

ქვემოდან ზემოთ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (BU-LRIC) მეთოდოლოგია

ფიქსირებული ქსელი



Building a better
working world

შინაარსი

1.	შესავალი.....	4
2.	სამართლებრივი ვიზაზა.....	5
3.	ძირითადი პრინციპები.....	7
4.	BU-LRIC მოდელის სქემა.....	12
5.	ქსელის ტექნოლოგია	16
6.	ქსელის სტრუქტურა და ელემენტები.....	19
6.1	ფიქსირებული ქსელის სტრუქტურა	19
6.2	ფიქსირებული ქსელის ელემენტები.....	21
7.	გაანგარიშებული მომსახურების საგანი	25
8.	ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება	26
8.1	ქსელზე მოთხოვნის გაანგარიშება.....	26
8.1.1	არხების კომპუტირებით ტრაფიკის გარდაქმნა საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკად	26
8.1.2	ქსელის ელემენტებზე ტრაფიკის მოთხოვნის გაანგარიშება ყველაზე დატვირთულ საათში 28	
8.2	აქტიური ქსელის აღჭურვილობის შეფასებისადმი მიდგომა	29
8.2.1	საბაზო და დამატებითი ერთეულების ცნება.....	29
8.2.2	ფორმულების აღნიშვნების მნიშვნელობები.....	32
8.3	დაშვების კვანძების მასშტაბის გაანგარიშება	32
8.3.1	ქსელის ელემენტების დაშვების კვანძის საშუალო გამტარუნარიანობის გაანგარიშება	34
8.3.2	დაშვების კვანძებში პორტების რაოდენობის გაანგარიშება.....	36
8.3.3	დაშვების კვანძში ქსელის ელემენტების ერთეულის ტიპების (შასის) განსაზღვრა...	38
8.4	რადიო დაშვების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება	42
8.4.1	საბაზო რადიოსადგურების მასშტაბის გაანგარიშება	42
8.4.2	საბაზო სადგურის კონტროლერის მასშტაბის გაანგარიშება	46
8.5	ეზერნეტის განაწილების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება	48
8.5.1	ეზერნეტის გადამრთველების საბაზო ერთეულების მასშტაბის გაანგარიშება.....	48
8.5.2	ეზერნეტის გადამრთველის გაფართოების ბარათების გაანგარიშება	51
8.5.3	1GE და 10GE პორტების ოდენობის გაანგარიშება	53
8.6	IP/MPLS ძირითადი ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება.....	56
8.6.1	IP მარშრუტიზატორის პორტების რაოდენობის გამოთვლა.	57
8.6.2	მულტიმედიური შლიუზის (MGW) IC პორტების გაანგარიშება	62
8.6.3	მულტიმედიური შლიუზის საბაზო ერთეულების განსაზღვრა	62
8.6.4	მულტიმედიური შლიუზების გაფართოების ბარათების გაანგარიშება	63
8.6.5	IP მარშრუტიზატორის საბაზო ერთეულების ტიპების განსაზღვრა	66
8.6.6	IP მარშრუტიზატორის გაფართოების ბარათების გაანგარიშება	66
8.6.7	HLR და მომხმარებელთა მონაცემების ცენტრალიზებული ბაზა (CUDB).....	68
8.7	გადაცემის ქსელის პასიური ელემენტების მასშტაბის გაანგარიშება	68
8.7.1	ბოჭკოვანი კაბელების მასშტაბის გაანგარიშება	68
8.7.2	საკაბელო არხების მასშტაბის გაანგარიშება	69
8.7.3	პასიური ქსელის სიგრძის გაანგარიშების ალგორითმი	71
8.8	ქსელის სხვა ელემენტები	76
8.8.1	IMS – IP მულტიმედიური ქვების სისტემა	76
8.8.2	საბილინგო სისტემა.....	78
9.	ქსელის შეფასება	80

BU-LRIC) მეთოდოლოგია
ფიქსირებული ქსელი

9.1	ხარჯების წლიური მაჩვენებელი	80
9.2	მარჯები	83
10.	მომსახურების დანახარჯების გაანგარიშება	85
10.1	სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელისა (Pure LRIC) და გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (LRIC) მიდგომა.....	85
10.2	LRIC+ მიდგომა	86

1. შესავალი

ამ დოკუმენტის მიზანია წარმოადგინოს ქვემოთ ზემოთ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (შემდგომში „BU-LRIC“) თეორია, გამოყენების სფერო და პრინციპები. დოკუმენტი ორი ნაწილისგან შედგება. პირველში წარმოდგენილია BU-LRIC-ის მოდელირების თეორიული მხარე, კერძოდ:

- ▶ ევროკომისიის რეკომენდაციებში შესული მოთხოვნები,
- ▶ BU-LRIC მოდელის კონცეფცია, ძირითადი პრინციპებისა და გაანგარიშების ძირითადი საფეხურების ჩათვლით.

მეორე ნაწილში მოცემულია ფიქსირებული ოპერატორის შემთხვევაში BU-LRIC-ის მოდელის მეთოდოლოგია და მასთან დაკავშირებული დეტალური დაშვებები

- ▶ ქსელის ტექნოლოგია და ტოპოლოგია;
- ▶ გაანგარიშებული მომსახურების საგანი;
- ▶ ქსელის მასშტაბის გაანგარიშების პრინციპები;
- ▶ კაპიტალური დანახარჯებისა და საოპერაციო ხარჯების გაანგარიშების პრინციპები.

2. სამართლებრივი ვიზაჟა

ურთიერთჩართვის ტარიფები სამართლიან ეკონომიკურ ინფორმაციას უნდა იძლეოდეს სატელეკომუნიკაციო ბაზრის იმ ახალი მონაწილეებისთვის, რომლებიც სწორედ ახლა იღებენ გადაწყვეტილებას, საკუთარი ქსელი შექმნან, თუ ბაზრის ადგილობრივი მონაწილის არსებული სატელეკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურით ისარგებლონ. სწორი ეკონომიკური გადაწყვეტილებებისთვის ინფორმაციის მისაწოდებლად, ადგილობრივი ბაზრის არსებული მონაწილეების - არსებული სატელეკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურის მფლობელების მიერ დაწესებული ურთიერთჩართვის ტარიფები:

- ▶ უნდა ეყრდნობოდეს მიმდინარე ღირებულებას,
- ▶ უნდა შეიცავდეს მხოლოდ ურთიერთჩართვის მომსახურებასთან დაკავშირებულ დანახარჯებს,
- ▶ არ უნდა შეიცავდეს ოპერატორის იმ დანახარჯებს, რომლებიც ქსელის არაეფექტური ექსპლუატაციის შედეგია.

ზემოაღნიშნული მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისია შეიმუშავებს ინსტრუმენტს მობილური და ფიქსირებული ქსელებისთვის დანახარჯებზე დაფუძნებული ურთიერთჩართვის ფასების გასაანგარიშებლად, ქვემოდან ზემოთ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელზე (შემდგომში BU-LRIC) დაყრდნობით. ურთიერთჩართვის ფასის კონტროლი და ფასის გაანგარიშების მეთოდოლოგია შემდეგ ნორმატიულ აქტებს ექვემდებარება:

- ▶ ევროკომისიის რეკომენდაცია 2009/396/EC (შემდგომში „რეკომენდაცია“);
- ▶ ევროკავშირის ელექტრონული კომუნიკაციების მარეგულირებელი სისტემა (შემდგომში „დირექტივა“);
- ▶ საქართველოს კანონი ელექტრონული კომუნიკაციების შესახებ;
- ▶ საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მიერ ჩატარებული ბაზრის ანალიზი;

მობილურ და ფიქსირებულ ქსელებში ზარის დასრულების ტარიფების მოდელი (შემდგომში „მოდელი“) იმგავარად უნდა შემუშავდეს, რომ მოდელმა გაითვალისწინოს მობილურ და ფიქსირებულ ქსელებში ზარის დასრულების ტარიფების რეგულირებასთან დაკავშირებული რეკომენდაციები და მოთხოვნები, კერძოდ:

- ▶ მასში უნდა მოხდეს ეფექტიანი მომსახურების მომწოდებლის დანახარჯების მოდელირება;

- ▶ უნდა ეყრდნობოდეს მიმდინარე ღირებულებებს;
- ▶ უნდა იყოს პროგრესული გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელი ქვემოდან ზემოთ;
- ▶ უნდა აკმაყოფილებდეს „ტექნოლოგიური ეფექტიანობის“ მოთხოვნებს, შესაბამისად, მოდელირებული ქსელი უნდა იყოს შემდეგი თაობის ქსელზე დაფუძნებული და უნდა ითვალისწინებდეს მეორე და მესამე თაობის ტექნოლოგიის ნაზავს;
- ▶ იგი შეიძლება შეიცავდეს ამორტიზაციის გრაფიკს. რეკომენდებულია ეკონომიკური ცვეთა; თუმცა, ცვეთის სხვა მეთოდებიც, როგორიცაა ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდი, თანაბარზომიერი ცვეთა და თანაბარზომიერი ცვეთა ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით.
 - ▶ ერთეულის ტარიფი უნდა ითვალისწინებდეს მხოლოდ ზარის დასრულების ზღვრულ დანახარჯებს; ოპერატორის მობილურ ქსელში ზარის საბითუმო დასრულების ტარიფის გაანგარიშებაში ტრაფიკთან არ დაკავშირებულ ხარჯები მხედველობაში არ მიიღება. ტრაფიკთან დაკავშირებული ხარჯებიდან გაითვალისწინება მხოლოდ ის ხარჯები, რომლებიც შეიძლება თავიდან აიცილოს ოპერატორმა ქსელში ზარის საბითუმო დასრულების მომსახურების მიწოდების არ არსებობის დროს. თავიდან ასაცილებელი ხარჯები არის დანახარჯებს შორის სხვაობა, რომელიც მიიღება ოპერატორის მიერ მომსახურებების ფუნქციონალურად სრული ასორტიმენტის გაწევის უზრუნველყოფისთვის საჭირო დანახარჯებსა და ოპერატორის მიერ მომსახურების სრული ასორტიმენტის ზარის დასრულების მომსახურების გარდა გაწევის უზრუნველყოფისთვის საჭირო დანახარჯებს შორის.

3. ძირითადი პრინციპები

ქვემოდან ზემოთ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის შემუშავება საკმაოდ რთული პროცესია, მოითხოვს მულტიდისციპლინარულ მიდგომას მთელი რიგი სხვადასხვა ამოცანის დასახვის გზით და საჭიროებს რამდენიმე ცნების გააზრებას. ამ ნაწილში მოცემულია ცნებები, რომლებსაც მთელ დოკუმენტში წარმოდგენილი ხარჯთაღრიცხვა ეყრდნობა.

გრძელვადიანი

გრძელვადიანი მეთოდოლოგია უშვებს ხარჯების ანალიზისთვის საკმარისად ხანგრძლივ ვადას, რომლის განმავლობაშიც შეიძლება ყველა ხარჯი იცვლებოდეს მიწოდებული მომსახურების მოცულობის ცვლილების შესაბამისად - ანუ ყველა ხარჯი შეიძლება დაიზოგოს ოპერატორის მიერ მომსახურების მიწოდების დასრულების შემთხვევაში.

პროგრესული

პროგრესული მეთოდოლოგია მოითხოვს პირვანდელი ღირებულებების საფუძველზე აღრიცხული დანახარჯების გადაფასებას სამომავლო ღირებულებებად, და ასევე მოითხოვს დანახარჯის წყაროს დაკორექტირებას იმისათვის, რომ აღმოიფხვრას ინფრასტრუქტურის არაეფექტური ექსპლუატაცია. პროგრესულ დანახარჯებს ქვემოთ „მიმდინარე დანახარჯებს“ ვუწოდებთ. პროგრესული დანახარჯები ის დანახარჯებია, რომლებიც დღეს გაიწევა ქსელის შექმნისას, რომელმაც უნდა დააკმაყოფილოს სამომავლო მოთხოვნა მომსახურებაზე და ასევე გაითვალისწინოს პროგნოზირებული ცვლილება აქტივოვების ფასში.

ცვეთის დარიცხვის მეთოდი

რეკომენდაციის თანახმად, ცვეთის დარიცხვის ოთხი მეთოდის გამოყენებაა შესაძლებელი მოდელში:

- ▶ ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდი

ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდი საშუალებას იძლევა, ცალ-ცალკე გამოითვალოს ცვეთის ხარჯი და კაპიტალის ღირებულება. ცვეთის ხარჯი მიიღება საერთო ჩანაცვლების ღირებულების გაყოფით თავის სასარგებლო მომსახურების ვადაზე.

- ▶ თანაბარზომიერი ცვეთა

დანახარჯის წლიური მაჩვენებელი, რომელიც გამოითვლება თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდის გამოყენებით, ითვალისწინებს, როგორც ცვეთის ხარჯს, ისე ძირითად საშუალებასთან დაკავშირებულ კაპიტალის ღირებულებას. თვითღირებულების

გამოანგარიშება ხდება ძირითადი საშუალებების საერთო ჩანაცვლების ღირებულების საფუძველზე.

- ▶ თანაბარზომიერი ცვეთა ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით დანახარჯის წლიური მაჩვენებელი, რომელიც გამოითვლება ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდის გამოყენებით, ითვალისწინებს როგორც ცვეთის ხარჯს, ისე ძირითად საშუალებასთან დაკავშირებულ კაპიტალის ღირებულებას. თვითღირებულების იანგარიშება ხდება ძირითადი საშუალებების საერთო ჩანაცვლების ღირებულების საფუძველზე. ამ მეთოდით მიიღება თვითღირებულება, რომელიც ასახავს ფინანსური წლის განმავლობაში ძირითადი საშუალების მიმდინარე ფასებში ცვლილებას. აქედან გამომდინარე, აქტივების ფასის მატების/კლების ფონზე, კაპიტალის შენარჩუნების ხარჯი უფრო დაბალია/მაღალია, ვიდრე მიმდინარე ცვეთა.

- ▶ ეკონომიკური ცვეთა
ეკონომიკური ცვეთის მეთოდი ითვალისწინებს ოპერატორის ინვესტიციების მუდმივ ხასიათს და სატელეკომუნიკაციო აქტივების ფასების ცვლილებას. ეს მეთოდი ცდილობს შექმნას დროთა განმავლობაში ხარჯების ამოღების ოპტიმალური პროფილი და წარმოადგენს წლის განმავლობაში ეკონომიკური აქტივების ღირებულებაში მომხდარ ცვლილებას. ეკონომიკური ცვეთა მოითხოვს დამოუკიდებელი ქმედითი მოდელის დანერგვას, რომლითაც შესაძლებელი იქნება ქსელის ღირებულების გამოთვლა დაახლოებით 40-წლიანი პერიოდისთვის.

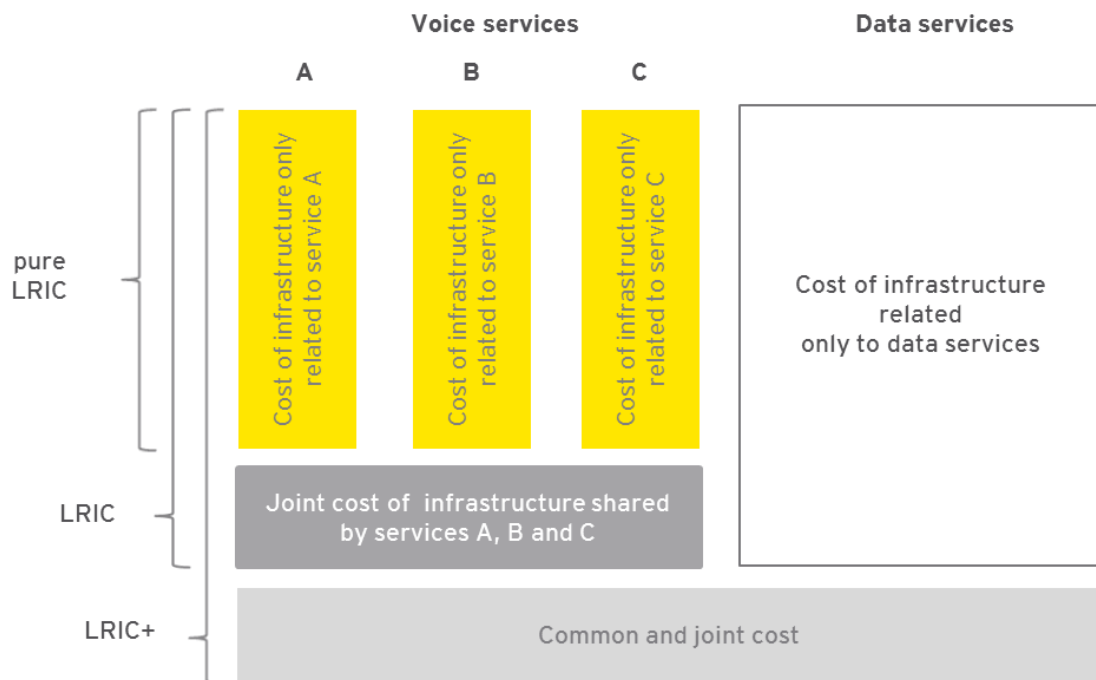
საბითუმო მომსახურების ნაზარდი დანახარჯები

მომსახურების ნაზარდი დანახარჯების გაანგარიშებისადმი სამი გავრცელებული მიდგომა არსებობს:

- ▶ სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (შემდგომში „LRIC“) მეთოდი - მოიცავს მხოლოდ იმ ხარჯებს, რომლებიც უკავშირდება გარკვეული მომსახურების გაწევაში (მაგ. ზარის დასრულება) ჩართულ ქსელის კომპონენტებს.
- ▶ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (შემდგომში „LRIC“) მეთოდი - მოიცავს მხოლოდ იმ ხარჯებს, რომლებიც უკავშირდება გარკვეული მომსახურებების ჯგუფის გაწევაში ჩართულ ქსელის კომპონენტებს, რის შედეგადაც მომსახურებათა ჯგუფის გარკვეული საერთო დანახარჯები გადაიქცევა ნაზარდ დანახარჯებად. მომსახურებების ჯგუფი შეიძლება განისაზღვროს, როგორც ხმოვანი მომსახურება ან მონაცემების გადაცემის მომსახურება.

- LRIC+ მეთოდი - მოიცავს LRIC+ მეთოდის აღწერით ნაწილში მოცემულ დანახარჯებს, რასაც ემატება საერთო და ერთობლივი დანახარჯები. მომსახურების თითოეულ ჯგუფთან (მთლიანი ხმოვანი მომსახურება და მთლიანი მონაცემების გადაცემის მომსახურება) დაკავშირებული საერთო და ერთობლივი დანახარჯი ცალკე გამოითვლება ქსელის თითოეული კომპონენტისთვის, თანაბარპროპორციული მარჟის გამოყენებით, მომსახურების თითოეული ჯგუფის (მთლიანი ხმოვანი მომსახურება და მთლიანი მონაცემების გადაცემის მომსახურება) მიერ გაწეული ნაზარდი (ზღვრული) დანახარჯის დონის შესაბამისად.

გაანგარიშებისადმი მიდგომები თითოეული მეთოდის გამოყენებით ქვემოთაა წარმოდგენილი:



სატელეკომუნიკაციო ქსელებში სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის გამოყენებით საბითუმო მომსახურების ნაზარდი დანახარჯების გაანგარიშებისას საჭიროა მხოლოდ იმ ფიქსირებული და ცვლადი დანახარჯების განსაზღვრა, რომლებიც არ იარსებებდა, თუ საბითუმო მომსახურება აღარ გაეწეოდა სხვა ოპერატორებს (ანუ მხოლოდ თავიდან აცილებადი დანახარჯები.) საბითუმო მომსახურებასთან დაკავშირებული ნაზარდი დანახარჯებიდან თავიდან აცილებადი დანახარჯები შეიძლება გამოითვალოს სრული სპექტრის მომსახურების გამწევი ოპერატორის მთლიანი გრძელვადიანი დანახარჯების განსაზღვრით და შემდეგ ამავე ოპერატორის გრძელვადიანი დანახარჯების განსაზღვრით, იმ დაშვებით, რომ სხვა ოპერატორებს საბითუმო მომსახურება არ გაეწევა. აღნიშნული შემდეგ შეიძლება გამოიქვეყნოს საქმიანობის მთლიანი გრძელვადიანი დანახარჯებისგან, ამასთან რომ მივიღოთ განსაზღვრული ნაზარდი დანახარჯი.

გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის გამოყენებით დანახარჯების გაანგარიშებისას საჭიროა მხოლოდ იმ ფიქსირებული და ცვლადი დანახარჯების განსაზღვრა, რომლებიც არ იარსებებდა, თუ მომსახურებების აღნიშნული ჯგუფი აღარ გაეწეოდა სხვა ოპერატორებს და საცალო აბონენტებს (ანუ მხოლოდ თავიდან აცილებადი დანახარჯები.) მომსახურებების ჯგუფთან დაკავშირებული ნაზარდი დანახარჯებიდან თავიდან აცილებადი დანახარჯები შეიძლება გამოთვალოს სრული სპექტრის მომსახურების გამწევი ოპერატორის მთლიანი გრძელვადიანი დანახარჯების განსაზღვრით და შემდეგ ამავე ოპერატორის გრძელვადიანი დანახარჯების განსაზღვრით, თუ მესამე მხარეებს მომსახურებათა ჯგუფი არ გაეწევა. აღნიშნული შემდეგ შეიძლება გამოიქვითოს საქმიანობის მთლიანი გრძელვადიანი დანახარჯებისგან, რომ მივიღოთ განსაზღვრული ნაზარდი დანახარჯი.

დანახარჯების LRIC+ მეთოდით გაანგარიშებისას, თავდაპირველად გამოთვლილ ნაზარდ დანახარჯებს ემატება მარჟები, რომ დაიფაროს ყველა საერთო და ერთობლივი ელემენტისა და საქმიანობის ხარჯი, რაც საჭიროა ყველა მომსახურების გასაწევად.

კაპიტალის ღირებულება

ქსელში და სხვა მასთან დაკავშირებულ აქტივებში დაბანდებულ ინვესტიციაზე მოთხოვნილი უკუგება განისაზღვრება, როგორც კაპიტალის ღირებულება. კაპიტალის ღირებულებამ ინვესტორებს საშუალება უნდა მისცეს, მიიღონ იმავე ოდენობის უკუგება ქსელის აქტივებსა და სხვა მასთან დაკავშირებულ აქტივებზე, როგორსაც მიიღებდნენ შედარებადი ალტერნატიული ინვესტიციებისგან. კაპიტალის ღირებულება გამოითვლება საქართველოს კომუნიკაციების ეროვნული კომისიის მიერ დადგენილი კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულების გათვალისწინებით.

„გადამწვარი მიწის“ და „ამომწვარი კვანძის“ დაშვებები

ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი გადაწყვეტილება, რომლის მიღებაც საჭიროა ქვემოდან ზემოთ მოდელირებისას, არის ის, თუ რომელი დაშვება უნდა იქნეს გამოყენებული - „გადამწვარი მიწის“, თუ „ამომწვარი კვანძის“. „გადამწვარი მიწის“ მეთოდი ახდენს დაშვებას, რომ ოპტიმალური ზომის ქსელური მოწყობილობები განლაგდება ქსელის მთლიანი პროექტისთვის ოპტიმალურ ლოკაციებზე. მის მიხედვით, ქსელის ხელახლა დაგეგმვა ხდება ცარიელ ტერიტორიაზე. „ამომწვარი კვანძის“ მეთოდი ახდენს დაშვებას, რომ ოპტიმალური ზომის ქსელური მოწყობილობები განლაგდება ოპერატორების არსებული კვანძების ლოკაციებზე.

ქვემოდან ზემოთ

ქვემოდან ზემოთ მიდგომა გულისხმობს ტექნიკურ-ეკონომიკური მოდელების შემუშავებას, რომლებიც გამოიყენება ეფექტური ოპერატორის მიერ სატელეკომუნიკაციო მომსახურების გასაწევად გამოყენებული ქსელის ელემენტების დანახარჯების გამოსათვლელად. ქვემოდან ზემოთ მოდელები შემდეგ ამოცანებს ემსახურებიან:

- ქსელის სიმძლავრის განსაზღვრა და გადაფასება.
- ქსელთან დაკავშირებული დანახარჯების შეფასება.
- ქსელთან დაუკავშირებელი დანახარჯების შეფასება.
- ექსპლუატაციის პროცესში ტექნიკური მომსახურებისა და მხარდაჭერის დანახარჯების შეფასება.
- მომსახურების დანახარჯების შეფასება.

4. BU-LRIC მოდელის სქემა

BU-LRIC-ის მეთოდის მიზანია განსაზღვროს მომსახურებასთან დაკავშირებული დანახარჯები, რომლებსაც გასწევდა ახალი ეფექტური ოპერატორი კონკურენტუნარიან ბაზარზე თუ ქსელი ისეა აგებული, რომ დააკმაყოფილოს არსებული და სამომავლო მოთხოვნა. ქვემოთ სურათზე წარმოდგენილია BU-LRIC მეთოდოლოგიის ზოგადი პროცესი.



ეტაპი 1 - ქსელზე მოთხოვნა

მოდელის ამ ნაწილში, რომელიც ქსელზე მოთხოვნას ეხება, მომსახურების შესაბამის პორტფელზე მოთხოვნა უნდა გამოიხატოს ქსელისთვის აუცილებელი სიმძლავრის სახით. იმის გამო, რომ ქსელმა, რომლის მასშტაბის გაანგარიშებაც მოხდა, უნდა გაუძლოს პიკურ პერიოდებში ტრაფიკს, მომსახურების შეფასებული მოცულობები უნდა გამოიხატოს ქსელის ელემენტებზე დატვირთულ საათებში არსებული მოთხოვნის სახით. ქსელის აგება ხდება სამომავლო მოთხოვნის გათვალისწინებით, ამიტომ საჭიროა ქსელის ელემენტების დაგეგმვის პერიოდის განსაზღვრა. პრინციპში, ეს ეკონომიკური განსჯის საფუძველზე ხდება: მოკლევადიან პერსპექტივაში სარეზერვო სიმძლავრის ხარჯისა და დროული მიწოდება-წარმოების რეჟიმში სიმძლავრის მუდმივად ზრდის ხარჯების ოპტიმალური თანაფარდობის შეფასებით.

ეტაპი 2 - ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება

ქსელის ელემენტებზე მოთხოვნის განსაზღვრის შემდეგ, პროცესის მომდევნო ეტაპია ქსელის საჭირო აღჭურვილობის განსაზღვრა, იმისათვის რომ მოხდეს დატვირთულ საათებში მოთხოვნის შეფასებული დონის მხარდაჭერა. ეს მიიღწევა საინჟინრო წესების დაცვით, რომლებიც ითვალისწინებს ქსელის აღჭურვილობის მოდულურ ხასიათს და აქედან გამომდინარე განსაზღვრავს ცალკეულ კომპონენტებს ქსელის თითოეულ ელემენტში. ეს საშუალებას იძლევა ცვალებადი ხარჯის სტრუქტურებში დანახარჯები განისაზღვროს თითოეული ელემენტის მიხედვით.

ეტაპი 3 - ქსელის შეფასება

მას შემდეგ, რაც ხდება ქსელისთვის საჭირო სრული აღჭურვილობის შეფასება, გამოითვლება ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიებისთვის მიკუთვნებული დანახარჯები. ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიები წარმოადგენს დანახარჯების ერთობლიობას, რომლებსაც ერთი და იგივე მატარებელი, ხარჯების მოცულობასთან ურთიერთქმედების ერთი და იგივე მოდელი და ტექნოლოგიური ცვლილების მსგავსი ტემპი აქვთ. ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებისას გამოვლენილი ქსელის აღჭურვილობა გადაფასდება საერთო ჩანაცვლების ღირებულებით. გადაფასება ხდება ქსელის აღჭურვილობის ფიზიკური ერთეულების რაოდენობის გამრავლებით აღჭურვილობის მიმდინარე ფასებზე.

საერთო ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით გამოითვლება თითოეული ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიის წლიური დანახარჯი, რაც მოიცავს ორივეს:

- ▶ კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი (შემდგომში „კაპიტალური დანახარჯები“),
- ▶ საოპერაციო ხარჯების წლიური მაჩვენებელი (შემდგომში „საოპერაციო ხარჯები“).

კაპიტალური დანახარჯები მოიცავს კაპიტალის ღირებულებასა და ცვეთის ხარჯს. საოპერაციო ხარჯები მოიცავს ხელფასებს (სოციალური დაზღვევის ჩათვლით), მასალას და გარე მომსახურების ხარჯს (აუტოსორსინგი, ტრანსპორტირება, დაცვა-უსაფრთხოება, კომუნალური ხარჯები და სხვ.)

ეტაპი 4 - მომსახურების ხარჯის გამოთვლა

მომსახურების ერთეულის ღირებულების გასაანგარიშებლად ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიაში დაჯგუფებული დანახარჯები განაწილდება ქსელის კომპონენტებზე და შემდეგ ქსელის კომპონენტები განაწილდება მომსახურებებზე.

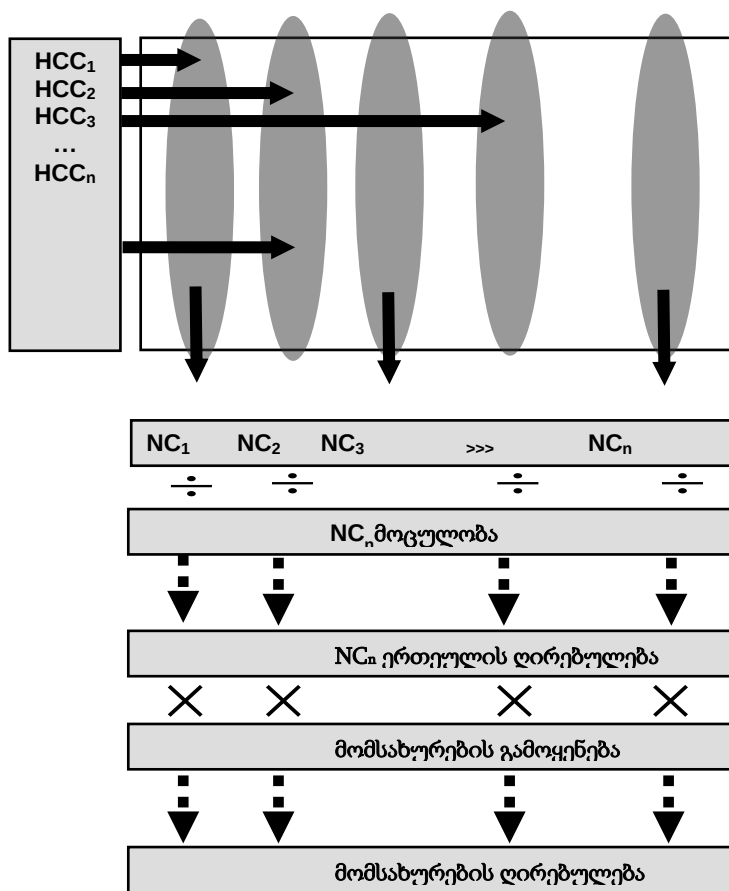


ქსელის კომპონენტი არის ლოგიკური ქსელის იერარქიის ელემენტის დანახარჯის სინონიმი. ისინი წარმოადგენენ ფუნქციურად გამართულ ბლოკებს, რომელთა ერთობლიობის საფუძველზე იქმნება სატელეკომუნიკაციო მომსახურება. ამ თვალსაზრისით, სხვადასხვა სატელეკომუნიკაციო ქსელი წარმოდგენილი უნდა იყოს ქსელის ელემენტების სხვადასხვა ჯგუფით. ფიქსირებული ტელეფონის, მობილური ტელეფონის, მონაცემთა გადაცემის და სხვ. ძირითადი ქსელებისთვის სხვადასხვა ქსელის ელემენტები არსებობს.

ყველა სატელეკომუნიკაციო ქსელი გარკვეულ იერარქიას წარმოადგენს. ქსელის იერარქია შედგება კვანძებისგან (მაგ. ფიქსირებული ტელეფონის ძირითად ქსელში კვანძებს წარმოადგენენ გადამრთველები) და მათ შორის არხებს (მაგ. გადამცემი ხაზები ფიქსირებული ტელეფონის ძირითად ქსელში). ასეთი იერარქიული წარმოდგენა ლოგიკური ქსელის კონკრეტულ ელემენტებში ტრაფიკის მოძრაობის ანალიზის საშუალებას იძლევა. კვანძებისა და გადამცემი ხაზების გარდა, ქსელის მთელი რიგი დამხმარე ელემენტი არსებობს, რომლებიც წარმოადგენენ მომსახურების ცენტრებს ან სხვა სპეციალიზებულ მოწყობილობებს (მაგ. ნომრის პორტირება, ოპერატორის წინასწარი შერჩევა და სხვ.).

კვანძებისა და გადამცემი ხაზების იერარქიული სტრუქტურის გამო, ქსელის სხვადასხვა კომპონენტები განისაზღვრება სხვადასხვა იერარქიულ დონეზე - კვანძებსა თუ გადამცემ ხაზებზე.

ურთიერთჩართვის მომსახურების დანახარჯების გაანგარიშების თვალსაზრისით ჩვენთვის მხოლოდ ფიქსირებული ტელეფონის ძირითადი ქსელისა და მობილური ქსელის ელემენტებია საინტერესო. ეს იმას ნიშნავს, რომ სხვა ქსელების ელემენტები შეიძლება ერთად დაჯგუფდეს.



და მიიღება მომსახურების ერთეულის ღირებულება.

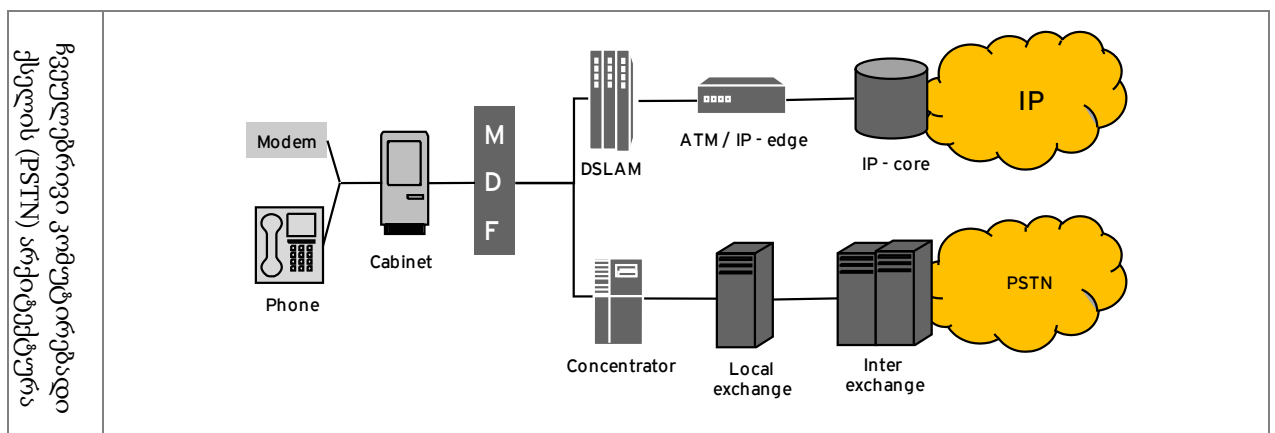
მარცხნივ, სქემაზე წარმოდგენილია მომსახურების ერთეულის ღირებულების გაანგარიშება. ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიები (HCC) ნაწილდება ქსელის კომპონენტებზე (NC) პირდაპირ ან განაწილების სხვა წესებით. შემდეგ ქსელის კომპონენტების მთლიანი დანახარჯები გამოითვლება შესაბამისი ერთგვაროვანი ხარჯების კატეგორიების დაჯამებით. ქსელის კომპონენტების მთლიანი დანახარჯები იყოფა ქსელის კომპონენტების მოცულობაზე (მომსახურების მოცულობა ქსელის რომელიმე კომპონენტზე) და იანგარიშება ქსელის კომპონენტის ერთეულის ღირებულება. და ბოლოს, ქსელის კომპონენტის ერთეული ღირებულება მრავლდება მარშრუტიზაციის ფაქტორზე

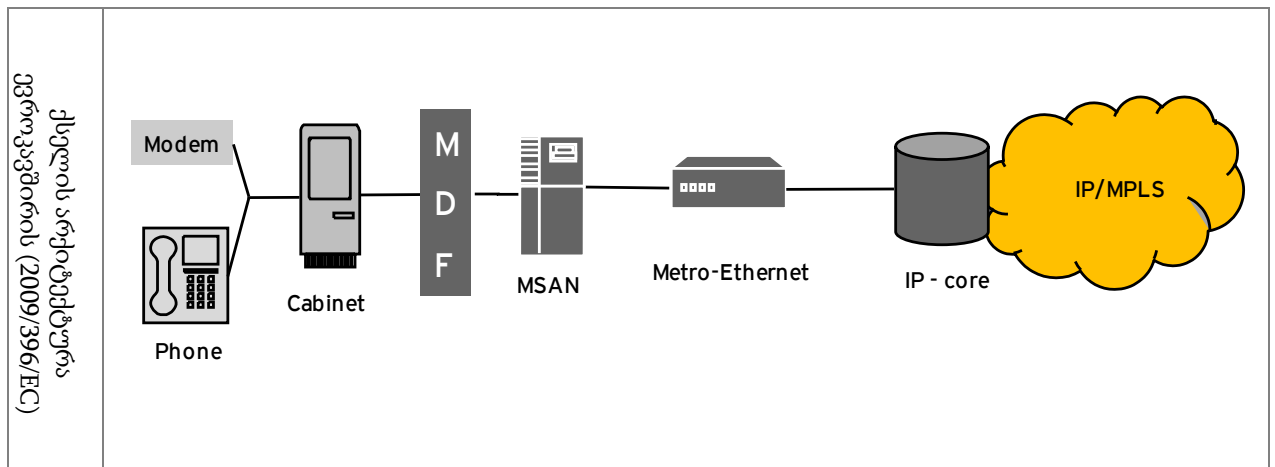
5. ქსელის ტექნოლოგია

რეკომენდაციის თანახმად, „ტექნოლოგიურად ეფექტური“ ფიქსირებული ქსელის ოპერატორი უნდა იყენებდეს მომდევნო თაობის ქსელს ყველა მომსახურებისთვის, რომლის გაწევაც ხდება IP ძირითადი ქსელით. ძირითადი ცვლილებები, რომლებიც უნდა დაინერგოს ფიქსირებულ ქსელებში, ჩამოთვლილია ქვემოთ:

- ▶ ადგილობრივი ერთეულები, რომლებიც ახდენენ ტრაფიკის კონცენტრირებას ფიქსირებული ოპერატორის ქსელში (RSU - დისტანციური სააბონენტო ერთეულები, DSLAM - ციფრული სააბონენტო ხაზის დაშვების მულტიპლექსორები, ადგილობრივი სატელეფონო სადგურები, სააბონენტო ბარათების ჩათვლით, პირველადი სადგურები სააბონენტო ბარათების ჩათვლით, OLT - ოპტიკური ხაზის ტერმინალები და CMTS - საკაბელო მოდემების შეერთების სისტემები) უნდა შეიცვალოს ოპტიმალური ზომის ადჟურვილობით, რომელსაც აქვს IP ტექნოლოგიით ხმოვანი მომსახურების მხარდაჭერა.
- ▶ კვანძებს შორის გადაცემა უნდა მოხდეს ეზერნეტის და არა ATM/SDH გადამცემი ქსელით.
- ▶ ადგილობრივი, ძირითადი, ტანდემური და სატრანზიტო სადგურები უნდა შეიცვალოს IP მარშრუტიზატორითა და IMS-ით.
- ▶ მომდევნო თაობის ქსელი (NGN) უნდა მოიცავდეს მულტიმედიურ შლიუზებს, იმისათვის რომ ურთიერთჩართვის წერტილებში პაკეტური კომპუტირებადი ტრაფიკი გარდაიქმნას არხულ კომპუტირებად ტრაფიკად.

ქვემოთ მოცემულია ამ ცვლილებების ამსახველი ცხრილი:

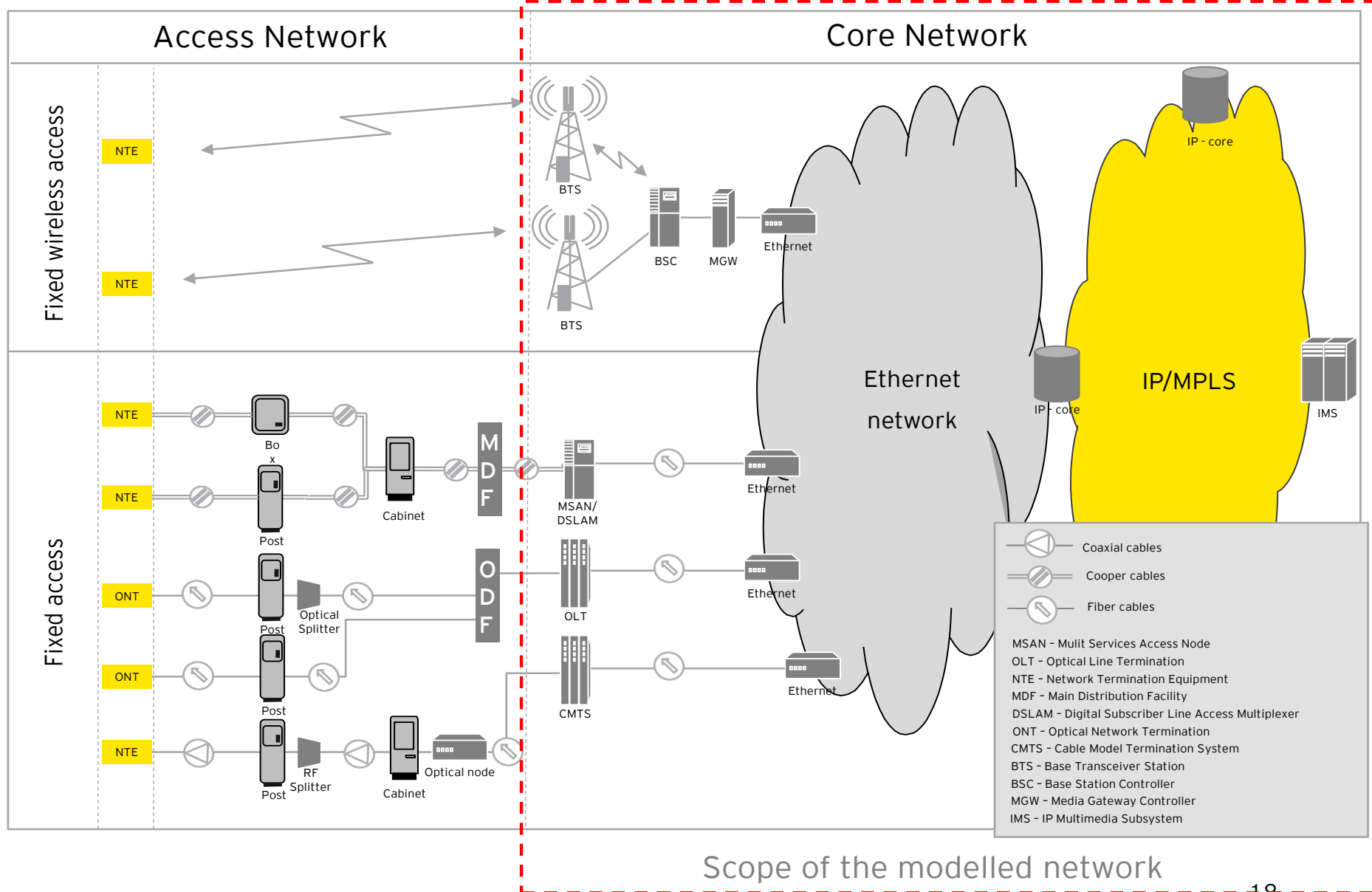




საქართველოში ფიქსირებული ქსელის სპეციფიკის, მათ შორის სხვადასხვა დაშვების ტექნოლოგიების (სპილენძის კაბელები, კოაქსიალური კაბელები, ოპტიკური კაბელები და უსადენო ფიქსირებული დაშვების) გათვალისწინებით, მოდელირებული ქსელი დაშვების შემდეგ საშუალებებს მოიცავს:

- ▶ POTS და xDSL სპილენძის კაბელებისთვის;
- ▶ GPON და P2P ოპტიკური კაბელებისთვის;
- ▶ CDMA 1x და EVDO უსადენო ფიქსირებული დაშვებისთვის.

ჩვენ დაშვებით, რომ კოაქსიალური კაბელებით მომსახურება მოდელირებულ ქსელში გაიწევა ბოჭკოვანი კაბელებითა და გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელის (GPON) ტექნოლოგიით.



6. ქსელის სტრუქტურა და ელემენტები

6.1 ფიქსირებული ქსელის სტრუქტურა

PSTN-ის ძირითადი კომუტაციის ქსელი შედგება ცალკეული გადამრთველისგან და შესაბამისი აღჭურვილობისგან, რაც უზრუნველყოფს დროებითი კავშირების დამყარებას ქსელის საბოლოო წერტილებს შორის ტერმინაციას. კომუტაციის ქსელის ელემენტები ამ კატეგორიებად შეიძლება დაჯგუფდეს:

- ▶ დისტანციური სააბონენტო ერთეული (RSU)
- ▶ ადგილობრივი სატელეფონო სადგური

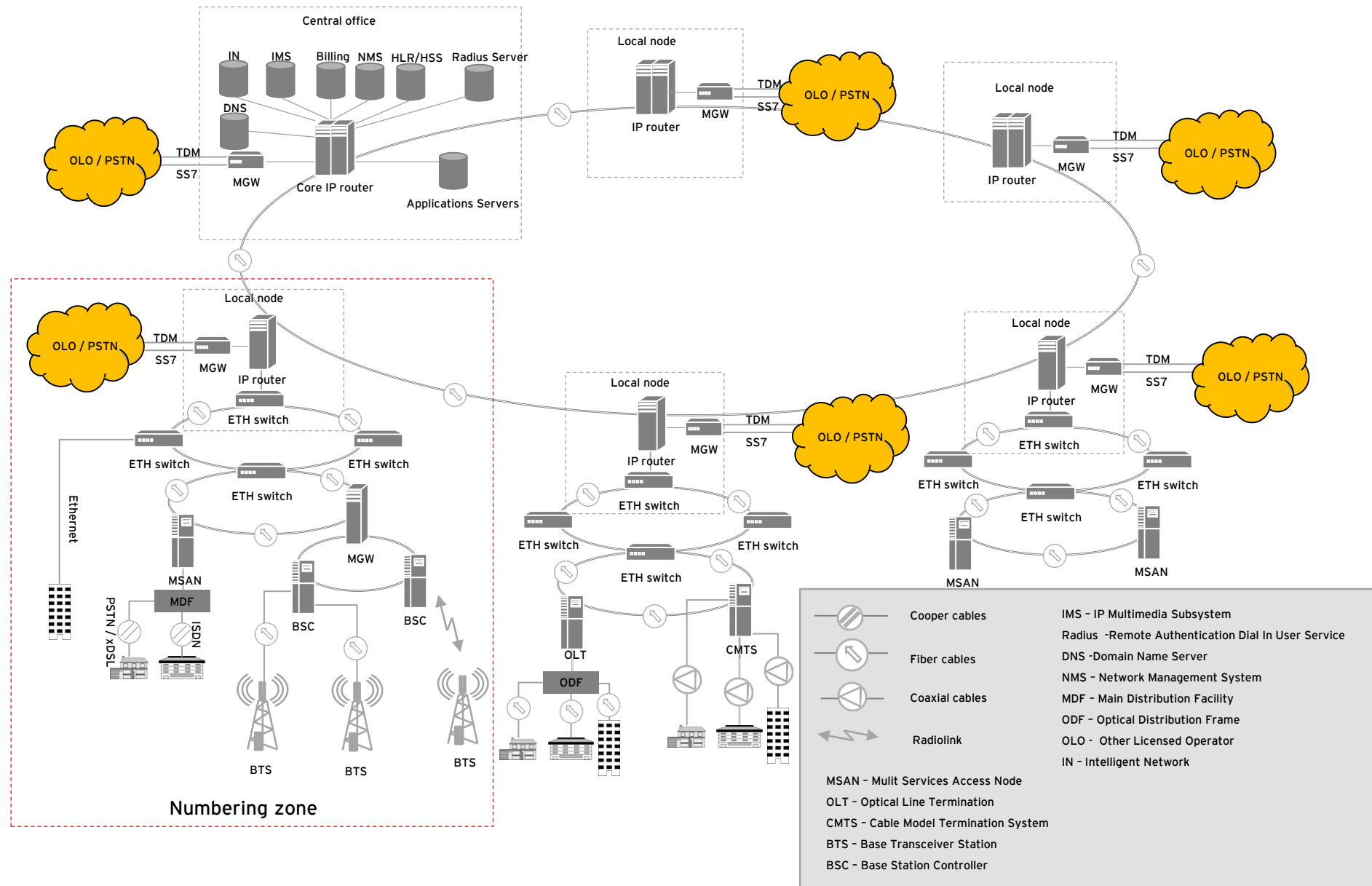
PSTN-ის ძირითადი ქსელის ადგილობრივ დონეს, რომელიც ახდენს აბონენტების ტრაფიკის კონცენტრირებას, ქმნიან დისტანციური სააბონენტო ერთეულები და ადგილობრივი სატელეფონო სადგური. გეოგრაფიულ არეალს, რომელსაც ემსახურება ერთი ადგილობრივი სატელეფონო სადგური, ნუმერაციის ზონა ეწოდება.

ძირითადი განსხვავებები ჩვეულებრივი კომუტირებადი ქსელისა (PSTN) და მომდევნო თაობის ქსელის (NGN) სტრუქტურებს შორის შემდეგია:

- ▶ NGN ქსელი აბონენტების ტრაფიკის კონცენტრირებისთვის იყენებს მულტისერვისის დაშვების კვანძებს, და არა დისტანციურ სააბონენტო ერთეულებსა და ადგილობრივ სატელეფონო სადგურებს.
- ▶ NGN ქსელი ტრაფიკის ტრანზიტისა და კომუტირებისთვის იყენებს IP მარშრუტიზატორებსა და IMS-ს, და არა სატელეფონო სადგურებს.

NGN ქსელის სტრუქტურა ქვემოთ სქემებზეა წარმოდგენილი.

BU-LRIC) მეთოდოლოგია ფიქსირებული ქსელი



6.2 ფიქსირებული ქსელის ელემენტები

მოდელი ითვალისწინებს ქსელის მხოლოდ იმ ელემენტებს, რომლებიც მონაწილეობს საბითუმო ხმოვანი ტრაფიკის მიწოდებაში. ქვემოთ ცხრილში წარმოდგენილია ქსელის ელემენტების მონაწილეობა მომსახურების გაწევაში და თითოეული ელემენტების გადაფასების მეთოდი. ჩვენ დაშვებით სამი შესაძლო მიდგომა ქსელის ელემენტების ხარჯების გაანგარიშებისადმი:

- ▶ პირდაპირი - ქსელის ელემენტების კაპიტალური დანახარჯები გაანგარიშდება ტექნიკურ მოდელებზე დაყრდნობით.
- ▶ მარჟის - ქსელის ელემენტების კაპიტალური დანახარჯები იანგარიშება ოპერატორების საბუღალტრო მონაცემებზე დაყრდნობით, აღნიშნული მიიღება კაპიტალური დანახარჯების ქსელის დანახარჯებთან თანაფარდობით.
- ▶ გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს - რადგან ქსელის ელემენტები ზარის დასრულების საბითუმო ტრაფიკის წარმოქმნაში არ მონაწილეობს, ამიტომ მათი დანახარჯები არ გაანგარიშებაში არ გაითვალისწინება.

ქსელის ელემენტი	ფუნქცია	მონაწილეობა მომსახურების გაწევაში		გადაფასების მეთოდოლოგია
		ხმოვანი საბითუმო მომსახურება	სხვა მომსახურება	
MSAN	• იძლევა დაშვებას ვიწროზოლოვან მომსახურებაზე, მათ შორის ჩვეულებრივი კომუტირებადი ქსელის (PSTN) მომსახურებაზე, მომსახურების ინტეგრაციის მქონე ციფრული ქსელის (ISDN) ანალოგური იჯარით აღებული ხაზები, სადაც მონაცემების გადაცემა ხდება საკაბელო ხაზის სპილენძის წყვილით. • იძლევა დაშვებას ფართოზოლოვანი გადაცემის მომსახურებაზე, მათ შორის xDSL (ციფრული სააბონენტო ხაზი) დაშვების მომსახურებაც, სადაც მონაცემების გადაცემა ხდება საკაბელო ხაზის სპილენძის წყვილით. • გადაჰყავს არხების კომუტირებით ტრაფიკი VoIP (ხმოვანი სიგნალის გადაცემა IP პროტოკოლით) სისტემაზე	X	X	პირდაპირი

	• თავს უყრის დაშვების ქსელის ტრაფიკს			
OLT	• იძლევა დაშვებას ფართოზოლოვანი მომსახურებისთვის, რომელიც გადაიცემა ბოჭკოვანი დაშვების ქსელით, GPON ან P2P ტექნოლოგიის გამოყენებით. • თავს უყრის ტრაფიკს დაშვების ქსელიდან	X	X	პირდაპირი
CMTS	• უზრუნველყოფს ფართოზოლოვანი მომსახურებისთვის დაშვებას, რომელიც გადაიცემა კოაქსიალური საკაბელო ქსელით, DOCSIS ტექნოლოგიის გამოყენებით. • დაშვებას	X	X	პირდაპირი
BTS	• ასრულებს რადიოინტერფეისის CDMA ქსელში	X	X	პირდაპირი
BSC	• რადიორესურსების განაწილება • მობილურ სადგურზე • სიხშირის მართვა და • გადაცემა BTS-ს შორის	X	X	პირდაპირი
მულტიმედ იური შლიუზი	• ინტერფეისი კომპუტირებული არხების ქსელსა და VoIP ქსელებს შორის. • გარდაქმნის მულტიმედიური მონაცემების ნაკადებს. • გადაჰყავს არხების კომპუტირებით სიგნალები VoIP (ხმოვანი სიგნალის გადაცემა IP პროტოკოლით) სისტემაზე.	X	X	პირდაპირი
NMS	• წერგავს ქსელის კომპონენტების ერთიან მართვას • უზრუნველყოფს მომდევნო თაობის ქსელის მომსახურების მართვას • უზრუნველყოფს მომდევნო თაობის ქსელის მომხმარებლის მართვას • უზრუნველყოფს მომდევნო თაობის ქსელის რესურსების (მოწყობილობებისა და მომსახურების რესურსების) მართვას • უზრუნველყოფს მომდევნო თაობის ქსელის კომპონენტების კონფიგურაციის მართვას და ქსელის მონიტორინგს	X	X	მარჯის
ეზერნეტის გადამრთვე ლი	• მომდევნო თაობის ქსელის გადაცემის სისტემის ნაწილი • თავს უყრის ტრაფიკს ქვექსელებიდან	X	X	პირდაპირი
IP მარშრუტიზ ატორი	• მომდევნო თაობის ქსელის გადაცემის სისტემის ნაწილი • მარშრუტიზატორების პაკეტები მომდევნო თაობის ქსელებში	X	X	პირდაპირი

RADIUS სერვერი	• უზრუნველყოფს ცენტრალური იდენტიფიკაციისა და ავტორიზაციის მომსახურებას დაშვების ყველა მოთხოვნისთვის, რომლებსაც RADIUS-ის კლიენტები აგზავნიან. • უზრუნველყოფს ცენტრალური აღრიცხვის მომსახურებას აღრიცხვის ყველა მოთხოვნისთვის, რომლებსაც RADIUS-ის კლიენტები აგზავნიან.		X	გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს
BRAS	• ასრულებს ეზერნეტზე წერტილებს შორის პროტოკოლის (PPPoE) კავშირებს, • უზრუნველყოფს ინტერფეისით იდენტიფიკაციის, ავტორიზაციისა და აღრიცხვის სისტემებს (მაგ. RADIUS-ს).		X	გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს
საბილინგო სისტემა	• ახდენს ანგარიშსწორებას საცალო მომსახურებისთვის • ახდენს ანგარიშსწორებას საბითუმო მომსახურებისთვის - როგორც ადგილობრივი, ისე საერთაშორისო • ახდენს ქსელის ტრაფიკის მართვას • ახდენს ტრაფიკის მონაცემების შენახვას • უზრუნველყოფს რეკონსილაციის სისტემით • ახდენს თაღლითობის მართვას	X	X	პირდაპირი
ინტელექტუ ალური ქსელი	• სწევს დამატებით სატელეფონო მომსახურებას, მაგალითად ხმის მიცემა ტელეფონის მეშვეობით, ზარების ფილტრაცია, ტელეფონის ნომრის პორტირება, უფასო ზარები, წინასწარ გადახდილი ზარები, კავშირი საბილინგო ბარათით, ვირტუალური კერძო ქსელები და სხვ.		X	გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს
DNS (დომენური სახელის სერვერი)	• გარდაქმნის ადამიანის მიერ წაკითხვად კომპიუტერის უნიკალურ (ჰოსტის) სახელებს IP მისამართებად.		X	გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს
IMS	• ახდენს კავშირის მართვას და ხმოვანი ზარის, მონაცემებისა და მულტიმედიური მომსახურების კონტროლს IP ქსელზე დაყრდნობით • აკონტროლებს დაშვების კვანძებსა და მულტიმედიურ შლიუზებს • აკონტროლებს მომდევნო თაობის ქსელის სიგნალს • უზრუნველყოფს VoIP-ის მომხმარებლის ლოკაციას:	X	X	პირდაპირი

	განსაზღვრავს საბოლოო სისტემას, რომელიც გამოიყენება კავშირისთვის. • განსაზღვრავს VoIP-ის გადაცემის მომხმარებლის შესაძლებლობებს: გამოსაყენებელი მედიისა და მედიაპარამეტრების განსაზღვრა. • განსაზღვრავს მომხმარებლის ხელმისაწვდომობას: გამოსაძახებელი აბონენტის კომუნიკაციაში ჩართვის სურვილის განსაზღვრა. • ახორციელებს სატელეფონო კავშირს (შეერთების დამყარება): „რეკვა“, გამოძახების პარამეტრების დადგენა როგორც გამოსაძახებელ, ისე გამომძახებელ აბონენტთან. • ახდენს ზარის დამუშავებასა და კონტროლს: მათ შორის, გამოძახების გადამისამართებას, გადაყვანას და დასრულებას.			
HLR/HSS	• აბონენტების ცენტრალური მონაცემთა ბაზა	X	X	პირდაპირი
აპლიკაციები ის სერვერები	• სერვერები, რომლებიც გამოიყენება სხვა მომსახურების, მაგ. ელექტრონული , WWW, VPN, IPTV, VoD გასაწევად.		X	პირდაპირი
ბოჭკოვანი კაბელები და მათთან დაკავშირებული ელემენტები	• გადაცემის ქსელის პასიური ელემენტები	X	X	პირდაპირი
საკაბელო არხები და მათთან დაკავშირებული ელემენტები	• გადაცემის ქსელის პასიური ელემენტები	X	X	პირდაპირი

7. გაანგარიშებული მომსახურების საგანი

BU-LRIC მოდელით იანგარიშება შემდეგი მომსახურების ერთეულის ღირებულება:

▶ ზარის წამოწყება

- ადგილობრივი - ინტერფეისის წერტილი (POI) და წამოწყების წერტილი ნუმერაციის ერთსა და იმავე ზონაში მდებარეობს.
- ქვეყნის მასშტაბით - POI და წამოწყების წერტილი ნუმერაციის სხვადასხვა ზონაში მდებარეობს.

▶ ზარის დასრულება

- ადგილობრივი - POI და დასრულების წერტილი ნუმერაციის ერთსა და იმავე ზონაში მდებარეობს.
- ქვეყნის მასშტაბით - POI და დასრულების წერტილი ნუმერაციის სხვადასხვა ზონაში მდებარეობს.

ზარის წამოწყებისა და ზარის დასრულების ერთეული იანგარიშება, როგორც საშუალო ღირებულება, პიკური და არაპიკური საათების გათვალისწინებით.

მომსახურების ღირებულება იანგარიშდება შემდეგი მიდგომების გამოყენებით:

მომსახურება	გაანგარიშებისადმი მიდგომა
ზარის დასრულება	▶ სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელი
ზარის წამოწყება	▶ სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელი ▶ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელი (LRIC) ▶ გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელი (LRIC+)

8. ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება

ტექნიკური მოდელების შექმნა ქსელის მასშტაბის გაანგარიშების უმნიშვნელოვანესი ეტაპია ქსელის ელემენტების გადაცემის სისტემებისა და საკაბელო ინფრასტრუქტურისთვის. BU-LRIC-ის მოდელის შეთხვევაში, ტექნიკური მოდელები არ შეიძლება შეივსოს ოპერატორის რეესტრიდან გადმოტანილი ჯგუფური მონაცემებით. ამ პრობლემის გადასაჭრელად, ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება უნდა მოხდეს ისეთი მარტივად ხელმისაწვდომი მონაცემების საფუძველზე, როგორიცაა წლიური მომსახურება და აბონენტების მოცულობა.

ტექნოლოგიური მოდელები ასახავს მხოლოდ ინფრასტრუქტურის იმ კომპონენტებს, რომლებიც საჭიროა საბითუმო ხმოვანი მომსახურების გასაწევად. თუმცა ამ კომპონენტების სიმძლავრე განისაზღვრება ყველა შესაბამისი მომსახურების მიხედვით. ამავე ინფრასტრუქტურის მეშვეობით გაწეული სხვა მომსახურების ღირებულება არ იანგარიშება.

8.1 ქსელზე მოთხოვნის გაანგარიშება

ამ მოდელისთვის ამოსავალი წერტილია არსებული მოთხოვნა, რომელიც ფასდება შემდეგით:

- ▶ შიდაქსელური ზარები;
- ▶ გამავალი ზარები;
- ▶ შემომავალი ზარები;
- ▶ ტრანზიტული ზარები;
- ▶ ინტერნეტთან დაშვების მომსახურება;
- ▶ IPTV მომსახურება;
- ▶ იჯარით აღებული ხაზები;
- ▶ მონაცემების გადაცემის მომსახურება

8.1.1 არხების კომპუტირებით ტრაფიკის გარდაქმნა საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკად

რადგან მომდევნო თავის ქსელი პაკეტური ქსელია, ტრაფიკი არხების კომპუტაციით (აღრიცხული წუთების მოცულობა) მთლიანად უნდა გარდაიქმნას საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკად (კილობაიტის მოცულობა). გაანგარიშება შემდეგი ეტაპებისგან შედგება:

1. ხმოვანი მომსახურების აბონენტების მოცულობის გაანგარიშება
დაშვების კვანძების ტექნიკური მოდელის საფუძველზე (MSAN, OLT, BTS), გამოითვლება ხმოვანი მომსახურების აბონენტების რაოდენობა.
2. პიკურ დატვირთვაზე ერთ აბონენტზე ტრაფიკის გაანგარიშება

ტრაფიკით პიკურ დატვირთვაზე დაშვების კვანძებზე მოთხოვნისა და ხმოვანი მომსახურების აბონენტების მოცულობის მიხედვით, რაც პირველ ეტაპზე გამოვიანგარიშეთ, გამოითვლება BHmE-ს (ერლანგები პიკურ დატვირთვაზე) მოცულობა ერთ აბონენტზე.

3. თითოეული დაშვების კვანძისთვის პიკურ დატვირთვაზე ერლანგების (BHE) გაანგარიშება თითოეული დაშვების კვანძისთვის იანგარიშება BHE-ს მოცულობა. ეს მოხდება ხმოვანი მომსახურების აბონენტების მოცულობის გამრავლებით ერთ აბონენტზე BHmE-ის მოცულობაზე (მილი-ელანგები პიკურ დატვირთვაზე).

პიკურ დატვირთვაზე ერლანგების მოცულობა განსაზღვრავს, რამდენი VoIP არხია საჭირო ხმოვანი ტრაფიკის დამუშავებისთვის დატვირთვის საათში.

4. VoIP არხის გატარების ზოლის გაანგარიშება.

ეს გაანგარიშება მოითხოვს VoIP (ხმოვანი სიგნალის გადაცემა IP პროტოკოლით) ტექნოლოგიის შესახებ გარკვეულ დაშვებებს:

- ▶ ხმოვანი ზარისთვის რომელი კოდერ-დეკოდერი გამოიყენება;
- ▶ დატვირთვა თითოეული ქსელური დონის პროტოკოლისთვის: RTP / UDP / IP / ეზერნეტი.

VoIP არხის გატარების ზოლი იანგარიშება შემდეგი ფორმულით:

$$VoIP_{bit-rate} = (IP + UDP + RTP + ETH + PLS) \times PPS \times PF \times \frac{8}{1024}$$

სადაც,

IP - IP თავსართი (ბაიტები);

UDP - UDP თავსართი (ბაიტები);

RTP - RTP თავსართი (ბაიტები);

ETH - ეზერნეტის თავსართი (ბაიტები)

PLS - ხმის დატვირთვის ოდენობა (ბაიტები) – VoIP კოდერ-დეკოდერთან დაკავშირებული მაჩვენებელი;

PPS - პაკეტები ერთ წამში (პაკეტები) – კოდერ-დეკოდერის ბიტრეიტთან დაკავშირებული მაჩვენებელი;

PF - პრიორიტეტულობის ფაქტორი.

გაანგარიშების შედეგი წარმოდგენილია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში.

კოდერ-დეკოდერი ბიტრეიტი (კბტ/წმ)	და	გატარების ეზერნეტის (კბტ/წმ)	ზოლი დონეში	ხმოვანი დატვირთვა (ბაიტებში)	ზარის
-------------------------------------	----	------------------------------------	----------------	---------------------------------	-------

G.711 (64 კბტ/წმ)	87.2 კბტ/წმ	160,00
G.729 (8 კბტ/წმ)	31.2 კბტ/წმ	20,00
G.723.1 (6.3 კბტ/წმ)	21.9 კბტ/წმ	24,00
G.723.1 (5.3 კბტ/წმ)	20.8 კბტ/წმ	20,00
G.726 (32 კბტ/წმ)	55.2 კბტ/წმ	80,00
G.726 (24 კბტ/წმ)	47.2 კბტ/წმ	60,00
G.728 (16 კბტ/წმ)	31.5 კბტ/წმ	60,00
G.722_64k(64 კბტ/წმ)	87.2 კბტ/წმ	160,00
ilbc_mode_20 (15.2 კბტ/წმ)	38.4 კბტ/წმ	38,00
ilbc_mode_30 (13.33 კბტ/წმ)	28.8 კბტ/წმ	50,00

წყარო: „ხმოვანი სიგნალის გადაცემა IP პროტოკოლით - ერთ გამოძახებაზე გატარების ზოლის მოხმარება“, Cisco

5. თითოეული დაშვების კვანძისთვის პიკურ დატვირთვაზე ხმოვანი სიგნალის გატარების ზოლის გაანგარიშება.

დაშვების თითოეული კვანძისთვის გამოითვლება პიკურ დატვირთვაზე ხმოვანი სიგნალის გატარების ზოლი, რისთვისაც პიკურ დატვირთვაზე ერლანგების მოცულობა მრავლდება ხმოვანი არხის გატარების ზოლზე. გარანტირებული გამტარუნარიანობით მონაცემების გადაცემის მომსახურების მოცულობა გამოითვლება ამ მომსახურების ნომინალური სიმძლავრის საფუძველზე. „საუკეთესო ხარისხის“ (best effort) მონაცემთა გადაცემის მომსახურების მოცულობა გამოითვლება ამ მომსახურებების მთლიანი წლიური ტრაფიკის საფუძველზე.

8.1.2 ქსელის ელემენტებზე ტრაფიკის მოთხოვნის გაანგარიშება ყველაზე დატვირთულ საათში

მომსახურების მოთხოვნა შემდეგ უნდა დაკორექტირდეს იმისათვის, რომ მოიცვას ზრდისა და სიმძლავრის გამოყენების რეზერვები. ერთად აღებული, ეს იძლევა ტრაფიკზე მთლიან მოთხოვნას ქსელის თითოეული ელემენტისთვის. მას შემდეგ, რაც არსებული მოთხოვნა დაკორექტირდება, რომ მოიცვას ასევე ზემოაღნიშნული ფაქტორების, მთლიანი მოთხოვნა მიეკუთვნება ქსელის თითოეულ ელემენტს მარშრუტიზაციის ფაქტორების გამოყენებით.

მარშრუტიზაციის ფაქტორები გვიჩვენებს, რამდენად ინტენსიურად გამოიყენება ქსელის თითოეული ელემენტი მომსახურების ყოველი ტიპისთვის. მაგალითად, შიდაქსელური ზარი შეიძლება საშუალოდ იყენებდეს ორ მულტისერვისულ დაშვების კვანძს (MSAN) და ერთზე ნაკლებ IP მარშრუტიზატორს. ქსელის მახასიათებლების განსაზღვრა მთლიანი ტრაფიკის დასადგენად საჭირო არ არის, თუმცა უნდა შეეძლოს მოთხოვნის დაკმაყოფილება წლის ყველაზე დატვირთულ საათში. ამისათვის მოდელს ესაჭიროება შემდეგი ინფორმაცია:

- ▶ ხმოვანი სიგნალისა და მონაცემების ტრაფიკი პიკურ დატვირთვაზე; და
- ▶ წლის განმავლობაში განხორციელებული ხმოვანი სიგნალისა და მონაცემების ტრაფიკი.

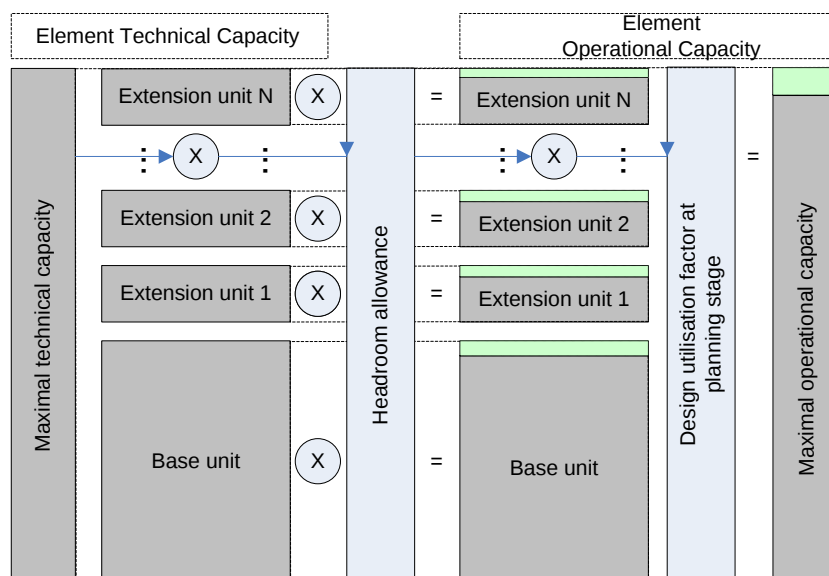
ამ ორი მაჩვენებლიდან მიიღება პროცენტული სიდიდე, რომლის მთლიან ტრაფიკზე

გამრავლებით იანგარიშება ყველაზე დიდი დატვირთვის საათი.

8.2 აქტიური ქსელის აღჭურვილობის შეფასებისადმი მიდგომა

8.2.1 საბაზო და დამატებითი ერთეულების ცნება

დამატებითი ერთეული წარმოადგენს საბაზო ერთეულის დამატებით ნაწილს, რომელიც ზრდის საბაზო ერთეულის სიმძლავრეს. დამატებითი ერთეულების მასშტაბის გაანგარიშება ხდება მაშინ, როდესაც n რაოდენობის საბაზო ერთეულების სიმძლავრე არ კმარა ტრაფიკის მომსახურებისთვის, მაგრამ $n+1$ რაოდენობის საბაზო ერთეულები გამოიწვევს საჭირო რესურსების ზედმეტ სიმძლავრეს. ასეთ დროს დანახარჯების თვალსაზრისით თეფექტურია საბაზო ერთეულში დამატებითი ერთეულის დამონტაჟება, შემდეგ მორიგი საბაზო ერთეულის დამონტაჟება, სანამ სრულად არ მოხდება მოთხოვნილი ტრაფიკის მომსახურება. საბაზო და დამატებითი ერთეულების რაოდენობის გამოანგარიშების ალგორითმი საერთოა ქსელის ყველა იმ ელემენტისთვის, რომლებიც BU-LRIC-ის მოდელის აღწერით ნაწილში გავაანალიზეთ. ქვემოთ მოცემული სურათი გვიჩვენებს საბაზო ერთეულისა და დამატებითი ერთეულის გაანგარიშების ალგორითმს.



ქსელის ელემენტისთვის საჭირო საბაზო ერთეულების (BU) რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$BU = \left\lceil \frac{DV}{C^{\psi}} \right\rceil$$

სადაც:

DV – მოთხოვნის ცვლადი სიდიდე, საზომი ერთეული, რომელიც დამოკიდებულია ქსელის ელემენტზე. DV არის კონკრეტული მოთხოვნა ტრაფიკზე, რომელზეც პირდაპირ არის დამოკიდებული საბაზო ერთეულის მახასიათებლები

C^{ψ} – ქსელის ელემენტის მაქსიმალური საოპერაციო სიმძლავრე, გაზომვის ერთეული იგივეა, რაც DV-სთვის.

საბაზო ერთეულის ან დამატებითი ერთეულის საოპერაციო სიმძლავრე გვიჩვენებს იმას, თუ ტრაფიკის რა მოცულობების გატარება შეუძლია მას.

საჭიროების შემთხვევაში, ქსელის ელემენტისთვის მოთხოვნილი დამატებითი ერთეულების (EU) რაოდენობა, ზოგადად, შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$EU = \left\lceil \frac{BU \times (C^{\psi} - C_{BU}^o)}{C_{ES}^o} \right\rceil$$

სადაც:

C^{ψ} – ქსელის ელემენტის მაქსიმალური საოპერაციო სიმძლავრე, გაზომვის ერთეული იგივეა, რაც DV-სთვის.

BU – საბაზო ერთეული, ერთეულები;

C_{BU}^o – საბაზო ერთეულის საოპერაციო სიმძლავრე, საზომი ერთეული დამოკიდებულია ქსელის ელემენტზე;

C_{ES}^o – დამატებითი ეტაპის (საბაზო ერთეულის დამატებითი ერთეული) საოპერაციო სიმძლავრე, საზომი ერთეული დამოკიდებულია ქსელის ელემენტზე.

მაქსიმალური საოპერაციო სიმძლავრე (C^{ψ} , პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობა (BHCA), აბონენტები, და სხვ.) ქსელის კონკრეტული ელემენტისთვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$C^{\psi} = C^r \times OA$$

საბაზო და დამატებითი ერთეულის საოპერაციო სიმძლავრე (C_i^o , პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობა (BHCA), აბონენტები და სხვ.) იანგარიშება შემდეგი ფორმულით, შესაბამისი სიმძლავრის სიდიდეების გამოყენებით.

$$C_i^o = C_i \times OA_i$$

სადაც:

C^r – მაქსიმალური ტექნიკური სიმძლავრე (შესაძლო გაფართოების ჩათვლთ), საზომი ერთეული დამოკიდებულია ელემენტზე. C^r გვიჩვენებს ქსელის ელემენტის მაქსიმალურ თეორიულ ტექნიკურ სიმძლავრეს, საბაზო ერთეულისა და დამატებითი ერთეულის შემადგენლობით.

C_i – საბაზო ერთეულის ან დამატებითი ერთეულის სიმძლავრე, საზომი ერთეული დამოკიდებულია ქსელის ელემენტზე; C_i განსაზღვრავს საბაზო ერთეულის ან დამატებითი

ერთეულის სიმძლავრის ტექნიკურ პარამეტრს.

i – აკონკრეტებს საბაზო ერთეულს ან დამატებით ერთეულს.

OA – საოპერაციო რეზერვი, %.

საოპერაციო რეზერვი (OA , %) გვიჩვენებს როგორც ქსელის აღჭურვილობის აგებულობას, ისე მის სამომავლოდ დაგეგმილ ექსპლუატაციას, გამოიხატება პროცენტულობით. OA გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$OA = HA \times f_U$$

სადაც:

HA – სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე, %. HA გვიჩვენებს საბაზო ერთეულის ან დამატებითი ერთეულის რა სიმძლავრეა დარეზერვებული ტრაფიკის სამომავლო ზრდისთვის.

f_U – დიზაინის გამოყენების კოეფიციენტი დაგეგმვის ეტაპზე, %. ეს არის აღჭურვილობის მაქსიმალური ექსპლუატაციის მაჩვენებელი (აღჭურვილობის მიმწოდებელი კომპანის მიერ მითითებული). ექსპლუატაციის მაჩვენებელი უზრუნველყოფს იმას, რომ ქსელის აღჭურვილობა არ გადაიტვირთოს მოთხოვნის პერიოდული მოზღვავების დროს, და ასევე წარმოადგენს სიჭარბის კოეფიციენტს. საოპერაციო რეზერვისა და სიმძლავრის გაანგარიშება დამოკიდებულია სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრის მაჩვენებელზე (HA , %). სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$HA = \frac{1}{r_{SDG}}$$

სადაც:

r_{SDG} – მომსახურებაზე მოთხოვნის ზრდის კოეფიციენტი

r_{SDG} განსაზღვრავს ქსელის არასრული დატვირთვის დონეს და წარმოადგენს აღჭურვილობის დაგეგმვის პერიოდებისა და მოსალოდნელი მოთხოვნის ფუნქციას. დაგეგმვის პერიოდი გვიჩვენებს იმას, თუ რა დრო სჭირდება ყველა საჭირო მოსამზადებელი სამუშაოს ჩატარებას ახალი აღჭურვილობის ექსპლუატაციაში მისაღებად. ეს პერიოდი შეიძლება რამდენიმე კვირიდან რამდენიმე წლამდე გაგრძელდეს. აქედან გამომდინარე, ტრაფიკის ჯგუფების მიხედვით დაყოფილი მოცულობები (მოთხოვნის ქვემოთ მოყვანილი აგრეგირებული მაჩვენებლები) იგეგმება მომსახურებაზე მოთხოვნის ზრდის შესაბამისად.

მომსახურებაზე მოთხოვნის ზრდის კოეფიციენტი გამოითვლება ქვემოთ მოცემული მოთხოვნის თითოეული აგრეგირებული მაჩვენებლისთვის:

- ▶ აბონენტების მთლიანი რაოდენობა;

- ▶ CCS (გამოძახების არხის 100 წამი) ტრაფიკი, რომელიც მოიცავს ხმოვან სიგნალს, არხის მონაცემებს და წუთობრივ ეკვივალენტზე გადაყვანილ ვიდეოტრაფიკს;
- ▶ საეთერო ინტერფეისის ტრაფიკი, რომელიც შედგება წუთობრივ ეკვივალენტში გადაყვანილი მოკლე ტექსტური შეტყობინების, მულტიმედიური შეტყობინებისა და საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკისგან. საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკი ამ შემთხვევაში ნიშნავს GSM, UMTS და LTE ტრაფიკის მიღება-გადაცემის ჯამს, რომლის მოცულობაც შეიძლება გაიზარდოს.

ქსელის კონკრეტული ელემენტის აღჭურვილობას ენიჭება მოთხოვნის ზრდის გარკვეული კოეფიციენტი.

8.2.2 ფორმულების აღნიშვნების მნიშვნელობები

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში განმარტებულია ქსელის ელემენტების მასშტაბის გაანგარიშების ფორმულებში გამოყენებული აღნიშვნები:

შემოკლება	განმარტება
N	x ელემენტების რაოდენობა
V	x ტრაფიკის მოცულობა
S	აბონენტების/მომსახურების ტიპების რაოდენობა
T	x ელემენტის გამტარუნარიანობა
HA	სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე
ρ	პროცენტულობით გამოხატული წილი
C	x ელემენტის სიმძლავრე

8.3 დაშვების კვანძების მასშტაბის გაანგარიშება

მიდგომა დაშვების კვანძების მასშტაბების გაანგარიშების მიმართ, ითვალისწინებს შემდეგს:

- ▶ ის იყენებს რამდენიმე პორტს განსაზღვრული მომსახურების მისაწოდებლად;
- ▶ საწყის წერტილად იყენებს აღრიცხულ წუთებსა და მონაცემების ტრაფიკს;
- ▶ ითვალისწინებს დაკავების ხანგრძლივობასა და ზრდის რეზერვებს;
- ▶ იყენებს მარშრუტიზაციის ფაქტორებს, რომ განსაზღვროს რამდენად ინტენსიურად გამოიყენება ქსელის თითოეული ელემენტი;
- ▶ ახდენს ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებას, რომ დააკმაყოფილოს მოთხოვნა პიკურ დატვირთვაზე;
- ▶ შემდეგ ახდენს თავისი სიმძლავრის კორექტირებას, რომ კვანძებს შორის მონაცემების ნაკადებსა და უწყვეტ კავშირს შეუწყოს ხელი.

დაშვების კვანძების მასშტაბის გაანგარიშება მოხდება „ამომწვარი კვანძის“ მიდგომის

გამოყენებით. „გადამწვარი მიწის“ მიდგომა არ გამოიყენება დაშვების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებისას იმისათვის, რომ არ მოახდინოს გავლენა საბითუმო დაშვების მომსახურების ბაზარზე, რომლის მიწოდებაც ამჟამად ხდება დაშვების კვანძების ლოკაციებზე. „ამომწვარი კვანძის“ მიდგომის დაშვებები ასეთია:

- ▶ დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის გეოგრაფიული მონაცემების (მისამართი, კოორდინატები) მოგროვება - „ამომწვარი კვანძის“ მიდგომა, რომელიც არ იმოქმედებს დაშვების საბითუმო მომსახურებაზე;
- ▶ დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის კავშირის მომსახურების მოცულობის შეგროვება. კერძოდ:
 - ხმოვანი მომსახურება, რომელიც გაიწევა სპილენძის დაშვების ქსელით, ოპტიკური დაშვების ქსელით, კოაქსიალური დაშვების ქსელით, უსადენო დაშვების ქსელით, ISDN-ის საბაზო დაშვების ინტერფეისის მომსახურება, ISDN-ის პირველადი სიჩქარის ინტერფეისის მომსახურება.
 - ინტერნეტის დაშვების მომსახურება, რომელიც გაიწევა სპილენძის დაშვების ქსელით, ოპტიკური დაშვების ქსელით, GPON-ის ან P2P-ის ტექნოლოგიის გამოყენებით, კოაქსიალური დაშვების ქსელით, უსადენო დაშვების ქსელით.
 - დროითი მულტიპლექსირების სისტემის (TDM) აღებული ხაზების, გადაცემის ასინქრონული რეჟიმის (ATM)/ეზერნეტის მონაცემების გადაცემის მომსახურება,
- ▶ დაშვებულია, რომ იჯარით აღებული ხაზები SDSL/HDSL ტექნოლოგიას დაეფუძნება;
- ▶ დაშვებულია, რომ მაღალი სიჩქარის დროითი მულტიპლექსირების სისტემის (TDM) იჯარით აღებული ხაზები ეზერნეტის ტექნოლოგიას დაეფუძნება;
- ▶ გადაცემის ასინქრონული რეჟიმის მონაცემების გადაცემის მომსახურება გაიწევა ეზერნეტის ტექნოლოგიით;
- ▶ მულტისერვისული დაშვების კვანძების ზომების გაანგარიშება ხდება იქ, სადაც POTS, ISDN და xDSL ტექნოლოგიებით ქსელთან მიერთებული აბონენტების მხარდაჭერაა საჭირო.
- ▶ დაშვების ეზერნეტის გადამრთველების ზომების გაანგარიშება ხდება იქ, სადაც წერტილი წერტილთან ტექნოლოგიით ქსელთან მიერთებული აბონენტების მხარდაჭერაა საჭირო.
- ▶ ოპტიკური ხაზის ტერმინალების მოცულობის გაანგარიშება ხდება იქ, სადაც გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელით ან კოაქსიალური კაბელების ტექნოლოგიით ქსელთან მიერთებული აბონენტების მხარდაჭერაა საჭირო.
- ▶ არხების კოდური დაყოფით მრავალჯერადი შეღწევის (CDMA) საბაზო სადგურების მასშტაბის გაანგარიშება ხდება იქ, სადაც არხების კოდური დაყოფით მრავალჯერადი შეღწევის ტექნოლოგიით ქსელთან მიერთებული აბონენტების მხარდაჭერაა საჭირო.

მას შემდეგ, რაც მოხდება ინფორმაციის შეგროვება და განხორციელდება ზემოაღნიშნული

დაშვება, შემდეგნაირად გამოითვლება დაშვების კვანძებისთვის საჭირო აღჭურვილობის რაოდენობის შეფასება:

- 1) ქსელის თითოეული კომპონენტისთვის იანგარიშება ხმოვანი მომსახურების აბონენტების მიერ გამოყენებული საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე და მონაცემების გადაცემის მომსახურების აბონენტების მიერ გამოყენებული საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე.
- 2) სააბონენტო და შემაერთებელი პორტების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა დაშვების კვანძის თითოეულ ლოკაციაზე, გამოითვლება გაანგარიშებული გამტარუნარიანობის გამოყენებით, რომ შეფასდეს მოთხოვნა აღნიშნული პორტების მეშვეობით ტრაფიკზე.
- 3) ქსელის ელემენტის საბაზო ერთეულის ტიპი (შასი) დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის განისაზღვრება სააბონენტო და შემაერთებელი ბარათების რაოდენობაზე დაყრდნობით, რაც საჭიროა დაშვების კვანძის თითოეულ ლოკაციაზე;

8.3.1 ქსელის ელემენტების დაშვების კვანძის საშუალო გამტარუნარიანობის გაანგარიშება

ხმოვანი მომსახურების აბონენტების მიერ გამოყენებული საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე, ქსელის მოთხოვნის გაანგარიშების საფუძველზე, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$mERL_{NC} = \frac{V_r \cdot r_{BHT / AVG} \cdot RF_{NC}}{N_I + N_{GPON / P2P}} \cdot \frac{1000}{365 \cdot 24 \cdot 60}$$

სადაც,

$mERL_{NC}$ - საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე ქსელის ყოველი კომპონენტისთვის (NC);

V_r - სულ რეალიზებული მომსახურების მოცულობა;

$r_{BHT / AVG}$ - ყველაზე დიდი დატვირთვის საათის ტრაფიკის საშუალო საათობრივ ტრაფიკთან თანაფარდობის კოეფიციენტი. ეს კოეფიციენტი გვიჩვენებს დატვირთული და საშუალო ტრაფიკის თანაფარდობას;

RF_{NC} - ქსელის კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია;

N_I - ეკვივალენტური ხმოვანი ხაზების მოცულობა

$N_{GPON / P2P}$ - გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელისა და წერტილი წერტილთან შეერთების ხმოვანი ზარის აბონენტების რაოდენობა.

ეკვივალენტური ხმოვანი ხაზების მოცულობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_I = m_{POTS} \times N_{POTS} + m_{IBRA} \times N_{BRA} + m_{IPRA} \times N_{PRA}$$

სადაც,

N_l - ეკვივალენტური ხმოვანი ხაზების რაოდენობა;

N_{POTS} - ხმოვანი ხაზების რაოდენობა;

N_{BRA} - ISDN-BRA ხაზების რაოდენობა;

N_{PRA} - ISDN-PRA ხაზების რაოდენობა;

$m_{POTS} = 1$ - ეკვივალენტური ხმოვანი არხები - POTS;

$m_{BRA} = 2$ - ეკვივალენტური ხმოვანი არხები - ISDN-BRA;

$m_{PRA} = 30$ - ეკვივალენტური ხმოვანი არხები - ISDN-PRA;

ქსელის კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$RF_{NC} = \frac{V_{tw}}{V_r}$$

სადაც,

V_{tw} - ქსელის კომპონენტზე ხმოვანი მომსახურების მთლიანი შეწონილი მოცულობა;

V_r - სულ რეალიზებული ხმოვანი მომსახურების მოცულობა;

RF_{NC} - ქსელის კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია;

მომსახურების მთლიანი შეწონილი მოცულობა ქსელის თითოეული კომპონენტისთვის შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$V_{tw} = \sum_i^n V^i \times RF^i$$

სადაც,

V_{tw} - ქსელის კომპონენტზე ხმოვანი მომსახურების მთლიანი შეწონილი მოცულობა;

V^i - i -ხმოვანი მომსახურების მოცულობა;

RF^i - i ხმოვანი მომსახურების მარშრუტიზაციის კოეფიციენტი განისაზღვრება ქსელის კონკრეტული კომპონენტისთვის.

i - ხმოვანი მომსახურება;

n - ხმოვანი მომსახურების რაოდენობა.

მონაცემების გადაცემის მომსახურების აბონენტების მიერ გამოყენებული საშუალო

გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე, საშუალო გამტარუნარიანობისა და ზედმეტი

გამტარუნარიანობის დაჯავშნის კოეფიციენტებზე დაყრდნობით, გამოითვლება შემდეგი

ფორმულით:

$$T_{X-Kbit/s} = \frac{V_x \times PF_x}{S_x} \cdot 1024^2$$

სადაც,

$T_{X-Kbit/s}$ - მონაცემების საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე;

V_x - მონაცემების გადაცემის მომსახურება პიკურ დატვირთვაზე;

$S_x - X$ მომსახურების მთლიანი ოდენობა;

$PF_x - X$ მომსახურების პრიორიტეტულობის კოეფიციენტი;

8.3.2 დაშვების კვანძებში პორტების რაოდენობის გაანგარიშება

დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის მომსახურების y (POTS, xDSL, GPON, P2P, კოაქსიალური) რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{Y-ports} = \frac{V_{ly} \times S_y}{V_y}$$

სადაც,

$N_{Y-ports} - y$ მომსახურების რაოდენობა;

$V_{ly} - y$ მომსახურების რაოდენობა l დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

$S_y - y$ მომხმარებლების/აბონენტების მთლიანი რაოდენობა;

V_y - დაშვების კვანძებზე გაწეული y მომსახურების მთლიანი რაოდენობა.

დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის შემაერთებული პორტების (გიგაბიტი ეზერნეტი (GE, 10GE) გაანგარიშება ხდება მოთხოვნილ სიმძლავრესა და ტექნიკურ დაშვებებზე დაყრდნობით (წრიული ტოპოლოგიის ქსელი სტრუქტურა, რეზერვირება), შემდეგი ფორმულებით.

ოპტიკური ხაზების ტერმინალების და დაშვების ეზერნეტის გადამრთველების შემთხვევაში:

$$N_{t-ports} = \left\lceil \frac{D_{voice-fiber} + D_{data-fiber} + D_{IPTV}}{1024 \times HA} \right\rceil \times 2$$

სადაც,

$D_{voice-fiber}$ - მოთხოვნა ბოჭკოვანი კაბელებით გადაცემულ ხმოვანი

მომსახურებაზე (მეგაბიტი წამში). იანგარიშება დაშვების ქსელის ლოკაციაზე

GPON, P2P და DOCSIS ტექნოლოგიების გამოყენებით გაწეული ხმოვანი

მომსახურებით შექმნილი ტრაფიკის (ერლანგებში) გამრავლებით $VoIP_{bit-rate} \times VoIP$

არხის ბიტრეიტზე;

$D_{data-fiber}$ - მოთხოვნა ბოჭკოვანი კაბელებით მონაცემების გადაცემის

მომსახურებაზე (მეგაბიტი წამში).

HA - სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე

D_{IPTV} - მოთხოვნა ბოჭკოვანი კაბელებით IPTV მომსახურებაზე (მეგაბიტი წამში).

IPTV მომსახურებაზე მოთხოვნა შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$D_{IPTV} = N_{IPTV-ports} \times T_{VOD-Kbit/s} + \min(N_{IPTV-ports} \times T_{IPTV-Kbit/s}; N_{channels} \times T_{channel})$$

სადაც,

$N_{IPTV-ports}$ - IPTV მომსახურების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

$T_{IPTV-Kbit/s}$ - IPTV მომსახურების საშუალო გამტარუნარიანობა;

$T_{VOD-Kbit/s}$ - VOD მომსახურების საშუალო გამტარუნარიანობა;

$N_{channels}$ - აბონენტებისთვის მიწოდებული არხების მაქსიმალური რაოდენობა;

$T_{channel}$ - IPTV-ის მეშვეობით ერთი არხის ჩვენებისთვის საჭირო საშუალო გამტარუნარიანობა.

MSAN-ის შემთხვევაში:

$$N_{MSAN-t-ports} = \left\lceil \frac{D_{voice} + D_{data}}{1024 \times HA} \right\rceil \times 2$$

სადაც,

$N_{MSAN-t-ports}$ - შემაერთებული პორტების რაოდენობა;

HA - სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე

D_{voice} - მოთხოვნა ხმოვანი მომსახურებაზე (მეგაბიტი წამში).

D_{data} - მოთხოვნა მონაცემების გადაცემის მომსახურებაზე (მეგაბიტი წამში).

ხმოვანი მომსახურების შედეგად შექმნილი ტრაფიკის მოთხოვნა შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$D_{voice} = N_l \times mERL_{AN} \times VoIP_{bit-rate} \times \frac{1}{1000 \times 1024}$$

სადაც,

N_l - ხაზების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

$mERL_{AN}$ - დაშვების კვანძის პორტების საშუალო გამტარუნარიანობა.

$VoIP_{bit-rate}$ - VoIP არხის ბიტრეიტი.

ბიტრეიტი დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა კოდეკია გამოყენებული და შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$VoIP_{bit-rate} = (IP + UDP + RTP + ETH + PLS) \times PPS \times PF \times \frac{8}{1024}$$

სადაც,

IP - IP თავსართი (ბაიტები);

UDP - UDP თავსართი (ბაიტები);

RTP - RTP თავსართი (ბაიტები);

ETH - ეთერნეტის თავსართი (ბაიტები)

PLS - ხმის დატვირთვის ოდენობა (ბაიტები) – VoIP კოდერ-დეკოდერთან დაკავშირებული მაჩვენებელი;

PPS - პაკეტი ერთ წამში (პაკეტი) – კოდერ-დეკოდერის ბიტრეიტთან დაკავშირებული მაჩვენებელი;
 PF - პრიორიტეტულობის ფაქტორი.

მონაცემების გადაცემის მომსახურების შედეგად შექმნილი ტრაფიკის მოთხოვნა შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$D_{data} = \sum_{i=1} (\frac{N_i \times T_{i-Kbit/s}}{1024})$$

სადაც,

$T_{i-Kbit/s}$ - i მონაცემების გადაცემის მომსახურების (ინტერნეტის დაშვების მომსახურება, ანალოგური ან nx64 ან 2 მეგაბიტი/წამში სიჩქარის იჯარით აღებული ხაზები) გამტარუნარიანობა;

N_i - i მონაცემების გადაცემის მომსახურების მოცულობის ოდენობა.

8.3.3 დაშვების კვანძში ქსელის ელემენტების ერთეულის ტიპების (შასის) განსაზღვრა

დაშვების კვანძის თითოეული ლოკაციისთვის, საბაზო ერთეულის ტიპი (შასი) განისაზღვრება სააბონენტო და შემაერთებელი ბარათების საჭირო სიმძლავრის გაანგარიშებაზე დაყრდნობით.

საბაზო ერთეულის ტიპის (შასი) მახასიათებლები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{Type(x)}^{AN} = Max(A_{Sub}; A_T; A_S; A_V) + Max(B; C; D; E)$$

სადაც,

$$A_{Sub} = \left\lfloor \frac{N_{SC}^{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)_{Sub}}}{C_{Type(x)_{Sub}}} \right\rfloor$$

$$A_T = \left\lfloor \frac{N_{TC}^{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)_T}}{C_{Type(x)_T}} \right\rfloor$$

$$A_S = \left\lfloor \frac{V_{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)_S}}{C_{Type(x)_S}} \right\rfloor$$

$$A_V = \left\lfloor \frac{BHCA_{ANL} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)_V}}{C_{Type(x)_V}} \right\rfloor$$

$$B = if \left(N_{SC}^{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)_{Sub}} - A_{Sub} \times C_{Type(x)_{Sub}} > C_{Type(x+1)_{Sub}}; 1; 0 \right)$$

$$C = \text{if} \left(N_{TC}^{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)-T} - A_T \times C_{Type(x)-T} > C_{Type(x+1)-T}; 1; 0 \right)$$

$$D = \text{if} \left(V_{AN} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)-S} - A_S \times C_{Type(x)-S} > C_{Type(x+1)-S}; 1; 0 \right)$$

$$E = \text{if} \left(BHCA_{ANL} - \sum_{n=1}^{x=n} N_{Type(x-1)}^{AN} \times C_{Type(x-1)-V} - A_V \times C_{Type(x)-V} > C_{Type(x+1)-V}; 1; 0 \right)$$

სადაც,

$N_{Type(x)}^{AN}$ - ქსელის ელემენტის მოცულობა დაშვების კვანძის შასის x ტიპზე, სადაც x MSAN-ის შემთხვევაში = {1, 2, 3, 4, 5} ხოლო OLT-ისა და დაშვების ეზერნეტის გადამრთველის შემთხვევაში = {1, 2, 3};

N_{SC}^{AN} - სააბონენტო ბარათების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

N_{TC}^{AN} - შემართებული ბარათების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

V_{AN} - დაშვების კვანძის ლოკაციაზე ქსელის ელემენტის მიერ სამართავი ტრაფიკის

მოცულობა მეგაბიტობით წამებში. ეს სიდიდე მიიღება D_{data} და D_{voice} დაჯამებით;

$BHCA_{ANL}$ - პიკურ დატვირთვაზე გამომახების მცდელობების რაოდენობით

განსაზღვრული ხმოვანი მომსახურების მოცულობა;

$C_{Type(x)-Sub}$ - ქსელის ელემენტის შასის x ტიპის სიმძლავრე, რომელიც განისაზღვრება სააბონენტო ბარათების მოცულობით;

$C_{Type(x)-T}$ - ქსელის ელემენტის შასის x ტიპის სიმძლავრე, რომელიც განისაზღვრება შემართებული ბარათების მოცულობით;

$C_{Type(x)-S}$ - ქსელის ელემენტის შასის x ტიპის გადართვის სიმძლავრე, რომელიც განისაზღვრება მეგაბიტობით წამში;

$C_{Type(x)-V}$ - ქსელის ელემენტის შასის x ტიპის ხმოვანი სიგნალის დამუშავების სიმძლავრე, რომელიც განისაზღვრება პიკურ დატვირთვაზე გამომახების მცდელობების რაოდენობით.

ოპტიკური ხაზების ტერმინალებისა და დაშვების ეზერნეტის გადამრთველების შემთხვევაში, ერთეულის ძირითადი ტიპები ფასდება $A_S; A_V; D; E$ ფორმულის ამ ნაწილის გამოყენების გარეშე.

დაშვების კვანძის ერთ ლოკაციაზე მოთხოვნილი სააბონენტო ბარათების რაოდენობის გამოთვლა შემდეგი ფორმულით ხდება:

ოპტიკური ხაზების ტერმინალების შემთხვევაში:

$$N_{OLT-t-ports} = \left\lceil \frac{\max(N_{GPON-v-ports}; N_{GPON-i-ports}; N_{GPON-tv-ports})}{HA \times Split \times C_{GPON-ports/SC}} \right\rceil$$

სადაც,

$N_{Y-ports} - y$ მომსახურების რაოდენობა (ხმოვანი, ინტერნეტის დაშვება და IPTV),

რომელიც გაიწევა GPON ან DOCSIS ტექნოლოგიით;

HA - პორტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

$Split$ - გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელის ბოჭკოს დაყოფის კოეფიციენტი;

$C_{GPON-ports/SC}$ - სააბონენტო ბარათში პორტების სიმძლავრე.

დაშვების ეზერნეტის გადამრთველის შემთხვევაში:

$$N_{AETH-t-ports} = \sum_{i=1}^2 \left[\frac{\max(N_{P2P-v-ports}; N_{P2P-i-ports}; N_{P2P-tv-ports})}{HA \times C_{P2P-ports/SC}} \right]$$

სადაც,

$N_{Y-ports}$ - მომსახურების რაოდენობა (ხმოვანი, ინტერნეტის დაშვება და IPTV),

რომელიც გაიწევა წერტილი წერტილთან შეერთების ტექნოლოგიით;

HA - პორტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

$C_{P2P-ports/SC}$ - სააბონენტო ბარათში პორტების სიმძლავრე.

MSAN-ის შემთხვევაში:

$$N_{SC}^{AN} = \sum_{i=1}^5 \left[\frac{N_{y-ports}}{HA \times C_{y-ports/SC}} \right]$$

სადაც,

N_{SC}^{AN} - სააბონენტო ბარათების მოცულობა;

$C_{y-ports/SC}$ - მომსახურები/პორტების სიმძლავრე სააბონენტო ბარათში;

$N_{y-ports}$ - მომსახურების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

y - POTS, ინტერნეტის დაშვების მომსახურება;

HA - მომსახურების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

დაშვების კვანძის ერთ ლოკაციაზე მოთხოვნილი შემაერთებელი ბარათების რაოდენობის გამოთვლა შემდეგი ფორმულით ხდება:

$$N_{TC}^{AN} = \left[\frac{N_{t-ports}}{C_{t-ports/TC}} \right]$$

სადაც,

N_{TC}^{AN} - შემაერთებელი ბარათების რაოდენობა;

$N_{t-ports}$ - შემაერთებელი პორტების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

$C_{t-ports/TC}$ - შემაერთებელ ბარათში შემაერთებელი პორტების სიმძლავრე;

დაშვების კვანძის ლოკაციაზე პიკურ დატვირთვაზე ხმოვანი გამოძახების მცდელობების რაოდენობა შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$BHCA_{ANL} = \frac{N_l \times ABHCA_{AN}}{HA}$$

სადაც,

$BHCA_{ANL}$ - დაშვების კვანძის ლოკაციაზე პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების

მცდელობების რაოდენობა;

N_l - ხაზების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

HA - ხმოვანი სიგნალის დამუშავების ელემენტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

$ABHCA_{AN}$ - პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობების საშუალო რაოდენობა დაშვების კვანძის ერთ პორტზე;

$ABHCA_{NC}$ გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$ABHCA_{NC} = \frac{V_r \times r_{BHT / AVG}}{R_l \times N_l} \times \frac{1 + R_r}{365 \times 24}$$

სადაც,

$ABHCA_{NC}$ - პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობების საშუალო რაოდენობა ერთ პორტზე ქსელის ყოველი კომპონენტისთვის (NC);

V_r - სულ რეალიზებული მომსახურების მოცულობა;

$r_{BHT / AVG}$ - დატვირთვის საათის ტრაფიკის საშუალო საათობრივ ტრაფიკთან თანაფარდობის კოეფიციენტი.

R_r - გამოძახების წარუმატებელი მცდელობების თანაფარდობა გამოძახების მცდელობების მთლიან რაოდენობასთან;

N_l - ხაზების რაოდენობა დაშვების კვანძის ლოკაციაზე;

R_l - ზარის საშუალო ხანგრძლივობა.

ტრაფიკთან დაკავშირებული დანახარჯებიდან, ზარის დასრულებისა და წამოწყების შესაბამის ნაზარდ დანახარჯებზე უნდა გადანაწილდეს მხოლოდ დაშვების კვანძის აღჭურვილობის დანახარჯები, რომელთა თავიდან არიდებაც შესაძლებელი იქნებოდა, მომსახურება რომ არ გაწეულიყო. ამაში არ შედის აბონენტის დაშვების ბარათები.

8.4 რადიო დაშვების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება

8.4.1 საბაზო რადიოსადგურების მასშტაბის გაანგარიშება

CDMA-ის მაკროფიქსის დიაპაზონი და სექტორის სიმძლავრე ცალ-ცალკე გამოითვლება დაფარვის არეალის ტიპების მიხედვით. CDMA სისტემაში ფიქსის დიაპაზონი დამოკიდებულია არსებულ ტრაფიკზე, CDMA-ის ფიქსის მომსახურების ზონა დინამიკურად ფართოვდება და ურთიერთსაწინააღმდეგოდ მიემართება მომხმარებლების რაოდენობის შესაბამისად. CDMA-ის ამ მახასიათებელს „ფიქსის სუნთქვა“ ეწოდება. დანერგილი ალგორითმი გამოითვლის CDMA-ის ფიქსის ოპტიმალურ დიაპაზონს ფიქსის მოთხოვნილ სიმძლავრესთან (მოთხოვნასთან) მიმართებაში. გაანგარიშება ოთხი ეტაპისგან შედგება:

1) CDMA-ის ქსელის მოთხოვნილი სიმძლავრე ფიქსის ტიპების მიხედვით

ამ ეტაპზე CDMA ქსელის მოთხოვნილი სიმძლავრე მიღებისა და გადაცემის არხებისთვის გამოითვლება ხმოვანი სიგნალის და მონაცემების ტრაფიკზემოთხოვნის საფუძველზე. CDMA-ის ქსელის სიმძლავრე ცალ-ცალკე გამოითვლება, დაფარვის არეალის ტიპების მიხედვით.

2) ტრაფიკის სიხშირე პიკურ დატვირთვაზე 1 კმ²-ზე

ამ ეტაპზე პიკურ დატვირთვაზე ტრაფიკის სიხშირე 1კმ²-ზე გამოითვლება CDMA ქსელის მოთხოვნილი სიმძლავრისა და CDMA ქსელის მოთხოვნილი დაფარვის საფუძველზე. CDMA ტრაფიკის სიხშირე პიკურ დატვირთვაზე 1 კმ²-ზე ცალ-ცალკე იანგარიშება მიღებისა და გადაცემის არხებისთვის, დაფარვის არეალის თითოეული ტიპისთვის.

3) მიღებისა და გადაცემის არხების გაანგარიშება

ამ ნაწილში დანერგილი ალგორითმი განსაზღვრავს ურთიერთდამოკიდებულებას (ფუნქციას) ფიქსის არეალსა და ფიქსის სიმძლავრეს შორის, ცალ-ცალკე, მიღებისა და გადაცემის არხებისა და არეალის სხვადასხვა ტიპისთვის. ურთიერთდამოკიდებულების (ფუნქციის) ფორმულის საპოვნელად ალგორითმი იყენებს ფუნქციის ექსტრემუმის ორ წერტილს:

- 1) x : ფიქსის მაქსიმალური დიაპაზონს მინიმალური სიმძლავრის მოხმარების შემთხვევაში
 y : ლოკაციის სიმძლავრის მინიმალურ მოცულობას (მონაცემების ერთი არხი)
- 2) x : ფიქსის მაქსიმალურ დიაპაზონს სრული სიმძლავრის მოხმარების შემთხვევაში
ლოკაციის სიმძლავრის მაქსიმალურ მოცულობას

ამის შემდეგ, პიკურ დატვირთვაზე 1 კმ²-ი ტრაფიკის სიხშირის და ნაპოვნი ურთიერთდამოკიდებულების (ფუნქციის) ფორმულის საფუძველზე, თითოეული არეალის ტიპისთვის ცალ-ცალკე გამოითვლება ფიქსის ოპტიმალური არეალი და სექტორის სიმძლავრე.

4) შეჯამება

ბოლო ეტაპზე, CDMA-ის მაკროფიქის ოპტიმალური დიაპაზონი და სექტორის სიმძლავრე გამოითვლება ცალ-ცალკე, მიღებისა და გადაცემის არხებისა და არეალის სხვადასხვა ტიპისთვის.

სიდიდეები, რომლებიც წარმოადგენს:

- 1) x : ფიქის მაქსიმალური დიაპაზონს მინიმალური სიმძლავრის მოხმარების შემთხვევაში
 y : ლოკაციის სიმძლავრის მინიმალურ მოცულობას (მონაცემების ერთი არხი)
- 2) x : ფიქის მაქსიმალურ დიაპაზონს სრული სიმძლავრის მოხმარების შემთხვევაში
ლოკაციის სიმძლავრის მაქსიმალურ მოცულობას

მოპოვებული იქნება ოპერატორებისგან და გადამოწმდება არხის ბიუჯეტის გაანგარიშების საფუძველზე.

დაფარვა

CDMA ქსელის ტერიტორიული დაფარვა დაყოფილია გეოგრაფიულ არეალებად - ქალაქის ტიპის, ქალაქგარეთა და სოფლის ტიპის დასახლებები. CDMA ლოკაციების მინიმალური რაოდენობა (N_{COV}^{SiB} , ერთეულები), რომელიც საჭიროა დაფარვის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, დაფარვის მიღებისა და გადაცემის არხებისთვის ცალ-ცალკე განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{COV}^{SiB} = \left\lceil \frac{bA_C}{bA_C^c} \right\rceil$$

$$bA_C^c = 1.5 \times \sqrt{3} \times R_{CDMA}^2 = 2.6 \times R_{CDMA}^2$$

სადაც:

bA_C – CDMA ქსელის დაფარვა გეოგრაფიული არეალის კონკრეტული ტიპისთვის, კმ².

ეს სიდიდე გამოითვლება CDMA ქსელში კონკრეტული გეოგრაფიული არეალის დაფარვის წილის (%) გამრავლებით CDMA დაფარვის მთლიან არეალზე;

bA_C^c - ერთი B კვანძის ფიჭის დაფარვის არეალი;

R_{CDMA} – ფიჭის ოპტიმალური დიაპაზონი მიღება-გადაცემის არხებისთვის.

ფიჭის დაფარვის არეალის ფორმულა ეყრდნობა ექვსკუთხედის ფართობის გამოსათვლელ ფორმულას.

მოთხოვნა ტრაფიკზე

CDMA ქსელის მოთხოვნილი სიმძლავრე ცალ-ცალკე იანგარიშება მიღებისა და გადაცემის არხებისთვის, ასევე ხმოვანი ტრაფიკისა და საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკისთვის.

UMTS ქსელში საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკის მართვისათვის საჭირო სიმძლავრე (C_{UMTS} , კბტ/წმ) შემდეგი ფორმულით გამოითვლება;

$$C_{CDMA} = \frac{BHMB_{CDMA}}{60 \times 60} \times 8 \times 1024$$

სადაც:

$BHMB_{CDMA}$ – სიმძლავრე, რომელსაც მართავს CDMA ქსელი, გამოხატული მეგაბაიტებში. წარმოადგენს პიკურ დატვირთვაზე ტრაფიკს კონკრეტულ გეოგრაფიულ არეალზე და ფიჭის ტიპს (მაკროსელი, მიკროსელი და პიკოსელი) CDMA ქსელში.

60-ის 60-ზე ნამრავლზე გაყოფა ნიშნავს საათის წამებში გადაყვანას, 8-ზე გამრავლება - ბაიტების გადაყვანას ბიტებში, ხოლო 1024-ზე - მეგაბაიტის გადაყვანას კილობაიტებში.

სექტორის რაოდენობა (N_{CAP}^{SeB} , ერთეულები), რომელიც საჭიროა მოთხოვნილი სიმძლავრის მისაღწევად, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{CAP}^{SeB} = \frac{C_{CDMA}}{C_{min}^{Se}} + \frac{BHE_V}{C_V^{Erl}}$$

სადაც:

C_{CDMA} – სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა საპაკეტო მონაცემების ტრაფიკისთვის CDMA ქსელში, კბტ/წმ.

C_{min}^{Se} – სექტორის სიმძლავრე პიკურ დატვირთვაზე ტრაფიკის დროს, კბტ/წმ.

BHE_V – სიმძლავრე, რომელიც საჭიროა ხმოვანი, ვიდეო, მოკლე ტექსტური შეტყობინების, მულტიმედიური შეტყობინების ტრაფიკისთვის CDMA ქსელში;

C_V^{Erl} – სექტორის სიმძლავრე პიკურ დატვირთვაზე ტრაფიკის დროს, ერლანგებში.

CDMA ლოკაციების რაოდენობა (N_{CAP}^{SiB} , ერთეულები), რომელიც საჭიროა მოთხოვნილი სიმძლავრის მისაღწევად, გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{CAP}^{SiB} = \sum_{i=1}^3 N_{iSeB}^{SiB}$$

$$N_{iSeB}^{SiB} = \frac{N_{iCAP}^{SeB}}{i}$$

სადაც:

N_{iCAP}^{SeB} – სექტორების რაოდენობა (ერთეულებში), რაც საჭიროა CDMA ქსელში სიმძლავრის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად, გამიჯნული გარკვეული სექტორიზაციით. ეს სიდიდე გამოითვლება სექტორების მთიანი რაოდენობის გამრავლებით N_{CAP}^{SeB} შესაბამის სექტორიზაციის წილებზე (%);

N_{CAP}^{SiB} – CDMA ლოკაციების რაოდენობა, რაც საჭიროა სიმძლავრის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად;

N_{iSeB}^{Si} – i სექტორებად დაყოფილი ლოკაციები UMTS ქსელში, გამოხატული ერთეულებით;

i – აღნიშნავს სექტორების რაოდენობას ლოკაციაზე (ერთი, ორი ან სამი).

საბაზო სადგურების ლოკაციების მთლიანი რაოდენობა

ბოლოს, B კვანძის ლოკაციების მთლიანი რაოდენობა (N_{Total}^{SiB} , ერთეულებში) გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{Total}^{SiB} = N_{CAP}^{SiB} + Adj$$

$$Adj = \frac{N_{COV}^{SiB} - N_{CAP}^{SiB}}{2}$$

სადაც:

N_{CAP}^{SiB} – სექტორები, რომლებიც საჭიროა სიმძლავრის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად;

N_{COV}^{SiB} – სექტორები, რომლებიც საჭიროა დაფარვის მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად;

Adj – კორექტირებები (ლოკაციების რაოდენობა) დაგეგმვის დაშვებებში.

CDMA ქსელში სიმძლავრისა და დაფარვის მოთხოვნების დაკმაყოფილებისთვის საჭირო BTS-ის რაოდენობა კორელაციაში მყოფი ციფრებია, ამიტომ კორექტირება შეეხება გაანგარიშებულ მთლიან BTS-ის რაოდენობასაც.

8.4.2 საბაზო სადგურის კონტროლერის მასშტაბის გაანგარიშება

CDMA ქსელში რადიოწვდომის დონის მასშტაბის გაანგარიშების შემდეგი ეტაპი არის საბაზო სადგურის კონტროლერის (BSC) მოდელირება. საბაზო სადგურის კონტროლერი შემდეგი ნაწილებისგან შედგება:

- ▶ საბაზო ერთეული;
- ▶ დამატებითი ერთეულები;
 - სექტორების გაფართოება;
 - ლოკაციების გაფართოება;

ამ ნაწილში წარმოდგენილი ალგორითმების შედეგი არის საბაზო ერთეულებისა და დამატებითი ერთეულების რაოდენობა.

საბაზო სადგურის კონტროლერის საბაზო ერთეულების აუცილებელი მინიმალური რაოდენობის განსაზღვრა წარმოადგენს სექტორებისა და ლოკაციების გარკვეულ რაოდენობაზე მოთხოვნის ფუნქციას.

საბაზო სადგურის კონტროლერის საბაზო ერთეულების მთლიანი რაოდენობა (BU_{BSC} , ერთეულებში) შემდეგი ფორმულებით გამოითვლება:

$$BU_{BSC} = \left\lceil \text{Max} \left(\frac{N_{Total}^{SeB}}{C_{BSC}^{Se}}, \frac{N_{Total}^{SiB}}{C_{BSC}^{Si}} \right) \right\rceil$$

$$N_{Total}^{SeB} = \sum_{i=1}^3 i \times N_{iSe}^{SiB}$$

სადაც:

N_{Total}^{SeB} - სექტორების მთლიანი რაოდენობა CDMA ქსელში;

C_{RNC}^{Se} - საბაზო სადგურის კონტროლერის მაქსიმალური საოპერაციო სიმძლავრე სექტორების ამ რაოდენობის დასაკმაყოფილებლად;

N_{Total}^{SiB} – BTS-ის ლოკაციების მთლიანი რაოდენობა CDMA ქსელში;

C_{RNC}^{Si} - საბაზო სადგურის კონტროლერის მაქსიმალური საოპერაციო სიმძლავრე ლოკაციების ამ რაოდენობის დასაკმაყოფილებლად;

N_{iSe}^{SiB} – i სექტორებად დაყოფილი ლოკაციები CDMA ქსელში, გამოხატული ერთეულებით; ეს მაჩვენებელი გამოითვლება ლოკაციების მთლიანი რაოდენობის გამრავლებით შესაბამის წილზე (%) სექტორების რაოდენობის მიხედვით.

i – აღნიშნავს სექტორების რაოდენობას ლოკაციაზე (ერთი, ორი ან სამი).

8.5 ეზერნეტის განაწილების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება

ეზერნეტის განაწილების ქსელი ფარავს დაშვების კვანძსა და IP/MPLS (ინტერნეტ პროტოკოლი/მრავალპროტოკოლური კომუტაცია მონიშვნების გამოყენებით) დონეს შორის გადაცემის ქსელის ნაწილს.

მიდგომა, რომელსაც მივმართავთ გადაცემის ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებისთვის, დაშვების კვანძებისთვის გამოყენებული მიდგომის მსგავსია, კერძოდ:

- ▶ საწყის წერტილად იყენებს აღრიცხულ წუთებსა და მონაცემების ტრაფიკს;
- ▶ ითვალისწინებს დაკავების ხანგრძლივობასა და ზრდის რეზერვს;
- ▶ იყენებს მარშრუტიზაციის ფაქტორებს, იმისათვის რომ განსაზღვროს რამდენად ინტენსიურად გამოიყენება ქსელის თითოეული ელემენტი;
- ▶ ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებას ახდენს ყველაზე დიდი დატვირთვის იმავე საათში, რომელშიც არის დაშვების კვანძის ქსელი;
- ▶ შემდეგ ახდენს თავისი სიმძლავრის კორექტირებას, რომ კვანძებს შორის მონაცემების ნაკადებსა და უწყვეტ კავშირს შეუწყოს ხელი.

ეზერნეტის განაწილების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება შემდეგ ეტაპებად ხორციელდება:

- ▶ დაშვების კვანძი აღჭურვილია ეზერნეტის ინტერფეისებით უკუტრანზიტის მიზნებისთვის;
- ▶ დაშვების კვანძები ეზერნეტის წრედებით უერთდება ეზერნეტის გადამრთველს.
- ▶ ეზერნეტის წრედების მოცულობა და სიმძლავრე გამოითვლება დაშვების კვანძების ტრაფიკის მოცულობის საფუძველზე.
- ▶ ეზერნეტის გადამრთველის საბაზო ერთეული (შასი) და გაფართოების ბარათები (GE, 10GE) გამოითვლება წრედების მოცულობასა და სიმძლავრეზე დაყრდნობით.

ეზერნეტის განაწილების ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება რამდენიმე ეტაპად ხდება:

1. ეზერნეტის თითოეული გადამრთველისთვის განისაზღვრება საბაზო ერთეულის (შასის) ტიპი;
2. ეზერნეტის თითოეული გადამრთველისთვის გამოითვლება გაფართოების ბარათების მოცულობა (GE, 10GE, კომუტაციური ბარათები).

8.5.1 ეზერნეტის გადამრთველების საბაზო ერთეულების მასშტაბის გაანგარიშება

ეზერნეტის გადამრთველის საბაზო ერთეულის (შასის) ტიპი განისაზღვრება მოთხოვნილ სიმძლავრეზე დაყრდნობით. დაშვებულია, რომ ქსელში სამი ტიპის შასი გამოიყენება:

ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-3_ETH} = A + \text{Max}(B; C)$$

სადაც,

$$A = \text{MAX} \left(\left\lfloor \frac{N_T}{C_{Type3_ETH_T}} \right\rfloor; \left\lfloor \frac{N_S}{C_{Type3_ETH_S}} \right\rfloor \right)$$

$$B = \text{if} (N_T - A \cdot C_{Type3_ETH_T} > C_{Type2_ETH_T}; 1; 0)$$

$$C = \text{if} (N_S - A \cdot C_{Type3_ETH_S} > C_{Type2_ETH_S}; 1; 0)$$

სადაც,

- N_{Type-3_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასების რაოდენობა;
- N_T - 1/10 GE ინტერფეისების მქონე 1-ლი, მე-2 და მე-3 და მე-4 ტიპის შემადგენელი ბარათების ჯამი;
- N_S - კომპუტაციური ბარათების ჯამი;
- $C_{Type3_ETH_T}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10 GE ბარათების მოცულობით;
- $C_{Type2_ETH_T}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10 GE ბარათების მოცულობით;
- $C_{Type3_ETH_S}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული კომპუტაციური ბარათების მოცულობით;
- $C_{Type2_ETH_S}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული კომპუტაციური ბარათების მოცულობით;

ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-2_ETH} = A + \text{MAX}(B; C)$$

სადაც,

$$A = \text{MAX} \left(\left\lfloor \frac{N_T - N_{Type-3_ETH} \times C_{Type3_ETH_T}}{C_{Type2_ETH_T}} \right\rfloor; \left\lfloor \frac{N_S - N_{Type-3_ETH} \times C_{Type3_ETH_S}}{C_{Type2_ETH_S}} \right\rfloor \right)$$

$$B = \text{if} (N_T - N_{Type-3_ETH} \cdot C_{Type3_ETH_T} - A \cdot C_{Type2_ETH_T} > C_{Type1_ETH_T}; 1; 0)$$

$$C = \text{if} (N_S - N_{Type-3_ETH} \cdot C_{Type3_ETH_S} - A \cdot C_{Type2_ETH_S} > C_{Type1_ETH_S}; 1; 0)$$

სადაც,

N_{Type-2_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასების რაოდენობა;

N_{Type-3_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასების რაოდენობა;

N_T - 1/10 GE ინტერფეისების მქონე 1-ლი, მე-2 და მე-3 და მე-4 ტიპის შემადგენელი ბარათების ჯამი;

N_S - კომუტაციური ბარათების ჯამი;

$C_{Type3_ETH_T}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10 GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type2_ETH_T}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10 GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_ETH_T}$ - ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10 GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type3_ETH_S}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული კომუტაციური ბარათების მოცულობით;

$C_{Type2_ETH_S}$ - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული კომუტაციური ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_ETH_S}$ - ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული კომუტაციური ბარათების მოცულობით;

ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასის მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-1_ETH} = \text{MAX}(0; A; B)$$

სადაც,

$$A = \left\lceil \frac{N_T - N_{Type-3_ETH} \times C_{Type3_ETH_T} - N_{Type-2_ETH} \times C_{Type2_ETH_T}}{C_{Type1_ETH_T}} \right\rceil$$

$$B = \left\lceil \frac{N_S - N_{Type-3_ETH} \times C_{Type3_ETH_S} - N_{Type-2_ETH} \times C_{Type2_ETH_S}}{C_{Type1_ETH_S}} \right\rceil$$

სადაც,

N_{Type-1_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასების რაოდენობა;

N_{Type-3_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასების რაოდენობა;

N_{Type-2_ETH} - ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასების რაოდენობა;

N_T - 1/10 GE ინტერფეისების მქონე 1-ლი, მე-2 და მე-3 და მე-4 ტიპის შემადგენელი
ბარათების ჯამი;

N_S - კომპუტაციური ბარათების ჯამი;

$C_{Type3_ETH_T}$
- ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10
GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type2_ETH_T}$
- ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10
GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_ETH_T}$
- ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 1/10
GE ბარათების მოცულობით;

$C_{Type3_ETH_S}$
- ეზერნეტის გადამრთველის მე-3 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული
კომპუტაციური ბარათების მოცულობით;

$C_{Type2_ETH_S}$
- ეზერნეტის გადამრთველის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული
კომპუტაციური ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_ETH_S}$
- ეზერნეტის გადამრთველის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული
კომპუტაციური ბარათების მოცულობით;

8.5.2 ეზერნეტის გადამრთველის გაფართოების ბარათების გაანგარიშება

გაფართოების ბარათების (GE, 10 GE) გაანგარიშება ეზერნეტის თითოეული გადამრთველისთვის
ეყრდნობა ტრაფიკის მოცულობას და 1-10 GE პორტების საჭირო ოდენობას.

ეზერნეტის გადამრთველის კომპუტაციური ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_S = \left\lceil \frac{V_{Tr}}{HA \times C_{SC}^{ETH}} \right\rceil$$

სადაც,

C_{SC}^{ETH} - ეზერნეტის კომპუტაციური ბარათების სიმძლავრე გიგაბიტი/წამში;

V_{Tr} - ეზერნეტის კომუტაციის ქსელში გამავალი ტრაფიკის მთლიანი მოცულობა. მთლიანი ტრაფიკი მოიცავს დაშვების კვანძების მიერ წარმოქმნილ ტრაფიკს, იჯარით აღებულ მაღალი სიჩქარის ხაზებს, მონაცემების POI-ის მიმართულებით გამავალ ტრაფიკს, IP/MPLS ქსელური დონის მიმართულებით მოძრავ ტრაფიკს;

HA - ეზერნეტის გადამრთველის კომუტაციური ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

ეზერნეტის გადამრთველების მე-2 ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-2}^{ETH-1GE} = \left\lfloor \frac{1GE^{EdgeETH}}{C_{Type2-1GE}} \right\rfloor + if \left(1GE^{EdgeETH} - \left\lfloor \frac{1GE^{EdgeETH}}{C_{Type2-1GE}} \right\rfloor \times C_{Type2-1GE} > C_{Type1-1GE}; 1; 0 \right)$$

სადაც,

$N_{Type-2}^{ETH-1GE}$ - მე-2 ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების რაოდენობა;

$C_{Type1-1GE}$ - 1-ლი ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 1GE ეზერნეტის ინტერფეისებში;

$C_{Type2-1GE}$ - მე-2 ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 1GE ინტერფეისებში;

$1GE^{EdgeETH}$ - 1 პორტების მოთხოვნილი მოცულობა;

ეზერნეტის გადამრთველების 1-ლი ტიპის 1GE ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-1}^{ETH-1GE} = \left\lfloor \frac{1GE^{EdgeETH} - N_{Type-2}^{ETH-1GE} \times C_{Type2-1GE}}{C_{Type1-1GE}} \right\rfloor$$

სადაც,

$N_{Type-1}^{ETH-1GE}$ - 1-ლი ტიპის 1GE ბარათების რაოდენობა;

$N_{Type-2}^{ETH-1GE}$ - მე-2 ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების რაოდენობა;

$C_{Type1-1GE}$ - 1-ლი ტიპის 1GE ბარათების სიმძლავრე;

$C_{Type2-1GE}$ - მე-2 ტიპის 1GE ეზერნეტის ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 1GE ინტერფეისებში;

$1GE^{EdgeETH}$ - 1GE პორტების მოთხოვნილი მოცულობა.

ეზერნეტის გადამრთველების მე-4 ტიპის 10 GE ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-4}^{ETH-10GE} = \left\lfloor \frac{10GE^{EdgeETH}}{C_{Type4_10GE}} \right\rfloor + if \left(10GE^{EdgeETH} - \left\lfloor \frac{10GE^{EdgeETH}}{C_{Type4_10GE}} \right\rfloor \times C_{Type4_10GE} > C_{Type3_10GE}; 1; 0 \right)$$

სადაც,

$N_{Type-4}^{ETH-10GE}$ - მე-4 ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა;

C_{Type3_10GE} - მე-3 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

C_{Type4_10GE} - მე-4 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

$10GE^{EdgeETH}$ - 10GE პორტების მოთხოვნილი მოცულობა.

ეზერნეტის გადამრთველების მე-3 ტიპის 10GE ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-3}^{ETH-10GE} = \left\lfloor \frac{10GE^{EdgeETH} - N_{Type-4}^{ETH-10GE} \times C_{Type4_10GE}}{C_{Type3_10GE}} \right\rfloor$$

სადაც,

$N_{Type-3}^{ETH-10GE}$ - მე-3 ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა;

$N_{Type-4}^{ETH-10GE}$ - მე-4 ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა;

C_{Type3_10GE} - მე-3 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

C_{Type4_10GE} - მე-4 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

$10GE^{EdgeETH}$ - 10GE პორტების მოთხოვნილი მოცულობა;

8.5.3 1GE და 10GE პორტების ოდენობის გაანგარიშება

1GE და 10GE პორტების ოდენობის შემდეგ ეტაპებად ხდება:

1GE პორტების ოდენობის გაანგარიშება

1GE პორტების გაანგარიშება ეზერნეტის თითოეული ლოკაციისთვის შემდეგი ფორმულით ხდება:

$$1GE^{EdgeETH} = \left\lfloor \frac{N_{LL-services}^{ETH} + N_{POI}^{ETH} + N_{AN}^{ETH} + N_{LE}^{ETH}}{HA} \right\rfloor$$

სადაც,

$N_{LL-services}^{ETH}$ - GE პორტების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა იჯარით აღებული ხაზისა და

მონაცემების გადაცემის მომსახურებისთვის, რომელიც გაიწევა ეზერნეტის ქსელით. **Error!**

Reference source not found.

N_{POI}^{ETH} - GE პორტების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ეზერნეტის ქსელით გაწეული POI

მომსახურებისთვის.

N_{AN}^{ETH} - GE პორტების საჭირო რაოდენობა ეზერნეტის ქსელის დაშვების კვანძებთან მისაერთებლად.

N_{LE}^{ETH} - GE პორტების საჭირო რაოდენობა, რომ ეზერნეტის ქსელმა გადასცეს ტრაფიკი IP/MPLS ქსელის ზედა დონეს.

GE პორტების საჭირო რაოდენობა ეზერნეტის კომუტაციის ქსელის IP მარშრუტიზატორის გადამრთველებთან მისაერთებლად გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$N_{LE}^{ETH} = \left\lceil \frac{V_{AN-ETH}}{T_{ring_backhaul}} \right\rceil$$

სადაც,

$T_{ring_backhaul}$ - უკუტრანზიტის წრედის გამტარუნარიანობა (1 გიგაბიტი წამში);

V_{AN-ETH} - ადგილობრივ კვანძთან მიერთებული ყველა დაშვების კვანძიდან გამომავალი ტრაფიკის მოცულობა, გამოხატული გიგაბიტობით წამში. ტრაფიკი შედგება ხმოვანი, ინტერნეტის დაშვებისა და იჯარით აღებული ხაზების მომსახურებისგან, მარშრუტიზაციის ფაქტორების გამოყენებით, რომლებიც გაიწევა დაშვების კვანძთან.

GE პორტების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ეზერნეტის კომუტაციის ქსელისგან მოწოდებული იჯარით აღებული ხაზების მომსახურებისთვის, გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$N_{LL-services}^{ETH} = \left\lceil (V_{STM-LL_service} + V_{Tx_service}) \times RF_{NC} \right\rceil$$

სადაც,

$V_{STM-LL_service}$ - ადგილობრივი კვანძის ნაწილში გაწეული SMT-LL მომსახურების მოცულობა;

$V_{Tx_service}$ - ადგილობრივი კვანძის მიდამოში გაწეული მონაცემების გადაცემის მომსახურების მოცულობა;

RF_{NC} - ქსელის კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია;

ეზერნეტის კომუტაციის ქსელისგან მოწოდებული POI მომსახურების საჭირო ოდენობა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$N_{POI}^{ETH} = \left\lceil V_{wholesale} \times \rho_{ETH}^{POI} \right\rceil$$

სადაც,

ρ_{ETH}^{POI} - მთლიანი POI-ის გატარების ზოლის წილი, რომლის გასვლაც ხდება ეზერნეტის კომუტაციური ქსელებიდან;

$V_{wholesale}$ - საბითუმო აბონენტებისთვის გაწეული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების მოცულობა;

GE პორტების საჭირო რაოდენობა ეზერნეტის კომუტაციის ქსელის დაშვების კვანძებთან მისაერთებლად გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$N_{AN}^{ETH} = N_{ring-AN} \times 2$$

სადაც,

$N_{ring-AN}$ - დაშვების კვანძებთან მიერთებული წრედების რაოდენობა.

დაშვების კვანძებთან მიერთებული წრედების რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{ring-AN} = \min\left(\left\lceil \frac{N_{AN}}{N_{AN-ring}} \right\rceil; \max_{AN}\right)$$

სადაც,

N_{AN} - დაშვების კვანძების რაოდენობა, რომლებიც მიერთებულია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციასთან;

$N_{AN-ring}$ - დაშვების კვანძების მაქსიმალური რაოდენობა, მიერთებული ადგილობრივი კვანძის მიდამოს წრიული ტოპოლოგიის ქსელთან.

$\max_{AN}$ - დაშვების კვანძების წინასწარ განსაზღვრული მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც მიერთებულია ადგილობრივი კვანძის მიდამოს წრიული ტოპოლოგიის ქსელთან.

დაშვების კვანძების მაქსიმალური რაოდენობა, რომელიც მიერთებულია ადგილობრივი ზონის წრიული ტოპოლოგიის ქსელთან, შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{AN-ring} = \left\lfloor \frac{T_{ring_backhaul} - T_{IPTV}}{(V_{AN-ETH} / N_{AN})} \right\rfloor$$

სადაც,

$T_{ring_backhaul}$ - უკუტრანზიტის წრედის გამტარუნარიანობა (1 გიგაბიტი წამში);

HA - უკუტრანზიტის წრედის სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

N_{AN} - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციასთან მიერთებული MSAN/OLT/AETH-ის რაოდენობა;

V_{AN-ETH} - ადგილობრივ კვანძთან მიერთებული ყველა დაშვების კვანძიდან გამომავალი ტრაფიკის მოცულობა, გამოხატული გიგაბიტობით წამში. ეს ტრაფიკი შედგება ხმოვანი, ინტერნეტის დაშვებისა და იჯარით აღებული ხაზების მომსახურებისგან, მარშრუტიზაციის ფაქტორების გამოყენებით, რომლებიც გაიწევა დაშვების კვანძზე,

ლოკალურ ზონაში, ადგილობრივი კვანძის მიდამოში POI-დან გამავალი ტრაფიკის გამოკლებით.

10GE პორტების ოდენობის გაანგარიშება

10GE პორტების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ეზერნეტის კომპუტაციის ქსელში, იყენებს იმავე ალგორითმებს, რაც ზემოთ აღვწერეთ, 10GE პორტების მოცულობების გათვალისწინებით.

8.6 IP/MPLS ძირითადი ქსელის მასშტაბის გაანგარიშება

IP/MPLS კვანძი შეიძლება გამოიანგარიშოს არსებულ („ამომწვარი კვანძის“ მიდგომა) ან ოპტიმიზებულ მდგომარეობაში („გადამწვარი მიწის“ მიდგომა). არსებულ მდგომარეობაში („ამომწვარი კვანძის“ მიდგომა), IP მარშრუტიზატორები ჩაანაცვლებს სატელეფონო სადგურებს არსებულ ლოკაციებზე. ოპტიმიზებულ მდგომარეობაში („გადამწვარი მიწის“ მიდგომა), IP მარშრუტიზატორები განთავსდება იმ ძირითად ქალაქებში, რომლებსაც მიეწოდება POI. ამის მიუხედავად, ორივე მეთოდის („გადამწვარი მიწის“ და „ამომწვარი კვანძის“) გამოყენებით მასშტაბის გაანგარიშებისთვის შემდეგი ფორმულები გამოიყენება.

ადგილობრივი კვანძების მასშტაბის გაანგარიშებისთვის შემდეგი დაშვებების გაკეთებაა საჭირო:

- ▶ IP მარშრუტიზატორების განლაგება ნუმერაციის ზონების ძირითად ქალაქებში.
- ▶ ეზერნეტის გადამრთველების ჯგუფების მინიჭება ნუმერაციის ზონებისთვის.

მას შემდეგ, რაც განხორციელდება ზემოაღნიშნული დაშვება, შემდეგ ეტაპებად მოხდება IP მარშრუტიზატორების საჭირო რაოდენობის შეფასება:

- 1) თითოეული IP მარშრუტიზატორისთვის საჭირო პორტების რაოდენობის გამოთვლა.
- 2) თითოეული IP მარშრუტიზატორისა და მულტიმედიური შლიუზისთვის (MGW) IC ტრაფიკის მოცულობის გაანგარიშება, მომსახურების ტრაფიკის მოცულობასა და მარშრუტიზაციის ფაქტორებზე დაყრდნობით.
- 3) საბაზო ერთეულის (შასის) ტიპების განსაზღვრა თითოეული MGW-ისთვის, IC პორტების რაოდენობასა და მოთხოვნილ სიმძლავრეზე დაყრდნობით.
- 4) გაფართოების ბარათების (E1, STM-1, GE) რაოდენობის გაანგარიშება თითოეული MGW-ისთვის.
- 5) საბაზო ერთეულის (შასის) ტიპების განსაზღვრა თითოეული ძირითადი IP მარშრუტიზატორისთვის, პორტების რაოდენობასა და მოთხოვნილ სიმძლავრეზე დაყრდნობით.
- 6) გაფართოების ბარათების (GE, 10 GE, მარშრუტიზაციის გაფართოება, მართვა) რაოდენობის გაანგარიშება თითოეული ძირითადი IP მარშრუტიზატორისთვის.

8.6.1 IP მარშრუტიზატორის პორტების რაოდენობის გამოთვლა.

IP მარშრუტიზატორში ორი ტიპის პორტი გვხვდება: 10GE მოკლე დიაპაზონი და 10GE გრძელი დიაპაზონი. ამიტომ, პორტების მთლიანი მოთხოვნილი რაოდენობა წარმოადგენს 10GE პორტების ჯამს ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე. იგი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$10GE^{LN} = N_{10GE}^{SR-LN} + N_{10GE}^{LR-LN}$$

სადაც,

$10GE^{LN}$ - 10GE პორტების მთლიანი მოთხოვნილი რაოდენობა IP მარშრუტიზატორში ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე;

N_{10GE}^{LR-LN} - გრძელი დიაპაზონის 10GE პორტები ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე;

N_{10GE}^{SR-LN} - მოკლე დიაპაზონის 10GE პორტები ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე;

მოკლე დიაპაზონის 10GE პორტების კალკულაცია;

10GE მოკლე დიაპაზონის პორტების მოთხოვნილი რაოდენობა ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{10GE}^{SR-LN} = \left\lceil \frac{GE_{LN-peering} + GE_{mgw-LN} + GE_{CES}}{HA} \right\rceil$$

სადაც,

$GE_{LN-peering}$ - პირინგული წერტილებზე მონაცემების გადაცემისთვის ადგილობრივ კვანძზე გამოყენებული GE ინტერფეისების რაოდენობა;

GE_{mgw-LN} - IC ტრაფიკის მართვისთვის MGW-ისთვის საჭირო GE ინტერფეისების რაოდენობა;

HA - IP მარშრუტიზატორის შემაერთებული ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

GE_{CES} - GE ინტერფეისების რაოდენობა, რომელიც წარმოდგენილია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციასთან მიერთებულ ეზერნეტის კომუტაციის ქსელში.

GE ინტერფეისების რაოდენობა, რომელიც გამოიყენება პირინგული წერტილებისთვის მონაცემების გადასაცემად, შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$GE_{LN-peering} = \left\lceil \sum (V_{STM-LL} + V_{ATM}) \times RF_{NC} \right\rceil + \left\lceil \sum V_{WIA} \times RF_{NC} \right\rceil$$

სადაც,

RF_{NC} - ქსელის შესაბამისი კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია;

V_{STM-LL} - მაღალი სიჩქარის იჯარით აღებულ ხაზებზე ტრაფიკის მოცულობა გიგაბიტობით წამში;

V_{WIA} - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე მომსახურების მოცულობა;

V_{ATM} - მონაცემების გადაცემის მომსახურების ტრაფიკის მოცულობა გიგაბიტობით წამში; აღნიშნული მომსახურებების ტრაფიკის მოცულობა შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$V_{STM-LL / ATM} = \frac{V_{Tx-service} \times T_{x-Kbit/s}}{1024^2}$$

სადაც,

$T_{x-Kbit/s}$ - საშუალო გამტარუნარიანობა მონაცემების გადაცემის შესაბამისი მომსახურების ერთ პორტზე (კბტ/წმ);

$V_{Tx-service}$ - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე გაწეული მომსახურების მოცულობა (STM-LL ან ATM).

მომსახურების მოცულობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{Tx-service} = round\left(\frac{V_{Tx-service_input}}{V_{Tx-service_input-total}} \times \sum (S_{service-total}) - V_{Tx-service_input-total}; 0\right) + V_{Tx-service_input}$$

სადაც,

$V_{Tx-service.input}$ - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე (შემაგალი მონაცემები) გაწეული მომსახურების მოცულობა (STM-LL ან ATM);

$V_{Tx-service.input-total}$ - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე (შემაგალი მონაცემები) გაწეული მომსახურების მთლიანი მოცულობა (STM-LL ან ATM);

$S_{service-total}$ - მომსახურების (STM-LL ან ATM) აბონენტების მთლიანი რაოდენობა (შემაგალი მონაცემები).

$V_{Tx-service.input}$, $V_{Tx-service.input-total}$ და $S_{service-total}$ მოცულობების შესახებ ინფორმაცია

მიიღებაოპერატორისგან კითხვარის მეშვეობით.

ინტერნეტის დაშვების საბითუმო მომსახურებისთვის ქსელიდან გამავალი ტრაფიკის მოცულობა (V_{WIA}) შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$V_{WIA} = \frac{(\rho_{IA-to-service} \times T_{x-Kbit/s} \times N_{IA}) \times \rho_{POI-IP}}{1024^2}$$

სადაც,

$\rho_{IA-to-service}$ - საბითუმო აბონენტებისთვის გაწეული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების წილი;

$T_{x-Kbit/s}$ - საშუალო გამტარუნარიანობა მონაცემების გადაცემის შესაბამისი მომსახურების ერთ პორტზე;

N_{IA} - ინტერნეტის დაშვების მომსახურების რაოდენობა, რომელიც წარმოდგენილია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე;

ρ_{POI-IP} - IP მარშრუტიზატორების დონეზე გამავალი POI ტრაფიკის წილი.

ადგილობრივი კვანძის ლოკაციასთან ეზერნეტის გადამრთველის მისაერთებლად მოკლე დიაპაზონის GE ინტერფეისების საჭირო რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$GE_{CES} = \left\lceil \frac{V_{ETH-IP}}{HA \times 10} \right\rceil$$

სადაც,

V_{ETH-IP} - ეზერნეტის გადამრთველის დონიდან ადგილობრივ კვანძებზე შემომავალი

ტრაფიკი. ეს ტრაფიკი იანგარიშება ეზერნეტის გადამრთველებზე შემომავალი ტრაფიკის მოცულობის დაჯამებით და ეზერნეტის გადამრთველის დონეზე გამავალი ტრაფიკის მოცულობის გამოკლებით;

HA - ეზერნეტის გადამრთველების შემაერთებული ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

გრძელი დიაპაზონის 10GE პორტების კალკულაცია:

10GE გრძელი დიაპაზონის პორტების მოთხოვნილი რაოდენობა ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{10GE}^{LR-LN} = \left\lceil \frac{10GE_{LN-LN}}{HA} \right\rceil \times 2$$

სადაც,

HA - IP მარშრუტიზატორის შემაერთებული ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

$10GE_{LN-LN}$ - ხმოვანი და მონაცემების გადაცემის მომსახურებების მიერ წარმოქმნილი ტრაფიკის მართვისთვის ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე საჭირო 10GE პორტების რაოდენობა.

ადგილობრივ კვანძებს შორის მონაცემების გადაცემისთვის საჭირო 10GE პორტების რაოდენობა ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე, შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$10GE_{LN-LN} = \left\lceil \frac{V_{LN-LN_voice} + V_{LN-LN_data}}{10} \right\rceil$$

სადაც,

V_{LN-LN_voice} - ხმოვანი მომსახურების მიერ წარმოქმნილი და ადგილობრივ კვანძში

მოძრავი ტრაფიკის მოცულობა;

V_{LN-LN_data} - მონაცემების გადაცემის მომსახურების მიერ წარმოქმნილი და ადგილობრივ

კვანძში მოძრავი ტრაფიკის მოცულობა;

ხმოვანი მომსახურების შედეგად წარმოქმნილი ტრაფიკი შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$V_{LN-LN_voice} = \frac{\sum (N_l + N_{GPON / P2P}) \times VoIP_{bit-rate} \times mERL_{LN}}{1000 \times 1024^2}$$

სადაც,

N_l - კვვივალენტური ხმოვანი ხაზების რაოდენობა;

$N_{GPON / P2P}$ - გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელისა და წერტილი წერტილთან

შეერთების ხმოვანი ზარის აბონენტების რაოდენობა;

$VoIP_{bit-rate}$ - VoIP არხის ბიტრეიტი;

- საშუალო გამტარუნარიანობა თითოეულ პორტზე ქსელის შესაბამისი კომპონენტისთვის (NC); ამ შემთხვევაში LN-LN ქსელის კომპონენტისთვის. $mERL_{LN}$

მონაცემების გადაცემის მომსახურებით წარმოქმნილი ტრაფიკი გიგაბიტობით წამში, რომელიც ერთი ადგილობრივი კვანძის (LN) ლოკაციიდან მეორე ადგილობრივი კვანძის (LN) ლოკაციის მიმართულებით მოძრაობს, (V_{LN-LN_data}), შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$V_{LN-LN_data} = (\sum(V_{LL(64)}) + \sum(V_{STM-LL})) \times RF_{NC} + \sum(V_{IA}) \times RF_{NC} + V_{IPTV}$$

სადაც,

RF_{NC} - ქსელის შესაბამისი კომპონენტის საშუალო ექსპლუატაცია. იხ. ფორმულა **Error! Reference source not found.**

$V_{LL(64)}$ - ტრაფიკის მოცულობა იჯარით აღებულ ხაზებზე (ანალოგური, 2mb და nx64 იჯარით აღებული ხაზები), რომლებიც წარმოდგენილია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე.

V_{STM-LL} - მონაცემების გადაცემის მომსახურების ტრაფიკის მოცულობა გიგაბიტობით წამში, რომელიც წარმოდგენილია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე.

V_{IPTV} - IPTV მომსახურების ტრაფიკის მოცულობა, რომელიც გამოითვლება IPTV მომსახურების საშუალო გამტარუნარიანობის გადაყვანით გბტ/წმ-ში.

V_{IA} - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე წარმოდგენილი ინტერნეტის დაშვების მომსახურების ტრაფიკის მოცულობა გიგაბიტობით წამში;

ინტერნეტის დაშვების მომსახურების ტრაფიკის მოცულობა (V_{IA}) შემდეგი ფორმულით იანგარიშება:

$$V_{IA} = \sum V_{residentid} + V_{business} + V_{wholesale}$$

სადაც,

$V_{residentid}$ - მოსახლეობისთვის მიწოდებული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების შედეგად წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობა;

$V_{business}$ - ბიზნესებისთვის მიწოდებული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების შედეგად წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობა;

$V_{wholesale}$ - საბითუმო მომხმარებლებისთვის მიწოდებული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების შედეგად წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობა;

ინტერნეტის დაშვების მომსახურების აღნიშნული მოცულობები გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_{internet_access} = \rho_{xDsl-to-service} \times T_{x-Kbit/s} \times N_{IA}$$

სადაც,

$V_{internet_access}$ - მოსახლეობისთვის, ბიზნესებისთვის ან საბითუმო მომხმარებლებისთვის მიწოდებული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების შედეგად წარმოქმნილი ტრაფიკის მოცულობა;

$\rho_{xDsl-to-service}$ - შესაბამისი (ფიზიკური პირი, ბიზნესი, ან საბითუმო მომხმარებელი)

აბონენტებისთვის გაწეული ინტერნეტის დაშვების მომსახურების წილი;

$T_{x-Kbit/s}$ - საშუალო გამტარუნარიანობა მონაცემების გადაცემის შესაბამისი მომსახურების ერთ პორტზე.

N_{IA} - ინტერნეტის დაშვების მომსახურების რაოდენობა ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე.

იჯარით აღებული ხაზებიდან აგრეგირებული ტრაფიკის მოცულობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$V_{LL(64)} = \sum (V_{analog} + V_{nx64} + V_{2mb})$$

სადაც,

V_i - ტრაფიკის მოცულობა, რომელიც მოედინება i ხაზებიდან (ანალოგური, nx64 ან 2mb).
იხ. ფორმულა **Error! Reference source not found..**

ეს მოცულობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$V_i = \frac{N_i \times T_{i-Kbit/s}}{1024^2}$$

სადაც,

$T_{i-Kbit/s}$ - საშუალო გამტარუნარიანობა მონაცემების გადაცემის შესაბამისი მომსახურების ერთ პორტზე;

N_i - იჯარით აღებული i ხაზების რაოდენობა (ანალოგური, nx64 ან 2mb), რომელიც წარმოდგენილია ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე.

ადგილობრივ კვანძზე წარმოდგენილი იჯარით აღებული ხაზების რაოდენობა შემდეგი

ფორმულით გამოითვლება:

$$N_i = \text{if}((S_{LL-S} - \sum N_{i-prelim}) \geq Rank; 1; 0) + N_{i-prelim}$$

სადაც,

S_{LL-S} - ოპერატორის მიერ იჯარით აღებული ხაზებით გაწეული მომსახურების მთლიანი ოდენობა (შეყვანის პარამეტრი);

$Rank$ - იჯარით აღებული ხაზებით მომსახურების გაწევისას ადგილობრივ კვანძზე

წარმოდგენილი N_i ხაზების რანგი;

$N_{i-prelim}$ - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე წარმოდგენილი იჯარით აღებული ხაზების წინასწარი ოდენობა;

იჯარით აღებული ხაზების რაოდენობის შესახებ ინფორმაცია მიიღება ოპერატორისგან კითხვარის

საფუძველზე.

ადგილობრივ კვანძზე იჯარით აღებული ხაზების წინასწარი რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{i-prelim} = \frac{N_l}{\sum N_l} \times S_i$$

სადაც,

S_i - იჯარით აღებული ხაზებით გაწეული მომსახურების მოცულობა არჩეულ წელს;

N_l - იჯარით აღებული ხაზებით მომსახურების გაწევისას ადგილობრივ კვანძზე წარმოდგენილი იჯარით აღებული ხაზების რაოდენობა.

8.6.2 მულტიმედიური შლიუზის (MGW) IC პორტების გაანგარიშება

თითოეული მულტიმედიური შლიუზისთვის მოთხოვნილი IC პორტების რაოდენობის გაანგარიშება

GE ინტერფეისების რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$GE_{LN-MGW} = MAX \left(\min_{LN-MGW}; \left\lceil \frac{ERL_{LN-POI} \times VoIP_{bit-rate}}{1024^2} \right\rceil \right)$$

სადაც,

GE_{LN-MGW} - IC ტრაფიკის მართვისთვის MGW-ისთვის საჭირო GE ინტერფეისების რაოდენობა;

$\min_{LN-POI}$ - LN-MGW ინტერფეისების მინიმალური რაოდენობა; მიიჩნევა, რომ მინიმუმ ერთი GE ინტერფეისი არის საჭირო ადგილობრივ კვანძსა და მულტიმედიურ შლიუზს შორის.

ERL_{LN-POI} - ტრაფიკი ადგილობრივი კვანძიდან POI-ის მიმართულებით, გამოხატული ერლანგებით.

$VoIP_{bit-rate}$ - VoIP არხის ბიტრეიტი. იხ. ფორმულა.

8.6.3 მულტიმედიური შლიუზის საბაზო ერთეულების განსაზღვრა

თითოეული მულტიმედიური შლიუზის საბაზო ერთეულის (შასი) ტიპი განისაზღვრება IC პორტების რაოდენობასა და მოთხოვნილ სიმძლავრეზე დაყრდნობით. შასის ტიპი და რაოდენობა განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{MGW} = \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^5 (N_{type-x}^{MGW})}{C_{CSC}} \right\rceil$$

სადაც,

N_{MGW} - მულტიმედიური შლიუზის შასის რაოდენობა;

C_{CSC} - მულტიმედიაური შლიუზის შასის სლოტის სიმძლავრე;

N_{type-x}^{MGW} - x ტიპის ბარათების რაოდენობა;

x - მულტიმედიაური შლიუზის შასის გაფართოების ბარათის ტიპი (ხუთიდან ერთ-ერთი);

8.6.4 მულტიმედიაური შლიუზების გაფართოების ბარათების გაანგარიშება

თითოეული მულტიმედიაური შლიუზისთვის გაფართოების ბარათების ($E1$, $STM-1$, GE) მოცულობის გაანგარიშება. არსებობს 5 ტიპის შემაერთებელი/გაფართოების ბარათები, რომლებიც მხარს უჭერს სხვადასხვა ინტერფეისსა და ხმოვანი სიგნალის დამუშავების ბარათს. ქვემოთ წარმოდგენილი ფორმულებით ხდება თითოეული ტიპის ბარათის მასშტაბის გაანგარიშება.

მულტიმედიაური შლიუზის 1-ლი ტიპის გაფართოების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type1}^{MGW} = \max\left(\frac{\frac{E1_{MGW-POI} \times \rho_{E1-POI}}{HA} - N_{Type2}^{MGW} \times C_{Type2}}{C_{Type1}}; 0\right)$$

სადაც,

N_{Type1}^{MGW} - მულტიმედიაური შლიუზის 1-ლი ტიპის შემაერთებელი ბარათების რაოდენობა;

HA - მულტიმედიაური შლიუზის შემაერთებელი ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

C_{Type1} - 1-ლი ტიპის შემაერთებელი ბარათის სიმძლავრე, გაზომილი $E1$ ინტერფეისებით;

C_{Type2} - მე-2 ტიპის შემაერთებელი ბარათის სიმძლავრე, გაზომილი $E1$ ინტერფეისებით;

ρ_{E1-POI} - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI -ის დამაკავშირებელი $E1$ ინტერფეისების წილი;

$E1_{MGW-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI -ის დამაკავშირებელი $E1$

ინტერფეისების რაოდენობა. ეს ელემენტი გამოითვლება ფორმულით

Reference source not found.

N_{Type2}^{MGW} - მულტიმედიაური შლიუზის მე-2 ტიპის შემაერთებელი ბარათების რაოდენობა.

$E1$ ინტერფეისების რაოდენობა ($E1_{MGW-POI}$) შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$E1_{MGW-POI} = \frac{ERL_{LN-MGW}}{C_{2mbit-link}}$$

სადაც,

$C_{2mbit-link}$ - 2 მეგაბიტი/წამში კავშირის სიმძლავრე ერლანგებში;

ERL_{LN-MGW} - ტრაფიკი ერლანგებში ადგილობრივ კვანძსა და მულტიმედიაურ შლიუზს შორის.

ტრაფიკი გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$ERL_{NC} = \frac{(N_{I-NC} + N_{GPON/P2P}) \times mERL_{NC}}{1000}$$

სადაც,

ERL_{NC} - ტრაფიკის მოცულობა ერლანგებში ქსელის შესაბამის კომპონენტებს შორის;

N_{I-NC} - ადგილობრივი კვანძის მიერ აგრეგირებული MSAN-ის ეკვივალენტური ხმოვანი ხაზების რაოდენობა;

$N_{GPON/P2P}$ - ადგილობრივი კვანძის მიერ აგრეგირებული გიგაბიტური პასიური ოპტიკური ქსელისა და წერტილი წერტილთან შეერთების ხმოვანი ზარის ხაზების რაოდენობა;

$mERL_{NC}$ - ქსელის შესაბამისი კომპონენტის საშუალო გამტარუნარიანობა.

მულტიმედიაური შლიუზის მე-2 ტიპის გაფართოების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type2}^{MGW} = A + if \left(\frac{E1_{MGW-POI} \times \rho_{E1-POI}}{HA} - A \times C_{Type2} > C_{Type1}; 1 \right)$$

სადაც,

$$A = \left\lfloor \frac{E1_{MGW-POI} \times \rho_{E1-POI}}{HA \times C_{Type2}} \right\rfloor;$$

$E1_{MGW-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი E1 ინტერფეისების რაოდენობა;

ρ_{E1-POI} - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი E1 ინტერფეისების წილი;

C_{Type1} - 1-ლი ტიპის შემაერთებული ბარათის სიმძლავრე, გაზომილი E1 ინტერფეისებით;

C_{Type2} - მე-2 ტიპის შემაერთებული ბარათის სიმძლავრე, გაზომილი E1 ინტერფეისებით;

HA - მულტიმედიაური შლიუზის შემაერთებული ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

მულტიმედიაური შლიუზის მე-3 ტიპის გაფართოების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type3}^{MGW} = \left\lfloor \frac{E1_{MGW-POI} \times \rho_{STM1-POI}}{HA \times C_{Type3} \times C_{POI-STM1}} \right\rfloor$$

სადაც,

N_{Type3}^{MGW} - მე-3 ტიპის მულტიმედიაური შლიუზის შემაერთებული ბარათების რაოდენობა, დამრგვალებული უახლოეს მთელ რიცხვამდე;

$E1_{MGW-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი E1 ინტერფეისების რაოდენობა;

$\rho_{STM1-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი STM-1 ინტერფეისის წილი;

HA - მულტიმედიაური შლიუზის შემაერთებელი ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

C_{Type3} - მე-3 ტიპის შემაერთებელი ბარათის სიმძლავრე, გამოხატული STM-1 ინტერფეისებში;

$C_{POI-STM1}$ - STM-1 ინტერფეისების სიმძლავრე POI-ში, გამოხატული E1 ინტერფეისებით.

მულტიმედიაური შლიუზის მე-4 ტიპის გაფართოების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type4}^{MGW} = \left\lceil \frac{E1_{MGW-POI} \times \rho_{STM4-POI}}{HA \times C_{Type4} \times C_{POI-STM4}} \right\rceil$$

სადაც,

N_{Type4}^{MGW} - მულტიმედიაური შლიუზის მე-4 ტიპის შემაერთებელი ბარათების რაოდენობა;

$E1_{MGW-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი E1 ინტერფეისების რაოდენობა;

$\rho_{STM4-POI}$ - მულტიმედიაური შლიუზისა და POI-ის დამაკავშირებელი STM-4 ინტერფეისის წილი;

HA - მულტიმედიაური შლიუზის შემაერთებელი ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე;

C_{Type4} - მე-4 ტიპის შემაერთებელი ბარათის სიმძლავრე, გამოხატული STM-4 ინტერფეისებში;

$C_{POI-STM4}$ - STM-4 ინტერფეისების სიმძლავრე POI-ში, გამოხატული E1 ინტერფეისებით.

GE ინტერფეისების მხარდასაჭერად მულტიმედიაური შლიუზის გაფართოების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{GE}^{MGW} = \left\lceil \frac{GE_{LN-MGW}}{C_{GE-card}} \right\rceil$$

სადაც,

N_{GE}^{MGW} - მულტიმედიაური შლიუზის GE შემაერთებელი ბარათების რაოდენობა მულტიმედიაურ შლიუზში;

$C_{GE-card}$ - GE შემაერთებელი ბარათის სიმძლავრე, გაზომილი GE ინტერფეისებით;

GE_{TN-MGW} - მულტიმედიაური შლიუზის ადგილობრივ კვანძთან დამაკავშირებელი GE ინტერფეისების რაოდენობა, დამრგვალებული მთელამდე.

მულტიმედიაური შლიუზის ხმის დამუშავების ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{VP}^{MGW} = \left\lceil \frac{ERL_{NC}}{HA \times C_{VP}} \right\rceil$$

სადაც,

C_{VP} - ხმის დამუშავების ბარათის სიმძლავრე ერლანგებში;

ERL_{NC} - ტრაფიკის მოცულობა ერლანგებში ქსელის შესაბამის კომპონენტებს შორის;

HA- მულტიმედიაური შლიუზის კომუტაციური ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

8.6.5 IP მარშრუტიზატორის საბაზო ერთეულების ტიპების განსაზღვრა

თითოეული IP მარშრუტიზატორის საბაზო ერთეულის (შასი) ტიპი განისაზღვრება პორტების რაოდენობასა და მოთხოვნილ სიმძლავრეზე დაყრდნობით. თითოეული შასის ოდენობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$N_{Type-2_IP} = A + \max(B; C)$$

სადაც,

$$A = \max\left(\left\lfloor \frac{N_T}{C_{Type2_IP_T}} \right\rfloor; \left\lfloor \frac{N_S}{C_{Type2_IP_S}} \right\rfloor\right)$$

$$B = \text{if}(N_T - A \cdot C_{Type2_IP_T} > C_{Type1_IP_T}; 1; 0)$$

$$C = \text{if}(N_S - A \cdot C_{Type2_IP_S} > C_{Type1_IP_S}; 1; 0)$$

სადაც,

N_{Type-2_IP} - IP მარშრუტიზატორის მე-2 ტიპის შასის რაოდენობა;

N_T - 10 GE ინტერფეისების მქონე 1-ლი და მე-2 ტიპის შემაერთებული ბარათების ჯამი;

N_S - კომუტაციური ბარათების ჯამი;

$C_{Type2_IP_T}$ - IP მარშრუტიზატორის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 10 GE

ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_IP_T}$ - IP მარშრუტიზატორის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული 10 GE

ბარათების მოცულობით;

$C_{Type2_IP_S}$ - IP მარშრუტიზატორის მე-2 ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული

კომუტაციური ბარათების მოცულობით;

$C_{Type1_IP_S}$ - IP მარშრუტიზატორის 1-ლი ტიპის შასის სიმძლავრე, გამოხატული

კომუტაციური ბარათების მოცულობით;

8.6.6 IP მარშრუტიზატორის გაფართოების ბარათების გაანგარიშება

გამოყენებულია დაშვება, რომ არსებობს ერთი ტიპის კომუტაციური ბარათი და ორი ტიპის შემაერთებული ბარათი.

IP მარშრუტიზატორების კომუტაციური ბარათების მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_s = \left\lceil \frac{V_{Tr}}{HA \times C_{SC}^{IP}} \right\rceil$$

სადაც,

C_{SC}^{IP} - ძირითადი IP მარშრუტიზატორების კომუტაციური ბარათების სიმძლავრე გიგაბიტი/წამში;

V_{Tr} - ადგილობრივი კვანძის ლოკაციაზე IP მარშრუტიზატორში გავლილი მთელი ტრაფიკის ჯამი გაყოფილი სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრეზე (HA). იგი შედგება მულტიმედიაური შლიუზის მიმართულებითა და პირინგული წერტილებისკენ გამავალი ტრაფიკისგან, ასევე ადგილობრივ კვანძებს შორის ხმოვანი სიგნალისა და მონაცემების ტრაფიკისგან;

HA - IP მარშრუტიზატორების კომუტაციური ბარათების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

ძირითადი IP მარშრუტიზატორის მე-2 ტიპის 10GE ბარათის მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-2}^{IP-10GE} = \left\lceil \frac{10GE^{IP}}{C_{Type2_10GE}} \right\rceil + if \left(10GE^{IP} - \left\lfloor \frac{10GE^{IP}}{C_{Type2_10GE}} \right\rfloor \times C_{Type2_10GE} > C_{Type1_10GE}; 1; 0 \right)$$

სადაც,

$N_{Type-2}^{IP-10GE}$ - მე-2 ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა;

C_{Type1_10GE} - 1-ლი ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

C_{Type2_10GE} - მე-2 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

$10GE^{IP}$ - 10 გიგაბიტი ეზერნეტის პორტების მოთხოვნილი მოცულობა;

ძირითადი IP მარშრუტიზატორის 1-ლი ტიპის 10GE ბარათის მასშტაბის გაანგარიშება:

$$N_{Type-1}^{IP-10GE} = \left\lceil \frac{10GE^{IP} - N_{Type-2}^{IP-10GE} \times C_{Type2_10GE}}{C_{Type1_10GE}} \right\rceil$$

სადაც,

$N_{Type-1}^{IP-10GE}$ - 1-ლი ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა;

$N_{Type-2}^{IP-10GE}$ - მე-2 ტიპის 10GE ბარათების რაოდენობა. იხ. ფორმულა **Error! Reference source not found.**;

C_{Type1_10GE} - 1-ლი ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

C_{Type2_10GE} - მე-2 ტიპის 10GE ბარათების სიმძლავრე, გამოხატული 10GE ინტერფეისებში;

$10GE^{IP}$ - 10GE პორტების მოთხოვნილი რაოდენობა. იხ. ფორმულა **Error! Reference source not found.**

8.6.7 HLR და მომხმარებელთა მონაცემების ცენტრალიზებული ბაზა (CUDB)

HLR და მომხმარებელთა მონაცემების ცენტრალიზებული ბაზა (CUDB) ორი ნაწილისგან შედგება:

- ▶ საბაზო ერთეული;
- ▶ დამატებითი ერთეულები.

HLR და მომხმარებელთა მონაცემების ცენტრალიზებული ბაზის საბაზო და დამატებითი ერთეულების რაოდენობა გამოითვლება CDMA-ის აბონენტების მოცულობაზე დაყრდნობით.

8.7 გადაცემის ქსელის პასიური ელემენტების მასშტაბის გაანგარიშება

8.7.1 ბოჭკოვანი კაბელების მასშტაბის გაანგარიშება

ბოჭკოვანი კაბელების მასშტაბის გაანგარიშება მოითხოვს ბოჭკოვანი კაბელების სიგრძის გაანგარიშებას გადაცემის ქსელის (ადგილობრივი და ტრანზიტული) თითოეულ განსაზღვრულ დონეზე. ბოჭკოვანი კაბელების სიგრძის შესახებ ინფორმაცია მიიღება ოპერატორისგან (არსებული მდგომარეობა) და გადამოწმდება ქსელის კვანძების გეოგრაფიული კოორდინატებისა და ქსელის ლოგიკური ტოპოლოგიის საფუძველზე (ოპტიმიზებული მდგომარეობა). ბოჭკოვანი კაბელების ხარჯების ფიქსირებული (მაგ. გაყვანის დანახარჯები) და ცვალებადი (მაგ. ბოჭკოვანი კაბელის ღირებულება) ნაწილები განისაზღვრება ოპერატორებისგან ქსელის ცალკეული ელემენტის შესახებ მიღებული ეკონომიკური მონაცემების საფუძველზე.

ტრაფიკთან დაკავშირებული დანახარჯებიდან, შესაბამის ნაზარდ დანახარჯებზე ტრაფიკის მოცულობის პროპორციულად უნდა გადანაწილდეს მხოლოდ ბოჭკოვანი კაბელის ღირებულების ცვალებადი ნაწილი, რომლის თავიდან არიდებაც შესაძლებელი იქნებოდა, მომსახურება რომ არ გაწეულიყო.

ბოჭკოვანი კაბელების ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობა (CVR)

ბოჭკოვანი კაბელების ღირებულებას განსაზღვრავს კაბელის მონაკვეთის მოთხოვნილი გამტარუნარიანობა. ამ მოდელის გასამართივებად დავუშვით წრფივი ურთიერთდამოკიდებულება ბოჭკოვანი კაბელების ღირებულებასა და ბოჭკოვანი კაბელების გამტარუნარიანობას შორის. ამ ურთიერთდამოკიდებულების დადგენის მიზნით გაიმიჯნა ორი ზღვრული წერტილი:

- 1) ქსელის მინიმალური დანახარჯი - ბოჭკოვანი ქსელის დანახარჯი, რომლის კონფიგურაციაც მიზნად ისახავს მხოლოდ ტოპოლოგიის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას და არ ითვალისწინებს ტრაფიკის მოცულობას. ბოჭკოვანი ქსელის მინიმალური

დანახარჯი შეიძლება შედგებოდეს: ბოჭკოვანი კაბელების (მინიმალური რაოდენობის ბოჭკოთი) ხარჯისგან, ერთობლივი ხარჯებისა და დამონტაჟების ხარჯებისგან.

- 2) ქსელის ნომინალური დანახარჯი - ბოჭკოვანი ქსელის დანახარჯი, რომლის კონფიგურაციაც მიზნად ისახავს როგორც ტოპოლოგიის, ისე ტრაფიკის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. ბოჭკოვანი ქსელის ნომინალური დანახარჯი შეიძლება შედგებოდეს: ბოჭკოვანი კაბელების (ნომინალური რაოდენობის ბოჭკოთი) ხარჯისგან, ერთობლივი ხარჯებისა და დამონტაჟების ხარჯებისგან (ამის სტატისტიკა ოპერატორმა უნდა წარმოადგინოს).

ქვემოთ წარმოდგენილია ბოჭკოვანი კაბელების ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობის ამსახველი გრაფიკი.



აქედან გამომდინარე, საოპერაციო ქსელში ბოჭკოვანი კაბელების ღირებულება იქნება სხვაობა ზემოთ აღწერილ ორ სცენარს შორის.

8.7.2 საკაბელო არხების მასშტაბის გაანგარიშება

საკაბელო არხების სიგრძის შესახებ ინფორმაცია მიიღება ოპერატორისგან (არსებული მდგომარეობა) და გადამოწმდება ქსელის კვანძების გეოგრაფიული კოორდინატებისა და ქსელის ლოგიკური ტოპოლოგიის საფუძველზე (ოპტიმიზებული მდგომარეობა). საკაბელო არხების ხარჯების ფიქსირებული (მაგ. თხრის, ზედაპირის რეკონსტრუქციის დანახარჯები) და ცვალებადი (მაგ. საკაბელო არხების ღირებულება) ნაწილები განისაზღვრება ოპერატორებისგან ქსელის ცალკეული ელემენტის შესახებ მიღებული ეკონომიკური მონაცემების საფუძველზე. ტრაფიკთან დაკავშირებული დანახარჯებიდან, შესაბამის ნაზარდ დანახარჯებზე ბოჭკოვანი კაბელის ზღვრული ხარჯის პროპორციულად უნდა გადანაწილდეს მხოლოდ საკაბელო არხების ღირებულების ცვალებადი ნაწილი, რომლის თავიდან არიდებაც შესაძლებელი იქნებოდა,

მომსახურება რომ არ გაწეულიყო.

საკაბელო არხების ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობა (CVR) (სოფლის ტიპის დასახლებებში)

საკაბელო არხების მოწყობის ხარჯს სოფლის ტიპის დასახლებებში განსაზღვრავს ბოჭკოვანი კაბელების ღირებულება. გამოიყენება ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობის ფუნქცია, რომელიც განისაზღვრა ბოჭკოვანი კაბელებისთვის, თუმცა საკაბელო არხების ხარჯისთვის ცალკე დადგინდება ორი ზღვრული წერტილი:

- 1) ქსელის მინიმალური დანახარჯი - საკაბელო არხების დანახარჯი, რომლის მასშტაბის განსაზღვრაც მიზნად ისახავს მხოლოდ ტოპოლოგიის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას და არ ითვალისწინებს ტრაფიკის მოცულობას. საკაბელო არხების მინიმალური ხარჯი შეიძლება მოიცავდეს: მიწი გათხრის ხარჯს, მიწის რეკონსტრუქციის ხარჯსა და მიწის სხვა სამუშაოებთან დაკავშირებულ დანახარჯებს.
- 2) ქსელის ნომინალური დანახარჯი - საკაბელო არხების დანახარჯი, რომლის კონფიგურაციაც მიზნად ისახავს როგორც ტოპოლოგიის, ისე ტრაფიკის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. საკაბელო არხების ნომინალური დანახარჯი შეიძლება მოიცავდეს: მთავარი საკაბელო არხების ღირებულებას (გაბურღვის ნომინალური რაოდენობა სოფლის ტიპის დასახლებებში), საკანალიზაციო ლუქების ღირებულებას, მიწის რეკონსტრუქციის ხარჯებსა და მიწის სხვა სამუშაოებთან დაკავშირებულ დანახარჯებს (ამის სტატისტიკა ოპერატორმა უნდა წარმოადგინოს).

საკაბელო არხების ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობა (CVR) (ქალაქის ტიპის დასახლებებში)

საკაბელო არხების მოწყობის ხარჯს ქალაქის ტიპის დასახლებებში განსაზღვრავს ბოჭკოვანი კაბელების ღირებულება. გამოიყენება ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობის ფუნქცია, რომელიც განისაზღვრა ბოჭკოვანი კაბელებისთვის, თუმცა საკაბელო არხების ხარჯისთვის ცალკე დადგინდება ორი ზღვრული წერტილი:

- 1) ქსელის მინიმალური დანახარჯი - საკაბელო არხების დანახარჯი, რომლის მასშტაბის განსაზღვრაც მიზნად ისახავს მხოლოდ ტოპოლოგიის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას და არ ითვალისწინებს ტრაფიკის მოცულობას. საკაბელო არხების მინიმალური ხარჯი შეიძლება მოიცავდეს: მიწი გაჭრის ხარჯს, მიწის რეკონსტრუქციის ხარჯსა და მიწის სხვა სამუშაოებთან დაკავშირებულ დანახარჯებს.
- 2) ქსელის ნომინალური დანახარჯი - საკაბელო არხების დანახარჯი, რომლის კონფიგურაციაც მიზნად ისახავს როგორც ტოპოლოგიის, ისე ტრაფიკის მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. საკაბელო არხების მაქსიმალური დანახარჯი შეიძლება მოიცავდეს: მთავარი საკაბელო არხების ღირებულებას (გაბურღვის ნომინალური რაოდენობა ქალაქის

ტიპის დასახლებებში), საკანალიზაციო ლუქების ღირებულებას, მიწის რეკონსტრუქციის ხარჯებსა და მიწის სხვა სამუშაოებთან დაკავშირებულ დანახარჯებს (ამის სტატისტიკა ოპერატორმა უნდა წარმოადგინოს). ქვემოთ წარმოდგენილია საკაბელო არხების ხარჯების მოცულობასთან თანაფარდობის ამსახველი გრაფიკი.

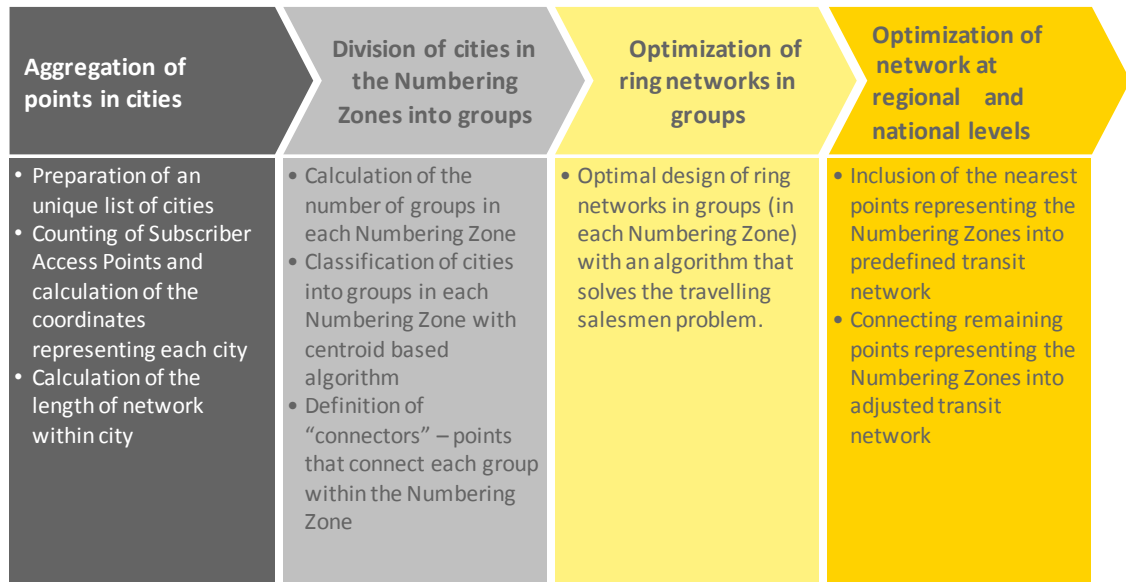


8.7.3 პასიური ქსელის სიგრძის გაანგარიშების ალგორითმი

ბოჭკოვანი ქსელის სიგრძის გაანგარიშების ალგორითმი შემდეგ საფეხურებად იყოფა:

- ▶ დაშვების კვანძების აგრეგირება ქალაქებში
- ▶ ნუმერაციის ზონებში ქალაქების დაყოფა ჯგუფებად
- ▶ ჯგუფებში წრიული ტოპოლოგიის ქსელების ოპტიმიზაცია
- ▶ ქსელის ოპტიმიზაცია რეგიონულ დონეზე და ქვეყნის მასშტაბით.
- ▶ ყველა შეერთების ფიზიკური მანძილის გაზომვა

ზემოთ წამოდგენილი საფეხურები ქვემოთ სქემატურადაა გამოსახული:



ქალაქების ფარგლებში წერტილების აგრეგირება

ოპტიმიზაციის პროცესის პირველ ეტაპზე, დაშვების კვანძების სიაზე დაყრდნობით იქმნება უნიკალური ლოკაციების (ქალაქების) სია. თითოეულ ქალაქს ენიჭება დაშვების კვანძის ნომერი, ასევე კოორდინატები, რომლებიც წარმოადგენს ქალაქს, და ქალაქში აგრეგირებულ დაშვების კვანძებს შორის გაყვანილი ქსელის სიგრძე.

იმ შემთხვევაში, თუ ინფრასტრუქტურის ოპერატორები არასაკმარის ინფორმაციას წარმოადგენენ, თითოეული ქალაქის ქსელის სიგრძე გამოითვლება შემდეგი ალგორითმით:

- ▶ 2 ან 3 დაშვების კვანძის მქონე ქალაქებისთვის - დაშვების კვანძები პირდაპირ არის მიერთებული;
- ▶ 3-ზე მეტი დაშვების კვანძების მქონე ქალაქებისთვის - დაშვების კვანძები მიერთებულია იმ ალგორითმით, რომელიც გამოიყენება კომივოიაჟერის ამოცანაში (აღწერილია მე-3 პუნქტში).

ნუმერაციის ზონებში ქალაქების დაყოფა ჯგუფებად

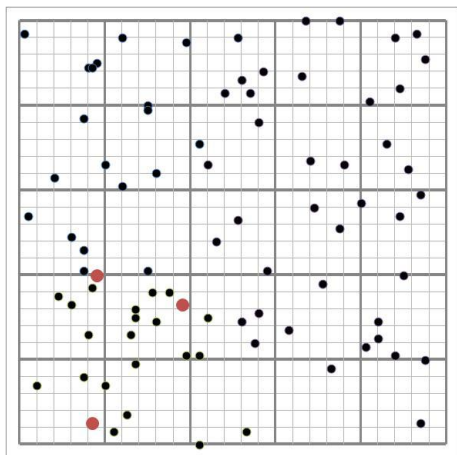
ნუმერაციის თითოეულ ზონაში, ყველა ქალაქი, რომლებიც წარმოადგენენ დაშვების კვანძებს, იყოფა ჯგუფებად, რომლებშიც ისინი უერთდება ოპტიმალურ წრიული ტოპოლოგიის ქსელებს.

ჯგუფებად განაწილების ალგორითმი ეყრდნობა სიმძიმის ცენტრის (ცენტროიდის) მეთოდს. თითოეული ჯგუფის შექმნამდე ხდება რომელიმე წერტილის არჩევა. ამ წერტილებს სიმძიმის ცენტრები ეწოდება.

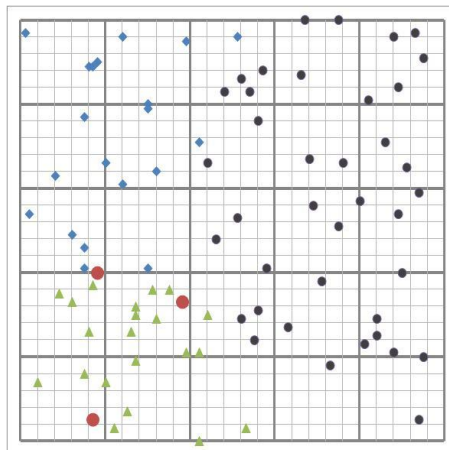
ყოველი იტერაციისას, თითოეულ ქალაქს მიაკუთვნებენ სიმძიმის უახლოეს ცენტრს. შემდეგ, სიმძიმის თითოეული ცენტრისთვის გამოითვლება წერტილი სიმძიმის კონკრეტული

ცენტრისთვის მიკუთვნებული წერტილების საშუალო კოორდინატით. ასეთი წერტილები მომდევნო იტერაციაში სიმძიმის ახალ ცენტრებად იქცევა. ალგორითმი მანამდე მეორდება, სანამ არ მიიღება სტაბილური ამოხსნა - როდესაც სიმძიმის ცენტრების კოორდინატები აღარ შეიცვლება მომდევნო იტერაციებში.

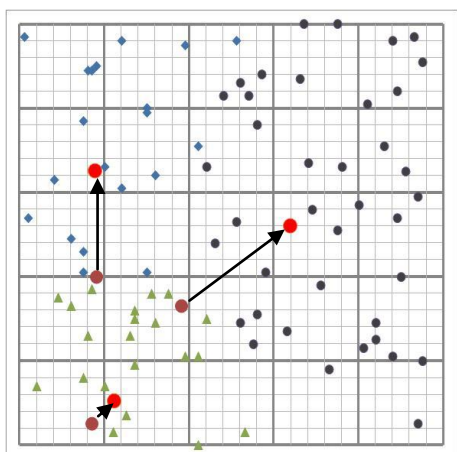
წერტილების - სიმბიმის
თავდაპირველი ცენტრების
შერჩევა



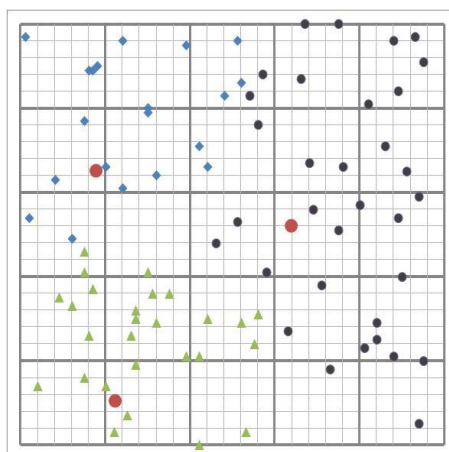
ქალაქების მიკუთვნება სიმბიმის
უახლოეს ცენტრებისთვის



სიმბიმის ახალი ცენტრების
გაანგარიშება

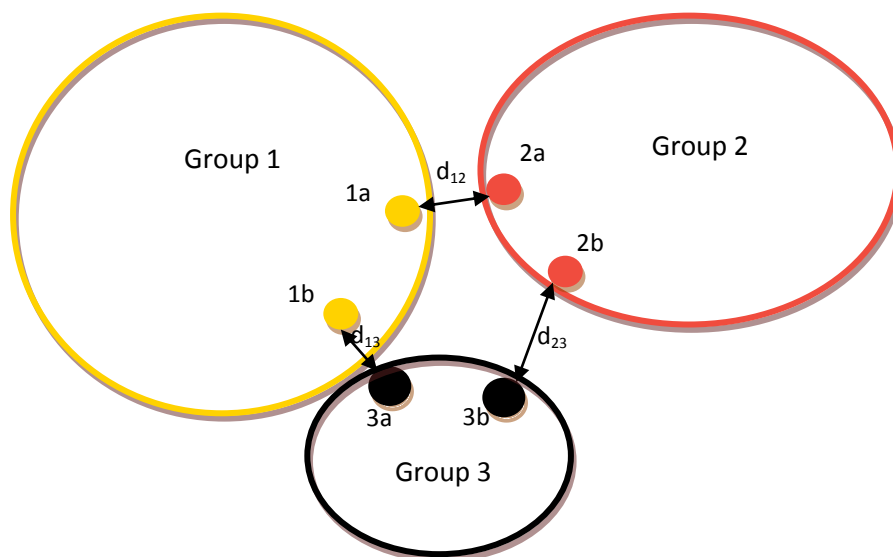


სიმბიმის ახალი ცენტრების მქონე
ქალაქების რეკლასიფიკაცია



შემდეგ, იმ შემთხვევაში, თუ ქალაქები ორ ან სამ ჯგუფად არის დაყოფილი, თითოეული ჯგუფიდან აირჩევა ქალაქი, რომელიც ნუმერაციის ზონის ფარგლებში ქსელებს (ჯგუფებს) შორის პოტენციური „დამაკავშირებელი“ იქნება. თუ მხოლოდ ორი ჯგუფია, მაშინ ალგორითმი ირჩევს ორ უახლოეს წერტილს ორივე ჯგუფიდან და მეორე ჯგუფიდან წერტილს უმატებს პირველ

ჯგუფში წერტილების სიას. თუ სამი ჯგუფია, ალგორითმი აირჩევს ჯგუფის თითოეული წევრიდან უახლოეს ორ წერტილს.



წერტილების ერთმანეთისგან ყველაზე მეტად დაშორებული წევრი გამოირიცხება, ხოლო დარჩენილი ორი წევრიდან ორი წერტილი შევა ქსელების დამაკავშირებლების რიცხვში, შემდეგი წესით:

$d_{12} = \max(d_{12}, d_{13}, d_{23}) \rightarrow$ დაუმატეთწერტილი 3a 1 – ელჯგუფს და დაუმატეთწერტილი 2b მე – 3 ჯგუფს

$d_{13} = \max(d_{12}, d_{13}, d_{23}) \rightarrow$ დაუმატეთწერტილი 2a 1 – ელჯგუფს და დაუმატეთწერტილი 2b მე – 3 ჯგუფს

$d_{23} = \max(d_{12}, d_{13}, d_{23}) \rightarrow$ დაუმატეთწერტილი 2a 1 – ელჯგუფს და დაუმატეთწერტილი 1b მე – 3 ჯგუფს

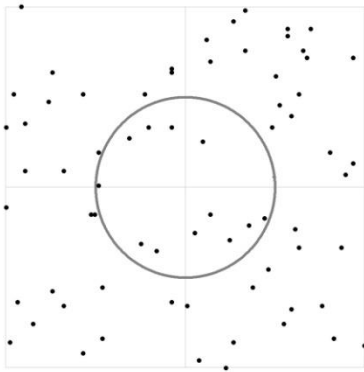
წრიული ტოპოლოგიის ქსელების ოპტიმიზაცია ნუმერაციის ზონებში ქალაქების ჯგუფებისთვის.

ნუმერაციის თითოეულ ზონაში, ქალაქების თითოეული ჯგუფისთვის მოხდება წრიული ტოპოლოგიის ქსელის ოპტიმიზაცია. გამოყენებული ალგორითმი ეყრდნობა დურბინისა და ვილშოს მიერ შემუშავებულ მეთოდს¹.

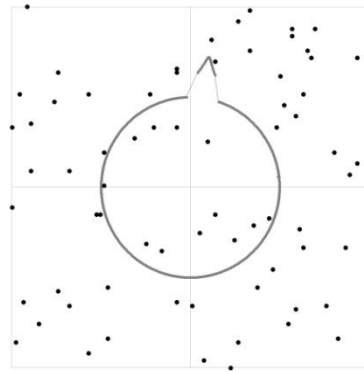
ეს მეთოდი იყენებს ე.წ. „ელასტიკურ ბადეს“, რომელიც თავდაპირველად გაჭიმულია წრიულად გაანალიზებული არეალის ფარგლებში და თითოეულ იტერაციაში მოერგება ქალაქების გადანაწილებას. ქსელი შედგება წერტილებისგან, რომელთა რაოდენობაც წარმოადგენს ქალაქების სიმრავლეს.

¹ დურბინ რ., ვილშო დ., „ანალოგური მიდგომა კომპიუტერის ამოცანისადმი „ელასტიკური ბადის“ მიდგომის“ გამოყენებით, Nature, 326, 6114, გვ. 689-691, 1987 წ.

**„ელასტიკური ბადის“
თავდაპირველი ფორმა**



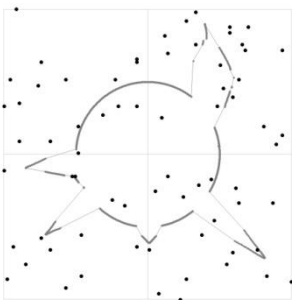
პირველი იტერაცია



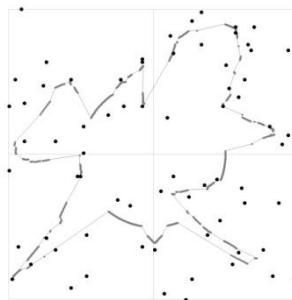
თითოეულ იტერაციაში ქალაქი შემთხვევით, უსისტემოდ ირჩევა. შერჩეული ქალაქისთვის განისაზღვრება ელასტიკურ ბადეში უახლოესი წერტილი და ის „მიახლოვდება“ ქალაქთან. შერჩეული ქალაქისკენ გადაადგილდება უახლოესი წერტილის მიმდებარე წერტილებიც.

იტერაციული ალგორითმი მანამდე მეორდება, სანამ სტაბილური ამოხსნა არ მოეძებნება.

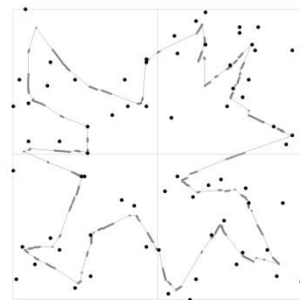
მე-10 იტერაცია



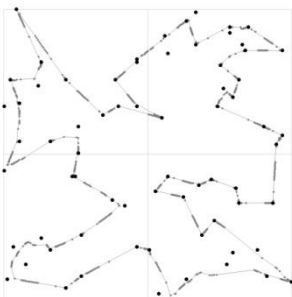
50-ე იტერაცია



მე-100 იტერაცია



მე-1000 იტერაცია



**2430-ე (საბოლოო)
იტერაცია**



თითოეულ იტერაციაში ქალაქები შეირჩევა უსისტემოდ, შესაბამისად, შესაძლებელია სუბოპტიმალური ამოხსნის მიღება. ზემოაღნიშნულ პირობასთან დაკავშირებით, მთელი ალგორითმი მრავალჯერ მეორდება, რომ მიღებული შედეგების ჯგუფიდან საუკეთესო ამოხსნის ამორჩევა შეიძლებოდა.

ქსელის ოპტიმალური დიზაინი ქვეყნის მასშტაბით

ქვეყნის მასშტაბით, თავდაპირველად ხდება ქსელის ხელით გაყვანა ადგილობრივ კვანძებს შორის. ქსელი შედგება ორი დამოუკიდებელი შლეიფისგან.

თავდაპირველ ქსელში ორ კვანძს შორის ყოველი კავშირისთვის ხდება წერტილების არჩევა, რომლებიც წარმოადგენენ კავშირების სიახლოვეს მდებარე ნუმერაციის ზონებს. ეს წერტილები შედის თავდაპირველ ქსელში.

ნუმერაციის ზონების წარმომდგენი სხვა წერტილების შემთხვევაში, თითოეული მათგანისთვის ორი კავშირი იქმნება. პირველი მყარდება ასეთ წერტილსა და ქსელში არსებულ უახლოეს წერტილს შორის. მეორე კავშირი მყარდება შერჩეულ წერტილსა და ქსელში არსებულ უახლოეს წერტილს შორის (მაგრამ არა იმ წერტილთან, რომელთანაც მიერთებულია პირველი კავშირით) ან უახლეს წერტილს შორის, რომელთანაც თავდაპირველად არ მოხდა მიერთება. შემდეგ გაორმაგებული კავშირები წაიშლება იმისათვის, რომ შეიქმნას უნიკალური კავშირების სია. იტერაციის პროცესში გამოითვლება თითოეული კავშირის სიგრძე და თითოეულ მიერთებულ კვანძზე კავშირების რაოდენობა. თითოეულ იტერაციაში წაიშლება ერთი კავშირი, რომელსაც აქვს ორზე მეტი კავშირი მიერთებული თითოეულ კვანძთან და მაქსიმალური სიგრძე. იტერაციის პროცესი მეორდება მანამ, სანამ არ დარჩება კავშირების მინიმალური რაოდენობა.

ყველა შეერთების ფიზიკური მანძილის გაზომვა.

1-ელ, მე-3 და მე-4 პუნქტებში განსაზღვრული თითოეული კავშირისთვის, ალგორითმი გამოითვლის ფიზიკურ მანძილს.

8.8 ქსელის სხვა ელემენტები

8.8.1 IMS – IP მულტიმედიაური ქვესისტემა

IMS-ის - IP მულტიმედიაური ქვესისტემის მასშტაბის გაანგარიშება ხდება შემდეგ ეტაპებად:

პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობების (BHCA) მოცულობა გამოითვლება მთლიანი ქსელისთვის. მთლიანი BHCA ქსელისთვის გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$BHCA = \frac{V_r \cdot r_{BHT / AVG} \times (1 + R_r)}{365 \times 24 \times R_l HA}$$

სადაც,

$BHCA$ - პიკურ დატვირთვაზე გამოძახების მცდელობების მთლიანი რაოდენობა ქსელში;

V_r - სულ რეალიზებული მომსახურების მოცულობა;

$r_{BHT / AVG}$ - დატვირთვის საათის ტრაფიკის საშუალო საათობრივ ტრაფიკთან თანაფარდობის კოეფიციენტი.

R_r - გამოძახების წარუმატებელი მცდელობების თანაფარდობა გამოძახების მცდელობების მთლიან რაოდენობასთან;

R_l - ზარის საშუალო ხანგრძლივობა;

HA - IMS ხმოვანი სიგნალის დამუშავების ელემენტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

პიკურ დატვირთვაზე ერლანგების (BHE) მოცულობა გამოითვლება მთლიანი ქსელისთვის. პიკურ დატვირთვაზე ერლანგების მთლიანი მოცულობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$BHE_{IMS} = \frac{mERL_{AN} \times N_{l-total}}{1000 \times HA}$$

სადაც,

BHE_{IMS} - პიკურ დატვირთვაზე ერლანგები;

$mERL_{AN}$ - დაშვების კვანძის ერთ პორტზე საშუალო გამტარუნარიანობა;

$N_{l-total}$ - დაშვების კვანძის ქსელში ხმოვანი სიგნალის ხაზების მთლიანი რაოდენობა;

HA - IMS ხმოვანი სიგნალის დამუშავების ელემენტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

ხმოვანი მომსახურების რაოდენობა გამოითვლება მთლიანი ქსელისთვის. ხმოვანი მომსახურების მთლიანი რაოდენობისთვის გამოსათვლელად შემდეგი ფორმულა გამოიყენება:

$$S_{total} = \frac{N_{l-total}}{HA}$$

სადაც,

S_{total} - ქსელში ხმოვანი მომსახურების მთლიანი რაოდენობა;

$N_{l-total}$ - დაშვების კვანძის ქსელში ხმოვანი სიგნალის ხაზების მთლიანი რაოდენობა. გამოითვლება დაშვების კვანძის ქსელში ხმოვანი სიგნალის ყველა ხაზის დაჯამებით;

HA - IMS აბონენტის მომსახურების ელემენტების სათადარიგო საოპერაციო სიმძლავრე.

IMS-ის გაფართოების ბარათების მოცულობა (TDM-ის დამუშავება, VoIP-ის დამუშავება) შემდეგი ალგორითმით გამოითვლება:

IMS-ის 1-ლი, მე-2, მე-3, მე-4, მე-5, მე-6 ტიპის ბარათების მოთხოვნილი რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{Type-x}^{IMS} = \max\left(\left\lceil \frac{V_z}{C_{x-capacity}} \right\rceil; 2\right)$$

სადაც,

$C_{x-capacity}$ - x ტიპის IMS მომსახურების ბარათის გამტარუნარიანობა;

V_z - მთლიანი ქსელის მოცულობა Z , რომელსაც მართავს კომპონენტის x ტიპი;

Z - BHE, BHCA ან S_{total} მთლიანი მოცულობა ქსელში;

x - IMS მომსახურების ბარათის ტიპი: 1, 2, 3, 4, 5, ან 6.

HSS მომსახურების ბარათების მოთხოვნილი რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{Type-1/2}^{HSS} = \max\left(\left\lceil \frac{S_{total}}{C_{x-capacity}} \right\rceil; 2\right)$$

სადაც,

S_{total} - ქსელში ხმოვანი აბონენტების მთლიანი რაოდენობა;

$C_{x-capacity}$ - x ტიპის HSS მომსახურების ბარათის გამტარუნარიანობა;

x - მომსახურების ბარათის ტიპი: სულ ორი ტიპი არსებობს.

8.8.2 საბილინგო სისტემა

მოდელი ახდენს ქსელის მხოლოდ იმ ელემენტების მასშტაბის გაანგარიშებას, რომლებიც მონაწილეობს ზარის დასრულების, წამოწყებისა და ტრანზიტულ საბითუმო მომსახურებაში; აქედან გამომდინარე, საბილინგო სისტემის მხოლოდ იმ ნაწილის მასშტაბი გაიანგარიშება, რომელიც საბითუმო მომსახურებას უკავშირდება.

საბითუმო საბილინგო სისტემა მოიცავს ინფრასტრუქტურას ტრაფიკის მონაცემების შეგროვებას, ანგარიშგაქტურების გამოწერას და გადახდის მონიტორინგს კერძოდ აღნიშნული ინფრასტრუქტურა წარმოადგენს ტექნიკურ აღჭურვილობას და პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც საჭიროა:

- ▶ საბითუმო საბილინგო ჩანაწერების შეგროვება და დამუშავება;
- ▶ საბითუმო ტრაფიკის მონაცემების შენახვა;
- ▶ საბითუმო მომხმარებლებისთვის ანგარიშგაქტურების გამოწერა.

საბილინგო სისტემის მასშტაბის გაანგარიშება შემდეგ ეტაპებად ხდება:

გამოითვლება მოთხოვნილი გამოძახებების დეტალური რეგისტრაციის (CDR) მხარდასაჭერად

საჭირო სერვერების რაოდენობა. გაანგარიშება შემდეგი ფორმულის გამოყენებით ხდება:

$$N^{IC} = \left\lceil \frac{N_{IC-exp}}{C_{IC-M.capacity}} \right\rceil$$

სადაც,

N^{IC} - საბილინგო სისტემის საბაზო ერთეულების რაოდენობა;

$C_{IC-M.capacity}$ - საბილინგო სისტემის საბაზო ერთეულის სლოტის სიმძლავრე;

N_{IC-exp} - IC სისტემის გაფართოების ბარათების რაოდენობა.

გაფართოების ბარათების მოთხოვნილი რაოდენობა შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$N_{IC-exp} = \left\lceil \frac{CDR}{HA \times C_{IC-Exp.capacity}} \right\rceil$$

სადაც,

$C_{IC-Exp.capacity}$ - პიკურ დატვირთვაზე გაფართოების ერთეულის გამტარუნარიანობა
ერლანგებში;

HA - IC ტექნიკური აღჭურვილობის და პროგრამული უზრუნველყოფის სათადარიგო
საოპერაციო სიმძლავრე;

CDR - გამოძახებების დეტალური რეგისტრაცია, რომელიც საბილინგო სისტემამ უნდა
მართოს. ეს რაოდენობა გამოითვლება ურთიერთჩართვის ტრაფიკის რაოდენობის
გამრავლებით გამოძახებების დეტალური რეგისტრაციის სტატისტიკაზე.

9. ქსელის შეფასება

9.1 ხარჯების წლიური მაჩვენებელი

ქსელის მასშტაბის გაანგარიშებისას გამოვლენილი ფიქსირებული ქსელის ელემენტები გადაფასდება საერთო ჩანაცვლების ღირებულებით. საერთო ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით შემდეგ გამოითვლება კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი. BU-LRIC მოდელში ოთხი ალტერნატიული მეთოდი გამოიყენება წლიური კაპიტალური დანახარჯების გამოსაანგარიშებლად:

- ▶ ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდი;
- ▶ თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდი;
- ▶ თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდი ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით;
- ▶ ეკონომიკური ცვეთის მეთოდი.

ალგორითმები, რომლებითაც გამოითვლება კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი (ცვეთა და ინვესტიციის უკუგების კოეფიციენტი) ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდის, თანაბარზომიერი ცვეთის, ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი ცვეთისა და ეკონომიკური ცვეთის მეთოდების გამოყენებით, აღწერილია ქვემოთ.

ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდი

კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი ცვეთის დარიცხვის წრფივი მეთოდის შემთხვევაში შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$C = CD - HG + ROI$$

სადაც:

- ▶ $CD = \frac{GRC}{I}$ - მიმდინარე ცვეთა (I - აქტივის სასარგებლო გამოყენების ვადა (მონაცემები მიიღება ოპერატორებისგან); GRC - აქტივის მთლიანი ჩანაცვლების ღირებულება);

- ▶ $HG = \frac{NBV}{GBV} GRC \times index$ - ფლობასთან დაკავშირებული მოგება (ზარალი).

- ▶ $ROI = \frac{NBV}{GBV} GRC \times WACC$ - კაპიტალის ღირებულება;

- ▶ $Index$ - ფასების ინდექსის ცვლილება (მონაცემები მიიღება ოპერატორებისგან);

- ▶ NBV - სუფთა საბალანსო ღირებულება;

- ▶ GBV - მთლიანი საბალანსო ღირებულება;

- ▶ $WACC$ - კაპიტალის საშუალო შეწონილი ღირებულება.

თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდი

კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდის შემთხვევაში შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$C = GRC \frac{(WACC)}{1 - \left(\frac{1}{1 + WACC} \right)^I}$$

თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდი ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით

კაპიტალური დანახარჯების წლიური მაჩვენებელი ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდის შემთხვევაში შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$C = GRC \frac{(WACC - index)}{1 - \left(\frac{1 + index}{1 + WACC} \right)^I}$$

ეკონომიკური ცვეთის მეთოდი

ეკონომიკური ცვეთის ალგორითმი მოიცავს ფულადი ნაკადების მოძრაობის ანალიზს, რომლის საშუალებითაც ის პასუხობს ისეთ შეკითხვებს როგორიცაა: ფასების რა დროითი-რიგები შეესაბამება წარმოების დანახარჯების ტენდენციებს, რომლითაც აქტივების ნეტო მიმდინარე ღირებულება (NPV) ნულის ტოლია (ანუ მოგება ნომინალურია)

ეკონომიკური ცვეთა მოითხოვს შემდეგი ძირითადი ცვლადების პროგნოზირებას:

- ▶ კაპიტალის ღირებულება;
- ▶ თანამედროვე ეკვივალენტური აქტივის ფასის ცვლილება;
- ▶ დროთა განმავლობაში საოპერაციო დანახარჯებში მომხდარი ცვლილებები;
- ▶ უტილიზაციის პროფილი.
- ▶ ძირითადი ცვლადების გავლენა ცვეთაზე ასეთია:
 - ▶ რაც უფრო დაბალია კაპიტალის ღირებულება, მით უფრო დაბალია ინვესტიციის ხარჯი, რომლის ამოღებაც უნდა მოხდეს რომელიმე წელს.
 - ▶ რაც უფრო მეტად მცირდება სამომავლო თანამედროვე ეკვივალენტური აქტივის ფასი, მით უფრო მეტი ცვეთა უნდა დაირიცხოს პირველ პერიოდებზე;
 - ▶ ცვეთის შემდგომ პერიოდებზე გადატანა უნდა მოხდეს აქტივის საოპერაციო ღირებულების ზრდის შესაბამისად.

ეკონომიკური ცვეთა არის მეთოდის მიხედვით ყოველწლიური დანახარჯები ინაგარიშება

პროგნოზირებულ შემოსავლების აქტივების სასარგებლო მომსახურების ვადის მიხედვით გადანაწილების გზით. სწორედ ესაა მთავარი მიზეზი იმისა, რომ თეორიაში ხშირად ამ მეთოდს ანიჭებენ უპირატესობას. თუმცა, წარმოდგენილ BU-LRIC მოდელში ეკონომიკური ცვთის გამოყენება მოდელირებაში გარკვეული მიზეზების გამო გამოვრიცხეთ. ჯერ ერთი, ამ მეთოდით მიღებული შედეგი დიდად არის დამოკიდებული სხვადასხვა საპროგნოზო დაშვებაზე. პროგნოზირებული შემოსავალი, კაპიტალის ღირებულება, ცვლილება თანამედროვე ეკვივალენტური აქტივის ფასში, დროთა განმავლობაში საოპერაციო დანახარჯებში მომხდარი ცვლილება და უტილიზაციის პროფილი გაანგარიშებისთვის კი მნიშვნელოვანია, მაგრამ ელექტრონული კომუნიკაციის ბაზრის დინამიკური ხასიათიდან გამომდინარე, პროგნოზები შეიძლება სუბიექტური იყოს. მეორეც, შედარებადი შედეგების მიღების საშუალებას დანახარჯის წლიური მაჩვენებლის მიღების ისეთი ალტერნატიული მეთოდებიც იძლევა, როგორიცაა წრფივი, თანაბარზომიერი ან ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი ცვეთა.

წლიური კაპიტალური დანახარჯების გაანგარიშების ძირითად მეთოდად გამოიყენება ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი ცვეთის მეთოდი, მისი სიმარტივისა და ასევე იმის გამო, რომ იგი იძლევა ცვეთის პროფილს, რომელიც „რეკომენდაციით“ რეკომენდებული მეთოდის - ეკონომიკური ცვეთის მსგავსია. უნდა აღინიშნოს, რომ ამ მოდელით შესაძლებელი იქნება წლიური კაპიტალური დანახარჯების გაანგარიშება წრფივი, თანაბარზომიერი და ჩანაცვლების ღირებულებაზე დაყრდნობით თანაბარზომიერი დარიცხვის მეთოდების გამოყენებით.

9.2 მარჟები

BU-LRIC მოდელი საოპერაციო, NMS-ს, ადმინისტრაციული და მხარდაჭერის დანახარჯებს ითვალისწინებს მარჟების სახით.

კერძოდ, მოდელი მოიცავს დანახარჯების შემდეგ კატეგორიებს, როგორც დანახარჯების კოეფიციენტებს:

საოპერაციო დანახარჯების კატეგორიები

- ▶ ქსელის ფუნქციონირება, ტექნიკური მომსახურება და დაგეგმვის ხარჯები - დაგეგმვის, მართვის, ადგილზე ვიზიტების, ზედამხედველობის, კონფიგურაციისა და ტექნიკური მომსახურების საოპერაციო ხარჯები ქსელის გარკვეული ელემენტებისთვის
- ▶ დაშვების კვანძები
- ▶ ძირითადი ქსელი
- ▶ ბოჭკოვანი კაბელები და საკაბელო არხები
- ▶ ზოგადი ადმინისტრირების, ფინანსების, ადამიანური რესურსების, საინფორმაციო ტექნოლოგიის მართვის და სხვა ადმინისტრაციული და მხარდაჭერის საქმიანობის საოპერაციო დანახარჯები (ხელფასები, მასალები, მომსახურება).

კაპიტალური დანახარჯების კატეგორიები

- ▶ ქსელის მართვის სისტემა - ზოგადი
- ▶ ქსელის მართვის სისტემა - განკუთვნილი ქსელის ელემენტებისთვის
- ▶ დაშვების კვანძი
- ▶ ძირითადი ქსელი
- ▶ ბოჭკოვანი კაბელები და საკაბელო არხები
- ▶ ზოგადი ადმინისტრირების, ფინანსების, ადამიანური რესურსების, საინფორმაციო ტექნოლოგიის მართვის და სხვა ადმინისტრაციული და მხარდაჭერის საქმიანობის კაპიტალური დანახარჯები (შენობა-ნაგებობები, სატრანსპორტო საშუალებები, კომპიუტერები და სხვ.).

ზემოაღნიშნულ დანახარჯების კატეგორიებზე გამოითვლება:

- ▶ ქსელის კაპიტალური დანახარჯების მარჟები, ან
- ▶ ქსელის საოპერაციო დანახარჯის მარჟები.

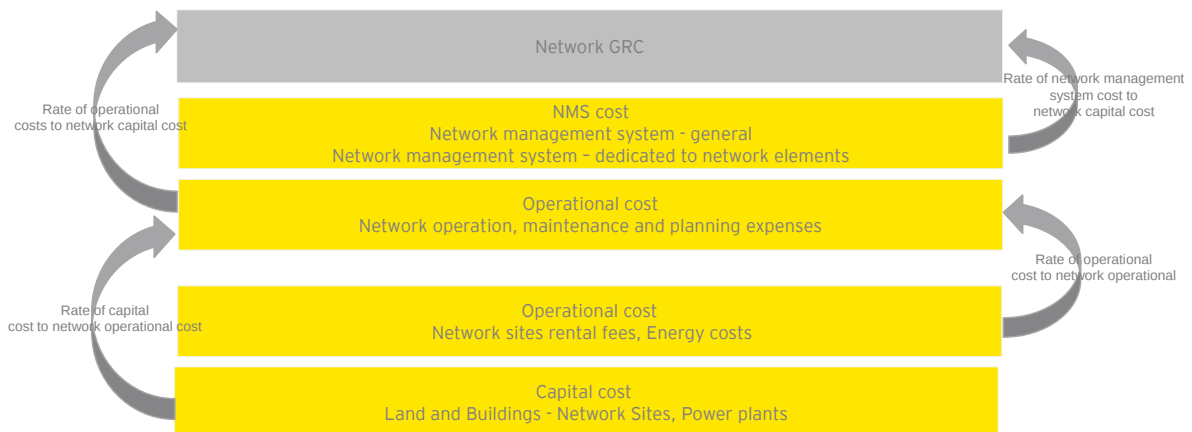
ქსელის კაპიტალური დანახარჯების მარჯები გამოითვლება დანახარჯების შემდეგი კატეგორიებისთვის:

- ▶ ქსელის ფუნქციონირება, ტექნიკური მომსახურება და დაგეგმვის ხარჯები (საოპერაციო დანახარჯი)
- ▶ ქსელის მართვის სისტემა - ზოგადი (კაპიტალური დანახარჯი)
- ▶ ქსელის მართვის სისტემა - განკუთვნილი ქსელის ელემენტებისთვის (კაპიტალური დანახარჯი)

ქსელის საოპერაციო დანახარჯების მარჯები, რომლებიც ადრე გადანაწილებული იყო ქსელის შესაბამის ელემენტებზე, იანგარიშება დანახარჯების შემდეგი კატეგორიებისთვის:

- ▶ ზოგადი ადმინისტრირების, ფინანსების, ადამიანური რესურსების, საინფორმაციო ტექნოლოგიის მართვის და სხვა ადმინისტრაციული და მხარდაჭერის საქმიანობის კაპიტალური დანახარჯები.
- ▶ ზოგადი ადმინისტრირების, ფინანსების, ადამიანური რესურსების, საინფორმაციო ტექნოლოგიის მართვის და სხვა ადმინისტრაციული და მხარდაჭერის საქმიანობის საოპერაციო დანახარჯები.

ქვემოთ სქემატურადაა წარმოდგენილი დანახარჯების გაანგარიშების არსებული მექანიზმი, რომელიც ეყრდნობა ხარჯების კოეფიციენტებს.



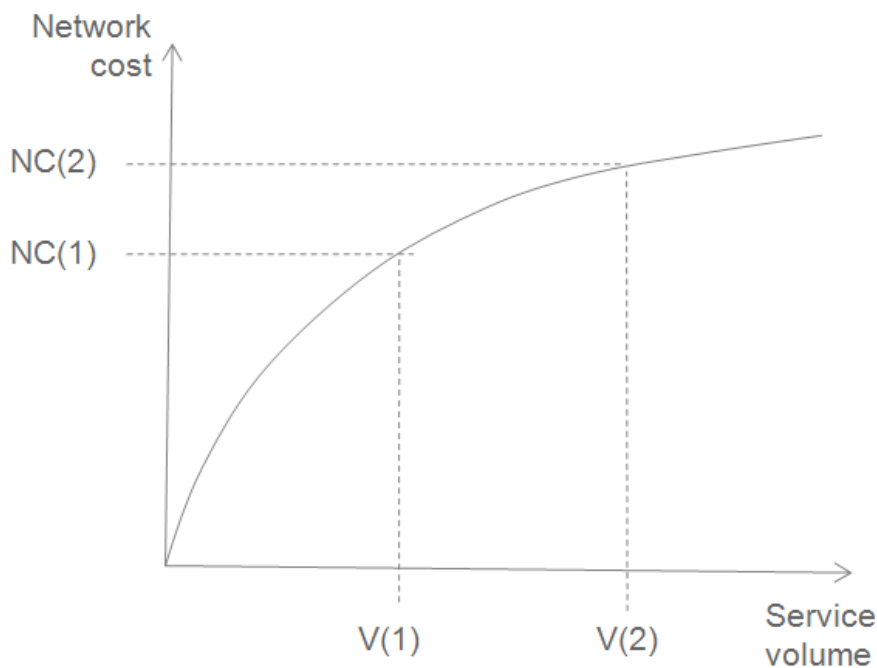
მარჯის ოდენობა გამოითვლება ოპერატორების ფინანსურ მონაცემებზე დაყრდნობით.

10. მომსახურების დანახარჯების გაანგარიშება

10.1 სუფთა გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელისა (Pure LRIC) და გრძელვადიანი ნაზარდი დანახარჯების მოდელის (LRIC) მიდგომა

მომსახურებასთან (მაგ. ზარის დასრულება) ან მომსახურებების ჯგუფთან (მაგ. ხმოვანი გამოძახებები) დაკავშირებული ნაზარდი დანახარჯებიდან თავიდან აცილებადი დანახარჯები შეიძლება გამოითვალოს როგორც დანახარჯებს შორის სხვაობა, რომელიც მიიღება ოპერატორის მიერ მომსახურებების ფუნქციონალურად სრული ასორტიმენტის გაწევის უზრუნველყოფისთვის საჭირო დანახარჯებსა და ოპერატორის მიერ მომსახურების სრული ასორტიმენტის ამ მომსახურების გარდა გაწევის უზრუნველყოფისთვის საჭირო დანახარჯებს შორის.

დიაგრამაზე გამოსახულია ზღვრული (ნაზარდი) დანახარჯის გაანგარიშების მეთოდოლოგია.



ზღვრული დანახარჯი შემდგენიად გამოითვლება:

$$U = \frac{NC(2) - NC(1)}{V(2) - V(1)}$$

სადაც,

U – ზღვრული დანახარჯი

$NC(1)$ – ქსელის დანახარჯები, რომლის დანიშნულებაც $V(1)$ მომსახურების მოცულობის უტილიზაციაა

$NC(2)$ – ქსელის დანახარჯები, რომლის დანიშნულებაც $V(2)$ მომსახურების მოცულობის უტილიზაციაა

$NC(2) - NC(1)$ – ქსელის ზღვრული დანახარჯი (თავიდან აცილებადი ხარჯი)

$V(2)$ – სულ მომსახურების მოცულობა

$V(1)$ – მომსახურების მთლიან მოცულობას გამოკლებული მომსახურების ან მომსახურებათა ჯგუფის მოცულობა

$V(2) - V(1)$ – მომსახურების ან მომსახურებათა ჯგუფის მოცულობა

10.2 LRIC+ მიდგომა

დანახარჯების LRIC+ მეთოდით გაანგარიშებისას, თავდაპირველად გამოთვლილ ზრდად დანახარჯებს ემატება მარჟები, რომ დაიფაროს ყველა საერთო და ერთობლივი ელემენტისა და საქმიანობის ხარჯი, რაც საჭიროა ყველა მომსახურების გასაწევად.

ქსელის კომპონენტის ზღვრული დანახარჯის დადგენის შემდეგ, საერთო და ერთობლივი დანახარჯი ნაწილდება ქსელის კომპონენტებზე თანაბარპროპორციული მარჟის მექანიზმის გამოყენებით, ქსელის თითოეული კომპონენტის მიერ გაწეული ზღვრული დანახარჯის ოდენობის მიხედვით. ქსელის კომპონენტების მთლიანი დანახარჯი იყოფა მომსახურების მოცულობებზე და გამოითვლება ქსელის კომპონენტის ერთეული ღირებულება. და ბოლოს, ქსელის კომპონენტის ერთეული ღირებულება მრავლდება მარშრუტიზაციის ფაქტორზე და გამოითვლება მომსახურების ღირებულება.