identification Register) и AUC.

EIR — это база данных, которая фиксирует номер используемого оборудования, поступающий от подвижной станции, и определяет законность его использования (например, в случае хищения или других несанкционированных действий). Для этого обычно формируются три списка идентификационных номеров мобильных станций: белый, черный и серый. В белом списке хранятся номера подвижных станций, зарегистрированных на текущий момент. В черный список включены номера украденных станций или тех абонентов, которым отказано в обслуживании. В серый список заносятся номера, у которых есть проблемы с регистрацией, но они еще не перенесены в черный список.

AUC — это совокупность аппаратных и программных средств, с помощью которых устанавливается принадлежность пользователей к данной системе подвижной связи и обеспечивается защита от несанкционированного доступа. Для абонента предоставляется возможность вводить пароли на использование трубки или они могут быть назначены сетью, что ограничивает число лиц, имеющих право пользования связью.

В дальнейшем ЦКПС включается в проводную телефонную сеть через региональные узлы входящего или исходящего сообщения, АМТС или УАК. Все эти станции должны быть оборудованы ОКС с соответствующими подсистемами обмена прикладного уровня (MAP, Mobile Application Part) и подсистемами обмена сигналами смены местоположения.

3.6.3. Процесс обслуживания вызова

Регистрация пользователя

При включении абонентом трубки он может находиться в любом месте сети. Поэтому при включении необходимо зарегистрировать его местоположение. Первоначально подвижная станция по управляющему каналу передает свой номер. (Все сигналы передаются по управляющему каналу, поэтому в дальнейшем это не оговаривается.) Этот сигнал передается в ЦКПС, который определяет, принадлежит ли этот номер к группе «домашних». Если принадлежит, то принимается и проверяется на «легальность» номер мобильной станции. Далее, если предусмотрено алгоритмом, запрашивается и проверяется код аутентификации. Если он также совпадает, то в HLR фиксируется принадлежность абонента данной станции. Если этот номер мобильной станции не принадлежит данному ЦКПС и отсутствует как зарегистрированный в регистре визита, то он записывается в него и далее по сети каналов сигнали-

зации передается на домашнюю станцию. Там этот номер записывается в HLR вместе с кодом станции, приславшей его. Далее проверяется легальность мобильной станции, после чего передается сигнал подтверждения окончания регистрации.

При отключении подвижной станции, что определяется отсутствием периодического сигнала, подтверждающего включение абонента, на домашний ЦКПС передается сигнал об отключении с номером абонента. Тогда информация о его местоположении заменяется отметкой «выключен из обслуживания».

Исходящее соединение

При подъеме абонентом трубки, как уже упоминалось, КБС отыскивает свободный канал и передает его номер подвижной станции; одновременно КБС устанавливает соединение к ЦКПС. После этого абонент получает зуммер готовности. Далее в зависимости от набранного номера соединение устанавливается с региональным узлом (наиболее вероятный случай) или внутри ЦКПС (если подвижные объекты закреплены за одной домашней станцией). Соединение устанавливается обычным способом, как уже рассматривалось в предыдущих разделах. Отметим, что при маршрутизации необходимо выбирать пучки линий, применяющие сигнализацию по ОКС.

Входящее соединение

Все входящие соединения поступают на домашнюю станцию, за которой закреплен абонент. В домашнем регистре определяется его местоположение. Если он находится в пределах данного ЦКПС, то в случае свободы абонента, что зафиксировано в памяти управляющего устройства ЦКПС, определяется контроллер базовых станций. Далее с помощью базовых станций по радиопути передается циркулярный (т.е. всем станциям) сигнал, содержащий признак входящей связи и номер мобильной станции (абонента). Если МС приняла этот номер, она отвечает сигналом «занятие». С помощью ЦКПС ей предоставляется канал, как при исходящей связи.

Блуждание (роуминг)

Термин «роуминг» образован от английского слова *roaming*, что означает блуждание, бродяжничество. Мы будем использовать термин «блуждание».

Необходимость в роуминге возникает каждый раз, когда абонент изменяет свое местоположение и перемещается из домашней сети (где он зарегистрирован постоянно) в аналогичную сеть, принадлежащую другому оператору. При этом соединение не установлено.

При первом вхождении в связь в другом географическом районе происходит первичная регистрация абонента, при которой информация о нем извлекается из домашнего и автоматически переносится в визитный регистр. После процедуры аутентификации, которая проводится на домашней станции, абонент регистрируется визитным регистром и получает возможность работать в новом географическом регионе. Этот процесс осуществляется по сигнальным каналам путем обмена информацией между HLR и VLR.

Имеется много возможностей и вариантов обеспечения непрерывности связи с абонентом при смене его местоположения.

Передача соединения (хендовер)

Английский термин *handover* переводится как передача (управления, контроля над чем-либо). Он подразумевает передачу объекта, у которого уже установлено соединение. Эта

процедура обеспечивает переключение мобильной станции с одной базовой станции на другую или переход на другой частотный канал той же станции. Такое переключение происходит непрерывно без обрыва установленного соединения при смене местоположения объекта и без повторного набора номера. При передаче соединения процедуры обновления тесно связаны с переустановлением соединения. Имеется два вида хэндовера — жесткий и мягкий. Жесткий сопровождается временным ухудшением связи в момент переключения. Мягкий хэндовер происходит без потери качества.

Момент перехода абонента из одной зоны радиоприема в другую определяется базовой станцией с помощью измерения отношения сигнал/шум. ЦКПС по управляющему каналу выдает команду, и текущая базовая станция передает сигнал по управляющему каналу. Все ближайшие базовые станции начинают измерять уровень сигнала, передаваемого по этому каналу. ЦКПС использует эту информацию для выбора соты с лучшим сигналом, на которую следует переключиться. При этом необходимо переустановить соединение, пока абонент находится в зоне приема двух сот (старой и новой). Текущая зона обращается к домашнему регистру. Домашний регистр определяет новую станцию текущего визита, в ней (в регистре визита) записываются данные о новом абоненте и одновременно ей пересылается информация о необходимости переустановления соединения. Если соединение начиналось не на домашней станции, то информация о новом местоположении передается на исходящую домашнюю станцию, которая переустанавливает соединение.

Для выполнения сложных алгоритмов маршрутизации и других сложных действий в современных системах подвижной связи для сигнализации используется особая система построения логических каналов. Между подвижной станцией и новой базовой станцией подготавливается другой путь. После чего происходит безобрывное переключение и освобождение старой линии.

3.7. Сеть Интернет

В настоящей главе кратко рассмотрены основные протоколы, используемые в сети Интернет, принципы построения сети и ее аппаратная реализация, основы маршрутизации [87].

3.7.1. Сетевые протоколы управления передачей

Набор протоколов TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) был разработан по модели OSI. Соответствие моделей стека протоколов TCP/IP и OSI отражено на рис. 3.19. Он использует для передачи протоколы двух нижних уровней — физического и передачи данных. Три верхних уровня (прикладной, представительский и сеансовый) модели OSI представлены в TCP/IP *прикладным уровнем протоколов TCP/IP*.

TCP/IP — *иерархический протокол*, состоящий из модулей, каждый из которых обеспечивает заданные функциональные возможности. Эти модули не обязательно взаимозависимы. Модель OSI определяет, какие функции принадлежат каждому из ее уровней. Термин *иерархический* означает, что каждый протокол верхнего уровня поддерживается соответственно одним или более протоколами нижнего уровня.

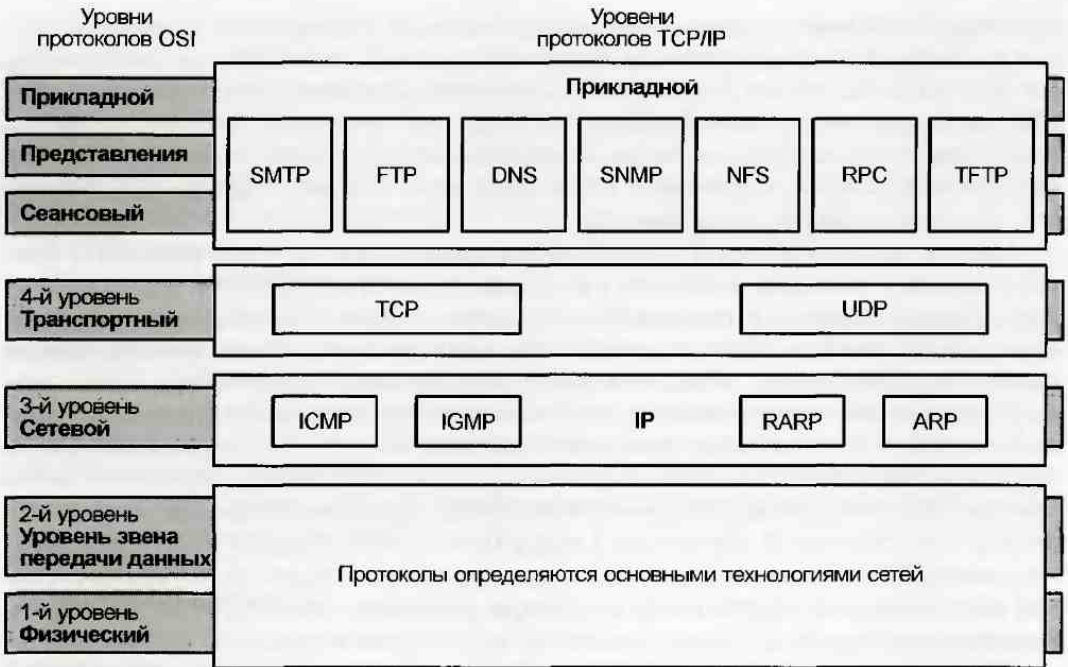


Рис. 3.19. Модель протоколов TCP/IP и OSI

Физический уровень и уровень звена передачи данных

На физическом уровне и уровне звена передачи данных TCP/IP не дает определения ни одному протоколу. Он поддерживает все стандартные и частные протоколы, которые определяются технологиями сетей на этом уровне (PDH, SDH, ATM и другими).

Сетевой уровень

На сетевом уровне (более точно, межсетевой уровень) TCP/IP поддерживает протокол межсетевого взаимодействия, который, в свою очередь, содержит четыре протокола: ARP — Address Resolution Protocol (протокол определения адреса), RARP — Reverse Address Resolution Protocol (обратный протокол определения адреса), ICMP — Internet Control Message Protocol (протокол управляющих сообщений в Интернете) и IGMP — Internet Group Message Protocol (протокол управления группами в Интернете).

Протокол межсетевого взаимодействия (IP)

Протокол межсетевого взаимодействия (IP) — механизм передачи, используемый протоколами TCP. Это ненадежная служба доставки дейтаграммы без установления соединения, но «с максимальными усилиями». Термин «с максимальными усилиями» означает, что он делает все возможное, чтобы передать информацию к ее пункту назначения, но IP не обеспечивает никакой проверки ошибок или их отслеживания. Он предполагает ненадежность основных уровней без гарантий требуемого уровня сервиса.

IP передает данные в пакетах, называемых *дейтаграммами*, каждая из которых транспортируется отдельно. *Дейтаграммы* могут перемещаться по различным маршрутам и при-

быть не в исходной последовательности или могут быть дублированы при прохождении по сети. IP не сохраняет копию маршрутов и не имеет никаких средств для того, чтобы перепорядочить дейтаграммы как только они достигают пункта назначения.

Ограниченные функциональные возможности IP, однако, нельзя считать слабостью. IP обеспечивает «чистые» функции передачи, которые не зависят от особенностей пользователя. Он предполагает, что на других уровнях существуют средства, которые необходимы для данного приложения.

Протокол определения адреса (ARP) связывает IP-адрес с физическим адресом. В физической сети каждое устройство на линии связи идентифицировано физическим адресом или адресом станции, обычно закрепленным в сетевой карте интерфейса NIC (Network Interface Card). ARP позволяет найти физический адрес узла, когда известен его адрес в сети Интернет.

Обратный протокол определения адреса (RARP), или протокол определения сетевого адреса по местоположению, позволяет хосту^{*} определять адрес в Интернете, когда он знает только физический адрес. Этот протокол используется, когда компьютер связывается с сетью впервые или когда компьютер загружается из сети.

Протокол управляющих сообщений в Интернете (ICMP) — механизм, используемый хостами и шлюзами для обмена маршрутной информацией; используется чтобы передать извещение о дейтаграммных проблемах источнику сообщения.

Протокол управления группами (пользователей) в Интернете (IGMP) — обслуживает одновременную передачу сообщения к группе получателей.

Транспортный уровень

На транспортном уровне TCP/IP определяет два протокола: протокол управления передачей (TCP) и протокол пользовательских дейтаграмм (UDP). UDP и TCP — *транспортные протоколы уровня*, которые отвечают за доставку сообщения от процесса (функционирующей программы) к другому процессу.

Протокол пользовательских дейтаграмм (UDP, User Datagram Protocol) наиболее простой из двух стандартных транспортных протоколов TCP/IP. Он выполняет функции передачи между прикладными уровнями рабочих станций по адресу порта, определяет ошибки по контрольной сумме, передает информацию верхним уровням.

Протокол управления передачей (TCP, Transmission Control Protocol) обеспечивает полный набор услуг транспортного уровня для приложений. TCP — транспортный протокол потока, ориентированный на дуплексный режим связи с установлением логического соединения. В этом контексте термин «поток» означает передачу данных, рассчитанную на то, что соединение должно быть установлено между обоими концами передачи прежде, чем начнется передача данных. При каждой передаче TCP делит поток данных на модули, называемые *сегментами*. Каждый сегмент включает порядковый номер для того, чтобы можно было упорядочить информацию после приема. Сегменты переносятся через сеть в дейтаграммах IP. По окончании передачи TCP собирает дейтаграммы и переупорядочивает их, основываясь на порядковых номерах.

Прикладной уровень TCP/IP

Этот уровень эквивалентен совокупности сеансового, представительского, и прикладного уровней в модели OSI (см. рис. 3.19). Он включает ряд протоколов.

* Хост — окончательный узел отправителя и получателя информации в сети передачи данных.

SMTP (Simple Mail Transport Protocol) — *простой почтовый протокол*. Он поддерживает передачу почтовых сообщений по сети Интернет. Протокол называется простым, поскольку поддерживает передачу информации пользователям, готовым к немедленной доставке. Передача осуществляется 7-битовыми словами, что требует наличия программ перехода от общепринятого формата 8-разрядных слов.

Протокол поддерживает:

- посылку одиночных сообщений одному или более получателям;
- посылку сообщений, включающих в себя текст, голосовые сообщения, видео- или графические материалы.

FTP (File Transfer Protocol) — *протокол передачи файлов*. Используется для передачи файлов от одного компьютера к другому. Обеспечивает просмотр каталогов удаленного компьютера, копирование, удаление и пересылку файлов. FTP отличается от других протоколов тем, что устанавливает два соединения между хостами. Одно используется для передачи информации, а другое — для управления передачей.

DNS (Domain Name System) — *служба доменных имен*. Она осуществляет присвоение уникальных имен всем пользователям и узлам сети Интернет и устанавливает логическую связь с их сетевыми адресами. Доменное имя представляется иерархической структурой имеющей несколько уровней. Типовые имена доменов верхнего уровня закреплены:

- .com — коммерческие организации;
- .gov — правительственные учреждения;
- .org — некоммерческие организации;
- .net — центры поддержки сети;
- .int — международные организации
- .mil — военные структуры.

SNMP (Simple Network Management Protocol) — *простой протокол управления сетью*. Он обеспечивает набор фундаментальных действий по наблюдению и обслуживанию сети. Протокол разработан так, чтобы контролировать устройства различных производителей, установленные в сетях различной физической структуры. Другими словами, SNMP освобождает задачи управления от физических характеристик управляемых устройств и от основной технологии построения сети.

NFS (Network File System) — *сетевая файловая система*. Это один из многих протоколов (например, на рис. 3.19 показан еще один протокол *RPC (Remote Procedure Call, вызов удаленной процедуры)*), который обеспечивает использование файлов, содержащих процедуры управления, и периферии в другом компьютере.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) — *простейший протокол передачи файлов*. Используется в простых случаях при начальной загрузке рабочих станций или маршрутизаторов, не имеющих внешней памяти.

3.7.2. Устройства связи сети Интернет

Сеть Интернет сегодня состоит из совокупности локальных (LAN — Local Area Network) и территориально-распределенных (WAN — Wide Area Network) сетей [88, 89].

Локальная вычислительная сеть (LAN) — система связи и обмена данными, которая позволяет множеству независимых устройств связываться друг с другом в ограниченной географической области, таких как один отдел, отдельное здание или университетский городок. Большая организация, возможно, нуждается в подключении к нескольким LAN.

Локальная сеть позволяет объединить между собой рабочие места пользователей и периферийную среду, работающую под управлением единой сетевой операционной системы. Короткие расстояния позволяют достичь высокоскоростной передачи данных. Например, существуют и широко используются стандарты передачи со скоростью 100 Мбайт/с и более для скрученной пары, волоконно-оптического кабеля и четырехпроводной линии.

В настоящее время наиболее распространены сети:

- с шинной структурой типа Ethernet;
- с маркерным доступом;
- АТМ-сети;
- беспроводные сети.

Сети с шинной структурой основаны на методе доступа CSMA/CD стандарта IEEE 802.3, который определяет множественный доступ с контролем несущей и разрешением конфликтов. (CSMA/CD — Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.)

Основная проблема доступа к локальной сети заключается в разрешении конфликтов при доступе к ресурсам передающей среды. По какому бы принципу не была построена локальная сеть, логически среда (канал) разделена для использования между станциями и одновременно она может использоваться только одной станцией.

Метод CSMA/CD рассматривает конфликтную ситуацию, когда кадры двух или более станций сталкиваются друг с другом при передаче по физической линии связи. CSMA/CD разработан для решения этой проблемы согласно следующим принципам:

- каждая станция имеет равное право на среду обмена (коллективный доступ);
- каждая станция, имеющая кадр для того, чтобы передать его, сначала анализирует состояние среды обмена: если в среде нет данных, станция может начать передачу;
- если две станции, следящие за средой, находят, что она не занята, и начинают посылать данные, то возникает конфликт, разрешаемый согласно протоколу, который предписывает, что станция продолжает следить за линией после того, как передача началась; если возникает конфликт, то станции обнаруживают его, каждая передающая станция передает сигнал сбоя в работе для того, чтобы уничтожить данные, поступившие в линию, и после этого ждет случайное время до новой попытки передачи.

Кольцевая сеть с маркерным доступом реализует протокол, определенный в стандарте IEEE 802.5. Она использует метод доступа с передачей маркера. Всякий раз, когда сеть свободна, циркулирует сигнал маркера, состоящий из нескольких байтов. Этот маркер передается от станции к станции, пока он не попадет на станцию, имеющую данные для передачи. Станция сохраняет маркер и посылает кадр данных. Этот кадр данных передается по кольцу, регенерируется каждой станцией. Каждая станция проверяет адрес пункта назначения, указанный в кадре, находит, что кадр адресован другой станции и ретранслирует его своим соседям. Получатель, которому адресована информация, распознает свой собственный адрес, копирует сообщение, проверяет ошибки и заменяет несколько битов в последнем байте кадра для того, чтобы показать, что адрес распознан и кадр скопирован.

Территориально-распределенные сети (WAN) не имеют единой сетевой архитектуры. Такие сети создаются большими телекоммуникационными компаниями и обеспечивают передачу разнотипного трафика (телефон, факс, данные, видео, мультимедиа). Фактически под сетью WAN понимают совокупность аппаратно-программных средств, переносящих данные из одной локальной сети к другой.

В этом разделе рассматриваются пять видов устройств, используемых для построения LAN и WAN: *повторители, концентраторы, мосты, маршрутизаторы и коммутаторы.*

Повторители и концентраторы работают на физическом уровне. *Мосты* работают на физическом и уровне звена передачи данных. *Маршрутизаторы* работают на первых трех

уровнях (физическом, звена передачи данных и сетевом). В сетях большого масштаба применяются многозвенные коммутаторы.

Повторитель (репитер)

Повторитель — устройство, которое работает на физическом уровне. Сигналы, которые переносят информацию в пределах сети, могут пройти фиксированное расстояние до того момента, когда затухание сигнала будет угрожать достоверности данных. Повторитель получает сигнал, и прежде, чем он становится слишком слабым или искаженным, восстанавливает его первоначальный вид. Затем он передает регенерированный сигнал, что позволяет увеличить физическую длину, на которую может быть передан сигнал, как это показано на рис. 3.20.

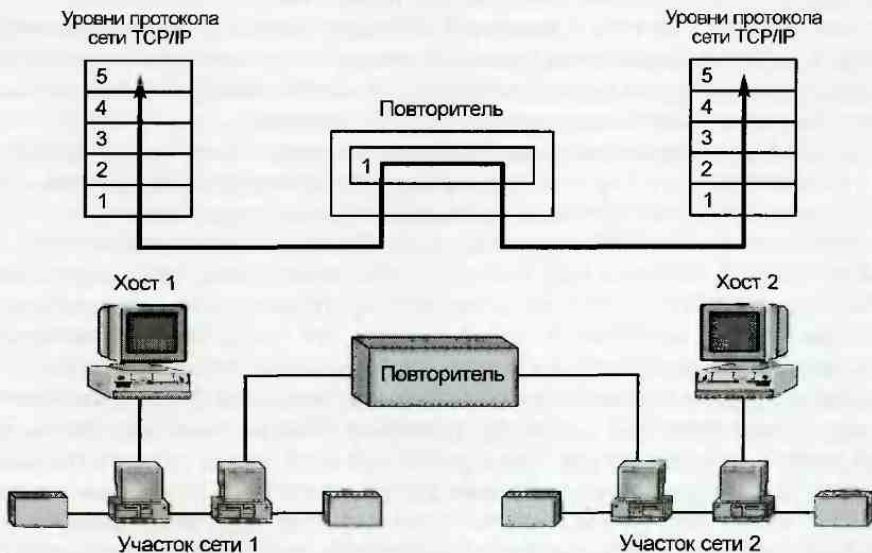


Рис. 3.20. Повторитель

Повторитель может преодолеть ограничение длины участка локальной сети, для которого обычно длина кабеля ограничена 500 метрами. Следует обратить внимание на то, что, образовавшаяся сеть все еще считают одной локальной сетью, а часть сети, отделенную повторителями, называют *сегментом сети*. Повторитель действует как узел с двумя портами. При получении пакета по любому из портов он восстанавливает и передает его далее к другому порту, не выполняя *фильтрации*, о которой будет сказано ниже.

Концентраторы

В коммутационной сети *концентратор* — это устройство, в котором количество входящих линий превышает количество исходящих. В оптоволоконных сетях концентратор — фактически многовходовой повторитель, к которому может быть подключено несколько рабочих станций или других концентраторов. Они обычно используются для создания соединений между станциями с топологией типа «звезда» или «дерево» (рис. 3.21).



Рис. 3.21. Древоподобная организация сети с концентраторами

Использование концентраторов в древоподобных структурах устраняет ограничение длины. Следует учитывать, что речь идет о физической структуре. При этом сохраняется логическая связь «каждый с каждым».

Мосты

Мост выполняет функции физического уровня и уровня звена передачи данных. Как устройство физического уровня он восстанавливает принятый сигнал. Как устройство, выполняющее функции уровня звена передачи данных, мост проверяет физические адреса (источник и пункт назначения), содержащиеся в пакете.

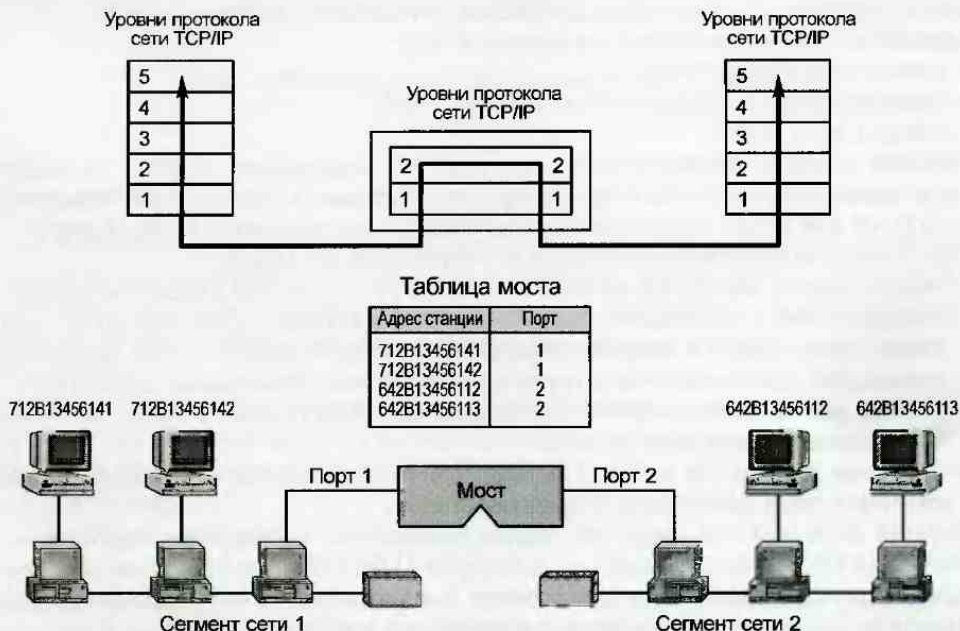


Рис. 3.22. Мост в двухсегментной сети

Мост, подобно повторителю, не имеет физического адреса. Разница в функциональных возможностях между мостом и повторителем состоит в том, что мост имеет возможность *фильтрации*. Он проверяет адрес получателя пакета и решает, должен ли пакет быть принят

и отправлен получателю. Если «да», то решается из какого порта отправляется пакет, что выполняется с помощью таблицы соответствия адресов и номеров портов.

Рассмотрим пример. На рис. 3.22, локальная сеть разделена на два сегмента, отделенные мостом. Если пакет, предназначенный для станции 712В13456141 (или 712В13456142), достигает порта 1, мост запрашивает свою таблицу, чтобы найти отправляющий порт. Согласно его таблице, пакеты для 712В13456141 уходят через порт 1. Поэтому, нет никакой потребности в установлении соединения; пакет отбрасывается. С другой стороны, если пакет для 712В13456141 прибывает от порта 2, отправляющим портом (см. таблицу на рис. 3.22), снова, является порт 1, и пакет отправляется. В первом случае сегмент сети 2 не используется соединением; во втором случае оба сегмента сети занимают соединением. В примере показан мост с двумя портами, в действительности мост может иметь несколько портов. Все сегменты, подключенные к мосту, — части одной локальной сети.

Следует обратить внимание также на то, что мост не изменяет физические адреса, содержащиеся в пакете.

Маршрутизаторы

Маршрутизатор — устройство, которое работает на трех уровнях: физическом, уровне звена передачи данных и сетевом. Как устройство физического уровня он восстанавливает принимаемый сигнал. Как устройство уровня звена передачи данных маршрутизатор проверяет физические адреса (источник и пункт назначения), содержащиеся в пакете. Как устройство сетевого уровня маршрутизатор проверяет адреса сетевого уровня (адреса на уровне IP). Маршрутизатор содержит собственную маршрутную таблицу, на основании которой и данных, содержащихся в заголовке сообщения, осуществляет выбор маршрута.

Маршрутизатор устанавливает соединения между:

- локальными сетями (LAN);
- территориально-распределенными сетями (WAN);
- между LAN и WAN.

Другими словами, маршрутизатор — устройство межсетевого обмена. Он соединяет вместе независимые сети, чтобы сформировать сеть Интернет. Согласно этому определению, две сети (LAN или WAN), соединяемые маршрутизатором, становятся сетью Интернет.

Три главных отличия маршрутизатора от повторителя или моста:

- маршрутизатор имеет *физический и логический (IP) адреса* для каждого из портов;
- маршрутизатор воспринимает только те пакеты, в которых адрес получателя соответствует адресу порта в маршрутизаторе, на который пакет прибывает; это свойство также справедливо для одноадресных, групповых или широковещательных сообщений;
- маршрутизатор изменяет физические адреса пакета (источника и пункта назначения), когда передает пакет далее по сети.

Рассмотрим пример. На рис. 3.23 показан простейший случай, когда сеть состоит из двух локальных сетей, разделенных маршрутизатором.

Верхняя локальная сеть имеет два участка, разделенные мостом. Оба участка сети, рассматриваются как единая локальная сеть с номером 712В134561141. Маршрутизатор изменяет поле адреса источника и получателя пакета в зависимости от направления соединения. Предположим, что пакет перемещается из верхней сети (рис. 3.23) в нижнюю. В этом случае его исходный адрес — это адрес передающей станции 712В134561141; адрес получателя — это адрес маршрутизатора сети 712В134561141. Когда тот же самый пакет переходит во вторую локальную сеть (нижнюю), проходя маршрутизатор, тот меняет адреса. Адрес источника — это адрес маршрутизатора сети 542В134567, адрес получателя пакета — адрес конечного пункта назначения сети 542В134567.

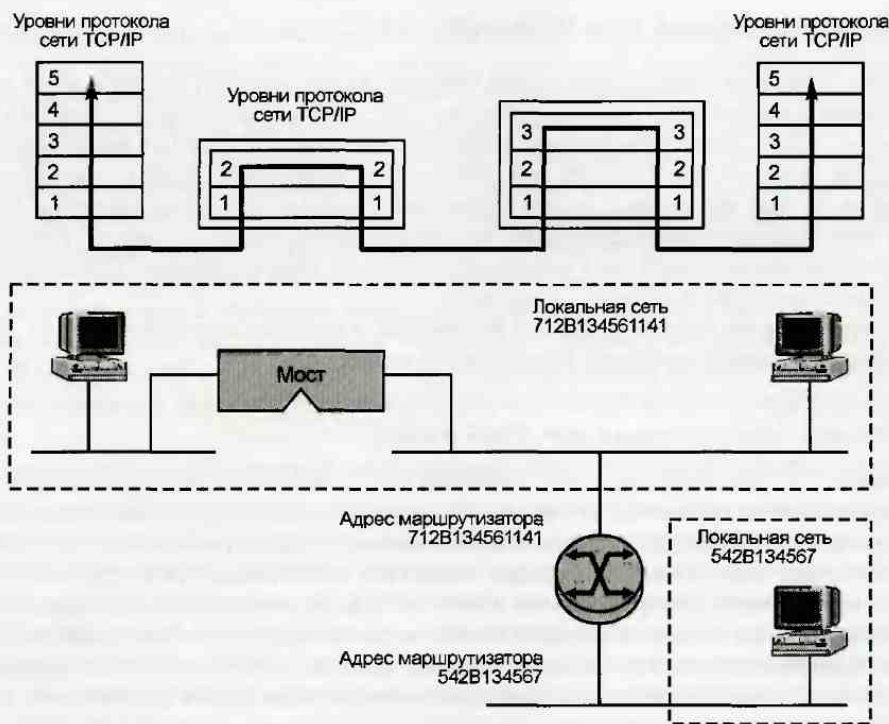


Рис. 3.23. Маршрутизатор, объединяющий две LAN

Коммутаторы

Под термином *коммутация* в системе передачи данных понимают передачу пакетов от входящего логического канала к исходящему логическому каналу, требующую выбора нужного логического канала из множества исходящих. *Коммутаторы* в сетях передачи данных отличаются от коммутаторов телефонных сетей тем, что они должны удовлетворять двум требованиям:

- более высокая скорость коммутации, чем в телефонных сетях;
- стохастический (случайный) характер поступающих потоков.

При этом коммутаторы осуществляют:

- коммутацию;
- мультиплексирование;
- демультимплексирование.

Для коммутации в больших системах применяются многокаскадные (многозвенные) схемы коммутации (*switching fabric*), где поступающий на вход поток данных расходится по нескольким путям. При этом всегда имеется несколько путей между одной и той же парой вход-выход.

Применяемые коммутаторы строятся на различных принципах (матричные, баньяновидные). Для детального рассмотрения принципов построения коммутаторов можно рекомендовать книгу [62].

3.7.3. Маршрутизация в сети Интернет

Интернет — слишком широкомасштабная система, чтобы управляться как единая сеть. По этой причине Интернет разбивается на автономные системы. *Автономная система (Autonomous System, AS)* — совокупность сетей и маршрутизаторов, управляемая программой-администратором, которая осуществляет все действия по управлению этой частью сети. Маршрутизация внутри автономной системы отнесена к *внутренней маршрутизации*. Маршрутизация между автономными системами является *внешней маршрутизацией*. Каждая автономная система может иметь свой протокол внутренней маршрутизации. Для внешней маршрутизации используется единый протокол.

В Интернет используется несколько внутренних и внешних протоколов. Ниже рассмотрены некоторые наиболее широко используемые из них.

Протоколы маршрутизации (RIP, OSPF и BGP)

Интернет — совокупность сетей, соединяемых с помощью маршрутизаторов. Когда дейтаграмма идет от источника к пункту назначения, она может пройти много маршрутизаторов пока достигает маршрутизатора, закрепленного за сетью пункта назначения. Маршрутизатор получает пакет от сети и передает его другой сети. Маршрутизатор обычно закрепляется за несколькими сетями. Получив пакет, он должен решить, куда его направить. Этот путь должен быть доступным и оптимальным в течение заданного промежутка времени. Принятие решения основано на оптимизации *метрики*. *Метрика* — стоимость, заданная для передачи по сети, Полное измерение конкретного маршрута равно сумме метрик сетей, которые включает в себя маршрут. Маршрутизатор выбирает маршрут с *наименьшей метрикой*.

Метрика назначается для каждой сети в зависимости от типа протокола. Некоторые простые протоколы, подобно *протоколу обмена маршрутной информацией (RIP — Routing Information Protocol)* рассматривают все сети, через которые проходит сообщение, как равноценные. При использовании этого протокола стоимость прохождения через каждую сеть считается одной и той же; подсчитывается количество участков (под которыми часто подразумеваются сети), необходимых для достижения конечного пункта. Так, если пакет проходит через 10 сетей для того чтобы достигнуть конечного пункта, полная стоимость считается по 10-ти участкам.

Другие протоколы, в частности, *«первоочередное открытие наикратчайших путей» (OSPF — Open Shortest Path First)*, позволяют администратору назначить стоимость (метрику) для передачи через сеть, основанную на типе требуемого обслуживания. Маршрут через сеть может иметь различную стоимость. Например, если по типу сервиса желательна максимальная производительность, спутниковый канал имеет меньшую метрику (лучшую характеристику для выбора), чем оптическая линия. С другой стороны, если по типу сервиса желательна минимальная задержка, оптическая линия имеет меньшую метрику, чем спутниковый канал.

OSPF позволяет каждому маршрутизатору иметь таблицу последовательностей маршрутов, основанную на требуемом типе сервиса.

Другие протоколы определяют метрику различно. В *пограничном межсетевом протоколе (BGP — Border Gateway Protocol)* критерий — это политика, которую может устанавливать администратор. Политика, определяет приоритеты выбора путей.

В любой метрике маршрутизатор должен иметь таблицы маршрутизации для того, чтобы проанализировать дальнейший маршрут при готовности пакета для дальнейшей передачи. Таблица маршрутизации задает (согласно метрике) оптимальный путь для пакета.

Таблица может быть либо *статической*, либо *динамической*. *Статическая таблица* не меняется часто. *Динамическая таблица*, наоборот, обновляется автоматически, когда на сети имеются изменения в любой ее части. Сегодня Интернет нуждается в динамических таблицах. Таблицы нужно обновлять, как только происходят изменения в сети. Например, они должны быть обновлены, когда маршрут выходит из строя или когда создается лучший маршрут и т. д.

Протоколы *изменения маршрутных таблиц* созданы в ответ на требования таблиц с динамической маршрутизацией. Протокол изменения маршрутных таблиц — совокупность правил и процедур, которые позволяют частям сети Интернет информировать друг друга об изменениях. Такой механизм позволяет маршрутизаторам каждый раз «делиться» информацией о состоянии связи с соседними маршрутизаторами или сетями, а также о своем качестве работы в сети в целом. Распространение информации позволяет маршрутизаторам в Москве узнать об ошибке сети в Новосибирске. Протоколы изменения маршрутных таблиц также включают процедуры для обобщения информации, полученной от других маршрутизаторов.

Протокол обмена маршрутной информацией (RIP — Routing Information Protocol)

RIP — внутренний протокол маршрутизации, используемый в автономной системе. Этот простой протокол, основан на *дистанционном векторе маршрутизации*, который предназначен для обмена данными о состоянии портов Интернет с соседними узлами. Три основных момента, характеризующие работу этого протокола, следующие:

Распространение сведений о входе в автономную систему. Каждый маршрутизатор распространяет таблицы маршрутизации автономной системы в соседние маршрутизаторы. Вначале эти сведения имеют малый объем. Он посылает, что имеет. Информация наращивается по мере работы сети.

Распространение только соседним маршрутизаторам. Каждый маршрутизатор посылает таблицы маршрутизации для обновления данных только к соседним маршрутизаторам. Он посылает все сведения, которые получает через все свои порты.

Распространение через регулярные интервалы. Каждый маршрутизатор посылает таблицы маршрутизации соседним маршрутизаторам через фиксированные интервалы, например, каждые 30 с.

Таблицы маршрутизации для протокола RIP

Табл. 3.2 представляет собой пример таблицы маршрутизации. Каждый маршрутизатор хранит таблицы маршрутизации, которые имеют один адрес входа (адрес начальной строки в таблице). Адрес входа содержит адрес сети пункта назначения, кратчайшее «расстояние» до пункта назначения, измеряемое в количестве участков, и следующий участок (следующий маршрутизатор), к которому должен быть доставлен пакет. Количество участков — это число сетей, которое пакет должен пройти для достижения своего конечного пункта назначения.

Таблица может содержать другую информацию, такую как маску подсети (позволяющую разбить соседнюю сеть на более мелкие единицы) или время, когда вход был обновлен.

Таблица 3.2. Дистанционный вектор маршрутизации

Адрес сети пункта назначения	Количество участков	Следующий участок	Другая информация
163.5.0.0	7	172.6.23.4	
197.5.13.0	5	176.3.6.17	
189.45.0.0	4	200.5.1.6	
115.0.0.0	6	131.4.7.19	

Обновление таблицы показано на рис. 3.24. На этом рисунке маршрутизатор получает RIP-сообщение от соседнего маршрутизатора. Сообщение перечисляет сѐти пунктов назначения и соответствующее им количество участков.

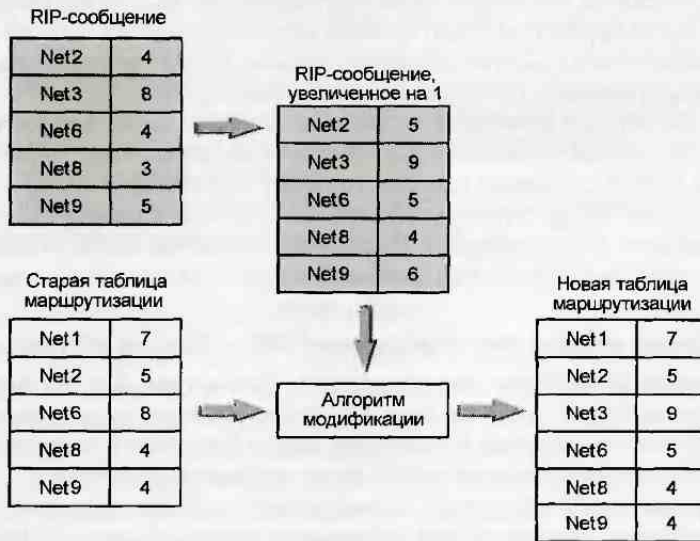


Рис. 3.24. Пример модификации таблицы маршрутизации

Первый шаг. Изменяется поступившая информация RIP-модификации (так называют таблицу, прибывающую в соответствии с алгоритмом обновления протокола RIP). Увеличивается на единицу количество участков, поскольку сообщение прибыло из соседней станции, которую тоже надо учесть как еще один участок.

Второй шаг. Пакет RIP-модификации и старая таблица сравниваются. Результат — новая таблица маршрутизации с модифицированным количеством участков для каждого пункта назначения. Рассмотрим последовательно это сравнение.

Для Net 1 информация не обновляется, поскольку в RIP-модификации нет строки. Для Net 2 информация не обновляется, поскольку в RIP-модификации и старой таблице одно и то же значение.

Для Net 3 добавляется новый маршрут, поскольку в RIP-модификации он есть, а в старой таблице эта сеть отсутствует.

Для Net 6 в RIP-модификации содержится уменьшенное количество участков и это указывает на необходимость обновления таблицы маршрутизации.

Для Net 8 сохраняется значение, которое содержится в старой таблице, так как соответствующее этой строке значение в RIP-модификации количество участков то же самое.

Для Net 9 данные RIP-модификации хуже (содержат большое количество участков), поэтому в новой таблице остаются значения числа участков те же, что и в старой таблице.

Протокол первоочередного открытия наикратчайших путей (OSPF — Open Shortest Path First)

Это еще один популярный внутренний протокол. Его область — также автономные системы. Специальный маршрутизатор, называемый *маршрутизатором границы автономных систем*, отвечает за распространение информации об автономных системах по сети. Для то-

го, чтобы осуществить маршрутизацию эффективно и вовремя, OSPF разделяет автономную систему на зоны.

Зона — набор сетей, хостов и маршрутизаторов, содержащихся в автономной системе, которая в свою очередь может разделяться на несколько различных зон. Все сети внутри зоны должны быть соединены.

Маршрутизаторы внутри зоны покрывают зону информацией о маршрутизации. На границе зоны специальные маршрутизаторы, называемые *пограничными маршрутизаторами зоны*, суммируют информацию о зоне и посылают другим зонам. Среди зон внутри автономной системы существует специальная зона, называемая *основной*. Все другие зоны внутри автономной системы должны быть подсоединены к ней. Другими словами, основная зона является первичной зоной, а другие зоны — вторичными. Однако это не означает, что маршрутизаторы в пределах зон не могут соединяться между собой.

Идея маршрутизации по протоколу OSPF состоит в том, что маршрутизатор основной зоны «знает» топологию сети и представляет программно граф, отображающий возможные маршруты от него до маршрутизатора любой другой зоны. По этому графу маршрутизатор может выбрать оптимальный путь. Для оптимизации служит метрика, которая отражает заданные заранее *характеристики линии*. Это могут быть: количество препятствий, величина задержки сигнала, максимальная скорость по всему маршруту и другие показатели. Фактически имеется несколько таблиц, отражающих эти свойства. Выбор набора свойств определяется в основном типом сервиса. Кроме того, в метрику можно внести свои поправки стоимости каждого свойства или маршрута с точки зрения человеческого фактора, например, важности данного маршрута.

Протокол OSPF определяет, что рассылка информации для обновления таблиц должна происходить при появлении изменения в сети. Это отличает его от протокола RIP, который, как было указано ранее, рассылает такую информацию периодически.

Рассылка «по изменению» предполагает, что эти изменения происходят нечасто и, если они происходят, то система сигнализации может справиться с возникающим «всплеском» нагрузки от посылаемых сигналов обновления.

Маршрутизация проводится путем определения по дереву топологии пути с наименьшей метрикой. Для такого поиска используются алгоритмы поиска по дереву, известные из теории программирования.

Пограничный межсетевой протокол (BGP — Border Gateway Protocol)

Это протокол маршрутизации внутри автономной системы. Он впервые появился в 1989 году и прошел через четыре версии. BGP базируется на методах маршрутизации, называемых *маршрутизация вектором путей*.

Маршрутизация вектором путей отличается от маршрутизации дистанционным вектором маршрутизации с метрикой по расстоянию и от маршрутизации, используемой в OSPF. Каждый вход в таблицу маршрутного вектора пути содержит номер сети пункта назначения, номер следующего маршрутизатора и путь для достижения пункта назначения. Путь обычно определяется как упорядоченный список автономных систем (AS), через которые должен пройти пакет для достижения пункта назначения. Табл. 3.3. показывает пример маршрутного вектора пути.

Концепция обмена с окружением здесь та же самая, что и в рассмотренных протоколах RIP и OSPF. Автономный пограничный маршрутизатор, который участвует в маршрутизации вектором путей, извещает соседние пограничные маршрутизаторы о доступных путях в собственной автономной системе. Сам автономный пограничный маршрутизатор получает свою информацию от внутреннего алгоритма маршрутизации, такого как RIP или OSPF.

Таблица 3.3. Маршрутный вектор пути

Номер сети	Номер следующего маршрутизатора	Путь (список автономных систем)
N01	R01	AS14, AS23, AS67
N02	R05	AS22, AS67, AS05, AS89
N03	R06	AS67, AS89, AS09, AS34
N04	R12	AS62, AS02, AS09

Каждый маршрутизатор, который получает вектор путей, проверяет, согласован ли полученный путь с его политикой (набором правил назначаемых администратором, управляющим маршрутизатором). Если это так, то маршрутизатор обновляет таблицы маршрутизации и модифицирует сообщение прежде чем послать его к следующему соседнему маршрутизатору. Модификация вектора состоит в дополнении списка автономных систем и замещении номера следующего маршрутизатора.

Атрибуты пути. Выше рассматривались пути к сети конечного пункта. Путь был представлен как список автономных маршрутов систем. В этот список входит понятие *атрибут*. Список атрибутов помогает принимающему маршрутизатору вырабатывать решение, когда применяется его политика. Атрибуты разделяются на две категории: закрепленные и дополнительные.

Закрепленный атрибут — указание, которое каждый BGP-маршрутизатор должен распознать и выполнить. *Дополнительный атрибут* — указание, которое не надо выполнять каждому BGP-маршрутизатору. Закрепленный атрибут сам разделяется на две категории: обязательный и по усмотрению. *Закрепленный обязательный атрибут* — указание, которое определяется в описании маршрута. *Закрепленный атрибут по усмотрению* — указание, которое должно быть опознано каждым маршрутизатором, но не требует включения в каждое обновленное сообщение. Признак закрепленного обязательного атрибута — ORIGIN (ИСХОДНЫЙ). Она определяет информацию об источнике маршрутизации (RIP, OSPF и так далее). Другой закрепленный обязательный атрибут — AS_PATH (АС_ПУТЬ). Он определяет список автономных систем (AS), через которые может быть достигнут пункт назначения. Еще один закрепленный обязательный атрибут — это NEXT-HOP (СЛЕДУЮЩИЙ УЧАСТОК), который определяет следующий маршрутизатор, к которому должен быть послан пакет данных.

Дополнительные атрибуты могут также подразделены на две категории: транзитные и нетранзитные. *Дополнительный транзитный атрибут* — указание, которое должно быть передано к следующему маршрутизатору маршрутизатором, который не выполняет этот атрибут. *Дополнительный нетранзитный атрибут* — указание, которое должно быть удалено, если приемный маршрутизатор не может выполнить его.

Политика маршрутизации может быть просто реализована с помощью маршрутизации вектором путей. Когда маршрутизатор получает сообщение, он проверяет путь. Если одна из автономных систем указана в списке как не соответствующая его политике (например, по требованиям безопасности), он может игнорировать этот путь и этот конечный пункт. Он не обновляет свою таблицу маршрутизации в части этого пути и не посылает сообщения своим соседям. Это означает, что таблицы маршрутизации в методе маршрутизации вектором путей не основываются на подсчете наикратчайшего пути или минимальной метрике, а основаны на политике, навязываемой маршрутизатору администратором.

Многоадресная передача

При многоадресной передаче имеется источник и несколько групп пунктов назначения. Отношение — «один ко многим». При этом типе связи адрес источника — это одиночный адрес, а адрес пункта назначения — групповой адрес. Многоадресный пакет стартует от источника и идет ко всем пунктам назначения, которые принадлежат этой группе. Многоадрес-

ресная передача начинается с одного единственного пакета от источника, который размножается маршрутизаторами. Адрес пункта назначения в каждом пакете единый для всех копий. Важно, что между любыми двумя маршрутизаторами передается только *одна единственная копия пакета*.

Широковещательная передача

При маршрутизации широковещательных сообщений имеет место принцип передачи «один ко многим». Имеется только один источник, но много других хостов являются пунктами назначения (желательно ко всем пользователям сети, как это делается в радио и телевидении). Интернет, строго говоря, не поддерживает широковещательную передачу из-за огромного объема трафика и из-за необходимости создать практически неограниченную ширину полосы. Однако широковещательная передача используется неявно в виде многоадресной передачи. Примером может служить спам, рассылаемый без ведома получателей по многим адресам.

3.8. Принципы построения сети ОКС

3.8.1. Компоненты сети и режимы сигнализации

При рассмотрении вопросов этой главы необходимо знание материала, изложенного ранее, желательно так же знакомство с [20, 32, 35]. Первое, о чем следует вспомнить, — это структура построения телефонных сетей. Второе — это общеканальная система сигнализации. Третье — особенности маршрутизации в зависимости от среды и требований к сигнализации.

Итак, сеть ОКС в идеальном случае должна во многом повторять сеть общего пользования. Каждый из узлов и каждая станция междугородной, зоной и местной (городской или сельской) сети должны иметь систему сигнализации.

Однако идеальную картину нарушают несколько обстоятельств. Система общих каналов внедряется на уже действующих сетях. Поэтому не все станции способны взаимодействовать с этой системой и не все могут быть дооборудованы. Все устанавливаемые в настоящее время новые цифровые станции имеют возможность установки и эксплуатации ОКС. Эти станции должны обладать необходимым оборудованием и программным обеспечением. Во многих случаях пуск станций осуществляется без этих подсистем, их установка осуществляется уже в процессе эксплуатации, что приводит к неоправданным расходам.

Имеются обстоятельства, которые необходимо учитывать при внедрении ОКС.

Первое из них — переход от старой системы сигнализации к новой и способы их согласования. Известны два способа перехода сетей к новым системам сигнализации. Первый — метод «островов», когда создаются отдельные части сети, имеющие новое оборудование (в данном случае, систему сигнализации ОКС). Второй метод — так называемая система наложения, смысл которой состоит в том, что новое оборудование устанавливается географически близко к уже существующему. В этом случае выделяются места и оборудование для их взаимодействия. В обоих случаях неоднородность сети порождает проблемы стыковки и специальной маршрутизации.

Второе обстоятельство заключается в том, что система связанного ОКС (см. 2.10.4, рис. 2.110) экономически не всегда оправдана или ее невозможно реализовать, учитывая аварийные ситуации. Поэтому возникает потребность в создании квазисвязной сети. В этом случае сеть ОКС начинает приобретать структуру, отличную от сети общего пользования, которую она поддерживает.

Рассмотрим организацию сети ОКС на конкретных сетях.

3.8.2. Зоновые городские и сельские телефонные сети

Организация ОКС возможна при наличии в городе цифровой АТС и для нерайонированной сети (рис. 3.25). Рисунок показывает, что на сети такого рода все цифровые станции связаны пучками ОКС, т.е. подразумевается работа по системе связанного ОКС. Квасисвязанная система (см. 2.10.4) применяется в аварийных случаях для обхода отказавших направлений. Система предполагает, что каждая из станций реализует два режима работы, т.е. должна работать как обычная точка сигнализации (SP) и как транзитная (STP). При наличии районированной сети (сети с узлообразованием) зонные узлы выполняют функции транзитных пунктов сигнализации, а также служат для организации транзитных маршрутов в аварийных ситуациях. На рис. 3.26 приняты те же обозначения, что на рис. 3.3. На этом рисунке показана «привязка» ОКС к ТфОП.

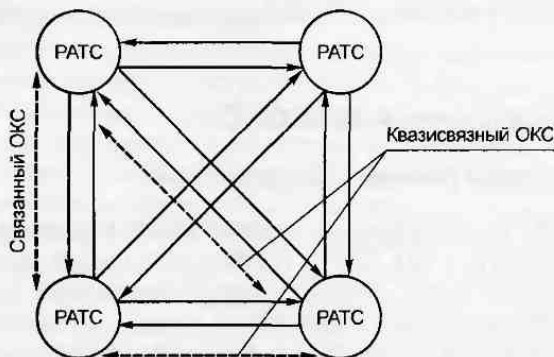


Рис. 3.25. Построение ОКС для нерайонированной сети

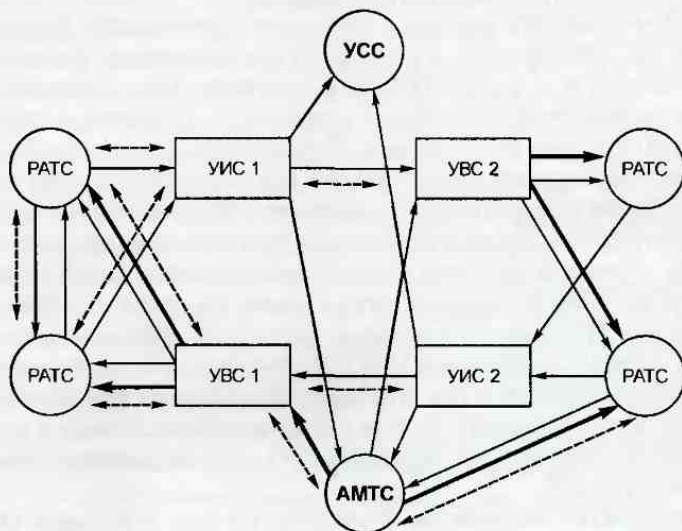


Рис. 3.26. Построение сети ОКС для районированной сети с узлами входящего и исходящего сообщений:

- соединительные магистральные линии;
- соединительные линии;
- каналы ОКС

Сельские сети сигнализации строятся по радиальному принципу (рис. 3.27). Узловые и оконечные станции могут выполнять функции транзита для обеспечения альтернативных маршрутов. На рис. 3.27 приняты те же обозначения, что на рис. 3.4.

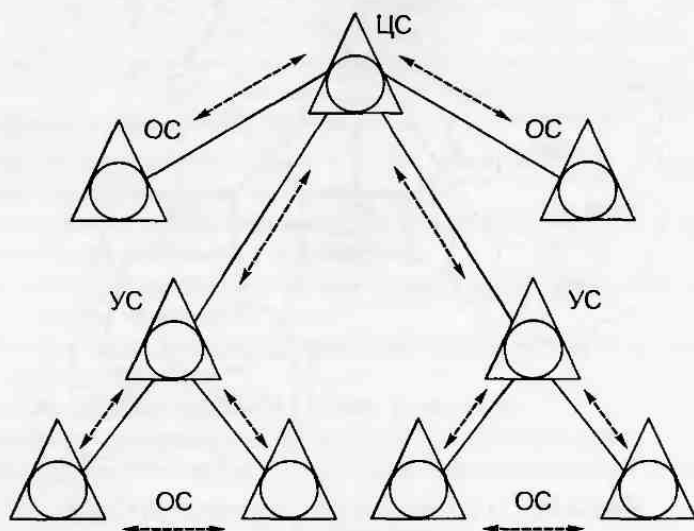


Рис. 3.27. Принцип организации ОКС для сельской сети связи:
 ← → — каналы ОКС

3.8.3. Междугородные и международные (национальные) сети сигнализации

Междугородная и международная сети сигнализации базируются на сети УАК (узлы автоматической коммутации) и АМТС. Сеть УАК состоит из станций, полностью связанных друг с другом. Некоторые из АМТС могут быть также связаны каналами сигнализации (при наличии большого тяготения между зонами). Для большей надежности точки сигнализации (SP) могут быть связаны с несколькими транзитными пунктами, как это показано на рис. 3.28.

На рис. 3.28 показаны:

- международный пункт сигнализации (ISP, International Signalization Point), определяемый кодом международной нумерации;
- национальный пункт сигнализации (NSP, National Signalization Point), определяемый кодом международной нумерации.

Эти пункты включают точки транзита сигнализации (STP, Signaling Transfer Point), обычно расположенные на узлах автоматической коммутации (УАК) и транслирующие поступающие по ОКС сигналы, и точки сигнализации (SP, Signaling Point) — оконечные точки отправления и приема сигналов, располагаемые на зонах АМТС.

Возможны пункты (шлюзы), имеющие двойную нумерацию в национальных и международных системах нумераций.

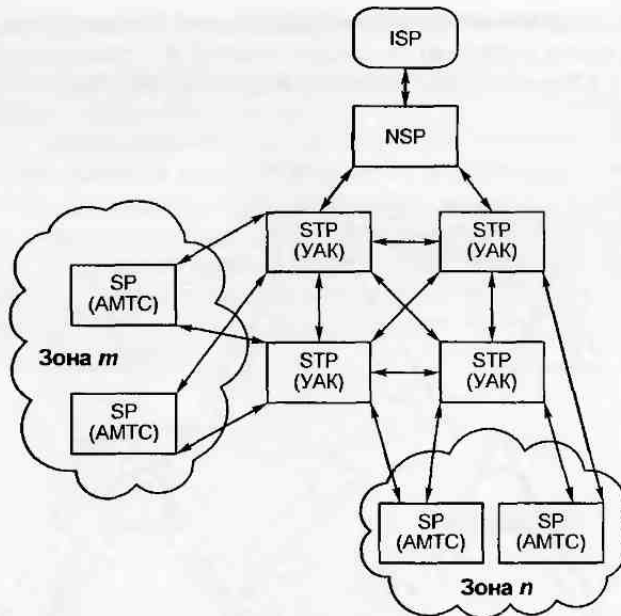


Рис. 3.28. Структура сети ОКС для междугородной и международной связи

В 2.10, где рассматривались форматы, передаваемые по сети ОКС, уже отмечалось, что в России принято два формата кодов пунктов сигнализации, размеры которых в соответствии с рекомендациями МСЭ-Т составляют:

- для федеральной (междугородной) сети: код сигнальной зоны — 8 битов, код пункта в зоне — 6 битов;
- для региональных сетей (сетей операторов): код соты тысячного района или местной сети — 9 битов, код пункта сигнализации в районе сети — 7 битов.

Таким образом, в федеральной (междугородной) сети может быть организовано до 256 сигнальных зон (0...255) по 64 пункта сигнализации в каждой зоне (0...63). На территории каждой междугородной зоны может быть организовано до 128 (0...127) местных сетей ОКС № 7, каждая из которых может включать до 128 пунктов сигнализации. Шлюзом между региональными (местными, зонавыми) сетями ОКС и федеральной (междугородной) сетью зоны является АМТС зоны, которой присваивается двойная нумерация пункта сигнализации: федеральной — NI = 10 и местной — NI = 11 сети, где NI — Network Identifier — международный номер канала сигнализации.

Структура сетей ОКС

Несмотря на то, что сеть сигнализации опирается на каналы, передающие основную информацию (речь и данные), структура сетей сигнализации может быть различна. Главной целью при этом будет обеспечение надежности. В большинстве случаев строится структура, которая обеспечивает несколько альтернативных путей.

При рассмотрении форматов сети ОКС обращалось внимание на признак выбора звена сигнализации (SLS). Он позволяет организовывать обходные маршруты. Для этого должна

быть построена сеть, имеющая несколько альтернативных путей сигнализации. Поэтому строится «ячеистая сеть сигнализации», где каждый из предыдущих узлов сигнализации соединен, по крайней мере, с двумя следующими. Эта структура была показана на рис. 2.124.

Кроме сетевых способов обеспечения надежности, применяются также способы станционного резервирования оборудования ОКС и выделения резервных каналов (кроме предназначенного для этой цели 16-го канала), на которые согласовано переходят звенья системы сигнализации при потере связи на основном направлении сигнализации.

Функции управления сетью ОКС № 7

Эти функции также рассматривались в 2.10.4. Поскольку они отражены в формате управления сетью ОКС ограничимся их перечислением:

- функции управления сигнальным трафиком при нарушениях в сетях сигнализации;
- функции измерения сигнального трафика;
- процедура перехода на резерв и переноса трафика на альтернативное звено;
- процедура возврата на исходное звено;
- процедура запрещения управления звеном сигнализации при осуществлении тестирования или техобслуживания;
- управление сигнальным трафиком в случае перегрузки;
- управление звеном сигнализации (активация, деактивация звена).

Основные процедуры этих процессов приведены в Рекомендациях ИТУ-T Q.701, Q.704.

3.9. Маршрутизация в ТфОП. Синхронизация цифровых сетей связи. Взаимодействие сетей

3.9.1. Объекты, входящие в систему маршрутизации

В разделе 2 рассматривалась проблема, касающаяся работы станции в части анализа номера и выбора направления. Здесь рассмотрим сетевые аспекты маршрутизации [54]. Рис. 3.29 иллюстрирует основные понятия, связанные с этим механизмом. Рассмотрим каждое понятие.

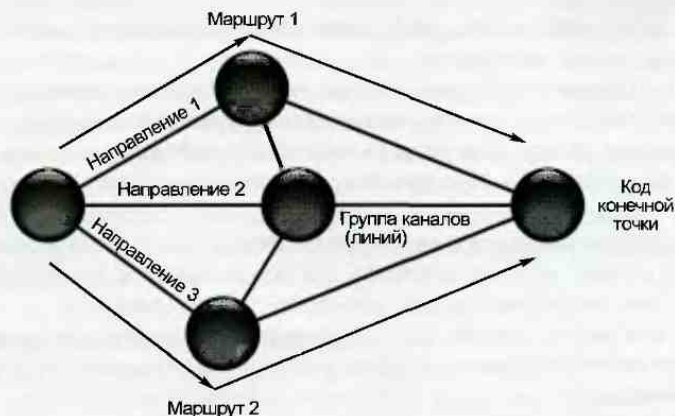


Рис. 3.29. Некоторые основные понятия сетевой маршрутизации

Конечная точка — это цель, куда направлено установление соединения.

Код конечной точки — это номер, присвоенный в соответствии с правилами нумерации. С этим кодом связаны ряд понятий.

Зона тарификации — это номер, обозначающий *уровень тарифа* по отношению к исходящей точке соединения. Уровень устанавливается в относительных единицах, конкретные платежи зависят от цены единицы, определяемой в соответствии с коммерческими и другими соображениями и вычисляемой отдельно в расчетном центре.

При назначении тарификации возможны случаи, когда различные подстанции одной станции или АТС одного узла принадлежат к разным тарифным зонам. Такие ситуации могут возникнуть в связи с особым географическим положением этих станций. Возможен случай, когда подстанции разных станций могут быть отнесены к одной тарифной зоне.

Следует особо отметить, что кодом интеллектуальной сети, как правило, могут быть отмечены не станции, а услуги. При фиксации кода необходимо также определить возможные реакции конечной станции, которые могут повлиять на работу исходящей станции.

Это могут быть следующие действия:

- запрос номера исходящего абонента;
- обратная передача номера переадресации;
- запрос повторной передачи кода;
- запрос на донабор номера абонента (частотным способом).

Для каждой конечной точки, имеющей код, оговариваются временные ограничения (тайм-ауты):

- время установления соединения;
- время ожидания ответа абонента;
- время разговора;
- время слушания зуммера «занято» при любом неустановлении соединения.

Очевидно, что каждое из этих ограничений должно иметь значение «не установлено». Завершение установления соединения также может программироваться. Признаком его окончания могут быть:

- сигнал управления;
- тайм-аут после передачи сигнала;
- логическое совпадение этапа соединения и последнего сигнала.

Указанные выше действия и ограничения задаются сочетанием кода конечной точки и выбранного маршрута.

Маршрут — набор возможных путей установления соединения к конечной точке. При создании маршрута следует определить:

- число знаков кода конечной точки, позволяющее определить маршрут;
- с какого знака набранного номера можно начать установление соединения;
- какое количество знаков от начала нужно пропустить для установления соединения (например, при переходе к 18-значной нумерации она не будет сразу введена на сетях связи);
- с какого знака надо начать передачу информации;
- замену какого знака надо осуществить для продолжения соединения (и надо ли это делать) в случае экстренной замены номера на участке маршрута.

Направление, или группа каналов (линий), представляет собой группу каналов или линий, непосредственно соединяющих соседние станции. Оно (направление) характеризуется следующими параметрами:

- физической средой передачи:
 - аналоговые линии;

- цифровые каналы;
- частотно-уплотненные каналы;
- способом сигнализации:
 - канальная (сигналы взаимодействия по двухпроводным, трехпроводным и иным линиям);
 - выделенные частотные каналы (коды «2 из 5», «2 из 6», способы передачи — «челнок», «безпаузный код»);
 - частотная передача сигналов управления;
 - выделенные каналы в цифровых системах;
 - отдельный канал сигнализации;
- направленностью связи:
 - исходящая;
 - входящая;
 - двухсторонняя.

Также характеристикой направления может стать ограничение по виду связи, что существенно при регулировании трафика в случае перегрузки. Это может быть местная, междугородная, международная связь. Любая категория может присваиваться оператором или системой на определенное время. Возможны комбинации этих связей или введение обратной характеристики «разрешение на вид связи», открывающее закрытое направление для определенного вида связи. В общем случае направление может состояться из каналов, имеющих различные из перечисленных характеристик, что усложняет программы управления ими.

Различаются следующие методы поиска свободных каналов:

- по возрастанию номера канала в направлении;
- по убыванию номера в направлении;
- номер +1 после каждого выбора канала;
- случайный способ.

Наиболее предпочтительным является третий вариант. Первые два метода называются «поиск с постоянным приоритетом». Как известно, контроль над повреждениями не является абсолютным, т.е. не может определять (предвидеть) все ошибки сети, оборудования станции и поведение окружающей среды. И если один из каналов поврежден или имеет ухудшенное качество, не обнаруженное контролем, то постоянный приоритет приводит к отказу связи в ЧНН, поскольку выбирает абоненту один и тот же неисправный канал и все время получает отказ, пока какой-нибудь другой абонент не займет неисправную линию. Такое событие маловероятно при малой нагрузке и более вероятно при большой. Кроме этого, постоянный приоритет приводит к преимущественному занятию линий, имеющих больший приоритет. Это также имеет свои отрицательные последствия (например, износ механических элементов у наиболее используемых приборов.)

Канал (линия) — это устройства и линии, обеспечивающие физическую среду между станциями. Они имеют те же характеристики, что и направления. При этом для каждого канала (линии) могут назначаться тайм-ауты. Эти тайм-ауты ограничивают либо время установления соединения, либо общее занятие или простой без получения ответного сигнала.

3.9.2. Некоторые типы маршрутизации

Задачи, стоящие перед маршрутизацией, могут быть различны. В связи с этим алгоритмы маршрутизации также различаются. На рис. 3.30 показана маршрутизация, которая при одном и том же значении кода выбирает разные маршруты.

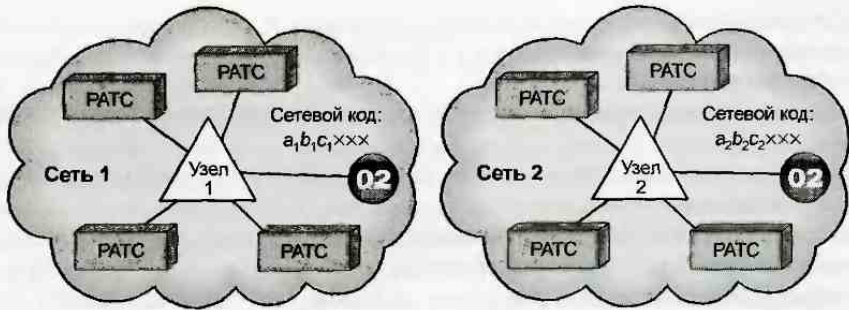


Рис. 3.30. Выбор маршрута, обусловленный зоной (один код — разные маршруты)

В данном примере одна и та же экстренная служба (на рисунке она показана кружком) распределена по разным частям сети, но имеет единый код 02, например, милиция, которая имеет районные отделения. При наборе номера 02 желательно, чтобы соединение было установлено не с центральной службой, а с ближайшим отделением милиции. При маршрутизации используется признак того, что исходящий звонок принадлежит данной сети. В данном примере нумерация сети начинается с индекса $a_1b_1c_1$. Узел 1 определив, что номер исходящего абонента принадлежит данной станции, по коду 02 выберет маршрут к своей службе экстренной связи. Аналогично будет работать узел 2 (сетевая нумерация $a_2b_2c_2xxx$). Такая маршрутизация называется зависимой от исходящего номера. Для ее реализации требуется небольшая коррекция полей в алгоритме пересчета номера (см. рис. 2.80), которую читатель может продумать самостоятельно.

На рис. 3.31 показан пример маршрутизации в зависимости от требований к среде передачи и используемой службы ISDN.



Рис. 3.31. Выбор маршрута, обусловленный средой передачи и требуемой службой

На одной из станций (РАТС1) имеется возможность использования нескольких служб ISDN. Требуется обеспечить маршрутизацию вызовов со станциями РАТС 2 и РАТС 3, способными поддерживать эти службы в соответствии с их требованиями. На рис. 3.31 изображена сеть с различными типами каналов на участках сети (аналоговые, цифровые) и различными типами сигнализации.

Одна из них — служба «речь 3 кГц» не требует цифровых каналов и для нее достаточна любая сигнализация. Поэтому для нее на ближайшем узле 1 выбирается основной маршрут В1, остальные маршруты назначаются обходными и выбираются в случае отказа основного.

Для службы «речь 7 кГц» требуется цифровой канал, сигнализация типа ОКС № 7 не обязательна, в случае отсутствия путей нужного качества допустимо использование других маршрутов с ухудшением качества речи. Поэтому для этой службы 7 кГц может быть предложен маршрут В4 с последовательными участками В2 и В3, но возможен выбор маршрута В1, рассчитанного для службы «речь 3 кГц».

И, наконец, для службы «неподвижное видео» требуется только цифровой канал с системой сигнализации ОКС № 7. поэтому для него подходит только маршрут В2.

Для маршрутизации в одном из сообщений ОКС содержится информация о требованиях к каналам и типе сигнализации (см. табл. 2.15, признак TMR).

3.9.3. Особенности алгоритмов маршрутизации

Алгоритмы маршрутизации должны обеспечивать пути с наименьшим числом транзитов между исходящей и входящей точками соединения при обеспечении заданного качества обслуживания. Под качеством обслуживания понимается комплексная характеристика, определяющая класс и качество услуг в телекоммуникационных сетях. Кроме того, от способа занятия линий при маршрутизации зависит общая телефонная нагрузка на сети (число занятых линий, умноженное на время их занятия). Чем больше занято каналов в одном соединении, тем хуже использование сети.

Неравномерность нагрузки в течение суток или возникающие чрезвычайные ситуации в различных частях сети могут приводить к отказам из-за перегрузок (явные потери и потери по времени), что делает невыгодной статическую маршрутизацию, фиксирующую первоначально заданные ей маршруты между двумя конечными точками. Обычно для старых сетей маршруты фиксировались Генеральным планом сети и определялись проектной организацией на основе расчетов. Обеспечение надежности сети путем кроссовой коммутации и эквивалентных ей методов уже рассмотрено. В дополнение к этому разрабатываются методы управления потоками нагрузки на сети.

Существуют следующие методы маршрутизации — фиксированный и динамический.

При *фиксированном методе* маршруты разрабатываются и закладываются заранее в программу работы всех станций (например, при разработке Генерального плана сети). При этом оговариваются резервные варианты, которые включаются по расписанию или в экстренных случаях. Дополнением этого является предоставление операторам центра обслуживания права изменений планов маршрутизации, переключения каналов с одного направления на другое. На больших и ответственных сетях (например, Москвы или Санкт-Петербурга) операторам передается управление сетью в случае возникновения аварийных ситуаций. Для этого используются программы поддержки решения.

При *динамическом управлении* маршрутизация осуществляется с помощью изменяемой матрицы направлений. Данные этой матрицы изменяются в соответствии с обстановкой на сети. При этом коррекция данных о маршрутах между станциями и сбор информации для

принятия решений могут быть проведены централизованными и децентрализованными методами. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки [53].

При маршрутизации должна быть решена проблема исключения «зацикливаний» при установлении маршрута. Эффект «зацикливания» возникает при динамической маршрутизации, если соединение возвращается на один из уже пройденных участков и поиск продолжается бесконечно по циклу. Одним из методов борьбы с этим явлением служит фиксация пройденных участков (при их ограниченном числе) в формате сигнальной единицы.

Случаи взаимодействия при маршрутизации сетей общего пользования с сетями подвижных объектов и интеллектуальными сетями рассмотрены ранее. Кроме общих вопросов маршрутизации при таких видах связи возникает задача повторной маршрутизации, когда, например, абонент воспользовался услугой «перевод соединения на другой номер». Здесь возможен прием в обратном направлении нового номера, по которому нужно переустановить соединение, что является особенностью маршрутизации в данном случае.

3.9.4. Методы синхронизации сетей

Важность синхронной работы станций уже рассматривалась в разделе 2.11. Отмечалось, что центральные генераторы станций подстраиваются друг к другу. Ниже будут кратко рассмотрены принципы такой взаимной подстройки всех генераторов сети.

Взаимная синхронизация

В этом случае общая частота синхронизации устанавливается благодаря тому, что все узлы коммутации (УК) в сети (рис. 3.32) обмениваются опорными частотами (этот способ получил название «демократический»). Направление потоков взаимной синхронизации указано стрелками.

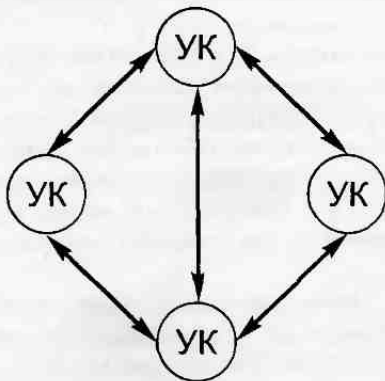


Рис. 3.32. Взаимная синхронизация узлов коммутации

В каждом опорном узле входящие частоты усредняются (см. принцип построения опорного генератора в 2.11). Это усредненное значение далее используется в качестве тактовой частоты для местного использования. По окончании периода первоначальной установки тактовой частоты сети обычно стремится к стабильной единственной частоте.

Достоинством данного метода является сохранение работоспособности сети при выходе из строя одного или нескольких опорных генераторов. Недостаток заключается в том, что при возникновении отклонений частоты происходит длительный процесс вхождения в стабильную работу, который нарушает работу всей сети.

Единая служба синхронизации

При этом методе (рис. 3.33) создается сеть службы синхронизации, которая используется для синхронизации опорных генераторов на узлах связи. Она включает узлы синхронизации (УС). Такое решение связано с большими затратами на создание подобной сети.

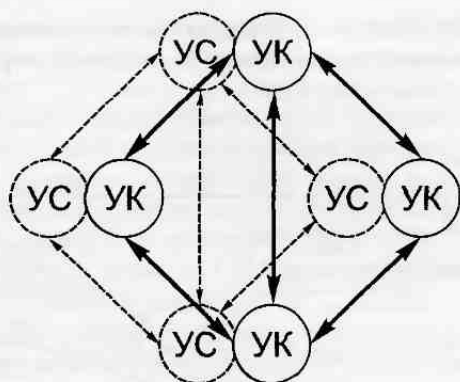


Рис. 3.33. Использование службы синхронизации узлов коммутации:

— направление потоков данных;
 — направление потоков синхронизации

Принудительная синхронизация

Этот способ получил название *иерархического способа* и показан на рис. 3.34. В этом случае создается иерархическая система синхронизации (желательно совпадающая по структуре с иерархией сети коммутации), где узлы верхнего уровня передают эталонную частоту узлам нижнего уровня. Это возможно двумя способами — прямым и косвенным. При прямом способе выделяется *отдельная линия синхронизации*. Такой подход по сути дела образует сеть синхронизации. При косвенном способе опорный генератор нижнего уровня синхронизируется от генератора верхнего уровня по информационным каналам, выделяя *такты импульсы из цифрового потока данных и речи*, как это было описано в предыдущих разделах.

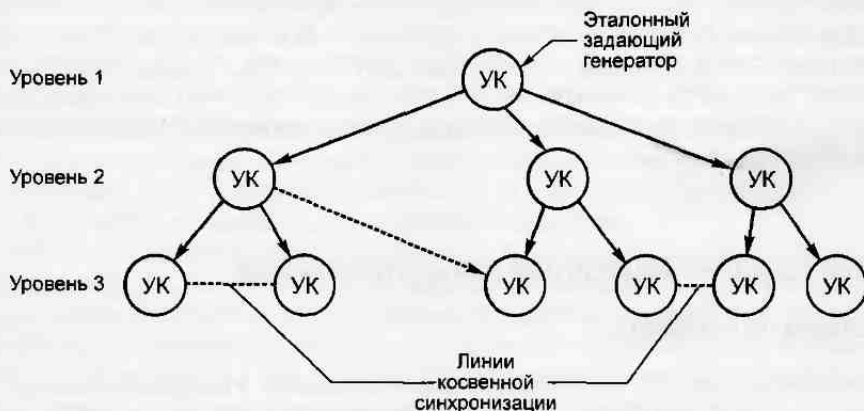


Рис. 3.34. Принудительная синхронизация узлов коммутации

На реальных сетях применяется смешанный способ: некоторые из узлов сети синхронизируются прямым способом, некоторые — косвенным (показано пунктиром на рис. 3.34), что определяется путем технико-экономического анализа.

Все подстанции одной станции и все абонентские системы цифрового уплотнения принимают систему принудительной синхронизации от станции, которую называют «заворот по тактовой частоте». Она показана на рис. 3.35.

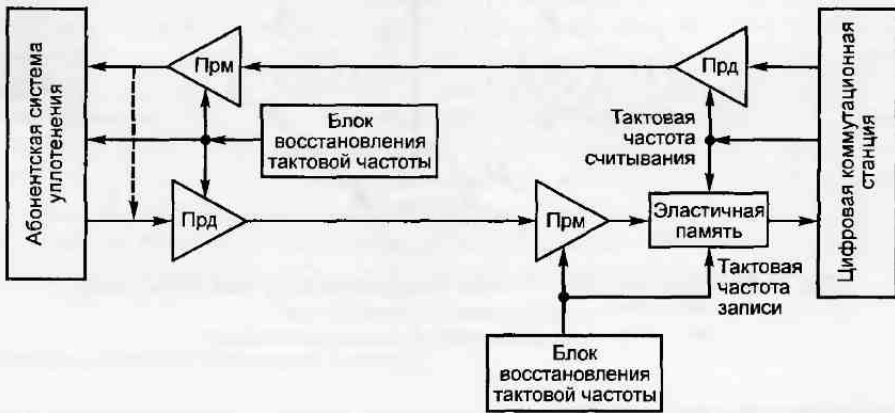


Рис. 3.35. Стык между линией абонентской системы уплотнения и цифровой станцией

На этом рисунке показана абонентская система уплотнения с приемником (Прм), передатчиком (Прд) и станция с аналогичным оборудованием. Станция посылает поток речевой информации и данных, синхронизированный по частоте со своим опорным генератором. Используя этот поток, абонентская система производит синхронизацию своего генератора и отвечает цифровым потоком. Этот поток содержит все искажения, которые имеют место при передаче от станции к абонентской системе, в частности искажение фазы из-за времени распространения. Для того, чтобы предотвратить искажения на стороне станции при приеме входящего потока, содержащего прошедшую по «петле» тактовую последовательность, используют «эластичную память», как это показано на рис. 3.35. Это позволяет выполнять процедуру восстановления тактовой частоты только на стороне станции, что упрощает аппаратуру, стоящую на подстанции (подстанции рассматривались в 1.1.5).

3.10. Телекоммуникационная сеть управления

3.10.1. Общие положения

Телекоммуникационная сеть управления (Telecommunication Management Network, TMN)^{*} определяется системой стандартов. Термин «управление сетью» в начале 1980-х годов означал — *поддержание правильного функционирования и техническое обслуживание телекоммуникационных сетей.*

^{*} Термин TMN в русскоязычной литературе имеет много переводов. В этой книге принята терминология, предложенная в книге: *Невдяев Л.М. Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник.* — М.: МЦНТИ, 2002.

Поддержание правильного функционирования — это обеспечение выполнения основных задач, поставленных перед сетью, в нормальных условиях и в ситуациях, когда меняются характеристики сети.

Техническое обслуживание подразумевает работу по восстановлению работоспособности или характеристик сети, когда нарушается работа элементов, входящих в саму сеть (отказы оборудования или программ), и профилактические работы. При этом применяется комплекс мер, включающий оперативную диагностику для выявления места повреждения и проведение работ по устранению неисправностей.

Существенное развитие этих функций в последние годы привело к расширению области использования термина «управление сетью».

Исторически создание концепции телекоммуникационной сети управления (TMN) обусловлено тем, что развитие и расширение сетей катастрофически увеличивало затраты на их обслуживание. Единственный путь уменьшения таких затрат — централизация технического обслуживания. Однако это оказалось трудной задачей. Все выгоды от централизации сводились к минимуму по следующим причинам:

1. *Неоднородность сетей электросвязи.* Материал этой книги показывает, насколько разнообразны используемые средства приема, передачи, коммутации и обработки информации. Например, коммутационная станция представляет собой систему, абсолютно не совпадающую с системой, предназначенной для передачи сигналов и построенной в соответствии с архитектурой SDH. Очень отличаются между собой различные системы сигнализации, принципы построения и реализации станций. Например, коммутационные станции стационарной сети отличаются по перечисленным выше свойствам от станций мобильной связи.

Поэтому система управления сетью должна быть адаптируема к различным техническим средствам и технологиям приема, передачи и коммутации.

2. *Разнообразие применяемого оборудования и услуг.* На сетях связи в настоящее время работают многие компании, поставляющие оборудование, и другие компании, обеспечивающие различные услуги связи. Они отличаются по поставляемому оборудованию и предоставляемым видам услуг. Например, оборудование фирмы Siemens, отличается от оборудования фирмы Alcatel. (Часто сеть, на которой применяется оборудование многочисленных поставщиков, называют мультивендорной в соответствии с американским термином multi-vendor).

Отличаются между собой предоставляемые компаниями услуги междугородной и подвижной сетей, услуги передачи данных, широкополосного телевидения и пр. Единственный путь уменьшения затрат оператора и поставщика на адаптацию оборудования — стандарты, типовые интерфейсы и рекомендации по функционированию.

Поэтому система управления сетью должна быть приспособлена к работе в сети, содержащей разнородное оборудование и предоставляющей различающиеся услуги.

3. *Важность последствий отказа сети связи.* Средства передачи и обработки информации всегда были «артериями» государства, корпораций, обороны и быта. Поэтому перерыв связи на несколько минут, а тем более часов, приводит к серьезным негативным последствиям для перечисленных составляющих современного общества.

В силу сказанного очень важно обеспечить надежность сети, устойчивость к отказам, гибкое и оперативное управление ресурсами сети.

4. *Интернациональность сетей связи.* В настоящее время потоки информации все больше становятся интернациональными.

Поэтому система технического обслуживания должна быть стандартной в международных масштабах.

Основные положения системы TMN разрабатывались многими организациями, но главные правила и основные положения, используемые на сетях, определяют рекомендации следующих организаций: Международная организация по стандартизации (ISO, International Standards Organization, ИСО), Международный союз электросвязи — сектор стандартизации электросвязи (ITU-T, International Telecommunications Union — Telecommunication Standardization Sector), Американский национальный институт стандартов (ANSI, American National Standards Institute), Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI, European Telecommunication Standards Institute).

3.10.2. Основные принципы TMN

Концепция TMN охватывает сетевые элементы (NE): компьютеры, базы данных, терминалы, сети связи и системы поддержки функционирования (OSS). Она связывает их в структуру, архитектура и организация которой обеспечивают взаимосвязь различных типов сетевых элементов и системы поддержки функционирования сети. TMN также описывает стандартизированные интерфейсы и протоколы, используемые для обмена информацией между NE, функциональные возможности, необходимые для управления сетью.

Объектами управления в модели TMN служат:

- *сетевой элемент* — NE (Network Element);
- *система поддержки функционирования** — OSS (Operations Support Systems).

Сетевой элемент — это аппаратная единица оборудования сети, управляемая TMN. Это могут быть простые и очень сложные, «интеллектуально продвинутые» сетевые элементы. Например, станции с программным управлением и собственной системой поддержки функционирования и технического обслуживания. Они обеспечивают: непрерывное наблюдение за своей работой, инициируют аппаратно-программную автоматическую обработку сигналов аварии и содержат избыточное оборудование, например, для дублирования важных функциональных частей. Когда возникает отказ, автоматически включается диагностика, которая может определить характер ошибки, заблокировать дефектный модуль и связанное с ним оборудование.

Как противоположность сетевому элементу *станция*, можно привести другой NE — *регенератор*, который является наименее сложной единицей в сети цифровой передачи сигналов. Число регенераторов на сети огромно, но они не содержат большого числа элементов и подсистем обслуживания. Эти простые модули могут вызвать серьезную аварию в случае ошибки.

Приведенные два примера сетевых элементов представляют два полюса — наиболее управляемые объекты (телефонная станция) и наименее управляемые (регенератор). Диапазон между ними включает много других типов сетевых элементов.

Второй тип объектов управления TMN — *OSS (система поддержки функционирования)*. Этот термин определяет процедуры (не только автоматизированные, а может быть выполняемые вручную), которые направлены на поддержание функционирования сети. Это могут быть системы:

- обмена с имеющимся оборудованием управления NE;
- установления порядка обработки аварийных сообщений;

* Иногда OSS (Operations Support System) переводят как «операционная система поддержки». С точки зрения автора это приводит к путанице с термином «операционная система», который не имеет ничего общего с применяемым в TMN объектом.

- инициирования процедур в NE;
- диспетчирования и ведения очередей на обработку;
- ведения финансовых расчетов.

Сетевые элементы NE и системы поддержки функционирования связываются между собой с помощью *Q-интерфейса*, который определен в виде двух частей:

- информационной модели;
- протоколов связи.

3.10.3. Информационная модель

Информационная модель описывает:

- реализацию функций управления и контроля в сетевом элементе;
- правила создания управляемых объектов, которые описываются с помощью алгоритмов функционирования и файлов для регистрации событий.

С точки зрения TMN все физические и логические ресурсы, такие как оконечные и сетевые терминалы, маршруты, файлы регистрации событий, сигнальные отчеты и абонентские данные, расцениваются как *управляемые объекты (MO — Management Object)*.

Управляемые объекты (ресурсы) TMN-сети — это сетевые элементы NE и процедуры OSS, которые выполняются как над самим сетевым элементом, так и над его свойствами (регулировка характеристик). Управляемый объект представляет собой реальный физический объект или логический ресурс.

В информационной модели определяются также взаимоотношения между управляемыми объектами. Эти отношения представляются в виде так называемого *информационного дерева (MIT — Management Information Tree)*.

На рис. 3.36, *а* показана связь между NE (ТфОП) и системами поддержки функционирования. Операторы с помощью рабочих станций могут управлять процедурами, заложенными в OSS, которые в свою очередь управляют NE. На рис. 3.36, *б* дан пример информационного дерева для ТфОП, где показана иерархия в сети. Объекты первого уровня (станция, узел, и логический ресурс — маршрут) и объекты второго уровня (линии, входящие в состав маршрута).

Программы, входящие в OSS, имеют одну управляющую программу (*менеджер*). Она взаимодействует с программой сетевого элемента, которая обеспечивает сопряжение сетевого элемента с процедурами поддержки функционирования рабочих станций (см. рис. 3.36) и «дружественный» интерфейс с оператором. Эта программа называется *агент (программа посредник)*.

Менеджер представляет собой часть управляющих программ распределенного процесса, которая формирует команды на выполнение операций управления и получает уведомления об их выполнении.

Агент — это часть программ распределенного процесса, которая непосредственно управляет соответствующими объектами. Он несет ответственность за выполнение команд, поступающих от менеджера, и за информирование менеджера о поведении подведомственных объектов посылкой уведомления.

Агент и менеджер содержат необходимые *базы данных TMN*. При обмене эти программы используют сообщения типа *событие*, запускающее процесс на одной из сторон, и ответные сообщения — *операции*. Передача таких сигналов (но не обработка) не зависит от их содержания, что характерно для так называемых *объектно-ориентированных процессов*.

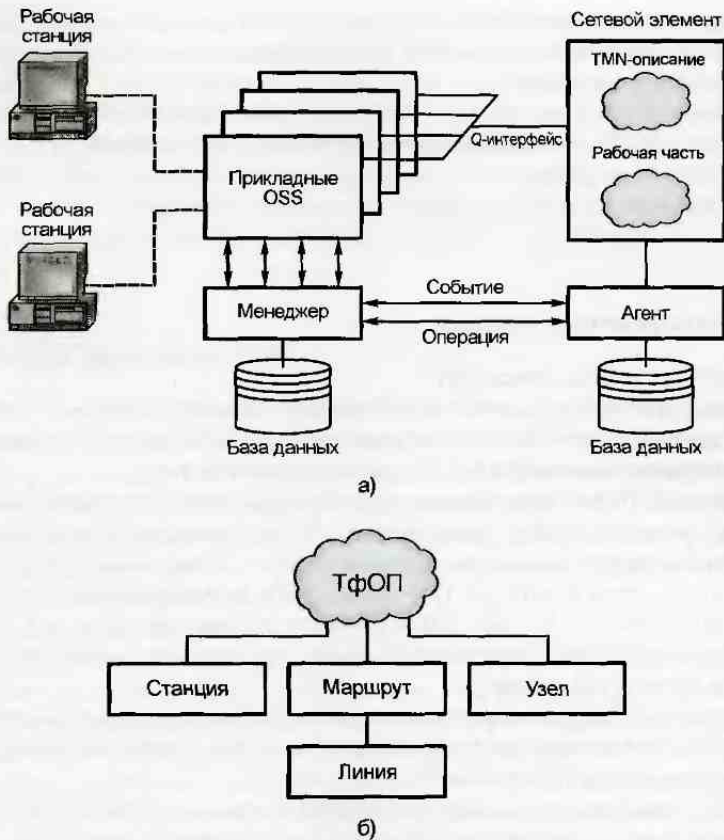


Рис. 3.36. Связь между сетевым элементом и системами поддержки функционирования:
 а) функциональная схема; б) информационное дерево (ТфОП)

Рассмотренные выше положения и определения объектов сети TMN и составляют существо объектно-ориентированного подхода к работе TMN. Основные признаки такого подхода:

1. Информационный обмен описывается в терминах управляемых объектов (NE — сетевых элементов), рассматриваемых как некоторые ресурсы, над которыми осуществляется управление, или которые служат для поддержки определенных функций по управлению.

2. Управляемый объект является абстракцией такого ресурса, отображающей его свойства с точки зрения управления. Управляемый объект может представлять собой отношение между ресурсами или комбинацию ресурсов (например, сеть).

3. Каждый управляемый объект принадлежит некоторому классу объектов, который может быть подклассом другого класса.

4. Подкласс наследует все свойства класса, из которого он выделен, и уточняет определение класса добавлением новых свойств к тем, которые положены в основу выделения вышестоящего класса.

5. Различные классы могут быть представлены в виде дерева, показывающего иерархию наследуемых свойств. Например, класс аппаратуры систем передачи разделяется на подклассы аналоговых и цифровых систем; цифровые сети могут делиться на плезиохронные и синхронные и т.д.

6. Управляемый объект характеризуется:

- атрибутами;
- операциями управления, которые могут быть к нему применены;
- уведомлениями, которые им генерируются;
- поведением, являющимся реакцией на команды управления или на другие воздействия.

7. Структура системы, подлежащая управлению, является распределенной, поэтому управление сетью является распределенным процессом. Это влечет необходимость организации обмена информацией между процедурами управления для целей мониторинга и контроля различных физических и логических сетевых ресурсов (ресурсов коммутации и передачи).

8. В качестве протокола для передачи управляющих сообщений используются обычные протоколы системы передачи данных, работа которых не опирается на конкретные атрибуты данных: протокол общей управляющей информации (CMIP — Common Information Management Protocol) и протокол передачи файла, дистанционного доступа и менеджмента (FTAM — File Transfer, Access and Management).

3.10.4. Физическая архитектура

Согласно концепции, сеть TMN отделена от сетей связи и подключается к телекоммуникационной сети с помощью интерфейса. Однако, концепция допускает использование телекоммуникационной сети для обмена информацией между элементами TMN. Взаимосвязь между TMN и телекоммуникационной сетью показана на рис. 3.37. В качестве сети, которая обеспечивает связь между NE и OSS, используется сеть передачи данных.

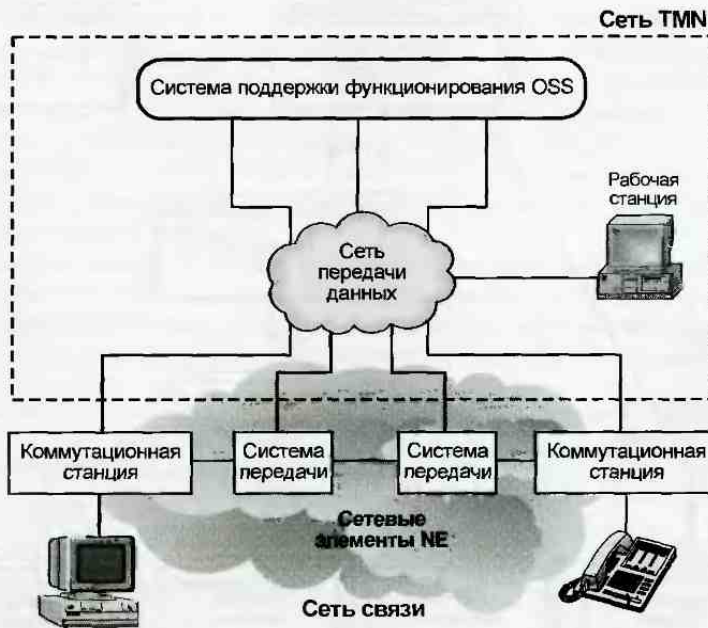


Рис. 3.37. Взаимосвязь между TMN и сетью связи

TMN может использовать части телекоммуникационной сети для обеспечения своих соединений. Такими частями могут быть:

- сети общего и частного пользования, в том числе узкополосные и широкополосные сети с интеграцией служб (ISDN), сети подвижной связи, интеллектуальные сети;
- сама сеть TMN;
- оконечная аппаратура систем передачи: мультиплексоры, аппаратура кроссовой коммутации, преобразовательная аппаратура и т.д.;
- цифровые и аналоговые системы передачи (кабельные, волоконно-оптические, радио, спутниковые и т.д.);
- цифровые и аналоговые коммутационные станции;
- системы сигнализации;
- УАТС и оконечное абонентское оборудование.

Для сети, изображенной на рис. 3.37, определены эталонные точки $x/f/q_3$, q_3/f , q_3 , q_x (рис. 3.38), в которых задаются стандартные интерфейсы. Рис. 3.38 отличается от предыдущего введением двух элементов — внутренней сети передачи данных и элемента *посредник* (медиатор, MD). Введение второй сети передачи данных указывает на более общий случай по сравнению с рис. 3.37, когда сеть TMN имеет собственную сеть обмена данными. Посредник вводится для физического и информационного согласования сети связи и сети TMN.

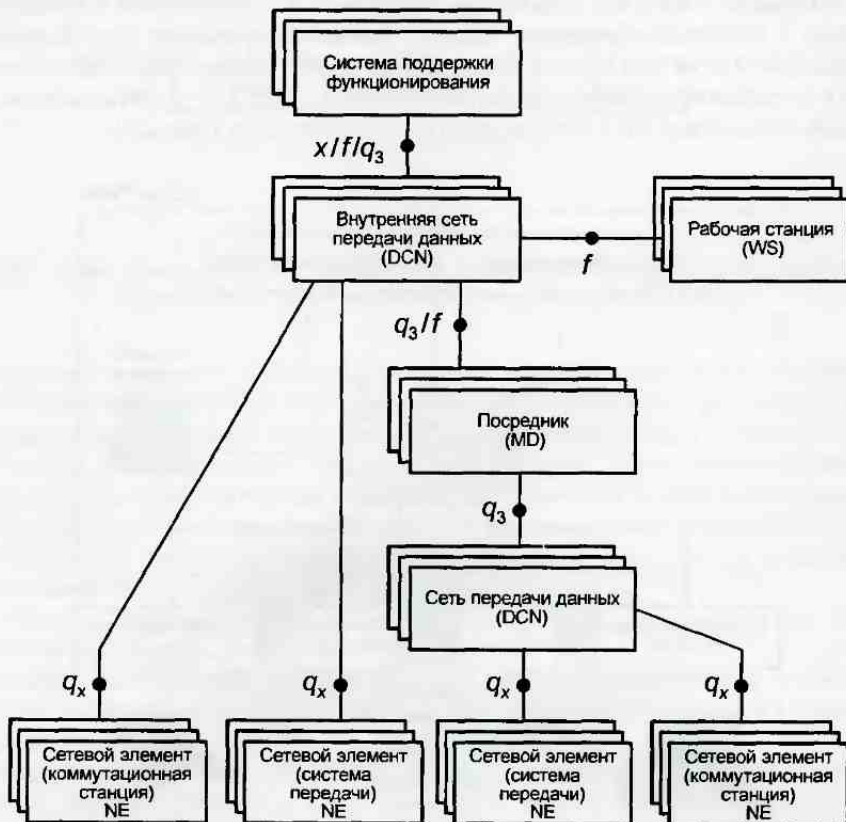


Рис. 3.38. Эталонные точки при взаимосвязи системы TMN и сетью связи

Согласно концепции TMN, на рис. 3.38 выделены *строительные блоки* — элементы, на которых строится система связи:

- сетевой элемент (NE);
- медиатор (MD);
- рабочая станция (WS);
- Q-адаптеры (в точках сопряжения q_3 и q_x).

Сеть передачи данных в число строительных блоков не включается.

3.10.5. Функциональная архитектура и ее связь с физической

Указанные строительные блоки могут выполнять следующие функции:

1. *Функции сетевых элементов* (NEF — Network Element Function), которые являются моделью произвольного элемента сети, подлежащего управлению. К ним относятся: базовые телекоммуникационные функции, которые обеспечивают обмен данными между пользователем и сетью связи (в спецификациях TMN не конкретизируются), и функции управления, позволяющие сетевому элементу выступать в роли агента.

2. *Функции поддержки функционирования* (OSF — Operations System Function), обеспечивающие выполнение функций поддержки системы (OSS) в TMN. Эти функции включают обработку, хранение и поиск управляющей информации. Они формируют ядро TMN. В соответствии с иерархией OSF определяются функции четырех уровней:

- управления элементами (OSF-NE);
- управления сетью (OSF-N);
- управления обслуживанием (OSF-S);
- административного управления (OSF-B).

3. *Функции посредника* (MF — Mediation Functions), осуществляющие обмен информацией между блоками NEF (или QAF) и OSF. Один блок MF способен соединить OSS с несколькими NE или Q-адаптерами. Кроме того, сами блоки MF могут объединяться в каскады. Среди блоков данного класса стоит специально отметить те, которые расширяют функциональность OSF (например, обеспечивая хранение и фильтрацию управляющей информации) и NEF (в частности, преобразуя эту информацию из локального представления в стандартное).

4. *Функции рабочих станций* (WSF — Work Station Functions), реализующие пользовательский интерфейс, посредством которого обслуживающий персонал и пользователи сети взаимодействует с сетью управления.

5. *Функции Q-адаптера* (QAF — Q-Adapter Functions), которые предназначены для взаимодействия с NE и OSS, имеющими не предусмотренные в TMN интерфейсы.

Каждый строительный блок может выполнять одну или несколько из перечисленных функций. Варианты размещения этих функций в физических компонентах показаны в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Соответствие между функциональными и строительными блоками

Физические компоненты	Функциональные блоки				
	NEF	MF	QAF	OSF	WSF
Сетевой элемент (NE)	●	○	○	○	○*
Медиатор (MD)		●	○	○	○
Q-адаптер			●		
Рабочая станция (WS)		○	○	●	○
Сеть передачи данных (DCN)					●
Примечание. ● — обязательное размещение; ○ — возможное размещение; * — только при наличии блока OSF или MF.					

Для обмена между функциональными блоками определены эталонные точки, в которых задаются протоколы обмена между процессами, обозначенными на рис. 3.38. Каждая из определенных выше эталонных точек реализуется физически в виде соответствующего интерфейса.

Интерфейс f — служит для связи рабочих станций с системами поддержки функционирования и посредниками.

Интерфейс x — предназначен для взаимодействия систем рассматриваемой TMN с системами поддержки функционирования других сетей TMN.

Интерфейсы q — обеспечивают взаимодействие сетевых элементов, систем поддержки функционирования, посредников и Q -адаптеров через сеть передачи данных. *Интерфейс q_3* , которому в TMN отведена центральная роль, служит для стыка с сетью передачи данных систем поддержки функционирования, посредников Q -адаптеров и сетевых элементов со встроенными функциями посредника.

Интерфейс q_x — используется при подключении сетевых элементов и Q -адаптеров к посреднику.

Интерфейсы TMN формально представляют собой определенный набор протоколов, процедур, форматов сообщений и семантики, предназначенных для передачи информации с использованием свойств управления в рамках объектно-ориентированной системы. На сегодняшний день наиболее проработанным интерфейсом TMN является q_3 , детали протоколов которого определены в Рекомендациях ITU-T Q.811 и Q.812.

3.10.6. Иерархия протоколов TMN

Иерархия сетевых протоколов разработана ISO и для TMN играет ту же роль, что модель OSI для систем связи. Она показывает, что одни и те же задачи по управлению сетью выполняются на различных уровнях. Эта логическая уровневая архитектура (LLA — Logical Layered Architecture) классифицирует задачи по сложности управляемых элементов (от отдельных устройств сети до межкорпоративных сетей). Пирамида уровней системы управления TMN показана на рис. 3.39, где условно показаны составляющие каждого уровня и их возможные взаимосвязи.

Уровень сетевых элементов (NEL — Network Element Layer) играет роль интерфейса между, как правило, базой данных со служебной информацией (MIB), находящейся на отдельном устройстве, и инфраструктурой TMN. Эта база данных отображает такие сетевые элементы, как, например, коммутационные станции, системы передачи, мультиплексоры, комплекты тестового оборудования. К этому уровню относятся Q -адаптеры и собственно сетевые элементы, которые согласуют работу сети связи и TMN.

Уровень управления элементами (EML — Element Management Layer) соответствует системам поддержки функционирования (OSS), контролирующим работу групп сетевых элементов. Этот уровень позволяет управлять группами сетевых элементов, реализует управляющие функции, которые специфичны для оборудования конкретного производителя, и эта специфика «маскируется» от вышележащих уровней. Примерами таких функций могут служить выявление аппаратных ошибок, контроль за энергопотреблением и рабочей температурой, сбор статистических данных, измерение степени использования вычислительных ресурсов, обновление микропрограммных средств. Данный уровень включает в себя устройства-посредники (хотя физически они могут принадлежать и к более высоким уровням), взаимодействующие с OSS через интерфейс q_3 .

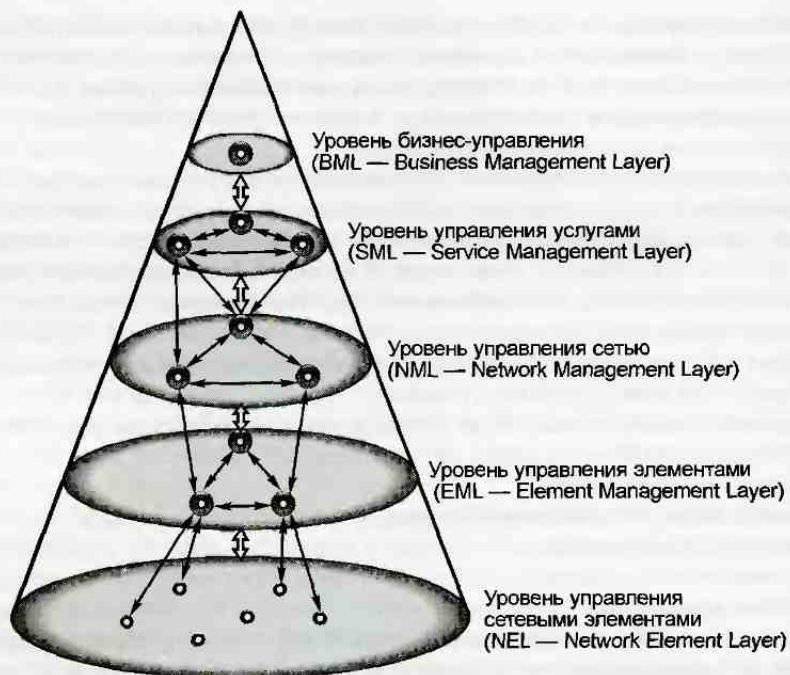


Рис. 3.39. Уровни системы управления сетью связи:

● — элемент сети;
 ● — элемент высокого уровня, представляющий группы элементов нижнего уровня

Уровень управления сетью (NML — Network Management Layer) формирует представление о сети в целом, базируясь на данных об отдельных сетевых элементах, которые передаются системами поддержки операций предыдущего уровня через интерфейс q_3 и не привязаны к особенностям продукции той или иной фирмы. Другими словами, на этом уровне осуществляется контроль за взаимодействием сетевых элементов, в частности, формируются маршруты передачи данных между оконечным оборудованием для достижения требуемого качества обслуживания (QoS), вносятся изменения в таблицы маршрутизации, отслеживается пропускная способности отдельных каналов, направлений и маршрутов, оптимизируется производительность сети и выявляются сбои в ее работе.

Уровень управления услугами (SML — Service Management Layer) охватывает те аспекты функционирования сети, с которыми непосредственно сталкиваются пользователи (абоненты или сервис-провайдеры). В соответствии с общими принципами LLA на этом уровне используются сведения, поступившие с уровня NML, но непосредственное управление маршрутизаторами, коммутаторами, соединениями и т.п. здесь уже невозможно. Вот некоторые функции, относящиеся к управлению услугами: контроль за качеством обслуживания (QoS) и выполнении условий контрактов на обслуживание (SLA — Service Level Agreement); управление регистрационными записями и подписчиками услуг; добавление или удаление пользователей; присвоение адресов; биллинг; взаимодействие с управляющими системами других провайдеров и организаций (через x -интерфейс).

Уровень бизнес-управления (*BML — Business Management Layer*) рассматривает сеть связи с позиций общих бизнес-целей компании-оператора. Он относится к стратегическому и тактическому управлению, а не к оперативному, как остальные уровни LLA. Здесь речь идет о проектировании сети и планировании ее развития с учетом бизнес-задач, составления бюджетов, организации внешних контактов и пр.

Таким образом, уровни LLA задают функциональную иерархию процедур управления сетью без физической сегментации административного программного обеспечения. Причина появления этой иерархии состоит в необходимости логического отделения функций управления отдельными сетевыми элементами от функций, относящихся к их группам и сетевым соединениям. Понятно, что приближение административных процедур к тем ресурсам, на которые направлено их воздействие, повышает эффективность управления. Кроме того, иерархия LLA позволяет использовать открытые стандартные интерфейсы для организации взаимодействия между разными уровнями.

Работы, выполняемые на каждом из уровней, представленных на рис. 3.39, выделены в пять функциональных областей (рис. 3.40):

- устранение неисправностей;
- управление рабочими характеристиками;
- управление конфигурацией;
- управление безопасностью;
- управление расчетами.

Эти работы определяют совокупность протоколов и услуг, обеспечивающих обмен управляющей информацией при взаимодействии управляющего процесса и управляемого ресурса с использованием общего набора сообщений. Эти услуги определяются в Рекомендации МСЭ-Т М.3200 — «Услуги управления TMN», которая в частности определяет концепции «Управление телекоммуникациями» и «Область управления».

Конкретные услуги подробно определяются в следующих документах серии М.32хх:

- М.3201 — управление трафиком;
- М.3202 — управление системами сигнализации;
- М.3203 — управление пользовательскими сервисами;
- М.3207.1 — управление каналами В-ISDN; в более ранней редакции — М.3205.

Рассмотрим более детально эти услуги (рис. 3.40).



Рис. 3.40. Классификация функций уровней управления сетью

Управление рабочими характеристиками (performance management) имеет целью контроль и поддержание на требуемом уровне основных характеристик сети. Оно включает сбор, обработку, регистрацию, хранение и отображение статистических данных о работе сети и ее элементов; выявление тенденций в их поведении и предупреждение о возможных нарушениях в работе.

Управление устранением неисправностей (fault management) обеспечивает возможности обнаружения, определения местоположения неисправностей в сети, их регистрацию; доведение соответствующей информации до обслуживающего персонала; выдачу рекомендаций по устранению неисправностей.

Управление конфигурацией (configuration management) обеспечивает инвентаризацию сетевых элементов (их типы, местонахождение, идентификаторы и т.п.); включение элементов в работу, их конфигурирование и вывод из работы; установление и изменение физических соединений между элементами.


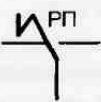


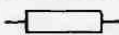



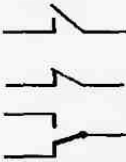


Управление расчетами (account management) осуществляет контроль над степенью использования сетевых ресурсов и поддерживает функции по начислению оплаты за это использование.

Управление безопасностью (security management) необходимо для защиты сети от несанкционированного доступа. Оно может включать ограничение доступа посредством паролей, выдачу сигналов тревоги при попытках несанкционированного доступа, отключение нежелательных пользователей или даже криптографическую защиту информации.

В заключение можно сказать, что разработка рекомендаций TMN еще не завершена, но их важность несомненна, поскольку они содержат описания эффективных и универсальных способов обработки сетевых элементов. Они задают функциональные возможности, охватывающие поддержание систем функционирования и обслуживания, определяют распределение функций, обеспечивая наиболее экономичным образом централизованное техническое обслуживание.

Приложение 1


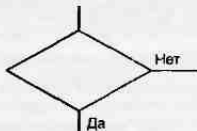
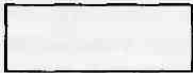
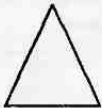


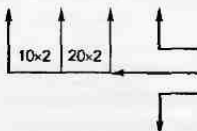


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

№ п.п.	Условное обозначение	Название	Краткое описание функции
Элементы устройств			
1		Звонок	Применяется для отправки вызова в телефонном аппарате
2		Рычажный переключатель	Передаёт информацию о положении телефонной трубки («трубка снята» – «трубка положена») в телефонном аппарате
3		Микрофон	Применяется в телефонном аппарате для преобразования энергии звука в электрическую энергию
4		Телефон	Применяется в телефонном аппарате для преобразования электрической энергии в звуковую
5		Резистор	Элемент электрической схемы
6		Конденсатор	Элемент электрической схемы
7		Клемма	Элемент, который служит для подключения внешних проводов
8		Трансформатор	Элемент электрической схемы
9		Контакты реле разомкнутый замкнутый переключающийся	Применяется для коммутации логических цепей комплектов, управляющих устройств станций и телефонного аппарата, например, в номеронабирателе
10		Аккумулятор или источник постоянного тока	Предназначен для электропитания электронных схем и устройств
11		Диод	Электронный элемент, предназначенный для выпрямления переменного тока, снятия перенапряжения

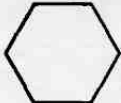


Продолжение таблицы

№ п.п.	Условное обозначение	Название	Краткое описание функции
Элементы коммутационного поля			
12		Шаговый искатель с вращательным движением	Искатель, у которого выход отыскивается с помощью вращательного движения механических деталей (щеток). Применяется при построении коммутационного поля декадно-шаговых АТС
13		Шаговый искатель с вращательным и подъемным движением	Искатель, у которого выход отыскивается с помощью подъема и вращательного движения механических деталей (щеток). Применяется при построении коммутационного поля декадно-шаговых АТС
14		Звено координатной АТС	Используется для построения станций координатной системы
Электропитающие устройства			
15		Преобразователь переменного тока в постоянный	Преобразование производится для получения постоянного напряжения. Например, для электропитания телефонной станции производится преобразование переменного тока с напряжением 380/220 В в постоянный ток напряжением 60 В
16		Преобразователь постоянного тока в постоянный	Преобразование постоянного тока в постоянный с другим номиналом напряжения
17		Преобразователь переменного тока в переменный	Преобразование переменного тока в переменный производится для передачи его по внутростанционной шине с изменением частоты на более высокую, что позволяет уменьшить габариты вторичных источников электропитания
Элементы структурных схем алгоритмов			
18		Вход	Состояние, точка алгоритма, когда процесс приостановлен в ожидании входа
19		Вход	Сигнал, поступающий в процесс из внешнего окружения или другого алгоритма

Продолжение таблицы

№ п.п.	Условное обозначение	Название	Краткое описание функции
20		Выход	Сигнал, передаваемый во внешнее окружение или в другой алгоритм
21		Условие	Точка алгоритма, когда выбирается один из возможных путей продолжения процесса в зависимости от значения условия в операторе
22		Задача	Действие в процессе, не являющееся ни одним из вышеуказанных операторов
Компоненты сетей связи			
23		Районная АТС — РАТС, центральная станция	Предназначена для обслуживания абонентов одного района в соответствии с ее емкостью
24		Узловая АТС — УС (узел входящей связи — УВС; узел исходящей связи — УИС; узел входящей-исходящей связи — УИВС)	Узловая АТС (транзитная станция) предназначена для концентрации нагрузки от районных и других оконечных станций
25		Распределительный телефонный шкаф	Распределительный телефонный шкаф предназначен для размещения устройств, позволяющих подсоединить пары жил кабелей, предназначенных для абонентских и соединительных линий
26		Распределительный участок	Географическая зона и устройства для объединения абонентских кабелей
27		Абонентская телефонная распределительная коробка	Предназначена для подсоединения абонентской проводки внутри зданий к магистральной сети
28		Антенна мобильной сети	Антенна, установленная на базовой станции сети мобильной радиосвязи

Продолжение таблицы

№ п.п.	Условное обозначение	Название	Краткое описание функции
29		Сота мобильной сети	Географическая зона покрытия одной базовой станцией, обслуживающей соединения с подвижными объектами
30		Маршрутизатор сети	Устройство, выполняющее выбор маршрута на основании собственной маршрутной таблицы или данных, содержащихся в заголовках сообщений
31		Мост	Устройство, объединяющее несколько однотипных сегментов сети со сходными протоколами обмена в сетевые фрагменты более крупного размера
32		Хост (оконечный терминал сети Интернет)	Конечный узел отправителя и получателя информации

Список сокращений

ACM	Address Complete Message	Сообщение о завершении соединения
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Асимметричная цифровая абонентская линия
AMI	Alternating Mark Inversion	Код с чередующейся полярностью импульсов
AMPS	Advanced Mobile Protocol System	Усовершенствованная служба мобильной связи
ANM	Answer Message	Ответ
ANSI	American National Standard Institute	Американский национальный институт стандартов
ARP	Address Resolution Protocol	Протокол разрешения адресов
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Асинхронный режим передачи
AU	Administrative Unit	Блок передачи административной информации
AUC	Authentication center	Центр аутентификации
AUG	Administrative Unit Group	Группа административных блоков информации
BGP	Border Gateway Protocol	Пограничный межсетевой протокол
BLA	Blocking Acknowledgment	Подтверждение блокировки
BLO	Blocking	Блокировка
BML	Business Management Layer	Уровень бизнес-управления
BSC	Base Station Controller	Контроллер базовой станции
BTS	Base Telephone Station	Базовая телефонная станция
C/R	Command/Response bit	Бит команда/отклик
CAP	Carrierless Amplitude Phase modulation	Амплитудно-фазовая модуляция с подавлением несущей
CDMA	Code Division Multiple Access	Многостанционный доступ с кодовым разделением
CIC	Circuit Identification Code	Код идентификации канала
CLP	Cell Loss Priority	Приоритет при потере ячейки
CMIP	Common Management Information Protocol	Общий протокол управления информацией обслуживания
CORBA	Common Object Request Broker Architecture	Общая архитектура с передачей запросов к объекту через посредника
CPC	Calling Party's Category	Категория участников соединения
CPN	Called Party Number	Номер вызванного абонента
CPNI	Called Party Number Indicator	Индикатор номера вызванного абонента
CPNV	Called Party Number Values	Значение цифр номера вызванного абонента
CRG	Charge	Оплата
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection	Многостанционный доступ с контролем несущей и устранением конфликтов
DCE	Data Circuit Terminating Equipment	Оконечное оборудование канала передачи данных
DMT	Digital Multitone	Цифровой многотональный сигнал
DNS	Domain Name System	Служба доменных имен
DPC	Destination Point Code	Код пункта назначения
DS	Digital System	Цифровая система
DSS-1	D System Signalization	Система сигнализации по D-каналу
DTE	Data Terminal Equipment	Оконечное оборудование передачи данных
DUP	Data User Part	Подсистема пользователя сети передачи данных
EA	Extended Address bit	Бит расширения адреса
EIR	Equipment Identification Register	Регистр идентификации оборудования

EML	Element Management Layer	Уровень управления элементами
ET	Exchange Terminal	Станционное окончание
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	Европейский институт телекоммуникационных стандартов
Ext	Extension	Расширение (дополнительный код)
FCI	Forward Call Indicator	Прямой бит индикации
FCS	Frame Check Sequence	Последовательность контроля кадра
FDM	Frequency Division Multiplexing	Мультиплексирование с частотным разделением
FISU	Fill In Signal Unit	Заполняющая сигнальная единица
FL	Flag	Флаг
FTMP	File Transfer and Management Protocol	Протокол передачи и управления файлами
FTP	File Transfer Protocol	Протокол передачи файлов
GFC	Generic Flow Control	Управление унифицированным потоком Общее управление потоком
GSM	Global System for Mobile telecommunication	Глобальная система мобильной связи
HDB N	High Density Bipolar of Order N	Биполярный код высокой плотности N-ого порядка
HDSL	High data rate Digital Subscriber Line	Цифровая абонентская линия с высокой скоростью передачи данных
HEC	Header Error Control	Контроль ошибок в заголовке
HLR	Home Local Register	Домашний регистр местоположения
IAM	Initial Address Message	Первоначальное сообщение
ICMP	Internet Control Message Protocol	Протокол сообщений управления сети Интернет
ID	Identifier	Идентификатор
IGMP	Internet Group Message Protocol	Протокол управления группами сети Интернет
INAP	Intelligent Application Protocol	Протокол приложения интеллектуальной сети
INR	Information Request	Запрос номера абонента
IP	Internet Protocol	Протокол сети Интернет
IPr	Intelligent Peripheral	Интеллектуальная периферия
ISDN	Integrated Service Digital Network	Цифровая сеть интегрального обслуживания
ISO	International Standards Organization	Международная организация по стандартизации
ISP	International Signalization Point	Международный узел сигнализации
ISUP	ISDN User Part	Подсистема пользователей ISDN
ITU-T	International Telecommunications Union — Telecommunication Standardization Sector	Международный союз электросвязи — сектор стандартизации электросвязи
JPEG	Joint Photographic Expert Group	Объединенная группа экспертов по фотоизображениям
LAN	Local Area Network	Локальная сеть
LI	Length Indicator	Индикатор длины
LLA	Logical Layered Architecture	Логическая уровневая архитектура
LSSU	Link Status Signal Unit	Сигнальная единица состояния звена передачи данных
MAP	Mobile Application Part	Подсистема пользователей мобильной связи
MF	Mediation Functions	Функции посредника
MFP	Mandatory Fixed Part	Обязательная фиксированная часть

MPEG	Motion Picture Expert Group	Группа экспертов по вопросам движущихся изображений
MSC	Mobile Switching Center	Центр коммутации подвижной связи
MSOH	Multiplex Section Overhead	Заголовок мультиплексной секции
MSU	Message Signal Unit	Значащая сигнальная единица
MTP	Message Transfer Part	Подсистема передачи сообщений (сигнализации)
MTS	Mobile Telephone Station	Подвижная станция
MVP	Mandatory Variable Part	Обязательная переменная часть
NCI	Nature of Connection Indicator	Индикатор среды обмена
NE	Network Elements	Сетевой элемент
NEF	Network Element Function	Функция сетевого элемента
NEL	Network Element Layer	Уровень сетевого элемента
NFS	Network File System	Протокол системы сетевых файлов сети Интернет
NML	Network Management Layer	Уровень управления сетью
NMT	Nordic Mobile Telephony	Скандинавская система подвижной телефонной связи
NSP	National Signalization Point	Узел национальной сети сигнализации
NT	Network Terminal	Сетевой терминал
OH	OverHead	Заголовок
OMAP	Operation, Maintenance, Administration Part	Подсистема технического обслуживания, управления и администрирования
OP	Optional Part	Необязательная часть
OPC	Origination Point Code	Код пункта отправления
ORB	Object Request Broker	Посредник объектных запросов
OSF	Operations System Functions	Функции системы управления
OSI	Open System Interconnection	Взаимодействие открытых систем
OSPF	Open Shortest Path First	Первоочередное открытие наикратчайших путей
OSS	Operations Support System	Система поддержки функционирования
PD	Protocol Discriminator	Определитель протокола
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Плещиохронная цифровая иерархия
PMVP	Pointer to Mandatory Variable Part	Указатель начала обязательной переменной части
POH	Path Overhead	Маршрутный заголовок
POP	Point to Optional Part	Указатель начала необязательной части
QAF	Q-Adapter Function	Функция Q-адаптера
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Квадратурная амплитудная модуляция
RARP	Reserve Address Resolution Protocol	Протокол обратного преобразования адресов
REL	Release	Освобождение
RES	Resume	Возобновление соединения
RIP	Routing Information Protocol	Протокол маршрутной информации
RL	Routing Label	Маршрутная метка
RLC	Release Complete	Завершение освобождения
RNG	Ringng	Посылка вызова
RPC	Remote Procedure Call	Вызов удаленной процедуры
RSOH	Regenerator Section Overhead	Заголовок регенераторной секции

SABME	Set Asynchronous Balanced Mode Extended	Установка расширенного асинхронного балансного режима
SAM	Subsequent Address Message	Набор номера (последовательная передача адреса)
SAPI	Serves Access Point Identifier	Идентификатор точки доступа к сервису
SCEP	Service Creation Environment Point	Узел среды создания услуг
SCP	Service Control Point	Узел управления доступом
SCCP	Signaling Connection Control Part	Подсистема управления соединением каналов сигнализации
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Синхронная цифровая иерархия
SDL	Specification and Description Language	Язык спецификаций и описаний
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line	Симметричная цифровая абонентская линия
SIO	Service Information Octet	Октет информации об обслуживании
SLA	Service Level Agreement	Соглашение об уровне обслуживания
SLS	Signaling Link Selection	Выбор звена сигнализации
SML	Service Management Layer	Уровень управления услугами
SMP	Service Management Point	Узел эксплуатационного управления услугами
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	Простой протокол электронной почты
SNMP	Simple Network Management Protocol	Простой протокол сетевого управления
SOH	Section OverHead	Секционный заголовок
SP	Signaling Point	Узел сигнализации
SSCP	Service Switching and Control Point	Уровень коммутации и управления услугами
SSP	Service Switching Point	Узел коммутации услуг
STM	Synchronous Transport Module	Синхронный транспортный модуль
SUS	Suspend	Приостановка соединения
TCAP	Transaction Capabilities Application Part	Прикладная подсистема управления возможностями транзакций
TCP	Transfer Control Protocol/Internet Protocol	Протокол управления передачей/Интернет-протокол
TE	Terminal Equipment	Терминальное оборудование
TEI	Terminal Equipment Identifier	Идентификатор терминального оборудования
TFTP	Trivial File Transfer Protocol	Простейший протокол передачи файлов
TMN	Telecommunications Management Network	Телекоммуникационная сеть управления
TMR	Transmission Medium Requirement	Требуемая среда передачи
TUG	Tributary Unit Group	Группа трибутарных блоков
TUP	Telephone User Part	Пользовательская подсистема телефонной сигнализации
UDP	User Datagram Protocol	Протокол пользовательских дейтограмм
UI	Unnumbered information	Ненумерованная информация (кадр)
VCI	Virtual Channel Identifier	Идентификатор виртуального канала
VDSL	Very High data rate Digital Subscriber Line	Сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия
VLR	Visit Local Register	Визитный регистр местоположения
VPI	Virtual Path Identifier	Идентификатор виртуального пути
WAN	Wide Area Network	Глобальная сеть
WS	Work Station	Рабочая станция
WSF	Work Station Functions	Функции рабочей станции
xDSL	Digital Subscriber Line	Цифровая абонентская линия

АВС	Анализатор вида связи
АИ	Абонентское искание
АИМ	Амплитудно-импульсная модуляция
АК	Абонентский комплект
АКН	Анализатор кода направления
АКС	Анализатор кода станции
АМТС	Автоматическая междугородняя телефонная станция
АТС-К	АТС координатная
АТС-КУ	АТС координатной системы усовершенствованная
АЦП	Аналого-цифровой преобразователь
БАЛ	Блок абонентских линий
БСЛ	Блок соединительных линий
БТС	Базовая телефонная станция
ВИ	Вспомогательный служебный индикатор
ВМ	Выбирающий магнит
ВОЛС	Волоконно-оптическая линия связи
В-П-В	Время-пространство-время
ВС	Выносная станция
ВЦК	Вторичный цифровой канал
ВШК	Входящий шнуровой комплект
ГИ	Групповое искание
Гр.ПУ и Инд.ПУ	Пробные устройства (групповое и индивидуальные)
ГТС	Городская телефонная сеть
ДВМ	Дополнительный выбирающий магнит
ДИКМ	Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция
ДРМ	Домашний регистр местоположения
ДШС	Декадно-шаговая станция
Зв.	Звонок
ЗСЕ	Заполняющая сигнальная единица
ЗУ	Запоминающее устройство
ИД	Индикатор длины
ИКМ	Импульсно-кодовая модуляция
ИП	Интеллектуальная периферия
ИСЕ	Информационная сигнальная единица
ИШК	Исходящий шнуровой комплект
КАМ	Квадратурная амплитудная модуляция
КБС	Контроллер базовой станции
КГПЛ	Коммутатор групп промежуточных линий
КН	Коммутатор направлений
КП	Кодовый приемник
КПП	Кодовый приемопередатчик
КСЛВ	Комплект соединительных линий входящий
КСЛИ	Комплект соединительных линий исходящий
КЯ	Кабельный ящик
ЛИ	Линейное искание
МАВ	Маркер звеньев А, В
МCD	Маркер звеньев С, D
МАИ	Маркер абонентской ступени искания

МГИ	Маркер групповой ступени
Мк	Микрофон
МКС	Многokратный координатный соединитель
МПП	Многочастотный приемопередатчик
МПС	Международный пункт сигнализации
МРИ	Маркер регистрового искания
МТС	Мобильная телефонная станция
МЧПП	Много частотный приемопередатчик
НПС	Национальный пункт сигнализации
ОСД	Определитель блока СD
ОАА	оборудование аутентификации абонента
ОАЛ	Определитель абонентских линий
ОБИ	Обратный бит индикации
ОВЛ	Определитель входящих линий
ОВС	Определитель вида сообщения
ОКС	Общий канал сигнализации
ОПН	Обратный порядковый номер
ОЦК	Основной цифровой канал
ПБИ	Прямой бит индикации
ПИ	Предварительное искание
ПНН	Приемник набора номера
ППН	Прямой порядковый номер
ПНЯ	Приоритет потери ячейки
Прд	Передатчик
Прм	Приемник
ПСИ	Поле сигнальной информации
ПУАЛ	Подключающее (пробное) устройство абонентских линий
ПУИЛ	Подключающее (пробное) устройство исходящих линий
ПЦК	Первичный цифровой канал
РАТС	Районная АТС
РИ	Регистровое искание
РИО	Регистр идентификации оборудования
РК	Распределительная коробка
Рп	Рычажный переключатель
РПО	Распределитель перемены очередности
РСЛ	Реле соединительной линии или канала системы передачи
РСЛВ	Комплект реле соединительной линии входящий
РШ	Распределительный шкаф
СЕ	Сигнальная единица
СЛ	Соединительная линия
СЛМ	Соединительная линия (междугородняя)
СТОУ	Система технического обслуживания и управления
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
СЭУ	Система эксплуатационного управления
Тлф	Телефон
ТПН	Тип полезной нагрузки
ТфОП	Телефонная сеть общего пользования
ТЦК	Третичный цифровой канал

УАК	Узел автоматической коммутации
УБУ	Уровень бизнес-управления
УВС	Узел входящего сообщения
УИВС	Узел исходящего и входящего сообщений
УК	Узел коммутации
УКУ	Узел коммутации услуг
УМ	Удерживающий магнит
УПАТС	Учрежденческо-производственная АТС
УС	Узловая станция
УСС	Узел специальных служб
УСЭ	Уровень сетевых элементов
УУС	Уровень управления сетью
УУУ	Узел управления услугами
УУЭ	Уровень управления элементами
ФМ	Фазовая модуляция
ФПО	Функции поддержки операций
ФС, ФД и ФЕ	Фиксаторы сотен, десятков, единиц
ФСЭ	Функции сетевых элементов
ЦАП	Цифро-аналоговый преобразователь
ЦКПС	Центры коммутации подвижной связи
ЦС	Центральная станция
ЦСИО	Цифровая система интегрального обслуживания
ЧНН	Час наибольшей нагрузки
ЧПИ	Чередующаяся полярность импульсов
ЧЦК	Четвертичный цифровой канал
ШЦСИО	Широкополосная цифровая система интегрального обслуживания

Литература

1. *Аваков Р.А., Шилов О.С., Исаев В.И.* Основы автоматической коммутации. — М.: Радио и связь, 1981.
2. *Афанасьев В.В., Горностаев Ю.М.* Эволюция мобильных сетей. — М.: МЦНТИ, 2001.
3. *Ахо А., Хопкфорт, Ульман Дж.* Построение и анализ вычислительных алгоритмов. Пер. с англ. / Под редакцией Ю.В. Матиясевича. — М.: Изд-во «Мир», 1979.
4. *Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Никитин А.Н., Сиверс М.А.* Системы с кодовым разделением каналов. — СПб: СПбГУТ, 1999.
5. *Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Петраков В.А., Рыжков А.Е., Сиверс М.А.* Передача информации в системах подвижной связи. — СПб: СПбГУТ, 1999.
6. *Байрен Дж.* Передача речи по сетям связи Frame Relay // Сети и системы связи. — 1996. — № 7.
7. *Баркун М.А., Ходасевич О.Р.* Цифровые системы синхронной коммутации. — М.: Эко-Трендз, 2001.
8. *Беллами Дж.* Цифровая телефония / Пер. с англ. — М.: Эко-Трендз, 2004.
9. *Берлин А.Н.* Устройства системы и сети коммутации. — СПб.: Петеркон, 2003.
10. *Берлин А.Н.* Алгоритмическое обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1986.
11. *Берлин А.Н., Борцов Ю.В., Шалаев А.Я.* Система коммутации 5ESS. Принципы построения: Учебное пособие. — СПб: СПбГУТ, 1997.
12. *Берлин А.Н.* Универсальная программа и ее применение. — СПб.: Петеркон, 2001.
13. *Берлин А.Н.* Об аналитическом способе представления функций управления в коммутационной технике // Техника средств связи. Сер. ТПС, вып. 4(12), 1977, с. 12–22.
14. *Берлин Б.З., Брискер А.С., Васильева Л.С. и др.* Городская телефонная связь: Справочник / Под ред. А.С. Брискера и К.П. Мельникова. — М.: Радио и связь, 1987.
15. *Васильева Л.С., Лифшиц Б.С., Мовшович И.Е., Носоновский И.З.* Усовершенствованные городские координатные АТС типа АТСК-У. Принципы построения. — М.: Радио и связь, 1986.
16. *Васильева Л.С., Лифшиц Б.С., Мовшович И.Е., Носоновский И.З., Матвеев М.М.* Коммутационное оборудование городских координатных АТСК-У. — М.: Радио и связь, 1991.
17. *Вемян Г.В.* Качество телефонной передачи и его оценка. — М.: Связь, 1970.
18. *Гиттин В.Я., Кочановский Л.Н.* Волоконно-оптические системы передачи. — М.: Радио и связь, 2003.
19. *Голубев А.Н., Иванов Ю.П., Левин Л.С.* Аппаратура ИКМ-30А / Под ред. Ю.П. Иванова и Л.С. Левина. — М.: Радио и связь, 1983.
20. *Гольдштейн Б.С.* Сигнализация в сетях связи. — Том 1, 2. — М.: Радио и связь, 1998.
21. *Гольдштейн Б.С.* Системы коммутации. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
22. *Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д.* Интеллектуальные сети — М.: Радио и связь, 2000.
23. *Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л.* IP-телефония — М.: Радио и связь, 2001.
24. *Гольдштейн Б.С., Фрайкман В.А.* Call-центры и компьютерная телефония. — СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
25. *Гольдштейн Л.М., Сосонко С.М.* Сельско-пригородные узлы ГТС. — М.: Связь, 1973.
26. *Горелов Г.В. и др.* Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях. — М.: Радио и связь, 2001.
27. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление подготовки дипломированного специалиста «Телекоммуникации». Министерство Высшего образования РФ. — М., 2000.
28. *Готтлиб И.М.* Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. — М.: Постмаркет, 2000.
29. *Громаков Ю.А.* Стандарты и системы подвижной радиосвязи. — М.: Эко-Трендз, 2000.
30. *Гринбаум И.И. и др.* Аппаратура автоматического опознавания номера (АОН). — М.: Связь, 1973.
31. *Давыдкин П.Н., Колтунов М.Н., Рыжков А.В.* Тактовая сетевая синхронизация. — М.: Эко-Трендз, 2004.
32. *Данилов В.И.* Сотовые телефонные сети стандарта GSM: Учеб. пособие. — СПб.: СПбГУТ, 1996.
33. *Денисьева О.М., Мирошников Д.Г.* Средства связи для последней мили. — М.: Эко-Трендз, 1998.
34. *Дijkstra Э.* Дисциплина программирования. — М.: Мир, 1979.

35. *Жарков М.А., Кучерявый Е.И.* Система общеканальной сигнализации № 7 // Вестник связи. — 1997. — № 1.
36. *Захаров Г.П., Симонов М.В., Яновский Г.Г.* Службы и архитектуры широкополосных цифровых сетей интегрального обслуживания / Электронные знания, ТЭК. — М.: Эко-Трендз, 1993.
37. *Иванова О.Н., Метельский Г.Б., Кооп М.Ф., Коханова З.С.* Автоматические системы коммутации / Под ред. О.Н. Ивановой — М.: Радио и связь, 1988.
38. *Иванова Т.И.* Абонентские терминалы и компьютерная телефония. — М.: Эко-Трендз, 1999.
39. *Иванова Т.И.* Корпоративные сети связи. — М.: Эко-Трендз, 2001.
40. *Игнатъев В.О., Алексеев Б.Е., Россиков В.В.* Программное обеспечение АТС. — М.: Радио и связь, 1981.
41. *Иносэ Ч.* Интегральные цифровые сети связи: Введение в теорию и практику / Пер. с англ. — М.: Мир, 1992.
42. *Калинцев Ю.К.* Разборчивость в цифровых вокодерах. — М.: Радио и связь, 1991.
43. *Карташевский В.Г.* Цифровая коммутационная система АХЕ-10. — М.: Радио и связь, 2000.
44. *Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В.* Сети подвижной связи. — М.: Эко-Трендз, 2001.
45. *Катленд Н.* Вычислимость. Введение в теорию рекурсивных функций: Пер. с англ. — М.: Мир, 1983.
46. *Кирюшин Г.В., Маслов О.Н., Шаталов В.Г.* Проектирование, развитие и электромагнитная безопасность сетей сотовой связи стандарта GSM. — М.: Радио и связь, 2000.
47. *Кловский Д.Д.* Передача дискретных сообщений по радиоканалам. — М.: Радио и связь, 2001.
48. *Кожанов Ю.Ф.* Расчет и проектирование электронных АТС. Справочник. — М.: Радио и связь, 1991.
49. *Кожанов Ю.Ф.* Основы автоматической коммутации. — СПб.: SIMENS, 1999.
50. *Кожанов Ю.Ф.* Протоколы и интерфейсы в цифровой сети с коммутацией каналов. — СПб.: SIMENS, 2002.
51. *Кох Р., Яновский Г.Г.* Эволюция и конвергенция в электросвязи. — М.: Радио и связь, 2001.
52. *Кривошеев М.И., Федунин В.Г.* Интерактивное телевидение. — М.: Радио и связь, 2000.
53. *Лазарев В.Г.* Интеллектуальные цифровые сети: Справочник / Под ред. Н.А. Кузнецова. — М.: Финансы и статистика, 1996.
54. *Лазарев В.Г., Савин Г.Г.* Сети связи, управление и коммутация. — М.: Связь, 1973.
55. *Лазарев В.Г., Пийль Е.А.* Синтез управляющих автоматов. — М.: Энергия, 1978.
56. *Лутов М.Ф., Жарков М.А., Юнаков П.А.* Квазиэлектронные и электронные АТС. — М.: Радио и связь, 1988.
57. *Максимов Г.З., Пшеничников А.П., Харитонова Е.Н.* Автоматическая сельская электросвязь. — М.: Радио и связь, 1985.
58. *Мальцев А.И.* Алгоритмы и рекурсивные функции. — 2-ое издание. М.: Наука, 1986.
59. *Манохин В.А.* Применение метода таблиц решений для контроля и диагностики устройств управления КЭАТС, серия ТПС, 2.12, 1977.
60. *Манохин В.А.* Формализация разработки системных алгоритмов для коммутационной техники. — Техника средств связи, сер. ТПС, вып. 4(49), 1980.
61. *Марков А.А., Назорный Н.М.* Теория алгоритмов. — М.: Наука, 1984.
62. *Назаров А.Н., Симонов М.В.* АТМ: технология высокоскоростных сетей. — М.: Эко-Трендз, 1998.
63. *Назаров А.Н., Прохоров Ю.Н.* Методы цифровой обработки и передачи речевых сигналов. — М.: Радио и связь, 1985.
64. *Невдяев Л.М.* Мобильная связь 3-го поколения. — М.: МЦНТИ (Международный центр научной и технической информации), «Мобильные коммуникации», 2000.
65. *Невдяев Л.М.* Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь справочник. Под редакцией Ю.М. Горностаева. Серия «Связь и бизнес» — М.: МЦНТИ (Международный центр научной и технической информации), «Мобильные коммуникации», 2000.
66. *Новосельский А.И.* И Звукам тесно и мыслям просторно // Компьютеры + программы, 1996, № 6, с. 21–26.
67. *Овчинников А.М.* Открытые стандарты цифровой транкинговой радиосвязи. — М.: МЦНТИ, Мобильные коммуникации, 2000.

68. *Петраков А.В., Лагутин В.С.* Защита абонентского телетрафика. — М.: Радио и связь, 2001.
69. *Предко М.* Руководство по микроконтроллерам. — Том 1, 2. — М.: Постмаркет, 2001.
70. *Проихв Дж.* Цифровая связь. — М.: Радио и связь, 2000.
71. *Ратынский М.В.* Основы сотовой связи. — М.: Радио и связь, 2000.
72. *Росляков А.В.* Общеканальная система сигнализации № 7. — М.: Эко-Трендз, 1999.
73. *Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В.* IP-телефония. — М.: Эко-Трендз, 2001.
74. *Сафронов В.Д., Щербаков Ю.И.* Зарубежные электронные цифровые системы коммутации. Ч. 2: Учеб. Пособие / ЛЭИС. — Л., 1989.
75. *Семенов А.Б.* Структурированные кабельные системы. Стандарты, компоненты, проектирование, монтаж и техническая эксплуатация. — М.: КомпьютерПресс, 2001.
76. *Слепов Н.Н.* Синхронные цифровые сети SDH. — М.: Эко-Трендз, 1997.
77. *Слепов Н.Н.* Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи. — М.: Радио и связь, 2000.
78. *Слепов Н.Н.* Толковый словарь сокращений в области связи, компьютерных и информационных технологий. — 2-е изд. — М.: Радио и связь, 2000.
79. *Солоков Н.А.* Эволюция местных телефонных сетей. — Пермь: ТОО Типография Книга, 1994.
80. *Соловьев А.А.* Пейджинговая связь. — М.: Эко-Трендз, 2000.
81. *Суторихин Н.Б., Голомшток Л.В., Зарецкий К.А.* Надежность электронных коммутационных узлов и станций. — М.: Радио и связь, 1981.
82. *Убайдуллаев Р.Р.* Волоконно-оптические сети. — М.: Эко-Трендз, 2000.
83. *Феер К.* Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. — М.: Радио и связь, 2000.
84. *Шварц М.* Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. В 2-х частях / Пер. с англ. — М.: Наука, 1992.
85. *Шелухин О.И.* Цифровая обработка и передача речи. — М.: Радио и связь, 2000.
86. *Шехтман Л.И.* Системы телекоммуникаций: проблемы и перспективы. — М.: Радио и связь, 1998.
87. *Behrouz, Forouzan.* TCP/IP Protocol (Second Edition). — McGraw Hill, 2002.
88. *Behrouz, Forouzan.* Local Area Networks (First Edition). — McGraw Hill, 2003.
89. *Leon-Garcia A., I.Wadjaja* Communication Networks. Fundamental concepts and key architectures. — Mc Graw Hill, Higher education, 2001.
90. *Newton's Telecom Dictionary.* CMP-Books, San-Francisco, 20 Edition, 2004.
91. *Gilster R.* Fundamentals of Wireless Networking. Mc Graw Hill, Technology Education, 2004.
92. Основы CORBA. Источник: <http://www.optim.ru/cs/1998/4/corba/corba.asp>
93. *Иванов Герман.* Неформальное введение в объектно-ориентированное программирование на платформе .NET Framework // Компьютерная газета № 13–14.
Источник: <http://msk.nestor.minsk.by/kg/2003/14/kg31403.html>
94. Основы CORBA. Источник: <http://www.optim.ru/cs/1998/4/corba/corba.asp>
95. CORBA — Архитектура распределенных объектов.
Источник: <http://www.citforum.ru/database/articles/corba.html>

Издание для специалистов

Александр Наумович БЕРЛИН

КОММУТАЦИЯ В СИСТЕМАХ И СЕТЯХ СВЯЗИ

ЛР № 065232 от 20.06.97

Подписано в печать с оригинал-макета 16.03.2006.

Формат 70×100/16. Тираж 2000 экз.

Бумага офсетная № 1. Гарнитура таймс.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 27,7. Зак. № 3254

Информационно-технический центр «Эко-Трендз».

Отпечатано в ППП «Типография «Наука»,
121099, Москва, Шубинский пер., 6



Берлин Александр Наумович, профессор, доктор технических наук.

После окончания в 1959 году ЛЭИС им. проф. М.А. Бонч-Бруевича работал в Научно-производственном объединении «Красная Заря». Занимался созданием координатных, квазиэлектронных, электронных и цифровых систем коммутации. В 1965 году защитил кандидатскую, в 1984 — докторскую диссертации, посвященные синтезу устройств и программ в коммутационных системах.

С 1991 года работал в С.-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. С 1993 по 2001 год заведовал кафедрой систем распределения информации. Имеет большой опыт научных исследований, разработки и эксплуатации систем коммутации. Опубликовал более 50 работ, посвященных теоретическим вопросам разработки средств телекоммуникаций, в том числе книги «Алгоритмическое обеспечение АТС», «Синтез логических устройств в коммутационной технике», «Универсальная программа и принципы ее применения», под его редакцией (совместно с Ю.Н. Чернышовым) вышла на русском языке классическая монография Д. Беллами «Цифровая телефония».

Книги издательства «Эко-Трендз» — Инженерная энциклопедия ТЭК

Технологии Электронных Коммуникаций*Бакланов И.Г.* ТЕСТИРОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ СВЯЗИ*Бакланов И.Г.* ТЕХНОЛОГИИ ИЗМЕРЕНИЙ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ

Часть 1. Системы E1, PDN, SDN

Часть 2. Системы синхронизации B-ISDN, ATM

Беллами Д. ЦИФРОВАЯ ТЕЛЕФОНΙΑ (перевод с англ.)*Бузов А.Л., Быховский М.А. и др.* УПРАВЛЕНИЕ РАДИОЧАСТОТНЫМ СПЕКТРОМ

И ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОСИСТЕМ

Воробьев А.В. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ*Воронцов А.С. и др.* ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ СВЯЗИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА*Власов В.Е., Парфенов Ю.А.* КАБЕЛИ ЦИФРОВЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ*Волков Л.Н., Немировский М.С., Шинаков Ю.С.* СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ:

БАЗОВЫЕ МЕТОДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Гребешков А.Ю. СТАНДАРТЫ И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЯМИ СВЯЗИ*Григорьев В.А.* ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ РАДИОСВЯЗИ*Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А.* СЕТИ И СИСТЕМЫ РАДИОДОСТУПА*Голяницкий И.А.* МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ В РАДИОСВЯЗИ*Громаков Ю.А., Голяницкий И.А., Шевцов В.А.* ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РАДИОСИГНАЛОВ

БОЛЬШИМИ СИСТЕМАМИ

Громаков Ю.А., Северин А.В., Шевцов В.А. ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В GSM И UMTS*Довгий С.А. и др.* СОВРЕМЕННЫЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ. ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА*Иванова Т.И.* КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕЛЕФОНИИ*Игнатов А.Н.* ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА*Карташевский В.Г. и др.* СЕТИ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ*Карташевский В.Г. и др.* ЦИФРОВЫЕ АТС ДЛЯ СЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ*Колтунов М.Н., Рыжков А.В., Давыдкин П.Н.* ТАКТОВАЯ СЕТЕВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ*Лагутенко О.И.* СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕМЫ*Лихтциндер Б.Я. и др.* МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ АТМ-СЕТИ*Муссель К.М.* ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ И БИЛЛИНГ УСЛУГ СВЯЗИ*Парфенов Ю.А.* КАБЕЛИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ*Парфенов Ю.А., Мирошников Д.Г.* ЦИФРОВЫЕ СЕТИ ДОСТУПА*Попов В.И.* ОСНОВЫ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТА GSM*Резникова Н.П.* МАРКЕТИНГ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ*Резникова Н.П. и др.* МЕНЕДЖМЕНТ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯХ*Росляков А.В.* ОБЩЕКANAЛЬНАЯ СИСТЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ №7*Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шibaева И.В.* ЦЕНТРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ (CALL CENTRE)*Соловьев Ю.А.* СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ*Сухман А.В., Бернов А.В., Шевкопляс Б.В.* СИНХРОНИЗАЦИЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ:

АНАЛИЗ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ

ТВОРЦЫ РОССИЙСКОЙ РАДИОТЕХНИКИ. Под ред. М.А. Быховского

Чаадаев В.К. БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ В КОМПАНИЯХ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ*Чаадаев В.К., Шеметова И.В., Шibaева И.В.* ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

КОМПАНИЙ СВЯЗИ. СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ