კახა ხოშტარია, ჯანიკო ხუნწარია, ვახტანგ აბულაძე

სინქრონული ციფრული იერარქიის მოკლე მიმოხილვა

(კონსპექტი)

თბილისი

2003

სარჩევი

	წინასიტყვაობა -	3
	შესავალი - - - - - - - - - - - - - - - - - - -

წინასიტყვაობა

თანამედროვე ციფრული პირველადი ქსელი აიგება სამი ძირითადი ტექნოლოგიის ბაზაზე: პლეზიოქრონული ციფრული იერარქიის (PDH), სინქრონული ციფრული იერარქიის (SDH) და ასინქრონული გადატანის რეჟიმის (ATM). თუ ATM და SDH ტექნოლოგიების შერწყმა მიიჩნევა ფართოზოლოვანი ინტეგრირებული მომსახურების ციფრული ქსელის (B-ISDN)-ის განხორციელების საფუძვლად, პირველად ქსელებში მულტიპლექსირების ტექნოლოგიის განვითარების დღევანდელ ეტაპზე ძირითად ტენდენციას წარმოადგენს PDH-დან SDH-ზე გადასვლა.

SDH ტექნოლოგიის გამოყენება შესაძლებელს ხდის სრულად იქნას რეალიზებული ოპტიკურ-ბოჭკოვანი ხაზების შესაძლებლობები და შეიქმნას მოქნილი ქსელური კონფიგურაციები, სადაც ერთიანი ქსელის ფარგლებში შერწყმულია მაღალხარისხიანი საიმედო კავშირის ავტომატიზირებული მართვის, კონტროლისა და მომსახურების პროცესები.

სინქრონული ციფრული იერარქიის სისტემები ფართოდ არის გავრცელებული მთელ მსოფლიოში და საკმაოდ ინტენსიურად ინერგება საქართველოშიც.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, სინქრონული ციფრული იერარქიის საკითხების საფუძვლიანი შესწავლა აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

კონსპექტში მოცემულია SDH-ის ზოგადი მიმოხილვა, რომელიც საშუალებას მისცემს მკითხველს, შეექმნას გარკვეული წარმოდგენა SDH-ის საკვანძო საკითხებზე.

შესავალი

ტელეკომუნიკაციის სისტემების განვითარების სწრაფი ტემპი მნიშვნელოვანწილად განპირობებულია ციფრულ ნაკადთა გაერთიანების სინქრონული ციფრული იერარქიის (სცი) შექმნით, რომელიც თავისუფალია პლეზიოქრონული ციფრული იერარქიის (პცი) ნაკლოვანებებისაგან.

კონსპექტის მიზანია როგორც აღნიშნული იერარქიების შედარება, ასევე იმ შესაძლებლობათა მოკლედ გადმოცემა, რომელიც იმალება აბრევიატურის (SDH – Synchronous Digital Hierarchy) მიღმა.

ამისათვის კი აუცილებელია დავიხიოთ ცოტა უკან და გავიხსენოთ ინგლისელი რივზის მიერ 1937 წელს შემოთავაზებული იმპულსურ-კოდური მოდულაციის (იკმ) მეთოდი, რომელიც გახდა ერთერთი მთავარი მიზეზი ტელეკომუნიკაციის სფეროში მიმდინარე რევოლუციისა.

იკმ, როგორც ცნობილია, შედგება სამი ეტაპისაგან: 1. დროითი დისკრეტიზაცია; 2. დაკვანტვა დონეების მიხედვით; 3. დაკვანტვის დონეების ორობითი კოდური სიტყვებით წარმოდგენა.

70-იანი წლების დასაწყისში იკმ-ის ბაზაზე აგებულ იქნა მრავალარხიანი ციფრული სისტემა არხების დროითი განცალკევების პრინციპის გამოყენებით.

ციფრული არხების გაერთიანების საფუძველია ციკლური სტრუქტურა, ე.წ. ციკლი, რომელიც შედგება არხის სიგნალების კოდური კომბინაციებისაგან და დამხმარე ინფორმაციისაგან (მაგ., ციკლური სინქროსიგნალი; მართვისა და ურთიერთქმედების სიგნალები და სხვ.). თითოეულ ციფრულ არხს შეესაბამება b ბიტების გარკვეული რაოდენობა (კოდური სიტყვა). თითოეული არხის შესაბამისი კოდური სიტყვები გადაიცემა f_i დისკრეტიზაციის სიხშირით. ამგვარად ნებისმიერი i-ური არხის ნაკადის სიჩქარე იქნება $V=f_i \cdot b$. სატელეფონო სიგნალების გადაცემისას კოდური სიტყვა არის 8 ბიტიანი, ხოლო დისკრეტიზაციის სიხშირე $f_i=8$ კჰც. ამ შემთხვევაში $V_i=64$ კბიტი/წმ. არხების დროითი გაერთიანებისას (მულტიპლექსირებისას) 8 ბიტიანი სიტყვების ტ რაოდენობა და დამხმარე ბიტები შეადგენს გადაცემის ციკლს, რომლის პერიოდი $T=1/f_i=125$ მკწმ.

1. პლეზიოქრონული ციფრული იერარქია (PDH)

დღეისათვის ცნობილია ციფრული სისტემების გაერთიანების რამდენიმე იერარქია: ევროპული, ჩრდ. ამერიკული, იაპონური, ტრანს-ატლანტიკური (ცხრილი 1).

ცხრილი 1

იერარქიის დონე	ევროპული			ჩრდ. ამერიკული			იაპონური	ტრ.ატლ.
	აღნიშვნა	გადაცემის სიჩქარე კბიტი/წმ	არხების რიცხვი	აღნიშვნა	გადაცემის სიჩქარე კბიტი/წმ	არხების რიცხვი	გადაცემის სიჩქარე კბიტი/წმ	გადაცემის სიჩქარე კბიტი/წმ
0	შ0	64	1	30-0	64	1	64	64
1	შ1	2048	30	30-1	1544	24	1544	2048
2	შ2	8448	120	30-2	6312	96	6312	6312
3	შ3	34368	480	30-3	44736	672	32064	44736
4	შ4	139264	1920	30-4	274176	4032	97728	139264
5	შ5	564992	7680	-	-	-	-	-

იერარქიის პირველ დონეზე (მაგ. 30 არხიანი სისტემისათვის ევროპული იერარქიის შემთხვევაში) გამოყენებულია ციკლის სტრუქტურა *ბაიტების* მონაცვლეობით. შესაბამისი ციფრული ნაკადი შედგება 32 ბაიტისაგან (30 ინფორმაციული და 2 სამოსამსახურო), რომლებიც გადაიცემა მეტყველების სიგნალის დისკრეტიზაციის პერიოდის განმავლობაში და შესაბამისად, პირველადი ნაკადის სიჩქარე V=8 ბიტი (1/125მკწმ) (30+2)=2048 კბიტი/წმ.

იერარქიის უფრო მაღალი დონის ციფრული ჯგუფური (აგრეგატული) სიგნალები მიიღება იერარქიის წინა დონის (კომპონენტური) სიგნალების დროითი მულტიპლექსირებით. ამასთანავე იერარქიის პირველი დონისაგან განსხვავებით ციკლის ორგანიზება ხდება *ბიტების* მონაცვლეობით, რადგან ეს იყო საუკეთესო მეთოდი გადაცემის მაქსიმალური ტევადობის მისაღწევად ციფრული ტექნოლოგიის გარკვეული შეზღუდვების ფარგლებში. ამ შემთხვევაში არა აქვს ადგილი ბიტების დამახსოვრებას, ისინი მოსვლისთანავე გადაიცემა.

ევროპულ იერარქიაში ერთი დონიდან შემდეგზე გადასვლისას არხების რიცხვი *ოთხმაგდება*. მაგრამ როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, აგრეგატული სიგნალის გადაცემის სიჩქარე *განსხვავდება* კომპონენტური სიგნალების სიჩქარეების ჯამისაგან. მაგ. ევროპული იერარქიის მეორე დონის შესაბამისი 120 არხიანი სისტემის გადაცემის სიჩქარე მიიღება შემდეგნაირად: V=8ბიტი(1/125მკწმ)·4·(30+2+1)=8448კბიტი/წმ. მიღებული სიჩქარე 8448=4·2048კბიტი/წმ + 256კბიტი/წმ. გადაცემის *ჭარბი* სიჩქარე, 256კბიტი/წმ, გამოიყენება სამოსამსახურო მიზნებისათვის. ე.ი. ევროპული იერარქიის პირველი დონიდან მეორეზე გადასვლისას ემატება მეორე დონის კიდევ 4 სამოსამსახურო ბიტი. იერარქიის შემდეგი დონეებისათვის ჭარბი სიჩქარეები შესაბამისად ტოლია: 576კბიტი/წმ მესამეული ჯგუფური სიგნალისათვის, 1792 კბიტი/წმ მეოთხეული ჯგუფური სიგნალისათვის.

ჭარბი გამტარუნარიანობა გამოიყენება იერარქიის მოცემული დონის ციკლური სინქროსიგნალის შესაქმნელად; სამოსამსახურო ციფრული კავშირისათვის; ავარიული

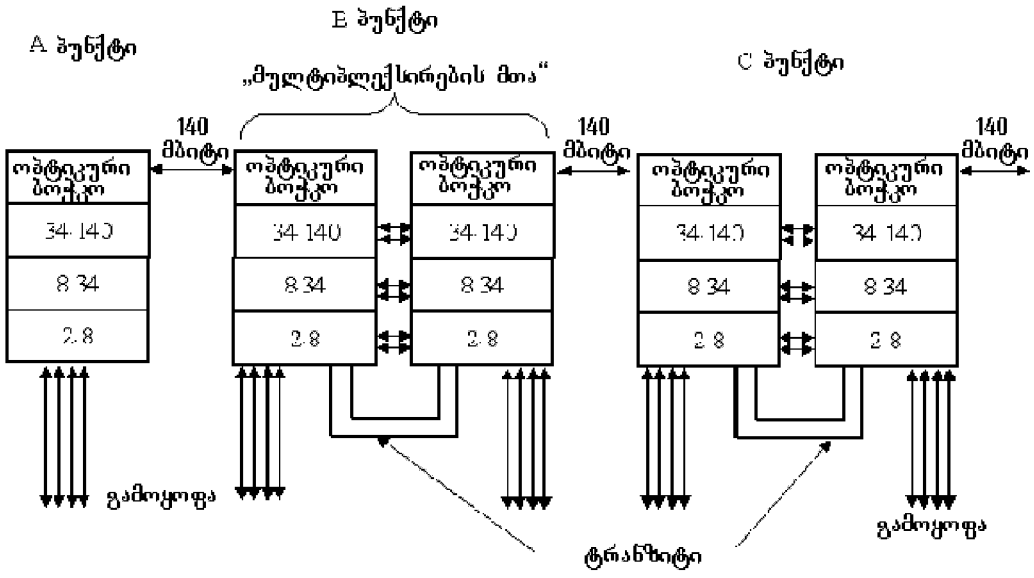
სიგნალიზაციისათვის; ოთხი სამბიტიანი ბრძანებისათვის კომპონენტური ნაკადების ასინქრონული შეთანხმებისათვის (შეუღლებისათვის) გაერთიანებულ გამომავალ ნაკადთან.

ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ სამოსამსახურო სიმბოლოების მნიშვნელოვან ფუნქციას წარმოადგენს ე.წ. ციფრული გათანაბრება. ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ კომპონენტური სიგნალების გადაცემის სიჩქარეები შეთანხმებული იყოს აგრეგატული სიგნალის გადაცემის სიჩქარესთან. წანაადმდეგ შემთხვევაში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მაგ. კომპონენტური სიგნალის რომელიმე ბიტის გამოტოვებას აგრეგატული სიგნალის შემადგენლობაში. ეს გამოწვეულია იმით, რომ თითოეული კომპონენტური სიგნალი, როგორიც წესი, ფორმირდება დამოუკიდებელი გენერატორის დახმარებით, რომელსაც არავითარი კავშირი არ გააჩნია აგრეგატული სიგნალის ამძრავ გენერატორთან.

იმისათვის, რომ მიმღებ მხარეზე უზრუნველყოფილი იქნას საწყისი კომპონენტური სიგნალის აღდგენა, საჭიროების შემთხვევაში აგრეგატული სიგნალის წინასწარ გამოყოფილ ტაქტურ პოზიციებში ხდება ე.წ. „გამთანაბრებელი ბიტების“ ჩასმა, რომელიც ცნობილია „სტაფინგის“ სახელწოდებით, ხოლო თვითონ პროცესი, როგორც *პლეზიოქრონული* - „თითქმის სინქრონული“ ოპერაცია. ეს ოპერაცია მეორდება იერარქიის ნებისმიერ დონეზე, რამაც განაპირობა ტერმინი „პლეზიოქრონული ციფრული იერარქია“, რომელიც მოიცავს ცხრილ 1 - ში მოცემული სხვადასხვა იერარქიების არხების გაერთიანების დონეებს.

მიუხედავად იმისა, რომ ზემოთ მოყვანილი მსჯელობის საფუძველზე შეიძლება შეგვექმნას გარკვეული წარმოდგენა იმ სართულეებზე, რომლებიც თან სდევს ჯგუფური სიგნალის ჩამოყალიბებას პცი-ის სხვადასხვა დონეზე, მაინც მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, მოკლედ განვიხილოთ ამ უკანასკნელისათვის დამახასიათებელი შეზღუდვები, რომლებიც დაიყვანება სამ მთავარ პრობლემაზე: 1. *სისტემის მოუქნელობა;* 2. სისტემის მუშა *მახასიათებლების* (პროცესების) *კონტროლის* სირთულე; 3. დადგენილი *სტანდარტული ინტერფეისების არარსებობა* სახაზო ტერმინალებსა და ოპტიკურ- ბოჭკოვან ხაზს შორის.

პირველ პუნქტში აღნიშნულ მოუქნელობაში იგულისხმება უპირველეს ყოვლისა, ის რომ პცი-ზე დაფუძნებული მოწყობილობების გამოყენებისას ძალზე რთულია დაბალი სიჩქაროს ნაკადების გამოყოფა მაღალი სიჩქარის ნაკადებიდან, ასევე მათი ჩასმა უკან. ეს პროცესი პრაქტიკულად შეუძლებელია ე.წ. „მულტიპლექსირების მთის“ გამოუყენებლად (სურ. 1). ამ კერძო პრობლემების მიზეზი ძევს საჭირო არხის განთავსებისა და გამოყოფისათვის აუცილებელი ინფორმაციის გადამუშავების პროცესის დიდ მოცულობაში. პცი-ის ბაზური მულტიპლექსირების პროცესი შეიცავს *ბიტების მონაცვლეობის* ოპერაციას, რომელიც ბუნდოვანს ხდის ცოდნას ინდივიდუალური ბაიტების საზღვრებზე და, აქედან გამომდინარე, მოუქნელს ხდის სისტემას. ამასთანავე აღნიშნული მოუქნელობა ვრცელდება კროსშეერთებებზეც. ის ხდება დიდი და უხეში, რადგან იძლევა მხოლოდ *სივრცული* კომუტაციის საშუალებას, განსხვავებით სცი-გან, სადაც შესაძლებელია კომუტაციის ბევრად უფრო ეფექტური *დროით-სივრცულ-დროითი* მეთოდის გამოყენება.



სურ. 1.

პცი-ის მეორე მნიშვნელოვანი ნაკლია ის, რომ მას არ გააჩნია 8 მეგაბიტიანი და უფრო მაღალი სიჩქარის ტრაფიკის არხებისათვის მახასიათებლების მონიტორინგის საერთაშორისო სტანდარტიზირებული საშუალებები. მეტიც, პცი-ის არ გააჩნია შეთანხმებული (სათანადო ინსტანციებით განსაზღვრული) *მართვის* არხები, ანდა შესაბამისი ოქმების ერთობლიობა. უფრო ზუსტად, პცი-ის ციკლის სტრუქტურაში არასაკმარისი საშუალებაა ქსელის მართვის ინფორმაციის გადასატანად.

პცი-ის მესამე ნაკლად ითვლება ის, რომ მას არ გააჩნია დადგენილი ინტერფეისი დამაბოლოებელი ტერმინალის სახაზო ნაწილისათვის, რის გამოც ყოველი მწარმოებელი იყენებდა თავის საკუთარ სახაზო კოდსა და ოპტიკური ინტერფეისის სპეციფიკაციას, რაც ტელეკომუნიკაციის ოპერატორებს არ აძლევდა ორი განსხვავებული წარმოების სახაზო ტერმინალების შეერთების შესაძლებლობას.

2. სინქრონული ციფრული იერარქია

ზემოთთქმულიდან გამომდინარე, ნათელია, რომ გადაცემის სისტემების იერარქიის განვითარების შემდეგი საფეხური უნდა გამხდარიყო *სინქრონული* გადაცემა. ამ სტანდარტის განაზღვრისას გათვალისწინებულ იქნა ისეთი პრობლემებიც, როგორიცაა იერარქიის ფარგლებში ქსელის მართვისა და მოწყობილობებს შორის სტანდარტული ინტერფეისების საჭიროება და გადაცემის ჩრდილოეთ - ამერიკული და ევროპული იერარქიების ურთიერთშეთავსება.

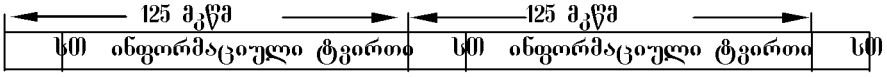
სტანდარტებზე მუშაობის შედეგი გახდა CCITT რეკომენდაციები G707 (სცი-ის სიჩქარეები); G708 (ქსელური კვანძის ინტერფეისი სცი-თვის); G709 (სინქრონული ჯგუფწარმოქმნის სტრუქტურა); რომლებიც გამოქვეყნდა ე.წ. ცისფერ წიგნში 1989 წელს. შემდეგ ამ სტანდარტებს მიემატა მთელი რიგი სტანდარტებისა და ეს მუშაობა დღესაც გრძელდება.

შეიძლება ითქვას, რომ *სინქრონული ციფრული იერარქია* (ცხრილი 2) ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო კავშირის (ITU-T) მიერ უნიფიცირებულია მთელი მსოფლიოსათვის და იგი თავისუფალია პცი-თვის დამახასიათებელი ნაკლოვანებებისაგან. ამასთანავე, სცი არ არის მხოლოდ შედარებით ახალი სტანდარტი დაბალი სიჩქარის ტრაფიკის არხების მაღალი სიჩქარის არხებად გაერთიანებისათვის. სცი ჩამოყალიბდა როგორც სტანდარტების ყოვლისმომცველი ერთობლიობა, რომელშიც გათვალისწინებულია ტელეკომუნიკაციის *სატრანსპორტო* ქსელის ყველა ასპექტი.

ცხრილი 2

იერარქიის დონე	სატელეფონო არხების რაოდენობა	ჯგუფური ციფრული სიგნალის გადაცემის სიჩქარე კბიტი/ წმ.	სინქრონული ტრანსპორტირების მოდულები
1	1 920	155 520	სტმ-1
2	7 680	622 080	სტმ-4
3	30 720	2 488 320	სტმ-16
4	122 880	9 953 280	სტმ-64

მივაქციოთ ყურადღება იმას, რომ პცი-გან განსხვავებით სცი-ში იერარქიის თითოეულ დონეზე, როგორც არხების რიცხვი, ასევე შესაბამისი სიჩქარეები მიიღება წინა მნიშვნელობების 4-ზე გამრავლებით. ამასთანავე ხაზი უნდა გაესვას იმ გარემოებას, რომ ციკლის სტრუქტურა მეორდება 125 მკწმ ინტერვალებში, ე.ი. ფორმირდება 64 კბიტი/წმ ან მისი ჯერადი უფრო მაღალი სიჩქარის არხების ტრანსპორტირებისათვის (სურ.2).



სურ. 2.

სურ.2-დან ჩანს, რომ სცი-ის ციკლი იყოფა ორ ნაწილად - 125 მკწმ-ის განმავლობაში გადაიცემა როგორც ინფორმაციული, ე.წ. „მარგი ტვირთი“, ასევე ჭარბი ინფორმაცია (ამ შემთხვევაში ე.წ. *სექციური* თავსართი სი -Section Qverhead - SOH), რომელიც უზრუნველყოფს

კონტროლის, მართვის, მომსახურებისა და დამხმარე ფუნქციებს. სმ შედგება 81 ბაიტისაგან, ხოლო ინფორმაციული ტვირთი 2349 ბაიტისაგან. ე.ი. ციკლში სულ გვაქვს 2430 ბაიტი.

რომ უფრო გასაგები გახდეს რა სექციაზეა აქ ლაპარაკი, საჭირო მოკლედ მაინც გავეცნოთ სცმ-ის ქსელის აგების ძირითად პრინციპებს.

სცმ-ის ქსელი აიგება ფუნქციური შრეების მიხედვით. ზედა შრე უკავია მომხმარებელს. ის წარმოადგენს კლიენტს, რომელსაც ემსახურება მისი ქვემდგომი შრე, ეს შრეც თავის მხრივ, გამოდის კლიენტის როლში შემდეგი შრისათვის და ა.შ. ასეთი ვერტიკალური დაყოფა შრეების მიხედვით ეყრდნობა იგივე პრინციპს, რასაც ინფორმაციის გადაცემის OSI-ის შვიდდონიანი მოდელი. სცმ-ს ფარგლებში აღნიშნული შრეებად დაყოფა შეიძლება აღქმულ იქნას, როგორც OSI-ს პირველი შრის ქვედანაყოფები. საერთოდ ქსელის კონცეფტუალური დაყოფა (წარმოდგენა ფიზიკურ და ლოგიკურ ქსელებად) ადვილად აღსაქმელს ხდის ქსელში მიმდინარე პროცესებს. ფიზიკური ქსელი შედგება ინფორმაციის გადატანის ფიზიკური საშუალებებისაგან (ტელეკომუნიკაციის მოწყობილობები და გადაცემის გარემო). ლოგიკური ქსელი ასრულებს გადაცემასთან დაკავშირებულ ლოგიკურ ფუნქციებს, მაგ. ქსელის კონფიგურაცია, გადართვა.

სატრანსპორტო ქსელი უზრუნველყოფს ინფორმაციის გადატანას სერვისის მომხმარებლებს შორის ინფორმაციის შინაარსისაგან დამოუკიდებლად და ეს ქსელიც შეიძლება დაიყოს შრეებად, რომელთაგან თითოეულს გადააქვს მისთვის დამახასიათებელი სიგნალი, ე.ი. სიგნალი განსხვავებული სიჩქარითა და ფორმატით. ეს საშუალებას იძლევა დავყოთ რთული (კომპლექსური) ქსელი რამდენიმე ნაკლები სირთულის ქსელად, G803 რეკომენდაციის თანახმად სატრანსპორტო ქსელი იყოფა 3 შრედ: არხების შრე, ტრაქტების შრე და გადაცემის გარემოს შრე, რომლებიც თავის მხრივ კიდევ შეიძლება დაიყოს ქვეშრეებად. სცმ-ს პრინციპების ნათლად აღსაქმელად უმნიშვნელოვანესია ქსელური შრეები (ზემოდან ქვემოთ): არხების, ტრაქტებისა და სექციების. ქსელის შესაბამის შრეებში თავდპირველად ხდება მიღებული ინფორმაციის *ადაპტირება* ანუ მისი შეთანხმება მოცემული შრის გადაცემის ფუნქციასთან. არხების შრეში მიმდინარეობს ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნა ან მომხმარებლისაგან უწყვეტად მომდინარე ინფორმაციის გარდაქმნა ციკლური ფორმით 64 კბიტი/წმ არხში. ტრაქტების შრეში არხების ჯგუფი ერთიანდება ჯგუფურ ტრაქტებად, სექციების შრეებში კი ერთიანდება მაღალი რიგის რამდენიმე ტრაქტი და კონტროლის, მართვისა და მომსახურების სიგნალები.

აქ მოცემული მასალა, რა თქმა უნდა, არ ასახავს სრულად სცმ-ის ქსელებს. ქსელის ორგანიზაციის ზოგადი პრინციპების გაცნობა ჩვენ დაგვჭირდა სცმ-ის ინფორმაციული სტრუქტურების უკეთესად გასაგებად. თავის მხრივ, ამ უკანასკნელის ცოდნა აუცილებელია სცმ-ის ქსელის აგების პრინციპების საფუძვლიანად შესწავლისათვის. ამდენად სასურველია, გადავიდეთ სცმ-ის ინფორმაციული სტრუქტურების შესწავლაზე, ხოლო შემდეგ კვლავ დავუბრუნდეთ სცმ-ის ქსელის საკითხებს.

სცმ-ს მთავარი ინფორმაციული სტრუქტურაა სინქრონული ტრანსპორტირების მოდული - სტმ (Synchronous Transport Modul, STM), რომელიც გამოყენებულია სექციების შრეებში. სტმ

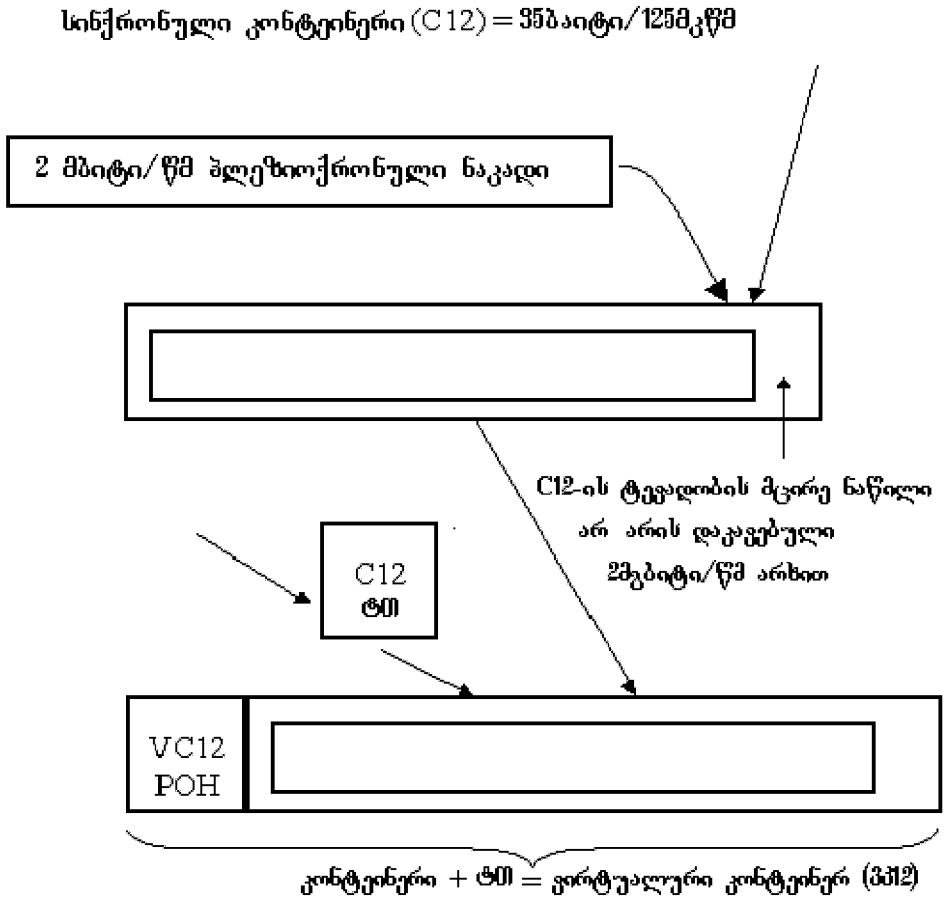
არის ბლოკური ციკლური სტრუქტურა გამეორების პერიოდით 125 მკწმ (სურ..2). ძირითადი მოდულის, სტმ-1-ის, შესაბამისი ციკლური ნაკადის სიჩქარე R= 155520 კბიტ/წმ (ცხრილი 2).

სტმ-ის შესაბამისი სექციური თავსართი (სმ), თავის მხრივ, იყოფა რეგენერატორებს შორის გადასაცემ რეგენერატორების სექციურ თავსართად (რსმ) და სტმ-ის ფორმირებისა და დაშლის პუნქტებს შორის გადასაცემ მულტიპლექსირების სექციის თავსართის - მსმ სიგნალებად.

რსმ ასრულებს ციკლური სინქრონიზაციის, შეცდომების კონტროლის, სინქრონული მოდულის რიგის მითითების, მონაცემების გადაცემის, სამოსამსახურო კავშირისა და მომხმარებლის არხების შექმნის ფუნქციას, მსმ კი - შეცდომების კონტროლისა და რეზერვზე ავტომატური გადართვის სისტემის, მონაცემების გადაცემის, სამოსამსახურო კავშირის შექმნის ფუნქციებს.

ახლა, როცა გარკვეული წარმოდგენა შეგვექმნა სცმ-ს იერარქიულ დონეებზე და ძირითად ინფორმაციულ სტრუქტურაზე, საჭიროა კიდევ ერთხელ აღინიშნოს, რომ სცმ-ის შემოღებისას გათვალისწინებულ იქნა არსებული პცმ-ის სისტემების გამოყენების შესაძლებლობა. პცმ-ის სცმ-თან შესათავსებლად შეიქმნა ე.წ. *კონტეინერების* მექანიზმი. კერძოდ ტრაქტების ქსელურ შრეში შეერთებების ორგანიზაციისათვის იქმნება ე.წ. ვირტუალური კონტეინერები - მკ (Virtual Container, VC), რომლებიც განკუთვნილია პცმ-ის სხვადასხვა სიჩქარის ნაკადების ტრანსპორტირებისათვის (სურ.3). სწორედ მკ-ის საშუალებითაა შესაძლებელი პცმ-ის ნაკადების განთავსება სტმ-ში, როგორც სცმ-ის იერარქიული საფეხურების საბოლოო პროდუქტში.

კონტეინერების საშუალებით შესაძლებელია 2,048 მბიტი/წმ, 34 მბიტი/წმ, 140 მბიტი/წმ და მათი ჩრდილოეთ ამერიკული შესატყვისების - 1,5 მბიტი/წმ, 6 მბიტი/წმ და 45 მბიტი/წმ სიჩქარის ნაკადების ტრანსპორტირება. ასეთი ტრანსპორტირებისათვის აღნიშნული ნაკადები უნდა მოთავსდეს შესაბამის „სინქრონულ კონტეინერებში“. სინქრონული კონტეინერი სკ (C) შეიძლება განვიხილოთ როგორც სცმ-ის ბაზური ციკლის სტრუქტურის

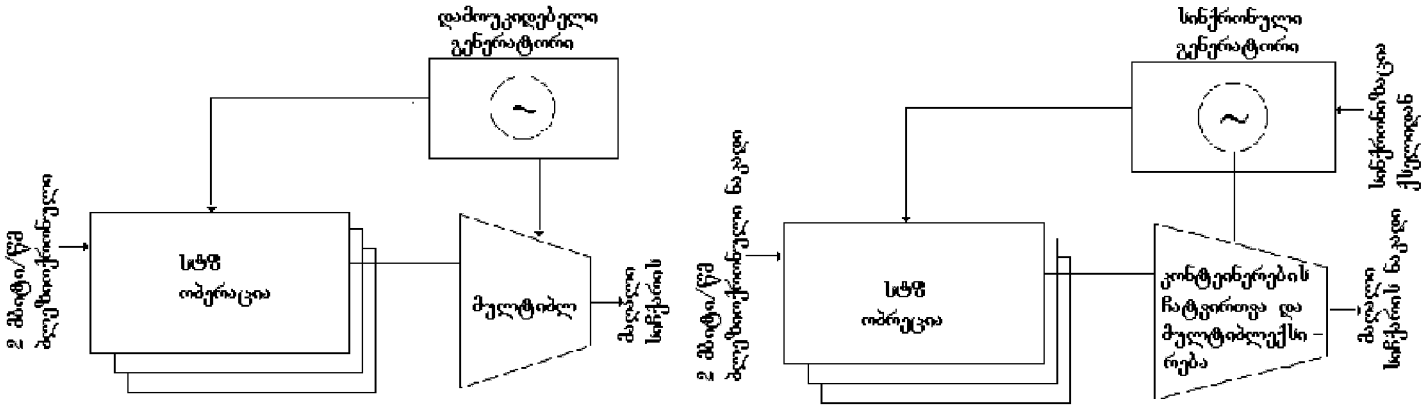


სურ. 3. ვირტუალური კონტეინერის შექმნის მაგალითი.

ქვედანაყოფი, რომელიც შედგება 64 კბიტი/წმ არხების წინასწარგანსაზღვრული რაოდენობისაგან. როგორც წესი, სინქრონული კონტეინერების სიჩქარეები ცოტა *მეტია* შესაბამისი პლეზიოქრონული ნაკადების სიჩქარეებზე (ცხრილი 3) და მათში ამ უკანასკნელების განლაგების ოპერაცია ძალზე წააგავს ჩვეულებრივი „სტაფინგის“ ოპერაციას, განხორციელებულს პცი-ის მულტიპლექსერში (აქ იგულისხმება ყველაზე მეტად გავრცელებული ასინქრონული ასახვა - Asynchronous mapping). ოღონდ ამ შემთხვევაში *არხი სინქრონიზებულია არა პცი-ის დამოუკიდებელი გენერატორით, არამედ სინქრონული კონტეინერის სიხშირით, რომელიც თავის მხრივ სინქრონიზებულია სცი-ის ბაზური ციკლის სტრუქტურასთან* (სურ.4).

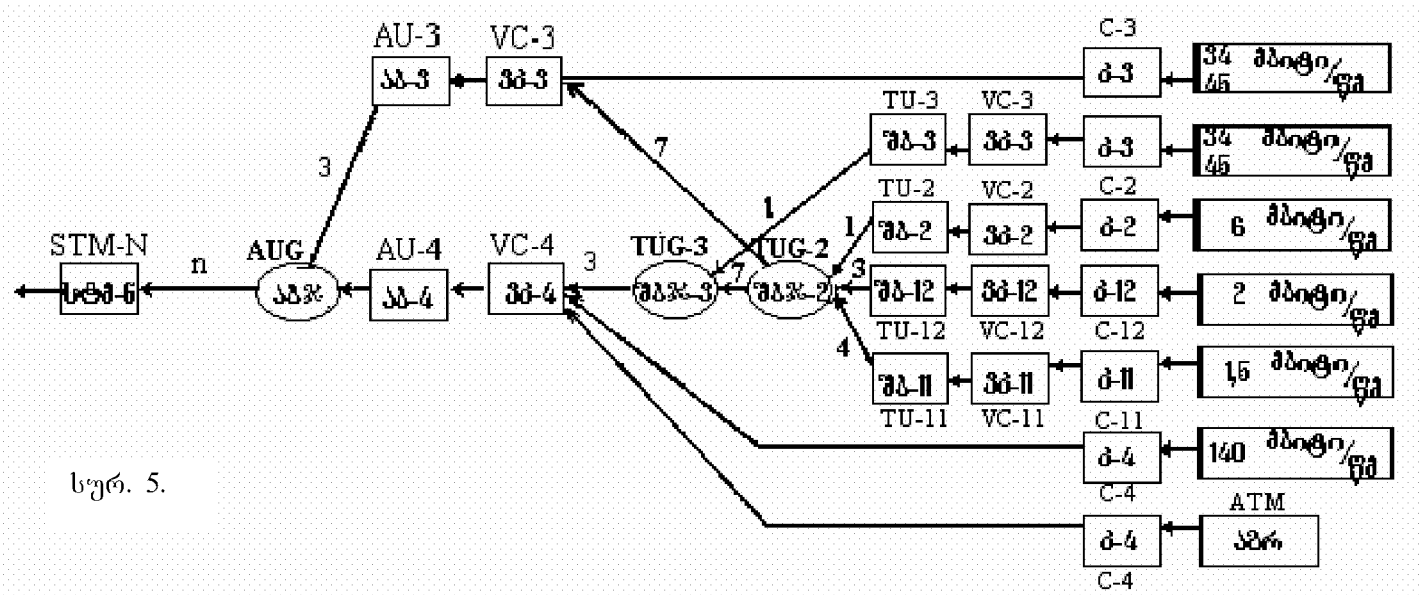
ცხრილი 3

იერარქიები	პცი-ის ნაკადების სიჩქარეები, მბიტი/წმ	კონტეინერი	კონტეინერის სიჩქარე
ჩრდილოეთ ამერიკული	1,544	C-11 (ძ-11)	1,6
	6,312	C-2 (ძ-2)	6,784
	44,736	C-3 (ძ-3)	48,384
ევროპული	2,048	C-12 (ძ-12)	2,224
	34,368	C-3 (ძ-3)	48,384
	139,264	C-4 (ძ-4)	149,760



სურ. 4.

კონტეინერების გაერთიანებით სტანდარტულ ფორმატებად ფორმირდება სტმ-1-ის ინფორმაციული ტვირთი. განსხვავებული კონტეინერები შეიძლება შერეულ იქნას ისე, რომ პცი-ის სხვადასხვა ტიპის ნაკადები ერთდროულად იქნას გადატანილი ერთი და იგივე მულტიპლექსირების სტრუქტურის ფარგლებში. სცი-ის მულტიპლექსირების განზოგადებული სტრუქტურა მოცემულია სურ.5-ზე.

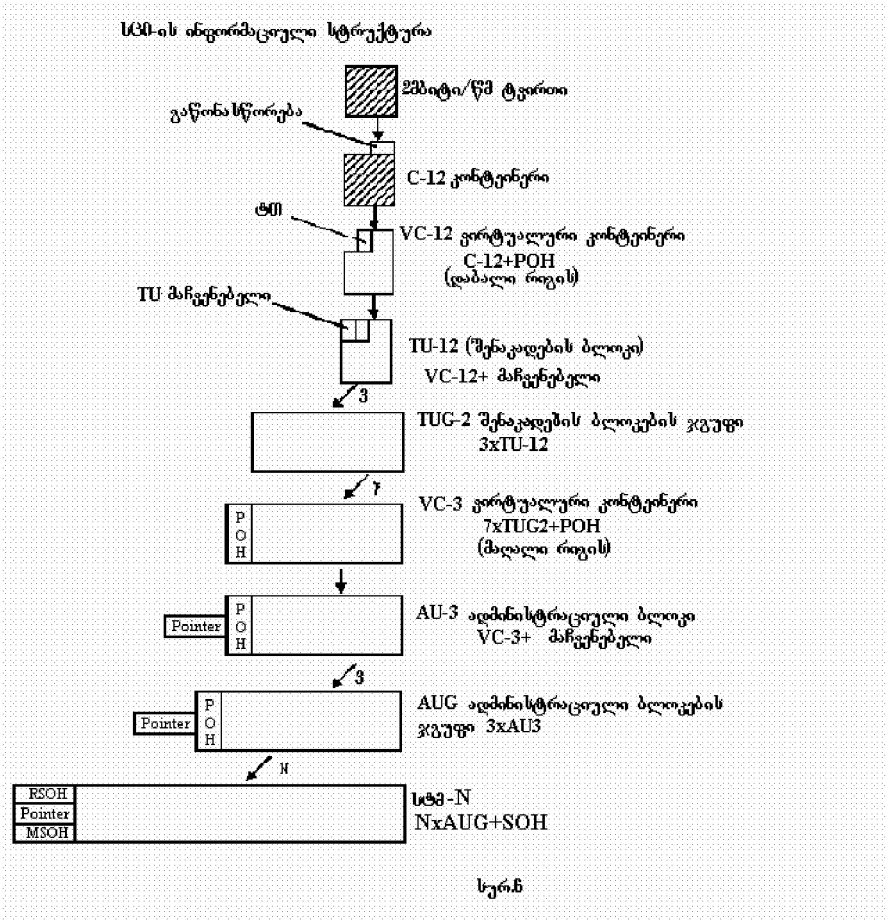


სურ. 5.

იმისათვის, რომ უფრო გასაგები იყოს სურ.5-ზე მოყვანილი მულტიპლექსირების სტრუქტურა, აუცილებელია აღვნიშნოთ, რომ კონტეინერის ჩამოყალიბების შემდეგ ხდება შესაბამისი ვირტუალური კონტეინერის ფორმირება.

უფრო დაბალი რიგის კონტეინერები VC-11 (მპ-11), VC-12 (მპ-12), VC-2 (მპ-2) ფორმირდება მათ შესაბამის კონტეინერებზე ე.წ. ტრაქტის თავსართის (POH – Path Overhead - ტმ) ინფორმაციის მიმატებით. უფრო მაღალი რიგის მპ-ბი - VC-3 (მპ-3), VC-4 (მპ-4) შეიძლება აიგოს, როგორც ცალკეული საბაზო კონტეინერების ბაზისზე (კ-3, კ-4), ასევე ე.წ. შენაკადების ბლოკების (Tributary Unit Group-TUG-შენაკადების ბლოკების ჯგუფი - შბჯ)-ების ერთობლიობით შესაბამის ტმ-თან ერთად. ტრაქტის თავსართის დამატების მიზანი მდგომარეობს იმაში, რომ სინქრონულ კონტეინერში პლეზიოქრონული არხის ჩატვირთვისას კონტეინერს ჰქონდეს მასზე მიმატებული ტმ-ის ბაიტების განსაზღვრული ერთობლიობა, რომელიც მთლიანად *უცვლელი* რჩება მანამ, სანამ სინქრონული კონტეინერი მიაღწევს დანიშნულების ადგილს. აღნიშნული ბაიტები ტელეკომუნიკაციის ოპერატორს საშუალებას აძლევს მიაღწიოს ქსელის გამჭოლ მონიტორინგს, რაც ასე რთული იყო პცმ - ის გამოყენებისას.

თუ დაბალი რიგის მპ - ებისათვის ტმ-ის ინფორმაცია შეიცავს ტრაქტის მახასიათებლის მონიტორინგის, მომსახურების საჭიროებისათვის განკუთვნილ და ავარიული ინდიკაციის სიგნალებს, უფრო მაღალი რიგის მპ-ები შეიცავს აგრეთვე მულტიპლექსირების სტრუქტურის შესაბამის აღნიშვნებს, რომლებიც ახდენს მპ-ს შემადგენლობის დეტალიზაციას.

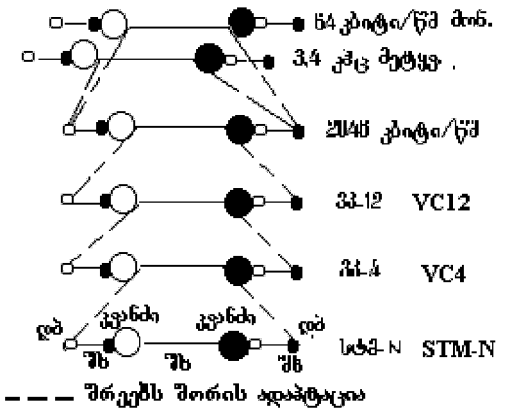


სურ.6

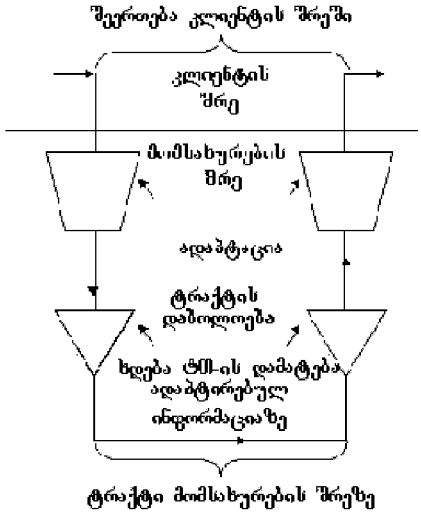
ამრიგად, ამ შემთხვევაში, სცმ-ზე დაფუძნებული ქსელის დანიშნულებაა ჩატვირთოს საკუთარი ვირტუალური კონტეინერები პცმ-ის არხებით და განახორციელოს მათი ტრანსპორტირება ვირტუალური კონტეინერის ინფორმაციული სასარგებლო ტვირთის ხარისხის ჩვენებით. კონტეინერების ჩატვირთვისა და შემდეგ ტმ-ის მიკუთვნების პროცესი მეორდება სცმ-ის სხვა-დასხვა დონეზე, რის შედეგადაც უფრო მცირე მძ-ები განთავსდება უფრო დიდებში და ეს პროცესი მთავრდება მაშინ, როცა ყველაზე მაღალი დონის მძ ჩაიტვირთება სტმ-ის ინფორმაციული ტვირთის ადგილას (სურ.6). ეს ლოგიკური სტმ სიგნალები შეიძლება გამოჩნდეს სცმ-ის მოწყობლობის ორ ნაწილს შორის ინტერფეისის ადგილას, როგორც ელექტრულად, ასევე უფრო ხშირად, ოპტიკური სახით. ასეთი ინტერფეისი განიხილება, როგორც ქსელის კვანძის ინტერფეისი (NNI – Network Node Interface).

საინტერესოა ვიცოდეთ, რომ ვირტუალური კონტეინერის დარქმევის მიზეზი არის ის, რომ სტმ სიგნალებისაგან განსხვავებით, რომლებიც ჩნდება ქსელის კვანძის ინტერფეისში, მძ სიგნალები არასოდეს მიეწოდება გარე სამყაროს. ეს სიგნალები არსებობს ან სცმ-ის მოწყობილობების შემადგენელ ნაწილებში, ანდა სტმ სიგნალის შიგნით. ასე რომ სცმ-ის ქსელის ელემენტს შეიძლება ჰქონდეს ქსელის კვანძის და პცმ ინტერფეისები, მაგრამ არასოდეს მძ ინტერფეისი.

უფრო მცირე მპ - ების განთავსებისას უფრო დიდებში ხორციელდება ე.წ. *ადაპტაციის* პროცესი უფრო დაბალი და უფრო მაღალი რიგის ტრაქტების ქსელურ შრეებს შორის (სურ. 7, 8).



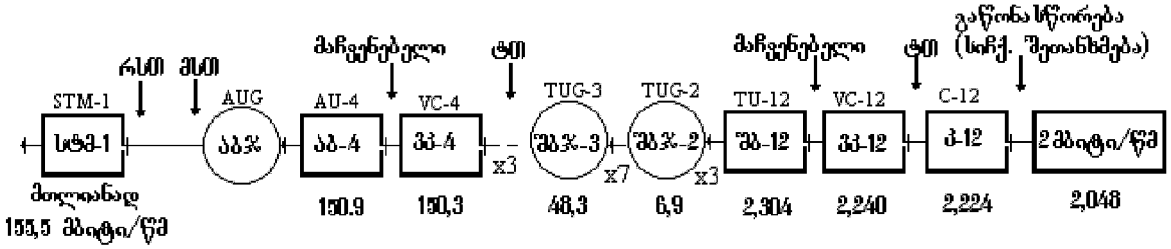
სურ.7



სურ. 8.

ამ დროს ე.წ. შენაკადების ბლოკში (Tributary Unit, TU) მცირე მპ-ს მიეკუთვნება სპეციალური მაჩვენებელი (მიმთითებელი) (Pointer), რომელიც საშუალებას იძლევა დადგინდეს აღნიშნული მპ-ს ფაზური ძვრა ბაიტებში გარკვეული ათვლის წერტილის მიმართ უფრო დიდ მპ-ში (სურ. 5, 6, 9) $TU=TU_{pnr}+VC$.

ამასთანავე, არსებობს მექანიზმი, რომელიც იძლევა საშუალებას შეიცვალოს აღნიშნული მაჩვენებლის მნიშვნელობა იმ შემთხვევებში, როცა ირღვევა სინქრონიზაცია, ან უფრო მცირე ტევადობის მპ უფრო ნელა ან სწრაფად გარბის, ვიდრე უფრო დიდი მპ. ფაქტიურად, თითოეულ უფრო მცირე ტევადობის მპ-ს აქვს თავისი საკუთარი მაჩვენებელი, რომელიც შეიძლება შეიცვალოს სხვებისაგან დამოუკიდებლად. თუმცა, ამ მაჩვენებლების გამოყენება იწვევს გარკვეული შესასვლელი ბუფერების დაყენების აუცილებლობას, მათი ტევადობა ბევრად უფრო მცირეა, ვიდრე საჭირო იქნებოდა, რომ არ ყოფილიყო დიდ მპ-ში პატარა მპ-ების ფაზის ცვლილების მექანიზმი.



სურ. 9.

ამრიგად, სცი-ის ქსელში შეიმჩნევა ისეთი სურათი, როცა ვირტუალური კონტეინერების უმრავლესობა კარგად არის ერთმანეთთან სინქრონიზირებული და მათი ასინქრონიზმის ყოველი

გაზრდა უნდა დაკომპენსირდეს *ბაიტის ტოლი* დაძვრით ქსელში სხვა მპ-ების უმრავლესობასთან შედარებით. მიუხედავად ამისა, შენარჩუნებულია მართვისა და კონტროლის ინფორმაცია ტმ-ის ბაიტებში, რადგან ვირტუალური კონტეინერებისადმი მიკუთვნებული მაჩვენებლის სიდიდე ახლიდან გამოითვლება ყოველი ასეთი ძვრის დროს. ასეთი ქსელი არაა *მთლიანად* სინქრონული, მაგრამ ძალიან ახლოა მასთან და, ამდენად, იძლევა საშუალებას, ადვილად განვალაგოთ ტრაფიკის თითოეული არხი მათი შესაბამისი მართვისა და კონტროლის ინფორმაციასთან ერთად ისე, რომ თავიდან ავიცილოთ დიდი დანაკარგები გადაცემის დაყოვნების თვალსაზრისით. ალბათ, შეიძლებოდა იმისი არგუმენტირებაც, რომ სცმ-ის ქსელები სრულიადაც არ არის რეალურად სინქრონული, არამედ არის *დიდი სიზუსტით მართვადი* ასინქრონული ქსელები. მაგრამ, რადგანაც ამ ასინქრონიზმით გამოწვეული ძვრები *დაიკვანტება*, ნებისმიერ დროს არის შესაძლებელი სცმ-ის ქსელში ტრაფიკის ტრაქტის განლაგებასთან ერთად ნებისმიერი მათგანის *მიმართულების* განსაზღვრა. ეს კი ქსელის მართვის *პროგრამულ უზრუნველყოფასთან* ერთად უზრუნველყოფს ტრაფიკის მარშრუტიზაციის მოქნილობას, რაც ასე ძნელად მისაღწევი იყო პცმ-ზე დაფუძნებული ქსელის გამოყენებისას.

ე.ი. ზემოთ განხილული მაჩვენებლების მექანიზმი უზრუნველყოფს გადასატანი ციფრული ნაკადების სიჩქარეებისა და ფაზების შესაძლო ცვლილებების *კომპენსაციას*, რის საფუძველზეც არის შესაძლებელი სცმ-ის, როგორც *სინქრონიზებული* ქსელის ფუნქციონირება, რომელშიც დაშვებულია პლეზიოქრონული რეჟიმის არსებობა G.811 რეკომენდაციებით განსაზღვრულ ჩარჩოებში.

შენაკადების ბლოკებს (TU), რომლებსაც უკავია განსაზღვრული ფიქსირებული პოზიციები უფრო მაღალი რიგის მპ-ს ინფორმაციულ ტვირთში, ეწოდება შენაკადების ბლოკების ჯგუფი - შბჯ (Tributary Unit Group (TUG-n), n=2,3). (სურ. 5, 6, 9).

ე.წ. ადმინისტრაციული ბლოკის - აბ (Administrative Unit, AU) საშუალებით ხორციელდება ადაპტაცია მაღალი რიგის ტრაქტებისა და მულტიპლექსირების სექციის შრეებს შორის. აბ შეიცავს შესაბამისად მპ-3-ის ან მპ-4-ს ინფორმაციულ ტვირთს (პირველ შემთხვევაში მიიღება აბ-3 (AU-3), ხოლო მეორე შემთხვევაში აბ-3 (AU-3)) - და აბ მაჩვენებელს: $AU=AU_{vfxd}+VC$.

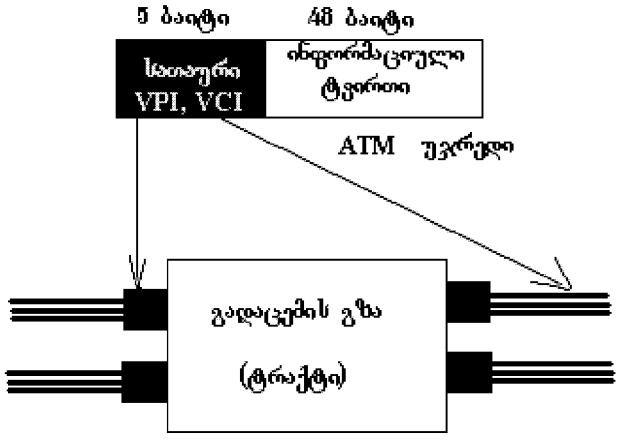
ერთ ან რამდენიმე აბ-ს, რომლებსაც გარკვეული ფიქსირებული პოზიციები უკავია სტმ-ის შიგნით, ეწოდება ადმინისტრაციული ბლოკების ჯგუფი -აბჯ (AUG). საბოლოოდ მიიღება *სინქრონული ტრანსპორტირების მოდული სტმ.* STM-N = SOH + N · AUG.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ სცმ-ის ქსელში სინქრონიზაციის შესაძლო წყაროებია: გარე სინქრონიზაციის წყარო, STM-N ხაზი, შენაკადები (STM-1 და 2.048 მგბიტი/წმ); საკუთარი (შიგა) გენერატორი.

3. ცოტა რამ ATM-ზე

სურ1.2-ზე გამოსახულ მულტიპლექსირების სტრუქტურაში ერთერთი კონტეინერი C-4(კ-4) გამოყენებელია ATM (Asynchronous Transfer Mode–ასინქრონული გადატანის რეჟიმი) უჯრედების გადასცემად. ეს კიდევ ერთხელ ადასტურებს ***ასინქრონულ ციფრულ იერარქიაზე*** დაფუძნებული სატრანსპორტო ქსელის პრიორიტეტს, რადგან მისი საშუალებით ხდება როგორც არსებული პლეზიოქრონული ნაკადების, ასევე უფრო ახალ ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით ფორმირებული ნაკადების გადაცემა. ერთერთი ასეთი ტექნოლოგიაა ATM, რომელიც SDH-თან ერთად ითვლება ინტეგრირებული მომსახურების ფართოზოლოვანი ქსელების (B-ISDN) აგების საფუძვლად. ამდენად, საინტერესოა ორიოდე სიტყვით შევეხოთ ATM - ის პრინციპებს:

ATM ეყრდნობა ასინქრონული გადაცემისა და ვირტუალური არხების (ვა) დროითი განცალკევების პრინციპს. ელემენტარულ ინფორმაციულ სტრუქტურას წარმოადგენს უჯრედი (Cell) (სურ. 10). უჯრედის სათაურის მთავარი ინფორმაცია არის ვირტუალური ტრაქტის იდენტიფიკატორი VPI (ვტი) და ვირტუალური არხის იდეტინფიკატორი VCI (ვაი). ვირტუალური ტრაქტი წარმოადგენს ვირტუალური არხების ერთობლიობას. ვირტუალური ტრაქტების ერთობლიობა კი - ვირტუალური გადაცემის გზას (ტრაქტს). ვირტუალური ტრაქტისა და ვირტუალური არხების იდენტიფიკატორების გარდა უჯრედის სათაური შეიცავს დატვირთვის ტიპის იდენტიფიკატორს, სათაურის შეცდომებისაგან დაცვისა და სარეზერვო ბიტებს. ამასთანავე, სათაურების სტრუქტურა სააბონენტო ინტერფეისზე (UNI – User Network Interface) და ქსელის კვანძის ინტერფეისზე (NNI – Network Node Interface) განსხვავდება იდენტიფიკატორების ზომებით.



სურ.10

ATM სისტემაში სინქრონიზაციის ციკლი დაიყოფა ერთნაირი სიგრძის დროით ინტერვალებად, რომლებიც ემთხვევა უჯრედის სიგრძეს. ვირტუალური არხი (ვა), რომელიც იქმნება ციკლის ფარგლებში, განისაზღვრება დროითი ინტერვალების რიცხვით, რომლებიც დაკავებულია ინფორმაციის ერთი წყაროს უჯრედებით. ერთი ვა-ის დროითი ინტერვალების რიცხვი დამოკიდებულია ინფორმაციის გადაცემის მოთხოვნილ სიჩქარეზე.

ATM ქსელის ძირითადი უპირატესობებია: მომსახურების სახეობაზე დამოუკიდებლობა, სიხშირული ზოლის მოქნილობა, სიხშირული ზოლის გამოყენების ეფექტურობა, მულტიპლექსირების დონეების მცირე რიცხვი, ქსელის ეფექტური მართვა.

მართლაც, მუდმივი სიჩქარით გადაცემა იწვევს ან ხარისხის გაუარესებას ან სიხშირული ზოლის არაეფექტურ გამოყენებას. სწორედ ამ თვალსაზრისით არის ასინქრონული გადატანის

რეჟიმი ძალზე მოხერხებული, რადგან იგი კარგად შეთავსებადია სხვადასხვა ტიპის მომსახურებასთან.

კერძოდ, ასინქრონული გადაცემის რეჟიმის ტექნოლოგია უზრუნველყოფს:

- ნებისმიერი სახის ინფორმაციის გადატანას (მონაცემთა, ბგერითი, მოძრავი და უძრავი გამოსახულება) პაკეტური სახით;
- მხოლოდ იმ რესურსების გამოყოფის შესაძლებლობას, რომელიც სჭირდება მომხმარებელს დროის მოცემულ მომენტში;
- ინტერაქტიური (დიალოგური) მომსახურების მხარდაჭერასა და ინფორმაციის განაწილების მომსახურებას;
- გადაცემას როგორც უწყვეტი, ისე პაკეტური ტრაფიკით.

3.1 ATM ტექნოლოგიის ძირითადი პრინციპები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ATM პაკეტებს ეწოდებათ უჯრედები. პაკეტების მცირე ზომა საშუალებას იძლევა, შემცირდეს მათი გადაცემის დრო და ამით ვუზრუნველყოთ მცირე დაყოვნებები ისეთი პაკეტების გადაცემისას, რომელიც მოითხოვს გადაცემის მუდმივ ტემპს, რაც დამახასიათ. მულტიმედიური ინფორმაციებისათვის.

ქსელის კომუტატორების მიერ მულტიმედიური ტრაფიკის პრიორიტეტული მომსახურებისას ATM პაკეტებს მოუწევთ ლოდინი, უკიდურეს შემთხვევაში, მხოლოდ მოკლე და ფიქსირებული დროის განმავლობაში(53 ბაიტიანი პაკეტის გადაცემის დრო), რაც, მაგ., 155 მბიტი/წმ სიჩქარისას შუადგენს 3 მკწმ-ზე ნაკლებს. იმისათვის, რომ პაკეტები შეიცავდნენ დანიშნულების კვანძის მისამართს და რომ, იმავდროულად, სამოსამსახურო ინფორმაციის პროცენტი არ იყოს უფრო მეტი პაკეტის მონაცემთა ველის ზომაზე, ATM ტექნოლოგიაში გამოყენებულია გლობალური გამოთვლითი ქსელის სტანდარტული ხერხი – ეს ქსელები ყოველთვის მუშაობენ შეერთების დამყარების პროტოკოლით და დამაბოლოებელი კვანძების მისამართები გამოიყენება მხოლოდ კავშირის დამყარებისათვის. კავშირის დამყარებისას შეერთებას მიენიჭება მიმდინარე შეერთების ნომერი და პაკეტების შემდგომი გადაცემისას ამ შეერთების ფარგლებში პაკეტის სამოსამსახურო ველში გამოიყენება არა დანიშნულების კვანძის მისამართი, არამედ შეერთების ნომერი, რომელიც ბევრად მოკლეა[9].

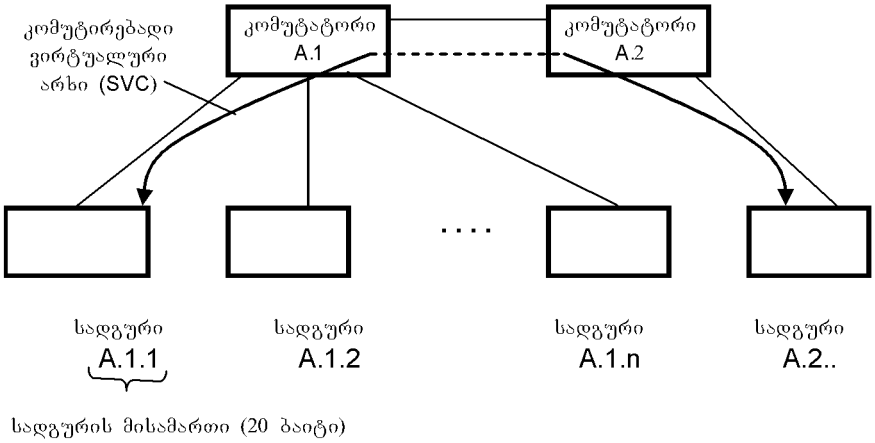
მცირე ზომის ფიქსირებული სიგრძის პაკეტები გარანტირებულად უზრუნველყოფს მცირე დაყოვნებებს სინქრონული ტრაფიკის გადაცემისას, შესაბამისად სინქრონიზმიდან გადახრაც მცირე იქნება.

ტრაფიკის ტიპებისა და პრიორიტეტული მომსახურების არსებობა საშუალებას აძლევს ATM ტექნოლოგიას, წარმატებით შეათავსოს ერთდაიმავე არხში სინქრონული და ასინქრონული პაკეტები. ცხადია, პრიორიტეტული მომსახურება არსებობს სხვა ტექნოლოგიებშიც, მაგ., FDDI

ან100VG-AnyLANბ მაგრამ იქ შეუძლებელი ხდება სინქრონიზმზე მოთხოვნების მაღალი ალბათობით შესრულება მაღალი პრიორიტეტების პაკეტებისათვის, დიდი ზომის (4096 ბაიტი ან მეტი) პაკეტების არსებობის გამო.

ATM ქსელებში დამაბოლოებელი კვანძის შეერთება ქსელთან ხორციელდება კავშირის ინდივიდუალური ხაზით, ხოლო კომუტატორები ერთმანეთს უერთდებიან შემჭიდროებული არხებით (სურ. 11).

.



სურ.11

ATM ქსელს აქვს სტრუქტურა, რომელიც წააგავს სატელეფონო ქსელის სტრუქტურას, სადაც დამაბოლოებელი სადგურები უკავშირდებიან ქვედა დონის სადგურებს, რომლებიც თავის მხრივ უკავშირდებიან უფრო მაღალი დონის კომუტატორებს. ATM კომუტატორები იყენებენ დამაბოლოებელი კვანძების მისამართებს ტრაფიკის მარშრუტიზაციისათვის კომუტატორების ქსელში. პაკეტების კომუტაცია ხდება ვირტუალური არხის იდენტიფიკატორის (Virtual Channel Identifier,VCI) საფუძველზე, რომელიც მიეკუთვნება შეერთებას მისი დამყარებისას და უქმდება შეერთების გაუქმებისას. ვირტუალური შეერთებები დამყარდება დამაბოლოებელი სადგურების გრძელი 20 ბაიტიანი მისამართების საფუძველზე. მისამართს აქვს იერარქიული სტრუქტურა სატელეფონო ქსელის ნომრის მსგავსად და იყენებს პრეფიქსებს, რომლებიც შეესაბამება ქვეყნის, ქალაქის და ა.შ. კოდს. ვირტუალური არხები შეიძლება იყოს მუდმივი (Permanent Virtual Circuit, PVC) და კომუტირებადი (Switched Virtual Circuit, SVC). მუდმივი ვირტუალური არხი აერთებს ორ ფიქსირებულ აბონენტს და იქმნება ქსელის ადმინისტრატორის მიერ. კომუტირებადი ვირტუალური არხები იქმნება კავშირის ინიცირებისას ნებისმიერ დამაბოლოებელ აბონენტებს შორის.

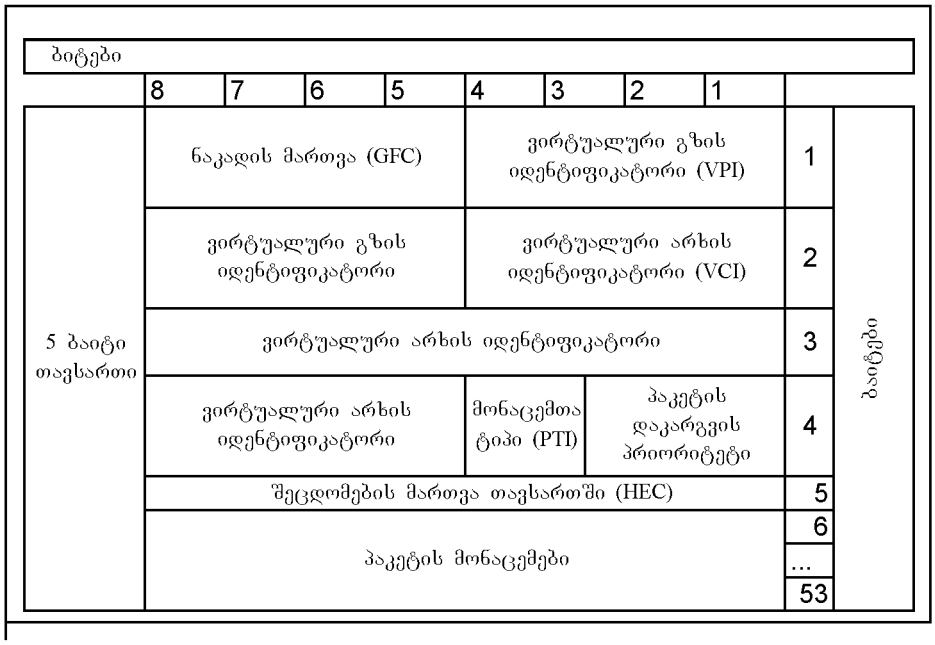
ATM დამაბოლოებელ სადგურსა და დაბალი დონის კომუტატორს შორის შეერთება განისაზღვრება სტანდარტით UNI 3.1 (User Network Interface). UNI განსაზღვრავს პაკეტის სტრუქტურას, სადგურის ადრესაციას, მართვის ინფორმაციის გაცვლას, ATM პროტოკოლის დონეებს და ტრაფიკის მართვის ხერხებს.

3.2. ATM პროტოკოლები

ATM უჯრედის ფორმატი ნაჩვენებია სურ.12-ზე, ხოლო ATM პროტოკოლების ჩამონათვალი სურ.13-ზე.

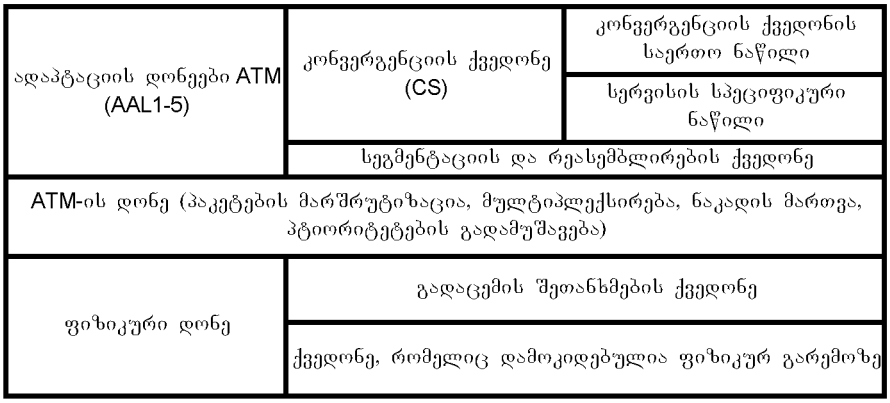
ATM პროტოკოლების ერთობლიობა (AAL1-AAL5 და ATM შრეები) შეესაბამება შვიდდონიანი OSI მოდელის ქვედა დონეებს. ადაპტაციის შრეები გადასცემენ სამომხმარებლო მონაცემებს კომუნიკაციის პროტოკოლების ზედა შრეებიდან პაკეტებს, რომლის ფორმატი და ზომა შეესაბამება ATM სტანდარტებს. თითოეული AAL შრე ამუშავებს სამომხმარებლო ტრაფიკს განსაზღვრული მახასიათებლებით.

AAL1 დონე ემსახურება ტრაფიკს მუდმივი ბიტური სიჩქარით (CBR), რომლითაც ხასიათდება, მაგალითად, ციფრული ვიდეო, და რომელიც მგრძნობიარეა როგორც უჯრედების კარგვებისადმი, ასევე დროითი დაყოვნებებისადმი. AAL2 დონე ამუშავებს პულსირებად ტრაფიკს ცვლადი ბიტური სიჩქარით (VBR), რომელიც დამახასიათებულია ლოკალური ქსელების ტრაფიკებისათვის. ეს ტრაფიკი მუშავდება ისე, რომ არ მოხდეს უჯრედების კარგვა, მაგრამ უჯრედები შეიძლება შეყოვნდეს კომუტატორების მიერ. AAL3/4 დონე ახდენს შეცდომების კონტროლის ძალიან რთულ პროცედურას უჯრედების გადაცემისას და მათ გარანტირებულ გადატანას უშეცდომოდ. AAL5 დონე არის AAL4-ის გამარტივებული ვარიანტი და მუშაობს უფრო სწრაფად (სურ.13).



სურ.12

იმისათვის, რომ თითოეული სერვისის კლასისთვის გვქონდეს ხარისხის შესაბამისი დონე, ATM ტექნოლოგიაში გათვალისწინებულია მომსახურების ხარისხის მოთხოვნის რთული პროცედურები, რომლებიც ხორციელდება სადგურსა და ქსელს შორის შეერთებისას. სურ.13.



სურ.13

3.3. სერვისის კლასები

ATM ქსელში მომხმარებლებს შორის შეერთების განხორციელებამდე ხდება სერვისის სახის შეკვეთა, რომლის შესაბამისადაც იქნება მომსახურებული ტრაფიკი მოცემული შეერთებით. არსებობს სერვისის შემდეგი კლასები: CBR (Constant Bit Rate); VBR (Variable Bit Rate); UBR (Unspecified Bit Rate); ABR (Available Bit Rate). სერვისის გარანტირებული ხარისხისას შეიძლება

განისაზღვროს მიღწევადი გამტარუნარიანობის მინიმალური დონე, უჯრედების დაყოვნების ზღვრული მნიშვნელობები და მათი კარგვის ალბათობის მნიშვნელობები.

CBR სერვისი ყველაზე მარტივი კლასის სერვისია. როცა ქსელური სერვისი ამყარებს CBR შეერთებას, იგი უკვეთავს უჯრედის ტრაფიკის პიკურ სიჩქარეს (PCR). ეს არის მაქსიმალური სიჩქარე, რომლის დროსაც შეერთება ხორციელდება უჯრედის დაკარგვის რისკის გარეშე.

CBR სერვისმა უნდა უზრუნველყოს ტრაფიკის გატარების შესაძლებლობა უჯრედების მინიმალური დაკარგვისა და უჯრედების დაყოვნების მცირე ცვლილებების ალბათობით. იმავდროულად, აუცილებელია დაყოვნების ცვლილების ზღვრული მნიშვნელობის დაცვა. ეს სერვისი განკუთვნილია ხმისა და ვიდეოს გადასაცემად დროის რეალურ მასშტაბში. მას ხშირად იყენებენ, აგრეთვე, T1/E1 ციფრული არხების ემუდაციისათვის.

VBR (Variable Bit Rate – სერვისი ცვლადი ბიტური სიჩქარით) ტრაფიკის კლასი შეიცავს ორ ქვეკლასს: რეალური დროის VBR ტრაფიკი (VBR-RT) და არარეალური დროის VBR ტრაფიკი (VBR – NRT, non real time). პირველი განკუთვნილია დროის მიმართ მგრძნობიარე გამოყენებებისათვის როცა მოთხოვნილია დაყოვნებისა და მისი ცვლილების მკაცრად რეგლამენტირებული მნიშვნელობები. (მაგ., ვიდეო ცვლადი სიჩქარის კოდეკის გამოსასვლელზე ან შეკუმშული ვიდეოტრაფიკი, რომლებშიც არ გადაიცემა "სიჩუმის" ინტერვალები).

ტრაფიკი VRT-NRT ნაკლებად მკაცრ მოთხოვნებს უყენებს უჯრედების გადაცემის დაყოვნებებს. იგი განკუთვნილია, მოკლე, პულსირებადი შეტყობინებების გადასაცემად.

CBR-თან შედარებით, VBR სერვისის კლასში სერვისის შეერთების შეკვეთის უფრო რთული პროცედურა გვაქვს ქსელსა და მომხმარებელს შორის. ამ შემთხვევაში პიკური სიჩქარის გარდა საჭირო სხვა პარამეტრის შეკვეთაც. მაგ., ხანგრძლივად უზრუნველყოფილი სიჩქარის (Sustained Rate), რომელიც წარმოადგენს მონაცემების გადაცემის დასაშვებ საშუალო სიჩქარეს. მომხმარებელს შეუძლია გადააჭარბოს ამ საშუადო სიჩქარეს თითქმის PCR (Peak Constant Rate) დონემდე მხოლოდ დროის მოკლე პერიოდებისათვის. ისევე, როგორც CBR შეერთებისას, მოხმარება და ქსელი უნდა მივიდნენ შეთანხმებამდე პიკური სიჩქარისა და უჯრედების გადაცემის დაყოვნებების ალბათობების შესახებ. ამასთანავე, CBR-ისაგან განსხვავებით, VBR შეერთებამ უნდა დაადგინოს დროითი ზღვარი, თუ რამდენ ხანს შეიძლება მონაცემების გადაცემა PCR სიჩქარით.

CBR-სა და VBR-ისგან განსხვავებით, სერვისი UBR (Unspecified Bit Rate – განუსაზღვრელი ბიტური სიჩქარე) არ განსაზღვრავს არც ბიტურ სიჩქარეს, არც ტრაფიკის პარამეტრებს და არც სერვისის ხარისხს, იგი განკუთვნილია ე.წ. არაკრიტიკული გამოყენებებისათვის, რომლებიც არ მოითხოვს დაყოვნებისა და მისი ცვლილების მკაცრად რეგლამენტირებული მნიშვნელობებს.

UBR-ის მთავარი ნაკლია მონაცემთა ნაკადების მართვის არქონა და სხვა ტიპის ტრაფიკების აღქმის შეუძლებლობა. ქსელის გადატვირთვის შემთხვევაშიც UBR შეერთებები

აგრძელებენ მონაცემების გადაცემას. ქსელის კომუტატორებს შეუძლიათ მიღებული ტრაფიკის ზოგიერთი უჯრედის ბუფერიზაცია, მაგრამ რაღაც მომენტში ბუფერი გადაივსება და უჯრედები დაიკარგება. რადგან UBR შეერთებები არ ამყარებენ არავითარ შეთანხმებას ქსედთან ტრაფიკის მართვის შესახებ, ამიტომ მათი უჯრედები გადაიყრება პირველ რიგში. უჯრედების დაკარგვის შესაძლებლობა იმდენად მაღალია, რომ გამოსასვლელზე სასარგებლო უჯრედების რაოდენობა შეიძლება დაეცეს 50%-ზე დაბლა, რაც, საერთოდ, მიუღებელია.

ABR (Available Bit Rate) სერვისი, ისევე როგორც UBR სერვისი, იყენებს გატარების გაფართოებულ ზოლს, მაგრამ, იმავდროულად, იგი იყენებს ტრაფიკის მართვის ტექნიკას ქსელის გადავსების დონის შესაფასებლად და თავიდან იცილებს უჯრედების დაკარგვას. ABR – ეს არის ATM ტექნოლოგიის პირველი კლასის სერვისი, რომელიც ნამდვილად უზრუნველყოფს პულსირებადი ტრაფიკის საიმედო ტრანსპორტირებას იმის ხარჯზე, რომ მას შეუძლია იპოვოს ტრაფიკში გამოუყენებელი დროის ინტერვალები და შეავსოს ისინი თავისი პაკეტებით, თუ სერვისის სხვა კლასებს ეს ინტერვალები არ სჭირდებათ.

CBR და VBR სერვისების მსგავსად ABR შეერთების დროსაც ქსელსა და მომხმარებელს შორის იდება შეთანხმება პიკური სიჩქარის (PCR) შესახებ.

ABR შეერთების მომხმარებელი ყოველთვის იღებს სერვისის გარანტირებულ ხარისხს გამტარუნარობისა და უჯრედების კარგვის თავიდან აცილების თვალსაზრისით. რაც შეეხება უჯრედების დაყოვნებას, მიუხედავად იმისა, რომ ის მინიმუმამდე დაიყვანება, ABR სერვისი მაინც არ იძლევა აბსოლუტურ გარანტიას. აქედან გამომდინარე, ABR სერვისი არ არის გათვალისწინებული რეალური დროის მოხმარებისათვის, არამედ ის გამოიყენება მაშინ, როდესაც მონაცემების ნაკადი არც თუ ისე მგრძნობიარეა გადაცემის დაყოვნების მიმართ.

CBR, VBR და UBR სერვისები არ ცდილობენ მართონ გადატვირთვის მომენტები და ფაქტიურად ხდება იმ უჯრედების გადაყრა, რომელთა გამოც სიჩქარე გადააჭარბებს დასაშვებ მნიშვნელობას, ხოლო ABR სერვისს შეუძლია გამოიყენოს მოცემულ მომენტში გამოუყენებელი გამტარუნარობის რეზერვები, რადგან აქვს საკმარისი ინტელექტი იმისათვის, რომ განსაზღვროს როდის არსებობს ასეთი შესაძლებლობა.

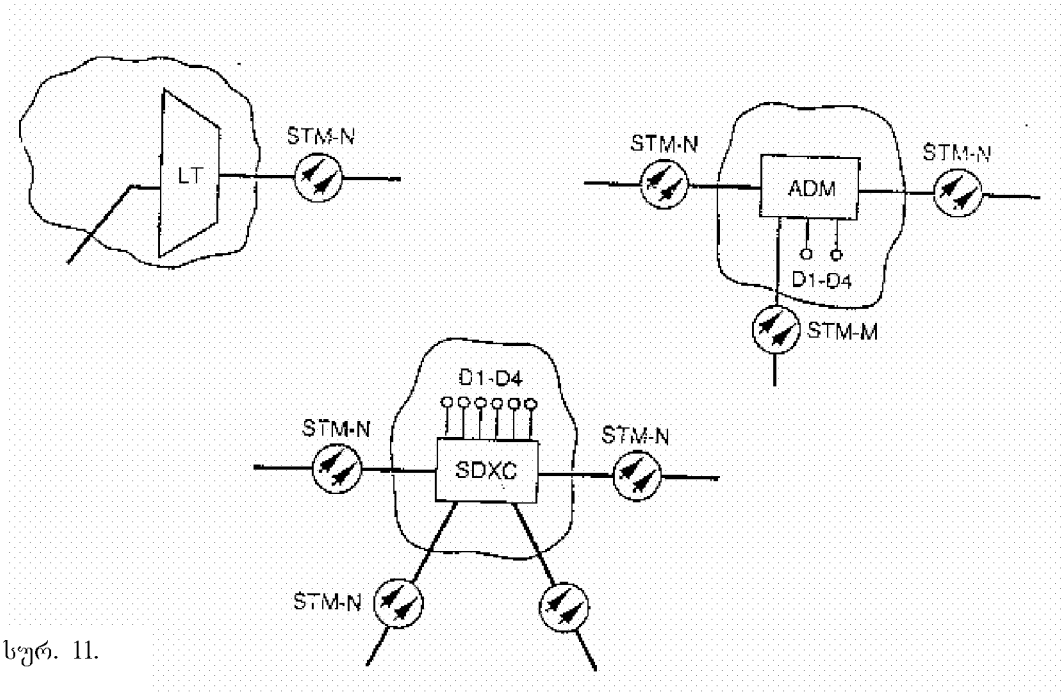
4. SDH მართვის საკითხები

ვუბრუნდებით სცი-ს საკითხებს. განვიხილავთ ტრაქტისა და სექციური თავსართების საკითხებს, უფრო სწორად ძირითად განსხვავებებს მათ შორის. როგორც სურ.5-დან ჩანს, მპ-4-ს შეიძლება ჰქონდეს სხვადასხვა გზით აგებული ინფორმაციული ტვირთი. მიუხედავად ამისა, მისი ტრაქტის თავსართი (POH) ექვემდებარება იგივე პრინციპებს, როგორც მპ-12-ს ტი. ე.ი. მპ-4-ის ტი-ს შეუძლია იმ შეცდომების ინდიკაცია, რომელიც მოხდა მპ-4-ს ინფორმაციულ ტვირთში, ამ

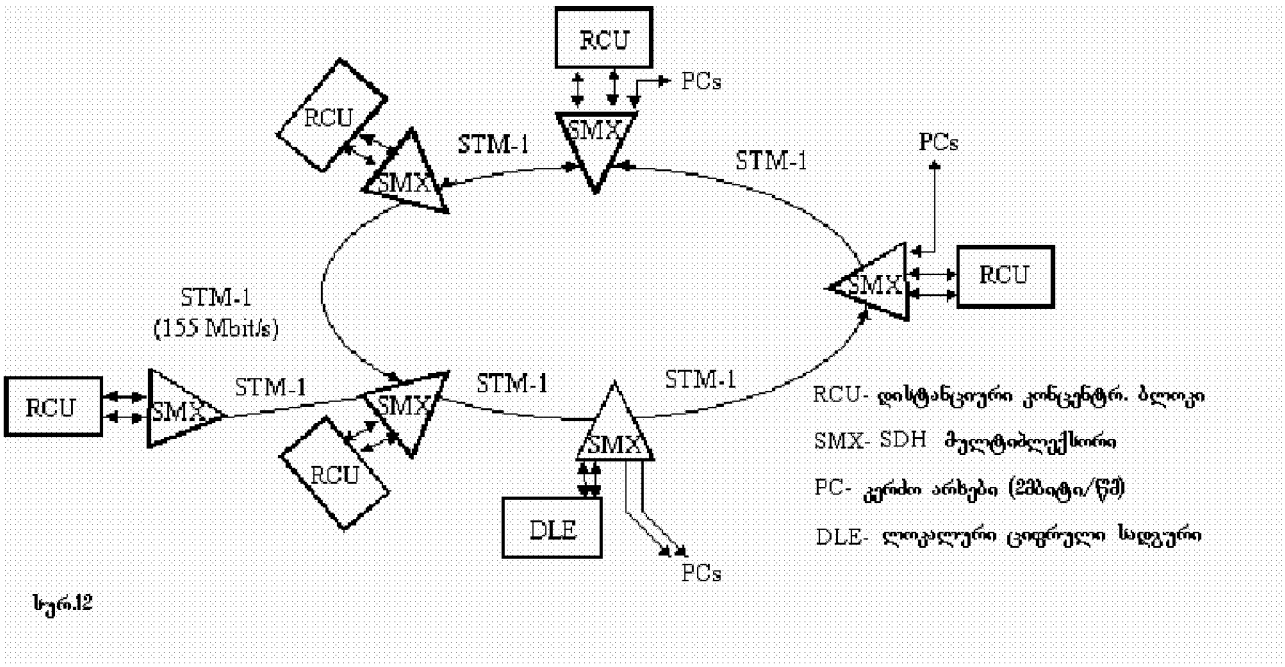
უკანასკნელის არსებობის განმავლობაში. მაგრამ შეუძლებელია ქსელის იმ ელემენტების იდენტიფიცირება, რომლებიც პასუხისმგებელია ამისათვის. ეს შესაძლებელია მხოლოდ სექციური თავსართის ბაიტების დამატებით მძ4--ზე და შესაბამისად სტმ1--ის ფორმირებით. ძირითადი დამახასიათებელი ნიშანი ამ შემთხვევებში ის არის, რომ მძ-4-ის ტმ-გან განსხვავებით სექციური თავსართი ახლიდან იქმნება ქსელის თითოეულ ელემენტში, რომელიც ემსახურება მძ-4-ს. როცა ქსელის ელემენტი (მაგ. ხაზის ტერმინალი - Line Terminal Element - LTE, შეყვანა-გამოყვანის მულტიპლექსერი - Add–Drop Multiplexer-ADM ან სინქრონული ციფრული არხის კომუტაციის სისტემა - Syncronous Digital Cross–Connect System - SDXC) (სურ. 11), მიიღებს სტმ-ს, იგი ამოწმებს სმ-ის შესაბამის ბაიტებს შეცდომების დასადგენად, ხოლო შემდეგ გამოითვლის სმ-ის ახალ შეცვლილ ბაიტებს, რომლებიც უერთდება მძ-4-ს გზის გასაგრძელებლად ქსელის შემდეგი ელემენტისაკენ.

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ გარკვეული ბაიტები თავსართებში გამოყოფილია ქსელის კონტროლისა და მართვისათვის.

სურ. 12-ზე ნაჩვენებია სცმ-ის მულტიპლექსერების განლაგების მაგალითი ჩასმისა და გამოყოფის რგოლში.

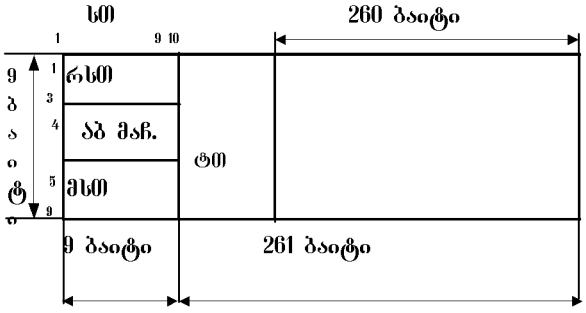


სურ. 11.

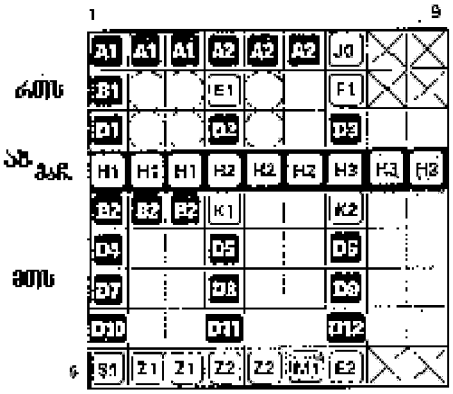


სურ.12

სურათზე 13 ა) და ბ) შესაბამისად მოყვანილია სტმ-ის ციკლის სტრუქტურა და სექციური თავსართის შემადგენლობა, ხოლო სურ. 14 ა) და ბ) შესაბამისად დაბალი და მაღალი რიგის ვირტუალური კონტეინერების თავსართები.



სურ. 13 ა)



A1,A2 ციკლური ბაიტები
B1,B2 შეცდომების მონიტორინგი
J0 რეგენერატორის სექციის ტრასა (SDH იდენტიფიკატორი)
D1,D12 მონაცემების არხები
E1,E2 სამომსახურო კავშირის
F1 მომხმარებლის არხები
K1,K2 ავტომატური გადართვა რეზერვზე
M1 შეცდომების დისტანციური ინდიკაცია
S1 სინქრონიზაციის სტატუსი (მარკერი)
Z1,Z2 სათადარიგო
ბაიტები ნაცვლისმიერი გამოყენებისათვის
ბაიტები დამოკიდებული ვარიანტზე

სურ. 13. ბ)

ტრაქტის თავსართები

VC-2

VC-1

V5	ვერიფიკაციის ინდიკაცია
J2	ტრაქტის ტრასა
N2	ტანდემური შეერთების მონიტორინგი
K4	დაბალი რიგის ტრაქტის დაცვა

ა)

VC-3

VC-4

J1	ტრაქტის ტრასა
B3	ბიტების მონაცვლეობის პარიტეტულობა ბიტური შეცდომების მონიტორინგისათვის
C2	სიგნალის აღნიშვნა
G1	ტრაქტის სტატუსი
F2	მომხმარებლის არხები
H4	მრავალფაზიანობის ინდიკატორი
F3	მომხმარებლის არხები
K3	მაღალი რიგის ტრაქტის დაცვა
N1	ტანდემური კავშირის (შეერთების) მონიტორინგი

ბ)

სურ.14

ჩვენ ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ SDH-თან მჭიდროდაა დაკავშირებული ტელეკომუნიკაციის მართვის ქსელი TMN (ტმქ), რომლის პრინციპები მოცემულია ITU-T-ს M.3010 რეკომენდაციაში. M.3020 ეძღვნება TMN-ის ინტერფეისების სპეციფიკაციის მეთოდოლოგიას.

ტმქ გვთავაზობს ერთიანი მართვის კონცეფციას ქსელის მართვის ამოცანის ფართო სპექტრების და სხვადასხვა ტიპის ტელეკომუნიკაციის ქსელებისათვის.

ტმქ კონცეფტუალურად არის ცალკე ქსელი, რომელსაც აქვს ინტენსიური კავშირი ტელეკომუნიკაციის ქსელთან სხვადასხვა წერტილში ინფორმაციის გასაცვლელად და მისი ოპერირების მართვისათვის. მას შეუძლია გამოიყენოს მის მიერ მართვადი ტელეკომუნიკაციების ქსელი საკუთარი კავშირის უზრუნველსაყოფად. ტმქ განკუთვნილია ნებისმიერი ტელეკომუნიკაციის ქსელის, მოწყობილობების და თავისთავის მართვისათვის.

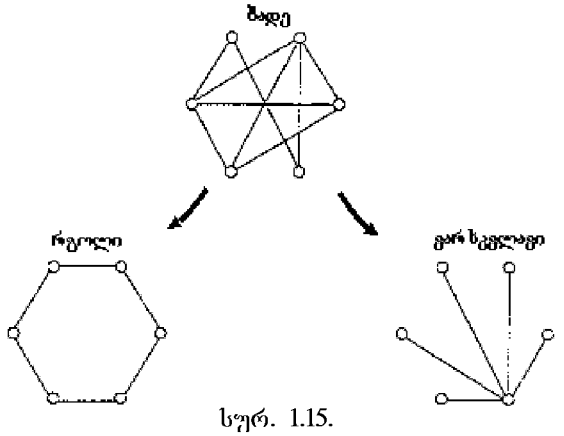
ტმქ-ს ერთერთი ბაზისური პრინციპი არის მართვისა და ტელეკომუნიკაციის ფუნქციების განცალკევება. იგი არის სისტემა, რომელსაც შეუძლია ცვლილება, გაფართოება მარტივი კავშირებიდან ქსელების ურთიერთკავშირის მართვამდე და ა.შ. სამწუხაროდ, აქ ჩვენ არა გვაქვს შესაძლებლობა, დაწვრილებით ვილაპარაკოთ ტმქ-ის პრობლემებზე. ამიტომ შევეხებით მხოლოდ მისი ქსელის ლოგიკურ შრეებად დაყოფის საკითხებს, რომ ზოგადი წარმოდგენა მაინც შევიქმნათ ზოგიერთ შესაძლებლობებზე იმ კუთხით, რომლითაც იგი უკავშირდება სინქრონული ციფრული იერარქიის ქსელებს.

ტელეკომუნიკაციის მართვის ქსელში, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოყენებულია ქსელის შრეებად დაყოფის პრინციპი, რომლის შედეგადაც არსებობს შემდეგი ლოგიკური შრეები: ქსელის ელემენტის შრე (NEL), რომელიც პასუხისმგებელია G781/2/3 სტანდარტით განსაზღვრული ქსელის ელემენტის (ე.წ. "ატომური" ერთეულის) და მისი შიგა ფუნქციების მართვაზე;

ელემენტის მართვის შრე (EML) - ქსელის ინდივიდუალური ელემენტების მართვა და ქსელის ელემენტების კოორდინაცია ქსელის ელემენტის ფუნქციის (NEF) ბაზაზე, ასევე ელემენტების მართვა კოლექტიურ ბაზისზე; ტიპიური ფუნქციებია: მომსახურების სტატისტიკური ფუნქცია, შენახვა და სხვა მონაცემები, კავშირი უფრო მაღალ შრეებთან;

ქსელის მართვის შრე (NML) - მართვა და კოორდინაცია ყველა ელემენტისა ქსელის პოზიციებიდან, კავშირი მეზობელ შრეებთან;

მომსახურების მართვის შრე (SML), პასუხისმგებელია სერვისის მართვაზე (სხვადასხვა ასპექტები, დაკავშირებული კლიენტებისათვის შეთავაზებულ მომსახურებასთან, მაგ. შეკვეთები, ჩივილი), აგრეთვე კავშირზე მეზობელ შრეებთან.



სურ. 1.15.

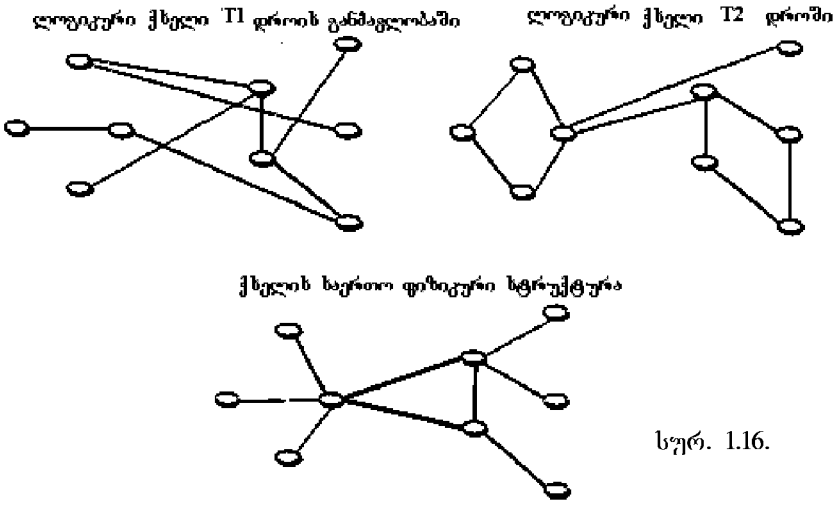
ბიზნესის მართვის შრე (BML), პასუხისმგებელია მთელ წარმოებაზე (ინვესტიციური გადაწყვეტილებების მხარდაჭერა ტელეკომის რესურსებზე, ქვედა შრეების მართვისა და მათთან კავშირისათვის).

ტმქ (TMN) ისეთი გლობალური საკითხია, რომელიც მოითხოვს ცალკე, დაწვრილებით, განხილვას. აქ, ჩვენ, იძულებული ვართ დავკმაყოფილდეთ იმის აღნიშვნით, რომ სცი-ის

ქსელის ელემენტებს აქვს ფართო შესაძლებლობები მოწყობილობების კონტროლისა და მართვისათვის (სურ. 13,14.). ისინი აღჭურვილია Q-ინტერფეისებით ცენტრალიზებული მართვისათვის. ასევე შესაძლებელია ლოკალური მართვაც. მაგალითად SDXC, რომელიც იმართება ტმქ-ით და საშუალებას იძლევა შევცვალოთ ქსელის კომფიგურაციები (სურ. 15).

სურ. 16-ზე ნაჩვენებია ქსელის ლოგიკური და ფიზიკური კონფიგურაციები, განხორციელებული ასევე SDXC-ისა და ტმქ-ს საშუალებით.

სცი-ის მოწყობილობებს შეუძლია უზრუნველყოს ინტერფეისები ტმქ-თან ორი გზით: მონაცემების კავშირის არხით (DCC) ან Q ინტერფეისით. მონაცემების კავშირის არხით დაკავშირებისას იყენებენ D1,D3 ბაიტებს რეგენერაციული სექციის თავსართში (რსთ), და D4...D12 ბაიტებს, - მულტიპლექსირების სექციის თავსართში (მსთ) (სურ. 13.ბ).



სურ. 1.16.

მართვის ფუნქციების განხორციელების ერთერთი მაგალითია მულტიპლექსირების სექციის დაცვა (MSP-Multiplexer Section Protection), რომელიც ხორციელდება K ბაიტების გამოყენებით მულტიპლექსირების სექციის თავსართში (მსთ) (სურ. 13.ბ).

რაც შეეხება საკუთრივ სცი-ის ქსელის კონფიგურაციებს (სურ.15,16), შეიძლება ითქვას, რომ აქ საკმაოდ ფართო შესაძლებლობებია და ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭირო ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

კონკრეტული ხაზების დაპროექტება უნდა განხორციელდეს, გამომდინარე რეალური სიტუაციიდან. სასურველია სხვადასხვა სტრუქტურების კომბინაციების გამოყენება ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საფუძველზე. რგოლური სტრუქტურების გამოყენებისას უკეთესია ქსელი აიგოს რამდენიმე შუალედური (შედარებით მცირე ზომის) რგოლით, რომ თავიდან ავიცილოთ დიდი რგოლების დამახასიათებელი უარყოფითი თვისებები.

კერძოდ, რგოლური სტრუქტურის ნაკლად ითვლება ის, რომ თუ რგოლის რომელიმე უბანზე წარმოიშვა არხების რაოდენობის მკვეთრი გაზრდის აუცილებლობა, საჭირო მთლიანი რგოლის ახლიდან დაპროექტება შესაბამისი რეზერვირებისა და თვითაღდგენის შესაძლებლობების გათვალისწინებით.

სცი-ის ქსელის პროექტირებისას საჭირო გავითვალისწინოთ ოპტიკური ბოჭკოების გარკვეული მარაგი და გამტარუნარიანობის (ტევადობის) რეზერვი, რომ პერსპექტივაში შევძლოთ განვითარებისა და ოპტიმალური რეზერვირების ამოცანების გადაწყვეტა. ამასთანავე

აპარატურა უნდა დაპროექტდეს ინტერფეისების მაქსიმალური შესაძლებელი რაოდენობით. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ქსელის გაფართოებისას, აუცილებელი გახდება დაყენებული მოწყობილობების დემონტაჟი და მისი შეცვლა ახალი მოდიფიკაციით.

ლიტერატურა

1. К.А.Мешковский. Биты, байты, форматы. Журнал "Радио", №3, 1997 г., стр.63-66.
2. M.Matthews. The Synchcronous Digital Hierarchy. Chapter 1 of the book: Telecommunication Systems and Applications / Fraidoon Mazda. Reed Educational and Professional Publishing Ltd. London, 1996.
3. Л.Т.Ким. Синхронная цифровая иерархия // Электросвязь №3, 1991.
4. Walter Widl. Telecommunications Networks. Materials of Sub-regional ITU-TMN seminar, Armenia, July 2-4, 1997.
5. Walter Widl. SDH Concept. Materials of Sub-regional ITU-TMN seminar, Armenia, July 2-4, 1997.
6. А.М.Меккель. Пути эволюции транспортных сетей связи. Труды международной академии связи, №4. 1997. Приложение к журналу "Электросвязь".
7. Walter Widl. ATM Principles. Materials of Sub-regional ITU-TMN seminar, Armenia, July 2-4, 1997.
8. В.А.Ершов, Э.Б.Ершова, Н.А.Кузнецов. Телекоммуникационные сети - тенденции развития. Труды международной академии связи. №24. 1997. Приложение к журналу "Электросвязь".
9. Walter Widl. Telecommunications Management Network (TMN). Materials of Sub-regional ITU-TMN seminar, Armenia, July 2-4, 1997.
10. А.Р.Зурман. Практика проектирования сетей с оборудованием синхронной цифровой иерархии. Электросвязь, №1. 1997 г.
11. Boulter Richard. The Integrated Services Digital Network. Chapter 2 of the book: Telecommunication systems and applications. ƒ Fraidoon Mazda London, 1996.
12. Synchronous Digital Hierarchy. Bell Telephone Manufacturing Company N.V. Bell Education Centre, Edition: 02, 1994.
13. ხარატიშვილი, თ. კუპატაძე, ჯ. ხუნწარია, კ. ხოშტარია. გადაცემის მრავალარხიანი ციფრული სისტემები. 1987წ.
14. Hiroshi Saito. Teletraffic technologies in ATM Networks. Artech Hause, 1993. ISBN 0 – 89006-622-1.
15. ATM service categories. http: //www. atm forum. com/ atm forum/ library/ service_categories.html.