

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
ხელნაწერის უფლებით

ელვირა ბჟინავა

მულტისერვისული ქსელის რესურსების განსაზღვრისა და ეფექტურად
გამოყენების საკითხების კვლევა.

სადოქტორო პროგრამა „ციფრული სატელეკომუნიკაციო
ტექნოლოგიები“

შიფრი 0714

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორ ეფერატი

თბილისი
2022 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი
ციფრული სატელეკომუნიკაციო ტექნოლოგიების დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: ტექნ.მეცნ.დოქტორი, ემერიტუსი, თამაზ კუპატაძე
ემერიტუსი რევაზ სვანიძე

რეცენზენტები: ასოც. პროფ. ვლადიმერ ადამია

აკადემიური დოქტორი ტელეკომუნიკაციაში: გიორგი შამანაძე

დაცვა შედგება 2022 წლის 21 ივლისს, 12⁰⁰ საათზე.

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის, ინფორმატიკისა და მართვის
სისტემების ფაკულტეტის, სადისერტაციო ნაშრომის დაცვის კოლეგიის
სხდომაზე, VIII კორპუსი, აუდიტორია №504

მისამართი: თბილისი, 0175, კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ცენტრალურ ბიბლიოთეკაში,
ხოლო ავტორეფერატის - ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე.

ფაკულტეტის სწავლული მდივანი:

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის
პროფესორი ოლღა ხუციშვილი

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

ნაშრომში განხილულია მომსახურებისათვის შემოსულ მოთხოვნათა ნაკადების ცალკეულ სახეობათა ჯგუფების მომსახურების პროცესი. მათი მომსახურება განხილება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და შესაბამისად ვიკვლევთ მომსახურების სისტემის მრავალნაკადიან მოდელს. შესწავლილია ინფორმაციის უსასრულო რაოდენობის წყაროებიდან, საარხო რესურსის გამოყოფის მიზნით, შემოსული მოთხოვნების ნაკადების განმასხვავებელი თვისებები. მულტისერვისული ქსელის მომსახურების ყოველი სახეობისათვის საჭიროა ტრაფიკის გადანაწილება, ყოველ კვანძში ან ხაზზე რესურსების გამოყოფისათვის საჭირო მოთხოვნათა ნაკადებად.

ნაშრომში წარმოდგენილია მოქმედი სატელეკომუნიკაციო მულტისერვისული სისტემიდან აღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების შედეგები: კერძოდ, „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელის სატელეფონო ტრაფიკის ხვედრითი მნიშვნელობების სადღეღამისო მოცულობები; ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის ცვლილების სახე კვირის დღეების შესაბამისად; ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის სადღეღამისო ცვლილების სახე რვა თანმიმდევრული დღეების შესაბამისად; მიწოდებული მოთხოვნების რაოდენობა დღე-ღამის განმავლობაში ინტერნეტ მომხმარებლებისა და სატელეფონო მომხმარებლების მომსახურებისათვის; სატელეფონო მოთხოვნათა მომსახურების ხანგრძლიობების განაწილება დღე-ღამის განმავლობაში, რაც ექსპლუატაციას აძლევს საშუალებას, ექსპერიმენტულ შედეგებზე დაყრდნობით, შერჩეული იქნას პროგრამული მართვის საშუალებები, მართვის პროცესში მაღალი სიჩქარეების უზრუნველყოფის მიზნით.

ნაშრომში შემოთავაზებულია, განზოგადოებული თეორიული კვლევის საფუძველზე, მულტისერვისული ქსელის დაგეგმარების მეთოდი ბერნული-

პუასონი-პასკალის კომპლექსური სახის ტრაფიკზე დაყრდნობით, რომელსაც ესაჭიროება დიდი რაოდენობის, დაკვირვებების შედეგად აღებული სტატისტიკური მონაცემები და მათი დამუშავებისათვის ხანგრძლივი დრო. ერლანგის მოდელს ენიჭება უპირატესობა არსებული სატელეკომუნიკაციო ქსელების მოდერნიზაციისათვის, ხოლო პერსპექტიული მულტისერვისული ქსელების დაგეგმარებისათვის კი უპირატესობა ენიჭება შედგენილი (კომპლექსური) ხასიათის მოთხოვნათა ნაკადების შესაბამისი მოდელის გამოყენებას.

ინფორმაციის ნაკადების გადაცემის სიჩქარეების ფართო დიაპაზონი, კილობიტებიდან (10^3), ეკზაბიტებამდე (10^{18}) წამში, მათი მნიშვნელოვნად განსხვავებული სტატისტიკური მახასიათებლები და სატელეკომუნიკაციო ქსელების კონფიგურაციათა მრავალფეროვნება, მკვეთრად ართულებენ ტრაფიკის აღწერის პროცესს თანამედროვე საინფორმაციო სისტემებში, კავშირგაბმულობის კლასიკურ თაობად აღიარებულ სისტემებთან შედარებით. დღეისათვის, ახალი საქსელო ტექნოლოგიების გავრცელებამ უზრუნველყო, ტელეკომუნიკაციის მულტიმედიურობა, მომსახურება ფართოზოლოვანი მიერთებების საფუძველზე, ინფორმაციის გადატანა დროში დადგენილი ხანგრძლიობის გარანტიით და სხვა. კავშირგაბმულობის ქსელებს, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნებისმიერი სახის სატელეკომუნიკაციო და საინფორმაციო მომსახურებას მულტისერვისული ქსელები ეწოდებათ. მულტისერვისული ქსელი წარმოადგენს ერთიან სატელეკომუნიკაციო ინფრასტრუქტურას, რომელიც უზრუნველყოფს, მომხმარებელთა მიერ მიწოდებული ტრაფიკის გადატანასა და მომსახურების მრავალფეროვანი სახეობების მიწოდების შეთანხმებული ხარისხით.

დღეისათვის აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს, მულტისერვისულ ქსელში წარმოქმნილი ტრაფიკის პარამეტრების შეფასება, რადგანაც შემოსულ

შეტყობინებათა მრავალფეროვანი ნაკადები განსაზღვრავენ, ქსელის რესურსების აუცილებელ და საკმარის რაოდენობას მომსახურების დადგენილი ხარისხით უზრუნველსაყოფად და რისთვისაც აუცილებელია მულტისერვისული ქსელის რესურსების განსაზღვრისა და ეფექტურად გამოყენების საკითხის კვლევა.

კვლევის აქტუალობა. თანამედროვე სატელეკომუნიკაციო ქსელების განვითარება მიმდინარეობს, პაკეტური ტექნოლოგიის საფუძველზე, მულტისერვისული ქსელების შექმნის მიმართულებით. ასეთი ქსელების ტექნიკური ინფრასტრუქტურის განვითარება ხორციელდება მომხმარებლებისათვის მეტი შესაძლებლობების უზრუნველყოფის გათვალისწინებით, რაც მნიშვნელოვან ზეგვლენას ახდენს შემოსულ მოთხოვნათა ნაკადების ფორმირებაზე, ქსელში მოთხოვნათა შემოსვლის სიხშირეზე, შეტყობინებათა მოცულობაზე, მათ რაოდენობაზე და ა.შ. სატელეკომუნიკაციო და ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების თანამედროვე დონემ, გამოიწვია კონვერგენტული მულტისერვისული კავშირგაბმულობის ქსელის წარმოქმნა, რომელიც უზრუნველყოფს საინფორმაციო მომსახურებებზე წვდომას და სხვადასხვა ტიპის ტრაფიკების გადაცემას მომსახურების დადგენილი ხარისხით.

NGN (Next Generation Network – Next Step Generation) არის შემდეგი თაობის - ჰეტეროგენული, მულტისერვისული ქსელი. NGN ქსელი უზრუნველყოფს ყველა სახის მედიატრაფიკის გადაცემას და სატელეკომუნიკაციო მომსახურების ფართო სპექტრის სიახლეთა დამატებებს, რედაქტირებებს და განაწილებული ტარიფიკაციის უნარებს. სატელეკომუნიკაციო ქსელების აგების ახალი პრინციპები ფორმულირებულია შემდგომი თაობის ქსელების კონცეფციაში. ამ კონცეფციის განხორციელებამ უზრუნველყო მომსახურებათა საბაზო სახეობების (მეტყველების,

მონაცემებისა და ვიდეოინფორმაციის) ერთდროული გადაცემის შესაძლებლობა, აამალა ინტერაქტიობის დონე და მომსახურების სახეობათა პერსონალიზაცია. ინტერნეტ ქსელებისა და მობილური კავშირგაბმულობის ქსელების ფეთქებადი ხასიათით განვითარებამ, რომლებიც წარმოადგენენ თანამედროვე საზოგადოების ინფრასტრუქტურის მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს, გამოიწვია საზოგადოებრივი ცხოვრებისა და მოღვაწეობის ყველა სფეროებში რევოლუციური ცვლილებები. შესაბამისად, აუცილებელი გახდა სატელეკომუნიკაციო ქსელებში დაკვირვებების მუდმივი პროცესის უზრუნველყოფა ტრაფიკის პარამეტრების ცვლილებების ტენდენციების პროგნოზირების მიზნით. არსებული ქსელების დაგეგმარების დროს ვერ გაითვალისწინებდნენ მულტისერვისული ტრაფიკის კონკრეტული ნაკადის მნიშვნელოვნად ზრდის მოვლენას, რაც იწვევს ინფრომაციის მიმოცვლის ხარისხის მკვეთრ გაუარესებას. გასათვალისწინებელია აგრეთვე, რომ მულტისერვისულ ქსელში მოთხოვნების შემოსვლის დროის მომენტების თანმიმდევრობის განხილვა ერთგვაროვან მოვლენათა ჯგუფებად, არ იძლევა მოთხოვნათა ერთი ტიპის ნაკადის სახეზე დაყვანის საშუალებას, როგორც ეს დამკვიდრებულია და ხორცილედება ტელეტრაფიკის თეორიის კლასიკურ მოდელებში. მულტისერვისული ქსელის შემთხვევაში, მოთხოვნათა ნაკადების ცალკეული ჯგუფების მომსახურება განიხილება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად და ცალ-ცალკე, ანუ საქმე გვაქვს მრავალნაკადინი მოდელების შესწავლის აუცილებლობასთან. ამ შემთხვევაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება საარხო რესურსის ეფექტურად გამოყენების შეფასების საკითხს და შესაბამისი რეკომენდაციების დამუშავებას, რაც სატელეკომუნიკაციო კომპანიის მენეჯმენტს მისცემს საშუალებას, აამალლოს მულტისერვისული ქსელის მუშაობის ხარისხი მრავალნაკადიანი, არაერთგვაროვანი და რეალური დროის შემცველი ტრაფიკის ერთობლივად

მომსახურების პროცესში, ეს კი დღეისათვის გადაუდებლად მნიშვნელოვანი და აქტუალური საკითხია.

მეცნიერული სიახლე. შემოთავაზებულია, პერსპექტიული მულტისერვისული ქსელის დაგეგმარების ან მოდერნიზაციისათვის, კომპლექსური ხასიათის მოთხოვნათა ნაკადების მახასიათებელი პარამეტრების გათვალისწინების აუცილებლობა და შესაბამისად ბერნული-ჰუასონი-პასკალის კომპლექსური ტიპის განაწილების კანონის გამოყენება, ეს კი გამორიცხავს, გამოთვლების ჩატარების გარეშე, მომსახურების ხარისხის დონის შენარჩუნების მცდელობას, ხაზის გამტარუნარიანობის ჭარბი მნიშვნელობის ემპირიულად დადგენის ხარჯზე, რაც წინააღმდეგობაშია ქსელის რესურსების ოპტიმალურად გამოყენების მიმართ და სრულიად მიუღებელია ოპერატორის პოზიციებიდან გამომდინარე. მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო ქსელის უმნიშვნელოვნესი ფუნქციაა, დაგეგმილი საარხო რესურსების დატვირთულობის მაღალი მნიშვნელობის უზრუნველყოფა.

კვლევის მიზანი და ამოცანები. მომსახურებისათვის შემოსული ნაკადების ცალკეული სახეობების მომსახურების პროცესი განიხილება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად და შესაბამისად კვლევის ობიექტს წარმოადგენს მომსახურების სისტემის მრავალნაკადიანი მოდელი. შესწავლილია ინფორმაციის უსასრულო რაოდენობის წყაროებიდან, საარხო რესურსის გამოყოფის მიზნით შემოსული მოთხოვნების ნაკადების განმასხვავებელი თვისებები. ნაშრომში, გამტარუნარიანობის განსაზღვრის პრობლემა განაწილებულია ოთხ ეტაპად: გადაცემის ეფექტური სიჩქარის შეფასების; რეალური დროის ინფორმაციის სახეობებისათვის; მონაცემთა ინტერაქტიური მომსახურების სახეობებისათვის და დაყოვნებისადმი თავსებადი მონაცემების შესაბამისი მომსახურების სახეობებისათვის, რესურსების განსაზღვრის ეტაპებად.

ნაშრომში წარმოდგენილია მოქმედი მულტისერვისული ქსელის სისტემიდან აღებული მონაცემების დამუშავების შედეგები: სატელეფონო ტრაფიკის ხვედრითი მნიშვნელობის სადღეღამისო მოცულობა, ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობა და მისი სადღეღამისო ცვლილების სახე; ინტერნეტ და სატელეფონო მომსახურებებისათვის, დღე-ღამის განმავლობაში შემოსული მოთხოვნების რაოდენობა; სატელეფონო მოთხოვნათა მომსახურების ხანგრძლიობების განაწილების სახე დღე-ღამის განმავლობაში პროგრამული მართვის საშუალებებით მართვის პროცესის მაღალი სიჩქარეების უზრუნველყოფის მიზნით, რაც გვამღევეს საშუალებას, რომ მომსახურების პროცესი განვიხილოთ, როგორც იდეალიზებული მოდელი - ჰუასონის ტიპის დანაწევრებული ნაკადი, ერლანგის მოდელის გამოყენებით.

კვლევის ობიექტი და მეთოდები. სადისერტაციო ნაშრომში დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებულია ალბათობათა თეორიის, ტელეტრაფიკის თეორიის, მასობრივი მომსახურების თეორიის, სატელეკომუნიკაციო ქსელების აგებისა და სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების მეთოდები.

კვლევის ძირითადი შედეგები. კვლევის შედეგებს შეაქვს მნიშვნელოვანი წვლილი მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო ქსელებში მოთხოვნათა მრავალნაკადიანი მოდელის გათვალისწინების საფუძველზე. პერსპექტიული მულტისერვისული ქსელების დაგეგმარებაში, ტელეტრაფიკის მეთოდების გამოყენების გარეშე, გადატვირთულობები და ბლოკირებები გარდაუვალია. ნაშრომში შემოთავაზებულია მულტისერვისული ქსელის დაგეგმარების მეთოდი ბერნული-ჰუასონი-პასკალის კომპლექსური სახის ტრაფიკზე დაყრდნობით, რომელსაც ესაჭიროება ტრაფიკზე დკვირვებების შედეგად აღებული სტატისტიკური მონაცემები და მათი დამუშავების შედეგები. მულტისერვისულ ქსელებთან დაკავშირებულ სამეცნიერო ნაშრომებში

განვითარებული კვლევის შედეგები დაწვრილებით არის გაშუქებული სადისერტაციო ნაშრომში, ცხრა გვერდზე.

სადისერტაციო ნაშრომში წარმოდგენილი მეცნიერული შედეგები, მიღებულია პირადად დისერტაციის ავტორის მიერ.

კვლევის შედეგების გამოყენების სფერო. ნაშრომში მითითებულია ის მონაცემები, რომლებიც აუცილებელია მულტისერვისული ტიპის ქსელების რეკონსტრუქცია - განვითარება - ექსპლუატაციის პირობების ჩამოსაყალიბებლად. ნაშრომში დასაბუთებულია, რომ ტრაფიკზე დაკვირვება და შედეგების დამუშავება, ყველა სატელეკომუნიკაციო დაწესებულებების (ოპერატორების) ინტერესების სფეროს წარმოადგენს და მათთვის შეთავაზებულია ტრაფიკის საჭირო პარამეტრების ნუსხა და მათი ურთიერთდამოკიდებულებების აგების პრინციპი.

ნაშრომის აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული და განხილული იქნა სხვადასხვა დროს გამართულ სემინარებსა და საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებზე:

1. ბჟინავა ე. „მულტისერვისული ქსელის გამტარუნარიანობის შეფასების პრობლემა“:// სტუდენტთა 83-ე ღია საერთაშორისო კონფერენცია, საქართველო,თბილისი, სტუ. 2016წ. გვ.98.

2. ბჟინავა ე., ყიფიანი ქ., გვალია თ., „მულტისერვისულ ქსელში მოთხოვნებზე დაყოვნებების წარმოქმნის დამოკიდებულება ქსელში არსებულ მარშრუტებზე“:// IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, რეგიონული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები. საქართველო, ქუთაისი. აწსუ. 29.10.2016წ. გვ147-150

3. ბჟინავა ე. „მცირე დაყოვნების სატელეკომუნიკაციო ქსელის პრობლემები“// სტუდენტთა 84-ე ღია საერთაშორისო კონფერენცია, საქართველო,თბილისი, სტუ. 2017წ. გვ.110

4. ბჟინავა ე.,„მომავლის სატელეკომუნიკაციო ქსელების ენერგოეფექტურობის შეფასება“// სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო კონფერენცია, საქართველო,თბილისი, სტუ. 2018წ. გვ.98.134

5. ბჟინავა ე., კოპლატაძე მ., „მულტისერვისული მომსახურების ქსელში რიგის საშუალო სიგრძის განსაზღვრა“. // I საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, ენერგეტიკის პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები.საქართველო. თბილისი. სტუ. 07.10.2019-11.10.2019.წ. გვ. 170-174

6. ბჟინავა ე., კვიციანი შ., „სენსორული ქსელით კლიმატის ცვლილების კვლევა“//ვიქტორ ერისთავის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. საქართველო.თბილისი.სტუ. 11-12.11.2020წ.

7. ბჟინავა ე., „მულტისერვისული ქსელის თავისებურებები და ტელეტაფიკის თეორიის კლასიკური შედეგების გამოყენების შესაძლებლობა“. //საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „საინფორმაციო საზოგადოება და განათლების ინტენსიფიკაციის ტექნოლოგიები. საქართველო.თბილისი“.სტუ. 21.05.2021წ. გვ.42-46

8. კვლევის შედეგების წარდგენა პირველ კოლოქვიუმზე - „რეალური დროის მომსახურების სახეობებისათვის საარხო რესურსების შეფასება“. (სტუ, 2018 წლის თებერვალი)

9. კვლევის შედეგების წარდგენა მეორე კოლოქვიუმზე - „მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო სისტემების მოდელებში საარხო რესურსის შეფასების სქემა“ (სტუ, 2020 ივლისი).

10. კვლევის შედეგების წარდგენა მესამე კოლოქვიუმზე - „მულტისერვისული ტრაფიკის თავისებურებები და ალბათობათა განაწილებების კანონების ზეგავლენა“. (სტუ, 2021 წლის თებერვალი).

11. კვლევის შედეგების წარდგენა წინასწარ დაცვაზე (სტუ, 2022 წლის 25 მაისი).

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა. დისერტაცია შედგება შესავალის, ოთხი თავისაგან, დასკვნებისაგან, გამოყენებული ლიტერატურისა და დანართისაგან. სულ 119 გვერდზე, შეიცავს 17 ნახაზსა და 5 ცხრილს. დისერტაციას თან ერთვის დანართი 24 გვერდზე.

ნაშრომის შინაარსი

თავი 1. მულტისერვისული ქსელი, როგორც ტექნოლოგიების ერთობლიობა

მოცემული თავის ძირითად მიზანს წარმოადგენს, „საარხო რესურსებში“ მსჯელობისა და შედეგების შინაარსის თვალსაჩინოდ წარმოდგენა. ITU-T (ტელეკომუნიკაციის საერთაშორისო საბჭოს - ტელეკომუნიკაციის სფეროს სტანდარტიზაციის სექტორი) I.230 რეკომენდაციით, შემოთავაზებულია გადაცემის სიჩქარის მრავალფეროვნება: 64კბ/წმ; 2x64; 6x64; 24x64; 30x64 კბ/წმ, ხოლო ცნობილი ტექნოლოგიები X.25, Frame Relay, ATM იძლევიან საშუალებას ვაწარმოთ გადაცემა ნებისმიერი Nx64კბ/წმ სიჩქარით. აქ ჩამოთვლილი ტექნოლოგიებისათვის $N=1...32$, მაგრამ, დღეისათვის მე-5 თაობის ქსელებში, სადაც გადაცემის სიჩქარე განსაზღვრულია 20გბ/წმ-მდე, N- ის მნიშვნელობა აჭარბებს 300 ათასს. მულტისერვისული ქსელის მოდელებში, გათვლისწინებულია კავშირის ერთი სეანსის პროცესშიც კი, გადაცემის სიჩქარის დინამიური ცვლილების შესაძლებლობა.

მულტისერვისული ქსელისათვის დამახასიათებელია სტატისტიკური მულტიპლექსირების ფართო შესაძლებლობების გამოყენება. თუ არხების კომუტაციის სისტემებში გათვალისწინებულია, დროში ერთმანეთზე დაუმთხვეველი სენსების გამოყენება, პაკეტური კომუტაციის შემთხვევაში კი გასათვალისწინებელია, აქტიურობის პერიოდების დაუმთხვეველობა, რადგანაც ინფორმაციის გადაცემის პაუზების დროს. ქსელის რესურსები გამოუყენებელია და შესაბამისად, გადაცემული ინფორმაცია აქ იზომება, არა სენსის ხანგრძლიობით, არამედ გადაცემული ინფორმაციის მოცულობით.

ATM (Asynchronous Transfer Mode) ტექნოლოგია ქმნის კომპრომისს არხების კომუტაციისა და პაკეტების კომუტაციის პრინციპებს შორის, ამასთანავე ATM, თავისი შინაარსით მიეკუთვნება პაკეტების კომუტაციის პრინციპს. ATM ტექნოლოგია ითვალისწინებს არხის ემულაციის მომსახურების სახეობას (Circuit Emulation Service – CES), და მიეკუთვნება გადაცემებს მუდმივი სიჩქარით, ანუ, წარმოადგენს გადაცემის დეტერმინირებულ სისტემას (DBR). CES - ტექნოლოგია უზრუნველყოფს რეალური დროის ტრაფიკის გადაცემას დადგენილი ხარისხით. გადაცემის ATM ტექნოლოგია განიხილებოდა, როგორც ყველაზე პერსპექტიული, მაგრამ რიგი მიზეზების გამო მან ვერ მიაღწია ფართო გამოყენებას. MPLS (MultiProtocol Label Switching) ტექნოლოგია შეიქმნა იმ პერიოდში, როდესაც მულტისერვისული ქსელების შექმნის საფუძვლად მიჩნეული იყო ATM ტექნოლოგია. ინტერნეტისა და TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol) პროტოკოლის გავრცელებამ დაადასტურა, რომ IP ტრაფიკის გადაცემის ორგანიზება ATM ქსელში ნაკლებად ეფექტურია. ამიტომ აღმოცენდა ამოცანა IP- პაკეტების უნიფიცირებული მექანიზმით გადაცემის შესაძლებლობისათვის ATM, Ethernet, Frame Relay, PPP (Point-to-Point Protocol) ტექნოლოგიებით, რაც უზრუნველყო „მრავალპროტოკოლიანმა“ ტექნოლოგიამ, რომელიც ახორციელებს პაკეტების კომუტაციის პრინციპს. კავშირგაბმულობის ოპტიკურმა ქსელებმა მოითხოვა განზოგადოებული

მრავალპროტოკოლიანი კომუტაცია ნიშნულების (ანუ პაკეტების) მიხედვით - GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching). კომუტაციის ნებისმიერი სახეობებისათვის აქ გამოყენებულია სიგნალიზაციისა და მარშრუტიზაციის ერთობლივი პროტოკოლები.

მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო ქსელი (Multiservice Networks) წარმოადგენს უნივერსალურ სატრანსპორტო გარემოს, რომელიც განკუთვნილია, როგორც რეალური დროის ტრაფიკის (Real Time traffic - სატელეფონო მომსახურება, ვიდეოკონფერენცკავშირი, რადიო და სატელევიზიო მაუწყებლობა) მომსახურებებისათვის, ასევე დაყოვნებებისადმი შეგუებადი ტრაფიკის (Elastic traffic - ფაილების მიმოცვლა, ელექტრონული ფოსტა, მონაცემები -Data traffic) მომსახურებებისათვის.

თავი 2. მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო სისტემებში მოთხოვნათა ნაკადის შემოსვლის პროცესი

მოთხოვნათა ნაკადების მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების შეფასებისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას ტელეტრაფიკის თეორიაში შემოთავაზებული, არხების კომუტაციის მოდელი, ბლოკირებული მოთხოვნების ცხადი კარგების რეჟიმის გათვალისწინებით, იმ პირობით, რომ აქ არხის ქვეშ იგულისხმება საარხო რესურსის არსებობა. ძირითადი განმასხვავებელი შინაარსი იმაში მდგომარეობს, რომ მოთხოვნათა ნაკადის უზრუნველყოფა საარხო რესურსისთ განიხილება ქსელში ინფორმაციის ნაკადის შესაძლო მარშრუტის ყველა უბნებზე. აღნიშნულის გათვალისწინებით, შესაძლებელია მოთხოვნათა ნაკადების განსხვავებული სქემების არსებობა, იმის მიხედვით, თუ რა მახასიათებელი პარამეტრები გააჩნია მოთხოვნათა შემომავალ ნაკადებს.

მასობრივი მომსახურების თეორიიდან ცნობილია, რომ ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი მოთხოვნათა ნაკადების გაერთიანების (შეჯამების) შედეგად,

თუ ცალკეული ნაკადების ინტენსიობების მნიშვნელობები მიისწრაფიან ნულისკენ, ჯამური ნაკადის თვისებები დაიყვანება პუასონის ნაკადის თვისებებზე. ჯამური ნაკადის ინტენსიობის სიდიდე მიისწრაფვის მუდმივი მნიშვნელობებისკენ, როდესაც მოთხოვნათა რიცხვი მიისწრაფის უსასრულობისკენ. ეს თვალსაზრისი სამართლიანია ქსელის ტრანზიტულ უბანზეც, სადაც ხდება მოთხოვნათა ნაკადების გაერთიანება. ინფორმაციის კონკრეტული წყაროებიდან შესაძლებელია დამატებითი პირობების გათვალისწინების აუცილებლობით, მაგალითად ერთი შეერთებისათვის მრავალი სენსების გათვალისწინება, რაც დამახასიათებელია მულტისერვისული მომსახურებისათვის.

პუასონის ტიპის მოდელის შემდგომი განზოგადოება შესაძლებელია სისტემისათვის, რომელიც შეიცავს ტრაფიკის წყაროების სასრულ რაოდენობას, რომელიც ითვალისწინებს შემომავალი ნაკადის არაერთგვაროვან ხასიათს და ნაკადის ინტენსიობის დამოკიდებულებას საარხო რესურსის დატვირთულობის მნიშვნელობებზე. ასეთი მოდელის გამოყენება მიზანშეწონილია, როდესაც არსებობს მომხმარებელთა შესაბამისი (მაღალი ტრაფიკის შემქმნელი) ჯგუფების გამოყოფის შესაძლებლობა, მაგალითად ვიდეო ინფორმაციის გადაცემის ან ჩამოტვირთვის პროცესი. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია განზოგადოებული, ბერნული-პუასონი-პასკალის ტიპის ნაკადი. ასეთ მოდელის მოთხოვნათა თანმიმდევრობით შემომავალ ნაკადში, დროის ინტერვალები ექსპონენციალურად არის განაწილებული და დამოკიდებულია მომსახურების პროცესში არსებულ მოთხოვნათა რიცხვზე. პუასონის მოდელის განზოგადოებულ სახეს წარმოადგენს აგრეთვე, საარხო რესურსის გამოყოფის მიზნით, მოთხოვნათა ჯგუფურად შემოსვლის შემთხვევა, რომლის გათვალისწინებაც აგრეთვე აუცილებელია.

ერთი შეერთების შესაბამისად საარხო რესურსის დაკავების ხანგრძლიობა ინფორმაციის გადასაცემად, დამოკიდებულია ინფორმაციის წყაროდან

ტრაფიკის შექმნის სტატისტიკურ თვისებებზე და თავისუფალი საარხო რესურსების განაწილების წესზე. შესაბამისად, სამეცნიერო ლიტერატურაში იყენებენ საარხო რესურსის დაკავების ორ მოდელს: სტატიკურსა და დინამიურს. სტატიკურ მოდელში საარხო რესურსის დაკავების შემთხვევითი ხანგრძლიობა განისაზღვრება მხოლოდ განაწილების შერჩეული ფუნქციის კანონზომიერებით და არ არის დამოკიდებული, არც ინფორმაციის გადაცემის პროცესის მახასიათებლებზე და არც ქსელის მოცემული სეგმენტის დატვირთულობაზე. საარხო რესურსის დაკავების დინამიურ მოდელში კი, საარხო რესურსის დაკავების ხანგრძლიობა იცვლება (იზრდება ან მცირდება) ქსელის დატვირთულობის შესაბამისად და განისაზღვრება მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლისათვის შერჩეული, შემოწმების მექანიზმების მოთხოვნათა მიხედვით.

საარხო რესურსის დაკავების სტატიკური მოდელისათვის ბლოკირების (ინფორმაციის კარგების წილობრივი მნიშვნელობა) შეფასების ალგორითმები და განსაზღვრის სქემები დამოკიდებულია საარხო რესურსის დაკავების საშუალო ხანგრძლიობის სიდიდეზე, თუ მოთხოვნათა შემომავალი ნაკადები შეესაბამება პუასონის ტიპის ნაკადს ან შედგენილი, ბერნული-პუასონი-პასკალის ტიპის ნაკადს.

მომსახურების ხარისხის მაჩვენებლების შემოწმების მექანიზმები უნდა უზრუნველყოფდნენ საარხო რესურსის დატვირთულობის ზრდის შესაძლებლობას, ხოლო თუ გათვალისწინებულია მომსახურების წესი პრიორიტეტის მინიჭებით მოთხოვნათა გარკვეული ნაკადებისთვის, უზრუნველყოფილი უნდა იყოს მოთხოვნათა ასეთი ნაკადებისათვის საარხო რესურსის დაკავებისათვის, პრიორიტეტის მინიჭება.

მოთხოვნათა k-ური ნაკადის მომსახურების მაჩვენებლები განისაზღვრება შემდეგი ტოლობებით:

$$\pi_k = \sum_{(i_1 i_2 \dots i_n) \in u_k} P(i_1 i_2 \dots i_n)$$

- π_k ბლოკირებული მოთხოვნების წილი პუასონის ტიპის ნაკადისათვის. მოცემული ტოლობით განისაზღვრება, აგრეთვე დროის ის წილი, რომლის განმავლობაშიც k -ური ნაკადის მომსახურებისათვის საარხსო რესურსი არ არის საკმარისი.

$$m_k = \sum_{(i_1 i_2 \dots i_n) \in S} P(i_1 i_2 \dots i_n) i_k \beta_k$$

- m_k არის k -ური ნაკადის მომსახურებით დაკავებული საარხო რესურსის საშუალო რიცხვი, აქ S - არის შესწავლილი მოდელის მდგომარეობათა შესაძლო სიმრავლე, რომელშიც შესაძლოა იყოს მარკოვის პროცესს და რომელიც აღწერს, t დროის ცვლილების შესაბამისად მოდელის მდგომარეობათა ცვლილების დინამიკას.

მომსახურების π_k და m_k მახასიათებლების გამოსათვლელად საჭიროა სტატისტიკური წონასწორობის განტოლებების შედგენა, რომელიც დაკავშირებულია $P(i_1 i_2 \dots i_n)$ ი რაოდენობის საარხო რესურსების შემოსული მოთხოვნების მომსახურებით დაკავებულობის ალბათობის არანორმირებულ მნიშვნელობასთან.

თავი 3. ინტერნეტ ქსელის მომხმარებელთა ტრაფიკის ანალიზი.

ინტერნეტ ქსელის მომხმარებელთა ტრაფიკის ანალიზის შედეგები არის მნიშვნელოვანი, საერთო სარგებლობის (ფიქსირებული და მობილური) სატელეკომუნიკაციო ქსელების პერსპექტიული განვითარების მიზნებისათვის. ინტერნეტის განვითარებამ და მისი მომსახურებების სახეობებზე მოთხოვნილებების ზრდამ გამოიწვია, როგორც მომხმარებელთა რიცხვის ასევე

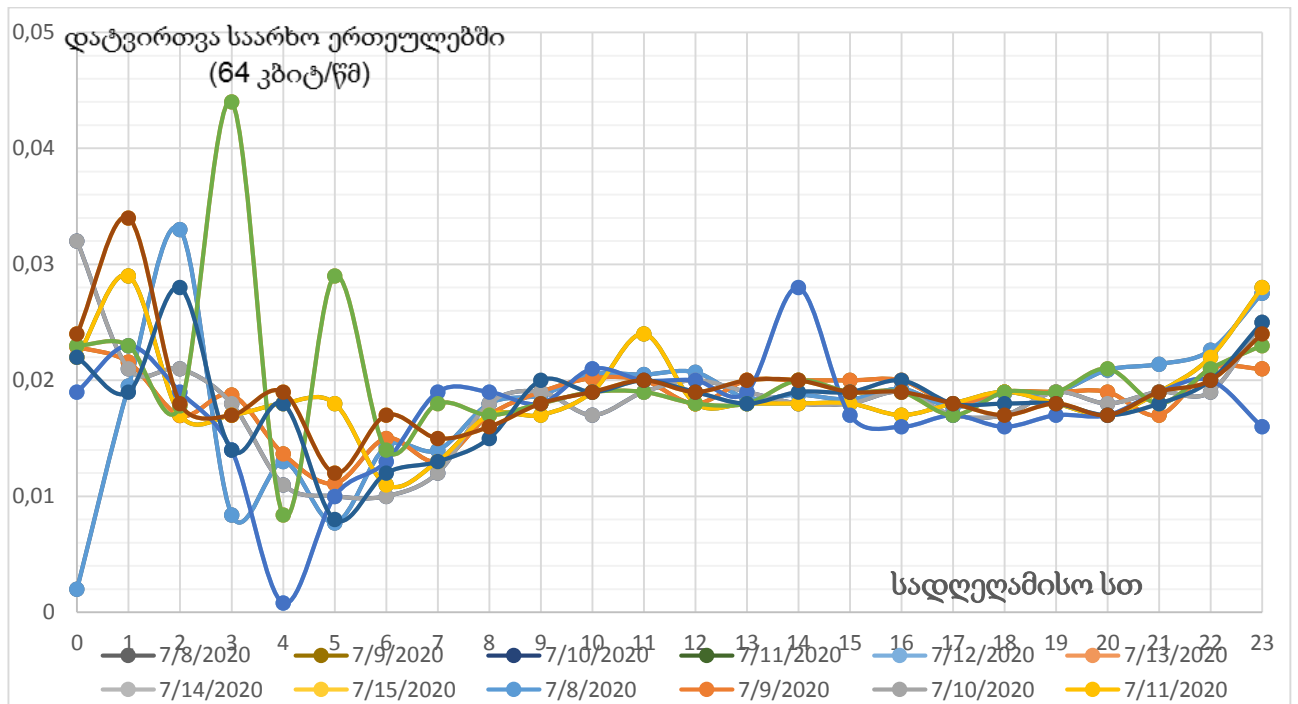
შესაბამისი ტრაფიკის ზრდა. დღეისათვის ინტერნეტქსელის მომსახურება ხელმისაწვდომია ნებისმიერი მომხმარებლისათვის და ამიტომ მომსახურების სახეობებზე მოთხოვნილებების ზვავისებურმა ზრდამ დღის წესრიგში დააყენა ინტერნეტმომხმარებელთა რიხცვის განსაზღვრის აუცილებლობა. სატელეკომუნიკაციო ქსელების ექსპლუატაციისა და დაგეგმარებისას აუცილებელი გახდა ტრაფიკის ხვედრითი წილის შეფასება ცალკეული კომპანია-პროვაიდერისათვის. ტრაფიკის ხვედრითი წილის მნიშვნელობა წარმოადგენს ქსელის ჯამური ტრაფიკის გაზომილი მნიშვნელობის შეფარდებას, ქსელის მომხმარებელთა საერთო რიცხვთან.

იმისათვის, რომ სატელეკომუნიკაციო ქსელი სწორად იქნას დაგეგმარებული პერსპექტივის გათვალისწინებით და შესაბამისად განხორციელდეს მისი ექსპლუატაცია, აუცილებელია რეალურ ქსელში ტრაფიკის შემდგე მონაცემებზე დაკვირვება და სამეცნიერო წრეებისათვის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა:

- ინტერნეტკავშირის სეანსების რაოდენობების შესაბამისად, განსაზღვრული სეანსების ხანგრძლიობები;
- მონაცემთა მოცულობის მიმოცვლის სიჩქარეების (ბაიტი/წმ) შესაბამისად, განსაზღვრული სეანსების ხანგრძლიობები;
- მულტისერვისული მომსახურებისადმი მიდრეკილება საქართველოს რეგიონების მიხედვით: წუთდაკავება თვეში რეგიონებისა და ქალაქების შესაბამისად;
- მომხმარებელთა დაჯგუფება მცირე წუთდაკავებებით, საშუალო და მაღალი წუთდაკავებებით, რაც საშუალებას მისცემს ექსპლუატაციას, რომ სწორად გადანაწილდეს საარხო რესურსები;
- წინა პუნქტის შედეგების მიხედვით, განისაზღვრება ტრაფიკის წილობრივი მნიშვნელობები (პროცენტებში), შესაბამისი ჯგუფების მომხმარებლისათვის.

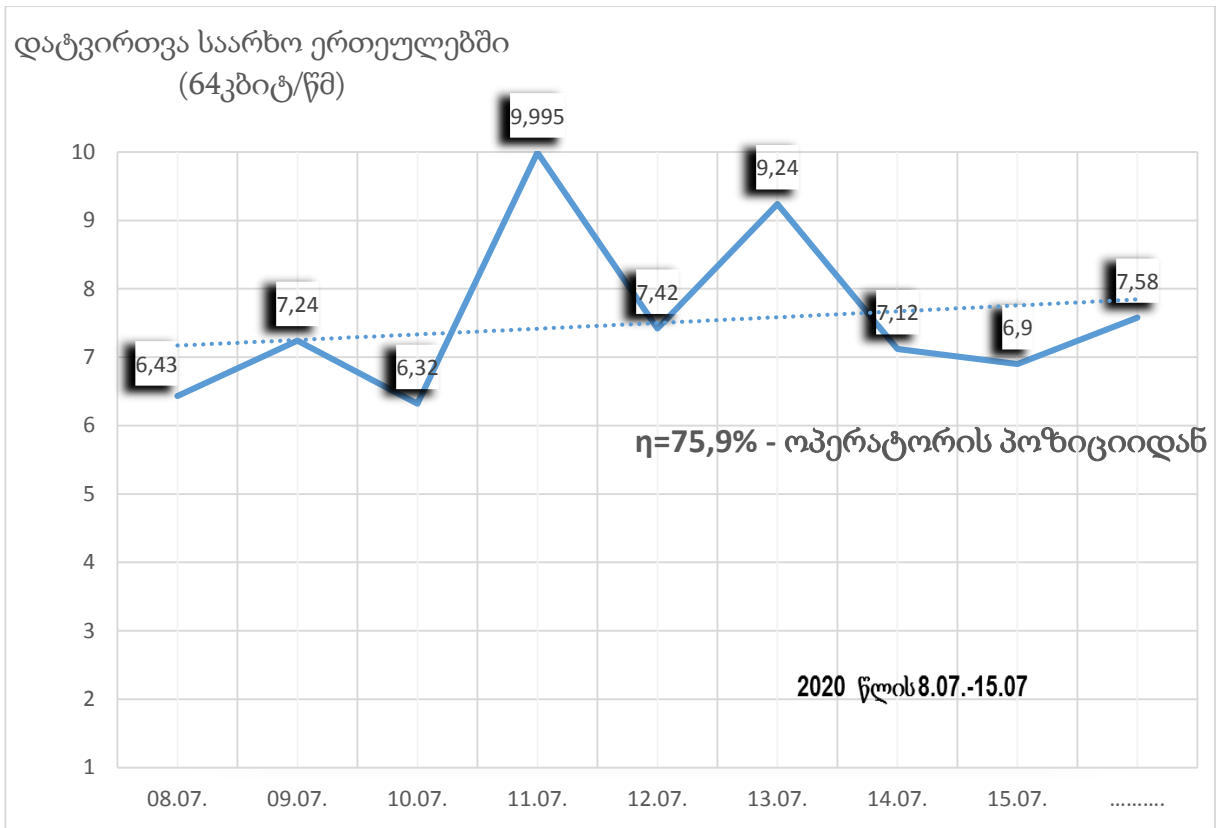
თავი 4. მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო სისტემების მოდელეებში საარხო რესურსის შეფასების სქემა

რადგანაც მულტისერვისულ ქსელში მოთხოვნათა ნაკადების ცალკეული ჯგუფების მომსახურების პროცესი განიხილება ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად და ცალ-ცალკე. ამ მიზნით შევარჩიეთ მოთხოვნათა ორი, დღეისათვის ყველაზე აქტიურად გამოყენებადი სახეობები ჩვენს ქვეყანაში: მოთხოვნები სატელეფონო მომსახურებაზე და მოთხოვნები ინტერნეტ მომსახურებაზე.



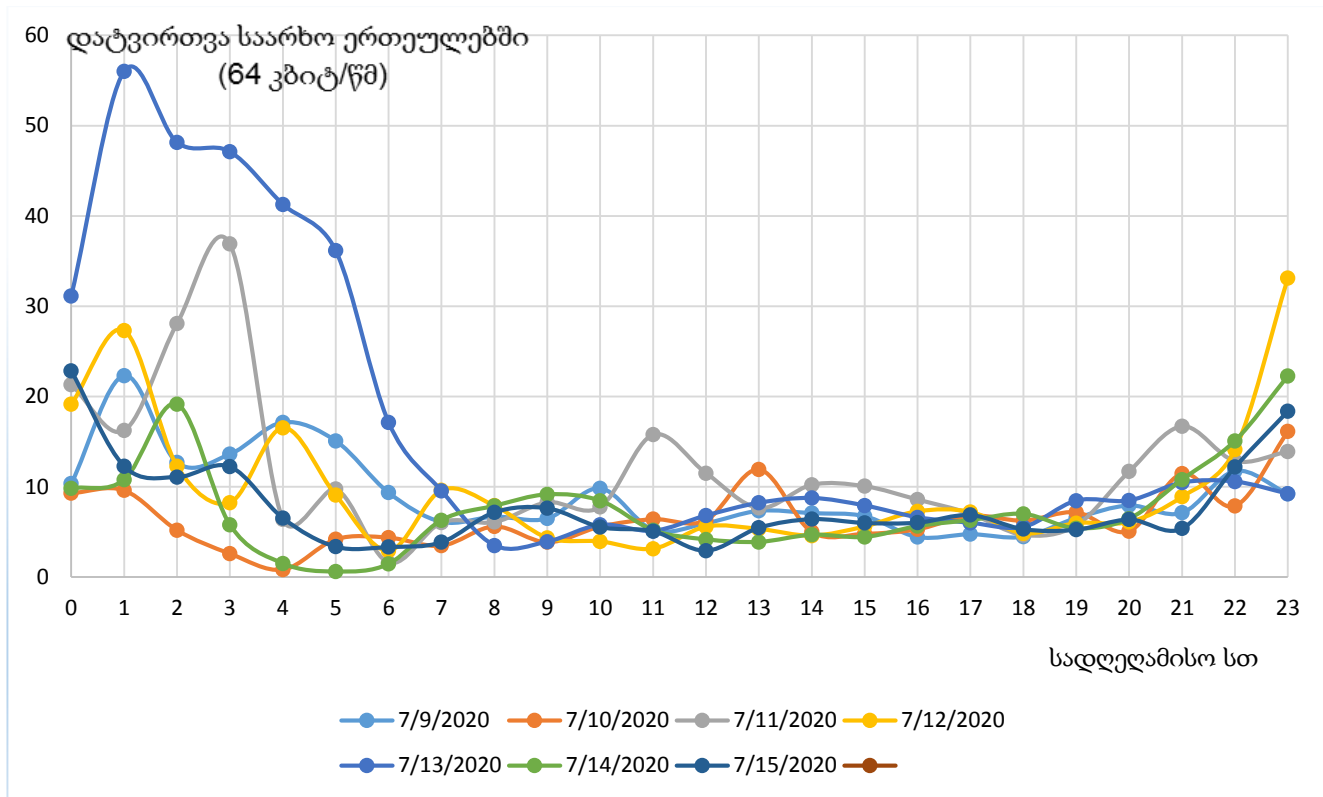
ნახ.1. სატელეფონო ტრაფიკის სადღელამისო ცვლილების სახე 2020 წლის 8 დღის მონაცემებით (8.07-15.07) - „სილქნეტის” რადიომიერთების ქსელი

როგორც სატელეფონო ტრაფიკის სადღელამისო ცვლილების ხასიათიდან ჩანს, მოთხოვნები მომსახურებისათვის იყენებს საარხო რესურსის მხოლოდ მეოთხედს.



ნახ.2. ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის ცვლილება კვირის დღეების შესაბამისად - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი

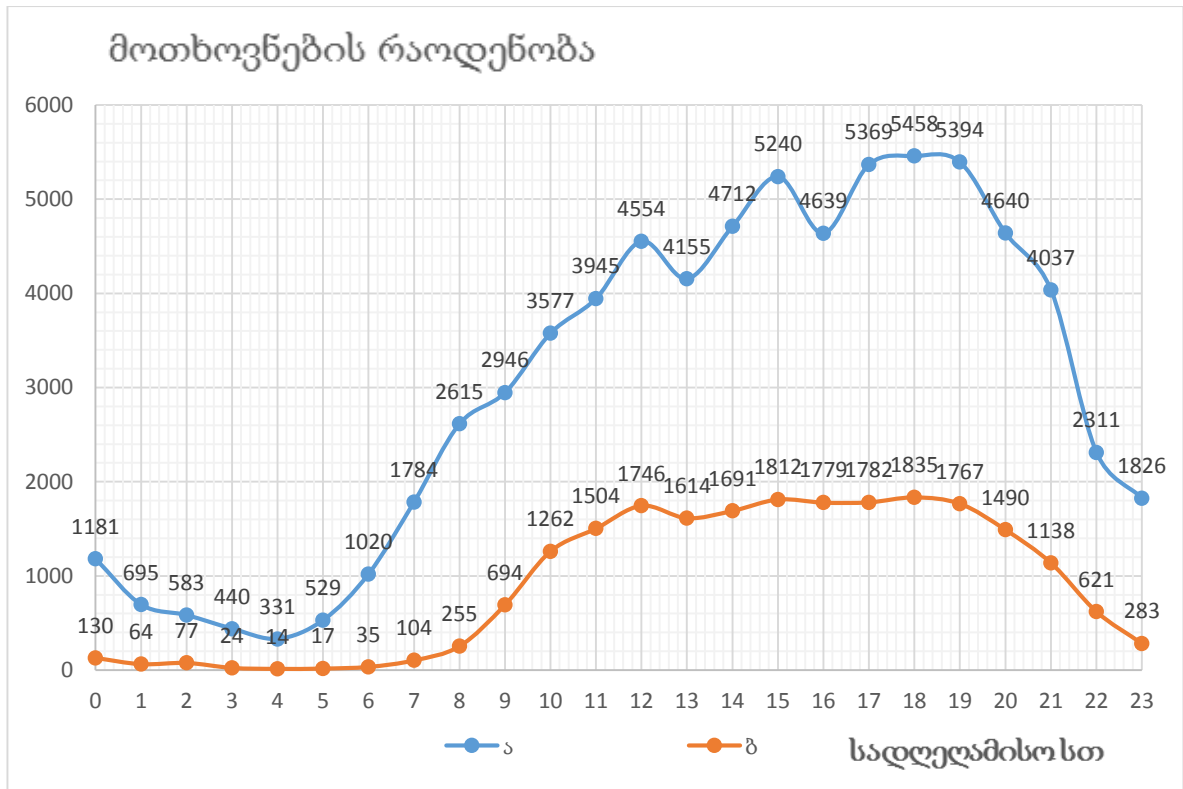
ექსპერიმენტული კვლევის შედეგების დამუშავებამ მოგვცა საშუალება გამოგვეთვალა საარხო რესურსების გამოყენების კოეფიციენტი, რომელიც მოცემულ პერიოდში არ აღემატებოდა 76%, ანუ საარხო რესურსების 24% გამოუყენებელია, რაც ოპერატორის პოზიციიდან რესურსების გამოყენების დაბალი მაჩვენებელია. აღსანიშნავია, რომ აპარატურის მწარმოებელი ფირმები, თანამედროვე სისტემების სპეციფიკიდან გამომდინარე, ვერ გაითვალისწინებენ ქვეყნისა და რეგიონის თავისებურებებს, რაც გასული საუკუნის სატელეკომუნიკაციო სისტემებში შესაძლებელი იყო. მეორეს მხრივ, ინტერნეტ ტრაფიკის მომსახურება მაღალი ხარისხით, შესაძლებელი გახდა ასევე ეპიდემიოლოგიურ პერიოდში, როდესაც ძირითადი დატვირთვა მოდიოდა ინტერნეტის გამოყენებაზე.



ნახ.3. ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობის სადღელამისო ცვლილების სახე 2020 წლის 8 დღის მონაცემებით (8.07-15.07) „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი

მესამე ნახაზზე 23 საათიდან 6 საათამდე „სილქნეტს“ შემოთავაზებული აქვს უფასო ტრაფიკი, დანარჩენ პერიოდში სრულად არის დატვირთული 10 საარხო ერთეული (ანუ 10-ჯერ 64 ათასი ბიტი).

ნაშრომში შესწავლილია მოთხოვნების შემოსვლის პროცესი „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელში ინტერნეტ-მოხმარებლებისა და სატელეფონო-მოხმარებლების მხრიდან, რაც მოცემულია ნახ.4-ზე.

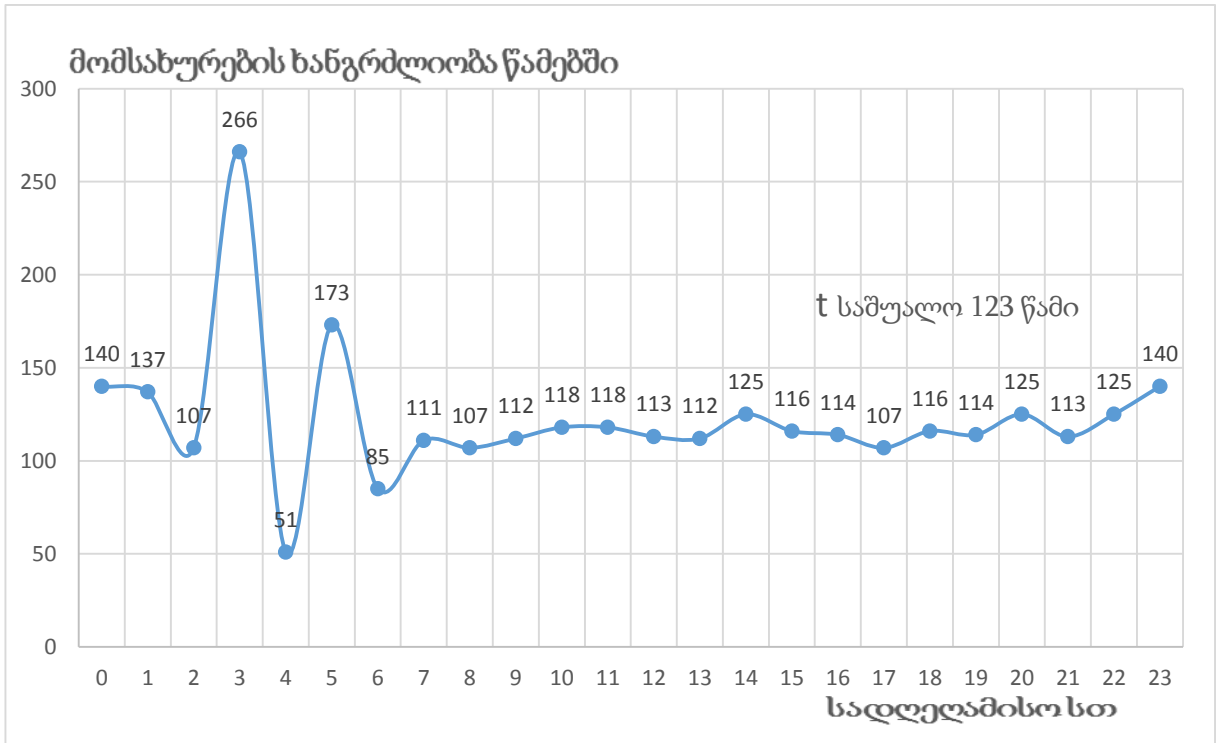


ნახ.4. მიწოდებული მოთხოვნების რაოდენობა დღე-ღამის განმავლობაში - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი – 13.07.2020

„ა“ - ინტერნეტ მომხმარებლები; „ბ“ - სატელეფონო მომხმარებლები

0-დან 6 საათმდე ნახ.3-ზე ინტერნეტ ტრაფიკის შედარება გვიჩვენებს, რომ აქ მოთხოვნათა რაოდენობა ნახ.4-ის შესაბამისად მინიმალურია, მაშინ, როდესაც ინტერნეტ ტრაფიკი მაღალია. აღსანიშნავია, რომ არსებული რესურსების რაოდენობა, მიუხედავად დაბალი გამოყენებისა გამართლებულია. უკეთეს ეკონომიკურ პირობებში ეს რესურსები სრულად იქნება გამოყენებული. აღსანიშნავია, აგრეთვე, რომ მოთხოვნების რაოდენობა ინტერნეტ მომხმარებლების მხრიდან 3,3-ჯერ აღემატება მოთხოვნების მომსახურებას სატელეფონო მომხმარებლების მხრიდან, მიუხედავად იმისა, რომ „სმარტფონების“ რაოდენობა გაცილებით აღემატება ქსელში ჩართული კომპიუტერების რაოდენობას.

სტატისტიკური კვლევების საფუძველზე დადგენილია აგრეთვე სატელეფონო მომსახურების ხანგრძლიობები, რაც მოცემულია ნახ. 5-ზე.



ნახ. 5. სატელეფონო მომსახურების ხანგრძლიობების განაწილება დღე-ღამის განმავლობაში - „სილქნეტის“ რადიომიერთების ქსელი - 13.07.2020“

რადგანაც ჩატარებული ექსპერიმენტული კვლევებისათვის სტატისტიკური მონაცემები აღებული გვაქვს რადიომიერთების ქსელიდან, ცხადია სატელეფონო მომსახურების წყაროს წარმოადგენს მობილური ტელეფონები და მათი მომსახურების სისტემები. ნახ.5-ის ანალიზი გვიჩვენებს რომ აქ დაკავების საშუალო ხანგრძლიობა შეადგენს 123 წამს, რაც თითქმის ემთხვევა საერთაშორისოდ აღიარებულ ნორმას-100 წამს.

რეალური სისტემების ფუნქციონირების თავისებურებანი

მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო მომსახურების სისტემის მოდელი შეიძლება შეიცვალოს რეალური სატელეკომუნიკაციო სისტემით,

გარკვეული თავისებურებების დაზუსტების საფუძველზე. ზემოთგანხილულ საბაზო მოდელში ვითვალისწინებდით, რომ k -ური ნაკადი მომსახურების სისტემაში შემოდის ექსპონენციალურად განაწილებული დროის ინტერვალებით, λ_k პარამეტრით, ამასთანავე λ_k -ს მნიშვნელობა არ არის დამოკიდებული საარხო რესურსის დატვირთულობის სიდიდეზე. ზემოთგანხილული მოდელისაგან განსხვავებით ექსპონენციალურად განაწილებული დროის შუალედები დამოკიდებულებაა i_k -ს სიდიდეზე - მომსახურებისათვის შემოსული მოთხოვნების რაოდენობაზე. ეს დამოკიდებულება განისაზღვრება შემდგეი გამოსახულებით:

$$\lambda_k(i_k) = \psi_k + i_k \zeta_k$$

სადაც ψ_k და ζ_k - არის სიდიდეები, რომლებიც აკმაყოფილებენ გარკვეული შეზღუდვების პირობებს, რათა შენარჩუნებული იქნას საარხო რესურსის დაკავებათა შემთხვევით პროცესში, სტაციონალური რეჟიმი.

შემოთავალი ნაკადის ასეთ მოდელს ტელეტრაფიკის თეორიაში ეწოდება BPP (Bernoulli – Poisson – Pascal)- ბერნული-პუასონი-პასკალის ნაკადი, შეუზღუდავი რაოდენობის საარხო რესურსებით, მომსახურებებისათვის შემოსული ნაკადების სტაციონალური განაწილების სამი ტიპის კანონზომიერებათა შესაბამისად:

1. ბინომიალური, ანუ ბერნულის ტიპის ნაკადი, რომლისთვისაც $\zeta_k < 0$, შესაბამისად $n_k = \frac{\psi_k}{\zeta_k}$ უნდა იყოს დადებითი, მთელი რიცხვი.

მაშინ $\lambda_k(i_k) = (n_k - i_k)(\zeta_k)$. აქ n_k -ს მნიშვნელობა შეესაბამება მომხმარებლების იმ რაოდენობას, რომელიც განსაზღვრავს საარხო რესურსზე მოთხოვნების ნაკადს, ხოლო $\gamma_k = -\zeta_k$ - არის ერთი მომხმარებლის მიერ შექმნილი, მოთხოვნებს შორის დროის განაწილების ექსპონენციალური კანონის პარამეტრი. ბერნულის ტიპის ნაკადისათვის k -ური ნაკადის მოთხოვნათა მაქსიმალური

რაოდენობა, რომელიც მომსახურების პროცესშია, შეზღუდულია n_k სიდიდით. ბერნულის ტიპის ნაკადში მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსიობა მცირდება მომსახურების პროცესში მოთხოვნების რაოდენობის ზრდის პროპორციულად.

2. პუასონის ნაკადისათვის უნდა სრულდებოდეს პირობა $\zeta_k = 0$, მაშინ მოთხოვნათა შემომავალი ნაკადის ინტენსიობა განისაზღვრება $\lambda_k(i_k) = \psi_k$ სიდიდით. პუასონის ტიპის ნაკადი წარმოიქმნება უსასრულო რაოდენობის მომხმარებელთა არსებობის შემთხვევაში. ცხადია ასეთ მოდელში, შემოსულ მოთხოვნათა ინტენსიობის სიდიდე არ იქნება დამოკიდებული, იმაზე თუ რა რაოდენობის მოთხოვნებია უკვე მიღებული მომსახურებაზე.
3. პასკალის ნაკადისათვის, ანუ უარყოფითი ბინომიალური ნაკადისათვის უნდა დავუშვათ, რომ $n_k = \frac{\psi_k}{\zeta_k}$ არის დადებითი მთელი რიცხვი, ხოლო ζ_k -ყოველთვის დადებითი რიცხვი. მაშინ $\lambda_k(i_k) = (n_k + i_k)\zeta_k$ და $\gamma_k = \zeta_k$. მოთხოვნათა რიცხვის განაწილების ასეთი მოდელისათვის, მოთხოვნათა შემოსვლის რიცხვი იზრდება მომსახურების პროცესში არსებული მოთხოვნების რიცხვის ზრდასთან ერთად.

„ბერნული-პუასონი-პასკალის“ ტიპის ნაკადების ერთობლიობის გამოყენება ტელეტრაფიკის თეორიაში დაკავშირებულია შემოსული მოთხოვნების ნაკადების დახასიათების შესაძლებლობასთან ერლანგებში გამოხატული ნაკადის ინტენსიობისა და შემჭიდროვების (დისპერსია) კოეფიციენტის გამოყენებით. κ -ური ნაკადისათვის ეს პარამეტრი ავლნიშნოთ a_k და z_k შესაბამისად.

შემომავალი ნაკადისათვის შერჩეულ მოდელში გამოყენებული პარამეტრის ურთიერთდაკავშირება შესაძლებელია შემდეგი გამოსახულებებით:

$$a_k = \frac{\psi_k}{\mu_k - \zeta_k}; \quad z_k = \frac{\mu_k}{\mu_k - \zeta_k};$$

$$\psi_k = \frac{\mu_k a_k}{z_k}; \quad \zeta_k = \frac{\mu_k(z_k - 1)}{z_k}$$

სადაც μ_k - არის k -ური ნაკადის მოთხოვნის მომსახურების დროს ექსპონენციალური განაწილების კანონის პარამეტრი. ბერნულის ნაკადისათვის $z_k < 1$, პიუასონის ნაკადისათვის $z_k = 1$, და პასკალის ნაკადის შემთხვევაში სიდიდე $z_k > 1$.

საერთო დასკვნები

- გადაცემის და კომუტაციის განხილულ ტექნოლოგიებს გააჩნიათ თავისი უპირატესობები და გარკვეულ პირობებში, შეზღუდვები, ამიტომ საჭიროა მათი ეფექტური შერჩევა, გამომდინარე კონკრეტული მოთხოვნების შესაბამისად.
- ტექნოლოგიის შერჩევა უნდა გამომდინარეობდეს, არა მარტო ტექნიკური და ეკონომიკური ფაქტორებიდან, არამედ მიზანშეწონილობის გათვალისწინებითაც.
- შერჩეული ტექნოლოგიები უნდა ხასიათდებოდეს განსაკუთრებული მოქნილობით და შეესაბამებოდეს თანამედროვე სატელეკომუნიკაციო ქსელებისა და მომხმარებელთა მოთხოვნებს.

- ტრაფიკის სტრუქტურაზე გავლენას ახდენს მომსახურებისათვის გამოყენებული ალგორითმების თავისებურებანი, ამასთანავე მომსახურების მიზნით სისტემაში მოთხოვნების შემოსვლის მომენტები ძალზე კორელირებულეა, გამოყენებული პროტოკოლები ითვალისწინებენ შეცდომით მიღებული პაკეტების განმეორებით გადაცემას, რაც იწვევს მოთხოვნების შემოსვლას ქსელში არათანაბრად და პაკეტები თავს იყრიან ჯგუფებად, შედსაბამისად დროის გარკვეული შუალედები ცარიელი რჩება.
- მომსახურების სისტემაში პაკეტების შემოსვლის შემთხვევითი პროცესი ხასიათდება განაწილების კანონით, რომელიც ამყარებს კავშირს შემთხვევითი სიდიდის მნიშვნელობებსა და მათი შემოსვლის დროის მომენტების ალბათობებს შორის.
- ერთი შემოსული მოთხოვნის დამუშავების ხანგრძლიობის განმავლობაში შემოსულ მოთხოვნათა რიცხვის დისპერსია და კორელაციური თვისებები ახდენენ განმსაზღვრელ ზეგავლენას წარმოქმნილი რიგის საშუალო სიგრძეზე.
- მულტისერვისული ქსელის ტრაფიკის ჩანაცვლება შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების ნორმალური კანონით არ იძლევა რეალურ შედეგს, ვინაიდან შემთხვევითი სიდიდეების რეალური განაწილებები ხასიათდებიან დიდი ასიმეტრიით, ხოლო ნორმალური განაწილების კანონის სახე კი სიმეტრიულია.
- მულტისერვისული ქსელის მოთხოვნათა ნაკადი ხასიათდება მკაფიოდ გამოხატული არათანაბრობით. დროის მცირე შუალედებშიც, ცხადია მაღალი აქტიობის, შემცირებული და მოთხოვნების საერთოდ არ არსებობს პერიოდები.
- მომსახურების მიზანით შემოსული მოთხოვნათა რაოდენობის განაწილების ხასიათი დამოკიდებულია შესაბამისი დროის

ინტერვალზე და არ პასუხობს ნაკადის სტაციონალურობის, ორდინალურობისა და უუკუქმედებობის პირობებს.

- მულტისერვისული ქსელის მომხმარებლების ტრაფიკი განსხვავებულია საქართველოს რეგიონებისა და სამრეწველო ქალაქების მიხედვით და დამოკიდებულია რეგიონალური (ქალაქის)საერთო პროდუქტის სიდიდეზე.
- ინტერნეტქსელის მომხმარებლებს შორის, რომლებიც იყენებენ მულტისერვისული ქსელის მომსახურებას, საჭიროა მოვახდინოთ მომხმარებელთა დაჯგუფება მიღებული მომსახურების მოცულობის შესაბამისად, რაც გასათვალისწინებელია ქსელის განვითარებისა და დაგეგმარებისათვის.
- მულტისერვისული სატელეკომუნიკაციო ქსელის უმნიშვნელოვანესი ფუნქციაა დაგეგმილი საარხო რესურსების დატვირთულობის მაღალი მნიშვნელობის უზრუნველყოფა. შესაბამისად აუცილებელია პაკეტური ინფორმაციის შემოსვლის დროის მომენტების მაღალი სიზუსტით დადგენის მეთოდების გამოყენება.
- მომსახურებისათვის შემოსულ მოთხოვნათა მომსახურება განიზილება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად, როგორც მომსახურების სისტემა, მრავალნაკადიანი მოდელის მომსახურებით.
- საარხო რესურსის გამოსაყოფად მომსახურების ყოველი სახეობისათვის საჭიროა ტრაფიკის შესაბამისი გადანაწილების ეტაპების გათვლიასწინება: გადაცემის ეფექტური სიჩქარის განსაზღვრის; რალური დროის ინფორმაციის სახეობებისათვის რესურსების განსაზღვრის; მონაცემთა ინტერაქტუირი მომსახურების სახეობებისათვის რესურსების განსაზღვრის; დაყოვნებებისადმი თავსებადი მონაცემების შესაბამისი მომსახურების სახეობებისათვის რესურსების განსაზღვრის ეტაპებად.

- პერსპექტიული მულტისერვისული ქსელების დაგეგმარებისა და მოდერნიზაციისათვის, საჭიროა შედგენილი (კომპლექსური ხასიათის, მოთხოვნათა ნაკადების მახასიათებელი პარამეტრების განაწილების კანონის გათვლისწინება, კერძოდ ბერნული-პუასონი-პასკალის განაწილების კანონის გამოყენება.
- ქსელის დაგეგმარებისათვის კომპლექსური ხასიათის ტრაფიკის გათვალისწინება მოითხოვს გამოთვლითი რესურსების დიდი სიმძლავრეებს და გამოთვლის შედეგების ხანგრძლივ დროს.
- მოქმედი სატელეკომუნიკაციო მულტისერვისული ქსელიდან აღებული სტატისტიკური მონაცემების დამუშავება: სატელეფონო ტრაფიკის და ინტერნეტ ტრაფიკის ხვედრითი მოცულობებისათვის, მათი კვირის დღეებისა და სადღეღამისო საათების შესაბამისად, მომსახურების ხანგრძლიობების მნიშვნელობებისა და ინტენსიობების შესახებ, იძლევა საშუალებას შეირჩეს იდეალიზირებული მოდელი - პუასონის ტიპის დანაწევრებულ ნაკადზე დაყრდნობით და შესაბამისად ერლანგის მეთოდის გამოყენებით

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული შედეგები:

1. ბჟინავა ე., ყიფიანი ქ., „მულტისერვისულ ქსელში მოთხოვნებზე დაყოვნებების წარმოქმნის დამოკუდებულება ქსელში არსებულ მარშრუტებზე“ // IV საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, რეგიონული პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები. საქართველო, ქუთაისი. აკსუ. 10.2016წ. გვ.147-150

2. ბჟინავა ე., კოპლატაძე მ., „მულტისერვისული მომსახურების ქსელში რიგის საშუალო სიგრძის განსაზღვრა“. // I საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, ენერგეტიკის პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები. საქართველო. თბილისი. სტუ. 10.2019.წ. გვ. 170-174

3. ბჟინავა ე., „მულტისერვისული ქსელის თავისებურებები და ტელეტაფიკის თეორიის კლასიკური შედეგების გამოყენების შესაძლებლობა“.///შრომების კრებული, „მართვის სისტემები ავტმატიზებული სისტემები“,საქართველო. თბილისი. სტუ. №1.05.2021წ.გვ. 42-46

4. ბჟინავა ე., კვიციანი შ., „სენსორული ქსელით კლიმატის ცვლილების კვლევა“.///ვიქტორ ერისთავის სახელობის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. საქართველო.თბილისი.სტუ. 11.2020წ.გვ.125-128

Summary

The work studies the servicing process of difficult types of the entered requests, their servicing in considered separately for each case as part of multiservice model. Among endless number of sources, in order to separate channel ones the characteristic feature of the received request streams have been analyzed. Each type of the multiservice net needs the division of the traffic, for each unit Or line to single out He resources of for a definite request.

The work request the results of the analyses of the data taken from multiservice systems: namely “Silknet” radioconnections telephone traffic mean number of daily consumption (capacity).

Daily fluctuation of internet traffic per (mean) capita during the week days. Internet traffic changes per capita 24 hour internet traffic changes per capita during 8 consecutive Days.

Number of received requests during the day for servicing the internet and telephone consumers. Division of the telephone service requests during. He day, that gives opportunities to the maintenance, or the based of pilot (data) requests, to choose the possibilities of programmed control to guarantee high speed of the performance.

The work offers, on the bases of general research, multiservice net planning method using Poisson-Bernoulli-Pascal.

Poisson-Bernoulli-Pascal complex traffic that requests a great number of data obtained from the observation of statistic processing. Erlang Model has priority for the modernization of existing networks. In case of perfecting the priority is given to the application of composed (complex) types of request streams.

The wide range of speed for the transmission of information flow, from kilobytes (10^3) to exabyte (10^{18}) per second, its significant statistical characteristics, multitude of

configurations for telecommunication networks makes it so much more difficult to describe traffic process in the modern information system, than it was for the classical generation of systems of telecommunications.

New network technologies have created multimedia telecommunications, service based on broadband and transfer of information within preset time frame. The Telecommunications networks that provide multitude of telecommunication and information services are called multiservice networks. The multiservice network is unified telecommunication infrastructure, which provides transfer of traffic and variety of services requested by users and with the quality agreed prior to provision of services.

The current goal is to assess traffic parameters in the multiservice network. The variety of inflow of requests determine resources of the network that are necessary to provide service with the required quality thus, it is of an importance to study and research methods and ways to determine resources in the multiservice networks and its efficient utilization.

The paper examines the nature of the probability distribution of the number of requests received in multiservice telecommunication networks, the service load factor of the service system and the length of the generated queues. It is observed that the traffic in multiservice telecommunication networks is heterogeneous, where number incoming requests for services requires the need for strict control of traffic inequality in order to determine its peak values. The heterogeneity of traffic in the mass service system leads to the information of queues and, consequently, need to provide large memory space in servers, switching systems, etc. Causing occurrence of unacceptable length of delays in servicing traffic process. In the paper, requests for services represent packet flows, and the length of service time is equivalent to the length of packet delivery time.

The paper covers:

- Methodology to determine the number of requests, received during the time required for the service;
- Influence of the regularities of the probability distribution of the number of requests entered into the system for the purpose of service;
- Principles for determining the service load of the service system and the average number of requests received during the service period.

It is argued in the paper that the service value of the service system load factor provides complete information about the possible queues in the system. Also, for any type of demand flow it is possible to determine the proportional dependence of the mean value of the row size on the dispersion and correlation coefficient.

The explosive development of the Internet and mobile networks, which are an important part of the infrastructure of modern society, has led to revolutionary changes in all spheres of public life and activity. Consequently, it became necessary to provide

a constant process of monitoring in telecommunications networks to predict trends in traffic parameters. In planning existing networks it was impossible to predict significant increase in the specific flow of multiservice traffic, which leads to a sharp deterioration in the quality of information exchange. In this case, special importance is attached to the issue of assessing the efficient use of public resources and the development of relevant recommendations, which will allow the management of the telecommunications company to improve the quality of multiservice network when providing service for multi-flow, non-uniform and real-time traffic.

დანართი

განმარტება: სატელეკომუნიკაციო ქსელში შემოსული მოთხოვნის მომსახურება მიმდინარეობს ქსელის რესურსების დაკავების ხანგრძლიობის განმავლობაში. შესაბამისად, ქსელის დატვირთვა განისაზღვრება ქსელის რესურსების დაკავებათა ხანგრძლიობების ჯამური მნიშვნელობებით.

მულტისერვისული ქსელის შემთხვევაში, მომხმარებელი ერთი დაკავების ხანგრძლიობის განმავლობაში მოითხოვს მომსახურების სხვადასხვა სახეობებზე წვდომას, ანუ ახორციელებს მოთხოვნებს მომსახურების სახეობებზე, ამიტომ, როგორც ეს მიღებულია თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში, სეანსი შეესაბამება მომსახურების ისეთ ხანგრძლიობას, რომლის განმავლობაშიც მომხმარებელი, დამყარებული კავშირის ერთი სეანსის ხანგრძლიობაში, ქმნის ქსელის რესურსების დაკავებებს, მომსახურების საჭირო სახეობების მისაღებად, ანუ დაკავებებს სეანსის განმავლობაში ახორციელებს.

- ბერნულის ტიპის მოთხოვნათა ნაკადის შემთხვევაში, ნაკადის ინტენსიობა განისაზღვრება მხოლოდ თავისუფალი მომხმარებლების რაოდენობით, რადგანაც მომსახურებით დაკავებული მომხმარებელი მოთხოვნებს არ აგზავნის;
- ჰუასონის ტიპის მოთხოვნათა ნაკადში, შემოსულ მოთხოვნათა ნაკადის ინტენსიობა მუდმივი სიდიდეა, ვინაიდან მოთხოვნათა წყაროების რიცხვი უსასრულოა;
- პასკალის ტიპის მოთხოვნათა ნაკადში, რომელიც შეესაბამება მულტისერვისული ქსელის შემთხვევას, გასათვალისწინებელია, რომ მომსახურებით დაკავებული მომხმარებელი, მომსახურების დროის ხანგრძლიობის განმავლობაშიც მოითხოვს წვდომას მომსახურების სხვადასხვა სახეობებზე, რაც იწვევს მოთხოვნებს

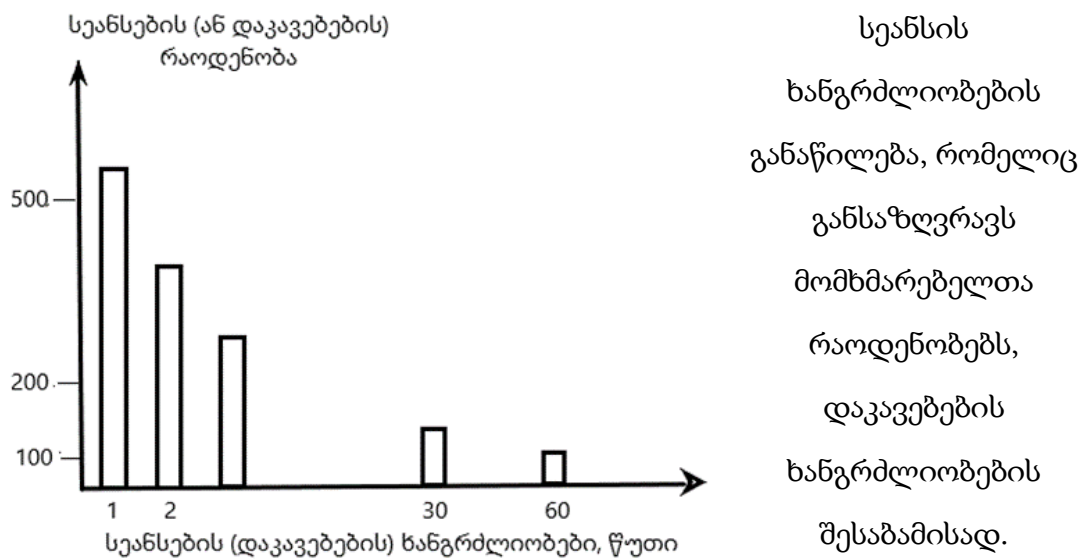
ქსელის რესურსების სხვადასხვა რაოდენობებზე და მოთხოვნებს ქსელის სხვადასხვა უბნების გამოყენებაზე.

იმისათვის, რომ სატელეკომუნიკაციო ქსელი სწორად იქნას დაგეგმარებული პერსპექტივის გათვალისწინებით (რეკონსტრუირებული, დასაბუთებულად იქნას მიღებული გადაწყვეტილება ახალი თაობის ქსელის ტექნოლოგიებზე გადასასვლელად) და შესაბამისად განხორციელდეს მისი ექსპლუატაცია, აუცილებელია რეალურ ქსელში ტრაფიკის ქვემოთ ჩამოთვლილ მონაცემებზე დაკვირვებები და სამეცნიერო წრეებისათვის ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა:

1. ინტერნეტ კავშირის სიჩქარის (სასურველია 5000-მდე რაოდენობის შესაბამისად განსაზღვრული) ხანგრძლიობები;
2. მონაცემთა მოცულობების მიმოცვლის სიჩქარეების (ბაიტი/წმ) შესაბამისად განსაზღვრული სიჩქარეების ხანგრძლიობები (სასურველია მონაცემთა მოცულობის მიმოცვლის სიჩქარეებზე დაკვირვება, მინიმუმ 3000 ბაიტი/წმ-მდე ოდენობით);
3. მულტისერვისული მომსახურებისადმი მიდრეკილება საქართველოს რეგიონების, ან ქალაქების მიხედვით: წუთდაკავება თვეში. ეს მონაცემები მოგვცემს საშუალებას, რეალური მონაცემების საფუძველზე შევადგინოთ ფორმულა, რომელიც რეგიონში (ქალაქში) წარმოებულ საერთო პროდუქტთან (მილიონ ლარებში) დამოკიდებულებაში განვსაზღვროთ სატელეკომუნიკაციო ქსელში მოსალოდნელი ტრაფიკი და შესაბამისად, საჭირო საარხო რესურსების რაოდენობა.
4. მომხმარებელთა რაოდენობების დაჯგუფება დაკავებების ხანგრძლიობების შესაბამისად (განისაზღვრება მომხმარებლები მცირე წუთდაკავებებით, საშუალო და მაღალი წუთდაკავებებით), რაც საშუალებას მისცემს ექსპლუატაციას, სწორად გადანაწილდეს საარხო რესურსები სატელეკომუნიკაციო ქსელის უბნებზე;

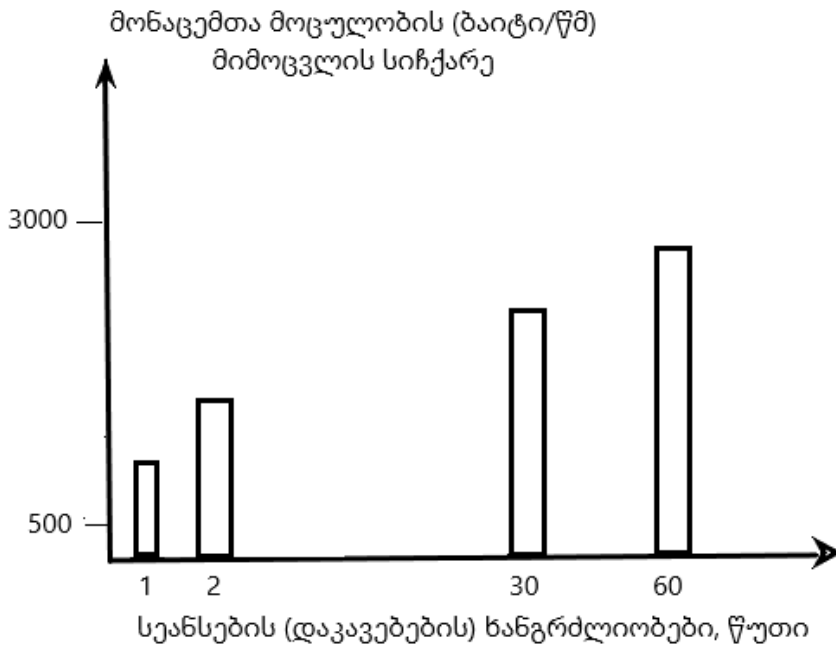
5. მე-4 პუნქტის შედეგების მიხედვით, განისაზღვრება ტრაფიკის წილობრივი მნიშვნელობები (პროცენტებში), შესაბამისი ჯგუფების მომხმარებლებისათვის;
6. ქსელის რეკონსტრუქციისათვის აუცილებელია მაღალი მაჩვენებლის (თვეში საათდაკავებების შესაბამისად) ტრაფიკის შემქმნელი მომხმარებლების გამოვლენა (რომლებსაც ძირითადად წარმოადგენენ დაწესებულებები);
7. ქსელის დაგეგმარების, რეკონსტრუქციის, გაფართოებისა და ექსპლუატაციის მიზნებისათვის აუცილებელია ტრაფიკის ხვედრითი წილის განსაზღვრა, რომლის მნიშვნელობა შეფასდება, როგორც ქსელში გაზომილი ჯამური ტრაფიკის შეფარდება, ქსელის მომხმარებლების საერთო რაოდენობასთან.

ჩამოთვლილი მონაცემების საფუძველზე განხორციელდება მულტისერვისიული ქსელის მომხმარებელთა ტრაფიკის ანალიზი შემდეგი სქემით (ქვემოთნაჩვენებ ნახაზებს შეადგენს სამეცნიერო დაწესებულებების წარმომადგენლები, ქვეყნისათვის აუცილებელი დასკვნების დამუშავების მიზნით):



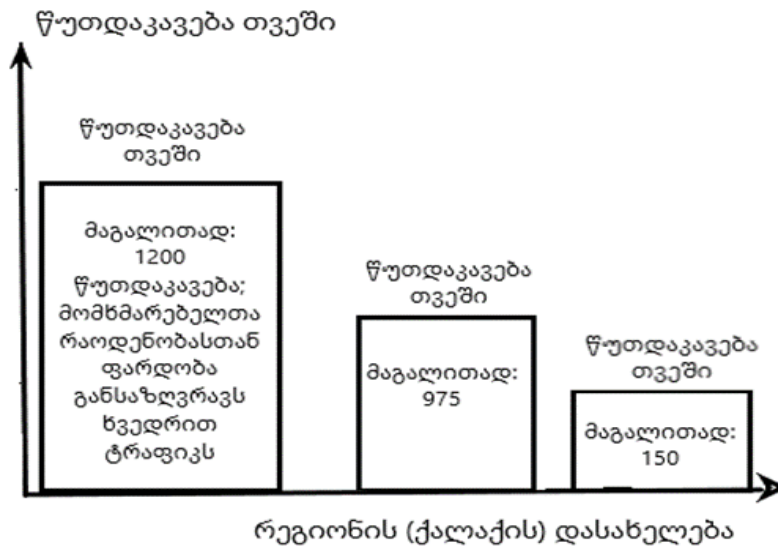
სუბსკრიბირების ხანგრძლივობების განაწილება, რომელიც განსაზღვრავს მომხმარებელთა რაოდენობებს, დაკავებების ხანგრძლივობების შესაბამისად.

ნახ.1



განისაზღვრება
სეანსების
ხანგრძლიობებსა
და მონაცემთა
მიმოცვლის
სიჩქარეებს
შორის

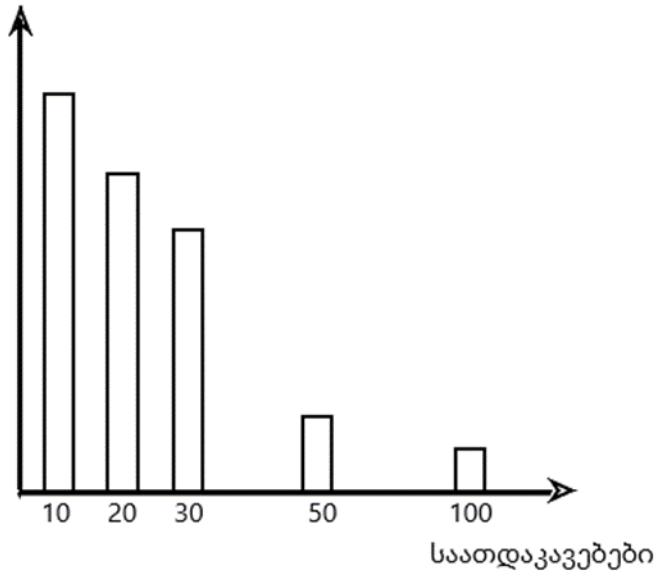
დამოკიდებულებები
ნახ.2



განისაზღვრება
თუ როგორი
განსხვავებაა
ტრაფიკის
ხვედრით
მოცულობებს
შორის
სხვადასხვა
რეგიონებში
(ქალაქებში)

ნახ.3

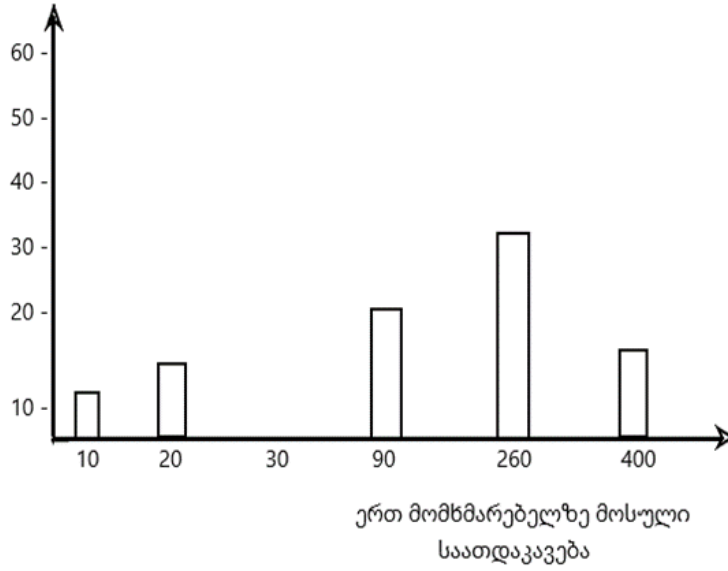
მომხმარებელთა რაოდენობა



განისაზღვრება ტრაფიკის
საშუალო მნიშვნელობა

ნახ.4

ტრაფიკის წილი (%)



განისაზღვრება
მომხმარებელთა
ჯგუფები და მათ
მიერ შემქნილი
ტრაფიკის წილი

ნახ.5