

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

გიორგი კირცხალია

კომპიუტერული ქსელის მოდელირების მეთოდოლოგიური საფუძვლები
და ინტერაქტიული ინტერფეისის დაგეგმარება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ავტორეზეტი

თბილისი

2012

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის კომპიუტერული ინჟინერიის დეპარტამენტში

სამეცნიერო ხელმძღვანელები:

სრული პროფესორი ზურაბ გასიტაშვილი
ასოცირებული პროფესორი მზია კიკნაძე

რეცენზენტები: სრული პროფესორი ზაალ მიქაძე
სრული პროფესორი რომან სამხარაძე

დაცვა შედგება 2012 წლის 25 ივნისს 16 საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე, ადმინისტრაციული კორპუსი მისამართი: 0175, თბილისი კოსტავას 77.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის სტუ-ს ვებ გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი

სრული პროფესორი

თინათინ კაიშაური

ნაშრომის ზოგადი დახასიათება

კვლევის აქტუალობა – თანამედროვე ინფორმაციული სისტემები ურთულესი სისტემებია. ინფორმაციული სისტემების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სახეა კომპიუტერული ქსელები და კერძოდ ინტერნეტი. როგორც მოგესხენებათ ინტერნეტის ინფრასტრუქტურის შემადგენელ ნაწილებს პროვაიდერული მომსახურების ცენტრები, კავშირის ოპტიკურ ბოჭკოვანი კაბელები, კოსმოსში მდებარე სატელიტური სადგურები და სხვა მომსახურე ელემენტები წარმოადგენენ. ერთიანობაში აღნიშნული რესურსები ქმნიან ურთიერთ დაკავშირებულ იერარქიას.

საინფორმაციო სისტემის ეფექტურ მუშაობას ერთის მხრივ განსაზღვრავს აღნიშნული რესურსების სიჭარბე, ხოლო მეორე მხრივ ამ რესურსების მართვის სწორი ორგანიზაცია. მართვის ორგანიზაციის თვალსაზრისით ქსელებს ახასიათებთ ეფექტურობის მაჩვენებლები, ისეთები როგორებიცაა: წარმადობა, საიმედოობა, ინფორმაციის დაცულობა და სხვა. ამდენად ქსელის ეფექტური ორგანიზაცია, ეფექტური დაგეგმარება გულისხმობს დაგეგმარების სცენარების სიჭარბესა და ქსელის ეფექტურობის მაჩვენებლებზე მოთხოვნების დაკმაყოფილებას. ამ მხრივ დაგეგმარების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით სარგებლობენ მოდელირების თეორიით, რომლის ერთ-ერთ შტოს იმიტაციური მოდელირება წარმოადგენს. იმიტაციური მოდელირების გარემოში ხდება დაგეგმარების ალტერნატიული სცენარების კვლევა-ძიება და საუკეთესო გადაწყვეტილების შერჩევა.

მეორეს მხრივ დღეისათვის მოდელირების თანამედროვე ტექნოლოგიებმა კპოვა მძლავრი განვითარება. სამოდელირო ტექნოლოგიურ ბაზაზე გაჩნდა მაღალი დონის მოდელირების მაკრო ენები, რომელნიც მნიშვნელოვნად აძლიერებენ მოდელირების ციკლში მოდელის შექმნაზე დახარჯულ ენერჯიასა და დროს. ამავე დროს მოდელირების აპარატში ჩანერგილია მრავალი აგენტის ე.წ. მულტიაგენტური რეალიზაციის პრინციპი, რაც აგრერიგად ახასიათებს ქსელების განაწილებულ რესურსებს.

ამდენად ერთის მხრივ თანამედროვე ინფორმაციული სისტემების კვლევა და მეორეს მხრივ კვლევის თანამედროვე სისტემების არსებობა

საშუალებას იძლევა დამუშავდეს ახალი მოდელები, რომელიც საფუძველს დაუდებს კომპიუტერული სისტემებისა და ქსელების ეფექტურ ორგანიზაციას, რაც აგრეირად აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი მიზანი. სადისერტაციო ნაშრომის ძირითად მიზანს თანამედროვე მოდელირების ტექნოლოგიურ გარემოში ისეთი მოდელების დამუშავება წარმოადგენს, რომელნიც საინფორმაციო ინტერნეტ სივრცის ორგანიზებას გახდის მნიშვნელოვნად ეფექტურს და ამავე დროს მკვლევარებს მისცემს მოდელირების ავტომატიზებულ მზა გარემოს, სადაც მათ შეეძლებათ ჩაატარონ დამოუკიდებელი სამოდულო ექსპერიმენტები საინფორმაციო სისტემის ორგანიზების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით

კვლევის ობიექტები და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელი, რომლის მოდელირებაც განხორციელებილია პეტრის ქსელის და მოდელირების სისტემის ANYLOGIC-ის გამოყენებით. საკვლევ ობიექტად გამოყენებულია ქუთაისის პროვაიდერული ცენტრი.

მეცნიერული სიახლე. მეცნიერული სიახლე თანამედროვე მოდელირების ტექნოლოგიების ბაზაზე ისეთ მეთოდოლოგიურ გარემოს დამუშავებაში მდგომარეობს, რომელიც უზრუნველყოფს რთული მულტიაგენტური საინფორმაციო სისტემის კვლევის ორგანიზაციას და ამავე დროს წარმოადგენს იმ ბაზას რომელიც მუდამ გაფართოებადია და იძლევა დამოუკიდებელი მკვლევარისათვის კვლევის ჩატარების ავტომატიზებულ გარემოს.

ნაშრომში დამუშავებულია პეტრის ქსელებისა და მულტიაგენტური მოდელირების ენის ANYLOGIC-ის გამოყენებით საკვლევო მოდელები, რომელნიც უზრუნველყოფენ პროვაიდერული ცენტრების დაგეგმარებისა და მართვის ამოცანის ეფექტურ გადაწყვეტას და პროვაიდერულ ცენტრებს როგორც ერთიან სისტემის ორგანიზაციის გააზრებას. განხილულია საქართველოს პირობებში რამოდენიმე პროვაიდერული ცენტრის წარმადობის გაზრდის მიზნით მოდელები, რომელნიც საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს საკვლევო

ალტერნატივები და მკვლევარებისათვის წარმოადგენენ საკვლევ-სამოდელირო გარემოს ავტომატიზებულ უჯრედს.

შედეგების გამოყენების სფერო. შესრულებული სამუშაოს შედეგები დანერგილია ინტერნეტ პროვაიდერ “GeoNet”-ში და ასევე შესაძლებე-ლია გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი კომპიუტერული ქსელის მოდელი-რებისას. შესრულებული შამუშაო მოიცავს ქსელის სპეციალისტები-სათვის მეტოდიკას და რეკომენდაციებს რაც დაეხმარება პროვაიდერებს ნაკლები ფინანსური დანახარჯებით ააგონ ან მოდერნიზება გაუკეთონ კომპიუტერულ ქსელებს.

ნაშრომის აპრობაცია. სადისერტაციო თემის ირგვლივ ნაშრომის ძირითადი შედეგები სხვადასხვა წლებში მოხსენებულ და განხილულ იქნა სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციებზე და სემინარებზე. მათ შორის: სტუ-ს მართვის ავტომატიზებული სისტემების კათედრის დაარსების საიუბილეო მე-40 წლისთავისა და საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის აკადემიკოსის გ. ჩოგოვაძის და წევრ-კორესპონდენტის გ. გოგინაიშვილის დაბადების 70-ე წლისთავე-ბისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია «მარ-თვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები»

გ. კირცხალია კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლების შეფასების მეთოდები. მოხსენებათა თეზისები. თბილისი 20–22 მაისი, 2011 გვ.108

სადისერტაციო ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა. სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, ხუთი თავის, ძირითადი დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისაგან. ნაშრომის ძირითადი მოცულობა შეადგენს ნაბეჭდი ტექსტის 150 გვერდს, ლი-ტერატურის ნუსხა შეიცავს 50 დასახელების ბიბლიოგრაფიულ წყაროს.

Abstract

The effective designing of computer networks is the actual problem. For solution of this problem it's necessary to study the aim of design and criteria for evaluation of effectiveness. Such criteria may be reduced expenses, higher throughput, opportunity for future development and transition to a new technologies.

Design of computer networks can't be considered only from the engineering perspective. First of all, it's necessary to study the information model of organization system for which the network is designed. Besides:

- Network design should be compatible with organization model;
- The issues of demands and accessibility of information should be studied;
- The possible traffic of network should be studied. Afterwards, we have the problem of systemic (hardware and software) realization of network.

For solution of above-mentioned problems, the paper considers the technologies of simulation and design of networks. Modified Petri net is developed to select the best possible engineering decision from the different alternatives.

The modern technologies of simulation and design are considered. The issues of structural design and simulation, as well as technologies of evaluation of reliability, are presented.

These technologies are considered in the same cycle when computer networks are designed.

Nowadays, internet service is widely spread in many cities of Georgia. Consumers have higher demands. Service centers have to buy the growing capacities to satisfy the demands of customers and it requires additional expenses. Therefore, the cost of service is higher for the customer. Competition stimulates provider to maintain the fees. Therefore, it needs strategy of effective repair and reequipment of networks, which don't require additional expenses.

Therefore, we must develop the technique of evaluation of engineering strategies for improving networks. The issue of network management without expanding the network is actual. In this case providers should manage the network by means of data communication on the basis of internal algorithms. Therefore, the actual problem is to develop the technique of effective network design and solve the real problems of network by means of this technique.

ნაშრომის მოკლე დახასიათება

პირველი თავი – კომპიუტერული ქსელების, კერძოდ კი მისი ერთ-ერთი სახის, ინტერნეტის მიმართ პრაქტიკული ინტერესი გამოწვეულია მომხმარებლისთვის ინფორმაციული უზრუნველყოფის გამო. კომპიუტერული ქსელის შექმნა მოითხოვს დიდ დანახარჯებს. თითოეული ორგანიზაცია, რომელიც ქსელის შექმნაზე იღებს გადაწყვეტილებას, მზადაა დიდი ფინანსური ხარჯებისათვის.

თითოეულ ორგანიზაციას გააჩნია თავისი სპეციფიკა და ინტერნეტის მომწოდებელმა პროექტირების განხორციელებისას, უნდა გაითვალისწინოს მომხმარებელთა მზარდი მოთხოვნები და ამის მიხედვით შეარჩიოს ქსელის სტრუქტურა, აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფა, ინფორმაციული მომსახურების შემადგენლობა და ორგანიზება.

კომპიუტერული ქსელის პროექტირებისას ხშირად გამოიყენება ანალოგები, ნაცნობი, მუშაობაში კარგად დარეკომენდირებული პროექტული გადაწყვეტილებები და მიღებული გამოცდილებები. ამის მიუხედავად, თითოეული ორგანიზაციის ფუნქციები და შესრულებადი სამუშაოები, მათი მუდმივი განვითარება, ახალი საინფორმაციო ტექნოლოგიები, წინ უსწრებენ დაგროვილ გამოცდილებას და მაშინ კომპიუტერული ქსელი, რომელიც შეიცავს ყველა თანამედროვე საშუალებებს, მომხმარებლის თვალსაზრისით, შესაძლებელია მუშაობდეს არასაკმარისად ეფექტურად. ზუსტად ამისთვის დღეისდღეობით გარკვეულ ინტერეს წარმოადგენს მეთოდები, რომლებიც მოდელირების ბაზაზე საშუალებას იძლევა შევაფასოთ კომპიუტერული ქსელების სტრუქტურა, მონაცემთა ბაზების ორგანიზება, კომპიუტერების მახასიათებლები, კავშირის კვანძები, პროგრამული პროდუქტების ფუნქცია, და ასე შემდეგ

კომპიუტერული ქსელების განვითარების, დაპროექტების და მართვისთვის საჭიროა შეფასდეს შემდეგი მახასიათებლები:

- რეაქციის დრო,
- გადაცემის დრო,
- დატვირთვის კოეფიციენტი

- ტრაფიკი-დროის ერთეულში გადაცემული ინფორმაციის რაოდენობა;

- მოლოდინის დრო;

- კოლიზიებისა და აღდგენის დრო;

- მოთხოვნების დამუშავების ალბათობა.

თავში ჩატარებულია აღნიშნული მახასიათებლების ანალიზი. და განხილულია აღნიშნული პარამეტრების ოპტიმიზაციის სამი მაგალითი.

1. ქსელის ნებისმიერი სახით მუშა მდგომარეობაში მოყვანა. ზოგადად ეს საკითხი უნდა გადაწყდეს პირველ რიგში და იგი მოიცავს:

ქსელში გაუმართავი ელემენტების მოძებნას – კაბელები, ადაპტერები, კომპიუტერები და ასე შემდეგ.

მოწყობილობათა თავსებადობის შემოწმებას და პროგრამულ უზრუნველყოფას.

პროგრამების და მოწყობილობების, კორექტული პარამეტრის მნიშვნელობის არჩევა – ქსელის და კვანძების მისამართები, გამოყენებული პროტოკოლები, ETHERNET კადრების ტიპები და სხვა.

2. ქსელის პარამეტრების უხეში დაყენება – პარამეტრების არჩევა, რომლებიც სწრაფად რეაგირებენ ქსელის მოქმედებაზე (საიმედობა, წარმადობა). თუ ქსელი მუშა მდგომარეობაშია, მაგრამ მონაცემთა გაცვლა ხდება ძალიან ნელა, ან კავშირი ხშირად უმიზეზოდ წყდება, ამ შემთხვევაში მას ჭირდება პარამეტრების დაყენება. ამ ეტაპზე საჭიროა ვიპოვოთ პაკეტების ქსელში მიმოსვლის შეფერხების მიზეზი. ზოგადად ქსელის სერიოზული შენელება ან არამდგრადი მუშაობა შესაძლებელია გამოწვეული იყოს ერთი რომელიმე ელემენტის არასწორ მუშაობით ან პარამეტრის არაკორექტული დაყენებით, მაგრამ ბევრი მიზეზის გამო, პრობლემის მოსაძებნად, შესაძლებელია გახდეს დიდი ხნის დაკვირვება ქსელის მუშაობაზე და ბევრი ვარიანტის განხილვა. პარამეტრების უხეში დაყენება ძალიან გავს ქსელის მოყვანას მუშა მდგომარეობაში. აქ ისევე უნდა მიენიჭოს რამოდენიმე ზღვრული მნიშვნელობა ეფექტურობის მაჩვენებელს და საჭიროა ვიპოვოთ ქსელის ისეთი ვარიანტი, რომელსაც ეს მნიშვნელობა არ ექნება ზღვრულ მნიშვნელობაზე ცუდი. მაგალითად, საჭიროა

დავაყენოთ ქსელი ისე, რომ სერვერის რეაქციის დრო მომხმარებლის მოთხოვნაზე არ აღემატებოდეს 5 წამს.

3. ქსელის პარამეტრების დეტალური დაყენება (ოპტიმიზაცია). თუ ქსელი მუშაობს დამაკმაყოფილად, მაშინ მისი შემდგომი წარმადობის და მისი ნდობისუნარიანობის გასაუმჯობესებლად, არ იქნება საკმარისი რომელიმე ერთი პარამეტრის შეცვლა, როგორც ეს იყო მთლიანად მწყობრიდან გამოსული ქსელის შემთხვევაში ან და ქსელის პარამეტრების უხეშ დაყენების შემთხვევაში. ნორმალურად მომუშავე ქსელის შემთხვევაში, მისი მომდევნო ხარისხის ამაღლებისთვის, ზოგადად საჭიროა მოიძებნოს დიდი რაოდენობით პარამეტრთა მონაცემთა ერთობლიობა, ამიტომ პროცესს დაერქვა “დეტალური დაყენება”.

მეორე თავი – განხილულია ქსელის ეფექტურობის მუშაობის კრიტერიუმები, რომლებიც შეიძლება დავეყთ ორ ჯგუფად. ერთი ჯგუფი ხასიათდება ქსელის მუშაობის წარმადობით, მეორე – საიმედოობით.

რეაქციის დრო. ეს ტერმინი შესაძლებელია გამოყენებულ იყოს ძალიან ფართო აზრით, ამიტომ ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში საჭიროა დავაზუსტოდ თუ რა იგულისხმება ამ ტერმინით. ზოგად შემთხვევაში, რეაქციის დრო განისაზღვრება როგორც დროის ინტერვალი მომხმარებლის მიერ წარმოქმნილ მოთხოვნას და უკან დაბრუნებული პასუხს შორის.

ქსელის წარმადობა განისაზღვრება ორი ტიპის მაჩვენებლით, დროის, რომელიც აფასებს შეფერხებებს ქსელის მიერ შეტანილს მონაცემთა გაცვლისას და გამტარიანობის მაჩვენებლით, რომელიც ასახავს ინფორმაციის რაოდენობას, რომელიც გადაიცემა ქსელში დროის ერთეულში. ეს ორი მაჩვენებლის ტიპი არის ერთიერთსაპირის-პირო და თუ გავიგეთ ერთი მათგანი, შესაძლებელია გამოვთვალოთ მეორეც.

გამტარუნარიანობა - ნებისმიერი ქსელის აგების მიზანია კომპიუტერებს შორის მონაცემთა სწრაფი მიმოცვლა. ამიტომ, ქსელის ან ქსელის ნაწილი გამტარუნარიანობასთან დაკავშირებულ კრიტე-

რიუმს კარგად ასახავს ქსელის მიერ შესრულებული ძირითადი ფუნქცია.

ასეთი სახის დიდი რაოდენობის ვარიანტის კრიტერიუმის განსაზღვრება არსებობს, ისევე როგორც კრიტერიუმის კლასში “რეაქციის დრო”. ეს ვარიანტები შესაძლებელია ერთმანეთისგან განსხვავდებოდნენ გადაცემული ინფორმაციის არჩეული საზომი ერთეულის რაოდენობით, მონაცემთა ხასიათით, როგორცაა მარტო მომხმარებლის ან და მომხმარებლის სამუშაო მონაცემებთან ერთად, გადაცემული ტრაფიკის საზომი წერტილთა რაოდენობით, თლიანად ქსელში შედეგების გასაშუალების მეშვეობით.

საიმედობის და მდგრადობის მაჩვენებლები - გამოთვლითი ქსელის საიმედობის ძირითად მახასიათებელია სწორად ფუნქციონირების საშუალება ხანგრძლივი დროის პერიოდის განმავლობაში. ამ თვისება გააჩნია სამი შემადგენელი ნაწილი: თვით საიმედობა, მომსახურების მიმართ მზადყოფნა და სიმარტივე.

საიმედობის გაზრდა მდგომარეობს გაუმართაობის და დაზიანებების აღმოფრხვაში ელექტრონული სქემების გამოყენებით და მაღალი ინტეგრაციის მქონე კომპონენტების მეშვეობით, შეფერხებების დონის შემცირებით, სქემების მუშაობის რეჟიმის გაადვილებით. საიმედობა იზომება დაზიანებების ინტენსიობით და დაზიანებამდე მუშაობის საშუალო დროით.

ქსელის ოპტიმიზაციის არჩეული კრიტერიუმზე ზემოქმედებს მრავალი სხვადასხვა ტიპის პარამეტრიც. ყველაზე მეტად ქსელის წარმადობაზე მოქმედებენ:

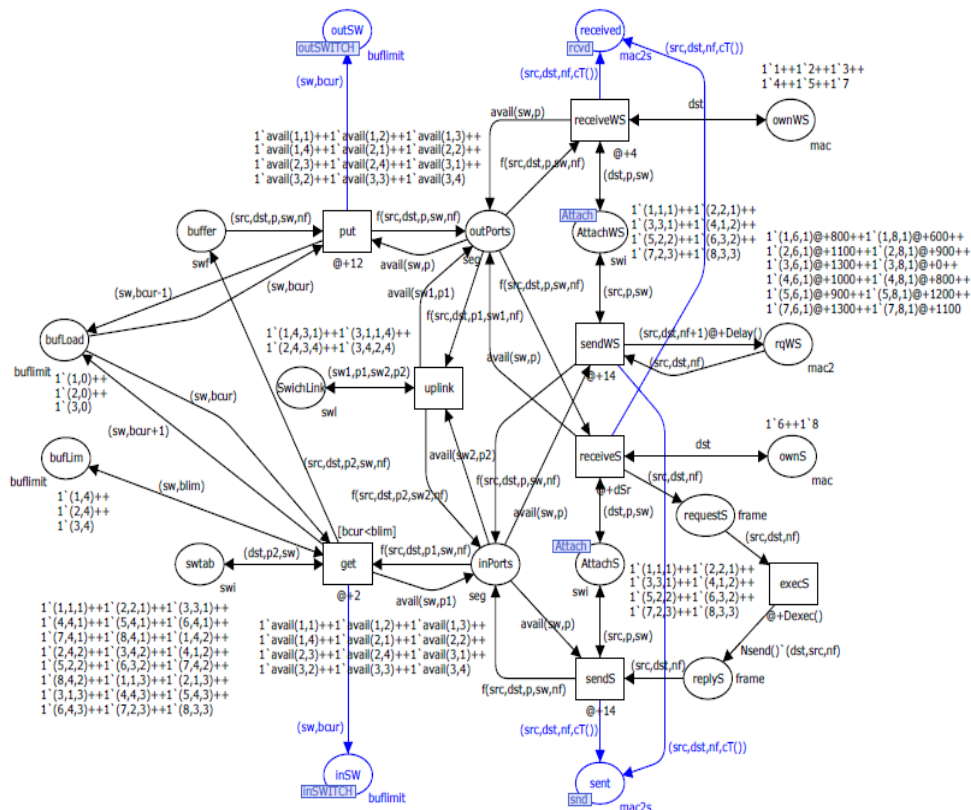
- გამოყენებული საკომუნიკაციო პროტოკოლები და მათი პარამეტრები;
- ფართოგადაცემის ტრაფიკის წილის სახე, რომელსაც ქმნის სხვადასხვა პროტოკოლი;
- ქსელის ტოპოლოგია და მასში გამოყენებული საკომუნიკაციო მოწყობილობები;
- შეცდომების გაჩენის ინტენსიურობა;
- საბოლოო კვანძების პროგრამული და აპარატურული იზრუნველყოფის კონფიგურაცია.

მესამე თავი - განხილულია კომპიუტერული ქსელების მოდელირების საკითხები პეტრის ქსელის გამოყენებით. პეტრის ქსელი თანამედროვე საინფორმაციო სისტემების მოდელირებისა და ანალიზის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ინსტრუმენტია, რომელსაც წარმატებით იყენებს მსოფლიოს მრავალი ქვეყნის სასწავლო და კომერციული დაწესებულება. დღეისათვის არსებულ ფორმალურ მეთოდებს შორის პეტრის ქსელებს განსაკუთრებული ადგილი უკავია, როგორც განაწილებული სისტემების თეორიული კვლევის შესაძლებლობებით, ასევე პრაქტიკული გამოყენების სფეროთა სიმრავლით. მრავალრიცხოვანი მეცნიერულ კვლევების შედეგად შეიქმნა პეტრის ქსელების სხვადასხვა კლასები, რომლებსაც ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირი აქვს და მრავალი ცალკეული ტიპის პეტრის ქსელებისაგან შედგება, რაც აქტუალურს ხდის პეტრის ქსელების სტანდარტიზაციის პროცესის ამოცანას. დისერტაციაში განხილულია კომპიუტერული ქსელის მოდელის შედგენის მაგალითები პეტრის ქსელის საშუალებით. ერთ-ერთ მაგალითს წარმოადგენს სვინებზე აგებული Ethernet-ს პარამეტრული მოდელი. წარმოდგენილი მოდელი გაუმჯობესებულია შემდეგი მიმართულებით: 1) გადასასვლელების დამცველების ფორმულები გამარტივებულია ცვლადების გადაფარვით; 2) დამატებულია სვინების შიდა ბუფერების მოცულობის შეზღუდვები; 3) დამატებულია მახასიათებლების შემდგომი გამოთვლის მიზნით კადრების დემპინგის ამსახველი ადგილები.

მოდელი წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე. მოდელში გამოყენებული ფერების (color), ცვლადების (var) და ფუნქციების (fun) ბრძანებები და საზომი მონაკვეთები წარმოდგენილია ნახ. 2-ზე. პარამეტრული მოდელის სპეციფიკური თვისება გახლავთ კადრებისთვის სპეციალური ტეგების დამატება, რომელიც შეიცავს სვინის და პორტის ნომერს და რომელიც უზრუნველყოფს კადრის ხელახლა შესვლას. მოდელს გააჩნია ფიქსირებული სტრუქტურა. მას აქვს პეტრის ქსელის 14 ადგილი და 8 გადასასვლელი პირობითი ხისებრი სტრუქტურისთვის. მოდელის კომპონენტებია სვინები, სამუშაო სადგურები და სერვერები. პეტრის ქსელის მოდელის მარცხენა მხარეს ეზერნეტის ყველა სვინია (ელემენტების სახელწოდებებს სუფიქსი არ გააჩნია), მარჯვენა ზედა მხარეს – ყველა სამუშაო სადგური (ელემენტების სახელწოდებებს SW სუფიქსი აქვს), ხოლო მარცხენა ქვედა მხარეს – ყველა სერვერი (ელემენტების სახელწოდებებს S სუფიქსი აქვს). ადგილების inPorts, outPorts წყვილი ყველა სეგმენტის მოდელია. “in/out” სახელწოდებები არჩეულია სვინებისთვის. მათი მეშვეობით ხდება მუშაობის

სრულდუბლექსიანი რეჟიმის მოდელირება. დამატებითი received, sent ადგილებით ხდება DTE-ს მიერ კადრების დემპინგის მოდელირება, ხოლო inSW, outSW ადგილებით – სვიჩების მიერ კადრების დემპინგის მოდელირება. დამატებითი revd, snd, inSWITCH, outSWITCH ადგილები გამოიყენება მოდელის გვერდების დაკავშირებისთვის, რომელთა მეშვეობით გამოითვლება შემდეგ პარაგრაფში აღწერილი მახასიათებლები.

მოდელირებული ქსელის სტრუქტურა განისაზღვრება swtab, SwichLink, Attach ადგილების მარკირებით. swtab ადგილი შეიცავს გადართვის ცხრილებს ყველა სვიჩისთვის. გადართვის ცხრილები წარმოდგენილია swi კორტეჟების მეშვეობით (დანიშნულების ადგილის მისამართი, პორტი, სვიჩი). SwichLink ადგილი აღწერს სვიჩების კავშირებს (აფლინკებს), რომლებიც წარმოდგენილია swi კორტეჟების მეშვეობით (სვიჩი 1, პორტი 1, სვიჩი 2, პორტი 2). Attach ადგილი აღწერს DTE კავშირს, რომელიც წარმოდგენილია swi კორტეჟების მეშვეობით (მისამართი, პორტი, სვიჩი). ნახ.1 გამოსახული ადგილების მარკირება შეესაბამება ნახ.3-ზე წარმოდგენილ, სარკინიგზო სადისპეჩერო ცენტრის ლოკალური ქსელის მარკირებას.



ნახ. 1 სვიჩებზე აგებული ქსელის პარამეტრული მოდელი

გარდა ამისა, მოდელი შეიცავს შემდეგ პარამეტრებს: სამუშაო სადგურების ownWS მისამართებს; სერვერების ownS მისამართებს; სამუშაო სადგურების მატრიცის rqWS მიმართვას სერვერებისადმი და სვინის ბუფერის მოცულობის bufLim შეზღუდვას. პირობითი Delay(), Dexec(), Nsend() ფუნქციები განსაზღვრავს სამუშაო სადგურების მიმართვების პერიოდულობას, სამუშაო სადგურების მიმართვის სერვერის მიერ შესრულების ხანგრძლივობას და სერვერების საპასუხო კადრების რაოდენობას.

წარმოდგენილ მოდელში დაყოვნების დროები წარმოდგენილია MTU-ში (მოდელის დროის ერთეულში) ანუ მაქსიმალური სიგრძის კადრებში. დროებისა და თარიღების მასშტაბირების საკითხი განხილულია [4]-ში. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილ მოდელში დაყოვნების დრო შეესაბამება 100მეგაბიტი/წმ ეზერნეტს, $1MTU=10$ მილიწამი, ხოლო კადრის მაქსიმალური ზომაა 12304 ბიტი. გაგზავნილი sendWS, sendS გადასვლების დაყოვნებაში შედის სეგმენტში კადრების გადაცემის დრო, ხოლო მიღებული receiveWS, receiveS გადასვლების დაყოვნება შეიცავს მხოლოდ მოწყობილობების (ეზერნეტის ადაპტერების, სვინების) დაყოვნების დროს. სამუშაო სადგურების მოთხოვნის სიხშირეა 10-20 μ s; სერვერის მიერ მოთხოვნის შესრულების დროა 1-2 μ s; მოთხოვნის სიგრძეა 1 კადრი; სერვერის პასუხის სიგრძეა 10-20 კადრი.

ნახ. 1-ზე წარმოდგენილი მოდელი აღწერს ყველა სვინის ფუნქციონირებას კადრების სავალდებულო ბუფერირების და ერთი და იგივე გადაცემის სიჩქარის მქონე პორტების პირობებში. სვინების და სერვერების ბუფერების კადრების შენახვისთვის შემთხვევითი შერჩევის მეთოდია გამოყენებული. რეალური ქსელების მახასიათებლების შეფასების მიზნით გამოყენებულია მოდელის უფრო რთული ვარიანტები. ბუფერებისთვის რეალიზებულია FIFO დისციპლინის მქონე რიგები. მიღებული კადრის გამომავალ პორტზე გადა-მისამართებისთვის დამატებულია Direct გადასვლა (თუ რიგი ცარიელია, ხოლო დანიშნულების პორტი – თავისუფალი). დაყოვნების მატრიცები გამოყენებულია სხვადასხვა პორტების გადაცემის სიჩქარეების მოდელირების მიზნით.

აუცილებელია მოდელის იმ ელემენტებისა დეტალური აღწერა, რომლებიც დამატებულია საზომი მონაკვეთების გამოყენებით მახასიათებლების შემდგომი გამოთვლის მიზნით. დამატებითი ელემენტების მეშვეობით ხდება მე-5 პარაგრაფში შესწავლილი კადრების დემპინგის პროცესების მოდელირება. ტერმინალური მოწყობილობის მიერ სეგმენტში კადრის გადაცემის მომენტში (sendWS გადასვლის მეშვეობით), კადრის სათაურის ასლი, რომელიც შეიცავს გამგზავნის scr მისამართს, დანიშნულების dst მისამართს, კადრის ნომერს nf

მოწვობილობისთვის და cT() ფუნქციის მეშვეობით მიღებულ დროის ნიშნულს, ინახება sent ადგილზე. ამავდროულად, ტერმინალური მოწვობილობის მიერ კადრის მიღების მომენტში (receiveWS, receiveS გადასვლების მეშვეობით), კადრის სათაურის ასლი ინახება received ადგილზე. უფრო მეტიც, სვიჩების მიერ მიღებულ/გადაცემული კადრების დემპინგი ხდება inSW, outSW ადგილებზე, რომელთა მეშვეობით ხდება სტატისტიკური ქვესისტემის სვიჩების ფუნქციონირების ან შესაბამის პორტებზე მიმდინარე გარე პაკეტების ანალიზატორების მუშაობის მოდელირება. მიმდინარე კვლევაში ისეთი ინფორმაცია, როგორცაა სვიჩის sw ნომერი და სვიჩის მიმდინარე მიმდინარე bcur ზონა, ინახება თითოეული შემაჯავლი/გამომავალი კადრისთვის

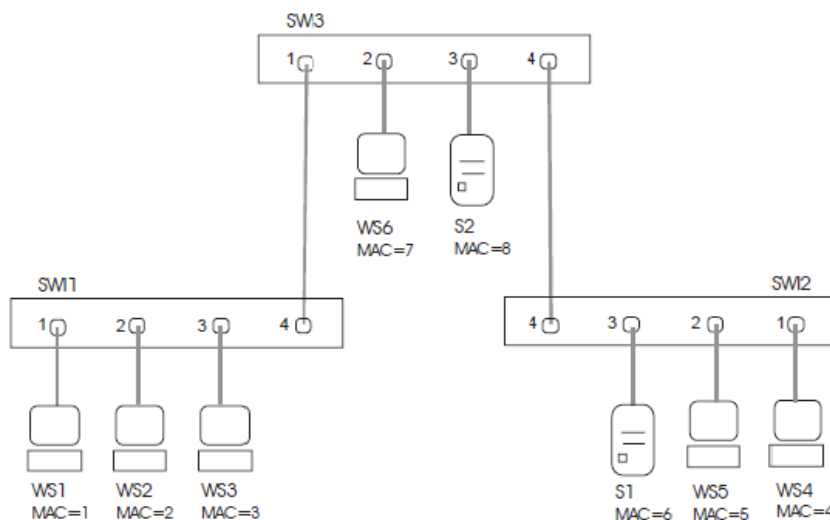
```

colset mac=int with 1..8;
colset portnum=int with 1..4;
colset swch=int with 1..3;
colset nfrm=INT;
colset mac2=product mac*mac*nfrm timed;
colset mac2s=product mac*mac*nfrm*INT timed;
colset sfrm=product mac*mac*nfrm*INT timed;
colset frm=product mac*mac*portnum*swch*nfrm
timed;
colset nseg=product swch*portnum;
colset seg=union f:frm+avail:nseg timed;
colset swi=product mac*portnum*swch;
colset swf=product mac*mac*portnum*swch*nfrm
timed;
colset frame=product mac*mac*nfrm timed;
colset swl=product swch*portnum*swch*portnum;
colset buflimit = product swch * INT;

colset pairch=product mac*mac*INT;
colset zero=int with 0..0;
colset pairch0=product mac*mac*zero;
colset dex= int with 100..200;
colset nse = int with 10..20;
colset Delta= int with 1000..2000;
var src,dst: mac;
var sw,sw1,sw2:swch;
var p,p1,p2: portnum;
var i,t,t1,t2,q,mt,dt,mx,s,pt,m,a,av : INT;
var blim, bcur, bmax: INT;
var nf,nf1: nfrm;
val bitms=12304*10;
fun Dexec()=dex.ran();
fun Nsend()=nse.ran();
fun Delay()=Delta.ran();
fun cT()=IntInf.toInt(!CPN'Time.model_time)

```

ნახ. 2 ფერების, ცვლადების და ფუნქციების ბრძანებები

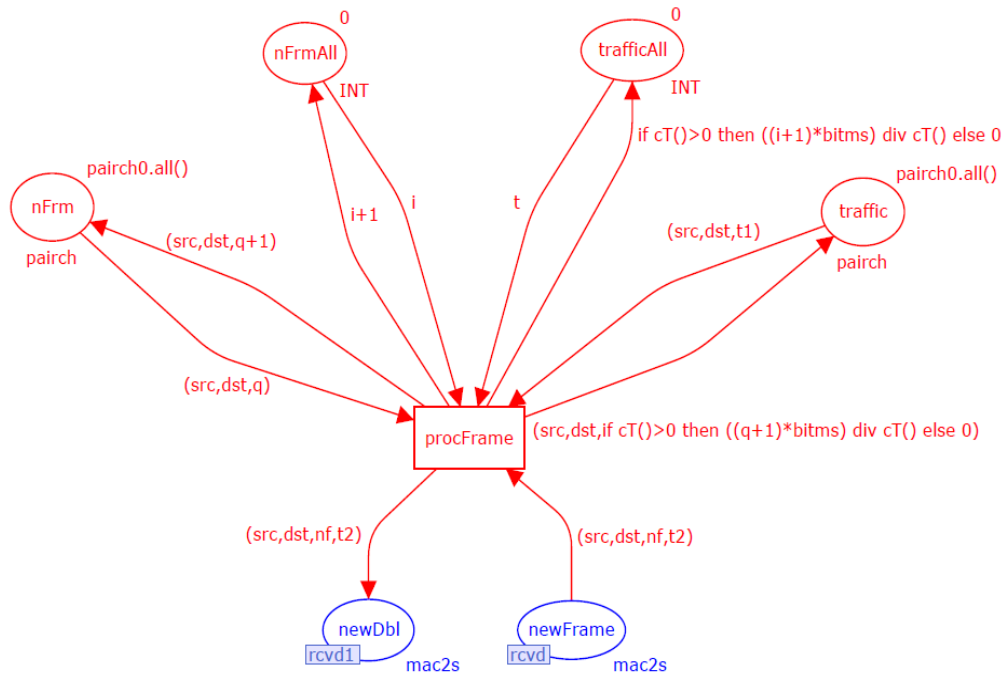


ნახ. 3 სვიჩებზე აგებული ქსელის ნიმუში

ქსელის გამტარუნარიანობის (ტრაფიკის) გამოთვლა

ტრაფიკის გამოთვლა ტერმინალურ მოწყობილობებში მიწოდებული კადრების დემპინგის საფუძველზე ხდება. აღსანიშნავია, რომ ტრაფიკის გამოთვლა შესაძლებელია გაგზავნილი კადრების დემპინგის და გამოტოვებული კადრების პროცენტული რაოდენობის საფუძველზეც შესაძლებელია. ნახ. 1-ზე გამოსახულ პარამეტრულ მოდელში კადრების გამოტოვების პროცესი შეტანილი არ არის და ორივე ზემოთ აღნიშნული გამოთვლის შედეგი ერთმანეთს ემთხვევა.

ტრაფიკის გამოთვლისთვის განკუთვნილი საზომი მონაკვეთი გამოსახულია ნახ. 4-ზე. შერევის `newFrame` ადგილი იღებს ტერმინალური მოწყობილობის მიერ ქსელის მოდელიდან მიღებული ჩვეულებრივი კადრის დემპს. გადასვლა `procFrame` კადრის ასლს ინახავს `newDbf` ადგილზე მიწოდების დროის გამოთვლის საზომი მონაკვეთისთვის და იწყებს `nFrm`, `nFrmAll`, `trafficAll`, `traffic` ადგილზე შენახული მახასიათებლების ხელახლა გამოთვლას. ყურადღება მიაქციეთ, რომ ხელახლა გამოთვლილი ფორმულები წარმოდგენილია შესაბამისი რკალების წარწერებით.



ნახ. 4. ტრაფიკის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი

`traffic` ადგილზე ინახება ტრაფიკის მატრიცა MAC-მისამართები თითოეული წყვილისთვის. მისამართები წარმოდგენილია `(addr,1, addr2, traffic)` ფორმის კორტეჟებით. ასე შესაძლებელია ხდება ასიმეტრიული ტრაფიკის გამოთვლა, ვინაიდან კორტეჟი განსაზღვრავს გადაცემის მიმართულებას. ტრაფიკის

გამოთვის მიზნით გამოყენებულია nFrm ადგილი, სადაც ინახება გადაცემული კადრების რაოდენობის მატრიცა (addr1, addr2, quantity) ფორმით. თითოეული procFrame გადაცემა ზრდის მიღებული კადრების რაოდენობა მისამართების ყოველი წყვილისთვის (scr, dst, q+1). ტრაფიკი გამოითვლება მიღებული კადრების რაოდენობის გაყოფით მიმდინარე მოდელურ დროსთან. განზომილების ბიტი/მლწმ-ებში გადაყვანისთვის გამოიყენება მუდმივა bitms. ტრაფიკის გამოთვლის უმარტივესი ფორმულა ასე გამოიყურება:

$$\text{ტრაფიკი} = n/dt$$

სადაც n არის მიწოდებული ინფორმაციის რაოდენობა, ხოლო dr – გაზომვის დროითი ინტერვალი.

უმეტეს შემთხვევაში მოწობილობების თითოეულ წყვილს შორის არსებული ტრაფიკი მეტისმეტად დეტალური მახასიათებელია, რის გამოც ხორციელდება ისეთი შიდა მახასიათებლების გამოთვლა, როგორცაა traffiAll ადგილით წარმოდგენილი ქსელის მთლიანი ტრაფიკი. მისი გამოთვლა საჭიროებს ყველა ტერმინალური მოწობილობის მიერ მიღებული კადრების სრული რაოდენობის შემნახველი nFrmAll ადგილის შემოტანას.

კადრის მიწოდების დროის გამოთვლა

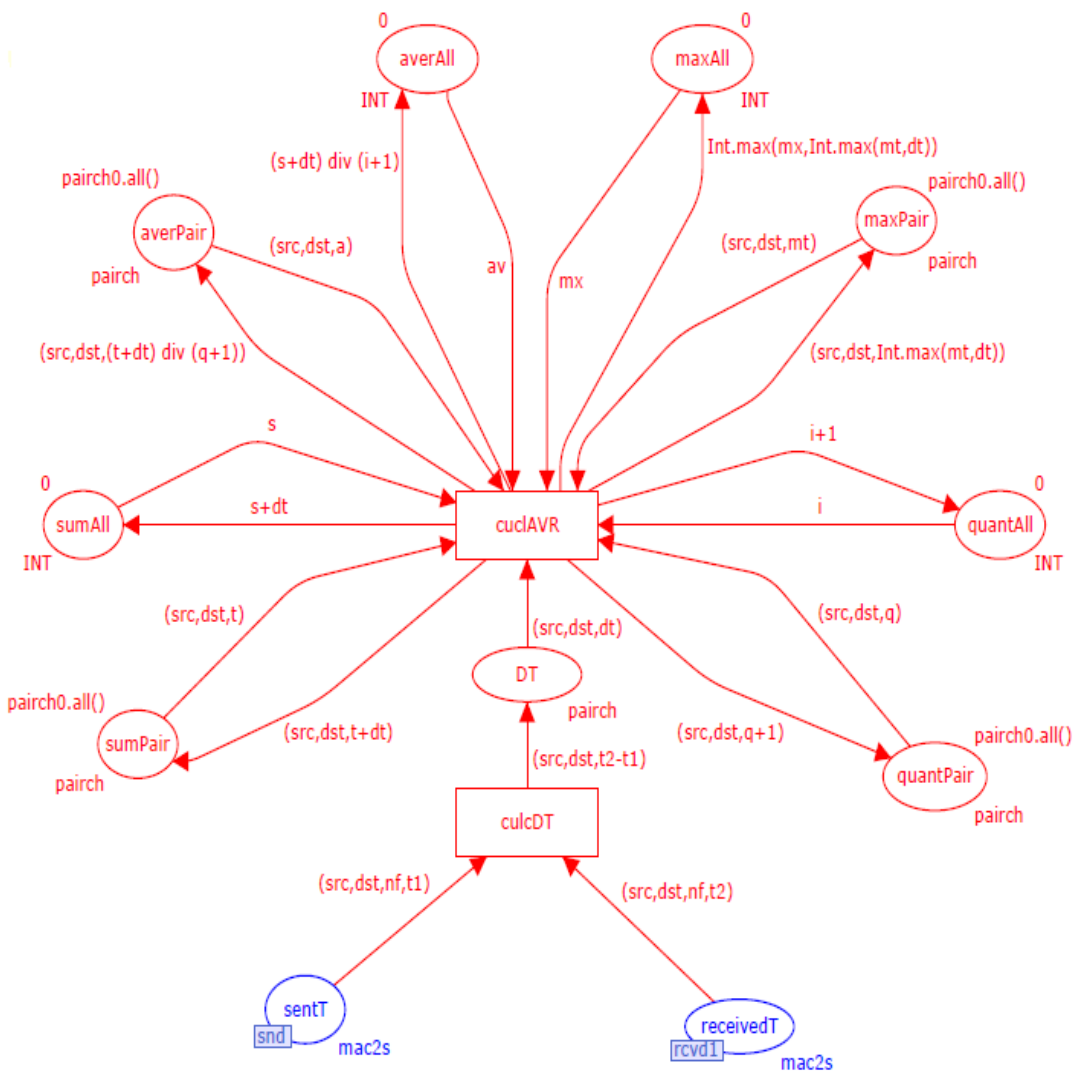
კადრის მიწოდების დრო გამოითვლება ურთიერთქმედი ტერმინალური მოწობილობების თითოეულ წყვილის მიღებული და გადაცემული კადრების დროის ნიშნულებს შორის სხვაობით. კადრის იდენტიფიკაციის მიზნით გამოიყენება nf ნომერი, რომელიც უნიკალურია თითოეული გადამცემი ტერმინალური მოწობილობისთვის.

კადრების მიწოდების დროის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი წარმოდგენილია ნახ. 5-ზე. culcDT გადასვლა ითვლის კადრის მიწოდების dt დროს. culcAVR გადასვლა იწვებს sumPair, sumAll, averPair, averAll, maxAll, maxPair, quantAll, quantPair ადგილზე შენახული მახასიათებლების ხელახლა გამოთვლას.

sumPair და quanPair ადგილებზე ინახება მიწოდების დროების ჯამი და მიწოდებული კადრების რაოდენობა ტერმინალური მოწობილობების თითოეული წყვილისთვის. ეს მნიშვნელობები გამოიყენება მოწობილობების თითოეული წყვილისთვის კადრის მიწოდების საშუალო (averPair) და მაქსიმალური (maxPair) დროების დასადგენად. ყურადღება მიაქციეთ, რომ საშუალო მნიშვნელობების გამოთვლისას გამოიყენება ინფორმაცია ახლად მიღებული კადრის შესახებ $((t+dt)/div(q+1))$. მიწოდების საშუალო დრო შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

$$adt = \frac{(dt_1 + dt_2 + \dots + dt_q)}{q}$$

სადაც dt_i არის i -ური კადრის მიწოდების დრო, ხოლო q – მიწოდებული კადრების ჯამური რაოდენობა. `sumAll` და `quantAll` ადგილებზე ინახევა შესაბამისად მიწოდების დროების ჯამი და ყველა მიწოდებული კადრის ჯამური რაოდენობა. ეს მნიშვნელობები გამოიყენება ქსელში გადაცემული კადრების მიწოდების საშუალო (`averAll`) და მაქსიმალური (`maxAll`) დროების გამოითვლისთვის.



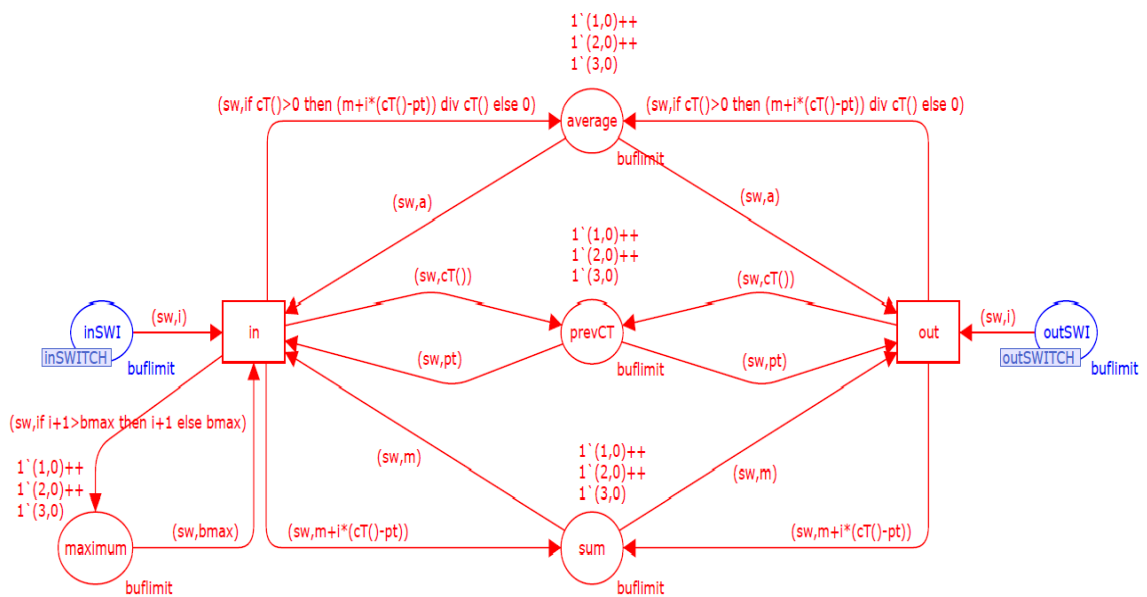
ნახ. 5. კადრის მიწოდების დროის გამოთვლა

სვინის ბუფერის მოცულობის გამოთვლა

აღჭურვილობის არჩევის და სატელეკომუნიკაციო ქსელების მოწყობილობების დაპროექტების პროცესში გადაიტრება მოწყობილობების

ოპტიმალური მახასიათებლების დადგენის პრობლემა. პორტებზე გადაცემის გარკვეული სიჩქარის (მაგალითად, 100 მეგაბიტი/წმ, 1 გეგაბიტი/წმ) მქონე სვინებისთვის ასეთი მახასიათებლებია კადრების სვინირების საშუალო დრო. ის გამოითვლება დროის ერთეულში დამუშავებული კადრების რაოდენობის შესახებ არსებული ინფორმაციის და სვინის შიდა ბუფერის მოცულობის საფუძველზე.

ნახ. 6-ზე წარმოდგენილია სვინის შიდა ბუფერის მოცულობის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი. პარამეტრული მოდელი (ნახ. 1) საშუალებას იძლევა bufLim ადგილზე შევინახოთ ბუფერის მოცულობის ლიმიტი. იგივე მოდელი ახდენს სვინების მიერ მიღებული და გადაცემული კადრების დემპირებას.



სურ. 6. ბუფერის მოცულობის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი

როდესაც სვინი კადრს იღებს, სვინის ნომერი და მისი ბუფერის მიმდინარე ზომა ინახება inSWI ადგილზე. როდესაც სვინი კადრს გადასცემს, იგივე ინფორმაცია ინახება outSWI ადგილზე. საზომი მონაკვეთი ითვლის ბუფერის მაქსიმალურ რეალურ ზომას maximum ადგილზე და ასევე ბუფერის საშუალო მოცულობას average ადგილზე. დამხმარე ადგილებზე sum და prevCT ინახება ნამრავლების ჯამი და თითოეული სვინის ბუფერის მოცულობის გამოთვლის წინა დროითი მომენტის მნიშვნელობა. დეტალურად განვიხილოთ ბუფერის საშუალო მოცულობის გამოთვლის ფორმულა:

$$a = \frac{(i_1 \cdot dt_1 + i_2 \cdot dt_2 + \dots + i_k \cdot dt_k)}{dt}$$

სადაც i_j არის dt_j დროის ინტერვალში ბუფერის მოცულობა, ხოლო dt – დროის სრული ინტერვალი. გამოთვლის პროცესი დროის ნულთან მომენტში იწყება

და ამიტომ დროის სრული ინტერვალის სიგრძე ტოლია მიმდინარე მოდელის $cT()$ დროს. მიმდინარე dt_i ინტერვალის გამოთვლის მიზნით ბოლო გაზომვის pt მომენტის მნიშვნელობები ინახება $prevCT$ ადგილზე თითოეულ სეიჩის შემთხვევაში და ვიღებთ $dt_i = cT() - pt$. მრიცხველში წარმოდგენილი ნამრავლების ჯამი ინახება sum ადგილზე თითოეული სეიჩისთვის ცალ-ცალკე.

აგრეთვე შესაძლებელია სხვა სახომი მონაკვეთების აგება. მაგალითად, სახომი მონაკვეთები შეგვიძლია გამოვიყენოთ, რათა გამოვთვალოთ კოლიზიების პროცენტული რაოდენობა ჰაბებზე, გამოყენებითი სისტემების რეაგირების დროების და ა.შ. [4]-ში წარმოდგენილი სახომი მონაკვეთები (ეზერნეტის არაპარამეტრული მოდელისთვის) განკუთვნილია GID-Ural VNIIT გამოყენებითი სისტემის რეაგირების დროის გამოთვლისთვის. მათ შორის საუბარია ქსელში მიწოდების დროებზე და სერვერის მიერ მოთხოვნის დამუშავების დროებზე. ამგვარი შიდა მახასიათებლები რეალური დროის სისტემების დაპროექტებისას საბაზისოა.

გამოთვლითი ექსპერიმენტები მოდელზე

სატელეკომუნიკაციო ქსელის მახასიათებლების საიმედო მანვენებლების მისაღებად განხორციელდა სპეციალური გამოთვლითი ექსპერიმენტები მოდელზე. კლიენტ-სერვერის სისტემაში მოთხოვნების მიღების და დამუშავების პროცესები პირობითი ფუნქციებით არის წარმოდგენილი, რის გამოც მათი ურთიერთქმედება საკომუნიკაციო აღჭურვილობასთან ქმნის სტოქასტურ პროცესს. აქედან გამომდინარე, გამოყენებული სტატისტიკური მიდგომა დაფუძნებულია განაწილების საშუალო მანვენებლის და ცენტრალური სტატისტიკური მომენტების გამოთვლაზე. უმეტეს შემთხვევაში გამოყენებულია განაწილების და გაჯერების საშუალო მანვენებლები.

ქსელის დინამიკის მოდელირება მოდელური დროის საკმაოდ ხანგრძლივ შუალედებში განხორციელდა, რაც რეალური დროის რამდენიმე წუთს შეესაბამებოდა. თავდაპირველად შესწავლილ იქნა მოდელის ქცევის სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმის არსებობა, ხოლო შემდეგ გამოითვალა სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმის მახასიათებლები.

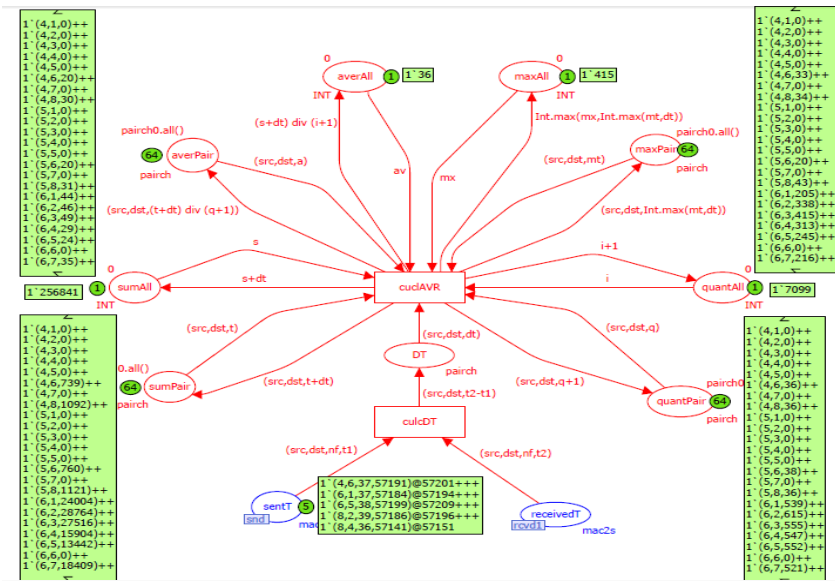
თითოეული dt_i დროის ინტერვალისთვის განხორციელდა არა ნაკლებ 20 ინდივიდუალური ექსპერიმენტი. მოგვიანებით არჩეული ინტერვალში თითოეული მახასიათებლისთვის a_{dt_i} საშუალო და σ_{dt_i} გაჯერება გამოითვალა. ამის შემდეგ გამოთვლები გამეორდა გაორმაგებული დროის ინტერვალისთვის და ა.შ. თუ საშუალოები და გაჯერებები ემთხვეოდა ($a_{dt_i} = a_{dt_{i+1}}$, $\sigma_{dt_i} = \sigma_{dt_{i+1}}$), მაშინ მიიღებოდა გადაწყვეტილება სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმის

არსებობის შესახებ. აღსანიშნავია, რომ სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმის არარსებობა იოლად შესამჩნევია მაგალითად მაშინ, როდესაც მოთხოვნების სისშირე 100-ის ფაქტორით იზრდება.

ზემოთ აღნიშნული ტენდენცია არ ეხება სატელეკომუნიკაციო აღჭურვილობას და ის უფრო კავშირშია ტერმინალის აღჭურვილობაზე გაუგზავნილი კადრების საშუალო რაოდენობის ზრდასთან. სატელეკომუნიკაციო აღჭურვილობა ჩვეულებრივად მუშაობს და უზრუნველყოფს კადრების მიწოდებას პიკური დატვირთვის პირობებში, რისთვისაც ხდება ნაკადების კონტროლის მოწყობილობების მოდელირება. არასტაბილური მდგომარეობის რეჟიმში რიგების ზრდის საილუსტრაციო ცხრილები მოყვანილია [8]-ში.

სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმში გამოითვალა აპარატურული და პროგრამული პარამეტრების კომბინაციების მახასიათებლები, როგორცაა მოთხოვნების სისშირე, დამუშავების დრო და სვიჩის შიდა ბუფერის მოცულობა. ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია მიწოდების დროის გამოთვლის საზომი მონაკვეთის (ნახ. 5) მარკირება დროის შუალედში 168009MTU=1,68.

აქედან გამომდინარე, კადრის მიწოდების საშუალო დროს არის 36MTU=0,36μs, ხოლო მიწოდების მაქსიმალური დროა 415MTU=4,15μs. მიწოდების დროების maxPair მატრიციდან ცხადია, რომ მიწოდების მაქსიმალური დრო გვაქვს S1 (MAC=6) სერვერიდან WS (MAC=3) სამუშაო სადგურზე კადრის მიწოდებისას. მატრიცების ნაჩვენები ფრაგმენტებიდან ჩანს, რომ სამუშაო სადგურების და სერვერების წყვილებს შორის კადრების გადაცემას ადგილი არ აქვს (შესაბამისი მნიშვნელობები ნულის ტოლია).



სურ. 7. მიწოდების დროის გამოთვლის შედეგები

რეალური ქსელების მახასიათებლების გამოთვლა

კვლევის ძირითადი პრობლემა გახლავთ მოდელების ადეკვატურობა რეალურ ცხოვრებასთან. მიზანშეწონილია ჩვენს მიერ აღნიშნული მახასიათებლების სიდიდეების გამოთვლის მეთოდების გამოყენება რეალური ქსელებისთვის და მისი მეშვეობით როგორც მოდელების აგება, ასევე მიღებული შედეგების შეფასება. რეალურ ლოკალურ ქსელებში ადგილზე გამოითვალა ფუნქციონალური მახასიათებლები. ქსელის ნიმუში წარმოდგენილია ნახ. 3-ზე.

გაზომვის ყველაზე იოლი მეთოდი გახლავთ DTE ქსელში პაკეტების WinDump ანალიზატორის MS Windows-ზე დაყენება. აგრეთვე დადასტურებულია პროგრამა SoftPerfect Network Protocol Analyzer-ის შედეგების სისწორე.

WinDump არის პროგრამა ბრძანებათა სტრიქონის ინტერფეისით, რომელიც იწერს ეზერნეტის კადრების გადაცემის დროის მომენტებს და ინახავს ფაილში. მოგვიანებით შესაძლებელია ამ ფაილის ნახვა და გაანალიზება. WinDump ოპტიმიზირებულია მოხმარებული რესურსების თვალსაზრისით და ფონურ რეჟიმში დიდი ხნის განმავლობაში ისე მუშაობს, რომ კომპიუტერის წარმადობა არ მცირდება. კადრების ჩაწერა SavedFrames ფაილში შემდეგი ბრძანების მეშვეობით ხორციელდება:

WinDump -w Saved Frames

კადრების გადაცემის პროცესის გაანალიზების და კადრების მიწოდების დროის გამოთვლის მიზნით გამოიყენება შემდეგი ბრძანება:

WinDump -ttt -r SavedFrames

პარამეტრი **-ttt** გამოიყენება კადრებს შორის დროის ინტერვალის ავტომატური გამოთვლისთვის. **-r** პარამეტრის დანიშნულება SavedFrames ფაილში ადრე შენახული ინფორმაციის ამოკითხვა. კადრების მიღებული დემპის ნიმუში მოყვანილი ნახ. 8-ზე.

```
000252 IP 192.168.0.158.1172 > 192.168.0.130.139: P 854:917(63) ack 840 win 64957
000854 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 840:2300(1460) ack 917 win 64502
000141 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 2300:3760(1460) ack 917 win 64502
000029 IP 192.168.0.158.1172 > 192.168.0.130.139: . ack 3760 win 65535
000107 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 3760:5220(1460) ack 917 win 64502
000138 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 5220:6680(1460) ack 917 win 64502
000024 IP 192.168.0.158.1172 > 192.168.0.130.139: . ack 6680 win 65535
000114 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 6680:8140(1460) ack 917 win 64502
000086 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: P 8140:9095(955) ack 917 win 64502
000287 IP 192.168.0.158.1172 > 192.168.0.130.139: . ack 9095 win 65535
000606 IP 192.168.0.158.1172 > 192.168.0.130.139: P 917:980(63) ack 9095 win 65535
000729 IP 192.168.0.130.139 > 192.168.0.158.1172: . 9095:10555(1460) ack 980 win 64439
```

ნახ. 8 კადრების დემპი

განვიხილოთ კადრების დემპი. პირველ სვეტში მოყვანილია კადრების შესვლებს შორის არსებული ინტერვალები მილიწამებში, ხოლო შემდეგ მოდის გამგზავნისა და მიმღების IP მისამართი და პორტის ნომერი. ორწერტილის შემდეგ იწერება პაკეტის სათაური, რასაც მოსდევს გასული ბაიტების პირველი და ბოლო ნომერი, ფრჩხილებში ჩასმული პაკეტის სიგრძე, დადსატურებული ბაიტის ნომერი და ფანჯრის სიგრძე. ზემოთ მოყვანილ მაგალითში 192.168.0.158 არის სამუშაო სადგურის IP მისამართი, ხოლო 192.168.0.130 – სერვერის IP მისამართი. პორტის ნომერი 139 შეესაბამება MS NetBIOS TCP სერვისს, ხოლო პორტის ნომერი 1172 კლიენტის პროგრამის შემთხვევით შერჩეული პორტის ნომერია.

დროში სინქრონიზაცია და კადრების დემპების შედარება ყველა ტერმინალურ მოწყობილობაში ხდება, რაც საშუალებას იძლევა მარტივი პროგრამის მეშვეობით მოვახდინოთ კადრების ინდენტიფიცირება და გამოვთვალოთ მათი მიწოდების დრო. მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე ხდება ქსელის მომსახურების ხარისხის და გამტარუნარიანობის გამოთვლა. მნიშვნელოვანია, რომ DTE-ში ჩატარებული გაზომვები საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ობიექტური ინფორმაცია რეალურად მიწოდებული კადრების შესახებ. უფრო მეტიც, მიღებული შედეგები შეგვიძლია გამოვიყენოთ ქსელის მოწყობილობებში.

თანამედროვე ეზერნეტის სვინები ფართო შესაძლებლობას იძლევა ტრაფიკის გამოთვლისა და ანალიზის თვალსაზრისით. მაგალითად, CISCO კორპორაციის სვინები, ისეთი როგორცაა Catalyst 4000, 4900 (4948-10GE, ME 4924-10GE) სერიის სვინები, მონიტორინგის ფუნქციებს ასრულებს და ამოწმებს პორტების მდგომარეობას და შესაძლებლობებს. მას აგრეთვე გააჩნია პორტების მონაცემების ანალიზის სისტემა Switch TopN, სტატისტიკის შეგროვების სისტემა RMON და პორტების ანალიზატორი SPAN (Switched Port Analyzer). როგორც წესი, სვინს გააჩნია პორტი კონსულთან უშუალო კავშირისთვის. უფრო მეტიც, ის ითვალისწინებს Telnet-თან და Web-ინტერფეისთან

მოდელის ადეკვატურობის შემოწმების მიზნით GID Ural-VNIIT სისტემით აღჭურვილი სარკინიგზო სადისპეჩეროს ცენტრის (ნახ. 3) ლოკალური ქსელის ტერმინალურ მოწყობილობებზე (სამუშაო სადგურებსა და სერვერებზე) დაიწყო კადრების დემპი. გაიზომა კადრების მიღების დროები და შეგროვდა ერთი ძვრის (დაახლოებით 12 საათის) დროის ინტერვალისთვის. აღნიშნული და მოდელირების შედეგად მიღებული შედეგების შედარება შემდეგი დასკვნის

გაკეთების საშუალებას გვაძლევს: მიწოდების დროის მოდელირების შედეგად მიღებული საშუალო შეცდომა 5%-ზე მეტი არ არის. მიღებული შედეგი საკმაოდ კარგია და აგებული მოდელების ადეკვატურობას ადასტურებს.

მოდელირების შედეგების ანალიზი

გამტარუნარიანობის და კადრების მიწოდების დროის გამოთვლა არჩეული ტექნოლოგიის (100 მეგაბიტი/წმ, 1-10 გეგაბიტი/წმ) გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარის საფუძველზე რეალისტური არ არის ერთი სვიჩის შემთხვევაშიც კი ვინაიდან რეალურ ტრაფიკს ახასიათებს ასიმეტრია, პულსაცია და სხვა სპეციფიკური თვისებები. მაგალითად, 100 მეგაბიტი/წმ ტექნოლოგიის n პორტის მქონე სვიჩის მაქსიმალური გამტარუნარიანობა $n \cdot 100$ მეგაბიტი/წმ მიიღწევა მხოლოდ სრულდუბლექსურ რეჟიმში და მაშინ, როდესაც ტერმინალური მოწყობილობების წყვილებს შორის გადაცემის აღნიშნული სიჩქარე თანაბარია.

ტრაფიკის ასიმეტრიულობის შემთხვევაში, სვიჩში მოსული კადრის დანიშნულების პორტი შეიძლება უკვე დაკავებული იყო სხვა კადრის გადაცემით, რის შედეგად მიღებული კადრი სვიჩის ბუფერში შეინახება ან გადამცემი მოწყობილობის აქტიურობა შემცირდება ნაკადის კონტროლის საშუალებების ან განმეორებით გადაცემის შედეგად. ყოველივე ამის შედეგად შემცირდება კადრის მიწოდების დრო. უფრო მეტიც, სხვა პორტების იძულებითი უქმობა რეალურ გამტარუნარიანობას ამცირებს.

რამდენიმე სვიჩისგან შემდგარი ხისებრი სტრუქტურის (ნახ. 3) გამოყენება აღწერილ პროცესს კიდევ უფრო ართულებს და ხელს უშლის ანალიტიკურ შეფასებას. აქედან გამომდინარე, კადრების სვიჩირების პროცესების ადეკვატურად ამსახველი მოდელების გამოყენება კვლევის პერსპექტიული მიმართულებაა. პროცესების აღწერა ტექნოლოგიური სტანდარტების და ტრაფიკის მახასიათებლების შესაბამისად ხდება.

სატელეკომუნიკაციო ქსელების პრობლემების გადაჭრის ტრადიციული მეთოდი ტექნოლოგიის შემდეგ დონეზე გადასვლაა. მაგალითად, ეს შეიძლება იყოს 100მეგაბიტი/წმ-დან 1გეგაბიტი/წმ-ზე გადასვლა. მიუხედავად ამისა, ასეთი გადაწყვეტილებები კომპანიის მასშტაბით საკმაოდ ძვირადღირებულია. გარდა ამისა, გადაცემის ახალი სიჩქარე შეიძლება არ აღმოჩნდეს საკმარისი ქსელის შეფერხებების თავიდან ასაცილებლად.

მე-6 პარაგრაფში საზომი მონაკვეთების (ნახ. 4, 5, 6) საფუძველზე შესწავლილი პარამეტრული მოდელის (ნახ. 1) შედეგები წარმოდგენილია სარკინიგზო სადისპეჩერ ცენტრის ლოკალური ქსელისთვის (ნახ. 3), რა დროსაც არჩეულია სვიჩების და ეზერნეტის ადაპტერების სხვადასხვა

სახეობები. მოდელის პარამეტრები გამოთვლილია [8]-ში რეალური აღჭურვილობის მახასიათებლების გათვალისწინებით. ნახ. 9.-ზე ნახვენებია ქსელის მახასიათებლების დამოკიდებულება აღჭურვილობის არჩეულ ტექნოლოგიაზე.

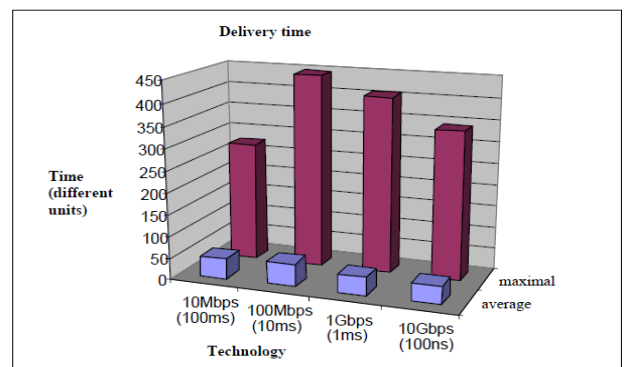
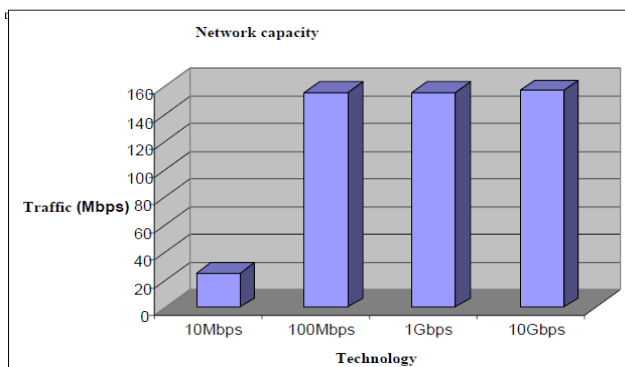
აღსანიშნავია, რომ ჩვეულებრივ რეჟიმში ქსელი უზრუნველყოფს სერვერების და სამუშაო სადგურების მთლიანი ტრაფიკის გატარებას. ქსელის განხილულ მაგალითში თითოეული სამუშაო სადგური უზრუნველყოფს ორი ნაკადის გადაცემას და მათი საშუალო ინტენსიურობაა 1 კადრი 15 მილიწამში. მოთხოვნის საპასუხოდ თითოეული სერვერი უზრუნველყოფს 15 კადრის 12 ნაკადის (2X6) გადაცემას და თითოეული კადრი 15 მილიწამში ერთხელ გადაიცემა. მაშასადამე, მთლიანი ტრაფიკი მიახლოებით ასეთია:

$$\text{ტრაფიკი} = (12 \cdot 16 \cdot 12304) / 0,015 = 1574912000 \text{ ბიტი/წმ} \approx 157 \text{ მეგაბიტი/წმ}$$

თუ გვაქვს არჩეული ტექნოლოგიის გადაცემის სტანდარტული სიჩქარე და მაქსიმალური სიგრძის კადრი, კადრის მიწოდების მინიმალური (იდეალური) დრო არის 1,23μწმ 10 მეგაბიტი/წმ-ის შემთხვევაში, 123მლწმ 100მეგაბიტი/წმ-ის შემთხვევაში და 1,23მლწმ როგორც 1 გეგაბიტი/წმ, ასევე 10 გეგაბიტი/წმ-ის შემთხვევაში. მაშინაც კი, როდესაც ერთ სვიჩს ვიყენებთ, რომელიც უზრუნველყოფს გამჭოლ გადაცემას სრული ბუფერირების გარეშე, მიწოდების მინიმალური დრო იზრდება. კადრის სათაურის მიღების შემდეგ სვიჩს გარკვეული დრო სჭირდება, რათა კადრი გაანალიზოს და სვიჩირების ცხრილის მიხედვით დანიშნულების პორტი დაადგინოს. აღნიშნული დრო გამოითვლება სვიჩის წარმადობის (კადრი/წმ) ან სვიჩის შიდა სალტის წარმადობის მიხედვით. მაგალითად, Intel SS101TX4EU სვიჩის წარმადობა დაახლოებით 10000 კადრი/წმ-ია ანუ ერთი კადრის დამუშავების დრო დაახლოებით 100 მილიწამია. ყურადღება მიაქციეთ, რეალური დაყოვნება შესაძლოა აღემატებოდეს მიღებულ დაყოვნებას, რაც პორტების პარალელური მუშაობით არის განპირობებული. სვიჩის Cisco ME 4924 შიდა სალტის წარმადობა 49 გეგაბიტი/წმ-ია, რაც განაპირობებს 251 ნანოწამ დაყოვნებას. ეზერნეტის ადაპტერების რეალური წარმადობა ფასდება არჩეული ტექნოლოგიის მაქსიმალური გადაცემის სიჩქარის საფუძველზე. მაგალითად, ეზერნეტის ადაპტერისთვის Intel Ether Express PRO/100 გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 92,1 მეგაბიტი/წმ, რაც შეესაბამება კადრის გადაცემის 144 მილიწამიან დაყოვნებას.

ნახ. 9ა-ზე ჩანს, რომ 10 მეგაბიტი/წმ ტექნოლოგია ვერ უზრუნველყოს კადრების ყველა ნაკადის გადაცემას. სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმში ქსელის და ტერმინალური აღჭურვილობის მქონე სისტემაში ვერ მიიღწევა,

რასაც ადასტურებს replyS ადგილზე რიგის სიგრძის ზრდა. შედარებით სწრაფი ტექნოლოგიები ყველა ნაკადის გადაცემას უზრუნველყოფს, თუმცა გამტარუნარიანობები გაჯერების ზღვრებით მიხედვით განსხვავდება. მიწოდების დროები (სურ. 9ბ) მკვეთრად განსხვავებულია. ყურადღება მიაქციეთ, რომ სხვადასხვა ტექნოლოგიებში გამოყენებულია მიწოდების დროების სხვადასხვა საზომი ერთეულები. ზოგადი ტენდენცია გახლავთ ის, რომ მიწოდების მაქსიმალური დრო საშუალო დროს დაახლოებით 10-ჯერ აღემატება. 10 მეგაბიტი/წმ ტექნოლოგიაში მიწოდების მაქსიმალური დროის შემცირება შეიძლება აიხსნას გამტარუნარიანობის მნიშვნელოვანი შემცირებით. სხვადასხვა მახასიათებლების მქონე ეზერნეტის ადაპტერების და სვიჩების, ისევე როგორც სხვადასხვა მოცულობის ბუფერის მქონე სვიჩების ზემოთ აღწერილი მახასიათებლების შესწავლამ გამოავლინა მხოლოდ მცირე განსხვავებები გაჯერების ზღვრებში. აქედან გამომდინარე, სამუშაო სადგურების და სერვერების პერიოდული მოთხოვნების შედეგად გაჩენილი ტრაფიკისთვის მნიშვნელოვანია მხოლოდ ტექნოლოგიის არჩევა. აღჭურვილობის წარმადობის განსხვავება ქსელის მახასიათებლებზე რეალურ გავლენას არ ახდენს. ყურადღება მიაქციეთ, რომ მიწოდების მაქსიმალური დრო (ნახ. 5, ადგილი maxALL) შეგვიძლია გამოვიყენოთ, როგორც მიწოდების გარანტირებული დრო რეალურ სისტემებში მკაცრი დროითი ლიმიტებით. თუ სისტემას მკაცრი დროითი ლიმიტები არ გააჩნია, მაშინ მიწოდების საშუალო დრო (ნახ. 5, ადგილი averALL) გამოთვლებში გამოიყენება.



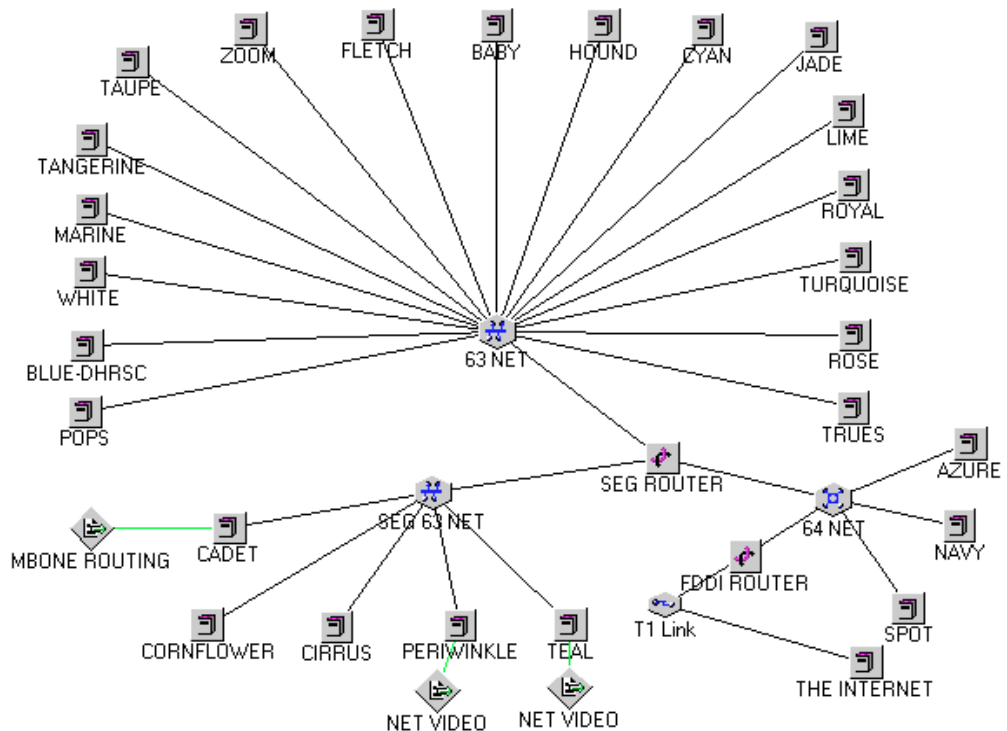
ა) გამტარუნარიანობა

ბ) მიწოდების დრო

ნახ. 9 ქსელის მახასიათებლების გამოთვლა

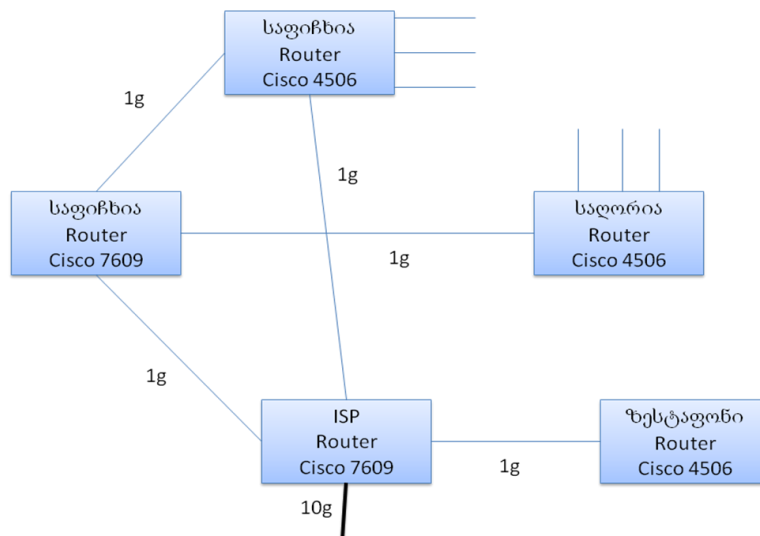
მ ე ო თ ხ ე თ ა გ ი - განხილულია AnyLogic სისტემა კომპანია XJTechnologies-ის მიერ არის დამუშავებული და გახლავთ კომპიუტერული მოდელირების საერთო დანიშნულების საშუალება. ეს არის კომპლექსური ინსტრუმენტი, რომელიც მოიცავს მოდელირების ძირითად თანამედროვე მიმდინარეობებს, მათ შორის დისკრეტულ-მოვლენითს, სისტემატურ დინამიკას, აგენტურ მოდელირებას და ა.შ. AnyLogic-ის გამოყენება საშუალებას იძლევა შეფასდეს კონსტრუქტორული გადაწყვეტილებების ეფექტი რეალური სამყაროს რთულ სისტემებში. იმიტაციური მოდელირების ახალი თაობის პროფესიონალური ინსტრუმენტი AnyLogic დამუშავებულია საინფორმაციო ტექნოლოგიების თანამედროვე კონცეფციების და იმ კვლევების საფუძველზე, რომლებიც ჩატარებულია ჰიბრიდული სისტემების თეორიის და ობიექტზე ორიენტირებული მოდელირების ფარგლებში. ინსტრუმენტული სისტემა AnyLogic მომხმარებელს მოდელირების ერთადერთი პარადიგმით არ ზღუდავს, რაც მოდელირების ბაზარზე არსებული სხვა ინსტრუმენტებისთვის არის დამახასიათებელი. მომხმარებელს AnyLogic-ში შეუძლია გამოიყენოს აბსტრაქციების სხვადასხვა დონეები, სტილები, კონცეფციები და შეაჯეროს ეს ყველაფერი ერთ მოდელში.

მ ე ხ უ თ ე თ ა გ ი - დამუშავებულია ქსელების მოდელი ინტერნეტ-სერვის პროვაიდერისთვის. ქსელის სტრუქტურა წარმოდგენილია ნახ.10-ზე.



ნახ.10. საკვლევი ქსელის მოდელი

ქალაქ ქუთაისში არსებობს ინტერნეტ ქსელის პროვაიდერი რომელიც შედგება 4 კვანძისგან (კვანძი1-ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერი (ISP), კვანძი2 - საფიჩხია, კვანძი3 - საღორია, კვანძი4 - ზესტაფონი) (ნახ. 11). თითოეული კვანძი დაკავშირებულია მთავარ კვანძთან(ISP). კვანძები ერთმანეთთან შეერთებულია მრავალმოდულიანი ოპტიკური კაბელით. ISP დაკავშირებულია წრე ტოპოლოგიით კვანძ 2-თან. კვანძი 2 მიერთებულია კვანძ3-თან დაცვის გარეშე (ასეთი შეერთება განხორციელებულია ფინანსური დანახარჯების შემცირების მიზნით) . ISP –ზე კვანძი 4 დაკავშირებულია პირდაპირი მიერთებით დაცვის გარეშე.



ნახ. 11 ინტერნეტ პროვაიდერში კვანძების შეერთების სქემა

ISP-ში განთავსებულია შემდეგი აპარატურა:

მარშრუტიზატორი cisco 7609

სვიჩი cisco2960 2 ცალი

სვიჩი cisco 3645 2 ცალი

სერვერები: WWW, MAIL, FTP და ა.შ.

მოწყობილობების მუშაობა ხორციელდება OSPF პროტოკოლით. კვანძი2-ზე მიერთებულია 4 სვიჩი რომლებზეც თავის მხრივ მიერთებულია აბონენტები.

კვანძ3-ში მიერთებულია ერთმანეთთან მიმდევრობით ჩართული 3 სვიჩი კვანძ 4-თან მიერთებულია 5 სვიჩი საიდანაც სამი მათგანი არის ერთმანეთთან მიმდევრობით, ხოლო დანარჩენი ორი ქმინს ცალკე ქსელს.

აღნიშნულ ობიექტზე ჩატარდა საკვლევი სამუშაოები, რის შედეგადაც განისაზღვრა : რეაქციის დრო, გადაცემის დრო, დატვირთვის კოეფიციენტი, ქსელში პაკეტების კარგების რაოდენობა.

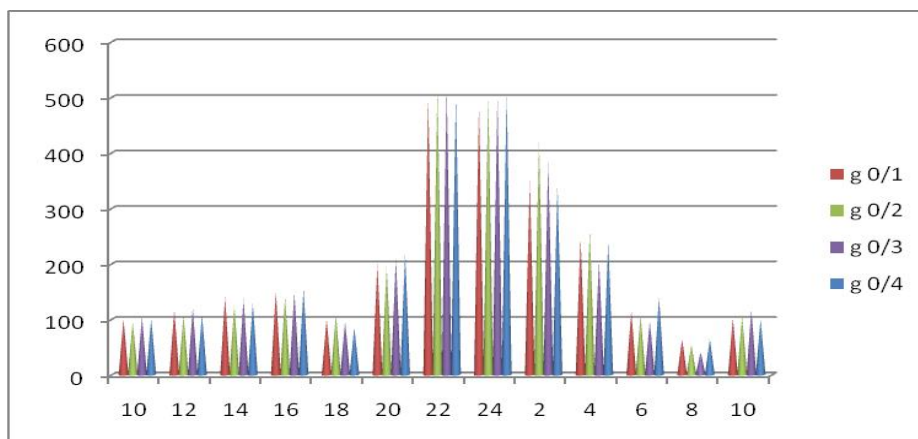
კვლევების შედეგად მივიღეთ რომ:

• ტრაფიკის გაზრდის შემთხვევაში სისტემის რეაქციის დრო იყო დაბალი, რაც იწვევდა ქსელში პაკეტების კარგვას დიდი რაოდენობით ეს საგრძნობლად ანელებს აბონენტების მუშაობას ინტერნეტში.

კვანძ 2. -ში გაიზომა დატვირთვები მარშუტიზატორის იმ პორტებზე რომლებზეც მიერთებული იყო ეს სვიჩები. შედეგები მოყვანილია ცხრილ 1-ში და შესაბამისი დიაგრამა წარმოდგენილია ნახ.12 - ზე.

დრო	g 0/1	g 0/2	g 0/3	g 0/4
10	100	96	104	101
12	116	107	120	108
14	140	125	136	129
16	150	140	148	155
18	100	109	96	85
20	200	195	209	218
22	500	516	517	503
24	484	502	500	505
2	350	420	384	340
4	246	261	205	240
6	114	106	97	140
8	64	54	41	64
10	102	105	117	100

ცხრილი 1 დროისა და ტრაფიკის ურთიერთ დამოკიდებულება

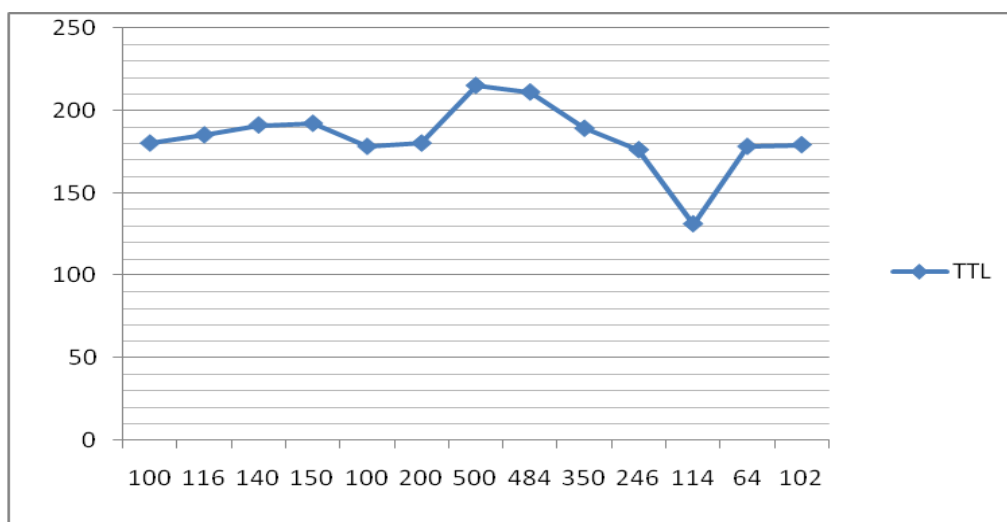


ნახ. 12 ტრაფიკის შესაბამისი დიაგრამა დროის მიხედვით

დატვირთვებთან ერთად დავაკვირდით რეაქციისა და დაყოვნების დროს. დაკვირვების შედეგები მოცემულია ცხრილში 2 –ში დაშესაბამისი დიაგრამა აგებულია ნახ. 13 – ზე.

დრო	g 0/1	g 0/2	g 0/3	g 0/4	TTL
10	100	96	104	101	180
12	116	107	120	108	185
14	140	125	136	129	191
16	150	140	148	155	192
18	100	109	96	85	178
20	200	195	209	218	180
22	500	516	517	503	215
24	484	502	500	505	211
2	350	420	384	340	189
4	246	261	205	240	176
6	114	106	97	140	131
8	64	54	41	64	178
10	102	105	117	100	179

ცხრილი 2 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან დროით ინტერვალში.

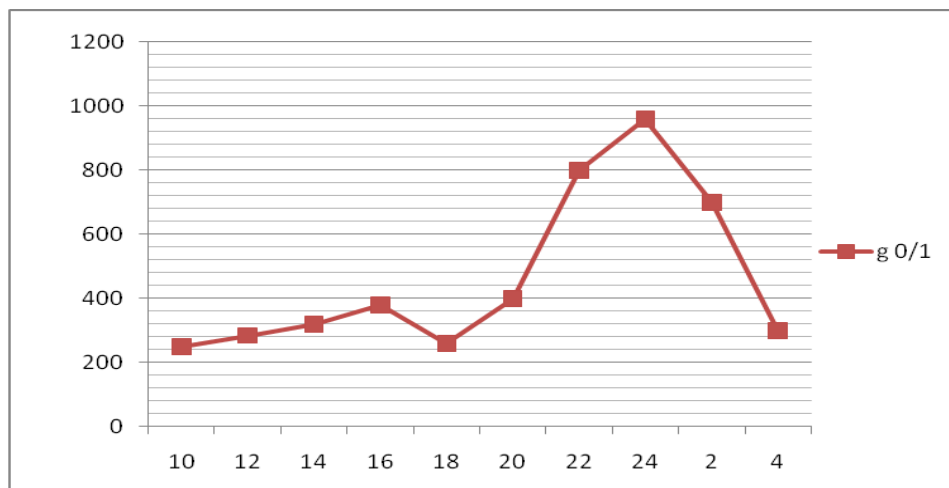


ნახ 13 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან

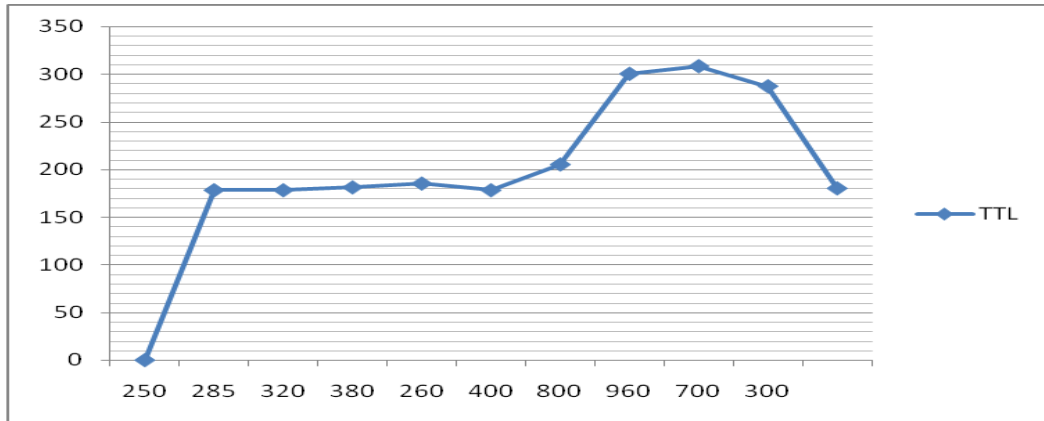
კვანძ 3. – ში გაიზომა მარშრუტიზატორის ერთ-ერთ პორტზე დატვირთვა, რეაქციისა და დაყოვნების დრო. შედეგები მოყვანილია ცხრილ 3 – ში. შესაბამისი დიაგრამები აგებულია ნახ. 14 და ნახ 15 – ზე.

დრო	g 0/1	TTL
10	250	178
12	285	178
14	320	181
16	380	185
18	260	178
20	400	205
22	800	300
24	960	308
2	700	287
4	300	180

ცხრილი 3 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან დროით ინტერვალში.



ნახ. 14 დროის და ტრაფიკის ურთიერთდამოკიდებულება

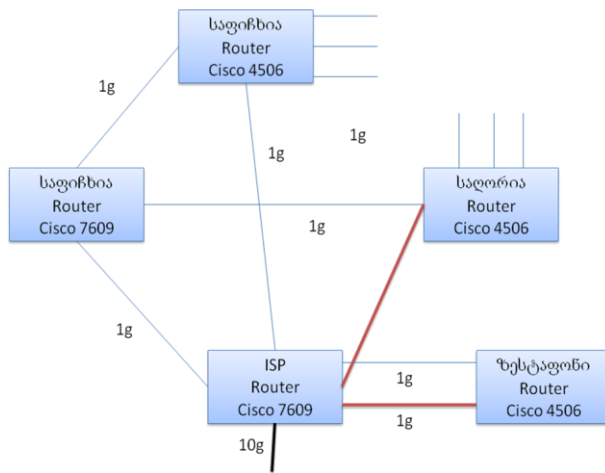


ნახ. 15 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან

დაკვირვებების შედეგად აღმოჩნდა რომ მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში აღვილი ქონდა ქსელში კოლიზიას. კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ ეს პრობლემა გამოწვეული იყო იმ კვანძებში სადაც მოწყობილობები ჩართულნი იყვნენ სალტე ტოპოლოგიით. გათიშვის შემდეგ ქსელის აღდგენას სჭირდებოდა 10-15 წუთი. კვლევების შედეგად ასევე დადგინდა რომ ქსელი არ იყო დაცული გარემო დაზიანებებისაგან.

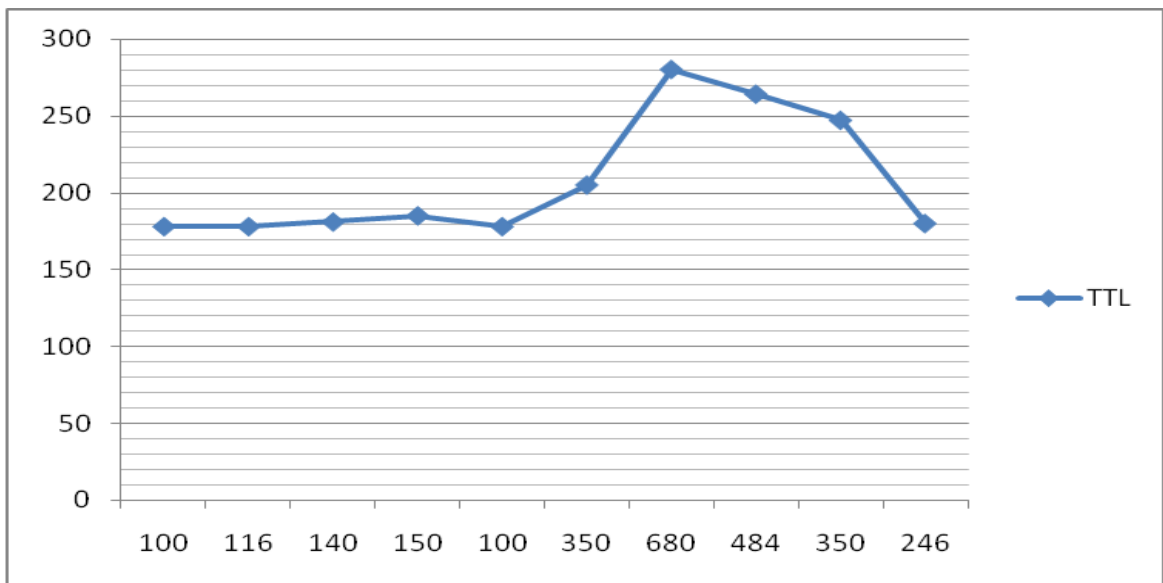
აღნიშნული პრობლემების აღმოსაფხვრელად ANYLOGIC-ის გამოყენებით დავამოძღვრეთ არსებულის ანალოგური ქსელი, რომელშიც შევიტანეთ ცვლილებები:

- ქსელი აიწყო წრიული ტოპოლოგიის გამოყენებით
- კვანძ 4-ში დატვირთვების ზრდასთან ერთად დავამატეთ 1გიგაბიტის არხი.
- კვანძ 3 და კვანძ 4-ი გადააკეთდა ვარსკვლავურ სალტე ტოპოლოგიად. შესაბამისად ქსელმა მიიღო ახალი სახე რომელიც ნაჩვენებია ნახ. 16-ზე

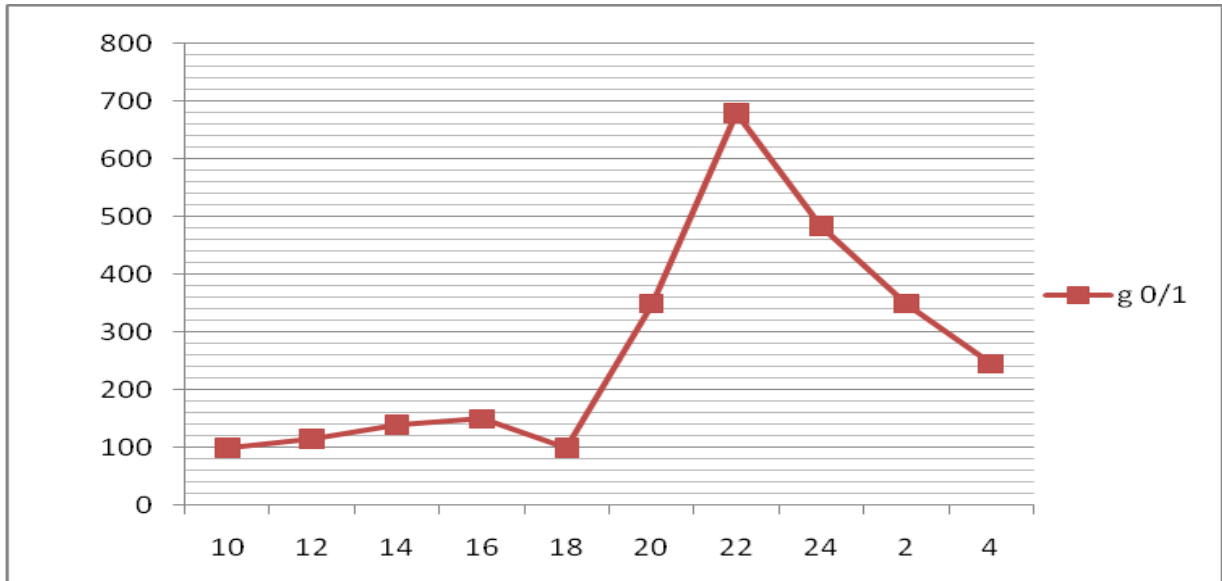


ნახ. 16 ქუთაისის ახალი ქსელი წრიული ტოპოლოგიით

მოდელირების სისტემის საშუალებით ავაგეთ არსებული ქსელის მოდელი და განვიხილეთ სხვადასხვა შემთხვევები. რის შედეგადაც გაუმჯობესდა ტრაფიკი, კოლიზიების აღმოფხვრის დრო, გადაცემის და რეაქციის დრო. წარმოდგენილმა სქემებმა, განიცადეს ცვლილებები და მიიღეს სახე (ნახ.17,18)



ნახ. 17 კვანძ 3-ში რეაქციის და გადაცემის დროის დამოკიდებულება ტრაფიკთან.



ნახ.18 კვანძ 3-ში დროისა და ტრაფიკის დამოკიდებულება “სალტე ვარსკვლავური” ტოპოლოგიის შემთხვევაში.

დღეისათვის აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრი. დისერტაციაში განხილულია ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრის მოდელის შედგენის საკითხები და დადგენილია ის უპირატესობანი რომლებსაც ასეთი ცენტრების არსებობა გამოიწვევს.

ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრი (Internet Exchange point - IXP) წარმოადგენს ერთი ან რამოდენიმე კვანძისაგან შემდგარ ქსელურ ინფრასტრუქტურას, სადაც ხდება ტრაფიკის გაცვლა იმ ორგანიზაციებს შორის, რომლებიც არიან დამოუკიდებელი ქსელების (ავტონომიური სისტემების) მფლობელები.

- IXP – ის ძირითადი დანიშნულებაა პირდაპირი ურთიერთჩართვების ორგანიზება ლოკალურ ინტერნეტ პროვაიდერებს შორის.

- IXP – ის მონაწილეები შეუზღუდავად ცვლიან თავისი ქსელის ტრაფიკს.

- IXP – ი ინარჩუნებს ნეიტრალიტეტს მონაწილე მხარეების მიმართ.

- IXP – სთან მიერთება ნიშნავს ხარისხიანი კავშირის დამყარებას IXP – ის ყველა მონაწილესთან.

ინტერნეტ პროვაიდერებთან ჩატარებული კვლევების შედეგად გამოიკვეთა ორი კატეგორიის ინტერნეტ ქსელის მომხმარებელი.

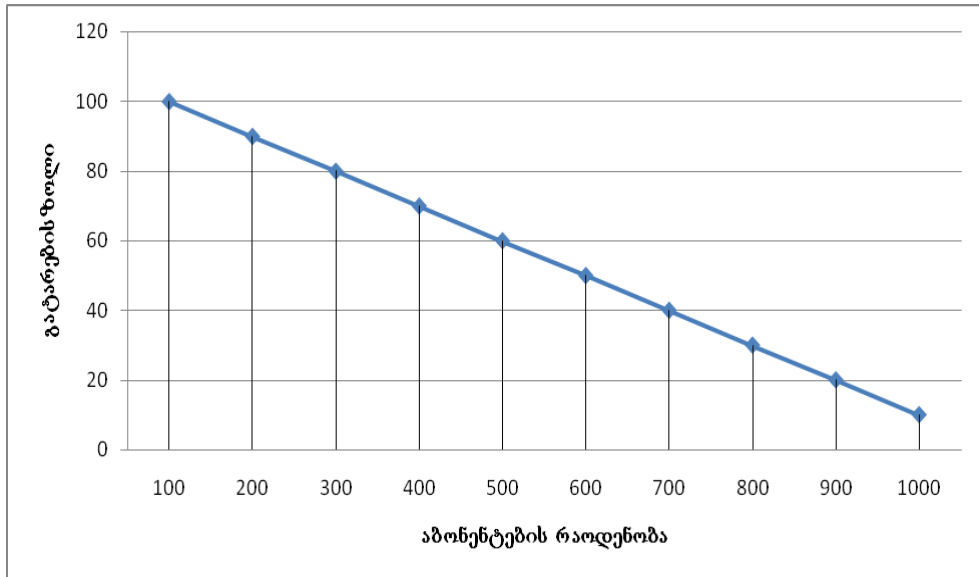
1. რომლებიც ინტერნეტს მოიხმარენ ლოკალური საიტებიდან სხვადასხვა ინფორმაციის გადმოსატვირთათ დასოციალურ ქსელებში სამუშაოდ

2 რომლებიც ძირითადად იყენებენ გლობალურ ინტერნეტს.

ასეთი აბონენტების პროცენტული მაჩვენებელია 60%-ი 40%-თან. იმის გამო რომ საქართველოში არ არის IXP – ი, ზარალდება კომპანიის ბიუჯეტი და აბონენტს არ მიეწოდება სწრაფი ინტერნეტი.

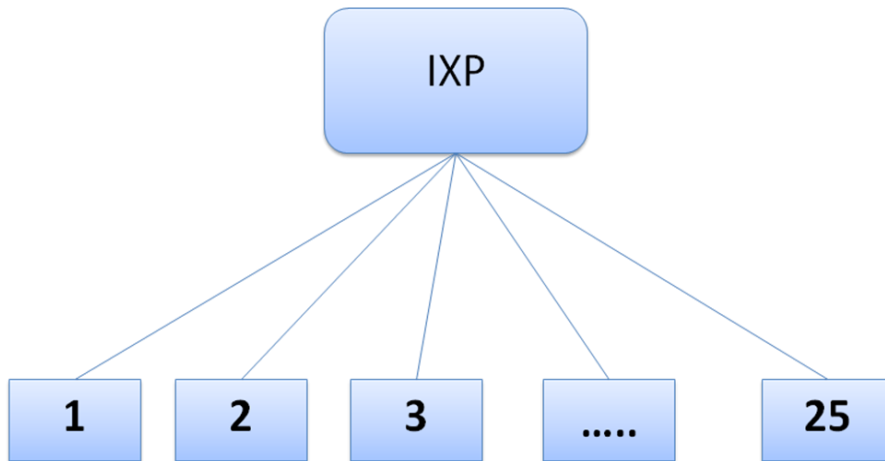
დისერაციაში განხილულია ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრი შექმნა ხუთი ინტერნეტ პროვაიდერის მაგალითზე, სადაც ორი მათგანი (A, B) ერმანეთთან ლოკალურად არის ჩართული გიგაბიტის ოპტიკური კაბელით, ხოლო დანარჩენი სამი (C, D, E) – არ არის ჩართული ქსელში. როდესაც A პროვაიდერის აბონენტს დასჭირდება B პროვაიდერის სერვერიდან ინფორმაციის გადმოწერა იგი სწრაფად განახორციელებს გადმოწერას, ხოლო დანარჩენ სამს (C, D, E) გლობალური ინტერნეტის გავლით მოუწევს ამ პროვაიდერების (A, B) სერვერებთან დაკავშირება.

ჩემს მიერ მიღებული მოდელის ანალიზმა მაჩვენა რომ, როდესაც C პროვაიდერის აბონენტებს სურთ გადმოიწერონ A ან B პროვაიდერის ლოკალური სერვერიდან რაიმე ინფორმაცია, მაშინ დატვირთვის 100% მოდის გლობალური ინტერნეტის გატარების ზოლზე რაც ნათლად ჩანს გრაფიკზე ნახ19.



ნახ.19 ტრაფიკის და აბონენტების ურთიერთდამოკიდებულება IXP არ არსებობისას

საქართველოში არსებობს 25 დამოუკიდებელი ქსელის მფლობელი კომპანია, რომელთაც სჭირდებათ IXP – ი. მოდელირების სისტემის საშუალებით შევქმენით მოდელი IXP – ი რომელიც მოცემულია ნახ. 3. სადაც 1, 2, 3, ... 25 – ით აღნიშნულია ინტერნეტ პროვაიდერები და IXP – ით ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრი.



ნახ. 20 IXP – ის მოდელი

- IXP – ის არსებობა აისახება საბოლოო მომხმარებლის ინტერნეტის ხარისხზე:

- ოპტიმალურს სხდის ტრაფიკის მარშრუტიზაციას ქსელებს შორის. ამცირებს ერთი პროვაიდერიდან მეორესკენ გადაცემული

პაკეტების მარშრუტს (ჰოპების რაოდენობას), რაც პირდაპირ აისახება ხმოვან და ვიდეო სერვისებზე.

- მინიმუმამდე დაყავს გლობალური არხების თრომბირება – გამორიცხავს ლოკალური ტრაფიკის გლობალური ქსელით შემოტარების აუცილებლობას და აზღვევს ლოკალურ და გლობალურ ქსელებს გადატვირთვისაგან. (პროვაიდერები, რომელთაც არა აქვთ ერთმანეთთან ურთიერთჩართვა, ტრაფიკს დღეს ატარებენ გლობალური ინტერნეტის არხებით.)

- IXP – ის არსებობა ამცირებს საშუალო და მცირე ზომის ოპერატორებისთვის ხარჯებს, რაც პირდაპირ აისახება მათ განვითარებაზე:

- ოპერატორი ნაცვლად რამოდენიმე გეოგრაფიულად ერთმანეთისაგან დაშორებული ფიზიკური შეერთებებისა იყენებს ერთ არხს. (პროვაიდერები დაზოგავენ სხვადასხვა მიმართულებით N რაოდენობის სადენის ჩადებისათვის გასაწევ ხარჯებს, სატრანზიტო იჯარის და საკომუნიკაციო კანალიზაციების სახაზო მეურნეობის შენახვის ხარჯებს, არ დასჭირდებათ N რაოდენობით გაფართოებული ურთიერთჩართვის ხელშეკრულებების გაფორმება, არ მოუჭევთ N რაოდენობით აპარატურის განტავსება სხვადასხვა თანალოკაციის ფართებზე და შესაბამისი იჯარის გადახდა, არ გადაიხდიან ზედმეტად გლობალურ ინტერნეტის არხის საფასურს, რომ გაატარონ საქართველოს იმ პროვაიდერებთან ტრაფიკი ვისაც ფიზიკურად ვერ უერთდებიან.)

- პროვაიდერე უფრო ზუსტად აკონტროლებს თუ რა სიმძლავრე სჭირდება მას ხარისხიანი სერვისის მისაწოდებლად და დაზღვეულია იძულებითი ზედმეტი დანახარჯებისაგან. (ნაცვლად 10 – ობით არაოპტიმალურად დატვირთული არხებისა, რომელიც დღეს სხვადასხვა დიდ თუ პატარა პროვაიდერებთან აქვთ მიყვანილი, გამოიყენებს ერთ არხს ყველა პროვაიდერთან ჩასართავად, გააკონტროლებს დატვირთვას, გაზრდის მოთხოვნის შესაბამისად და ხარჯიც ოპტიმალური იქნება.)

ძირითადი დასკვნები:

დამუშავებულია მოდიფიცირებული პეტრის ქსელი, რომელიც საინფორმაციო ქსელების მოდელირების მაკრო ენას წარმოადგენს.

1. პეტრის სამოდელირო მაკრო ენის გამოყენებით დამუშავებულია კომპიუტერული ქსელების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით საკვლევი მოდელები, და მიგებულია რეკომენდაციები სისტემის ეფექტური ორგანიზაციისათვის. ამავე დროს დამუსავებულია სამოდელი გარემო, რომელიც დამოუკიდებელი მკვლევარისათვის წარმოადგენს კვლევის ორგანიზაციის ავტომატიზებულ რესურსს, რაც მოდელის დამუშავებაზე დახარჯულ რესურსებსა და დროს მნიშვნელოვნად ამცირებს.

2. განხილული და შესწავლილია მულტიაგენტური მოდელირების ენა ANYLOGIC და მომხმარებლისათვის ჩამოყალიბებულია ინტერფეისის შესწავლის ინტელექტუალური გარემო.

3. საქართველოს საინფორმაციო ინტერნეტ სივრცის ცალკეული ელემენტებისათვის, ე.წ. პროვაიდერული ცენტრებისათვის (GEONET, ქუთაისი და ა.შ.) ჩამოყალიბებულია პრობლემები, მათი გადაჭრის გზები და საკვლევი მოდელები მულტიაგენტურ მოდელების გარემო ANYLOGIC-ში. ჩატარებულია სამოდელი ექსპერიმენტები და მიღებულია აღნიშნული ცენტრების ეფექტური ორგანიზაციის რეკომენდაციები, რომელნიც სისტემის სწორ მართვას ეფუძნება და არ მოითხოვს რესურსების გაფართოებას და მათზე გაწეულ მნიშვნელოვან ხარჯებს.

ინტერნეტ სერვისული სივრცის ეფექტური ორგანიზების მიზნით საქართველოს პირობებში ახალი ინტერნეტ რესურსის დამატების გზით გამოკვლეულია ცალკეულ პროვაიდერთა მოდერნიზების ეფექტურობის ამადლების საკითხები ისე, რომ პროვაიდერის რესურსული ხარჯები არ იცვლება. დამუშავებულია მოდელირების მაკრო ენის ANYLOGIC-გარემოში კვლევის სათანადო მოდელები

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებულ ძირითად ნაშრომების სია:

1. Кирцхалия Г. Т. Имитационное моделирование компьютерных сетей.

Georgian Engineering News . N 4 2011 p. 56.

2. გიორგი კირცხალია. კომპიუტერული ქსელის იმიტაციური მოდელის საკითხების შესახებ. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი განათლება. №2(5) 2012 გვ. 280

3. გიორგი კირცხალია, მზია კიკნაძე, თალიკო უვანია. კომპიუტერული ქსელების მოდელირება ANYLOGIC სიტემის გამოყენებით. შრომები მართვის ავტომატიზირებული სისტემები N 1 2012

4. Кирцхалия Г.Т. Разработка моделуь в AnyLogic. Georgian Engineering News. N 1 2012