

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სიმონ ლომსაძე

საერთო სარგებლობის სატელეფონო ქსელის ოპტიმიზაცია
მზარდი მულტისერვისული ტრაფიკის პირობებში

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეფერატი

სადოქტორო პროგრამა: "ტელეკომუნიკაცია"

შიფრი: 0402

თბილისი

2018 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში
ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი
ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: პროფესორი ო. შამანაძე

რეცენზენტები:

დაცვა შედგება 2018 წლის "-----" ----- "-----" საათზე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და
ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის
სხდომაზე

კორპუსი VIII, აუდიტორია

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ის ბიბლიოთეკაში,

ხოლო ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი,
ასოცირებული პროფესორი

გ. გიგინეიშვილი

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

ნაშრომის აქტუალობა. სატელეკომუნიკაციო ქსელებში მულტისერვისული ტრაფიკის მოცულობა უახლოვეს 4 - 5 წელიწადში 11-ჯერ გაიზრდება. ასეთ დასკვნას აქვეყნებს კომპანია "Cisco" თავის ყოველწლიურ მოხსენებაში 2014წ., რომელიც ტრაფიკის ზრდის ტენდენციების შესწავლას ეძღვნება და რომლის თანახმად 2018 წლისათვის სატელეკომუნიკაციო ოპერატორების ქსელში ვიდეო ტრაფიკის წილი, მთელი ტრაფიკის მოცულობასთან მიმართებით გაიზარდა 69%-ით, რასაც 5 მილიარდი ინტერნეტ ქსელის მომხმარებელი და 10 მილიარდზე მეტი მობილური სადგურისა და ქსელთან მიერთების სხვადასხვა საშუალება განაპირობებს.

ამავე კომპანიის მიერ, 2016 წელს წარმოდგენილი პროგნოზების თანახმად, ციფრული განვითარება 2017-21წწ. მნიშვნელოვან გავლენას მოახდენს IP ქსელებში ტრაფიკის რაოდენობის მომატებაზე, რაზედაც მიუთითებს ინტერნეტის მომხმარებელთა გაზრდა (3.3 მილიარდიდან 4.6 მილიარდამდე, რაც მთელი მოსახლეობის 58%-ს შეადგენს), პერსონალური ციფრული კომუნიკაციის მოწყობილობების რაოდენობა, მათ შორის კავშირი და ინტერნეტის ქსელში ფართოზოლოვანი შედგენის საშუალო სიჩქარის მომატება. პროგნოზირების თანახმად, მსოფლიოში IP ტრაფიკი მოიმატებს სამჯერ და 2021 წლისათვის შეადგენს 3.3 ზეტაბაიტს. (ანალოგიურმა მაჩვენებელმა 2016 წ. შეადგინა 1.2 ზეტაბაიტი).

ტრაფიკის ზრდის ასეთი მკაფო დინამიკა იმაზე მეტყველებს, რომ მობილურობა ნებისმიერ ქსელთან მიერთების ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია და როგორც მომხმარებლები ასევე კომპანიები, უდიდეს მნიშვნელობას ანიჭებენ. ხოლო სერვის პროვაიდერებისათვის ესაა კონკრეტული მინიშნება, რათა უზრუნველყონ ტექნიკური რესურსების ოპტიმიზაცია მზარდი მულტისერვისული ტრაფიკის პირობებში.

თანამედროვე მულტისერვისული ქსელების აგებისა და ტრაფიკის ანალიზის საკითხების კვლევაში მნიშვნელოვანი როლი ენიჭებათ ტექნიკური უნივერსიტეტის პროფესორ - მასწავლებლების სამეცნიერო შრომებს, აღნიშნული თემის აქტუალობას ადასტურებს მეცნიერთა შრომები საზღვარგარეთ და შესაბამისი საერთაშორისო რეკომენდაციები.

სატელეკომუნიკაციო ქსელის ოპტიმიზაციის კლასიკური თეორია ქსელის დატვირთვის ცნებაზეა აგებული, სადაც ქსელის დაგეგმარების ეფექტიანობა ფასდება სკალარული კრიტერიუმის მნიშვნელობით, რომელიც დამოკიდებულია გადაცემული ინფორმაციის რაოდენობაზე ან პაკეტის დაყოვნების სიდიდეზე. სატელეკომუნიკაციო ქსელების ტექნიკური მახასიათებლების ცვლილებებმა და (ქსელში შეღწევის ფართოზოლოვანი არხების გამოყენება) მომსახურების წარმოდგენის მეთოდებმა (ყოველთვიურ სააბონენტო გადასახადებზე გადასვლა) გამოიწვია, სატელეკომუნიკაციო ქსელების ოპტიმიზაციის აუცილებლობა, რაც ერთი მხრივ მოითხოვს სატელეკომუნიკაციო ქსელის მათემატიკურ აღწერას და მეორე მხრივ ეკონომიკური თვალსაზრისით გამართლებულ გადაწყვეტილებას.

გამომდინარე ზემოდთქმულიდან, აღნიშნული დისერტაცია ეძღვნება ისეთი ამოცანის გადაწყვეტის გზების ძიებას, როგორცაა - მონაცემთა გადაცემის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაცია, ალგორითმების დახმარებით, რომელებიც საშუალებას იძლევა მიღებული შედეგების სიმრავლიდან არჩეული იქნეს ოპტიმალური გადაწყვეტილება.

სატელეკომუნიკაციო ქსელის ოპტიმიზაციის საკითხი, მზარდი მულტისერვისული ტრაფიკის პირობებში, ჯერ კიდევ არაა გადაწყვეტილი, სწორედ ამიტომ, **კვლევის ობიექტია** ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელი, რომელიც მონაცემთა გადაცემის სატრანსპორტო საშუალებას წარმოადგენს.

კვლევის საგანია მაგისტრალური ქსელის მათემატიკური მოდელი და ოპტიმიზაციის ალგორითმები.

კვლევის მეთოდები. დისერტაციაში გამოყენებულია სისტემური მიდგომა, გრაფების თეორია, ოპტიმიზაციის ალგორითმებისა და გადასაჭრელი ამოცანის გამოთვლითი სირთულის შეფასების მეთოდები, ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა ისეთი მეთოდებით როგორებიცაა გენეტიკური ალგორითმები, დატოტვისა და ზღვრული მეთოდები, მთლიანი გადარჩევის მეთოდი. მაგისტრალური ქსელის პროგრამული უზრუნველყოფის დასამუშავებლად, გამოიყენება ობიექტზე ორიენტირებული პარადიგმები და იმიტაციური მოდელირება.

სადისერტაციო ნაშრომის მიზანია - ოპტიმიზაციის ალგორითმების გამოყენებით პროგრამული უზრუნველყოფის დამუშავება, რომელიც საშუალებას მოგვცემს განხორციელებული იქნას მონაცემთა გადაცემის სატრანსპორტო ქსელის დაგეგმარება და ოპტიმიზაცია.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად გადაწყვეტილია შემდეგი ამოცანები:

1. აგებულია ტელეკომუნიკაციის სატრანსპორტო ქსელის მაგისტრალური მოდელი, რომელიც ითვალისწინებს თანამედროვე ქსელის აგების თვისებებს;
2. წარმოდგენილია ამოცანა რომელიც ითვალისწინებს ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციას და მისი გამოთვლითი სირთულის ანალიზს;
3. განხორციელებულია ოპტიმიზაციის სხვადასხვა მეთოდების მორგება ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად;
4. მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად შექმნილია პროგრამული მოდელი შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის დახმარებით.

სადისერტაციო ნაშრომში დასახული მიზანი ითვალისწინებს შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტას:

1. ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის მათემატიკური მოდელის აგებას;

2. ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ასაგებად ოპტიმალური სიმრავლის შერჩევას, დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების საფუძველზე;
3. ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ასაგებად ოპტიმალური სიმრავლის შერჩევას, რომელიც დაფუძვნებულია ევოლუციურ-გენეტიკურ მიდგომაზე.

სამეცნიერო სიახლე.

1. აგებულია ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის მოდელი, ორიენტირებული აციკლური გრაფის სახით, რომელიც საშუალებას იძლევა შეფასებული იქნას ქსელის მწარმოებლურობა და ეკონომიკური ეფექტიანობა. ძირითადი განსხვავება სხვა მზგავსი ამოცანების გადაწყვეტისას გახლავთ, მაქსიმალური გამტარუნარიანობის გამოყენება და ტექნიკურ-ფინანსური პარამეტრების გამოყენება.
2. სატრანსპორტო ქსელის წარმოდგენილი მოდელის ფარგლებში ჩამოყალიბებულია მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა, რომელიც გადაწყვეტილია დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენებით. აღნიშნული მეთოდის განსაკუთრებულობა მდგომარეობს იმაში, რომ შესაძლებელია შედეგების ანალიზი ისეთი კრიტერიუმებით, როგორებიცაა მწარმოებლურობა და ღირებულება.
3. საკითხის გადასაწყვეტად, ამოცანას მორგებულია ევოლუციურ-გენეტიკური ალგორითმი, რაც გულისხმობს ოპტიმალური სიმრავლის შერჩევას, რაც საშუალებას იძლევა შემცირებული იქნას გამოთვლითი ხარჯები და ინტერაქტიულ რეჟიმში გადაწყვეტილი იქნას დიდი გამტარუნარიანობის მიღება, ზუსტ მეთოდებთან შედარებით.

პრაქტიკული ღირებულება და შედეგების რეალიზაცია. პრაქტიკულ ღირებულებას განაპირობებს წარმოდგენილი მათემატიკური მოდელი, გამოყენებული ალგორითმები და პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც

გამოიყენება კომპიუტერულ სისტემებში, რომლის დანიშნულებაცაა წარმოდგენილი ამოცანების იმიტაციური მოდელების შექმნა ქსელის დაგეგმარების ესკიზის ეტაპზე და ასევე უკვე არსებული ქსელის ოპტიმიზაციის განსახორციელებლად.

სადისერტაციო ნაშრომის შედეგები ტესტირების რეჟიმში გამოიყენება მობილური სატელეკომუნიკაციო კომპანია "ჯეოსელში" და შესაძლებელია დანერგული იქნას უნივერსიტეტის სასწავლო პროცესში, ტელეკომუნიკაციის დეპარტამენტი-სათვის, ლექციების კურსის სახით.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი შედეგები მოხსენებული და განხილულია სხვადასხვა დროს გამართულ სემინარებსა და კონფერენციებზე:

1. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე International IX Krakow Conference of Young Scientists AGH - University of Science and Technology, was held on October 2 - 4, 2014;
2. პირველ, მეორე და მესამე კოლოკვიუმებზე (სტუ, 2016-2017);
3. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე. თბილისი, საქართველო, 27 ივნისი, 2017.

პუბლიკაციები. დისერტაციის ძირითადი შინაარსი ასახულია რეცენზირებად ჟურნალებში გამოქვეყნებულ 4 (ოთხ) სტატიაში.

ავტორის პირადი წვლილი. დისერტაციის შინაარსი და დასაცავად გამოტანილი თეზისები ასახავს დოქტორანტის პერსონალურ წვლილს. თანამედროვე სატრანსპორტო ქსელის აგების პრინციპები, მაგისტრალური ქსელის მათემატიკური მოდელი, ალგორითმები, რომლებიც დაფუძნებულია ევოლუციურ-გენეტიკურ მიდგომაზე და დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენებაზე, დამუშავებულია სტატიების თანაავტორებთან ერთად.

სადისერტაციო ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა. ნაშრომი შედგება შესავალის, ოთხი თავისაგან, დასკვნისა და გამოყენებული

ლიტერატურის ჩამონათვალისაგან. ნაშრომის მთელი მოცულობა შეადგენს 130 გვერდს, მათ შორის 122 გვერდი ძირითადი ნაწილია, 7 ცხრილით და 23 ნახაზით. გამოყენებული ლიტერატურის ჩამონათვალი მოიცავს 94 დასახელების ლიტერატურას.

ნაშრომის შინაარსი

პირველი თავი - სატელეკომუნიკაციო ქსელის ოპტიმიზაციის კლასიკური თეორია ქსელის დატვირთვის მცნებაზეა აგებული, რომელიც გულისხმობს ინფორმაციის გარკვეული რაოდენობის გადაცემას ქსელის კვანძებს შორის, ხოლო ოპტიმიზაციის კრიტერიუმს წარმოადგენს რაიმე ფუნქცია რომელიც დამოკიდებულია ინფორმაციის მატარებელი პაკეტის დაყოვნების სიდიდეზე. ჩვენ მიერ განიხილულია ოპტიმიზაციის მეთოდი რომელიც კლასიკურისაგან განსხვავდება და გულისხმობს ოპტიმიზაციის ისეთი ალგორითმების გამოყენებას როგორებიცაა: მთლიანი გადარჩევის მეთოდი, დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენება, ჭიანჭველა ალგორითმები, გენეტიკური ალგორითმი და ოპტიმიზაციის სხვა მეთოდების გამოყენებას.

მიუხედავად იმისა, რომ მთლიანი გადარჩევის მეთოდი ხასიათდება გამოთვლის სირთულით, მისი გამოყენება რაციონალურია რამოდენიმე მიზეზით. პირველი, მთლიანი გადარჩევის ალგორითმის გამოყენების საფუძველზე შესაძლებელია ნაჩვენები იქნას, თუ რა სახით წარმოებს ამოცანის გადაწყვეტა და მეორეც, მთლიანი გადარჩევის მეთოდი უზრუნველყოფს ზუსტი გადაწყვეტილების მოძიებას, ამიტომ ახალი ალგორითმების დამუშავებისას, ამ გადაწყვეტილებების საფუძველზე შესაძლოა შედეგების გადამოწმება, მაგრამ მხოლოდ მცირე მოცულობის ამოცანებისათვის.

დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენება შემოთავაზებული იქნა A. H. Land-ისა და A. G. Doig -ის ნაშრომში წრფივი პროგრამირების ამოცანების გადასაწყვეტად. მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში რომ, მოხდეს ყველა შესაძლო გადაწყვეტილების გადარჩევა, რომელთა თანაკვეთაც ხდება, ამკარად არაოპტიმალური გადაწყვეტილებების სიმრავლესთან.

ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტად ზოგიერთი მკვლევარი დატოტვისა და ზღავრის მეთოდს იყენებს სხვადასხვა მეთოდებთან ერთად და შედეგად ვიღებთ ისეთ სქემას როგორცაა "დატოტვისა და კვეთის" მეთოდი - (branch-and-cut). აღნიშნული მეთოდების გაერთიანება იძლევა გადაწყვეტილების გაზრდილი სიჩქარის მიღების საშუალებას, თუმცა გადასაწყვეტი ამოცანის მოცულობის გაზრდის შემთხვევაში აუცილებელი ხდება სულ უფრო მეტი კვეთის გენერირება, რასაც მივყავართ აღნიშნული მეთოდის მუშაობის დროის გაზრდასთან.

მეოცე საუკუნის 90-იან წლებში აღმოჩენილი იქნა გამოთვლების ახალი მეთოდი, რომელიც ეფუძვნება კოლექტიური ინტელექტის ცნებას (swarm intelligence). ეს მეთოდი წარმოადგენს ალგორითმს, რომელიც არის ჭიანჭველების ზოგიერთი სახეობის ქცევის იმიტაცია.

კვლევის საფუძველზე რეალური ჭიანჭველების ქცევა გარდაიქმნება ჭიანჭველების სისტემის მათემატიკურ მოდელად - ალგორითმად, სადაც დასახული ამოცანის მისაღწევად ხელოვნური ჭიანჭველების სიმრავლე ერთმანეთთან ურთიერთმოქმედებს ინფორმაციის გაცვლით.

ოპტიმიზაციის ჭიანჭველა ალგორითმების მთავარი მახასიათებლებია:

- დადებითი უკუკავშირი;
- განაწილებული გამოთვლა;
- "ხარბი" ევრისტიკის გამოყენება.

დადებითი უკუკავშირი აუცილებელია კარგი გადაწყვეტილების სწრაფი აღმოჩენისათვის. განაწილებული გამოთვლა საშუალებას იძლევა თავი ავარიდოთ უდროო შეთავსებას. ხოლო "ხარბი" ევრისტიკა ძიების სხვადასხვა ეტაპზე გვეხმარება, ვიპოვოთ მისაღები გადაწყვეტილებები.

ევოლუციური ალგორითმი წარმოადგენს ხელოვნური ინტელექტის ერთ-ერთ მიმართულებას. ხელოვნური ინტელექტის სისტემის აგებისას ძირითადი ყურადღება ეთმობა საწყისი მოდელის აგების წესებს, რომელთა მიხედვითაც შესაძლოა ადგილი ქონდეს ევოლუციურ პროცესებს. ეს მოდელი სხვადასხვა მეთოდებით აიგება: ნეირონული ქსელით ან

ლოგიკური წესების ერთობლიობით. ზუსტი მეთოდებისაგან განსხვავებით, მათემატიკური პროგრამირების ევოლუციური მეთოდები შესაძლებლობას გვაძლევს ვიპოვოთ ოპტიმალურთან ახლოს მდგომი ამონახსნები, მისაღებ დროში. სხვა ევრისტიკული მეთოდებისაგან განსხვავებით, მეტი უნივერსალობა ახასიათებთ და ამდენად მეტი ხარისხით უახლოვდება ოპტიმალურ გადაწყვეტილებას. ევოლუციური ალგორითმები, ზოგადად როგორც მეთოდოლოგიური კლასი, წარმოადგენენ პოპულაციაზე და მის ევოლუციაზე დამყარებულ ალგორითმებს, რომელთა საფუძველს წარმოადგენს ბუნებრივი ევოლუცია. ისინი იყენებენ ბიოლოგიური ევოლუციის ელემენტებს, როგორებიცაა: შეჯვარება-გამრავლება, მუტაცია, ბუნებრივი გადარჩევა.

ევოლუციური ალგორითმების ერთ-ერთ სახეობას განეკუთვნება გენეტიკური ალგორითმი, რომელიც დაფუძნებულია ბუნებრივი გადარჩევისა და მემკვიდრეობით მიღებულ ინფორმაციაზე. მასში შედარებით შემგუებელი ინდივიდის გადარჩენის ევოლუციური პრინციპია გამოყენებული. ოპტიმიზაციის ტრადიციული მეთოდებისაგან, გენეტიკური ალგორითმები განსხვავდება რამოდენიმე არსებითი თვისებით:

1. ამუშავებენ თავდაპირველი ინფორმაციის კოდურ ფორმას და არა თავად ინფორმაციას;
2. გადაწყვეტილების ძიების პროცესი ხორციელდება არა ერთი რომელიმე წერტილიდან, არამედ რამოდენიმე კუთხით;
3. გადაწყვეტილების საძიებლად გამოიყენება მხოლოდ, გადასაწყვეტი ამოცანის საბოლოო, მიზანი ფუნქცია;
4. ყველა ქმედება, რომელიც ალგორითმის მუშაობის დროს იწარმოება, იყენებს ალბათურ და არა არჩევის დეტერმინირებულ მნიშვნელობებს.

მეორე თავი - ტელეკომუნიკაციის ქსელის განვითარების თანამედროვე მიმართულება ორიენტირებულია ახალი მომსახურებებისა

და ტექნოლოგიების დანერგვასთან, რომლებიც მნიშვნელოვან მოთხოვნებს წარუდგენენ სატრანსპორტო ქსელების მახასიათებლებს. განვითარების თანამედროვე ტენდენციები ეხებათ როგორც სტაციონარული ასევე მობილური ტელეკომუნიკაციის ქსელებს, კერძოდ ამ უკანასკნელისათვის აღნიშნული დაკავშირებულია 4G და 5G მობილური ქსელის დანერგვასთან. თუ, ახლო წარსულამდე მობილური ტელეკომუნიკაციის ქსელში ჭარბობდა ხმოვანი ტრაფიკი, უახლეს ტექნოლოგიებზე გადასვლით, მონაცემთა გადაცემის როლი კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი გახდა და არსებითად გაიზარდა მისი ხვედრითი წონა მთლიან ტრაფიკთან მიმართებით.

ტელეკომუნიკაციის სატრანსპორტო ქსელის დაგეგმარებისას გამოიყენება როგორც რადიო-სარელეო ასევე ოპტიკურ-ბოჭკოვანი არხი და ასეთი ქსელის უმრავლესობა დაფუძნებულია ისეთ ტექნოლოგიებზე როგორებიცაა: SDH, WDM, ATM, IP/MPLS, ETHERNET -ი და რადგან ტელეკომუნიკაციის ქსელში დანერგილი ახალი მომსახურებების მიმართ გადაცემის სისტემების მახასიათებლები მგრძობიარეა, ამიტომ გადაცემის სატრანსპორტო ქსელის ოპტიმიზაცია, ახალი ფართოზოლოვანი სერვისების მომსახურების მიზნით, წარმოადგენს აუცილებელ და იმავდროულად აქტუალურ თემას, რადგან მნიშვნელოვანია ისეთი საკითხების გათვალისწინება და გადაწყვეტა როგორებიცაა დანახარჯების შემცირება და საიმედოობის შენარჩუნება.

სატრანსპორტო ქსელი, რომელიც მომხმარებლისათვის მომსახურების მიწოდების საფუძველს წარმოადგენს, ყოველთვის იყო წარდგენილი ისეთი მოთხოვნები როგორებიცაა: საიმედოობა, მოქნილობა, მასშტაბურობა და განვითარების შესაძლებლობა, ამიტომ გადაცემის ოპტიკურ-ბოჭკოვანმა სისტემებმა, რომლებიც აგებულია SDH ტექნოლოგიების გამოყენებით, უკვე დიდი ხანია დაიკავა წამყვანი ადგილი სატრანსპორტო ქსელების აგებისას და ტელეკომუნიკაციის ყველა ოპერატორის მიერ გამოიყენება. ტელეკომუნიკაციის ახალი მომსახურების

დანერგვასთან ერთად სატრანსპორტო ქსელს წარედგინება ისეთი მოთხოვნები, როგორცაა მულტისერვისულობა და ეკონომიურობა.

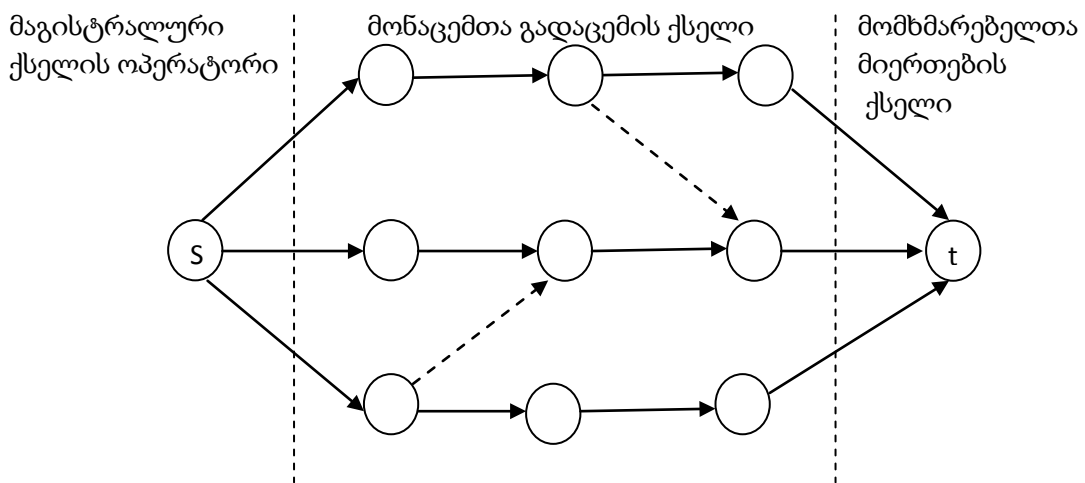
სატრანსპორტო ქსელის განვითარების თანამედროვე ტენდენციას წარმოადგენს VoIP-ტექნოლოგიაზე გადასვლა, რაც გულისხმობს ხმოვანი ტრაფიკის პაკეტურ კომუტაციას და ინტეგრირებული ტექნოლოგიების გამოყენებას. აღნიშნული მიიღწევა მულტისერვისული რაბის - Soft-switch გამოყენებით ან SDH ტექნოლოგიის ევოლუციით IP/MPLS ქსელის მიმართულებით. ნებისმიერ შემთხვევაში ახალი ფართოზოლოვანი მომსახურება საჭიროებს ოპერატორების მფლობელობაში უკვე არსებული სატრანსპორტო ქსელის გამტარუნარიანობის გადახედვას ან ახალი მაღალსიჩქარიანი მაგისტრალური ქსელის შექმნას, რომლის პრაქტიკული განხორციელება შეუძლებელია ოპტიმალური დაგეგმარებისა და ტექნიკური რესურსების ეფექტიანად განაწილების გარეშე.

სატრანსპორტო ქსელის ასაგებად გამოყენებული ტექნოლოგიების ურთიერთშეთავსება ოპტიმიზაციის მიზნით როგორც წესი ფასდება რამოდენიმე კრიტერიუმით. თუმცა ძალიან ხშირად ამ კრიტერიუმების ურთიერთშედარება პრაქტიკულად შეუძლებელია ან ურთიერთსაწინააღმდეგოა, რაც განსაკუთრებულად მკაფიოდ გამოიხატება ისეთი მაჩვენებლების მაგალითზე როგორცაა ეკონომიურობა და მწარმოებლურობა. როგორც წესი ქსელის აგების ეკონომიკური ეფექტიანობა და მწარმოებლურობა ურთიერთსაწინააღმდეგო მოვლენაა, ანუ მათი ურთიერთწინააღმდეგობრივი ბუნება შესაძლებლობას იძლევა მოძიებული იქნას მისაღები გადაწყვეტილება, თუმცა აღნიშნული მიიღწევა კომპრომისის საფუძველზე, ურთიერთდათმომების ხარჯზე. საქმე იმაშია, რომ ტექნიკური მახასიათებლების გაუმჯობესებისას, მაგალითად ისეთის როგორცაა გამტარუნარიანობა, პრაქტიკულად ყოველთვის შეინიშნება ტექნიკური აპარატურის შეძენისა და ექსპლუატაციის ხარჯების გაზრდა. სხვაგვარად რომ ვთქვათ მაღალმწარმოებლური ტექნიკის შესაძენად

საჭიროა უბრო მეტის გადახდა და რაც უფრო უკეთესია ტექნიკური მახასიათებლები, მით უფრო ძვირადღირებულია იგი.

მესამე თავი - აღნიშნულ თავში განიხილება ამოცანა, რომელიც გულისხმობს ტელეკომუნიკაციის სატრანსპორტო ქსელის ოპტიმიზაციას, რომელიც წარმოადგენს ერთი ოპერატორის მაგისტრალურ ქსელს, რომლის მაგალითიც მოცემულია ნახაზზე 3.1.

ჩვენს მიერ წარმოდგენილია ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელი, რომელიც დაფუძნებულია კლასიკურ ნაკადურ მოდელზე და ცნობილია საორიენტაციო აციკლური გრაფი $G=(V, E)$, რომელიც არსებულ ქსელს აღწერს. V - წვეროების სიმრავლეა, რომელთაც შეესაბამება ქსელის საკვანძო ელემენტები (კომპუტატორები და ა.შ.). $(u, v) \in E$ წიბო, u და v ელემენტებს შორის კავშირის არხს წარმოადგენს და გააჩნია დადებითი გამტარუნარიანობა $c(u, v)$, რომელიც გვიჩვენებს თუ, ინფორმაციის რა მაქსიმუმი მოცულობის გატარებაა შესაძლებელი დროის მოცემული მომენტისათვის.



ნახ.1. ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის მაგალითი

გრაფში გამოყოფილია ინფორმაციის გადაცემისა და მიღების წერტილები S და t . t წერტილიდან გამოყოფილი წიბოები, რომელიც

მაგისტრალური ოპერატორის არხებს წარმოადგენს, ერთმანეთს აკავშირებს რეგიონში გაშლილი ქსელის - ISP ოპერატორსა და მომხმარებელთა მიერთების ქსელს. მიღების წერტილი წარმოადგენს ელემენტს, რომელთანაც დაკავშირებულია წიბოები, რომლებიც წარმოადგენენ კავშირის არხებს ოპერატორის კომპუტატორებიდან მომხმარებლის მიერთების ქსელამდე.

წიბოების სიმრავლე $E' (E' \cap E'' = \emptyset)$ აღწერს გადაცემის ყველა არხს რომელიც კი შეიძლება აგებული იქნას. ყოველი $E' \in (u, v)$ წიბოსათვის ცნობილია გამტარუნარიანობა $c'(u, v)$ და აგების ღირებულება $p'(u, v)$. თითოეული წიბო E' სიმრავლიდან დანომრილია სხვადასხვა მთელი რიცხვით 1 დან $|E'|$ - მდე და e_i - ით აღნიშნულია წიბო ნომრით i , E' სიმრავლიდან.

მონაცემთა ტრანსპორტირების მოდელი, შესაძლებელია წარმოდგენილი იყოს $f_G : V \times V \rightarrow \mathbf{R}$ ნაკადის ფუნქციის სახით. $f_G(u, v)$ სიდიდე გვიჩვენებს თუ ინფორმაციის რა მოცულობა გადაიცემა კავშირის არხით, რომელიც შეესაბამება წიბოს u და v ელემენტებს შორის, დროის მოცემული მომენტისათვის. f_G ფუნქცია უნდა აკმაყოფილებდეს სამ პირობას:

1. არხების გამტარუნარიანობა შეზღუდულია: $\forall u, v \in V : f_G(u, v) \leq c(u, v)$
2. გადაცემის გარემო ასიმეტრიულია: $\forall u, v \in V : f_G(u, v) = -f_G(v, u)$
3. ინფორმაციის ნაკადი შენარჩუნებულია: $\forall u, v \in V \setminus \{s, t\} : \sum_{v \in V} f_G(u, v) = 0$

თუ $|f_G|$ - ით ავლნიშნავთ ნაკადის სიდიდეს G გრაფში, რომელიც გვიჩვენებს ინფორმაციის რა რაოდენობა შეიძლება გადაცემული იქნას გადაცემის წერტილიდან დანიშნულების ადგილამდე დროის მოცემული მომენტისათვის, მაშინ $|f_G|$ გამოითვლება შემდეგი სახით: $|f_G| = \sum_{v \in V} f_G(s, v)$;

$|F_G|$ - თი ავღნიშნავთ ნაკადის მაქსიმალურ მოცულობას G გრაფში, f_G - ის ყველა შესაძლო მნიშვნელობებს შორის.

მაგისტრალური ქსელის დაგეგმარებას პირობითად დავარქვათ წიბოების სიმრავლე $E^* \subseteq E$, რომლებიც შეესაბამება კავშირის არხებს, რომელთა აგებაც უნდა მოხდეს. დაგეგმარების განსახორციელებლად მიღებული გადაწყვეტილებისას, თავდაპირველი ქსელი გარდაიქმნება და აღიწერება $G^* = (V, E \cup E^*)$ გრაფით. აგების ღირებულება ტოლია

$$\sum_{(u,v) \in E^*} p(u,v) \quad \text{ხოლო მაქსიმალური გამტარუნარიანობა } |F_{G^*}|.$$

$Q_1(E^*)$ - თი ავღნიშნავთ ქსელის დაგეგმარების ღირებულებას:

$$Q_1(E^*) = \sum_{(u,v) \in E^*} p(u,v); \quad (3.1)$$

ხოლო $Q_2(E^*)$ -ით ავღნიშნავთ ქსელის მაქსიმალურ გამტარუნარიანობას, რომელიც აღიწერება G^* გრაფით:

$$Q_2(E^*) = |F_{G^*}|. \quad (3.2)$$

ოპტიმიზაციის აღნიშნული კრიტერიუმების არჩევა შემდეგი მიზეზებითაა გამოწვეული:

1. ღირებულება, ერთ-ერთ მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს ნებისმიერი პროექტის განხორციელებისას. რადგან დანახარჯების უმეტესი ნაწილი მოდის არხების დაგეგმარებაზე, ამიტომ დანაზოგი მოწყობილობების ღირებულებაზე მხედველობაში არ მიიღება. აქვე უნდა აღინიშნოს ღირებულების ორმაგი ბუნება: ერთი მხრივ ესაა ბიუჯეტის შეზღუდვა, რომელიც გამოიყოფა ქსელის ოპტიმალური დაგეგმარებისათვის და მეორე მხრივ შეფასების კრიტერიუმი, რომლის საფუძველზედაც უნდა განხორციელდეს ქსელის ოპტიმიზაცია.

2. ოპტიმიზირებული ქსელის მაქსიმუმი გამტარუნარიანობის ცოდნა, საშუალებას იძლევა ვივარაუდოთ თუ მომხმარებელთა რა რაოდენობა შეძლებს აღნიშნულით სარგებლობას. ეს ინფორმაცია ძალზედ მნიშვნელოვანია შემდეგი მიზეზით: ინტერნეტ ქსელის რეგიონალური პროვაიდერი მაგისტრალური ოპერატორისაგან ყიდულობს "ვირტუალურ" არხს, განსაზღვრული გამტარუნარიანობით. იმ შემთხვევაში თუ ინფორმაციის რაოდენობა რომელიც გადაიცემა აღნიშნული არხებით აჭარბებს დასაშვებს, მაშინ რეგიონის ISP (Internet Service Provider) ოპერატორი უმნიშვნელო თანხას უხდის მაგისტრალური ქსელის მიმწოდებელს, რაც დამოკიდებულია ინფორმაციის მოცულობის გადაჭარბებულ რაოდენობაზე. ჯარიმის ფუნქციის მნიშვნელობა საკმაოდ სწრაფად იზრდება და "ვირტუალური" არხის გამტარუნარიანობის ლიმიტის გადაჭარბება წარმოადგენს უკიდურესად არასასურველ მოვლენას. ამიტომ, ინტერნეტის პროვაიდერმა იცის რა ქსელის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა, შეუძლია შეაფასოს მომხმარებელთა რა რაოდენობას შეუძლია მოემსახუროს ჯარიმის გადახდის გარეშე.

მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა შესაძლოა ჩამოყალიბებული იქნას შემდეგი სახით:

ორიენტირებული გრაფისა $G=(V, E)$ და წიბოების (ამ შემთხვევაში იგულისხმება გადაცემის არხები) $E'(E \cap E' = \emptyset)$ სიმრავლით, $c(u, v)$ და $c'(u, v)$ გამტარუნარიანობის მატრიცებით და ასევე წიბოთა აგების ღირებულების მატრიცით $P(u, v)$, ვიპოვოთ $(Q_1(E^*), \min_{E^*} Q_2(E^*))$ ამოცანის გადაწყვეტის ოპტიმალური მნიშვნელობები.

ამ მიზნით გამოყენებულია სისტემური მიდგომა, გრაფების თეორია, ოპტიმიზაციის ალგორითმებისა და გადასაჭრელი ამოცანის გამოთვლითი სირთულის შეფასების მეთოდები, ოპტიმიზაციის ამოცანის გადაწყვეტა ხორციელდება ისეთი მეთოდებით როგორებიცაა მთლიანი

გადარჩევის მეთოდი, დატოტვისა და ზღვრული მეთოდები, გენეტიკური ალგორითმები.

მთლიანი გადარჩევის მეთოდი გულისხმობს მაგისტრალური ქსელის აგების ყველა შესაძლო მეთოდის განხილვას და თითოეული მათგანისათვის მაქსიმალური გამტარუნარიანობისა და აგების ღირებულების გამოთვლას. თუმცა აღნიშნული მეთოდის გამოყენებას პრაქტიკაში, აზრი არ აქვს, რადგან მისი მუშაობის სიჩქარე საკმაოდ დაბალია და მის მაგიერ შესაძლოა გამოყენებული იქნას დატოტვისა და ზღვრული მეთოდი, რომლის მუშაობის სიჩქარეც უფრო დიდია და აღნიშნული მეთოდი უფრო მეტი ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობას იძლევა მთლიანი გადარჩევის მეთოდთან შედარებით. ხოლო მთლიანი გადარჩევის მეთოდის განხორციელება გამოწვეულია იმითი, რომ იგი შესაძლოა გამოყენებული იქნას სხვა ალგორითმების მუშაობის სისწორის შესამოწმებლად, რადგან თავად მეტად მარტივ ალგორითმს წარმოადგენს.

მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაჭრელად დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენება უფრო მოსახერხებელია. ამ მიზნით წარმოდგენილი ამოცანის გადასაწყვეტად აღიწერება დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების განხორციელების მაგალითი.

ფიქსირებული ეწოდება განხილული გადაწყვეტილებების ქვესიმრავლის წიბოებს, E' სიმრავლიდან, რომელთათვისაც უკვე გაკეთებულია არჩევანი, იქნება თუ არა აგებული.

S-ით აღინიშნება სიმრავლე, რომელიც მოიცავს ოპტიმალური გადაწყვეტილებების ქვესიმრავლის ფიქსირებულ წიბოებს, რომელთა აგებაც მოხდება.

დატოტვის თითოეული ელემენტი შეესაბამება D_p დასაშვები გადაწყვეტილებების ქვესიმრავლეს და მოიცავს L_p ქვედა და H_p ზედა შეფასების მნიშვნელობებს, $(Q_1(E^*), Q_2(E^*))$ შესაფასებლად, აღნიშნული

ქვესიმრავლისათვის. ამასთან ყველაზე უფრო ქვემდგომი წევრო (ხის ნულოვანი დონე) შეესაბამება D დასაშვები გადაწყვეტილებების სიმრავლეს, ხოლო ნებისმიერ $k > 0$ დონის წევროს, შეესაბამება ქვესიმრავლე, რომელიც მიიღება პირველი k წიბოების ფიქსირებისას ქსელის E' სიმრავლიდან.

თითოეული ელემენტისაგან (დატოტვის გარდა იმ ნაწილისა, სადაც ფიქსირებულია ყველა წიბო E' სიმრავლიდან) ხდება დატოტვა ორ ქვესიმრავლედ, ანუ ხორციელდება დიქტომიური გაყოფა. პირველი ქვესიმრავლე მიიღება მორიგი წიბოს ფიქსირების შედეგად, მაგრამ მისი დამატების გარეშე S -ში, ანუ განხილული წიბო არ იქნება დაგეგმარებული ქსელში. მეორე ქვესიმრავლე მიიღება მორიგი წიბოს ფიქსირების შედეგად, მისი S -ში დამატების შემდეგ, ანუ განხილული წიბო აგებული იქნება.

L_p ქვედა შეფასება, E^* პროექტის დაგეგმარებისათვის, პირველი k წიბოს ფიქსირების შემდგომ, გამოითვლება შემდეგი სახით:

$$Q_1(E^*) = \sum_{e \in S} p'(e) + \sum_{i=k+1}^{|E|} p'(e_i) \quad (3.3)$$

ანუ ტოლია ფიქსირებული წიბოების აგების ჯამური ღირებულების, რომლებიც იქნება აგებული და წიბოების, რომელთა განხილვაც ჯერ არ მომხდარა, ანუ წიბოები რომელთა რიცხვითი მნიშვნელობა k -ზე მეტია.

$$Q_2(E^*) = (F_{G(V, E \cup S)}) \quad (3.4)$$

ანუ ტოლია გრაფში გამავალი ნაკადის სიდიდის, რომელიც მიიღება აგებული წიბოების დამატებით.

H_p ზედა შეფასება, E^* პროექტის დაგეგმარებისათვის, პირველი k წიბოს ფიქსირების შემდგომ, გამოითვლება შემდეგი სახით:

$$Q_1(E^*) = \sum_{e \in S} p'(e) \quad (3.5)$$

ანუ ტოლია ფიქსირებული წიბოების აგების ჯამური ღირებულების, რომლებიც აგებული იქნება:

$$Q_2(E^*) = F_{G(V, E \cup S \cup \{e_i | i, k\})} \quad (3.6)$$

დატოტვის ფუნქცია არის რეკურსიული, რომლის შესასვლელსაც მიეწოდება წიბოს k ნომერი კანსახილველად, (იგულისხმება, რომ k წიბოს პარამეტრის ფუნქციის გამოძახებისას, ნომრით 1 დან $k - 1$ - მდე წარმოადგენს ფიქსირებულს). ალგორითმის მუშაობა იწყება დატოტვის ფუნქციის გამოძახებით, რომლის არგუმენტია 1.

დატოტვის თითოეული ელემენტისათვის გამოითვლება ზედა H_p და ქვედა L_p შეფასების გადაწყვეტილება p .

გადაწყვეტილებას $r \in R$ შეესაბამება შეფასება $(Q_1(r), Q_2(r))$, მაშინ:

1. თუ $L_p > (Q_1(r), Q_2(r))$ და $r \in R$ გადაწყვეტილება იშლება ჩანაწერის სიმრავლიდან, რადგან არსებობს გადაწყვეტილება რომელიც აღნიშნულს დომინირებს;
2. თუ $(Q_1(r), Q_2(r)) > H_p$ მაშინ, დატოტვა მიმდინარე ელემენტიდან წყდება და ხორციელდება გადასვლა გადაწყვეტილებების სხვა ქვესიმრავლის განსახილველად;
3. თუ $\neg \exists r \in R : (Q_1(r), Q_2(r)) > H_p$, იმ შემთხვევაში როდესაც დატოტვის განხილული ელემენტი შედეგს წარმოადგენს, მაშინ p გადაწყვეტილება ემატება ჩანაწერების სიმრავლეს $R(R = R \cup \{p\})$. წინააღმდეგ შემთხვევაში გრძელდება დატოტვა მიმდინარე ელემენტიდან (ხორციელდება დატოტვის ფუნქციის გამოძახება, არგუმენტით $k + 1$).

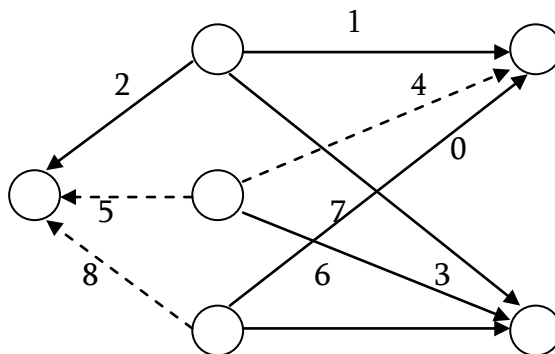
ალგორითმის მუშაობის შედეგად, R სიმრავლე შეიცავს ყველა ოპტიმალურ მნიშვნელობას.

მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის წარმოდგენილი ალგორითმის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ მისი შესრულების პროცესში ჩანაწერის სიმრავლეს ემატება ის და მხოლოდ ის გადაწყვეტილება, რომელშიდაც დაფიქსირებულია ყველა წიბო.

მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის წარმოდგენილი ალგორითმის განსაკუთრებულობას წარმოადგენს ის, რომ მისი შესრულების პროცესში ჩანაწერის სიმრავლეს ემატება ის და მხოლოდ ის გადაწყვეტილება, რომელშიდაც დაფიქსირებულია ყველა წიბო.

გენეტიკური ალგორითმის გამოყენებისად თავდაპირველად აღიწერება ინდივიდების სტრუქტურა, ანუ განიხილება ფიზიკური ობიექტის (მაგისტრალური ქსელის) აგების მეთოდი გენეტიკური ვექტორის დახმარებით (გენოტიპის ან ქრომოსომის დახმარებით).

განიხილება $x \in D$ დასაშვები სიმრავლე და მისი g გენოტიპი, რომელიც შედგება $|E'|$ გენისაგან. მაშინ, გენი ნომრით $i (i = 0, 1, 2, \dots, |E'| - 1)$ ტოლია 1-ის, თუ e_i წიბო გამოიყენება გადაწყვეტილებაში (ანუ ქსელის შესაბამისი არხი აგებული იქნება). წინააღმდეგ შემთხვევაში გენის მნიშვნელობა 0 ის ტოლია.



ნახ.2. $G' = (V, E \cup E')$ გრაფის მაგალითი

ნახ. 2-ზე გამოსახულია $G' = (V, E \cup E')$ გრაფი. ციფრები წიბოებზე აღნიშნავენ მათ ნომრებს. წყვეტილი ხაზებით აღნიშნულია წიბოები E' სიმრავლიდან, ხოლო უწყვეტი ხაზებით წიბოები E სიმრავლიდან. ასეთი გადაწყვეტა ექნება გენოტიპს, რომელიც გამოსახულია ნახ. 3-ზე, რიცხვებით 0-დან 8-დე, რომლებიც აღნიშნავენ წიბოების ნომრებს. თითოეული

რიცხვის ქვეშ მოთავსებულია მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება გენს. ასეთი სახით ქრომოსომა წარმოადგენს წრფივ ვექტორს, რომელიც შედგება ნულიანებისა და ერთიანებისაგან.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	0	0	1	1	0

ნახ.3. ინდივიდის გენოტიპი, რომელიც შეესაბამება ნახ.2-ს

მეოთხე თავი - აღწერილია რამოდენიმე ალგორითმი, რომლებიც შესაძლებლობას გვაძლევს მოვახდინოთ გადაცემის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაცია. ამ ალგორითმების პრაქტიკაში გამოსაყენებლად აუცილებელია პროგრამული უზრუნველყოფა გრაფიკული ინტერფეისით, რომელიც საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად იქნას განხორციელებული ჩვენს მიერ განხილული ამოცანა. აღნიშნული შესაძლებელია ისეთი პროგრამებით, როგორებიცაა C/C++ და MATLAB. მატლაბი ესაა მაღალი დონის ინტერაქტიული სივრცე პროგრამირებისათვის, რიცხვითი გამოთვლებისა და შედეგების ვიზუალური ასახვისათვის. მატლაბის დახმარებით შესაძლებელია მონაცემთა ანალიზი, ალგორითმების, მოდელებისა და დანართების დამუშავება, იგი მომხმარებელს შემდეგი სახის შესაძლებლობების პრაქტიკული განხორციელების საშუალებას აძლევს:

1. მიიღოს დავალება ქსელის ოპტიმიზაციის შესახებ, რა დროსაც გამოიყენება:

- Drag&Drop - გადაიტანე და გაუშვი. რა დროსაც ხორციელდება საკვანძო ელემენტების გადატანა სამუშაო ველში, ქსელის ელემენტების მოსახერხებელი განთავსებისათვის;

- საკვანძო ელემენტების პარამეტრებისა და არხების რაოდენობის რედაქტირება.
2. შესაძლებლობას იძლევა, ქსელის აგებული სტრუქტურა შენახული იქნას ფაილის სახით;
 3. პროგრამა საშუალებას იძლევა არჩეული იქნას ოპტიმიზაციის სხვადასხვა მეთოდი:
 - მთლიანი გადარჩევის მეთოდი;
 - დატოვისა და ზღვრული მეთოდი;
 - გენეტიკური ალგორითმი.
 4. პროგრამა საშუალებას იძლევა რედაქტირებული იქნას არჩეული ალგორითმის მუშაობა;
 5. საშუალებას იძლევა განხორციელდეს ოპტიმალური გადაწყვეტილებების ვიზუალური დაკვირვება;
 6. მოხდეს ალგორითმის მუშაობის შედეგების შენახვა.

ტიპიური სცენარი, რომელსაც ადგილი აქვს პროგრამაში მუშაობისას, საკუთარ თავში მოიცავს შემდეგ ნაბიჯებს:

1. მაგისტრალური ქსელის აგება (საკომპუტაციო ელემენტებისა და არხების რაოდენობის განსაზღვრა, პირობითად შეირჩევა);
2. მაგისტრალური ქსელის სირთულის გაზრდა/შემცირება ახალი საკომპუტაციო ელემენტებისა და არხების დამატება/ამოღებით შესაბამისად;
3. ინფორმაციის გადაცემისა და მიღების წერტილების დადგენა;
4. ოპტიმიზაციის ალგორითმის არჩევა;
5. ალგორითმის გაშვება შესრულებაზე;
6. ალგორითმის მიერ მუშაობის დასრულება;
7. მიღებული შედეგების ანალიზი.

დასკვნა

1. განხილულია ოპტიმიზაციის მეთოდები და ალგორითმები. შეფასებულია მათი მუშაობის პრინციპები;
2. ჩამოყალიბებულია ტელეკომუნიკაციის თანამედროვე სატრანსპორტო ქსელის აგების მეთოდები და გამოყენებული ტექნოლოგიები. განხილულია აღნიშნული ტექნოლოგიების შესაძლებლობები, მუშაობის პრინციპები და ერთმანეთთანაა შედარებული დადებითი და უარყოფითი მხარეები;
3. აგებულია მაგისტრალური ქსელის მათემატიკური მოდელი ორიენტირებული აციკლური გრაფის სახით, რომელიც ითვალისწინებს ტელეკომუნიკაციის თანამედროვე ქსელის აგების მეთოდებს;
4. გამოყენებულია მთლიანი გადარჩევის მეთოდი, რომელიც გულისხმობს სატრანსპორტო ქსელის აგების ყველა შესაძლო მეთოდის განხილვას და მიუხედავად იმისა, რომ მის გამოყენებას პრაქტიკაში აზრი არა აქვს, რადგან ალგორითმის მუშაობის დრო ძალიან დიდია, იგი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას სხვა ალგორითმების მუშაობის სისწორის შესამოწმებლად, რადგან თავად მეტად მარტივ ალგორითმს წარმოადგენს;
5. დატოვისა და ზღვრული მეთოდების ალგორითმი, მორგებულია ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანის გადასაწყვეტას, აღწერილია მისი გამოთვლითი სირთულის შეფასება და კონკრეტული მაგალითის საფუძველზე ნაპოვნია მაგისტრალური ქსელის აგების ოპტიმალური სიმრავლე. დადგენილია, რომ აღნიშნული ალგორითმის გამოყენება მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის მიზნით გაცილებით უფრო ეფექტიანია, ახდენს რა ოპტიმალური მნიშვნელობების გამოთვლას მოკლე დროში (12.84წმ. 30XSTM-N არხების რაოდენობისათვის), გენეტიკურ ალგორითმთან შედარებით, ამიტომ ერთნაირი რაოდენობა არხების გამოყენებისას, რომელთა აგებაც უნდა

მოხდეს დატოტვისა და ზღვრული მეთოდის გამოყენებას უპირატესობა ენიჭება (ალგორითმის მუშაობის დასრულების დრო 3.14 ჯერ სწრაფია);

6. გამოყენებულია ოპტიმიზაციის ალგორითმი, რომელიც დაფუძნებულია გენეტიკურ მიდგომაზე, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ვიპოვოთ ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის აგების გადაწყვეტილების ოპტიმალური სიმრავლე. აღნიშნული მეთოდის გამოყენება საწყის ეტაპზე, როდესაც სატრანსპორტო ქსელის არცერთი არხი არაა აგებული, წარმოადგენს ნაკლებად ეფექტიან გადაწყვეტილებას, ამიტომ თუ არის არჩევანის გაკეთების საშუალება, თავდაპირველ ეტაპზე უმჯობესია დატოტვისა და ზღვრული მეთოდის გამოყენება, ხოლო როდესაც არხების რაოდენობა აჭარბებს 40XSTM-N -ს, ასეთ შემთხვევაში რაციონალურია გენეტიკური ალგორითმის გამოყენება რამეთუ მუშაობის დასრულების დრო 27.39 ჯერ უფრო სწრაფია დატოტვისა და ზღვრულ მეთოდებთან შედარებით;

7. დამუშავებულია პროგრამული მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა პრაქტიკულად იქნას გამოყენებული ჩვენს მიერ აღწერილი ალგორითმები და მათი დახმარებით გადაწყვეტილია ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაციის ამოცანა.

დისერტაციის თემაზე გამოქვეყნებული ნაშრომები

1. Lomsadze S. Kupatadze T. Problems of multiservice traffic prediction in radio networks for mobile operators. Poland. Scientific Journal "LOGISTIKA", 2014, № 4, pp. 4623-4627.
2. ლომსაძე ს.; შამანაძე ო. ოპტიმიზაციის მეთოდები და ალგორითმები. "ინტელექტუალი", 2017, № 33, გვ. 182-187.
3. Lomsadze S; Shamanadze O. OPTIMIZATION OF THE TELECOMMUNICATION TRANSPORT NETWORK USING THE BRANCH AND BOUND METHOD. "Georgian Engineering News", 2017, №3, pp. 51-55.
4. ლომსაძე ს. ტელეკომუნიკაციის მაგისტრალური ქსელის ოპტიმიზაცია დატოტვისა და ზღვრული მეთოდების გამოყენებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტთა 85-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. თბილისი, საქართველო, 27 ივნისი, 2017.
5. ლომსაძე ს., შამანაძე ო. ტელეკომუნიკაციის სატრანსპორტო ქსელის კვლევა და ოპტიმიზაცია. "მეცნიერება და ტექნოლოგიები". 2018, №1, გვ. 76-79.

Abstract

In the Cisco Annual Report devoted to the research of traffic growth trends based on the programs for 2016, they stated that the global digital development from 2016 to 2021 would have a significant effect on the traffic growth in IP networks. This is indicated by an increase in the number of Internet users (from 3.3 to 4.6 billion, which makes up 58% of world population), the number of personal digital communication means, the increased speed of Internet broadband access, etc. According to the forecast, global IP traffic will increase three-fold reaching the annual run rate of 3.3 zettabytes by 2021 (the same index in 2016 made up 1.2 zettabytes).

Such apparent traffic growth dynamics suggests that mobility is one of main characteristics of connection to any network, and both consumers and companies attach great importance to it. For service providers, this is a direct hint to ensure the optimization of technical resources under the conditions of growing multiservice traffic.

The classical theory of optimization of the telecommunications network is based on the concept of network load. The network planning efficiency is assessed by the value of a scalar criterion which depends on the volume of transmitted information or packet delay variation. Modification of the specifications of telecommunications networks (application of network broadband channels) and service delivery methods (transition to a monthly subscription fee) caused the necessity in optimization of the network, which could be realized through a mathematical description of the telecommunications network and making the decisions justified from the economic point of view.

Hence this dissertation is devoted to the search for solutions to such a problem as the optimization of a backbone transmission network using the algorithms that allow choosing the optimal solution from the set of obtained results.

In the introduction of the dissertation, the urgency of the work is considered, the goals and objectives of the research are listed; the scientific novelty and practical significance of the obtained results are determined; the theses to be defended are presented. The content of the dissertation is formed by chapters in the form of an abstract.

Chapter 1 presents a general vision of the problem that involves the optimization of the transport network with an approach different from classical methods. Multi-step methods for solving the problem of optimization are described. The optimization algorithms are considered. Their operation principles are assessed, and algorithm flowcharts are constructed.

Chapter 2 considers the current stage of development of telecommunications transport networks; the possibilities of modern technologies are discussed. The active use of the Internet and the dynamic development of telecommunications networks place strict requirements on the

telecommunications transport network, which is caused by the existence of multiservice traffic in the network and the increased volume of transmitted information. In this chapter, the methods of building a modern telecommunications transport network are formulated, and the technologies used are listed. There are considered the possibilities and principles of operation of these technologies, which represents one of cornerstones of optimal planning of the transport network.

Chapter 3 presents a mathematical model of building a backbone network in the form of an acyclic orientation graph, which involves modern methods of building the modern transport network. In the framework of the mathematical model of building the telecommunications network, there is formulated the solution of the problem of optimization of the telecommunication backbone network based on such algorithms as a brute-force method, a branch and bound method and an evolutionary-genetic algorithm. The analysis of computational complexity is given.

Chapter 4 provides functional requirements for the software that builds the simulation model of the backbone telecommunications network and realizes its optimization. Program architecture, graphical interface functionality and practical application of the optimization algorithm to the solution of the given problem are described.

In the conclusion, the basic results obtained in the dissertational work are presented.