

გიორგი კირცხალია

კომპიუტერული ქსელის მოდელირების
მეთოდოლოგიური საფუძვლები და ინტერაქტიული
ინტერფეისის დაგეგმარება

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის
მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი
თბილისი, 0175, საქართველო
მაისი, 2012 წელი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავაცანით გიორგი კირცხალიას მიერ შესრულებულ სადოქტორო ნაშრომს დასახელებით: „კომპიუტერული ქსელის მოდელირების მეთოდოლოგიის საფუძვლები და ინტერაქტიული ინტერფეისის დამუშავება“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

25 ივნისი 2012

ხელმძღვანელი: სრული პროფესორი ზურაბ გასიტაშვილი

ასოც.პროფ. მზიაკვიციანიძე

რეცენზენტი: სრულიპროფესორი რომან სამხარაძე

რეცენზენტი: სრულიპროფესორი ზაალმიქაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012 წელი

ავტორი: გიორგი კირცხალია

დასახელება: „კომპიუტერული ქსელის მოდელირების მეთოდოლოგიის საფუძვლები და ინტერაქტიული ინტერფეისის დამუშავება“

ფაკულტეტი: ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

რეზიუმე

კომპიუტერული ქსელების ეფექტური დაგეგმარება აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს. კომპიუტერული ქსელების ეფექტურად დასაპროექტებლად საჭიროა პირველ რიგში შევისწავლოთ დაგეგმარების მიზანი და ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმები. ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმები შეიძლება იყოს ღირებულების შემცირება, ქსელის წარმადობის გაზრდა, შემდგომში განვითარების შესაძლებლობა და გადასვლა ახალ ტექნოლოგიებზე.

კომპიუტერული ქსელების დაპროექტება არ შეიძლება განხილულ იქნას მხოლოდ საინჟინრო კუთხით. საჭიროა პირველ ეტაპზე შესწავლილ იქნას ორგანიზაციული სისტემის (ვისთვისაც ქსელი უნდა დაპროექტდეს) ინფორმაციული მოდელი:

- ჩამოყალიბდეს ორგანიზაციულ მოდელზე მორგებული ქსელური არქიტექტურა.
- შესწავლილ იქნას იმფორმაციულ მასეივებზე მოტხოვნების და მათზე დაშვებულობის საკითხები.
- შესწავლილ იქნას ქსელის შესაძლო დატვირთვის ტრაფიკის შემდგენელი დგება ქსელის სისტემური (არქიტექტურული და პროგრამული) რეალიზაციის პრობლემა.

ამ პრობლემების ეფექტურად გადაჭრის მიზნით ნაშრომში განხილულია ქსელების იმიტაციური მოდელირების და დაპროექტების ტექნოლოგიები. დამუშავებულია მოდიფიცირებული პეტრის ქსელი, იმისათვის, რომ შერჩეულ იქნას ალტერნატიული გადაწყვეტილების პირობებში საუკეთესო საინჟინრო გადაწყვეტილება.

განხილულია მოდელირებისა და დაპროექტების თანამედროვე ტექნოლოგიური საშუალებები სადაც წარმოდგენილია როგორც სტრუქტურული დაპროექტების და მოდელირების საკითხები ასევე საიმედოობის შეფასების ტექნოლოგიები.

კომპიუტერულ ქსელების დაპროექტებისას ეს ტექნოლოგიები ერთიან ციკლში განიხილება.

დღეისათვის საქართველოს მთელ რიგ ქალაქებში ფართოდაა გავრცელებული ინტერნეტ სერვისი, ინტერნეტ მომსახურება. მომხმარებელს აქვს გაზრდილი მოთხოვნები. იმისათვის, რომ

დაკმაყოფილებული იყოს მომხმარებელთა მოთხოვნი ინტერნეტ მომსახურების ცენტრებს უხდებათ ზრდადი სიმძლავრეების შექმნა, რაც მოითხოვს დამატებითი ღირებულების მუდმივ გადახდას. ეს აძვირებს მომხმარებლისათვის სერვისის ღირებულებას. ამდენად მზარდი კონკურენციის პირობებში პროვაიდერი დაინტერესებულია გადასახადი არ გაზარდოს. ამიტომ მას სჭირდება ქსელის ისეთი ეფექტური გადაწყობის, გადაიარაღების სტრატეგია, რომელიც არ იქნება დაკავშირებული ხარჯების ზრდასთან.

ყოველივე ეს მოითხოვს ისეთი მეთოდოლოგიის დამუშავებას, რომელიც მოახდენს ქსელის განვითარების ინჟინრული სტრატეგიების შეფასებას. ხშირად დგება ინტერნეტ ქსელის მართვის საკითხი ქსელის გაფართოების გარეშე, პროვაიდერებს შორის საინფორმაციო კავშირის საშუალებით, შიდა ალგორითმების ბაზაზე, მოხდეს ქსელის მენეჯმენტი.

ამრიგად ქსელის ეფექტური დაგეგმარების მეთოდოლოგიის შემუშავება და ამ მეთოდოლოგიის ბაზაზე ინტერნეტ ქსელიში რეალური ამოცანების ეფექტურად გადაწყვეტა აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს

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 criterions for evaluation of effectiveness. Such criterions 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.

შინაარსი

	შესავალი	19
თავი 1	კომპიუტერული ქსელების პროექტირების მიზნები და პარამეტრები	21
1.1	კომპიუტერული ქსელების შექმნის მიზნები და ამოცანები	21
1.2	კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლის შეფასების მეთოდები	22
1.3	კომპიუტერული ქსელების პროექტირების და ოპტიმიზაციის ძირითადი მიზნები	30
1.4	ქსელის მუშაობის ეფექტურობის კრიტერიუმები	34
თავი 2	კომპიუტერული ქსელების მოდელირება	40
2.1	საინფორმაციო ქსელების უდევექტო მოდელირება	41
2.2	მოდელირების გამოყენება ქსელის წარმადობის ოპტიმიზაციისათვის	43
2.3	მასობრივი მომსახურების თეორიის მოდელეები	46
2.4	გამოთვლითი სისტემების იმიტაციური მოდელირების სპეციალიზირებული სისტემები	47
2.5	მოდელირების პოპულარული სისტემები	53
თავი 3	კომპიუტერული ქსელების მოდელირება პეტრის ფერადი ქსელებით	57
3.1	პეტრის ქსელები	57
3.2	მოდელირების სისტემა Design/CPN ზოგადი მახასიათებლები	63

3.3	კომპუტორებზე აგებული ლოკალური ქსელის მოდელი	65
3.4	მუშა სადგურების და ლოკალური ქსელის სეგმენტების მოდელები	67
3.5	Ethernet წარმადობისა და მომსახურების ხარისხის შეფასების მოდელი პეტრის ქსელის საშუალებით	70
3.6	სვიჩებზე აგებული Ethernet-ს პარამეტრული მოდელი	71
3.7	. ქსელის გამტარუნარიანობის (ტრაფიკის) გამოთვლა	76
3.8.	კადრის მიწოდების დროის გამოთვლა	77
3.9	სვიჩის ბუფერის მოცულობის გამოთვლა	79
3.10	გამოთვლითი ექსპერიმენტები მოდელზე	81
3.11	რეალური ქსელების მახასიათებლების გამოთვლა	83
3.12	მოდელირების შედეგების ანალიზი	87
თავი 4	კომპიუტერული ქსელების მოდელის დამუშავება AnyLogic სისტემის საშუალებით	92
4.1	მოდელირების სისტემების კლასიფიკაცია	92
4.2	იმიტაციური მოდელირების ეტაპები AnyLogic-ში	96
4.3.	AnyLogic-ის მიერ რეალიზებული ძირითადი კონცეფციები	100
4.4.	Enterprise Library-ის ობიექტები	105
თავი 5	დასაპროექტირებადი ქსელების პილოტური პროექტების შექმნა	111
5.1	რას მივიღებთ მოდელირებისას	112

ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1.1	იმიტაციური მოდელირების პოპულარული სისტემები	50
ცხრილი 3.1.	კომუტაციის ცხრილი	62
ცხრილი 4.1	მოდელირების შედეგების წარმოდგენა და ანალიზი	98
ცხრილი 5.1	დროისა და ტრაფიკის ურთიერთდამოკიდებულება	117
ცხრილი 5.2	რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან დროით ინტერვალში.	118
ცხრილი 5.3	რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან დროით ინტერვალში	119
ცხრილი 5.4	კვანძ 3-ში დროისა და ტრაფიკის დამოკიდებულება “სალტე ვარსკვლავური” ტოპოლოგიის შემთხვევაში	123

ნახაზების ნუსხა

ნახ. 1.1	ქსელური მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდები	23
ნახ.2.1	მოთხოვნის შესვლა მოთხოვნების რიგის მომსახურე მოწყობილობა	47
ნახ. 3.1	პეტრის ქსელის ელემენტები	59
ნახ 3.2	პეტრის ქსელის გადასვლის ამუშავება	59
ნახ. 3.3	კომპუტატორზე აგებული ლოკალური ქსელის სქემა	61
ნახ 3.4	უმარტივესი ფერადი პეტრის ქსელი	64
ნახ 3.5	ქსელიდან ფრეიმის ამორჩევა	64
ნახ.3.6	კომპუტატორის მოდელი	66
ნახ. 3.7	მუშა სადგურის მოდელი	68
ნახ 3.8	სერვერის მოდელი	69
ნახ. 3.9	სვიჩებზე აგებული ქსელის პარამეტრული მოდელი	73
ნახ. 3.10.	ფერების, ცვლადების და ფუნქციების ბრძანებები	75
ნახ. 3.11.	სვიჩებზე აგებული ქსელის ნიმუში	75
ნახ. 3.12	. ტრაფიკის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი	76
ნახ. 3.13.	კადრის მიწოდების დროის გამოთვლა	78
ნახ. 3.14.	ბუფერის მოცულობის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი	80
ნახ. 3.15.	მიწოდების დროის გამოთვლის შედეგები	83
ნახ. 3.16	. კადრების დემპი	84
ნახ. 3.17	ქსელის მახასიათებლების გამოთვლა	90
ნახ. 3.18.	სვიჩების ურთიერთდაბლოკვა	91
ნახ. 5.1	ქსელური ტოპოლოგიის მოდელი	113
ნახ. 5.2	ინტერნეტ პროვაიდერში კვანძების შეერთების სქემა	114
ნახ. 5.3	კვანძი1 ფუნქციონირების სქემა	115
ნახ. 5.4	კვანძი3 ფუნქციონირების სქემა	116
ნახ. 5.5	კვანძი4 ფუნქციონირების სქემა	116
ნახ. 5.6	ტრაფიკის შესაბამისი დიაგრამა დროის მიხედვით	117

ნახ 5.7	რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან	118
ნახ. 5.8	დროის და ტრაფიკის ურთიერთდამოკიდებულება	119
ნახ. 5.9	რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან	120
ნახ. 5.10	ქუთაისის ახალი ქსელი წრიული ტოპოლოგიით	121
ნახ. 5.11	კვანძი 1	121
ნახ. 5.12	კვანძი 2	122
ნახ. 5.13	კვანძი 3	122
ნახ. 5.14	კვანძი 4	123
ნახ. 5.15	კვანძ 3-ში დროისა და ტრაფიკის დამოკიდებულება “სალტე ვარსკვლავური” ტოპოლოგიის შემთხვევაში.	124
ნახ.5.16	ტრაფიკის და აბონენტების ურთიერთდამოკიდებულება IXP არ არსებობისას	126
ნახ. 5.17	IXP – ის მოდელი	126

დისერტაციის თემის აქტუალობა. თანამედროვე ინფორმაციული სისტემები ურთულესი სისტემებია. ინფორმაციული სისტემების ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული სახეა კომპიუტერული ქსელები და კერძოდ ინტერნეტი. როგორც მოგეხსენებათ 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 ჰპოვა მძლავრი განვითარება. სამოდელირო ტექნოლოგიურ ბაზაზე გაჩნდა მაღალი დონის მოდელირების მაკრო ენები, რომელნიც მნიშვნელოვნად აძლიერებენ მოდელირების ციკლში მოდელის შექმნაზე დახარჯულ ენერგიასა 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 აგრერიგად 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 შეეძლება 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 ANYLOGIX-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 ANYLOGIX-ის გამოყენებით საკვლევ მოდელები, რომელნიც უზრუნველყოფენ პროვაიდერული ცენტრების დაგეგმა-რებისა და მართვის ამოცანის ეფექტურ გადაწყვეტას და პრო-ვაიდერულ ცენტრებს როგორც ერთიან სისტემის ორგანიზაციის გააზრებას. განხილულია

საქართველოს პირობებში რამოდენიმე პროვაიდერული ცენტრის წარმადობის გაზრდის მიზნით მოდელები, რომელნიც საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბდეს საკვლევი ალტერნატივები და მკვლევარებისათვის წარმოადგენენ საკვლევ-სამოდელო გარემოს ავტომატიზებულ უჯრედს.

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

ძირითადი ამოცანები. კვლევის ობიექტი და მეთოდები. კვლევის ობიექტს წარმოადგენს კომპიუტერული ქსელი, რომლის მოდელებიც განხორციელებილია პეტრის ქსელის და მოდელების სისტემის ANYLOGIC-ის გამოყენებით. საკვლევ ობიექტად გამოყენებულია ქუთაისის პროვაიდერული ცენტრი.

ნაშრომის ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე. მეცნიერული სიახლე თანამედროვე მოდელების 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 მოდელების ენის ANYLOGIC-ის გამოყენებით საკვლევი მოდელები, რომელნიც უზრუნველყოფენ პროვაიდერული ცენტრების დაგეგმა-რებისა და მართვის ამოცანის ეფექტურ გადაწყვეტას და პრო-ვაიდერულ ცენტრებს როგორც ერთიან სისტემის ორგანიზაციის გააზრებას. განხილულია საქართველოს პირობებში რამოდენიმე პროვაიდერული ცენტრის წარმადობის გაზრდის მიზნით მოდელები, რომელნიც საშუალებას იძლევა

ჩამოყალიბდეს საკვლევი ალტერნატივები და მკვლევარებისათვის წარმოადგენენ საკვლევ-სამოდელირო გარემოს ავტომატიზებულ უჯრედს.

შედეგების გამოყენების სფერო. შესრულებული სამუშაოს შედეგები დანერგილია ინტერნეტ პროვაიდერ “GeonNet”-ში და ასევე შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ნებისმიერი კომპიუტერული ქსელის მოდელირებისას. შესრულებული სამუშაო მოიცავს ქსელის სპეციალისტებისათვის მეტოდიკას და რეკომენდაციებს რაც დაეხმარება პროვაიდერებს ნაკლები ფინანსური დანახარჯებით ააგონ ან მოდერნიზება გაუკეთონ კომპიუტერულ ქსელებს.

ჩატარებული კვლევების ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია სამეცნიერო ჟურნალებში და მოხსენებულ იქნა სამეცნიერო კონფერენციაზე.

კონფერენცია: 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. ჩოგოვადის და წევრ-კორესპონდენტის გ. გოგიჩაიშვილის დაბადების 70-ე წლისთავებისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია «მართვის ავტომატიზებული სისტემები და თანამედროვე საინფორმაციო ტექნოლოგიები»

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

სამეცნიერო ჟურნალები:

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, თაღიკო ჟვანია. კომპი-
უტერული ქსელების მოდელირება ANYLOGIC სიტემის გამოყენებით.
შრომები მართვის ავტომატიზირებული სისტემები N 1 2012

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

შესავალი

ინფორმაციული სისტემების შექმნა და გამოყენება აქტუალური ამოცანას წარმოადგენს, განსაკუთრებით ისეთ დაწესებულებებში, რომლებსაც არასაკმარისი ფინანსირება აქვთ.

ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმი შეიძლება გახდეს ინფორმაციული სისტემების რეალიზაციის ღირებულების შემცირება, მიმდინარე და უახლოესი დროის მოთხოვნილებების მიხედვით, შემდგომი განვითარების შესაძლებლობა და ღირებულება და გადასვლა ასალ ტექნოლოგიებზე.

ინფორმაციული სისტემების საფუძველს შეადგენს გამოთვლითი სისტემა, რომელიც შეიცავს ისეთ კომპონენტებს, როგორცაა კომპიუტერული კაბელური ქსელი და აქტიური ქსელური მოწყობილობები, კომპიუტერული და პერიფერიული მოწყობილობა, მონაცემთა შენახვის მოწყობილობა (ბიბლიოთეკები), სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფა (ოპერაციული სისტემები, მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემები), სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფა (სისტემის მონიტორინგი და ქსელების მართვა) და გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფა ზოგიერთ შემთხვევებში. ამჟამად ინფორმაციული სისტემების პროექტირებას უფრო მეტად გავრცელებულ მიდგომად ითვლება ექსპერტული შეფასებების გამოყენება.

ასეთი მიდგომა საშუალებას გვაძლევს მინიმუმამდე შევამციროთ დანახარჯები პროექტირების ეტაპზე, სწრაფად შევაფასოთ ინფორმაციული სისტემების რეალიზაციის ღირებულება, მაგრამ ექსპერტული შეფასებებით მიღებული გადაწყვეტილებები ატარებენ სუბიექტურ ხასიათს, მოთხოვნები მოწყობილობებსა და პროგრამული უზრუნველყოფის მიმართ, ისევე როგორც სისტემის შემოთავაზებული პროექტის განვითარებასა და შრომის უნარიანობის შეფასება.

კომპიუტერული ქსელების პროექტირების ნებისმიერი ამოცანა ხარისხის მახასიათებლების მაქსიმუმის მიღწევა მინიმალური დანახარჯებით. რეალური ქსელების საკვლევად გამოიყენება პროტოკოლების ანალიზატორები, რომლებიც შეუცვლელია ქსელების

გამოსაკვლევად, მაგრამ ისინი ჯერ არ არსებული, პროექტირების ფაზაში მყოფი კომპიუტერული ქსელის მახასიათებლების ხარისხობრივი შეფასების საშუალებას არ იძლევიან. ასეთ შემთხვევებში, ის ადამიანები ვინც დაკავებულია პროექტირებით, იყენებენ პროექტირების ისეთ მეთოდებს, რომლებიც ქსელის მოდელის შექმნის საშუალებას იძლევა, ისინი თავის მხრივ იმეორებს ყველა იმ პროცეს რაც საინფორმაციო ქსელში მიმდინარეობს. ავტომატიზებული სისტემების პროექტირება საშუალებას იძლევა შემცირდეს ხარჯები ქსელის შესაქმნელად და საპროექტო დოკუმენტაციის მოსამზადებლად, ჩატარდეს ექსპერიმენტები რომლის შედეგები შესაძლებელია გამოყენებული იქნას ქსელის ტიპის არჩევისთვის. ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება კომპიუტერული ქსელების პროექტირების პროგრამული სისტემები.

ქსელების პროექტირების პროგრამული სისტემები, ესაა ინსტრუმენტი, რომელიც შესაძლებელია გამოადგეს კორპორაციული ქსელის ნებისმიერ ადმინისტრატორს. განსაკუთრებით ახალი კომპიუტერული ქსელის პროექტირებისას ან უკვე არსებულ კომპიუტერულ ქსელში კარდინალური ცვლილებების შეტანისას. ამის შედეგად, ჩვენ ვღებულობთ საშუალებას რომ შემოწმდეს ყველა ის კვანძი თუ პროცესი და მათი წარმადობა, რომელიც მიმდინარეობს ქსელში, მოწყობილობების შესყიდვამდე და დამონტაჟებამდე. უმეტესი ასეთი პროგრამები, საკმაოდ ძვირი ღირს, მაგრამ მათი გამოყენებით მიღებული შესაძლო ეკონომიაც შეიძლება იყოს საკმაოდ დიდი.

ქსელების პროექტირების პროგრამები თავიანთ მუშაობაში იყენებენ ინფორმაციას ქსელის განლაგებაზე სივრცეში, კვანძების რაოდენობაზე, კავშირების კონფიგურაციაზე, მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეზე, გამოყენებულ პროტოკოლებზე და მოწყობილობათა ტიპებზე. პროექტირების სისტემები შეიძლება შეიცავდნენ საკვლევი ქსელის პირველადი მონაცემების კრებულს, რომელიც ქსელის შექმნაში გვეხმარება. ამის გარდა, სისტემას უნდა გააჩნდეს საშუალებები პროექტირებისას მიღებული შედეგების სტატისტიკურად დასამუშავებლად.

თავი 1

კომპიუტერული ქსელების პროექტირების მიზნები და პარამეტრები

1.1 კომპიუტერული ქსელების შექმნის მიზნები და ამოცანები

კომპიუტერული ქსელების 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 და ამიტომ თხოულობს გარანტიას შექმნილი კომპიუტერული ქსელის ხარისხზე.

საჭიროა ხაზი გაესვას რომ თითოეულ ორგანიზაციას გააჩნია თავისი სპეციფიკა და გამოთვლითი ქსელის მომწოდებელმა პროექტირების განხორციელებისას, უნდა გაითვალისწინოს ორგანიზაციის 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 დღესდღეობით 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.

აქედან გამომდინარე, გამოთვლითი ქსელების პროექტირების მიზანი მდგომარეობს, რომ ფუნქციონირებადი ობიექტის მახასიათებლის მიხედვით ავირჩიოთ ტექნიკური მოწყობილობები, კავშირების საშუალებები, ინფორმაციული და პროგრამული უზრუნველყოფები, გამოთვლითი სისტემის სტრუქტურა და ორგანიზება, რომელიც შეასრულებენ ხარისხიანი საინფორმაციო უზრუნველყოფისადმი ძირითად მოთხოვნებს.

კომპიუტერული ქსელის პროექტირების პროცესში, შემქმნელს პროექტირების სხვადასხვა ეტაპზე სჭირდება პროექტირებული გადაწყვეტილებების გენერირება და ყველა კომპიუტერული ქსელის ვარიანტისათვის ფუნქციონალური მახასიათებლის გამოთვლა. კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონალური მახასიათებლის განსაზღვრის სიზუსტის ამაღლებისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ მათემატიკური მოდელის პარამეტრების დიდი რაოდენობა, რომლებიც ასახავენ კომპიუტერული ქსელის ფუნქციონირებას. ეს ართულებს პროცესს და ადიდებს გამოთვლების რაოდენობას. აღნიშნული სირთულეების გადაწყვეტა შესაძლებელია გამოთვლითი სისტემების ავტომატიზირებული პროექტირების კომპლექსური სისტემის შექმნით.

1.2 კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლის შეფასების მეთოდები

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

- რეაქციის დრო,
- გადაცემის დრო,
- დატვირთვის კოეფიციენტი
- ტრაფიკი-დროის ერთეულში გადაცემული ინფორმაციის რაოდენობა
- მოლოდინის დრო
- კოლიზიებისა და ადღენის დრო
- მოთხოვნების დამუშავების ალბათობა

კომპიუტერული ქსელის თითოეული კომპონენტის პარამეტრის სრული და უტყუარი მონაცემის მიღება შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც კომპიუტერული ქსელი შეყვანილია ექსპლუატაციაში, ჩართულია თუნდაც სასტარტო რეჟიმში არასრული დატვირთვით, ან იმ შემთხვევაში როცა ექსპლუატაციაში შესულია ანალოგური ქსელი. ამ შემთხვევაში, ფუნქციონირებად გამოთვლით ქსელში ხორციელდება საჭირო პარამეტრების ცვლილებები, გაზომვები და მიღებული მონაცემთა ანალიზი. ასეთი გაზომვების განხორციელება რთული და ძვირათღირებული პროცესია. თან არ ხერხდება საინფორმაციო ქსელში ყველა პარამეტრის ცვლილება და მათი გაზომვა. ამიტომ, უფრო ხშირად გამოიყენება მოდელირების მეთოდები (ნახ. 1.1).

სისტემის მოდელი – ესაა ობიექტის მათემატიკური ან ლოგიკური მოდელი, რომელიც აგებულია მოდელირებადი სისტემის თვისებების გარკვეული წესების მიხედვით და სისტემის ფუნქციონირების შესწავლის საშუალებას იძლევა. იმის გამო რომ გამოთვლითი სისტემის შემქმნელს უნდება ბევრი კითხვა, შესაძლებელია შექმნილი იქნას რამოდენიმე ერთმანეთისგან განსხვავებული სისტემის მოდელი. ყველა ეს მოდელი ასახავს ერთსა და იმავე სისტემას, მაგრამ განიხილავენ მას სხვადასხვა კუთხით ან დეტალიზაციის სხვადასხვა დონე გააჩნიათ.

ქსელური მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდები

გაზომვადი	მოდელირება	
აპარატურული	ანალიტიკური	იმიტაციური
პროგრამული	მასობრივი მომსახურების	
	მარკოვსკის პროცესი	
	კონტურის მეთოდი, ქსელის დეკომპოზიცია	
	დიფუზიური აპროქსიმაცია	

ნახ. 1.1 ქსელური მახასიათებლების განსაზღვრის მეთოდები

ნებისმიერი მოდელის შექმნა იწყება კონცეპტუალური მოდელის შექმნით, რომელიც ძირითადად ნებისმიერი მოდელისათვის (ანალიტიკურის ან იმიტაციურის).

საკმაოდ ფართოდ გავრცელებულ მოდელირების კლასს წარმოადგენს იმიტაციური მოდელები, რომლებიც რეალურ დროში იმეორებენ რეალური სისტემის ქცევას, სისტემის მოდელში დროის შეფერხებების და სხვა პარამეტრების შეტანით, რომლებიც განსაზღვრავენ სისტემის კომპონენტთა გადასვლის თანმიმდევრობას ერთი მდგომარეობიდან მეორეში.

გამოთვლითი სისტემის იმიტაციური მოდელი ან მისი კომპონენტი, ასახავს იმ ფუნქციას თანმიმდევრულ ოპერაციებს ან ოპერაციათა ჯგუფის ფუნქციონირებას, რომელსაც ასრულებს კომპიუტერი. იმიტაციური მოდელირების შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენენ ელემენტების აღწერა, რომელსაც შეიცავს სისტემა და სისტემის სტრუქტურის აღწერა. აღწერა წარმოგვიდგება პროგრამის სახით. ამიტომ იმიტაციური მოდელირების პროცესი დადის ექსპერიმენტების ჩატარებამდე, რომელიც შედგება კომპიუტერზე განხორციელებული პროგრამათა სერიით სხვადასხვა საწყისი მონაცემების გათვალისწინებით. გამოთვლითი სისტემების იმიტაციური მოდელები, იმისდა მიხედვით თუ როგორი საწყისი მონაცემები იქნება გამოყენებული, შეიძლება დავეყოს ტრანსორიენტირებულად და სტატისტიკურად.

ტრანსორიენტირებულ იმიტაციურ მოდელებში, საწყისი მონაცემები მიენიჭება ტრასის მიერ, ანუ შემთხვევების ნაკადით, რომლებსაც ადგილი აქვთ სისტემის მუშაობისას, რომელიც რეგისტრირდება ქრონოლოგიურად.

სტატისტიკურ იმიტაციურ მოდელებში, საწყისი მონაცემები მიენიჭება შემთხვევითი ციფრების გენერატორის მიერ, რომლის მახასიათებლები ცნობილია.

იმიტაციური მოდელების, ანალიტიკურ მოდელებთან შედარებით, ძირითად უპირატესობას წარმოადგენს მისი მოდელის ობიექტთან მიახლოების პოტენციური საშუალება, მასში დამატებითი სირთუ-

ლექების შეყვანით. მაგრამ ამ შემთხვევაში უნდა გავითვალისწინოთ, რომ რთულ იმიტაციურ მოდელებს თავისი რეალიზაციისათვის სჭირდებათ დიდი გამოთვლითი რესურსები, ამიტომ მიზანშეწონილია იმიტაციური მოდელირების გამოყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც ანალიტიკური მეთოდები გამოუსადეგარია.

ამის გარდა, საჭიროა აღვნიშნოთ რომ იმიტაციური მოდელირება, რომლის აზომვებიც არ იქნება გაკონტროლებული რეალურ ობიექტზე, არ შეიძლება იყოს საკმარისი გარანტი მიღებული შედეგების სისწორეზე.

ანალიტიკური მოდელი წარმოადგენს მათემატიკური ფორმულების ერთობლიობას, რომელიც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას სისტემის საჭირო პარამეტრთა მნიშვნელობათა რაოდენობის გამოსათვლელად, მინიჭებულ სისტემის პარამეტრებით და სამუშაო დატვირთვით. ანალიტიკური მოდელები ობიექტის და პროპორციის აღწერისთვის იყენებენ მათემატიკურ სიმბოლოებს. ნებისმიერი ანალიტიკური მოდელი ეფუძნება რამოდენიმე სიმბოლიკის თეორიას.

მათემატიკური აპარატის სპეციფიკის მიხედვით განასხვავებენ დეტერმინირებულ და შესაძლო მოდელებს.

დეტერმინირებულ კატეგორიას მიეკუთვნება მოდელები, რომლებიც გამოიყენებენ ტიურინგის მანქანის თეორიულ კონცეფციას, პეტრის ქსელებს, ავტომატებს, პროგრამის გრაფიკულ მოდელებს. მიუხედავად იმისა, რომ რამოდენიმეს ამ მოდელთა შორის შეუძლია დაგვეხმაროს გამოთვლითი სისტემის და მისი კომპონენტების ფუნქციონირების მკაცრი აღწერის გაგებაში, ასევე მათი იმიტაციური მოდელის შექმნაში, მაგრამ მათ მეშვეობით მოდელის სისტემის წარდამობის ანალიტიკური შეფასება შეზღუდულია. ერთ-ერთ ძირითად დაბრკოლებას დეტერმინირებული მოდელირების გამოყენებისას წარდამობის შეფასების საკვლევად წარმოადგენს მათი შედარებითი შეიძლებლობა ასახონ მუშა დატვირთვის ცვლილებები, რომელიც ნებისმიერ გამოთვლით ქსელში ხდება.

მუშა დატვირთვის დეტერმინირებული მოდელი გამოიყენება ისეთ შემთხვევაში, თუ ხდება მოთხოვნა, რომ მუშა დატვირთვა შედგება რამოდენიმე ამოცანით, რომელიც პერიოდულად ჩნდება. ამ შემთხვევა-

ში, ასეთი ამოცანათა ქცევა შეიძლება დავახასიათოდ დეტალურად ვიდრე არაპერიოდული სამუშაო დატვირთვის შემთხვევაში. გამო-
ნაკლის წარმოადგენს პერიოდული სამუშაო დატვირთვა, რომელიც
შედგება ერთნაირი ამოცანებისაგან და რომლისათვისაც დეტერმინი-
რებადი მოდელის გამოყენება ადვილია. ასეთი სამუშაო დატვირთვის
მოდელი არც ისე შორსაა მრავალი სპეციალიზირებული გამოთვლითი
მოწყობილობების სინამდვილისაგან.

ანალიტიკური მოდელების შესაძლო ხასიათი ასახავს რეალურად
დაკვირვებულ გამოთვლით სისტემის და მის შემცველ კომპონენტებში
შექმნილი რესურსზე მოთხოვნების შემთხვევით სურათს, ასევე ამ
რესურსების გამოყენებას. რიგის თეორიის მოდელების გამოყენებისას
რესურსების წარმადობის შესაფასებლად, გამოთვლითი ქსელები და
მისი შემადგენელი კომპონენტები განიხილება როგორც მომსახურე
მოწყობილობათა ერთიანობა, რომლის სახეს წარმოადგენს სისტემის
სხვადასხვა კომპონენტი: ცენტრალური პროცესორი, ოპერატიული მეხ-
სიერება, გარე მეხსიერების მოწყობილობა, არხები და შეტანა-
გამოტანის მოწყობილობები და ასე შემდეგ. ამოცანები ან პროგრამები
აყალიბებენ მოთხოვნებს, ან კომპონენტთა მომსახურებაზე წინასწარ
მოთხოვნებს. ამიტომ მოდელების ძირითადი ნაწილი, რომელიც
გამოიყენება წარმადობის პარამეტრების განსაზღვრისათვის, დაკავში-
რებულია რიგების ანალიზთან, გამოყენების კოეფიციენტთან, მომსახუ-
რების ინტენსიობასთან, რეაქციის დროსთან და ასე შემდეგ.

მარკოვის საბოლოო ჯაჭვები ფართოდ გამოიყენება საინფორმაციო
ქსელების ქცევის მოდელირებისათვის. ასეთი მოდელები დამოკიდე-
ბულია საკვლევ გამოთვლით პროცესზე და გამოიყენება მულტიპ-
როცესორული სისტემების და კონვეირული პროცესების წარმადობის
შესაფასებლად, ასევე ვირტუალურ მეხსიერებაში მყოფი პროგრამების
და პროგრამის ოპტიმალური სეგმენტაციის შესაფასებლად. ამის გარდა,
მარკოვის საბოლოო ჯაჭვები ასახავენ არაგაყოფადი რესურსების
რიგების ქცევას, რომელიც შემთხვევით წინასწარ მოთხოვნის ტაქტის
მოსვლას და მომხმარებელთა განსაზღვრულ რაოდენობას აღწერენ.

გამოთვლითი სისტემების კვლევის შესაძლებლობას უფრო აფარ-
თოებს ანალიტიკური მოდელირების გამოყენება, რომელიც გამოიყენებს

მიახლოებულ მეთოდებს, რომელშიდაც ყველაზე გაგრძელებილია დიფუზიური აპროქსიმაციის და დეკომპოზიციის მეთოდი.

როდესაც უცნობია რიგებიანი ქსელის მოდელის ზუსტი გადაწყვეტა დახურულ ფორმაში, მაშინ ზოგჯერ შესაძლებელი ხდება განესაზღვროთ მიახლოებულ გადაწყვეტილება. მიახლოებული მეთოდები საშუალებას იძლევა გადავწყვიტოთ უფრო რთული და ამიტომ პოტენციურად უფრო ზუსტი გამოთვლითი სისტემის მოდელები. მიუხედავად ამისა, მიახლოებული მეთოდის გამოყენების გადაწყვეტილება შესაძლებელია მიღებული იყოს თუ მის მიერ შეტანილი ცდომილებები ნაკლებად მნიშვნელოვანია, ვიდრე ის სიზუსტე, რომელსაც უზრუნველყოფს მოდელის დეტალიზაცია. დიფუზიური აპროქსიმაციის მოდელი შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ჩაკეტილი და გახნილი ერთ არხიანი მომსახურების ცენტრებისადმი, რომელთაც გააჩნიათ ერთი მომსახურების მოწყობილობა და ხასიათდება შემთხვევითი განაწილებით და დაგეგმარების უწყვეტი ტაქტებით მომსახურების დროს აპრიორული ინფორმაციის გამოყენების გარეშე. ეს მეთოდი მდგომარეობს ქსელში ამოცანათა რაოდენობის ან მომსახურების ცენტრში სტოქასტიკური პროცესით უწყვეტ მოდელირებაში და არა დისკრეტული დროით. ამ რიცხვის ფუნქციის სიძლიერის ალბათობა, შესაბამისი წინადადებისას შესაბამეა დიფუზიურ მართვას. ეს უტოლობა შეიძლება იყოს გადაწყვეტილი იმ შემთხვევებში, როცა საწყისი პროცეს, რომელსაც აქვს დისკრეტული დრო, არ გამოიწვევს გადაულახავ სირთულეს.

დეკომპოზიციის მეთოდის გამოყენება მოდელებში, მოიცავს ქსელის დაყოფას ქვექსელებზე, რომლებიც ცალ-ცალკე იკვლევა და შემდეგ იცვლება ქვექსელის მიახლოებული მოდელით. აქედან გამომდინარე, ქსელის საბოლოო ანალიზი, გამოიყენებს ქვექსელის გამარტივებული კომპონენტებს. დეკომპოზიციის მეთოდის განვითარება, ეგრეთწოდებული კონტურის მეთოდი, მოიცავს ერთნაირ ტრანზაქციათა მოძრაობის მარშრუტების გამოყოფას, რომელთათვისაც დგება მათემატიკური მოდელები და თითოეული მათგანი ითვალისწინებს კონტურთა ურთიერთ ზემოქმედებას და შეუძლია გაითვალისწინოს მათი პრიორიტეტულობა.

სხვადასხვა პუბლიკაციების განხილვამ გვაჩვენა, რომ მსოფლიო პრაქტიკაში, პროექტირების ამოცანების გადასაწყვეტად უმეტეს შემთხვევაში გამოიყენება ანალიტიკური მეთოდები, რომლებიც თავისი რეალიზაციისათვის თხოულობს ნაკლებ გამოთვლით რესურსებს და საშუალებას გვაძლევს გადავწყვიტოთ როგორც ანალიზის საკითხები, ასევე პარამეტრთა ოპტიმიზაციის საკითხები. იმ პუბლიკაციებში და ნაშრომებში, რომელიც ეძღვნება ინფორმაციული ქსელების კომპლექსურ განხილვას, მიუხედავად ზოგიერთი მიდგომის განსხვავებას, სისტემის დროის მახასიათებლის შესაფასებლად გამოიყენება მასობრივი მომსახურების თეორიის მეთოდები, რომელიც შემდგომ თავში იქნება განხილული. ანალიტიკურ მეთოდებს, რომელიც მათემატიკური მოდელის შემადგენელი ნაწილია, გამოთვლილი თანაფარდობის გამოსატანად სჭირდება ლიმიტირების შეყვანა, დადგენა და ალბათობის შემოღება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს მისი გამოყენების არეალს. ასე, მათემატიკურ მოდელებში, რომელიც შექმნილია კლენკორის და შვარცის მიერ, განიხილება კავშირის ქსელი შეტყობინებათა კომუტაციასთან, რომელსაც გააჩნია M არხი და N კომუტაციის კვანძი. მათემატიკური მოდელის აგებისას, მოდელები ღებულობენ შემდეგ დაშვებებს:

- ყველა არხი და ყველა კომუტაციის კვანძი არის ჩუმი და აბსოლიტურად საიმედო;
- კომუტაციის კვანძებში დამუშავების დრო ტოლია 0-ის;
- არხის გადამცემ მხარეს შესაძლებელია ჩამოყალიბდეს შეტყობინებათა რიგები, რომლებიც განთავსდება განუსაზღვრელი სიდიდის და ტევადობის მესხიერებაში;
- ტრაფიკი, რომელიც მოედინება გადაცემის ქსელში გარე წყაროებიდან, მაგალითად ჰოს მანქანიდან და აყალიბებს პუასონურ პროცესს;
- მრავალ ანალიტიკურ პროპორციაში, ყოველი წყარო-მიმღები წყვილისთვის ცნობილია ერთადერთი გზა და ზოგიერთ ამოცანებში შეიყვანება ალბათობა $p(j,k)$ დაგასვლა j კვანძიდან k კვანძში;
- შეტყობინებათა სიგრძეები დამოუკიდებელია და განაწილებულია მაჩვენებელთა კანონების მიხედვით.

შეზღუდვების და დაშვებების შემოტანა საშუალებას იძლევა ანალიზის საკითხების გადასაწყვეტად, რომელიც გვაძლევს საშუალებას გაგნსაზღვროთ მონაცემთა გადაცემის ქსელში შეტყობინების ყოფნის დრო t^i , კავშირის არხების დატვირთვის კოეფიციენტი $p(r,v)$, რიგების სიდიდე k_i ასევე ეფექტური პროექტირების საკითხების გადაწყვეტა.

კლენროკი თავის ნაშრომში ძირითად ყურადღებას აქცევს სამ საკითხს: C არხის გამტარუნარიანობის არჩევას, არხებში დინების განაწილებას, ქსელის ტოპოლოგიური ვარიანტების შერჩევას. ეს საკითხები იკვლევა როგორც ერთკრიტერიუმიანი, მონაცემთა გადაცემის ქსელში შეტყობინების საშუალო შეფერხების მინიმიზაციად ხარჯების შეზღუდვის შესრულებისას.

იმ მეთოდებში, რომელიც შეიმუშავა და განაგრძო ზახაროვმა, განიხილება ქსელი პაკეტთა კომუტაციით მონაცემთა გადაცემით, რომლებიც გამოიკვლევა როგორც ორ პოლუსიანი მრავალფაზიანი მასიუვი მომსახურების სისტემები. ამ მეთოდებისთვის მიღებულია შემდეგი დაშვებები და შეზღუდვები:

- ყველა შემთხვევითი სიდიდის განაწილების კანონი მიიღება როგორც ექსპონენციალური, გარდა მასობრივი მომსახურების სისტემის მესამე ფაზისა, რისთვისაც მომსახურების დროის განაწილების კანონი მიიღება როგორც რეგულარული;

- აბონენტთა პუნქტებში და კომპიუტერებში სააბონენტო ერთეულის დატვირთვა მიიღება თანაბრად განაწილებულად მონაცემთა გადაცემის მთელ ქსელში;

- შეტყობინებების მომსახურების თანმიმდევრობა – პირდაპირი;

- ლოგიკური შეერთების დამყარების დრო შესულია კომუტაციის დროში;

- მასობრივი მომსახურების სისტემა არაპრიორიტეტულია;

- მოცემული ინტენსივობით, მონაცემთა გადაცემა გადაცემის ქსელში, შეტყობინების დაბერებას იწვევს.

მონაცემთა გადაცემის ქსელის შეფასების ძირითად კრიტერიუმს როგორც წესი წარმოადგენს შეტყობინების დროული მიწოდების ალბათობა და შეტყობინების მიწოდების საშუალო დრო. საკმაოდ დეტალური და ღრმა შეიმუშავებული მეთოდების მიუხედავად,

რომლებიც დაყვანილია ინჟინერულ მეთოდებამდე, მოდელებს გააჩნიათ რიგი საგრძნობი პრობლემები, რომელთაც მიეკუთვნება შემდეგი:

- საშუალების არქონა კომპლექსურად განვიხილოთ არა მარტო კავშირის არხებში მონაცემთა გადაცემა, ასევე განვიხილოთ მონაცემთა დამუშავების ზემოქმედება ჰოსტმანქანაზე და საკომუნიკაციო კონტროლერებზე;

- გამოთვლით ქსელების მოდელებში პროტოკოლების ურთიერთკავშირის პროფილის ზემოქმედების გათვალისწინების შეუძლებლობა, რომელიც ეფუძნება შეტყობინებათა დამუშავების ფიალოგურ სისემას.

1.3 კომპიუტერული ქსელების დაპროექტების და ოპტიმიზაციის ძირითადი მიზნები

იმისათვის რომ ქსელმა იმუშაოს ეფექტურად, საჭიროა გადაწყდეს შემდეგი ამოცანები:

1. ჩამოაყალიბოთ ქსელის მუშაობის ეფექტურობის კრიტერიუმები. ხშირ შემთხვევებში, ასეთ კრიტერიუმად აღიქვება წარმადობა და უტყუარობა, რომელთათვისაც საჭიროა ავირჩიოთ შეფასების კონკრეტული მაჩვენებლები. მაგალითად რეაქციის დრო და მზადყოფნის კოეფიციენტი.

2. აღმოვაჩინოთ ქსელში მრავალი ცვალებადი პარამეტრები, რომელიც პირდაპირ ან ნაწილობრივ ზემოქმედებს ეფექტურობის კოეფიციენტზე. ეს პარამეტრები ნამდვილად უნდა იყვნენ ცვლილებადი და შეიძლებოდეს მათი რეალურ დროში ცვლილება. ასე მაგალითად, თუ რომელიმე პროტოკოლის პაკეტის ზომა კონკრეტულ ოპერაციულ სისტემაში დგება ავტომატურად და მისი პარამეტრის შეცვლა შეუძლებელია, მაშინ ეს პარამეტრიც არაა ცვალებადი. ასევე, შესაძლებელია იგივე პროტოკოლი იყოს ცვლილებადი სხვა ოპერაციულ სისტემაში. სხვა მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ მარშრუტიზატორის შიდა სალტის გამტარუნარიანობა, იგი შეიძლება იყოს განხიული როგორც ოპტიმიზაციის პარამეტრიც მხოლოდ იმ

შემთხვევაში, თუ დაუშვებთ ქსელში მარშრუტიზატორების ცვლილების ალბათობას.

ყველა ცვალებადი პარამეტრიც შესაძლებელია იყოს დაჯგუფებული სხვადასხვა სახით. მაგალითად, კონკრეტული პროტოკოლების პარამეტრები (პროტოკოლ Ethernet კადრის მაქსიმალური ზომა ან პროტოკოლი TCP დაუზუსტებელი პაკეტის ფანჯრის ზომა) ან მოწყობილობების პარამეტრები (მისამართების ცხრილის ზომა ან ხიდის ფილტრაციის სიჩქარე, მარშრუტიზატორის შიდა შინის გამტარუნარიანობა). დაყენების პარამეტრებად ზოგადად შეიძლება იყოს მოწყობილობებიც და პროტოკოლებიც. ასე მაგალითად შენელებული და ხმაურიანი გლობალური კავშირის არხებისას, ქსელის მუშაობის გაუმჯობესება შესაძლებელია სტეკის პროტოკოლ IPX/SPX გადასვლით პროტოკოლ TCP/IP-ზე. ასევე შესაძლებელია შედეგის მიღწევა უცნობი მწარმოებლის ქსელური ადაპტერების შეცვლით ბრენდებზე.

3. მგრძობიარობის ზღვრის განსაზღვრა ეფექტურობის კრიტერიუმის მნიშვნელობისთვის. ასე, ქსელის წარმადობა შესაძლებელია შეფასდეს ლოგიკური მნიშვნელობით “მუშაობს”/“არ მუშაობს” და ამ შემთხვევაში ოპტიმიზაცია დადის გაუმართაობის დიაგნოსტიკებამდე და ქსელის მოყვანა მუშა მდგომარეობაში. სხვა იშვიათ მოვლენად აღიქმება ქსელის დეტალური გამართვა, როდესაც მუშა ქსელის პარამეტრები (მაგალითად კადრის ზომა ან დაუზუსტებელი პაკეტების ფანჯრების სიდიდე) შესაძლებელია ვარირებდეს წარმადობის გაზრდისათვის (მაგალითად რეაქციის საშუალო დროის მნიშვნელობა) თუნდაც რამოდენიმე პროცენტით. როგორც წესი, ქსელის ოპტიმიზაციის ქვეშ გულისხმობენ რამოდენიმე შუამდგომ ვარიანტს, როდესაც საჭიროა ქსელის ასეთი პარამეტრების არჩევა, რომ მათი ეფექტურობის კოეფიციენტი საგრძნობლად გაუმჯობესდეს. მაგალითად, მოხმარებული თავის მოთხოვნაზე მონაცემთა ბაზაში რომელიც მდებარეობს სერვერზე ღებულობს პასუხს 3 წამში და არა 10 წამში, ხოლო ფაილის გადაგზავნა ერთი კომპიუტერიდან მეორეზე ხდება 2 წუთში და არა 30 წამში.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, შესაძლებელია განვიხილოთ ოპტიმიზაციის სამი სხვადასხვა 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, რომლებიც შეტყობინებების მიმოსვლას უწყობენ ხელს ქსელის ყველა კვანძში, 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 საეჭვო დგება ამ ქსელს დავარქვათ მუშა მდგომარეობაში და რა თქმა უნდა 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 ამადლებისთვის, ზოგადად საჭიროა მოიძებნოს დიდი რაოდენობით პარამეტრთა მონაცემთა ერთობლიობა, ამიტომ პროცესს დაერქვა “დეტალური დაყენება”.

ზოგადად, ქსელის ოპტიმიზაცია მათემატიკური სიზუსტით, პარამეტრების დეტალური დაყენებისას შეუძლებელია და არც არის საჭირო. აზრი არ აქვს ძალის დატანებას იმისათვის რომ გამოინახოს მკაცრი ოპტიმუმი, რომელიც ძალიან პატარაზე იქნება განსხვავებული არსებული ქსელის ტრაფიკის გაზომვისას მიღებული შედეგებისგან. საკმარიასია ვიპოვოთ ნებისმიერი ახლოს მდგომი ოპტიმალურთან გადაწყვეტილება რომ ჩაითვალოს ოპტიმიზაციის ამოცანა გადაწყვეტილად. ასეთ ახლოს მდგომ ოპტიმიზაციასთან გადაწყვეტილებას ეძახიან რაციონალურს და ზუსტად მათი ძებნა პრაქტიკაში აინტერესებს ქსელის ადმინისტრატორებს.

ქსელში დაზიანების მოძებნა არის ანალიზის და სინთეზის ერთობლიობა (გაზომვა, დიაგნოსტიკა და შეცდომების ლოკალიზება, გადაწყვეტილების მიღება თუ როგორი ცვლილებები საჭიროა შევიტანოთ ქსელის მუშაობაში, რომ გამოვასწოროთ მისი მუშაობა.

- ანალიზი - ქსელის მოცემულ პარამეტრებში, მონაცემთა სისტემის ეფექტურობის მნიშვნელობის ერთობლიობის კრიტერიუმის განსაზღვრა ანუ ოპტიმიზაციის კრიტერიუმის განსაზღვრა. ზოგჯერ, ცალკე გამოყოფენ ანალიზის ქვე-ეტაპს მონიტორინგს, რომელშიც ხორციელდება უფრო მარტივი პროცედურა როგორცაა ქსელის პირველადი მონაცემების შეკრების პროცედურა: ქსელში ცირკულირებადი კადრების და სხვადასხვა პროტოკოლების პაკეტების. კომპუტატორების და მარშრუტიზატორების რაოდენობის სტატისტიკა. შემდეგ უკვე ხორციელდება ანალიზის ეტაპი, რომელიც ამ შემთხვევაში გულისხმობს მონიტორინგისას შეგროვებული ინფორმაციის უფრო რთულ და ინტელექტუალურ პროსესს. ამ პროცესის დროს, ხორციელდება ყველა მანმადე არსებული და მიღებული ინფორმაციის შედარება და ქსელის არასაიმედობის და შენელებული მუშაობის

შესაძლო მიზეზების დადგენა ხდება. მონიტორი სრულდება პროგრამული და აპარატურული საზომებით, ქსელის ანალიზატორებით და ქსელების მართვის მონიტორინგის სხვა სისტემებით. თავის მხრივ კი ანალიზი უფრო თხოულობს ადამიანის ჩარევას. ასევე ისეთი რთული შესაძლებლობების გამოყენებას, როგორცაა ექსპერტული სისტემები, რომელშიდაც მოცემულია მრავალი ქსელების სპეციალისტის პრაქტიკული გამოცდილება.

- სინთეზი – ცვალებადი პარამეტრების მნიშვნელობათა არჩევა რომლის დროსაც ეფექტურობის მაჩვენებელს გააჩნია საუკეთესო მნიშვნელობა. იმ შემთხვევაში თუ ეფექტურობის მაჩვენებელს მინიჭებული აქვს ზღვრული მნიშვნელობა, ამ შემთხვევაში სინთეზის შედეგი უნდა იყოს ქსელის ერთი ვარიანტი რომელიც აღემატება მოცემულ ზღვარს. ქსელის მუშა მდგომარეობაში მოყვანაც სინთეზია, რომლის დროსაც ვირჩევთ ქსელის ნებისმიერ იმ ვარიანტს, რომლის ეფექტურობის მაჩვენებლის მნიშვნელობა განსხვავდება მდგომარეობა “არ მუშაობს”. ქსელის რაციონალური ვარიანტის სინთეზი ესაა ხშირ შემთხვევაში არაფორმალური პროცედურა, ვინაიდან იგი დაკავშირებულია: ძალიან დიდი ქსელის და ქსელის ძალიან განსხვავებულ პარამეტრის არჩევასთან, გამოყენებულ საკომუნიკაციო მოწყობილობათა ტიპებთან, სერვერთა რაოდენობასთან, კომპიუტერების ტიპებთან, ოპერაციულ სისტემათა ტიპებთან და ასე შემდეგ.

1.4 ქსელის მუშაობის ეფექტურობის კრიტერიუმები

ყველაზე ხშირად ხმარებადი ქსელის ეფექტურობის მუშაობის კრიტერიუმები შეიძლება დაეყოს ორ ჯგუფად. ერთი ჯგუფი ხასიათდება ქსელის მუშაობის წარმადობით, მეორე – საიმედოობით.

ქსელის წარმადობა განისაზღვრება ორი ტიპის მაჩვენებლით, დროის, რომელიც ავასებს შეფერხებებს ქსელის მიერ შეტანილს მონაცემთა გაცვლისას და გამტარიანობის მაჩვენებლით, რომელიც ასახავს ინფორმაციის რაოდენობას, რომელიც გადაიცემა ქსელში დროის ერთეულში. ეს ორი მაჩვენებლის ტიპი არის ურთიერთ-

საპირისპირო და თუ გავიგეთ ერთი მათგანი, შესაძლებელია გამოვთვალოთ მეორეც.

რეაქციის დრო

ზოგადად, ქსელის წარმადობის დროის დამახასიათებლად გამოიყენება ისეთი მაჩვენებელი როგორცაა 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.

გამტარუნარიანობა

ნებისმიერი ქსელის აგების მიზანია კომპიუტერებს შორის მონაცემთა სწრაფი მიმოცვლა. ამიტომ, ქსელის ან ქსელის ნაწილი გამტარუნარიანობასთან დაკავშირებულ კრიტერიუმს 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, მომსახურეობის 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. საიმედოა იზომება დაზიანებების ინტენსივობით და დაზიანებამდე მუშაობის საშუალო დროით.

1.8 სატრანსპორტო ქვესისტემის ოპტიმიზაციის პარამეტრები

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.

1.9 ქსელური ტექნოლოგიების შედარება მათი წარმადობის მიხედვით; Ethernet, TokenTing, FDDI, 100VG-AnyLAN, FastEthernet, ATM

აქ განიხილება რამოდენიმე შედეგი სხვადასხვა პარამეტრის ზემოქმედების არხის დონეზე და ქსელის გამტარიანობაზე. ასევე მოყვანილია ერთი ექსპერიმენტის შედეგისას დაუტვირთავ ქსელში პროტოკოლების შედარება.

აღსანიშნავია, რომ ასეთი კრიტერიუმის გარდა როგორცაა გამტარუნარიანობა, პროტოკოლის არჩევისას, ზოგადად განიხილება ბევრი სხვა ფაქტორიც, რომელიც საბოლოო გადაწყვეტილებაზე უფრო დიდ ზეგავლენას ახდენს ვიდრე ქსელის განტარუნარიანობა. პროტოკოლების არჩევისას ქსელის გამტარუნარიანობის გათვალისწინების გარდა, ყველაზე მნიშვნელოვან ფაქტორად მიიჩნევა:

- პროტოკოლის პერსპექტიულობა. სასურველია დარწმუნებულნი ვიყოთ, რომ ჩვენს მიერ არჩეული პროტოკოლს ის ბედი არ ეწევა რაც პროტოკოლ ARCnet-ს, რომელის კარგი ტექნიკური მაჩვენებლებით აღარ გამოიყენება, რადგან იგი მხარდაჭერილი იყო მხოლოდ რამოდენიმე საკომუნიკაციო მოწყობილობების მწარმოებლის მიერ. პროტოკოლების პერსპექტიულობა ძნელი განსასაზღვრელია, ამიტომ შემდგომ განხილულ ფაქტორს უნდა დავეყრდნოთ.

- საკომუნიკაციო მოწყობილობების მწარმოებლების რაოდენობა, რომლებიც გამოიყენებენ მოცემულ პროტოკოლებს. მაგალითისათვის შევადაროთ მაღალსიჩქარიანი პროტოკოლები FastEthernet და 100VG-AnyLAN. თუ პირველ პროტოკოლს გამოიყენებს თითქმის ყველა ლოკალური ქსელის მოწყობილობების მწარმოებელი, მეორეს გამოიყენებს მხოლოდ 30 ნაკლებად ცნობილი კომპანია. აქედან, პროტოკოლ 100VG-AnyLAN გადასვლა უფრო სარისკოა.

- ქსელური მოწყობილობის ღირებულება, რომელიც გამოიყენებს მოცემულ პროტოკოლებს. ეს არის ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი რომელიც განაპირობებს პროტოკოლ Ethernet-ის ხშირ გამოყენებას ლოკალურ ქსელებში და აფერხებს ტექნოლოგია ATM-ის გავრცელებას. ღირებულება ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორია ტექნოლოგია FastEthernet-ის მომხრეთათვის, რომელმაც 10 მეგაბიტიანი Ethernet-ისგან მიიღო მარტივი ალგორითმები და შესაბამისად დაბალი ღირებულება ყველა ლოკალურ ქსელებს შორის.

1.10 მონიტორინგის და ქსელის ანალიზის ინსტრუმენტები

გამოთვლითი ქსელების მონიტორინგისა და ანალიზის ყველა გამოყენებული საშუალება შეიძლება დავეყთ რამოდენიმე მსხვილ კლასებად:

- ქსელის მართვის სისტემები (NetworkManagementSystems). ესაა ცენტრალიზირებული სისტემური პროგრამები, რომლებიც მონაცემებს აგროვებენ ქსელის კვანძების და საკომუნიკაციო მოწყობილობების შესახებ. ასევე მონაცემებს ქსელში ცირკულირებად ტრაფიკზე. ეს სისტემები არა მხოლოდ ახორციელებენ ქსელის მონიტორინგს და ანალიზს, არამედ ასევე ასრულებენ ქსელის მართვას ავტომატურ ან ნახევრადავტომატურ რეჟიმში: მოწყობილობათა პორტების ჩართვა/გამორთვა, კომუტატორებისა და მარშრუტიზატორების მისამართთა ცხრილების პარამეტრთა ცვლილება და ასე შემდეგ. ასსეგ გამოყენებად სისტემებად ითვლება ისეთი პოპულარული სისტემები როგორცაა HPOpenView, SunNetManager, IBMNetView.

- სისტემების მართვის გარსი (SystemManagement). სისტემების მართვის გარსი ხშირად ასრულებს ქსელის მართვის სისტემების ანალოგიურ ფუნქციებს, მხოლოდ სხვა ობიექტებთან მიმართებაში. პირველ შემთხვევაში მართვის ობიექტია კომპიუტერული ქსელის პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფა, მეორეში კი – საკომუნიკაციო მოწყობილობები.

დიაგნოსტიკის და მართვის ჩაშენებული სისტემები (Embedded Systems). ეს სისტემები მუშაობენ როგორც პროგრამულ-აპარატურული მოდულები, რომლებიც ჩაშენდება საკომუნიკაციო მოწყობილობებში და ასევე პროგრამულ მოდულში ოპერაციულ სისტემაში. ისინი მართვის და დიაგნოსტიკის ფუნქციას მხოლოდ ერთი მოწყობილობით ასრულებენ და ზუსტად ამაშია მათი ძირითადი განსხვავება მართვის ცენტრალიზირებული სისტემებისგან.

პროტოკოლების ანალიზატორები (Protocolanalyzers). ეს საშუალება წარმოადგენს პროგრამულ ან აპარატურულ-პროგრამულ სისტემას, რომელსაც გააჩნია მხოლოდ ქსელში ტრაფიკის ანალიზის და მონიტორინგის ფუნქცია. კარგ პროტოკოლის ანალიზატორს შეუძლია ერთდროულად დიდი რაოდენობის პროტოკოლების პაკეტების დაჭერა და დეკოდირება. ქსელებში ასეთი ზოგადად რამოდენიმე ათეულია.

პროტოკოლის ანალიზატორებს შეუძლიათ შექმნან ზოგიერთი ლოგიკური პირობა ცალკეული პაკეტების დასაჭერად და მათ მთლიან დეკოდირებას ახდენენ.

საკაბელო სისტემების დიაგნოსტიკებისა და სერტიფიკაციის სისტემები. ეს მოწყობილობები შესაძლებელია დავეოთ ოთხ ძირითად ჯგუფებად: ქსელური მონიტორები, კაბელური სისტემების სერტიფიცირების მოწყობილობები, კაბელების სკანერები და ტესტერები (მულტიმეტრები).

თავი 2

კომპიუტერული ქსელების მოდელირება

კორპორატიული საინფორმაციო სისტემების ეფექტური აგება და გამოყენება დაწესებულებებში, არასაკმარისი დაფინანსების ეპოქაში, აქტიურად გადასატრეულ ამოცანად გადაიქცა.

საინფორმაციო სისტემის აგებისას, შეფასების კრიტერიუმად შეიძლება ჩაითვალოს თვითღირებულების შემცირება, შესაბამისობა არსებულ და მომავალ მოთხოვნებზე, საინფორმაციო სისტემების შემდგომი განვითარების შესაძლებლობა და ღირებულება და ახალ ტექნოლოგიებზე გადასვლის პერსპექტივა.

საინფორმაციო სისტემების სათავეს წარმოადგენს გამოთვლითი სისტემა, რომელიც შეიცავს ისეთ კომპონენტებს როგორცაა საკაბელო ქსელი და აქტიური ქსელური მოწყობილობები, კომპიუტერული და პერიფერიული მოწყობილობები, მონაცემთა შენახვის მოწყობილობები (ბიბლიოთეკები), სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფა (ოპერაციული და ბაზების მართვის სისტემები), სპეციალური ოპერაციული სისტემები რომლებიც უზრუნველყოფს სისტემის მონიტორინგსა და ქსელების მართვას და ზოგ შემთხვევებში დამხმარე ოპერაციულ სისტემებს.

ყველაზე გავრცელებულ მიდგომას საინფორმაციო სისტემების დაპროექტებაში, დღეისდღეობით წარმოადგენს ექსპერტული შეფასებები, რომლის მეშვეობითაც მიღებული შედეგები ყოველთვის იქნება სუბიექტური, ასევე სისტემის მდგრადობა და განვითარების შესაძლებლობა არის შეზღუდული და არა გარანტირებული. ასეთი მიდგომის მეშვეობით, აქტიური ქსელური მოწყობილობების და საკაბელო ქსელების სპეციალისტები, მათ არსებულ გამოცდილებასა და ექსპერტულ შეფასებების უნარს გამოიყენებენ გამოთვლითი სისტემების პროექტირებისას. ეს მიდგომა საშუალებას იძლევა შემცირდეს პროექტირების ეტაპის ხარჯები და სწრაფად შეფასდეს საინფორმაციო სისტემის პროექტის რეალობადობის ღირებულება.

ალტერნატიულ მიდგომას ამ შემთხვევაში წარმოადგენს მოდელის შექმნა და მოდელირება იმ საინფორმაციო სისტემის, რომლის

შექმნასაც ვაპირებთ, რომელიც ვიზუალურად გვანახებს საინფორმაციო ქსელის სტრუქტურას და მის ქცევას რეალურ დროში.

2.1 საინფორმაციო ქსელების უდეფექტო მოდელირება

შესაძლებელია ვისაუბროთ საინფორმაციო სისტემის უდეფექტო მოდელირებაზეც. იგი მიიღწევა მაღალი დონის მოდელირების კომპლექსური გამოყენების საშუალებებით (ფუნქციის ან ბიზნეს-პროცესის მოდელირება) დაწესებულებებში და გამოთვლითი სისტემების დაბალი დონის მოდელირებით.

მაღალი დონის მოდელირების გამოყენება, გარანტირებულად უზრუნველყოფს საინფორმაციო სისტემის მთლიან და სწორ შესრულებას, როგორც იყოდაკვეთილი დამკვეთის მიერ. ე.ი. შექმნილი მოდელი ფუნქციონალურად არის ხარვეზის გარეშე (ფუნქცია უნდა ასრულებდეს იმას, რაც იყო ჩაფიქრებული). მიუხედავად ამისა, გარანტია რომ რეალიზირებული კონკრეტული გამოთვლითი სისტემა შეასრულებს ყველა ამ ფუნქციას, მაღალი დონის მოდელირებას არ შეუძლია.

მაღალი დონის მოდელირების სისტემებს მიეკუთვნება ისეთი სისტემები როგორებიცაა ARIS, Rational Rose. მათი მეშვეობით შესაძლებელი სტრუქტურული ანალიზის რეალიზება, როდესაც დაწესებულება არის წარმოდგენილი რთული სისტემის სახით, რომელიც თავისთავად შედგება სხვადასხვა კომპონენტებისაგან, რომელთაც აქვთ სხვადასხვა კავშირი ერთმანეთთან. ეს სისტემები საშუალებას გვაძლევს აღმოვაჩინოთ და გადავცეთ მოდელში საწარმოში მიმდინარე პროცესების ძირითადი კომპონენტები, მათი მიმდევრობა და ასევე წარმოვიდგინოთ კომპონენტებს შორის ურთიერთკავშირი.

შექმნილი მოდელის წარმოდგენენ დოკუმენტირებულ მთლიან ინფორმაციას საწარმოს საინფორმაციო სისტემაზე, მის ორგანიზაციულ სტრუქტურის ურთიერთ კავშირს სხვა საწარმოებთან და სხვა სუბიექტებთან, დოკუმენტაციის შემადგენლობაზე და სტრუქტურაზე.

პროცესების მიმდევრობაზე, სხვადასხვა განყოფილებების და მათი თანამშრომლების ურთიერთკავშირზე.

ფუნქციონალური გამოთვლითი სისტემის პირდაპირი მოდელირება დღესდღეობით არის შეუძლებელი. მოცემული ამოცანის მთლიანად გადაწყვეტა შეუძლებელია. მაგრამ შესაძლებელია სისტემის მუშაობის მოდელირება დინამიკაში (დინამიური მოდელირება), ამის მეშვეობით შესაძლებელია არაპირდაპირი მონაცემებით ვიმსჯელოთ მთლიანი სისტემის ფუნქციონალურობაზე.

ასე ჩვენ არ შეგვიძლია შევამოწმოთ სერვერზე მონაცემთა ბაზის და პროგრამული უზრუნველყოფის ფუნქციონალურობა, მაგრამ გამოვლენილი შეფერხებებით სერვერზე, შესაძლებელია გამოვავლინოთ არამომსახურებადი მოთხოვნები და ასე შეგვიძლია გამოვიტანოდ დასკვნა მის მუშაობაზე.

აქედან გამომდინარე, განხილული სისტემები განკუთვნილია არა ფუნქციონალური გამოთვლითი სისტემების მოდელირებისთვის, არამედ მათი დინამიური მოდელირებისთვის.

გამოთვლითი სისტემების მოდელირება საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ უფრო ზუსტი, ექსპერტულ სისტეამსთან შედარებით, გამოთვლა საჭირო ცალკეული კომპონენტებისა და მთლიანი სისტემის, ასევე სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფის. ამის მეშვეობით შეგვიძლია გამოვიყენოთ არა მხოლოდ მაქსიმალური მნიშვნელობა გამოყენებულ გამოთვლით სისტემაში, არამედ ის მნიშვნელობა რომელიც ასახავს ამ მოწყობილობის სპეციფიკას კონკრეტულ დაწესებულებაში.

მოდელირების არსს შეადგენს მოწყობილობის და პროცესის მოდელი (ტექნოლოგია, პროგრამული უზრუნველყოფა), რომელიც გამოიყენება დაკვირვების ობიექტზე. კომპიუტერზე მოდელირებისას აისახება რეალური პროცესები გამოკვლევად ობიექტზე, გამოიკვლევა გამონაკლისი შემთხვევები, დგება რეალური და ჰიპოტეტური კრიტიკული სიტუაციები. მოდელირების ძირითად პრიორიტეტს წარმოადგენს სხვადასხვა ექსპერიმენტების ჩატარების საშუალება გამოკვლევად ობიექტებზე. ფიზიკური რეალიზაციის გარეშე რაც საშუალებას იძლევა ვიწინასწარმეტყველოთ და შევაჩეროთ უფრო მეტი

რაოდენობა გაუთვალისწინებელი სიტუაციები ექსპლუატაციისას, რომელნიც მიგვიყვანდნენ გაუთვალისწინებელი ხარჯებთან და ასევე აპარატურის შესაძლო დაზიანებამდე.

გამოთვლითი სისტემების მოდელირებისას ასეთ ობიექტს წარმოადგენს საინფორმაციო სისტემა, რომელიც განსაზღვრავს ინფორმაციის მიღების საშუალებას, მის შენახვა-დამუშავებას და სხვადასხვა კორპორატიულ და შიდა ინფორმაციის გამოყენებას.

მოდელირებისას შესაძლებელია შემდეგი შემთხვევები:

1. მინიმალურად საჭირო აპარატურული უზრუნველყოფის განსაზღვრა, რომელიც საშუალებას იძლევა უზრუნველყოს ინფორმაციის გადაცემა, დამუშავება და შენახვა რეალურ დროში. შესაძლებელია ასეთი აპარატურული მოწყობილობა არც კი არსებობდეს;
2. აპარატურული უზრუნველყოფის საჭირო წარმადობის შეფასება, მისი შესაძლებლობების გაზრდა უახლოეს პერიოდში (ერთი-ორ წელიწადში);
3. რამოდენიმე აპარატურული უზრუნველყოფის ამორჩევა მიმდინარე მოთხოვნების გათვალისწინებით, განვითარების პერსპექტივით ღირებულებიდან გამომდინარე;
4. რეკომენდირებული აპარატურული უზრუნველყოფით შექმნილი გამოთვლითი სისტემების შემოწმების ჩატარება.

2.2 მოდელირების გამოყენება ქსელის წარმადობის ოპტიმიზაციისათვის

ქსელური პროტოკოლების ანალიზატორები შეუცვლელია რეალური ქსელების კვლევისას, მაგრამ ისინი არ იძლევიან არ არსებული ქსელის მახასიათებლების შეფასების საშუალებას, რომლებიც პროექტირების სტადიაშია. ამ შემთხვევაში ქსელის დამპროექტებლებს შეუძლიათ გამოიყენონ მოდელირების საშუალებები. რომლებიც ასახავენ პროცესებს დასაპროექტებელ ქსელებში.

მოდელირება წარმოადგენს მეცნიერული ანალიზის მძლავრ მეთოდს, რომლის გამოყენებისას კვლევადი ობიექტი იცვლება უფრო მარტივი ობიექტით და მას ეწოდება მოდელი. ასეთი მოდელირების პროცესის ძირითად მიდგომათ შეიძლება ჩაითვალოს მისი ორი სახე, მათემატიკური და ფიზიკური მოდელირება. ფიზიკური (ბუნებრივი) მოდელირებისას, საკვლევი სისტემა იცვლება მისთვის შესაბამისი მატერიალური სისტემით, რომელიც იმეორებს საკვლევი სისტემის თვისებებს და ამასთანავე მის ფიზიკურ წარმოშობას ინახავს. ასეთი სახის მოდელირების მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ საცდელი ქსელი (პილოტური) რის მეშვეობითაც შევისწავლით ქსელის აგების პრინციპულ შესაძლებლობას დაფუძნებულს ამა თუ იმ კომპიუტერებზე, საკომუნიკაციო მოწყობილობებზე, ოპერაციულ სისტემებზე და პროგრამულ უზრუნველყოფებზე.

ფიზიკური მოდელირების საშუალებები საკმაოდ შეზღუდულია. იგი ზოგიერთი საკითხის გადაჭრის საშუალებას იძლევა სისტემის საკვლევი მცირე რაოდენობის პარამეტრების ერთობლიობით. სინამდვილეში გამოთვლითი სისტემის ნატურალური მოდელირებისას პრაქტიკულად შეუძლებელია მისი მუშაობის შემოწმება სხვადასხვა საკომუნიკაციო მოწყობილობების გამოყენებისას (მარშრუტიზატორები, კომუტატორები და ასე შემდეგ). პრაქტიკაში ათეულობით სხვადასხვა ტიპის მარშრუტიზატორების შემოწმება არა მარტო დიდ დატვირთვას და დროს საჭიროებს, არამედ საკმაოდ დიდ ხარჯებთანაა დაკავშირებული.

იმ შემთხვევებშიდაც კი როცა ქსელის ოპტიმიზაციისას არ იცვლება მოწყობილობის ტიპი და ოპერაციული სისტემა, არამედ მხოლოდ მათი პარამეტრები, მრავალი რაოდენობის ყველანაირ შესაძლო პარამეტრების ერთობლიობა, რეალურ მაშტაბში ექსპერიმენტის ჩატარება მოცემულ დროში შეუძლებელია. ასევე უბრალოდ პაკეტის მაქსიმალური ზომის ცვლილება რომელიმე პროტოკოლში, საჭიროებს ასეულ კომპიუტერში ოპერაციული სისტემის კონფიგურაციის შეცვლას, რაც ქსელის ადმინისტრატორისგან მოითხოვს დიდი სამუშაოს ჩატარებას.

ამიტომ, ქსელის ოპტიმიზაციისას, ხშირ შემთხვევაში ყველაზე მართებულია მათემატიკური მოდელირების გამოყენება. მათემატიკური მოდელი წარმოადგენს ერთობლიობას (ფორმულების, ტოლობის, უტოლობის, ლოგიკური მოთხოვნების), რომელიც განსაზღვრავს სისტემის მდგომარეობის პროცესის ცვლილებას დამოკიდებულს მისი პარამეტრებზე, შემავალ სიგნალებზე, საწყისი პირობებზე და დროზე.

მათემატიკური მოდელის ძირითად კლასად მიიჩნევა საიმიტაციო (იმიტაციური) მოდელები. ასეთი მოდელები წარმოადგენენ კომპიუტერულ პროგრამებს, რომლებიც ნაბიჯ-ნაბიჯ ასახავენ პროცესებს რომელიც რეალურ სისტემებში ხდება. გამოთვლითი ქსელების შემთხვევაში, მათი იმიტაციური მოდელები ასახავენ პროგრამების შეტყობინების გენერაციის პროცესებს, გარკვეული პროტოკოლების შეტყობინებების პაკეტებზე და კადრებზე გაყოფას, ოპერაციულ სისტემაში პაკეტების და კადრების შეფერხებებს რომელიც მონაცემთა დამუშავებასთანაა დაკავშირებული, მარშრუტიზატორებში შემოსული პაკეტების დამუშავების პროცესს და ასე შემდეგ. ქსელის იმიტაციური მოდელირებისას არაა საჭირო ძვირადღირებული მოწყობილობების ყიდვა. მათი მუშაობის იმიტირება ხდება პროგრამულად, რომელიც საკმაოდ ზუსტად იმეორებს მოწყობილობების ძირითად მონაცემებს და პარამეტრებს.

იმიტაციური მოდელირების უპირატესობას წარმოადგენს საკვლევი სისტემაში დროის რეალურ მაშტაბში პროცესების დაჩქარება, რაც საშუალებას იძლევა რამოდენიმე წუთში ავსახოთ ქსელის მუშაობის პროცესი რომელიც რეალურად უნდა გრძელდებოდეს რამოდენიმე დღე, რაც საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ ქსელის პარამეტრთა ცვლილება და მისი მუშაობა უფრო ფართო დიაპაზონით.

იმიტაციური მოდელის მუშაობის შედეგს წარმოადგენს მიმდინარე პროცესების სტატისტიკური მონაცემების და ქსელის ყველაზე მნიშვნელოვანი დახასიათების (რეაქციის დრო, არხთა და კვანძთა გამოყენების კოეფიციენტი, პაკეტების დაკარგვის ალბათობა და ასე შემდეგ) მონაცემთა შეგროვება.

არსებობს იმიტაციური მოდელირების სპეციალური ენები, რომლებიც პროგრამირების უნივერსალურ ენებთან შედარების

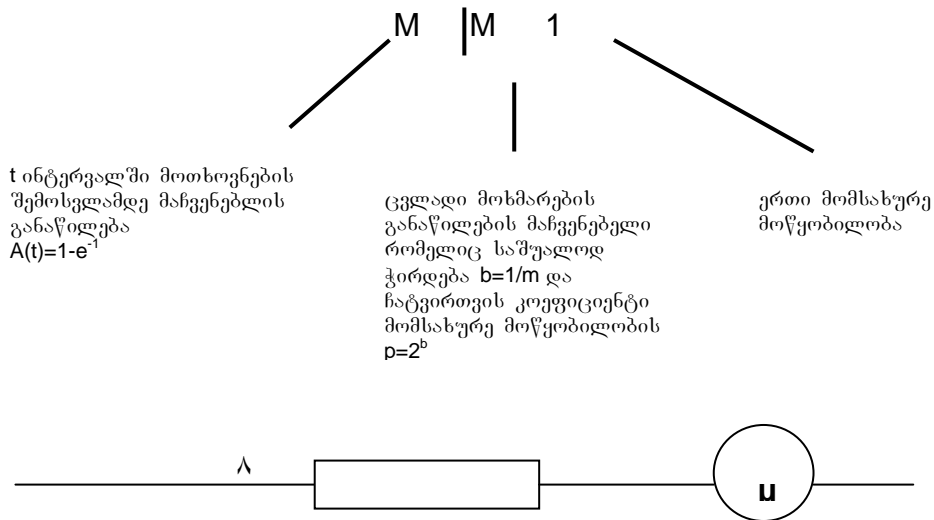
აადვილებს პროგრამული მოდელის შექმნის პროცესს. იმიტაციური მოდელირების ენების მაგალითად შეგვიძლია მოვიყვანოთ ისეთი ენები როგორცაა SIMULA, GPSS, SIMDIS.

არსებობს ასევე იმიტაციური მოდელირების ისეთი სისტემები, რომლებიც ორიენტირებული არიან კვლევადი სისტემების ვიწრო კასებზე და მოდელის აგების საშუალებას იძლევიან პროგრამირების გარეშე.

2.3 მასობრივი მომსახურების თეორიის მოდელები

არხის დონის პროტოკოლები, რომლებიც გამოიყენება ლოკალურ ქსელებში, გამოიყენებენ დაშვების მეთოდებს, დაფუძნებულს მის ერთობლივ გამოყენების საშუალებაზე რამოდენიმე კვანძის მიერ მათი დროში გაყოფის მიზნით. ამ შემთხვევაში, ისევე როგორც სხვა დროს როცა ხდება რესურსების გაყოფა შემთხვევითი მოთხოვნების მიმდინარეობისას, შესაძლებელია შეიქმნას რიგი. ამ პროცესის ასახსნელად გამოიყენება მასობრივი მომსახურების თეორიის მოდელები.

Ethernet პროტოკოლების გამყოფი მექანიზმი მარტივად აისახება მოდელით რომელიც მოყვანილია სურათზე 2. ერთ არხიანი მოდელით პუასონის პროტოკოლების მოთხოვნით და დროის გადანაწილების მაჩვენებლის კანონით. იგი კარგად აღწერს შემთხვევით მოსული მოთხოვნების დამუშავების პროცესს ერთ მოწყობილობაზე, შემთხვევითი მომსახურების დროით და ბუფერით შემოსული მოთხოვნების დროის შესანახად სანამ მომსახურე მოწყობილობა დაკავებულია სხვა პროცესის შესრულებით.



ნახ.2.1 მოთხოვნის შესვლა მოთხოვნების რიგის მომსახურე მოწყობილობა

რიგში ლოდინის საშუალო დრო

$$w: w=pb/(1-P)$$

შემოვიღოთ აღნიშვნები: 1 – მოთხოვნების შემოსვლის ინტენსიურობა, მოცემულ შემთხვევაში ეს საშუალო რაოდენობაა შემოსული პაკეტების, რომელიც უნდა გადაიცეს ერთეულ დროში; b – საშუალო დრო მოთხოვნის მოსამსახურებლად (ლოდინის დროის გაუთვალსწინებლად), ანუ პაკეტების გადაცემის საშუალო დრო პაკეტებს შორის პაუზის გათვალისწინებით; r – მომსახურე აპარატის ჩატვირთვის კოეფიციენტი, მოცემულ შემთხვევაში ეს კოეფიციენტია გარსის გამოყენება, $r=1b$.

2.4 გამოთვლითი სისტემების იმიტაციური მოდელირების სპეციალიზირებული სისტემები

არსებობს საინფორმაციო სისტემების მოდელირებაზე ორიენტირებული პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელშიც მოდელის შექმნის პროცესი გამარტივებულია. ასეთი პროგრამები თვითონ ახდენენ

მოდელის გენერაციას საწყისი ტოპოლოგიის და გამოყენებული პროტოკოლების მონაცემების საშუალებით, კომპიუტერთაშორის ქსელში გადაცემული მონაცემების სისწორის, ქსელში გამოყენებული მოწყობილობების და პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით. მოდელირების პროგრამული სისტემები შესაძლებელია იყოს ვიწრო სპეციალობისთვის და საკმაოდ უნივერსალურიც, რომელნიც სხვადასხვა ტიპის ქსელების იმიტაციის საშუალებას იძლევიან. მოდელირების ხარისხი დამოკიდებულია პირველადი მონაცემების სიზუსტეზე, რომელიც მიეწოდება იმიტაციური მოდელირების სისტემას. ქსელების პროგრამულ სისტემური მოდელირება ისეთი ხელსაწყოა, რომელიც აუცილებლად გამოადგება ნებისმიერ კორპორატიული ქსელის სისტემურ ადმინისტრატორს, რომელიც გეგმავს ახალი ქსელის შექმნას ან არსებულ ქსელში კარდინალური ცვლილებების შეტანას. ამ კატეგორიის პროდუქტები საშუალებას იძლევა შემოწმდეს ქსელის მოდიფიცირებისას მიღებული შედეგები სანამ იქნება შესყიდული ძვირათღირებული მოწყობილობები. რა თქმა უნდა, ასეთი პროგრამები საგრძნობლად ძვირი ღირს, მაგრამ კორპორაციული ქსელების პროექტირებისას დიდი ეკონომიის გაკეთების შესაძლებლობას იძლევა.

ქსელების იმიტაციური მოდელირების პროგრამები თავიანთ მუშაობაში გამოიყენებენ ინფორმაციას ქსელის სივრცულ განლაგებაზე, კვანძების რაოდენობაზე, კავშირების კონფიგურაციაზე, მონაცემთა გადაცემის სიჩქარეზე, გამოყენებულ პროტოკოლებზე და აპარატურის ტიპებზე და ასევე ქსელში შესრულებულ პროგრამებზე. ხშირ შემთხვევაში, ქსელის იმიტაციური მოდელი ნულიდან არ იქმნება. არსებობენ დასაპროექტებადი ქსელების მზა ელემენტების იმიტაციური მოდელები: ყველაზე გავრცელებული მარშრუტიზატორების ტიპების, არხების კავშირები, შეერთების საშუალებების, პროტოკოლების და ასე შემდეგ. სხვადასხვა ქსელური ელემენტების მოდელები იქმნება სხვადასხვა მონაცემზე დაფუძნებით: რეალური მოწყობილობების ტესტირების საფუძველზე, მათი მუშაობის პრინციპის ანალიზით, ანალიტიკური თავსდებადობით. ამის შედეგად მიიღება ქსელების ტიპური ელემენტების ბიბლიოთეკა, რომლებშიც შეგვიძლია ვცვალოთ ამ ელემენტებში წინასწარ გაწერილი პარამეტრები.

იმიტაციური მოდელირების სისტემები ასევე შეიცავენ საშუალებათა კრებულს ქსელიში წინასწარი მონაცემების მომზადებისათვის, მონაცემთა წინასწარი დამუშავებას ქსელის ტოპოლოგიაზე და გაზომილ ტრაფიკზე. ის საშუალებები შესაძლებელია იყოს ძალიან გამოსადეგი თუ სამოდელირო ქსელი თავისთავად წარმოადგენს არსებულ ქსელის ვარიანტს და მასში საშუალებას იძლევა ჩავატაროთ ტრაფიკის და სხვა პარამეტრების გაზომვა, რომლებიც საჭიროა მოდელირებისთვის. ასევე, სისტემა არის აღჭურვილი მონაცემთა სტატისტიკური დამუშავების საშუალებებით რომელიც მიიღება მოდელირებული ქსელიდან.

არსებობს საკმაოდ ბევრი დინამიური მოდელირების გამოთვლითი სისტემები, რომლებიც სხვადასხვა ქვეყნებშია შექმნილი. ისეთი სისტემებიც აღმოვაჩინეთ, რომლებიც რუმინეთში და სხვა ქვეყნებშია წარმოებული, რომლებიც არ არიან ლიდერები კომპიუტერულ-საინფორმაციო ბაზარზე. ამის გარდა, ისეთი მოწყობილობები, როგორცაა ქსელის ანალიზატორები, კაბელის ტესტერები, ქსელის პროტოკოლის სკანერები, მიეკუთვნებიან მოდელირების სისტემებს, რაც სიმართლეს არ შეესაბამება. სისტემების კლასიფიკაცია შესაძლებელია ორი ძირითადი პარამეტრით: ფასი და ფუნქციონალური საშუალებები. როგორც მოსალოდნელი იყო, სისტემების ფუნქციონალური საშუალებები მჭიდროთ არის კავშირი მის ფასთან. გასაყიდად გამოტანილ სისტემათა ანალიზის შედეგად გამომდინარეობს, რომ გამოთვლითი სისტემების დინამიური მოდელირება საკმაოდ ძვირადღირებულია. თუ გსურთ რომ მიიღოთ გამოთვლითი ქსელის რეალური სურათი, უნდა გადაიხადოთ! ყველა დინამიური მოდელირების სისტემა შეიძლება დაგყოთ ორ კატეგორიათ ფასიდან გამომდინარე:

1. იაფი (ასეულ და ათასეულ დოლარად ღირებული)
2. ძალიან ძვირი (ათეაულ ათასეულ დოლარად ღირებული)

სამწუხაროდ საშუალო ფასის დიაპაზონის სისტემის მოძებნა არ ხერხდება, მაგრამ თითქმის ყველა სისტემა წარმოადგენს პაკეტების ერთობლიობას და ფასში სხვაობა ერთი და იმავე სისტემის განისაზღვრება მოწოდებული კომპლექტიდან გამომდინარე და რა სიდიდის ფუნქციონები გააჩნია. იაფი სისტემები გამოირჩევა ძვირისგან

იმითი, თუ რამდენად დეტალურადაა შესაძლებელი მათში მოდელირებადი სისტემის ცალკეული პროცესების აღწერა. ისინი მხოლოდ ზოგად შედეგებს იძლევიან და არ გვაძლევენ სტატისტიკურ მონაცემებს და სისტემის დეტალურ ანალიზის საშუალებას. ძალიან ძვირი სისტემები საშუალებას გვაძლევს მოვიპოვოთ დეტალური სტატისტიკური ინფორმაცია თითოეულ ქსელის კომპონენტზე არსებში მონაცემთა გადაცემისას და ასევე მიღებული შედეგების სტატისტიკური შეფასების საშუალებას. ფუნქციონალურად მოდელირების სისტემები, რომლებიც გამოიყენება გამოთვლითი სისტემების კვლევისას, შეიძლება დაგვითორ ძირითად კლასად.

1. სისტემები, რომლებიც ცალკეულ ელემენტების ან კომპონენტების მოდელირებისთვის გამოიყენება;
2. სისტემები, რომლებიც მთლიანი გამოთვლითი სისტემის მოდელირებისთვისაა განკუთვნილი.

ქვემოთ მოცემულ ცხრილში ცხრილი 1.1 განხილულია რამოდენიმე პოპულარული სხვადასხვა კლასის იმიტაციური მოდელირების სისტემა, ადვილი პროგრამებიდან, რომლებიც პერსონალურ კომპიუტერზე დასაყენებლადაა განკუთვნილი, ძლიერ სისტემებამდე, რომლებიც შეიცავენ ბიბლიოთეკებს მსოფლიოში არსებული თითქმის ყველა საკომუნიკაციო მოწყობილობების და რომელიც საშუალებას გვაძლევს საკვლევი ქსელის მაღალ ავტომატიზირებულ დონეზე კვლევისას.

ცხრილი 1.1. იმიტაციური მოდელირების პოპულარული სისტემები

პროდუქტის დასახელება	ღირებულება დოლარში	ქსელის ტიპი	საჭირო რესურსები	შენიშვნა
American HYTech, Prophecy	1495	ლოკალური	8მბ ოპერატიული 6მბ დისკი DOS, Windows	ტექსტურ და გრაფიკულ მონაცემთა წარმადობის შეფასება სხვადასხვა სეგმენტებში და ქსელებში.
CACI Product,	34500-39500	ლოკალური გლობალური	32მბ ოპერატიული	Cisco, DEC, 3Com, HP და სხვა მარშრუტიზატორების

პროდუქტის დასახელება	ღირებულება დოლარში	ქსელის ტიპი	საჭირო რესურსები	შენიშვნა
COMNET III			უღი 100მბ დისკი Windows, Windows NT, OS/2, Unix	ბიბლიოთეკა. ამოღელირებს X.25, ATM, Frame Relay, LAN-WAN ქსელებს და OSPF, RIP პროტოკოლებს.
Make System, NetMaker XA	6995-14995	ლოკალური გლობალური	128მბ ოპერატიული დისკი, AIX, Sun OS, Sun Solaris	მონაცემთა შემოწმება ქსელის ტოპოლოგიის შესახებ: რეალურ დროს მიღებული ტრაფიკის ინფორმაციის იმპორტირება.
NetMagic System, Stress Magik	2995	ლოკალური	2მბ ოპერატიული, 8 მბ დისკი, Windows	შტანდარტული წარმადობის გაზომვის ტესტების მხარდაჭერა. ფაილ/ სერვერის პიკური დატვირთვის იმიტაცია
Network Analysis Center, MIND	9400-70000	გლობალური	8მბ ოპერატიული, 65მბ დისკი, DOS, Windows	შეიცავს ტიპური კონფიგურაციების მონაცემებს, რაც წარმადობის ზუსტ განსაზღვრის საშუალებას იძლევა. გამოიყენება პროექტირების და ქსელის ოპტიმიზაცია.
Network Design and Analysis Group, AutoNet/ Designer	25000	გლობალური	8მბ ოპერატიული, 40მბ დისკი, Windows, OS/2	გლობალურ ქსელში კონცენტრატორის ოპტიმალური განლაგების განსაზღვრა, ეკონომიის დათვლა ტარიფის შემცირებისას, მომწოდებლის შეცვლისას და აპარატურის განახლებისას, კავშირის შედარება ახლომდებარე და ოპტიმალურ შეერთებს, შორის.
Network	30000	გლობალური	8მბ	კავშირების დაზიანების

პროდუქტის დასახელება	ღირებულება დოლარში	ქსელის ტიპი	საჭირო რესურსები	შენიშვნა
Design and Analysis Group, AutoNet/ MeshNET			ოპერატიული, 40მბ დისკი, Windows, OS/2	იმიტირების საშუალებით გამტარიანობის და გლობალური ქსელისთვის ხარჯთა ორგანიზების მოდელირება. AT & T, Sprint, WiTel, Bell სატარიფო ქსელის მხარდაჭერა.
Network Design and Analysis Group, AutoNet/ Performance-1	4000	გლობალური	8მბ ოპერატიული, 1მბ დისკი, Windows, OS/2	იერარქიული ქსელების წარმადობის მოდელირება შეფერხებების დროს მდგრადობის ანალიზით, პასუხის მიღების დროით და ქსელის სტრუქტურაში ვიწრო ადგილების არსებობით.
Network Design and Analysis Group, AutoNet/ Performance-3	6000	გლობალური	8მბ ოპერატიული, 3მბ დისკი, Windows, OS/2	ლოკალურ და გლობალურ ქსელში გაერთიანებული მრავალპროტოკოლოლიანი პაკეტების წარმადობის მოდელირება. რიგებში შეფერხებების შეფასება, პასუხის მიღების და აგრეთვე ქსელის სტრუქტურაში ვიწრო ადგილების პროგნოზირება, ქსელური ანალიზატორებიდან შემოსული ტრაფიკის რეალური მონაცემთა გათავლისწინება.
System& Networks, BONES	20000-40000	ლოკალური გლობალური	32მბ ოპერატიული, 80მბ დისკი, Sun OS, Sun Solaris, HP-UX	კლიენტ-სერვერ პროგრამის და ასევე ახალი ტექნოლოგიების, ქსელზე ზემოქმედების ანალიზი
MIL3, Opnet	16000-40000	ლოკალური გლობალური	16მბ ოპერატიული, 100მბ დისკი,	აქვს ბიბლიოთეკა რომელიც შეიცავს სხვადასხვა ქსელურ მოწყობილობებს, აქვს ანიმაციის საშუალება, შესაძლებელია ქსელის რუქის გენე-

პროდუქტის დასახელება	ღირებულება დოლარი	ქსელის ტიპი	საჭირო რესურსები	შენიშვნა
			DEC AXP, Sun OS, Sun Solaris, HP-UX	რაცია, ამოღელირებს გამტარიანობის წარმადობას.

2.5 მოდელირების პოპულარული სისტემები

Systems & Networks წარმოების პროდუქტი **BONeS** – ზოგადი დანიშნულების მოდელირების გრაფიკული სისტემა არქიტექტურული სისტემის, ქსელების და პროტოკოლების ანალიზისათვის. აღწერს მოდელს ტრანსპორტულ და პროგრამულ დონეზე. იძლევა კლიენტ-სერვერის და ახალი ტექნოლოგიების ქსელში შემოქმედების ანალიზის საშუალებას.

OPNET Technologies წარმოების პროდუქტი **Netmaker** – ქსელების ფართო კლასის ანალიზის და ტოპოლოგიის და დაგეგმარების საშუალება.

Compuware და **Optimal Networks** ერთობლივი წარმოების პროდუქტი **Optimal Performance** – აქვს სწრაფად შეფასების და ზუსტი მოდელირების საშუალება, პროგრამული უზრუნველყოფის სწრაფი ოპტიმიზაციის საშუალებას იძლევა.

Abstraction Software წარმოებული პროდუქტი **Prophecy** – ლოკალური და გლობალური ქსელების მოდელირების მარტივი სისტემა. საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ კომპიუტერის რეაგირების დრო მოთხოვნაზე, დაწკაპუნებების რაოდენობა WWW-სერვერებზე, აქტიური აპარატურული მოწყობილობების მომსახურებისათვის მუშა სადგურების რაოდენობა, გარკვეული მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლისას ქსელის წარმადობის და მუშა მდგომარეობაში ყოფნის განსაზღვრა.

ImageNet წარმოებული პროდუქტი **CANE** – გამოთვლითი სისტემების რეინჟინირინგისათვის და პროექტირებისთვის, “what, if” ვარიანტების შეფასებისთვის. **OSI** სხვადასხვა დონეზე მოდელირება. სრული ბიბლიოთეკა მოწყობილობების, რომელიც აგრეთვე შეიცავს ობიექტების ფიზიკურ, ელექტრულ, ტემპერატურულ და სხვა მონაცემებს. საკუთარი ბიბლიოთეკების შექმნის საშუალება.

Compuware და **CACI** ერთობლივად წარმოებული პროდუქტი **COMNET** – ობიექტზე ორიენტირებული გლობალური და ლოკალური ქსელების მოდელირების სისტემა. პროგრამების, ტრანსპორტის, ქსელების და არსების დონეების მოდელირების საშუალებას იძლევა. გამოიყენებს დღეისათვის ყველა ცნობილ ტექნოლოგიებს და პროტოკოლებს და ასევე კლიენტ-სერვერ სისტემებს. ადვილად პროგრამირებადია მოწყობილობების მოდელის და ტექნოლოგიებისთვის. ქსელის ტოპოლოგიისა და ქსელური ტრაფიკის მონაცემთა ექსპორტის და იმპორტის საშუალებასაც იძლევა. აგრეთვე, იერარქიული ქსელების, მრავალ პროტოკოლიანი ლოკალური და გლობალური ქსელების მოდელირების საშუალებას გვაძლევს და საშუალება აქვს რომ განვსაზღვროთ მარშრუტიზატორების ალგორითმებიც.

OPNET წარმოებული პროდუქტი **OPNET** – ლოკალური და გლობალური ქსელების პროექტირებისათვის, კომპიუტერული სისტემებისთვის, პროგრამების და სისტემების განაწილებისთვის განკუთვნილი პროგრამა., ქსელის ტოპოლოგიისა და ტრაფიკის იმპორტირების და ექსპორტირების საშუალებით. კლიენტ-სერვერის ასევე გააჩნია, პროგრამების და ახალი ტექნოლოგიების ქსელზე შემოქმედების საშუალება. გამოიყენებადია იერარქიული, მრავალ პროტოკოლიანი ლოკალური და გლობალური ქსელებში. განსაზღვრავს მარშრუტიზაციის ალგორითმებს. ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომა. ქსელური პროტოკოლების და ობიექტების სრული ბიბლიოთეკა. შეიცავს შემდეგ პროდუქტებს: **NETBIZ** რომელიც გამოიყენება პროექტირებისას და გამოთვლითი სისტემების ოპტიმიზაციისთვის, **Modeler** რომელიც განკუთვნილია ქსელის წარმადობის, კომპიუტერული სისტემების, პროგრამებისა და სისტემების განაწილების მოდელირებისთვის და ანალიზისთვის, **ITGuru** რომელიც

გამოიყენება საკომუნიკაციო ქსელის წარმადობის და სისტემების განაწილების შესაფასებლად.

NetMagic Systems წარმოებული პროდუქტი **Stressmagic** - გააჩნია წარმადობის განმსაზღვრელი სტანდარტული ტესტების მხარდაჭერა; მაქსიმალური (პიკური) დატვირთვის იმიტაციის საშუალება ფაილ და პრინტ სერვერზე. შეიცავს 87 წარმადობის ტესტს. საშუალებას იძლევა სხვადასხვა მომხმარებლის ფაილ სერვერზე ზემოქმედების მოდელირების.

უფრო დახვეწილი და სრული ინფორმაცია ამ სისტემებზე და მათ მახასიათებლებზე მოყვანილია შემდეგ ნახატზე. აქედან ნათლად ჩანს რომ ყველაზე საინტერესო და მძლავრ სუსტემებს მიეკუთვნება კომპანია CACI-ს მიერ 2000 წელს წარმოებული სისტემა COMNET III რომელიც მოგვიანებით შეიძინა კომპანია Compuware-მა და კომპანია Opnet-მა.

კომპანიის დასახელება	პროდუქტი	ღირებულება დოლარში	სისტემის ტიპი	ოპერაციული სისტემა
Systems and Networks	Bones	20000 - 40000	LAN, WAN,	Sun Solaris, Sun OS, HP/UX
ImageNet	CANE	7900 - 25000	LAN, WAN, კლიენტ სერვერის არქიტექტურა	Windows NT
Optimal Networks (Compuware))	Optimal Perfomance	5000 - 30000	LAN, WAN	Windows 98/NT s
Abstraction Software	Prophecy	599	LAN, WAN	Windows 98/NT, OS/2
Network Analysis Center	WinMIND	9500 - 41000	WAN	Windows 98/NT
CACI Products (Compuware))	COMNET	19000 - 60000	LAN, WAN კლიენტ სერვერის არქიტექტურა	Windows 98/NT, OS/2, AT&T Unix, IBM AIX, DEC Ultrix, Sun Solaris, Sun OS, HP/UX
OPNET Technologies	OPNET	16000 - 40000	LAN, WAN, კლიენტ	DEC AXP, Sun Solaris, Sun OS,

(MIL3)			სერვერის არქიტექტურა	HP/UX, Silicon Graphics IRIX, IBM AIX, Windows
NetMagic Systems	StressMagic	3000 ერთ ფაილ სერვერზე	LAN	Windows 98/NT

თავი 3.

კომპიუტერული ქსელების მოდელირება პეტრის ფერადი ქსელებით

კარლ პეტრის მიერ შემოთავაზებული ქსელები დისკრეტულ პარალელურ პროცესების და სისტემების მოდელირებისათვის, დღეისდღეობით თეორიულ კომპიუტერულ მეცნიერებაში ძალიან პოპულარული გახდა. კომპიუტერული გლობალური და ლოკალური ქსელების კვლევა არის ერთ-ერთი დინამიურად განვითარებადი სფერო, სადაც პეტრის ქსელები პოულობენ უფრო და უფრო ფარდო გამოყენებას.

3.1 პეტრის ქსელები

პეტრის ქსელი ესაა სისტემის სტატისტიკისა და დინამიკის კვლევის ინსტრუმენტი, მათი ყოფაქცევის მოდელირებისა და ანალიზისათვის.

პეტრის ქსელები 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.

განსაკუთრებით საყურადღებოა პეტრის ქსელების გამოყენება პარალელური პროცესების მქონე რთულ ობიექტებში, რომლებშიც პროცესები მიმდინარეობს გარკვეულ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირებით.

როგორც ცნობილია სისტემების მოდელირებისა და ანალიზის ამოცანების გადასაწყვეტად ფართოდ გამოიყენება ისეთი მექანიზმები, როგორებიცაა მასობრივი მომსახურების და იმიტაციური მოდელირების თეორიები. ამასთანავე შეიძლება აღინიშნოს, რომ მათი გამოყენების ეფექტურობა, გამომსახველობითი და ანალიტიკური მხარეები მკვეთრად განსხვავებულია და დამოკიდებულია, როგორც თვით ინსტრუმენტის შესაძლებლობაზე, ასევე ობიექტის სირთულეზე (პარამეტრების რიცხვზე და სხვა). ფერადი პეტრის ქსელებში (ჩოლოურედ ეტრი ეტს) კარგადაა შერწყმული პეტრის ქსელებისა და დაპროგრამების თეორია (იერარქიულობა, მოდულურობა – დიდი სისტემების მოდელირებისთვის), რაც მის დიდ პრაქტიკულ ღირებულებასაც განაპირობებს თანამედროვე ინფორმაციულ ტექნოლოგიათა გამოყენების მრავალ სფეროში.

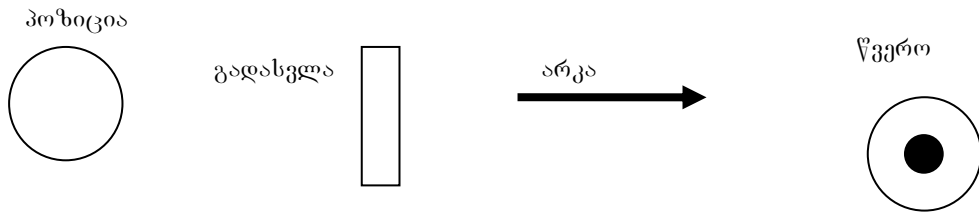
უპირატესობა:

- შეიძლება წარმოდგენილი იქნას, როგორც გრაფიკული, ასევე ანალიტიკური ფორმით;
- უზრუნველყოფს ავტომატიზებული ანალიზის შესაძლებლობას;
- აქვს საკუთარი მოდელირების ენა, რომელზეც შესაძლებელია ახალი ფუნქციების შექმნა CPN;
- იძლევა სისტემის აღწერის ერთი დეტალიზაციის დონიდან სხვაზე გადასვლის საშუალებას.

ნაკლი:

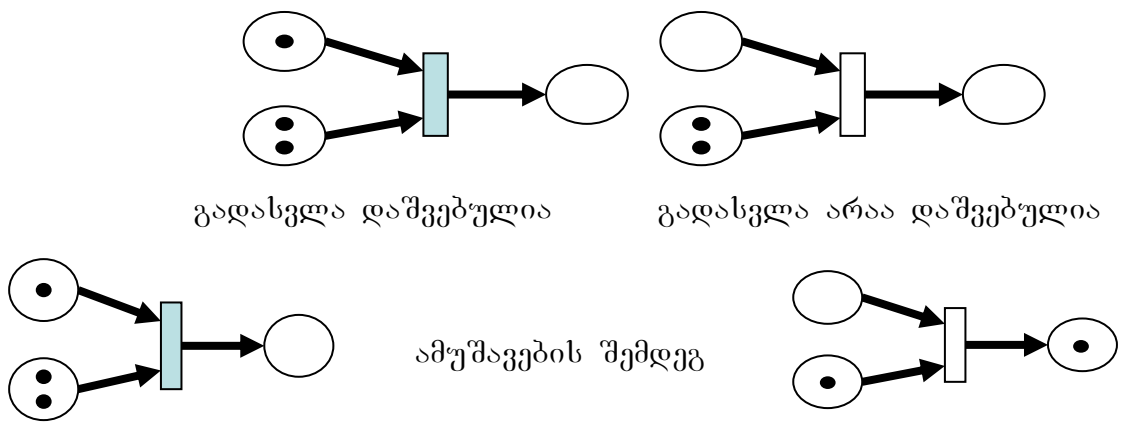
- ინსტრუმენტის ინტერფეისი რთულია და მოითხოვს მომხმარებლისგან დროს მასში გასარკვევად;
- CPN-ის ძირითად ბირთვს არ აქვს მოდელირებადი სისტემის დროითი მახასიათებლების აგების და გრაფიკული გაფორმების საშუალება, მაგრამ იგი ადვილად იყენებს არსებულ პაკეტებს (მაგ., ორ და სამგანზომილებიან გრაფიკას.

პეტრის ქსელი ესაა ორდონიანი ორიენტირებული გრაფი დინამიური ელემენტებით – წვეროებით. პეტრის ქსელების გრაფიკული წარმოდგენა მოცემულია ნახ. 3.1



ნახ. 3.1 პეტრის ქსელის ელემენტები

ქსელის დინამიკა წარმოადგენს წვეროების გადაადგილების პროცესს გადასვლების ამუშავებისას (ნახ 3.2). გადასვლა დაშვებულია, თუ მის ყველა პოზიციას გააჩნია წვეროები. მოქმედებს უკონტროლო გადასვლა მრავალი დაშვებულიდან. გადასვლის ამუშავებისას, წვეროებს იღებს თავისი შემავალი პოზიციებიდან და ათავსებს თავის გამომავალ პოზიციაში. გადასვლის ამუშავება ხდება დაუყოვნებლივ.



ნახ 3.2 პეტრის ქსელის გადასვლის ამუშავება

მნიშვნელოვანია აღვნიშნო, რომ ქსელის ფუნქციონირება წარმოადგენს არადეტერმინირებულ პროცესს. ქსელის საქმისი აღწერა არ შეიცავს გადასვლის გამშვების ამორჩევის საშუალებას. ამიტომ, ბაზური პეტრის ქსელები, უშტატო სიტუაციების საძებნელად, მოდელირების სისტემის მრავალ სხვადასხვა ვარიანტებით, ძირითადად გამოიყენება სატრანსპორტო საშუალებების შეჯახებისას რკინიგზის მოძრაობის

მოდელებში ან ქსელში ინფორმაციის გაცვლისას ურთიერთ ბლოკირებისას.

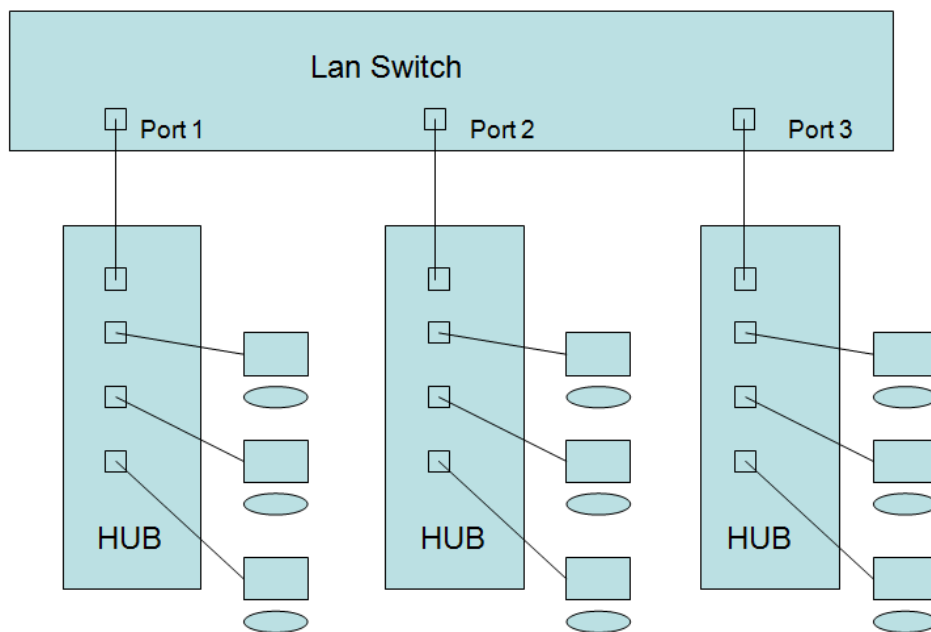
ბაზური პეტრის ქსელების და მოდელების გამოყენების მნიშვნელოვან უპრატესობას წარმოადგენს ცნობილი ანალიტიკური მეთოდების არსებობა და მათი კვლევა, როგორცაა რედუქცია და ინვარიანტი, რომელიც მიღებულია დამატებითი სტრუქტურული ან სხვაგვარი დაშვებებით. ამის მიუხედავად, რთული ობიექტების კვლევისა მათი გამოყენება გართულებულია წვეროების დაბალი და ქსელის სხვა ელემენტების მახასიათებლების.

რეალური ობიექტთა ასახვისათვის როგორც წესი გამოიყენება პეტრის ქსელის არა ბაზური მოდელები, რომლებიც ცენტრალურ როლს თამაშობენ თეორიულ კვლევებში, არამედ სხვადასხვა ფართო მოდელებს, როგორცაა ფერადი, დროებითი, იერარქიული ქსელები. ფერადი ქსელების თეორია შემუშავებულია აარხუსის უნივერსიტეტში კურტ იენსონის მიერ. მისი ნაშრომი მიეძღვნება დროებითი ქსელების კვლევას. ამ ნაშრომში მითითებული, რომ კომუტაციის ტექნოლოგია არის პერსპექტიული ლოკალური და გლობალური ქსელების გამტარუნარიანობის გასაზრდელად. ნაშრომში კომუტირებული ქსელი შესწავლილია სტოქასტიკური ქსელების რიგებით; განხილულია კომუტატორის ბუფერის ზომების ზემოქმედება დაკარგული პაკეტების რაოდენობაზე და ქსელის საერთო წარმადობაზე. მოვემუდო მოდელებისგან განსხვავებით, პეტრის ქსელები იძლევიან ქსელის ტრაფიკის აღწერის უფრო ზუსტ საშუალებას, ვინაიდან საშუალებას იძლევა წარმოადგინოს ურთიერთკავშირი კლიენტ-სერვერულ სისტემებში.

კომუტირებული ქსელის კვლევა, მოცემულ ნაშრომში, შესრულებულია მოდელირების სისტემით Design/CPN, რომელიც დანიის აარხუსის უნივერსიტეტშია შემუშავებული. სისტემა ფუნქციონირებს ლინუქსის სისტემაში და საშუალებას იძლევა ავაგოთ და შევისწავლოთ რეალური საწარმოო ობიექტები, წარმოდგენილი ფერადი დროებითი იერარქიის პეტრის ქსელებით, რომელიც შეიცავს ასეულ ათას ელემენტს. Design/CPN გამოყენება შეიძლება ათეულ საწარმოო პროექტში, რემოლთაგან ყველაზე ცნობილია Deutsche Telekom

ინტელექტუალური ქსელების პროექტირება, RC International A/S ქსელის მართვის სისტემის პროექტირება და სხვა.

კომპიუტერული ლოკალური ქსელის აგების ბაზის წარმოადგენს Ethernet პაკეტების კომუტატორი. ლოგიკური კომუტატორი თავისთავად წარმოადგენს მოწყობილობას მრავალი პორტით. თითოეულ პორტზე შესაძლებელია შეუერთდეს ლოკალური ქსელის სეგმენტი, მაგალითად კონცენტრატორის მეშვეობით, ან სერვერი. კომუტატორის ამოცანაა შემოსული პაკეტების გადამისამართება იმ პორტში, რომელშიდაც მიმღები მოწყობილობა არის მიერთებული. კომუტატორის გამოყენება საშუალებას იძლევა კოლიზიების შემცირებისა, ასევე პაკეტის რეტრანსლირება ხდება მხოლოდ მიმღებ პორტში და ასე იზრდება ქსელის გამტარუნარიანობა. ამის გარდა, იზრდება ინფორმაციის დაცვის ხარისხი ტრაფიკის მოსმენის არ არქონობის ხარჯზე. კომუტატორის მუშაობისთვის აუცილებლობას წარმოადგენს ფრეიმის საზღვრები, რომელიც მიუთითებს გამომგზავნი და მიმღების მისამართს. ზოგიერთ კომუტატორში ასევე გათვალისწინებულია პაკეტების რაოდენობის საკონტროლო შემოწმება და მათი სპეციალური დამუშავება სხვადასხვა ფრეიმების მეშვეობით, მაგალითად ფრეიმებით ვირტუალური ქსელებისათვის. მოცემული ნახაზი 3.3 წარმოადგენს ლოკალური ქსელის მოდელს აგებულს კომუტატორის მეშვეობით.



ნახ. 3.3 კომუტატორზე აგებული ლოკალური ქსელის სქემა

პორტის ნომერის ამოსაცნობად თუ რომელზე მიემართება ფრეიმი, როგორც წესი გამოიყენება სტატისტიკურის ან დინამიური კომუტაციის ცხრილები, რომელიც თითოეულ მაკ მისამართს მიუსადაგებს პორტის ნომერს, რომელზედაც მიერთებულია შესაბამისი მოქცობილობა. კომუტაციის სტატისტიკური ცხრილი გამოიყენება ისეთ ორგანიზაციებში, სადაც არის მოთხოვნა გაზრდილი უსაფრთხოებისამებრ ქსელში.

კომუტაციის დინამიური ცხრილების აგების ალგორითმი ეფუძნება ტრაფიკის მოსმენას უცნობი გამოგზავნის მაკ მისამართების აღმოსაჩენად და ამ ჩანაწერების ცხრილებში შეტანას. მიმღების უცნობი მისამართების დამუშავებისას პაკეტები იგზავნება კომუტატორის ყველა პორტზე. ანალოგიურად მუშავდება ფართოგადაცემის ფრეიმები, რომელთაც აქვს ერთეულები მიმღების მისამართის ყველა ბიტებში. ამის გარდა, გამოიყენება ცხრილების ჩანაწერების პერიოდული განახლება, მისი აქტუალურობის შესანარჩუნებლად და ლოკალური ქსელის სტრუქტურის განსაახლებლად. განსახილველი ქსელის კომუტაციის ცხრილის ფრაგმენტი მოცემულია ცხრილი 3.1.

მაკ მისამართი	პორტის ნომერი	აქტუალურად ყოფნის დრო
1	1	20
2	2	10
3	1	1
4	3	20
5	2	2
6	3	5
7	1	8
8	2	15
9	3	3

ცხრილი 3.1 კომუტაციის ცხრილი

ასევე საჭიროა აღვნიშნო კომუტატორის სხვა დამატებითი საშუალებები, რომელიც დღეისდღეობით არის სტანდარტული. ეს სარის მისი

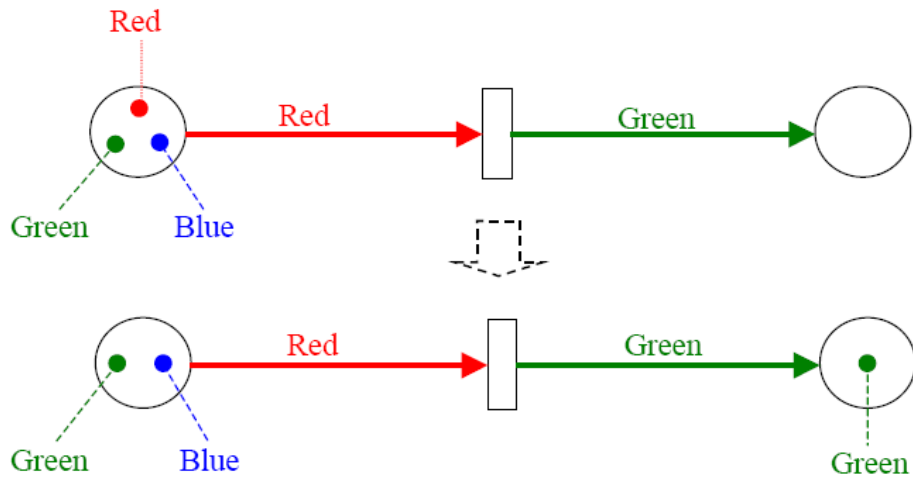
მუშაობა მთლიან დუპლექსურ რეჟიმში, რომელიც ხორციელდება გაყოფადი შემავალი და გამავალი ბუფერის საშუალებით; მონაცემთა დინების კონტროლი ბუფერიზაციის და სპეციალური შეტყობინებების (Jam message) მეშვეობით; დისტანციური ადმინისტრაციის საშუალებები სხვადასხვა პროტოკოლების მეშვეობით (RMON, SNMP).

3.2 მოდელირების სისტემა Design/CPN

ზოგადი მახასიათებლები

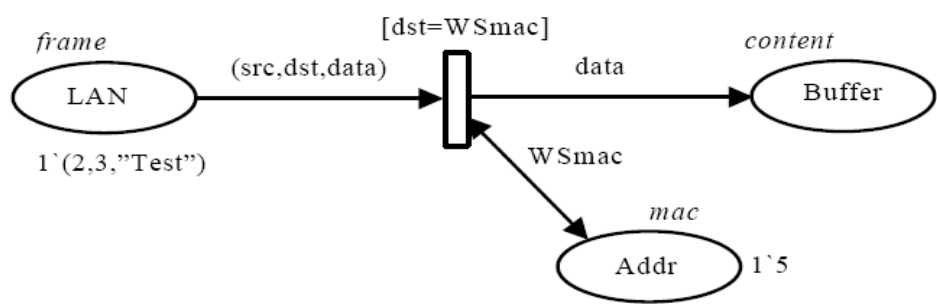
სისტემა Design/CPN შეიხავს მოდელების გრაფიკულ რედაქტორს, პროგრამირების ენა ML კომპილატორს, იმიტაციის და ანალიზის მოდულს. მოდელი წარმოდგენილია ფერადი პეტრის ქსელის დროის იერარქიით. რთული მოდელის კომპონირების საშუალებას იძლევა, რომელიც იკავებს რამოდენიმე ფურცელს იერარქიული სქემის მეშვეობით, ასევე დამატებითი გრაფიკული და ტექსტური ელემენტების გამოსახვის საშუალებებს ვიზუალურობის გასაზრდელად. პროგრამირების ენა ML განკუთვნილია ქსელის ელემენტების მახასიათებლის აღწერისთვის.

პეტრის ქსელის წვეროების განსხვავების პირველადი ცდა დაკავშირებული იყო მათთვის მახასიათებლების მინიჭებით, რომელიც წარმოდგენილი იყო მთელი რიცხვების სახით; პირველი ტიპის წვერო, მეორე ტიპის წვერო და ასე შემდეგ. გადასვლის დაშვების პირობა და ამუშავების შედეგები ასევე ანსხვავებდნენ წვეროების ინდივიდუალურობას. წვეროების ინდივიდუალურობა პატარა რაოდენობის ტიპებისთვის გამოისახებოდა ფერების მეშვეობით: მწვანე, წითელი და ასე შემდეგ. ამიტომ ქსელები, რომელიც ანსხვავებდნენ წვეროების მახასიათებლებს, ტრადიციულად იწოდებოდა ფერად ქსელებად (ნახ. 3.4), მიუხედავად იმისა თუ წვერო წარმოადგენს ცვლად რთულ აბსტრაქტულ მონაცემის ტიპს.



ნახ 3.4 უმარტივესი ფერადი პეტრის ქსელი

სისტემა Design/CPN ქსელის ელემენტებს, გარდა ინდივიდუალური სახელებისა, გააჩნიათ შემდეგი მახასიათებლები: პოზიცია – შენახული წვეროების მონაცემთა ტიპი; გადასვლის შემავალი არკა – შემავალი წვეროების ასარჩევი ნიმუში; გადასვლა – წინასწარი აღძვრის ფორმის პირობა; გამომავალი არკა – გამომავალი წვეროების ფორმირების ნიმუში. ნახ. 3.5-ზე გამოსახულია ქსელის ფრაგმენტი რომელიც წარმოადგენს ქსელის ფრეიმების არჩევის პროცესს, რომელიც მიეკუთვნება მუშა სადგურს მითითებული მისამართით.



```

color mac = int;
color content = string;
color frame = product mac * mac * content;
var src, dst, WSmac : mac;
var data : content;

```

ნახ 3.5 ქსელიდან ფრეიმის ამორჩევა

წარმოდგენის გასამარტივებლად, მუშა სადგურების მისამართების ნაცვლად, გამოყენებულია მთელი რიცხვები, გადაცემული მონაცემები

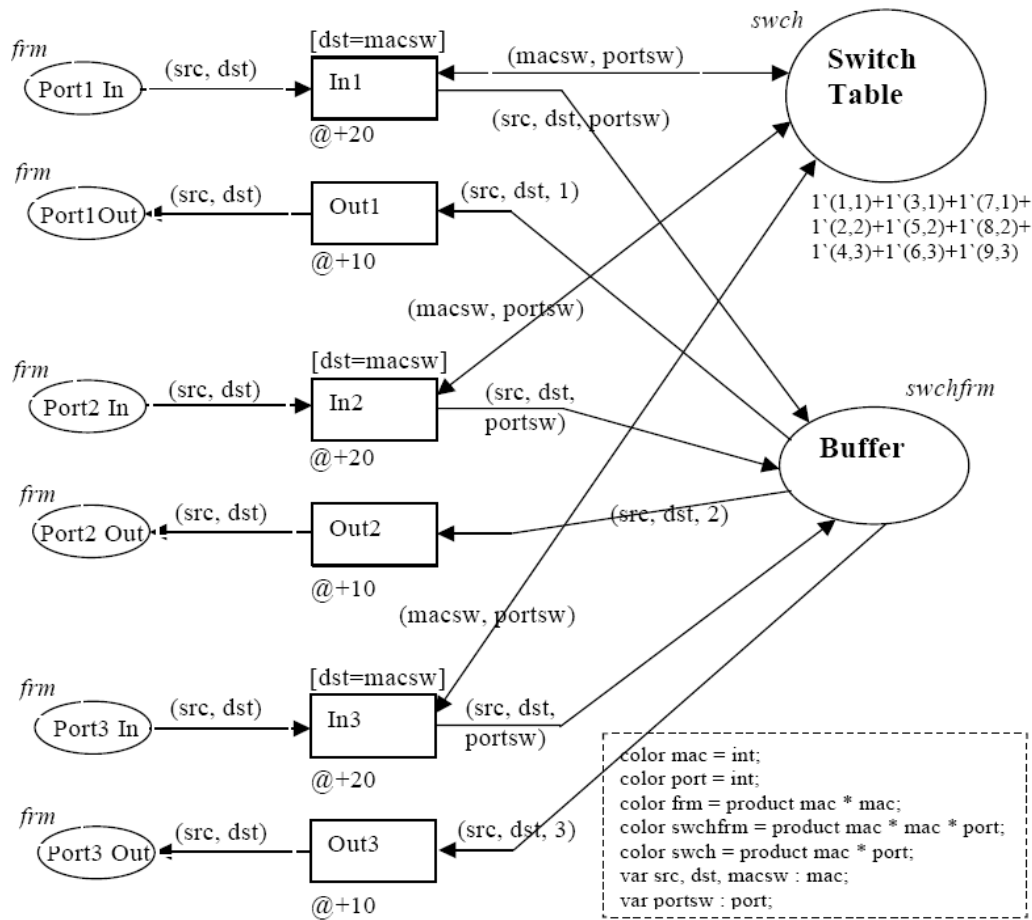
წამოდგენილია სიმბოლური სტრიქონებით. ფრეიმი შედგება გამომგზავნის მისამართისგან, მიმღების მისამართისგან და მონაცემებისგან. სრულდება მისამართის შემოწმება და დამთხვევის შემთხვევაში მონაცემი თავსდება ბუფერში. წვეროების არსებობა პოზიციაში წამოდგენილია მულტი სიმრავლით, სადაც ჯერადი მიენიჭება რიცხვით და შემდეგ სდევს წვეროს აღწერა. ტრადიციულად მონაცემთა რაოდენობა სისტემაში გააჩნიათ ფერების (color) დასახელება.

დროითი მახასიათებლები მიენიჭება გამოსახვის სახით @+Delay, სადაც Delay განსაზღვრავს დროებით შეფერხებას. დროებითი შეფერხებები მარტივ შემთხვევებში შეიძლება შევადაროთ ქსელის გადასვლებს. უფრო რთულ შემთხვევებში ჩერდებიან ინდივიდუალური წვეროები, ამ შემთხვევაში დრო მიენიჭება გამომავალ არკას.

იერარქიული ქსელების ასაგებად გამოიყენება გადასვლის შეცვლა, როდესაც ქსელის გადასვლა იცვლება განსაზღვრული ქსელით და ასევე პოზიციათა გაერთიანება, რომელიც საშუალებას იძლევა მოდელის კომპონირების ფრაგმენტებიდან, რომელიც სხვადასხვა ფურცლებზეა განლაგებული.

3.3 კომუტატორებზე აგებული ლოკალური ქსელის მოდელი

განვიხილოთ შემავალი და გამომავალი ბუფერის ფრეიმები თითოეული პორტისთვის, ასევე კომუტირებული ფრეიმების საერთო ბუფერი. კომუტატორის მოდელი მოცემულია ნახ. 3.6:



ნახ. 3.6. კომპუტატორის მოდელი

მოდელის ტესტირებისთვის აღებულია მუშა სადგურების განლაგება რომელიც მოცემულია ნახ 3.5-ზე

მონაცემთა ტიპი `frm` იღვება ქსელის ფრეიმს, მონაცემთა ტიპს `swch` წარმოადგენს კომუტაციის ცხრილებში ჩანაწერს, მონაცემთა ტიპებს `swchfrm` აღწერს კომპუტირებულ ფრეიმებს, რომელიც ელოდებიან გამავალ ბუფერში განლაგებას. პოზიცია `PortX In` და `PortX Out` წარმოადგენს შემავალ და გამომავალ პორტის X ბუფერებს. პოზიცია `SwitchTable` ამოღელირებს კომუტაციის ცხრილს; თითოეული ამ პოზიციის წვერო წარმოადგენს კომუტაციის ცხრილებში ჩანაწერს. პოზიცია `Buffer` შეესაბამება კომპუტირებად პაკეტთა ბუფერს. გადასვლები `InX` ამოღელირებს შემავალი ფრეიმების დამუშავებას. ფრეიმი ამოიღება შემავალი ბუფერიდან მხოლოდ იმ შემთხვევაში როცა კომუტაციის ცხრილში მისამართის ჩანაწერი უკვე არსებობს.

ბუფერში ფრეიმის გადაადგილებისას შეინახება მიმღების პორტის ნომერი. გადასვლა OutX ამოდელირებს კომუტირებადი ფრეიმის გადასვლას გამავალ პორტის ბუფერში. კომუტაციის შესრულებას და ჩანაწერებს გამავალ ბუფერში მიენიჭება ფიქსირებული დროის შეფერხებები.

საწყისი მდგომარეობიდან:

$$\text{Port1 In} - 2^{\wedge}(1,5)+3^{\wedge}(3,9)+2^{\wedge}(7,8);$$

$$\text{Port2 In} - 4^{\wedge}(2,6)+3^{\wedge}(5,7)+5^{\wedge}(8,4);$$

$$\text{Port3 In} - 7^{\wedge}(6,8)+2^{\wedge}(4,3)+3^{\wedge}(9,5)$$

ქსელი გადადის საბოლოო მდგომარეობაში, სადაც ყველა ფრეიმი მდებარეობს გამომავალ პორტის ბუფერში.

$$\text{Port1 Out} - 2^{\wedge}(4,3)+3^{\wedge}(5,7);$$

$$\text{Port2 Out} - 2^{\wedge}(1,5)+7^{\wedge}(6,8)+2^{\wedge}(7,8)+3^{\wedge}(9,5);$$

$$\text{Port3 Out} - 4^{\wedge}(2,6)+3^{\wedge}(3,9)+5^{\wedge}(8,4).$$

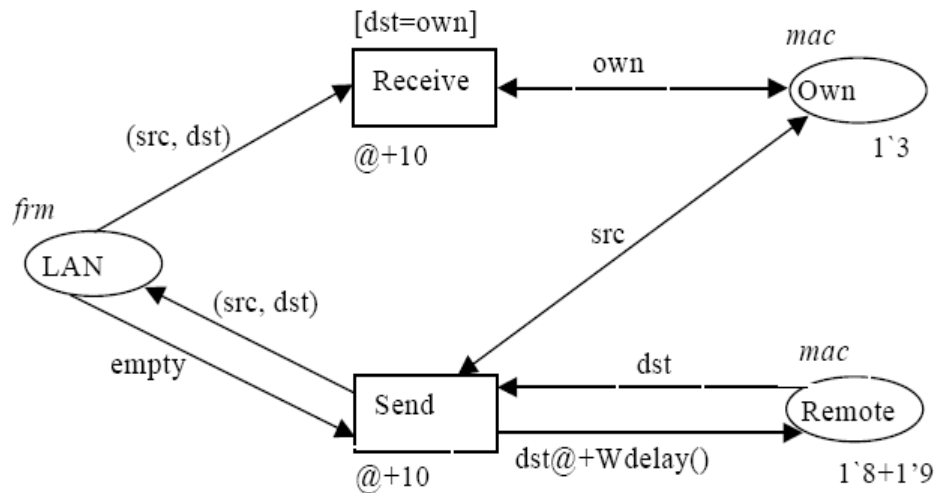
აქედან ძირითადი ბუფერის მაქსიმალური ზომა არ აღემატება რვას. მარკერების გადაადგილების პროცესი შეიძლება განვიხილოთ ინტერაქტიულ რეჟიმში. შესაძლებელია ნაბი-ნაბიჯ იმიტაცია.

3.4 მუშა სადგურების და ლოკალური ქსელის სეგმენტების მოდელები

ფრეიმების ნაკადთა საკვლევეად და ბუფერის ოპტიმალური ამორჩევის ამოცანის გადასაწყვეტად, რომლებიც ლოკალურ ქსელში გადაადგილდებიან, საჭიროა კომუტატორის მოდელი შევავსოთ ტერმინალური მოწყობილობების მოდელებით, რომლებიც ქსელში არიან მიერთებულნი. ლოკალური ქსელის საერთო კომპონირება შესაძლებელია შესრულებული იყოს პოზიციების გაერთიანებით.

ტრაფიკის ფორმირების სხვადასხვაობით განვავსხვავებთ მუშა სადგურებს და სერვერებს. მოდელის მიღებული დეტალიზაციისათვის განვიხილავთ მოთხოვნების პერიოდულ განმეორების დროის ინტერვალს მუშა სადგურებიდან სერვერებამდე. სერვერი მიღებული შეტყობინების საპასუხოდ აგზავნის რამოდენიმე პაკეტს გამომგზავნ

მუშა სადგურის მისამართით. გაგზავნილი პაკეტების რაოდენობა და შეფერხების დრო წარმოდგენენ ერთნაირად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდეები.



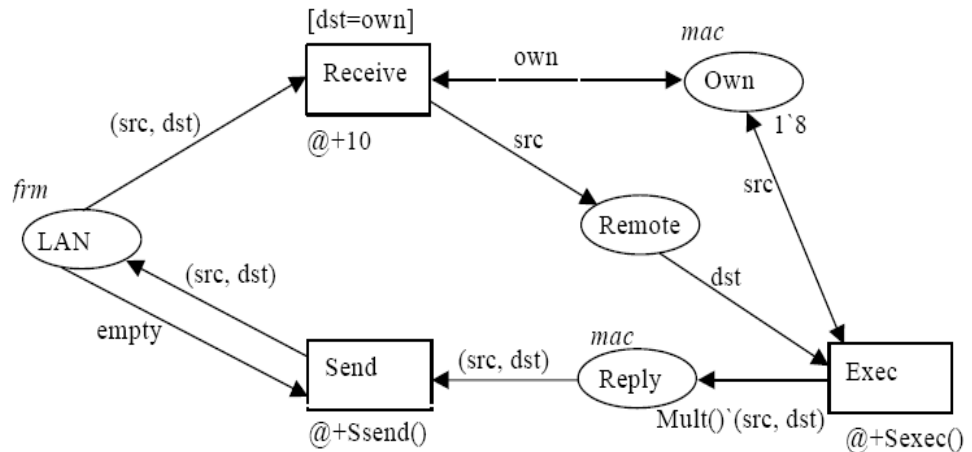
```
color SendDelay = int with 1000..10000 declare ran;
fun Wdelay = ran`SendDelay;
```

ნახ. 3.7 მუშა სადგურის მოდელი

მუშა სადგურის მოდელი მოცემულია ნახ 3.7. პოზიცია LAN ამოდელებს ლოკალური ქსელის სეგმენტს, რომელთანაც მიერთებულია მუშა სადგური. სადგური უსმენს ქსელს გადასვლა Receive საშუალებით, რომელიც ღებულობს ფრეიმებს შესაბამისი მიმღების მისამართით; შესაბამისი მუშა სადგურის მისამართი ინახება პოზიცია Own. მიღებული ფრეიმების დამუშავება წარმოდგენილია მათი უბრალო ჩახშობით. მუშა სადგური პერიოდულად აგზავნის მოთხოვნებს ერთ-ერთ სერვერთან (ორიდან) გადასვლა Send საშუალებით. სერვერის მისამართი ინახება პოზიცია Remote. სერვერის მისამართის გამოყენების შეტყობინების გაგზავნის შემდეგ, ბლოკირდება დროის შემთხვევითი ინტერვალის ფუნქციით MSDelay. ფრეიმის გაგზავნა ხორციელდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ქსელი თავისუფალია. რაც მოდელირდება პოზიცია LAN წვეროების არარსებობის შემოწმებით.

სერვერის მოდელი მოცემულია ნახ 3.8. ქსელის მოსმენა მუშა სადგურის ანალოგიურია. განსხვავება მდგომარეობს იმაში რომ

ფრეიმის გამომგზავნის მისამართი ინახება პოზიცია Remote. გადასვლა Exec ამოდელირებს სერვერის მიერ მუშა სადგურის მოთხოვნის გამოყენებას. მოთხოვნის შესრულების შედეგად გენერირდება საპასუხო პაკეტების შემთხვევითი რაოდენობა, რომელიც ინახება პოზიცია Reply. შემდგომ ეს პაკეტები გადაეცემა ქსელს გადასვლა Send საშუალებით.



```

color SendDelay = int with 100..300 declare ran;
color ExecDelay = int with 1000..2000 declare ran;
color MultReply = int with 10..100 declare ran;
fun Ssend = ran`SendDelay;
fun Sexec = ran`ExecDelay;
fun Mult = ran`MultReply;

```

ნახ 3.8 სერვერის მოდელი

ლოკალური ქსელის საერთო მოელის კომპონირება ხორციელდება მუშა სადგურის LAN პოზიციის გაერთიანებით და სერვერით თითოეული სეგმენტისათვის. კომუტატორის მოდელი ერთიანდება სეგმენტის მოდელთან დამატებითი გადასვლა ReceiveX და SendX საშუალებით, რომელიც ღებულობს ფრეიმებს შემავალ ბუფერში და აგზავნის ფრეიმებს გამავალი ბუფერიდან კომუტატორის პორტის შესაბამისი გამავალი ბუფერიდან. აგებული მოდელი გამოკვლეულია ქსელის დინამიკის იმიტაციურ დინამიკით ინტერაქტიულ და ავტომატურ რეჟიმში. ბუფერის ოპტიმალურ ზომათ არჩეულია წვეროების საშუალო რაოდენობა პოზიცია Buffer.

3.5 Ethernet წარმადობისა და მომსახურების ხარისხის შეფასების მოდელი პეტრის ქსელის საშუალებით

დღესდღეისობით Ethernet ტექნოლოგია ლოკალური ქსელების სფეროში დომინანტურია. უფრო მეტიც, 1 გეგაბიტის და 10 გეგაბიტის სტანდარტები Ethernet-ს უნივერსალურ ქსელურ ტექნოლოგიად აქცევს, ვინაიდან პროვაიდერები ხშირად იყენებენ „Ethernet over DWDM“ გადაწყვეტას მაგისტრალურ ქსელებში. ეფექტური ლოკალური და მაგისტრალური ქსელის აგება მოითხოვს გამტარუნარიანობის და მომსახურების ხარისხის საიმედო შეფასებას. უკანასკნელ პერიოდში პერსპექტიული ხდება სატელეკომუნიკაციო ქსელების და მოწყობილობების მოდელირების მეშვეობით დამუშავება. ეს მეთოდი ეფუძნება ახალი საპროექტო გადაწყვეტილებების პროცესში მახასიათებლების უმოკლეს დროში გამოთვლას, რაც განაპირობებს მიმდინარე კვლევის რელევანტურობას.

ფერადი პეტრის ქსელის [1] და CPN იარაღები [2] წარმატებით გამოიყენება ეზერნეტის [3-5], TCP/IP-MPLS [6] და უსადენო Bluetooth [7] ქსელების მოდელირებაში. ფერადი პეტრის ქსელების მეშვეობით შესაძლებელია არა მხოლოდ სატელეკომუნიკაციო ქსელების მოდელირება, არამედ მათი მახასიათებლების გამოთვლა მოდელირების პროცესში სპეციალური საზომი მონაკვეთების [4,8] მეშვეობით.

აღნიშნული ნაშრომები ძირითადად ეყრდნობა სატელეკომუნიკაციო ქსელების მოდელის აგების მოდულარულ მიდგომას ანუ ქსელის მოდელი შედგება DTE (სამუშაო სადგური, სერვერი) და DCE (სვიჩი, როუტერი) ქვემოდელებისგან, რომლებიც უფრო ადრეა აგებული. ამ მიდგომის ძირითადი ნაკლოვანებები გახლავთ შემდეგი: ქსელის თითოეული ახალი სტრუქტურული სქემისთვის მოდელის ხელახლა აგების აუცილებლობა და პეტრის ქსელის ელემენტების დიდი რაოდენობა, რაც მოდელის აგებისა და ანალიზის პროცესს მკვეთრად აფერხებს.

სვიჩებზე აგებულმა ეზერნეტის პარამეტრულ მოდელს [5] გააჩნია ფიქსირებული სტრუქტურა პირობითი ხისებრი ქსელისთვის. მისი ელემენტებია სვიჩები, სამუშაო სადგურები და სერვერები. ქსელის

სტრუქტურა მატრიცების სახით წარმოდგენილი შემავალი ცვლადია და მისით აღნიშნულია პეტრის ქსელის შესაბამისი ადგილები. ამავედროულად [5]-ში შესწავლილია მხოლოდ პარამეტრული პეტრის მოდელების აგების წესები და მოდელირებული ქსელის მახასიათებლების გამოთვლის პრობლემებზე საუბარი არ არის.

განხილული ნაშრომის მიზანია სვინირებული ეზერნეტის პარამეტრული მოდელის საზომი მონაკვეთების აგება, რათა გამოითვალოს გამტარუნარიანობა (ტრაფიკი), მომსახურების ხარისხი (კადრის მიწოდების დრო) და სვინების შიდა ბუფერების მოცულობა. გარდა ამისა, აგებული მოდელის ადეკვატურობის დადასტურების მიზნით შემუშავებულია ზემოთ აღნიშნული მახასიათებლების გაზომვის მეთოდი რეალური ქსელებისთვის.

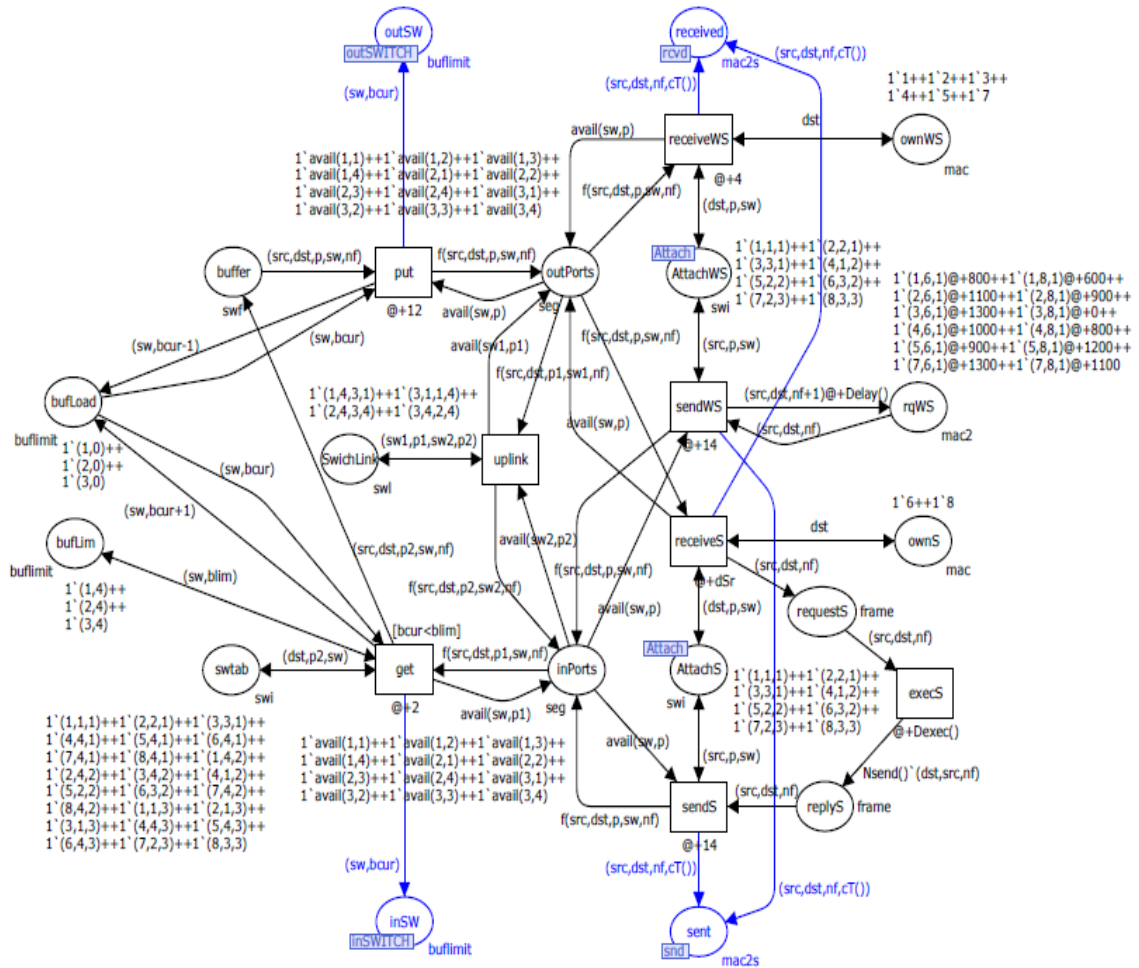
3.6 სვინებზე აგებული Ethernet-ს პარამეტრული მოდელი

[5]-ში 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.3.9-ზე. მოდელში გამოყენებული ფერების (color), ცვლადების (var) და ფუნქციების (fun) ბრძანებები და საზომი მონაკვეთები წარმოდგენილია ნახ.3.10ზე. 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 სვიჩებისთვის. მათი მეშვეობით ხდება მუშაობის სრულდუპლექსიანი 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 swl კორტეჟების მეშვეობით (სვიჩი 1, პორტი 1, სვიჩი 2, პორტი 2). Attach ადგილი აღწერს DTE კავშირს, რომელიც წარმოდგენილია swi კორტეჟების მეშვეობით (მისამართი, პორტი, სვიჩი). ნახ.3.9 გამოსახული ადგილების მარკირება შეესაბამება 3 ნახ.3.11 წარმოდგენილ, სარკინიგზო სადისპეჩერო ცენტრის ლოკალური ქსელის მარკირებას.



ნახ. 3.9 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 სვიჩის 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. 3.9-ზე წარმოდგენილ მოდელში დაყოვნების დრო შეესაბამება 100მეგაბიტი/წმ ეზერნეტს, 1MTU=10მილიწამი, 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.

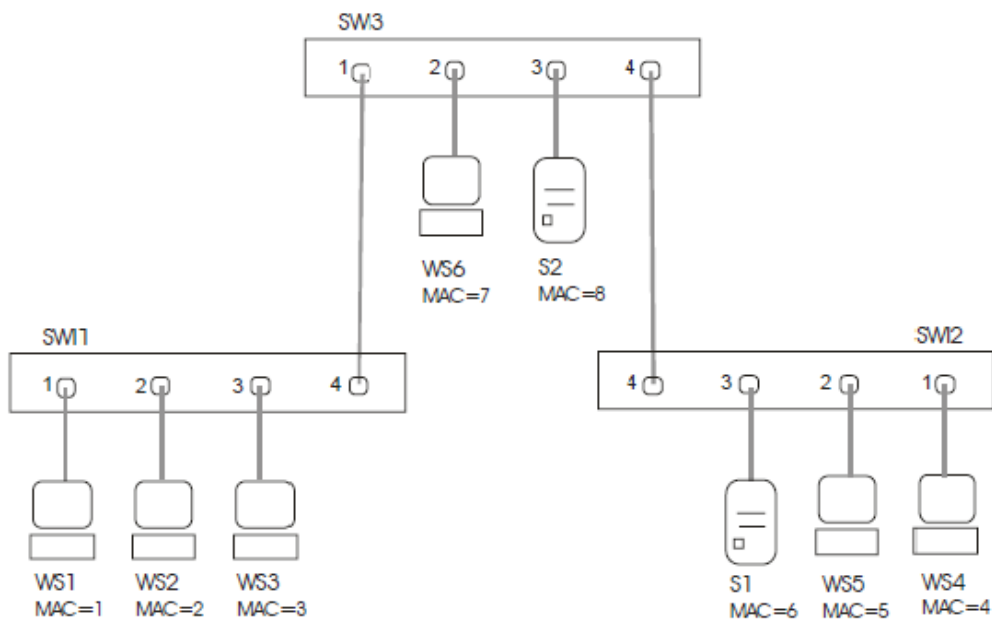
ნახ. 3.9-ზე წარმოდგენილი მოდელი აღწერს ყველა სვინის ფუნქციონირებას კადრების სავალდებულო ბუფერირების და ერთი და იგივე გადაცემის სიჩქარის მქონე პორტების პირობებში. სვინების და სერვერების ბუფერების კადრების შენახვისთვის შემთხვევითი შერჩევის მეთოდია გამოყენებულია. რეალური ქსელების მახასიათებლების შეფასების მიზნით გამოყენებულია მოდელის უფრო რთული ვარიანტები. ბუფერებისთვის რეალიზებულია FIFO დისციპლინის მქონე რიგები. მიღებული კადრის გამომავალ პორტზე გადამისამართებისთვის დამატებულია Direct გადასვლა (თუ რიგი ცარიელია, ხოლო დანიშნულების პორტი – თავისუფალი). დაყოვნების მატრიცები გამოყენებულია სხვადასხვა პორტების გადაცემის სიჩქარეების მოდელირების მიზნით.

აუცილებელია დეტალური აღწერა მოდელის იმ ელემენტებისა, 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 მოწყობილობისთვის და cT() ფუნქციის მეშვეობით მიღებულ დროის ნიშნულს, ინახება sent ადგილზე. ამავედროულად, ტერმინალური მოწყობილობის მიერ კადრის მიღების მომენტში (receiveWS, receiveS გადასვლების მეშვეობით), კადრის სათაურის ასლი ინახება received

ადგილზე. უფრო მეტიც, სვიჩების მიერ მიღებული/გადაცემული კადრების დემპინგი ხდება inSW, outSW ადგილებზე, რომელთა მეშვეობით ხდება სტატისტიკური ქვესისტემის სვიჩების ფუნქციონირების ან შესაბამის პორტებზე მიმავრებული გარე პაკეტების ანალიზატორების მუშაობის მოდელირება. მიმდინარე კვლევაში ისეთი ინფორმაცია, როგორცაა სვიჩის sw ნომერი და სვიჩის მიმდინარე მიმდინარე bcur ზონა, ინახება თითოეული შემავალი/გამომავალი კადრისთვის

<pre> 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; </pre>	<pre> 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) </pre>
--	--

ნახ. 3.10. ფერების, ცვლადების და ფუნქციების ბრძანებები

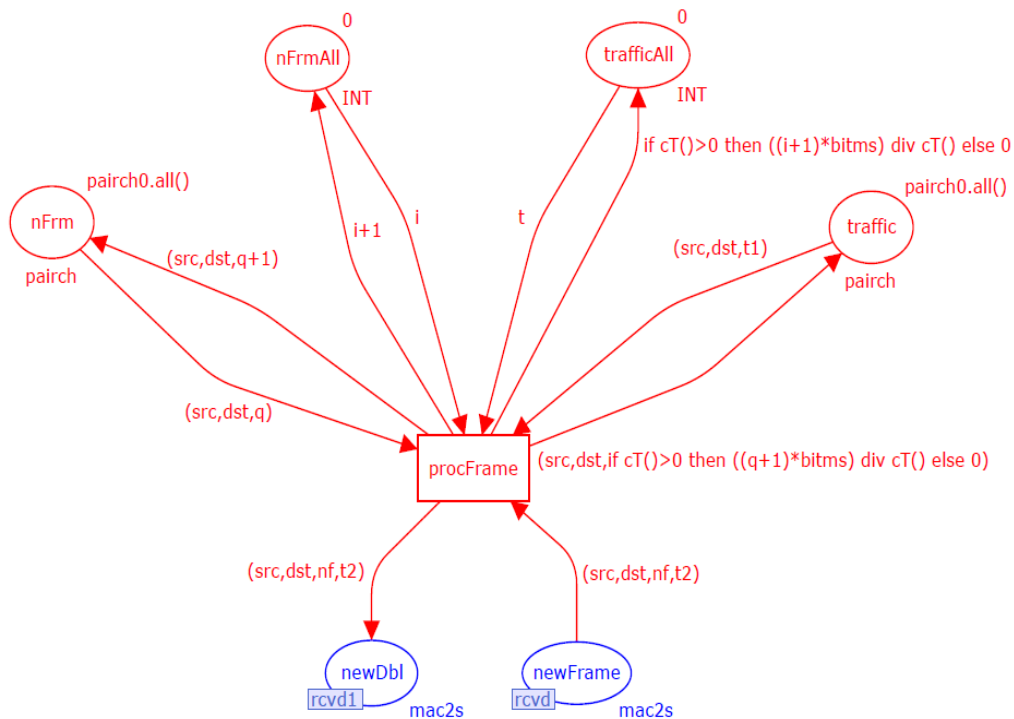


ნახ. 3.11. სვიჩებზე აგებული ქსელის ნიმუში

3.7. 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. 3.9-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. 3.12-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. 3.12. 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 მირებული კადრების რაოდენობის გაყოფით მიმდინარე მოდელურ დროსთან. განზომილების ბიტი/მლწმ-ებში გადაყვანისთვის გამოიყენება მუდმივა bitms. ტრაფიკის გამოთვლის უმარტივესი ფორმულა ასე გამოიყურება:

$$\text{ტრაფიკი} = n/dt$$

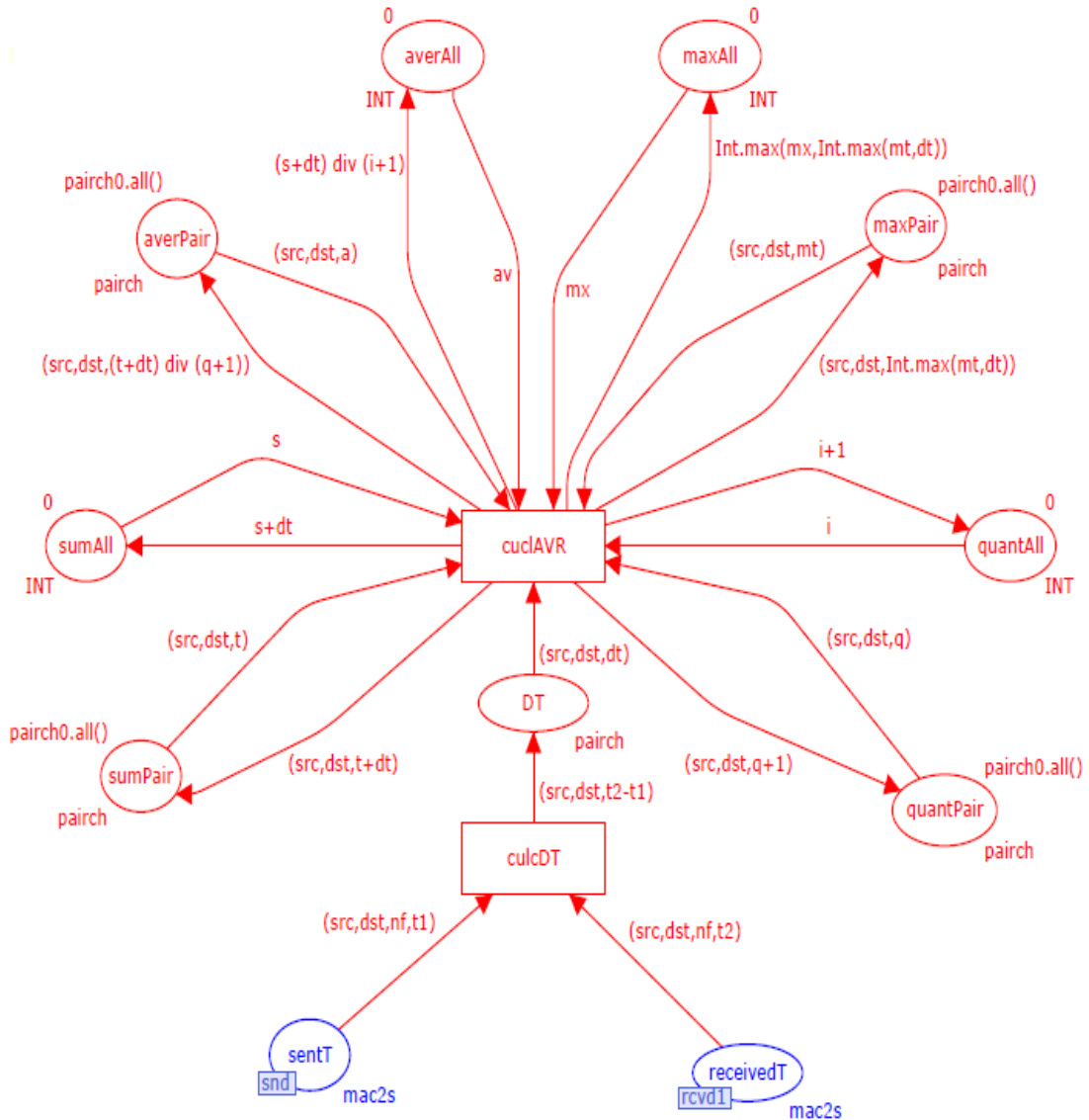
სადაც, n არის მიწოდებული ინფორმაციის რაოდენობა, ხოლო dr – გაზომვის დროითი ინტერვალი.

უმეტეს შემთხვევაში მოწყობილობების 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 მოწყობილობის მიერ მიღებული კადრების სრული რაოდენობის შემნახველი nFrmAll ადგილის შემოტანას.

3.8. კადრის მიწოდების დროის გამოთვლა

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

კადრების მიწოდების დროს გამოთვლის საზომი მონაკვეთი წარმოდგენილია ნახ. 3.13-ზე. `culcDT` გადასვლა ითვლის კადრის მიწოდების `dt` დროს. `culcAVR` გადასვლა იწვევს `sumPair`, `sumAll`, `averPair`, `averAll`, `maxAll`, `maxPair`, `quantAll`, `quantPair` ადგილზე შენახული მახასიათებლების ხელახლა გამოთვლას.



ნახ. 3.13. კადრის მიწოდების დროს გამოთვლა

`sumPair` და `quanPair` ადგილებზე ინახება მიწოდების დროების ჯამი და მიწოდებული კადრების რაოდენობა ტერმინალური მოწყობილობების თითოეული წყვილისთვის. ეს მნიშვნელობები გამოიყენება მოწყობილობების თითოეული წყვილისთვის კადრის მიწოდების საშუალო (`averPair`) და მაქსიმალური (`maxPair`) დროების

დასადგენად. ყურადღება მიაქციეთ, რომ საშუალო მნიშვნელობების გამოთვლისას გამოიყენება ინფორმაცია ახლად მიღებული კადრის შესახებ $((t+dt)\text{div}(q+1))$. მიწოდების საშუალო დრო შემდეგი ფორმულით გამოითვლება:

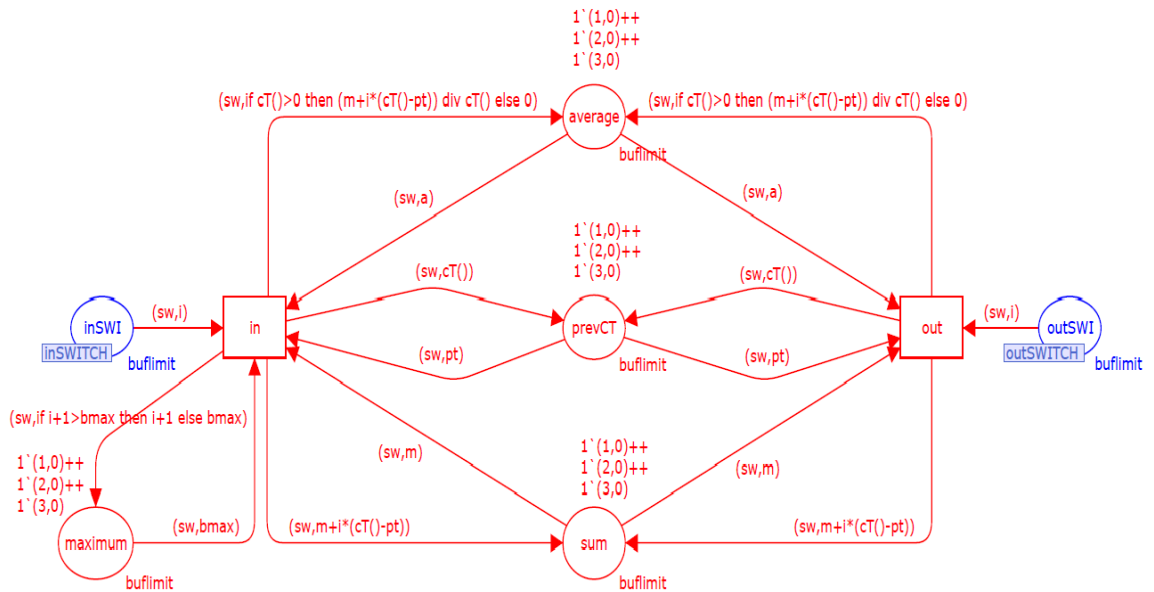
$$\text{adt} = \frac{(dt_1 + dt_2 + \dots + dt_q)}{q}$$

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

3.9 სვიჩის ბუფერის მოცულობის გამოთვლა

აღჭურვილობის არჩევის და სატელეკომუნიკაციო ქსელების მოწყობილობების დაპროექტების პროცესში გადაიჭრება მოწყობილობების ოპტიმალური მახასიათებლების დადგენის პრობლემა. პორტებზე გადაცემის გარკვეული სიჩქარის (მაგალითად, 100 მეგაბიტი/წმ, 1 გეგაბიტი/წმ) მქონე სვიჩებისთვის ასეთი მახასიათებლებია კადრების სვიჩირების საშუალო დრო. ის გამოითვლება დროის ერთეულში დამუშავებული კადრების რაოდენობის შესახებ არსებული ინფორმაციის და სვიჩის შიდა ბუფერის მოცულობის საფუძველზე.

ნახ. 3.14-ზე წარმოდგენილია სვიჩის შიდა ბუფერის მოცულობის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი. პარამეტრული მოდელი (ნახ. 3.9) საშუალებას იძლევა `bufLim` ადგილზე შევინახოთ ბუფერის მოცულობის ლიმიტი. იგივე მოდელი ახდენს სვიჩების მიერ მიღებული და გადაცემული კადრების დემპირებას.



ნახ. 3.14. ბუფერის მოცულობის გამოთვლის საზომი მონაკვეთი

როდესაც სვიჩი კადრს იღებს, სვიჩის ნომერი და მისი ბუფერის მიმდინარე ზომა ინახება inSWI ადგილზე. როდესაც სვიჩი 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 სვიჩის 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 ნულოვან მომენტში იწყება და ამიტომ დროის სრული ინტერვალის სიგრძე ტოლია მიმდინარე მოდელის $cT()$ დროის. მიმდინარე dt_j ინტერვალის გამოთვლის მიზნით ბოლო გაზომვის pt მომენტის მნიშვნელობები ინახება prevCT ადგილზე თითოეულ სვიჩის შემთხვევაში და ვიღებთ $dt_j = cT() - pt$. მრიცხველში წარმოდგენილი ნამრავლების ჯამი ინახება sum ადგილზე თითოეული სვიჩისთვის ცალ-ცალკე.

აგრეთვე შესაძლებელია სხვა საზომი მონაკვეთების აგება. მაგალითად, საზომი მონაკვეთები შეგვიძლია გამოვიყენოთ, რათა გამოვთვალოთ კოლიზიების პროცენტული რაოდენობა ჰაბებზე, გამოყენებითი სისტემების რეაგირების დროების და ა.შ. [4]-ში წარმოდგენილი საზომი მონაკვეთები (ეზერნეტის არაპარამეტრული მოდელებისთვის) 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.

3.10 გამოთვლითი ექსპერიმენტები მოდელზე

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

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.

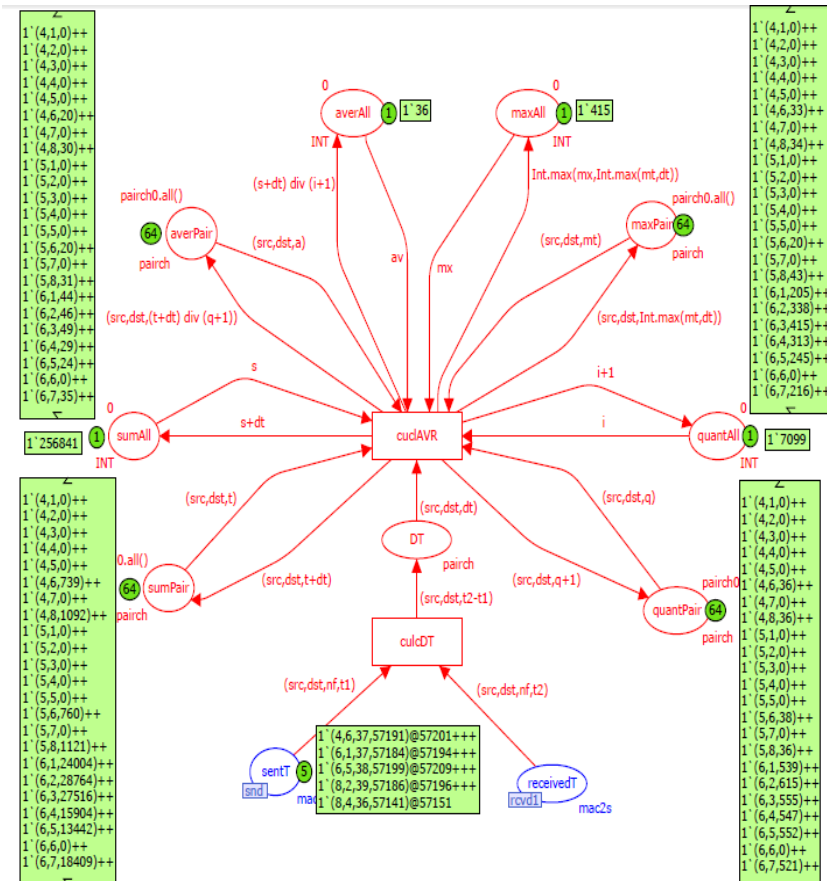
თითოეული dt_i დროის ინტერვალისთვის განხორციელდა არა ნაკლებ 20 ინდივიდუალური ექსპერიმენტი. მოგვიანებით არჩეული ინტერვალში თითოეული მახასიათებლისთვის a_{dt_i} საშუალო და

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 სიხშირე 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 მოდულირება. არასტაბილური მდგომარეობის რეჟიმში რიგების ზრდის საილუსტრაციო ცხრილები მოყვანილია [8]-ში.

სტაბილური მდგომარეობის რეჟიმში გამოითვალა აპარატურული და პროგრამული პარამეტრების კომბინაციების მახასიათებლები, როგორცაა მოთხოვნების სიხშირე, დამუშავების დრო და სვინის შიდა ბუფერის მოცულობა. ნახ. 3.15-ზე ნაჩვენებია მიწოდების დროის გამუტვლის საზომი მონაკვეთის (ნახ. 3.13) მარკირება დროის შუალედში $168009MTU=1,68$.

აქედან გამომდინარე, კადრის მიწოდების საშუალო დროს არის $36MTU=0,36\mu s$, ხოლო მიწოდების მაქსიმალური დროა $415MTU=4,15\mu s$. 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).



ნახ. 3.15. მიწოდების დროის გამოთვლის შედეგები

3.11 რეალური ქსელების მახასიათებლების გამოთვლა

კვლევის ძირითადი პრობლემა გახლავთ მოდელების ადეკვატურობა რეალურ ცხოვრებასთან. მიზანშეწონილია ჩვენს მიერ აღნიშნული მახასიათებლების სიდიდების 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. 3.11-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. 3.16-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. 3.16. 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 კონსულტან უშუალო კავშირისთვის. უფრო მეტიც, ის ითვალისწინებს Telnet-თან და Web-ინტერფეისთან წვდომას ბრძანებების შეტანის მიზნით. სვინის პორტის მდგომარეობის შემოწმება შემდეგი ბრძანებით ხდება:

```
show port [port_number]
```

პორტის რესურსების შემოწმებას შემდეგი ბრძანება სჭირდება:

```
show port capabilities [port_number]
```

პორტის სტატისტიკის შეგროვებელი TopN შემდეგი ბრძანებით გაიშვება:

```
show top [port_number]
```

შეგროვებული სტატისტიკის გამოტანას შემდეგი ბრძანება სჭირდება:

```
show top report [report_number]
```

TopN სერვისის მეშვეობით ხდება შემდეგი ინფორმაციის შეგროვება: პორტის ტევადობა, გაგზავნილი და მიღებული ბაიტების რაოდენობა, შეცდომების რაოდენობა და ბუფერების გაჯერებების რაოდენობა. RMON სისტემა შემდეგი ბრძანებით გაიშვება:

```
set snmp rmon enable
```

RMON სისტემა აგროვებს ინფორმაციას გაგზავნილი და მიღებული ბაიტების რაოდენობის შესახებ და შეცდომების რაოდენობას თითოეული პორტისთვის. გარდა ამისა, აღნიშნულ სისტემას გააჩნია დამატებითი შესაძლებლობები განსაკუთრებულ მოვლენებზე გაფრთხილების თვალსაზრისით.

SPAN სერვისი საშუალებას იძლევა ტრაფიკი შერჩეული პორტიდან სვინის სხვა პორტზე გადაამისამართდეს, რათა განხორციელდეს ანალიზი. მაგალითად, ქვემოთ მოყვანილი ბრძანება nport1 პორტის ტრაფიკს nport2 პორტის ტრაფიკზე გადაამისამართებს:

```
set span [nport1] [nport2]
```

მოწყობილობა, რომელიც კადრებს რაიმე ფაილში ინახავს და შემდეგ აანალიზებს, შეიძლება მიერთდეს შესაბამის პორტთან. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია მივიღოთ ინფორმაცია, რომელიც გავს TCPDump პროგრამით მიღებული კადრების დემოს.

მოდელის ადეკვატურობის შემოწმების მიზნით GID Ural-VNIIZT სისტემით აღჭურვილი სარკინიგზო სადისპეჩეროს ცენტრის (სურ. 3) ლოკალური ქსელის ტერმინალურ მოწყობილობებზე (სამუშაო სადგურებსა და სერვერებზე) დაიწყო კადრების დემო. 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 მოდელის ადეკვატურობას ადასტურებს.

3.12. 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 სრულ დუბლექსურ რეჟიმში და მაშინ, როდესაც ტერმინალური მოწყობილობების წყვილებს შორის გადაცემის აღნიშნული სიჩქარე თანაბარია.

ტრაფიკის ასიმეტრიულობის შემთხვევაში, სვიჩში მოსული კადრის დანიშნულების პორტი შეიძლება უკვე დაკავებული იყოს 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. 3.11) გამოყენება აღწერილ პროცესს კიდევ უფრო ართულებს და ხელს უშლის ანალიტიკურ შეფასებას. აქედან გამომდინარე, კადრების კომუტაციის 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. 3.12, 3.13, 3.14) საფუძველზე შესწავლილი პარამეტრული მოდელის (ნახ. 3.9) შედეგები წარმოდგენილია სარკინიგზო სადისპეჩერ ცენტრის ლოკალური ქსელისთვის (ნახ. 3.11), რა დროსაც არჩეულია სვიჩების და ეზერნეტის ადაპტერების სხვადასხვა სახეობები. მოდელის პარამეტრები გამოთვლილია [8]-ში რეალური აღჭურვილობის მახასიათებლების გათვალისწინებით. ნახ. 3.17.-ზე ნაჩვენებია 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:

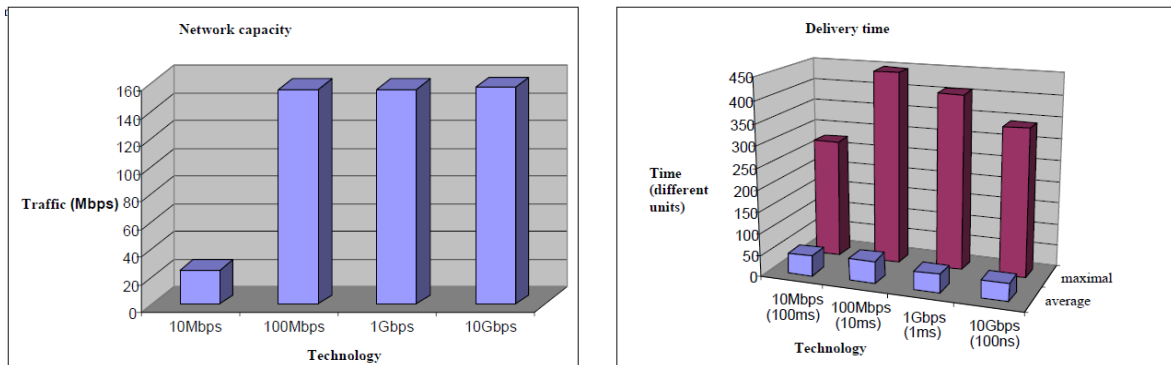
$$\text{ტრაფიკი} = (12 \cdot 16 \cdot 12304) / 0,015 = 1574912000 \text{ ბიტი/წმ} \approx 157 \text{ მეგაბიტი/წმ}$$

თუ გვაქვს არჩეული ტექნოლოგიის გადაცემის სტანდარტული სიჩქარე და მაქსიმალური სიგრძის კადრი, კადრის მიწოდების მინიმალური (იდეალური) დრო არის $1,23 \mu\text{წმ}$ 10 მეგაბიტი/წმ-ის შემთხვევაში, 123მწმ 100 მეგაბიტი/წმ-ის შემთხვევაში და $1,23 \text{მწმ}$ როგორც 1 მეგაბიტი/წმ, ასევე 10 მეგაბიტი/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. 3.17ა-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. 3.17ბ) 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. 3.13, 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. 3.13, ადგილი averALL) გამოთვლებში გამოიყენება.

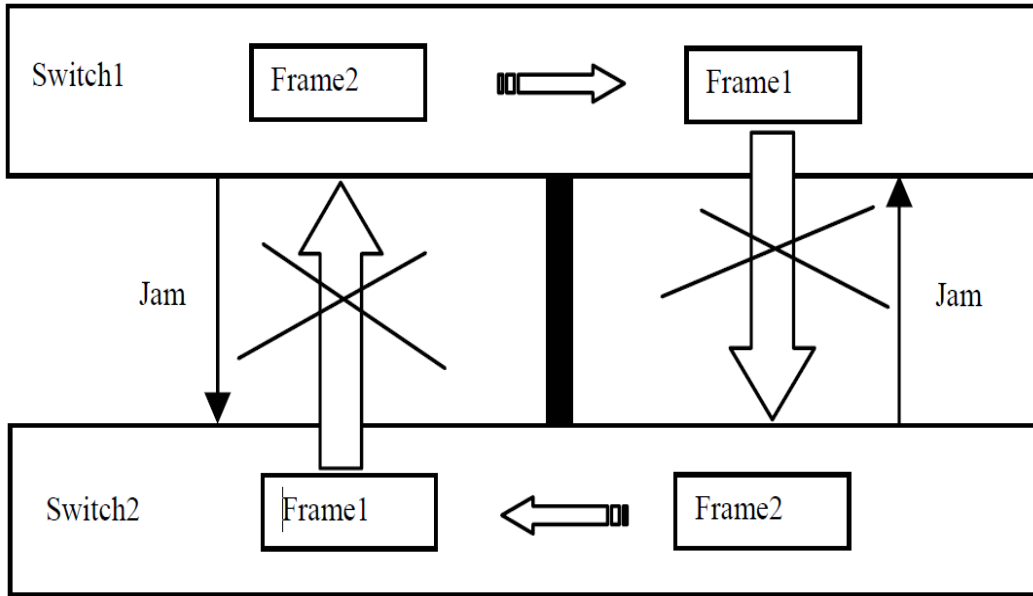


ა) გამტარუნარიანობა

ბ) მიწოდების დრო

ნახ. 3.17 ქსელის მახასიათებლების გამოთვლა

მცირე მოცულობის შიდა ბუფერის მქონე სვინების პირობებში მოდელის შესწავლამ სვინების ურთიერთდაბლოკვის გამომწვევი ანომალია გამოავლინა. აღნიშნულ ანომალიას ადგილი აქვს გარკვეული მოცულობის ბუფერის და ტრაფიკის კონკრეტული მახასიათებლების პირობებში, თუმცა ბუფერის მოცულობის გაზრდა ანომალიის შესაძლებლობას მკვეთრად ამცირებს. სურ. 10-ზე ნაჩვენებია სვინების ურთიერთდაბლოკვის უმარტივესი ვარიანტი, როდესაც ქსელი 2 კადრი მოცულობის მქონე ბუფერიანი ორი სვინისგან შედგება.



ნახ. 3.18. სვიჩების ურთიერთდაბლოკვა

დავუშვათ, Switch1-ზე მოვიდა ორი კადრი და დანიშნულების მისამართია Switch2-ის ტერმინალური მოწყობილობები, ხოლო Switch2-ზე მოვიდა ასევე ორი კადრი და დანიშნულების მისამართია Switch1-ის ტერმინალური მოწყობილობები. აგრეთვე დავუშვათ, რომ თითოეულმა სვიჩმა პირველი კადრის გადაცემა დაიწყო. კადრი ბუფერში არ შეიძლება მოთავსდეს, რის გამოც თითოეული სვიჩი ნაკადის კონტროლის საშუალებებით ხელს უშლის კადრის გადაცემას და ადგილი აქვს სვიჩების ურთიერთდაბლოკვას. აღნიშნული ანომალია არ ხდება გამჭოლი სვიჩების შემთხვევაში, რომლებიც სავალდებულო ბუფერირებას იყენებენ. ამ შემთხვევაში Switch1-ის Frame1-ს Switch2 გადაამისამართებს დანიშნულების ტერმინალური მოწყობილობის სათანადო პორტზე. უფრო მეტიც, რეალურ სვიჩებში კადრების გამოტოვების ოპერაცია ხორციელდება იმ კადრებისთვის, რომელთა შენახვის დრო ლიმიტს აჭარბებს. აქედან გამომდინარე, ურთიერთდაბლოკვა გამორიცხებულია, მაგრამ სვიჩის წარმადობა კადრების გარდაუვალი გამოტოვების გამო მნიშვნელოვნად მცირდება.

თავი 4

კომპიუტერული ქსელების მოდელის დამუშავება

AnyLogic სისტემის საშუალებით

AnyLogic სისტემა კომპანია XJTechnologies-ის (რუსეთი) 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 აბსტრაგირების სხვადასხვა დონეები, სტილები, კონცეფციები და შეაჯეროს ეს ყველაფერი ერთ მოდელში.

4.1 მოდელირების სისტემის კლასიფიკაცია

დისკრეტული მოვლენების მქონე სისტემების მოდელირება. ბაზარზე არსებობს უამრავი პაკეტი, რომელიც აიოლებს დისკრეტულ-მოვლენითი მოდელის შექმნას და მოდელირების ამ ტრადიციულ სფეროში სხვადასხვა მოდელზე ექსპერიმენტების ჩატარებას. პირველ რიგში ასეთი პაკეტი გახლავთ GPSS. ის ჯერ კიდევ 50 წლის წინ

რეკოლუციად იქცა, როდესაც მოდელირების პარადიგმა ბლოკების და ტრანზაქტების სახით წარმოჩინდა. ტრანზაქტები ასახავს მოდელირების დინამიურ ობიექტებს (განცხადებებს), ხოლო ბლოკები – ობიექტებს, რომლებიც აღნიშნული განცხადებებისთვის მუშავენ. მოდელირების სხვა ინსტრუმენტების უმეტესობა (Arena, Extend, ProModel, SimProcess და სხვ.) აღწერილ პარადიგმას აგრეთვე იყენებს.

სისტემური დინამიკა გახლავთ სისტემების შესწავლის და მოდელირების სისტემა. აქ საუბარია სისტემებზე, რომლებსაც ახასიათებს უკუკავშირების ციკლები პარამეტრების რთული მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულებების პირობებში. ამგვარი სისტემები მათემატიკურად აღიწერება კომის ფორმით გადმოცემული დიფერენციალური განტოლებების სისტემებით. ეს მოდელები გამოიყენება კორპორაციის მართვის პოლიტიკის და სოციალური და ეკონომიკური სისტემების მართვის პოლიტიკის კორპორატიული დაგეგმვისა და ანალიზისთვის. ჯეი ფორესტერმა 1961 წელს ჩამოაყალიბა სისტემური დინამიკის მეთოდოლოგიური პრინციპები ცვლადების მიზეზ-შედეგობრივი დამოკიდებულებების ე.წ. „Stock and flow diagrams“ სახით წარმოდგენის მეშვეობით. ამგვარი გრაფიკული წარმოდგენა დღესაც მოდელირების ერთ-ერთი ძირითადი ინსტრუმენტია და მისი მაგალითებია VenSim, PowerSim, Stella, ModelMaker და ა.შ.

დინამიური სისტემები გახლავთ მართვის, ფიზიკური, მექანიკური, სიგნალების დამუშავების და სხვა ასეთი სისტემების მოდელირების სფერო. ამ სფეროში ფართოდ გამოიყენება მოდელირების პაკეტი Simulink, რომელიც გახლავთ Matlab პაკეტის შემადგენელი ნაწილი. ამ პაკეტს გააჩნია წინასწარ განსაზღვრული ბლოკები, რომლიდანაც „drug-and-drop“ მეთოდით იგება ბლოკური სტრუქტურა. აღნიშნული სტრუქტურა გავს 40 წლის წინ დამუშავებული მოდელების ბლოკურ სტრუქტურას, რომლის გადაწყვეტა ხდებოდა ინტეგრატორების, გამამძლიერებლების, ამჯამავების, სიგნალების წყაროების და სხვა ასეთი კომპონენტებისგან აგებულ, ანალოგურ, გამომთვლელ მანქანებზე.

აგენტური მოდელირება. აგენტად ითვლება აქტიური ობიექტი, რომელსაც გარკვეული ქცევა ახასიათებს და რომელსაც შეუძლია სხვა აგენტებთან და გარემოსთან ურთიერთქმედება. მრავალაგენტური

მოდელირება საშუალებას გვაძლევს გარემოში განაწილებული მთლიანობის ცალკეული აქტიური ელემენტების ლოკალური ქცევების და მახასიათებლების ერთობლიობიდან გამოვიყვანოთ მთლიანობის (აგენტების სიმრავლის) მახასიათებლები. მრავალაგენტური სისტემების მოდელირება გამოიყენება სოციალური პროცესების, ურბანიზაციის პროცესების და ბაზარზე სხვადასხვა სოციალური ჯგუფების ან კორპორაციების მიდრეკილებების ანალიზში. ასეთი ჯგუფები და კორპორაციები გარკვეული ქცევების მქონე აგენტებად გვევლინებიან. აღნიშნულ სფეროში მოდელირებას მხარს უჭერს რამდენიმე ექსპერიმენტალური ინსტრუმენტი. მათ შორის ყველაზე ცნობილია სანტა-ფეს უნივერსიტეტში დამუშავებული Swam და ჩიკაგოს უნივერსიტეტში დამუშავებული RePast. ეს აკადემიური ინსტრუმენტები მომხმარებლისთვის წარმოადგენენ პროგრამული მოდულების ბიბლიოთეკებს, რომლებიც ამარტივებენ აგენტური მოდულების დამუშავებას პროგრამირების ენაზე ასეთივე მოდულების „წულიდან“ აგებასთან შედარებით, მაგრამ ისინი პრეტენზიას არ აცხადებენ პროფესიონალი სიმულაციონისტების პროდუქტობაზე.

პროგრამული პროდუქტი AnyLogic დაფუძნებულია ობიექტზე ორიენტირებულ კონცეფციაზე. რთული სისტემების წარმოდგენის ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომა დღესდღეობით რთული ინფორმაციის მართვის საუკეთესო მეთოდია და საშუალებას იძლევა მარტივად და ბუნებრივად განვახორციელოთ რთული სისტემის სტრუქტურის ორგანიზება და წარმოდგენა. ამგვარად, სირთულეების მართვისკენ მიმართული იდეები და მეთოდები, რომლებიც უკანასკნელული ათწლეულის განმავლობაში პროგრამული სისტემების შექმნის სფეროში ჩამოყალიბდა, AnyLogic-ის ფარგლებში მოდულების შემქმნელებს საშუალებას აძლევს მოახდინონ აზროვნების ორგანიზება და დაამუშავონ მოდელი. საბოლოო ჯამში, მოდულების შექმნის პროცესი სწრაფდება და მარტივდება.

AnyLogic-ის კიდევ ერთი საბაზისო კონცეფცია გახლავთ მოდელის წარმოდგენა პარალელურად ფუნქციონირებადი და ურთიერთქმედი აქტივობების სახით. მოდელირების ასეთი მეთოდი უამრავ დანართში ინტუიციურად გასაგები და ბუნებრივია, ვინაიდან

რეალური ცხოვრების სისტემა სხვა ობიექტებთან ურთიერთქმედი აქტივობების ერთობლიობისგან შედგება. AnyLogic-ის აქტიური ობიექტი თვითონაც ფუნქციონირებს და გარემოსთანაც ურთიერთქმედებს. ის შეიძლება შეიცავდეს სხვა აქტიური ობიექტების ნიმუშების ნებისმიერ რაოდენობას. აქტიური ობიექტები შეიძლება დინამიურად შეიქმნას და გაქრეს სისტემის ფუნქციონირების კანონების შესაბამისად. ასე ხდება მოდელირება სოციალური ჯგუფების, კომპანიების პოლდინგების, სატრანსპორტო სისტემების და ა.შ.

მოდელირების გრაფიკული საშუალება AnyLogic მხარს უჭერს მოდელის პროექტირებას, დამუშავებას და დოკუმენტირებას; მოდელზე კომპიუტერული ექსპერიმენტების ჩატარებას და მათ შორის ანალიზის სხვადასხვა სახეობებს მგრძობელობის ანალიზიდან დაწყებული მოდელის პარამეტრების გარკვეულ კრიტერიუმთან მიმართებაში ოპტიმიზაციით დამთავრებული.

AnyLogic მომხმარებელს არ ზღუდავს მოდელირების ერთადერთი პარადიგმით, რაც მოდელირების ბაზარზე დღესდღეობით არსებულ თითქმის ყველა ინსტრუმენტს ახასიათებს. მოდელის შექმნელს AnyLogic-ში შეუძლია აბსტრაგირების სხვადასხვა დონეების, სტილების და კონცეფციების გამოყენება; ამა თუ იმ პარადიგმის ფარგლებში მოდელის აგება; ბიბლიოთეკაში შეგროვებული პარადიგმების შერევა ერთი და იმავე მოდელის აგებისას; ადრე დამუშავებული მოდულების გამოყენება; მოდულების საკუთარი ბიბლიოთეკების შექმნა და უკვე შექმნილი ბიბლიოთეკების შევსება. AnyLogic-ში მოდელის დამუშავებისას შესაძლებელია მოდელირების რამდენიმე „კლასიკური“ მეთოდის კონცეფციების და საშუალებების გამოყენება. მაგალითად, შესაძლებელია აგენტურ მოდელში გამოვიყენოთ სისტემური დინამიკის მეთოდები გარემოს მდგომარეობის ცვლილების წარმოდგენისთვის ან დინამიური სისტემის უწყვეტ მოდელში გავითვალისწინოთ დისკრეტული მოვლენები. ამ ყველაფრის კარგი მაგალითია კომპანიის IT-ინფრასტრუქტურის ანალიზი (სერვერების წარმადობის, ლოკალური ქსელის ვიწრო კვანძების და ა.შ. ანალიზი). ამგვარი ანალიზი იოლად ხორციელდება დისკრეტულ-მოვლენითი მოდელირების მეთოდების დახმარებით, თუმცა აღნიშნულ

მეთოდებს ცოტა სარგებელი აქვს, თუ მოდელში ასახული არ არის IT-ინფრასტრუქტურის პარამეტრების შესაძლო ცვლილებების გავლენა ბიზნეს-პროცესებზე და საბოლოო ჯამში, კომპანიის შემოსავალზე. აღწერილი კავშირების მოდელში ასახვა მხოლოდ დისკრეტულ-მოვლენითი მოდელირების საშუალებებით შეუძლებელია. AnyLogic-ში ასეთი მოდელები იოლად იგება და მათ ადეკვატურობის საჭირო დონე ახასიათებთ, რაც მკვლევარისთვის საინტერესო მრავალ კითხვაზე პასუხის გაცემის საშუალებას იძლევა. ანიმაციის და შედეგების ვიზუალური წარმოდგენის მდიდარი შესაძლებლობები მოდელის დამუშავების პროცესში საშუალებას გვაძლევს ჩავწედეთ მოდელირებად სისტემაში მიმდინარე პროცესების არსს.

AnyLogic-ის მოსახერხებელი ინტერფეისი და მოდელის დამუშავების მრავალრიცხოვანი საშუალებები კომპიუტერული იმიტაციური მოდელის გამოყენებას და შექმნას დამწყები მომხმარებლისთვისაც ხელმისაწვდომს ხდის.

4.2 იმიტაციური მოდელირების ეტაპები AnyLogic-ში

იმიტაციური მოდელირება ორი უმთავრესი ეტაპისგან შედგება: მოდელის შექმნა და მოდელიდან მიღებული შედეგების ანალიზი გადაწყვეტილებების მიღების მიზნით.

თუ დეტალურად განვიხილავთ, ნამდვილად სასარგებლო იმიტაციური მოდელის აგება დიდ ძალისხმევას ითხოვს. მოდელის შემქმნელი თავდაპირველად ადგენს, რა ამოცანებს გადაწყვეტს აგებული მოდელი ანუ ნებისმიერი ფორმის მოდელირებას წინ უნდა უსწრებდეს მოდელირების მიზნები. მიზანზე და მოკიდებული რეალური სისტემების რა პროცესები გამოიყოფა და აისახება მოდელში, რა პროცესების აბსტრაგირება მოხდება, აღნიშნული პროცესების რა მახასიათებლების გათვალისწინებაა აუცილებელი, მოდელის ცვლადებსა და პარამეტრებს შორის არსებული რა კავშირები აისახება მოდელში და სხვ. აღწერილ ეტაპს შეგვიძლია ვუწოდოთ კონცეპტუალური (შინაარსობრივი) მოდელის შექმნა. ამ ეტაპზე

მიმდინარეობს მოდელის სტრუქტურის ანუ ცალკეული ქვესისტემების გამოყენება, მოდელის ელემენტარული კომპონენტების და მათი კავშირების განსაზღვა იერარქიის თითოეულ დონეზე.

იმიტაციურ მოდელირებაში მოდელის სტრუქტურა მოდელირების რეალური ობიექტის სტრუქტურას ასახავს აბტრაქციის გარკვეულ დონეზე, ხოლო მოდელის კომპონენტებს შორის არსებული კავშირები რეალური კავშირების ანარეკლებია. სისტემის ელემენტები, მათი კავშირები, ცვლადები, პარამეტრები, მათი თანაფარდობები და ცვალებადობის კანონები აუცილებელია გამოსახოს მოდელირების საშუალებებით. ეს ნიშნავს, რომ მოდელირების არეალში აუცილებელია განისაზღვროს მოდელის ცვლადები და პარამეტრები, შეიქმნას მოდელის ცვლადების და მახასიათებლების დროში ცვლილების გამოთვლის პროცედურები.

თუ მოდელში მიმდინარე პროცესების უკეთესად გააზრებაა საჭირო, აუცილებელია აღნიშნული პროცესების ანიმაციური წარმოდგენა.

მოგვიანებით აგებული მოდელი მოწმდება რეალიზაციის კორექტულობაზე.

შემდგომი ეტაპი მოდელის დაკალიბრება ანუ იდენტიფიკაციაა. ეს ნიშნავს, რომ რეალური სისტემის მახასიათებლებზე მონაცემების შეგროვებას და გაზომვების ჩატარებას. აქ საუბარია მახასიათებლებზე, რომლებიც მოდელში პარამეტრების მნიშვნელობების და შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების სახით შედიან.

შემდგომში აუცილებელია მოდელის სისწორის შემოწმება (ვალიდაცია), რისთვისაც მოდელის გამოსასვლელი რამდენიმე ტესტურ რეჟიმში მოწმდება. აღნიშნულ რეჟიმებში რეალური სისტემის ქცევის მახასიათებლები ცნობილია ან ნათელია. მოდელზე მუშაობის უკანასკნელი ეტაპი კომპიუტერული ექსპერიმენტია ანუ სწორედ ის, რის გამოც შეიქმნა მოდელი.

უმარტივეს შემთხვევაში ექსპერიმენტი არსებული პარამეტრების (ფაქტორების) სხვადასხვა მნიშვნელობებზე მოდელის შესრულება და მის ქცევაზე დაკვირვებაა, რასაც თან ახლავს ქცევის მახასიათებლების რეგისტრაცია. მოდელის გამოყენების ამ ფორმას პროგნოზი ან „რა

იქნება, თუ...“ ტიპის ექსპერიმენტი ეწოდება. კომპიუტერული მოდელირება არა მხოლოდ პროგნოზირების, არამედ სისტემაზე მოხდენილი მმართველი გავლენის დადგენის საშუალებას გვაძლევს, რაც მოვლენების მაქსიმალურად სასურველ განვითარებას განაპირობებს. შედარებით რთული ექსპერიმენტი მოდელის მგრძობელობის გაანალიზების, მმართველი გადაწყვეტილებების სხვადასხვა ვარიანტების რისკების შეფასების და ოპტიმიზაციის საშუალებას გვაძლევს. ოპტიმიზაციის მიზანი მოდელის რაციონალური ფუნქციონირების პარამეტრების და პირობების დადგენაა.

ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი საკითხი მოდელირების შედეგების წარმოდგენა და ანალიზია. ამისთვის გამოიყენება სტატისტიკური ინფორმაციის დამუშავების და მიღებული მონაცემების სტრუქტურირებული ან გრაფიკული სახით წარმოდგენის სპეციალური საშუალებები, გარე მონაცემთა ბაზებთან ინტეგრირება და სხვ. ცხრილი.4.1

ცხრილი.4.1 მოდელირების შედეგების წარმოდგენა და ანალიზი

№	ეტაპის სახელწოდება	შედეგი
1	სისტემის ანალიზი	სისტემაში მიმდინარე და ანალიზს დაქვემდებარებული მოვლენების, სისტემის სტრუქტურის და მასში მიმდინარე პროცესების გააზრება
2	სისტემის მოდელირების მიზნების ფორმულირება	სამომავლო მოდელის დახმარებით გადასაწყვეტი ამოცანების სია. მოდელის შემავალი და გამომავალი პარამეტრების სია. შემავალი მონაცემების სია. შემდგომი კვლევის დასრულებულობის კრიტერიუმები
3	მოდელის კონცეპტუალური სტრუქტურის დამუშავება	მოდელის სტრუქტურა, მოდელში გამოსახვადი და არსებითი პროცესების შემადგენლობა, მოდელის თითოეული ქვესისტემის აბტრაქციის დაფიქსირებული ხარისხი (დაშვებების სია), ქვესისტემების მმართველი ლოგიკის აღწერა

4	მოდელირების არეალში მოდელის რეალიზაცია	რეალიზებული ქვესისტემები, მათი პარამეტრები და ცვლადები, მათი ქცევა, რეალიზებული ლოგიკა და ქვესისტემების კავშირები
5	მოდელის ანიმაციური წარმოდგენის რეალიზაცია	მოდელის ანიმაციური წარმოდგენა, მომხმარებლის ინტერფეისი
6	მოდელის რეალიზაციის კორექტულობის შემოწმება	დადასტურება, რომ მოდელი რეალური სისტემის გასაანალიზებელ პროცესებს კორექტულად გამოსახავს
7	მოდელის დაკალიბრება	პარამეტრების და განტოლებების კოეფიციენტების ფიქსირება; შემთხვევითი სიდიდეების განსაზღვრა. აკ საუბარია იმ სიტუაციების ამსახველ სიდიდეებზე, რომელთა ანალიზისთვის მოდელი გამოიყენება
8	კომპიუტერული ექსპერიმენტების დაგეგმვა და განხორციელება	მოდელირების შედეგები – გრაფიკები, ცხრილები და ა.შ. ისინი დასმულ კითხვებზე პასუხებს გვაძლევენ

ცხრილი 4.1. კომპიუტერული მოდელირების ეტაპები

იმიტაციური მოდელი ხშირად გადაწყვეტილების მიღების მოზრდილი სისტემის მოდულის სახით გამოიყენება. აღნიშნული სისტემა რეალური დროის რეჟიმში მართვადი სისტემის მდგომარეობის მონიტორინგის და მიმდინარე სიტუაციების მოსალოდნელი შედეგების შესახებ ინფორმაციას იღებს და ოპტიმალურ (ან უბრალოდ რაციონალურ) მმართველ გადაწყვეტილებას გვთავაზობს, რომლის დანიშნულებაცაა სისტემის სამომავლო განვითარების უარყოფითი შედეგების მინიზაცია. ამისთვის აუცილებელია მოდელის სხვა საინფორმაციო სისტემებთან გაერთიანება და მომხმარებლის სპეციალური ინტერფეისის დამუშავება

4.3. AnyLogic-ის მიერ რეალიზებული ძირითადი კონცეფციები

იმიტაციური მოდელირების ორი ეტაპი. AnyLogic-ში იმიტაციური მოდელირების ორი ეტაპი – მოდელის დამუშავება და მისი ანალიზი, ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდება. მოდელის დამუშავება AnyLogic-ის რედაქტორით ხდება, ხოლო მოდელის ანალიზს შესრულების არეალი ეთმობა. თითოეულ ეტაპზე მართვის საკუთარი საშუალებები არსებობს. ერთი ეტაპიდან მეორეზე გადასვლა ძალიან მარტივია. მოდელის დამუშავებისას რედაქტირების და შესრულების ეტაპებს შორის გადასვლა მრავალჯერადად არის შესაძლებელი.

აქტიური ობიექტები, კლასები და აქტიური ობიექტების ნიმუშები. კლასი პროგრამირებაში მნიშვნელოვანი მექანიზმია, რომელიც რთული სისტემის სტრუქტურირების საშუალებას იძლევა. კლასი განსაზღვრავს შაბლონს, რომლის შესაბამისად კლასის ცალკეული ნიმუშები იგება. აღნიშნული ნიმუშები შეგვიძლია განვსაზღვროთ, როგორც სხვა აქტიური ობიექტების ობიექტი.

AnyLogic-ში მოდელის შექმნისას ძირითადი სტრუქტურული ბლოკი აქტიური ობიექტების კლასია. აქტიური ობიექტის გამოყენება რთული სისტემების მოდელის სტრუქტურირების ბუნებრივი საშუალებაა – სამყაროც ხომ პარალელურად ფუნქციონირებადი და ურთიერთქმედი არსებისგან შედგება. აღნიშნული არსების განსხვავებული სახეობები წარმოადგენენ სხვადასხვა აქტიურ ობიექტებს.

AnyLogic-ში მოდელის აგებისთვის აუცილებელია აქტიური ობიექტების კლასების შექმნა (ან AnyLogic-ის ბიბლიოთეკის ობიექტების გამოყენება). აქტიურ ობიექტს განსაზღვრავს შაბლონი, ხოლო ამ შაბლონის (აქტიური ობიექტების ნიმუშების) შესაბამისად აგებული ობიექტები სხვა აქტიური ობიექტების ელემენტებად შეგვიძლია გამოვიყენოთ. ნებისმიერ კლასში შეიძლება მოხვდეს სხვა კლასების რამდენიმე ნიმუში, რომელთა პარამეტრები განსხვავებულია. მოდელში ერთი კლასი ყოველთვის საბაზისოა. მისთვის AnyLogic მოდელში იქმნება ერთი ნიმუში წინასწარ განსაზღვრული

სახელწოდებით root და ის გაიშვება AnyLogic-ის შემსრულებელ სისტემაში. საბაზისო აქტიური ობიექტის კლასის სახელწოდება მისი მახასიათებლების ფანჯარაში იცვლება.

თითოეულ აქტიურ ობიექტს გააჩნია სტრუქტურა (მასში შესული აქტიური ობიექტების და მათი ურთიერთკავშირების სიმრავლე) და ქცევა, რომელიც ცვლადების, პარამეტრების, სთეითჩართების და სხვა ასეთების მეშვეობით განისაზღვრება. აქტიური ობიექტის თითოეულ ნიმუშს მოქმედ მოდელში ახასიათებს საკუთარი ქცევა. მას შეიძლება ჰქონდეს პარამეტრების საკუთარი მნიშვნელობა და ფუნქციონირებს სხვა ობიექტებისგან დამოუკიდებლად, თუმცა მათთან და გარემოსთან ურთიერთქმედებს.

ობიექტზე ორიენტირებული მიდგომა. AnyLogic რთული სისტემების წარმოდგენისთვის იყენებს ობიექტზე ორიენტირებულ მიდგომას. აღნიშნული მიდგომა საშუალებას იძლევა რთული სისტემის სტრუქტურა აბსტრაქციების იერარქიების საშუალებით მარტივად და ბუნებრივად წარმოვადგინოთ. მაგალითად, აბსტრაქციის გარკვეულ დონეზე ავტომობილი შეიძლება ჩაითვალოს გარკვეულ ერთიან ობიექტად, თუმცა თუ უფრო დეტალურად განვიხილავთ, ავტომობილი ურთიერთქმედი ქვესისტემების ერთობლიობა აღმოჩნდება. ასეთი ქვესისტემებია ძრავი, საჭე, სამუხრუჭე სისტემა და ა.შ. თითოეული ქვესისტემა აუცილებლობის შემთხვევაში წარმოდგინდება ურთიერთქმედი ქვესისტემების საკუთარი სტრუქტურით.

AnyLogic-ი მოდულების დამუშავებისას აბსტრაქციების სწორედ ასეთი იერარქიის შექმნის საშუალებას იძლევა. მთელი მოდელი შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ერთი root ობიექტი. დეტალური განხილვისას აშკარაა, რომ აღნიშნული ობიექტი მაგალითად შეიძლება მოიცავდეს MyClass კლასის ორ ნიმუშს, სახელწოდებით myClass და myClass1. თვით MyClass კლასს შეიძლება ჰქონდეს რთული აგებულება, რომელიც დაფარული იქნება Root კლასში.

მოდელის ვიზუალური დამუშავება. AnyLogic გარემოში მოდელის აგებისას სხვა საშუალებების გამოყენების შესაძლებლობა არ არსებობს ვიზუალური დამუშავების საშუალებების (სთეითჩარტის მდგომარეობების და გადასვლების შეტანა, პიქტოგრაფული ცვლადების

შეტანა და ა.შ), პარამეტრების რიცხოვრივი მნიშვნელობების მითითების, ცვლადების თანაფარდობების ანალიტიკური ჩანაწერების და მოვლენების დადგომის პირობების ანალიტიკური ჩანაწერების გარდა. AnyLogic-ში მოდელის დამუშავებისას ძირითადი პარადიგმა ვიზუალური პროექტირება ანუ გრაფიკული ობიექტებისა და პიქტოგრამების დახმარებით სტრუქტურის იერარქიის და აქტიური ობიექტების ქცევის აგებაა.

ჩაშენებული ენა Java. AnyLogic გახლავთ Java ენის ზედდებული პროგრამა. Java – ეს არის პროგრამირების ობიექტზე ორიენტირებული თანამედროვე ენებიდან ერთ-ერთი ყველაზე დიდი შესაძლებლობების და ამავე დროს მარტივი. AnyLogic-ში მოდელის დამუშავების მომხმარებლის მიერ განსაზღვრული ყველა ობიექტი Java ენის კონსტრუქციებზე ითარგმნება, ხოლო შემდეგ მთელი პროგრამის კომპილაცია ხდება.

AnyLogic-ში მოდელის აგებისას მოდელის შემოქმედი Java ენის კონსტრუქციებს ამა თუ იმ ხარისხით იყენებს, მაგრამ ის არასდროს ქმნის სრულ პროგრამებს, არ აპროგრამებს და მხოლოდ კოდის ფრაგმენტებს სვამს ფანჯარა „კოდის“ სპეციალურად ამისთვის გათვალისწინებულ მინდვრებში და მოდელის ობიექტების მახასიათებლების ფანჯარაში. აღნიშნული ფრაგმენტები მოდელის კონკრეტული საფეხურების ან მოქმედებების ლოგიკას გამოხატავს. ისევე როგორც მოდელში ჩართული ყველა პროგრამული ფრაგმენტი, აღწერილი გამოსახულებებიც აუცილებლად უნდა იყოს Java-ს სინტაქსურად სწორი კონსტრუქციები, რის გამოც AnyLogic მოდელის შემქმნელს გარკვეული წარმოდგენა უნდა ჰქონდეს პროგრამირების ამ ენაზე.

ობიექტების ქცევის აღწერის საშუალებები. AnyLogic-ში ობიექტების ქცევის მახასიათებლების აღწერის ძირითადი საშუალებები გახლავთ ცვლადები, ტაიმერები და სთეითნარტები. ცვლადები ობიექტის ცვალებად მახასიათებლებს ასახავს. ტაიმერები შეგვიძლია დავაწესოთ დროის გარკვეული შუალედისთვის და ამ შუალედის გასვლის შემდეგ შევასრულოთ მოცემული მოქმედება. სთეითნარტები საშუალებას გაძლევს ობიექტის დროში ქცევა ვიზუალურად

წარმოვიდგინოთ გარკვეული მოვლენებისა და პირობების გათვალისწინებით. სთვითხარტები მდგომარეობების და მათ შორის გადასვლების გრაფიკული გამოსახულებები. AnyLogic მოდელის ობიექტების ქცევის ნებისმიერი რთული ლოგიკა შეიძლება გამოისახოს სთვითხარტების, დიფერენციალური და ალგებრული განტოლებები, ტაიმერების და Java-ს პროგრამული კოდის მეშვეობით. ალგებრული და დიფერენციალური განტოლებები, ისევე როგორც ლოგიკური გამოსახულებები, AnyLogic-ში ანალიტიკურად ჩაიწერება.

რამდენიმე პარალელურად მიმდინარე პროცესის იმიტაცია. AnyLogic მოდელში პარალელურად მიმდინარე პროცესების ნებისმიერი რაოდენობის ინტერპრეტაცია მომხმარებლისთვის დაფარულია. AnyLogic მოდელის შემქმნელი მოვლენების კალენდარს არ აწარმოებს, ხოლო მოდელით განსაზღვრული ნებისმიერი პროცესის მოვლენების კონტროლს სისტემა ავტომატურად ანხორციელებს. ინტერპრეტაციების კვაზიპარალელიზმის ორგანიზებისთვის მოდელის შემოქმედი ძალისხმევას არ ხარჯავს.

მოდელური და რეალური დრო. იმიტაციური მოდელირების სისტემებში მოდელური დროის ცნება საკვანძოა. მოდელური დრო გახლავთ პირობითი ლოგიკური დრო, რომლის ერთეულებში განსაზღვრულია მოდელის ყველა ობიექტის ქცევა.

AnyLogic მოდელებში მოდელური დრო უწყვეტად იცვლება, როდესაც ობიექტების ქცევა დიფერენციალური განტოლებებით აღიწერება, ხოლო დისკრეტულ ცვლილებას ადგილი აქვს, როდესაც ერთი მოვლენის დადგომის მომენტიდან შემდგომი მოვლენის დადგომის მომენტზე გადასვლა ხდება და მოდელში მხოლოდ დისკრეტული მოვლენები მიმდინარეობს. შემსრულებელი სისტემა დისკრეტულ მოდელში ყველა დაგეგმილი მოვლენის დადგომის მომენტს ე.წ. მოვლენათა კალენდარში ინახავს და ამ მოვლენებიდან ყველაზე ადრე მომხდარს ირჩევს, რათა მასთან დაკავშირებული მოქმედება შესრულდეს. AnyLogic მოდელებში მიმდინარე დროის მნიშვნელობა `getTime ()` ფუნქციის გამოყენებით მიიღება.

მოდელის შემქმნელს მოდელური დროის ერთეულის ინტერპრეტაცია დროის ნებისმიერი მონაკვეთის სახით შეუძლია, იქნება ეს

წამი, წუთი, საათი თუ წელიწადი. ერთადერთი მნიშვნელოვანია, რომ დროზე დამოკიდებული ყველა პროცესი ერთი და იგივე დროის ერთეულში გამოისახოს. ფიზიკური პროცესების მოდელირებისას ყველა პარამეტრი და განტოლება ფიზიკური სიდიდეების ერთი და იგივე სისტემით გამოისახება. მაგალითად, ყველა ფიზიკური სიდიდე გამოისახება „სი“ სისტემის ერთეულებით, რომელშიც დროის ერთეული წამია, ხოლო სიგრძისა – მეტრი.

მოდელის ინტერპრეტაცია კომპიუტერზე ხდება. პროცესორის მიერ მოქმედებების იმიტაციაზე დახარჯული დრო მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული; აქ საუბარია მოქმედებებზე, რომლებიც მოდელში მოდელური დროის ერთ ერთეულში სრულდება. აქედან გამომდინარე, ფიზიკური და მოდელური დროის ერთეულები არ ემთხვევა.

AnyLogic-ში მიღებულია მოდელების შესრულების ორი რეჟიმი: ვირტუალური დროის რეჟიმი და რეალური დროის რეჟიმი. ვირტუალური დროის რეჟიმში პროცესორი მაქსიმალური სიჩქარით მუშაობს და ფიზიკურ დროზე მიბმული არ არის. ეს რეჟიმი გამოიყენება მოდელის ფაქტორული ანალიზისას, სტატისტიკის შეგროვებისას, მოდელის პარამეტრების ოპტიმიზაციისას და ა.შ. ვინაიდან ანიმაცია და მოდელის ქცევაზე დაკვირვების სხვა ფანჯრები, როგორც წესი, კომპიუტერის წარმადობას მნიშვნელოვნად ამცირებს, მოდელის შესრულების სისწრაფის ამალღებისთვის ზემოთ აღნიშნული ფანჯრები უნდა დაიხუროს.

რეალური დროის რეჟიმში მომხმარებელი მოდელური დროის ფიზიკურ დროსთან კავშირს მიუთითებს ანუ პროცესორის მუშაობის სიჩქარეს მოდელის შესრულების პროცესში ზღუდავს. აღნიშნულ რეჟიმში მიეთითება მოდელური დროის ერთეულების რაოდენობა, რაც პროცესორმა ერთ წამში უნდა შეასრულოს. როგორც წესი, ეს რეჟიმი ირთვება, რათა სისტემის ფუნქციონირება მოვლენების დადგომის რეალურ ტემპში ვიზუალურად აისახოს და მოდელში მიმდინარე პროცესების არსს ჩავწვდეთ.

ფიზიკური და მოდელური დროის თანაფარდობა რეალური დროის რეჟიმში შემდეგი მაგალითიდან ირკვევა. თუ აჩქარების კოეფიციენტი 4, პროცესორი ყველა ოპერაციის შესრულებას 1 წამზე ნაკლებ

დროში ასწრებს და ოპერაციები მოდელური დროის ოთხ ერთეულზეა განაწილებული, პროცესორი წამის დასასრულამდე დაიცდის. თუ პროცესორი ამის გაკეთებას ვერ ასწრებს, მას არ ექნება მოლოდინის ინტერვალი და აჩქარების კოეფიციენტი მომხმარებლის მიერ მითითებულზე ნაკლები იქნება.

მოდელის ქცევის ანიმაცია. AnyLogic-ში მოდელის ანიმაციური წარმოდგენის მოსახერხებელი საშუალებების დახმარებით მოდელირებადი სისტემის ფუნქციონირება ცოცხალი, დინამიური ანიმაციის სახით გამოისახება, რაც რთული სისტემის ქცევის „დანახვის“ საშუალებას იძლევა.

ანიმაციის საშუალებების დახმარებით მომხმარებელი ვირტუალურ სამყაროს (გრაფიკული სახეების, ცოცხალი მნემოსქემის და სხვ.) იოლად ქმნის. ვირტუალური სამყარო მოდელის დინამიური პარამეტრებით იმართება, ხოლო პარამეტრები დამოკიდებულია კანონებზე, რომლებსაც მომხმარებელი განტოლებების და მოდელირებადი ობიექტების ლოგიკის საფუძველზე ადგენს. სისტემის ქცევის ვიზუალური წარმოდგენა მომხმარებელს სისტემაში მიმდინარე პროცესების არსის გააზრებაში ეხმარება.

მოდელის ინტერაქტიული ანალიზი. მოდელირების მრავალი სისტემა მოდელის პარამეტრების შეცვლის საშუალებას მხოლოდ მოდელის შესრულებაზე გაშვებამდე იძლევა. AnyLogic სისტემა კი მომხმარებელს მოდელის პარამეტრის შეცვლის საშუალებას მოდელის ფუნქციონირების მომენტშიც აძლევს. აქედან გამომდინარე, ანიმაციის ფანჯარას შეგვიძლია ვუწოდოთ მოდელზე ჩატარებული კომპიუტერული ექსპერიმენტის „სტენდი“. მოდელის პარამეტრების შემცვლელი საშუალებების მაგალითია სლაიდერები (მორბენლები).

4.4. Enterprise Library-ის ობიექტები

Anylogic Enterprise Library-ის ბიბლიოთეკა მხარს უჭერს მოდელირების დისკრეტულ-მოვლენით მეთოდს. Enterprise Library-ის ობიექტების მეშვეობით შესაძლებელია რეალური სამყაროს სისტემის

მოდელირება, რომლის დინამიკა გარკვეულ ერთეულებზე (entities, ტრანზაქტები, განცხადებები) ჩატარებული ოპერაციების (მოსვლის, შეფერხების, მიტაცების, რესურსის უკმარისობის, გაყოფის და სხვ.) თანმიმდევრობად წარმოჩინდება.

ზემოთხსენებული ერთეული შეიძლება იყოს შეტყობინება, მოთხოვნა, დოკუმენტი, ზარი, მონაცემთა პაკეტი, სატრანსპორტო საშუალება, ტექნიკური მოწყობილობა და სხვ. ისინი პასიურები არიან და თავიანთ დინამიკას ვერ აკონტროლებენ, თუმცა მათ შეიძლება ჰქონდეთ დამუშავების პროცესზე გავლენის მქონე (მაგალითად, ზარის სახეობა, სამუშაოს სირთულე, შეტყობინების სიგრძე) ან სტატისტიკის შემგროვებელი (მოლოდინის საერთო დრო, ღირებულება, დამუშავების დრო) ატრიბუტები.

პროცესები მოიცემა ნაკადური დიაგრამების (ბლოკ-სქემების) სახით. გრაფიკული წარმოდგენის ეს ფორმა უამრავ დარგშია მიღებულია (მრეწველობაში, ბიზნეს-პროცესებში, ზარების დამუშავების ცენტრებში, შეტყობინებების კომუტაციებში, ლოჯისტიკაში, ჯანმრთელობის დაცვის სფეროში და ა.შ.). AnyLogic ნაკადური დიაგრამები მასშტაბირებადია. ისინი აგრეთვე გაფართოებადი და ობიექტზე ორიენტირებულია, რაც მომხმარებელს დეტალურობის ნებისმიერი დონის მქონე რთული სისტემების მოდელირების საშუალებას აძლევს. Enterprise Library-ის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი თვისებაა მოდელის საკმაოდ რთული ანიმაციის შექმნის შესაძლებლობა.

Enterprise Library-ის შედის სივრცეში მიმდინარე პროცესების მოდელირებისთვის დამუშავებული ობიექტები. აქ საუბარია პროცესებზე, რომელშიც ობიექტი-განცხადებები და რესურსები გარკვეულ ქსელში გადაადგილდებიან. ობიექტის აღნიშნული ქვესიმრავლე მნიშვნელოვნად ამარტივებს სისტემების გარკვეული სახეობების მოდელირებას. მაგალითად, ეს გახლავთ წარმოება, შიდასაქარხნო ლოჯისტიკა, სუპერმარკეტები, ჰოსპიტალები, ცხეები და ა.შ.

ქსელურ მოდელირებად წოდებული მიდგომის გამოყენებისთვის აუცილებელია განისაზღვროს ქსელის ტოპოლოგია (მაგალითად,

გეგმასთან ერთად AnyLogic-ის ვექტორული გრაფიკის გამოყენებით, შენობა-ნაგებობის გეგმის ან ესკიზის გამოყენებით), რესურსების (სტატიკური, მოძრავი ან გადაადგილებადი) სიმრავლე და თავად პროცესი. ამ შემთხვევაში პროცესი არის „სადღაც გადაადგილებადი“ ან „საკუთარ თავთან რესურსის მიმართებელი“ ტიპის ობიექტების (როგორებიცაა, NetworkMoveTo, NetworkSeize, NetworkSendTo) და Enterprise Library-ის ჩვეულებრივი ობიექტების (Queue, Delay, Service) კომბინაცია. ქსელის სეგმენტებში მოძრავი ან მის კვანძებში მყოფი ობიექტები ავტომატურად ახდენენ განცხადებების და რესურსების ანიმირებას. ასეთი ანიმაცია შეიძლება შეერწყას ჩვეულებრივ ანიმაციასაც.

იერარქიული მოდელები და ხელმეორედ გამოყენებადი მოდელური კომპონენტები. თუ მოდელირებადი სისტემა რთულია, აზრი აქვს მისი მოდელის კომპონენტებად (ქვეპროცესებად) დაყოფას და თითოეული კომპონენტის ცალკეულ აქტიურ ობიექტში განთავსებას. თქვენ შეგიძლიათ განსაზღვროთ ქვეპროცესის შესასვლელები და გამოსასვლელები, განათავსოთ ისინი აქტიური ობიექტის გარე ინტერფეისზე ან დამალთ მისი რეალიზაცია. ზედა დონეზე მოგიწევთ ისეთი ობიექტებით ოპერირება, როგორებიცაა ბლოკები და მათი შესასვლელების და გამოსასვლელების შეერთება. თქვენ შეგიძლიათ შექმნათ სხვადასხვა პარამეტრების მქნე აქტიური ობიექტების ნიმუშები და ისინი სხვა პროექტებშიც გამოიყენოთ.

მაგალითად, აეროპორტის მოდელში დაგჭირდათ ისეთი კომპონენტები, როგორიცაა რეგისტრაცია, საპასპორტო კონტროლი, დაშვება და ა.შ. რეგისტრაციის ზონის ბლოკში თქვენ მხოლოდ ერთხელ შეგიძლიათ დაამატოთ ობიექტი „რეგისტრაციის დახლი“ და გახადოთ ისინი განმეორებადი. მოდელის რესურსები შეიძლება განაწილდეს სხვადასხვა აქტიურ ობიექტზე, ისე რომ თქვენ შეგიძლიათ გამოიყენოთ რაიმე ზოგადი კომპონენტი „ინფორმაციული სისტემა“, რომელიც აღნიშნულ ქვეპროცესებს რესურსებს მიაწვდის.

პროცესული მოდელების გაფართოება. AnyLogic-ში ნებისმიერი და მათ შორის პროცესული მოდელი დეტალურობის ნებისმიერ დონეზე ფართოვდება და აუცილებელ არასტანდარტულ ფუნქციონალობას იძენს.

თქვენ შეგიძლიათ საკუთარი კლასებით გააფართოვოთ და ნებისმიერი ველები და მეთოდები დაამატოთ საბაზისო კლასებს Entity და ResourceUnit. თუ აღნიშნულ კლასებს ობიექტების კლასების პარამეტრებში მიუთითებთ, ველებისადმი წვდომა გამარტივდება (სახეობების მოყვანის გარეშე, რაც დამახასიათებელი იყო AnyLogic 5-ისთვის). მაგალითად, აეროპორტის მოდელში შეიძლება დაგჭირდეთ სპეციალური კლასების შექმნა, რომლებიც ახდენენ მგზავრების, ტვირთის, უსაფრთხოების ოფიცრების და სხვათა მოდელირებას.

Enterprise Library-ის თითოეულ ობიექტს გააჩნია სპეციალური „გაფართოების წერტილი“, ადგილი, სადაც შეგიძლიათ მიუთითოთ გარკვეული მოქმედებები ან გამოსახულებები. გაფართოების წერტილები გახლავთ მოდელის შესრულების განმავლობაში და განცხადებების პროცესულ დიაგრამაში გავლისას გამოთვლილი დინამიური პარამეტრები (ობიექტების აღწერაში „დინამიურად“ მოხსენიებული). მაგალითად, Delay ობიექტში, რომელიც დაშვების ტალონების ანაბეჭდის მოდელირებას ახდენს ობიექტში „რეგისტრაცია“, მგზავრს შეგიძლიათ მიანიჭოთ გამოსასვლელი (გეითი), გაწეროთ რა entity.gate=main.gateof (entity.flightno) პარამეტრში „მოქმედება“. აქ gate (გეითი) და flightno (ფრენის ნომერი) გახლავთ Passenger კლასის ველები, რომლებიც მგზავრების მოდელირებას ახდენენ, ხოლო gateof – ფუნქცია, რომელიც მითითებულია Main მოდელის ძირითად ობიექტში.

ყურადღება მიაქციეთ, რომ თქვენთვის ხელმისაწვდომია მოდელის ნებისმიერი ნაწილი მოდელის სხვა ნებისმიერი ნაწილიდან და უფრო მეტიც, ვინაიდან თქვენ Java კოდს წერთ, შესაძლებელია ურთიერთქმედება ნებისმიერ გარე პროგრამულ უზრუნველყოფასთან და/ან Java პაკეტების უზარმაზარი რაოდენობიდან ნებისმიერის გამოყენება.

ანიმაციის შექმნა პროცესული მოდელებისთვის. Enterprise Library ბიბლიოთეკის ინტეგრაცია AnyLogic-ის ანიმაციურ საშუალებებთან შესაძლებელია და აქედან გამომდინარე, შეიძლება შეიქმნას პროცესების ნებისმიერი სირთულის ანიმაცია, მათ შორის პროცესის

იერარქიული და რამდენიმე განსხვავებული გრაფიკული წარმოდგენით. მაგალითად, თქვენ შეგიძლიათ განსაზღვროთ წარმოების პროცესის გლობალური შეხედულება რამდენიმე ინდიკატორით, მიუთითოთ კონკრეტული ოპერაციების დეტალური ანიმაცია და გადაერთოთ მათ შორის.

Enterprise Library-ის ობიექტების უმეტესობისთვის ანიმაცია ასე იქმნება: მომხმარებელი ხატავს ფიგურას (მაგალითად, ტეხილს), მიუთითებს მას დაუშვათ ობიექტ Delay-ის პარამეტრში „ანიმაციის ფიგურა“ და განუსაზღვრავს ამ ობიექტს, რომ სურს აღნიშნულ ობიექტში მოქცეული და ანიმაციის ამ ფიგურის მიხედვით მოძრავი განცხადებების ასახვა. შემდეგ იხატება სხვა ფიგურა (ან ფიგურათა ჯგუფი) და ხდება განცხადებების ანიმაციის ფიგურა, მაგალითად, ობიექტში Source. ამ შემთხვევაში ვიდრე განცხადებები იქნება ობიექტში Delay, ამ განცხადებების ანიმაციები გამოისახება ტეხილის შესაბამის წერტილებში.

ქსელურ მოდელირებაში იხატება ქსელის კვანძები და სეგმენტები, ხოლო განცხადებები ავტომატურად აისახება სეგმენტში მოძრავ ან კვანძებში გაჩერებულ ფიგურებად (დაწვრილებით ინფორმაციას მიიღებთ [9]-დან).

პროცესული მოდელების სხვა ტიპის და კონსტრუქციების მოდელებთან გაერთიანება. AnyLogic-ის ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობა მოდელირების სხვადასხვა სტილების გაერთიანების შესაძლებლობაა, რაც რეალური სისტემების კომპლექსურობის და არაერთგვაროვნების ასახვის საშუალებას იძლევა. მომხმარებელს შეუძლია Enterprise Library-ის მეშვეობით აგებული პროცესული მოდელების სისტემური დინამიკის მოდელებთან ან აგენტურ მოდელებთან გაერთიანება. აგრეთვე შესაძლებელია საკუთარი ობიექტების შექმნა AnyLogic-ის საბაზისო ელემენტების დახმარებით და შემდეგი მათი შეტანა პროცესის ამსახველ დიაგრამაში.

მოდელირების სხვადასხვა მეთოდების გაერთიანების რამდენიმე საშუალება არსებობს. ჩვენ რამდენიმე მაგალითს მოვიყვანთ.

მაგალითად, პროცესულ მოდელში ნაკადების და დამგროვებლების სისტემურ-დინამიური დიაგრამის ზეგავლენის რეალიზება შესაძლებე-

ღია Source ობიექტის სახით, რომელიც განცხადებებს დინამიური ცვლადის მიერ მართვადი ინტენსიურობით ქმნის.

უკუკავშირის ფუნქცია შეიძლება მიენიჭოს სისტემურ-დინამიურ დამგროვებელს, რომელიც საკუთარ მნიშვნელობას პროცესული დიაგრამის Sink ობიექტზე განცხადების ყოველი მიღებისას ზრდის.

სასიცოცხლო ციკლის გარკვეულ მომენტში აგენტს შეუძლია განცხადებად ქცევა და Enter ბლოკის დახმარებით პროცესში მოქცევა. აგენტი ასევე შეიძლება არსებობდეს განცხადების პარალელურად და მასთან ურთიერთქმედებდეს.

თუ თქვენ გჭირდებათ სპეციფიკური ფუნქციონალურობის მქონე ობიექტი, რაც განსხვავდება Enterprise Library-ის ობიექტების მიერ მინიჭებულისგან, შეგიძლიათ შექმნათ აქტიური ობიექტის საკუთარი კლასი, ხოლო ინტერფეისის ელემენტებად გამოიყენოთ ობიექტები Exit და Enter. ამ შემთხვევაში შესაძლებელია აქტიური ობიექტის მოცემული კალსის ნიმუშების ჩასმა პროცესულ დიაგრამაში. აქტიურ ობიექტში შეიძლება გამოყენებულ იქნას მდგომარეობების, მოვლენების, ცვლადების და სხვა ასეთი დიაგრამები.

AnyLogic Enterprise Library ბიბლიოთეკების აქტიური ობიექტების კლასები ბლოკები, რომელთა მეშვეობით იგება ბლოკ-სქემები და განცხადებებთან ერთად მიმდინარე, მოდელირებადი პროცესები.

ბიბლიოთეკის კლასები Entity და Resource Unit შესაბამისად განცხადებების და რესურსების საბაზისო კლასებია. ობიექტები ფუნქციონალურობის მიხედვით პირობითად იყოფა რამდენიმე კატეგორიად და მათ ქვემოთ აღვწერთ.

თავი 5

დასაპროექტირებადი ქსელების პილოტური პროექტების შექმნა

თუ ქსელის ტოპოლოგიის ასარჩევად არ არის საჭირო რეალური ქსელის ქონა, მაშინ ტრაფიკის ინტენსიურობის პირველადი მონაცემების შესაგროვებლად, შესაძლებელია საჭირო გახდეს გაზომვები საცდელ პილოტურ ქსელებში, რომელიც წარმოადგენს დასაპროექტებელი ქსელის ნატურალურ მოდელს. ეს გაზომვები შესაძლოა შესრულდეს სხვადასხვა საშუალებებით, ასევე პროტოკოლების ანალიზატორებითაც.

იმიტაციური მოდელირებისთვის პირველადი მონაცემების მიღების გარდა, პილოტური ქსელი შეიძლება გამოყენებული იქნას ცალკეული მნიშვნელოვანი საკითხების გადასაწყვეტადაც. მას შეუძლია პასუხები მოგვცეს ისეთ კითხვებზე რომელიც ამა თუ იმ პრინციპიალურ ან ტექნიკურ გადაწყვეტილებას, ან აპარატურულ უზრუნველყოფას ეკუთვნის. ნატურალური ექსპერიმენტის დროს შესაძლებელია საჭირო გახდეს დიდი მატერიალური დანახარჯები, მაგრამ მათი კომპენსირება ხდება მიღებული შედეგების მაღალი ალბათობით.

პილოტური ქსელი, რაც შეიძლება უფრო უნდა ჰგავდეს იმ ქსელს, რომლის შექმნასაც ვაპირებთ და რომლის პარამეტრების ასარჩევადაც იქმნება პილოტური ქსელი. ამისათვის პირველ რიგში საჭიროა გამოვეყნოთ შესაქმნელი ქსელის ის თვისებები, რომელთაც ყველაზე დიდი გავლენის მოხდენა შეუძლიათ ქსელის მუშაობაზე და წარმადობაზე.

იმ შემთხვევაში თუ გაგვიჩნდა ეჭვები სხვადასხვა მწარმოებლის პროდუქტების შეთავსებაზე, მაგალითად კომუტატორების, რომელიც ახორციელებს ვირტუალური ქსელების და სხვა ჯერ არასტანდარტიზირებული საშუალებების მხარდაჭერას, მაშინ პილოტურ ქსელში უნდა შემოწმდეს ამ მოწყობილობების თავსებადობა და ზუსტად იმ რეჟიმებში რომლებიც ყველაზე ბევრ ეჭვებს ბადებს.

რაც შეეხება პილოტური ქსელის გამოყენებას ქსელის გამტარუნარიანობის პროგნოზირებისათვის, აქ ამ ტიპის მოდელირებისას შესაძლებლობები შეზღუდულია. თავის თავად პილოტური ქსელი ვერ შეძლებს კარგი შეფასების მოცემას ქსელის წარმადობაზე, რომელიც უფრო მეტ ქვექსელის კვანძებსა და მომხმარებლებს მოიცავს, რადგან გაურკვეველია ექსტრაპოლაციის მეთოდი, რომელიც მიიღება პატარა ქსელში და რეალური საკვლევი ქსელის ზომა კი დიდია. ამიტომ მოცემულ მაგალითში მიზანშეწონილია პილოტური ქსელის გამოყენება იმიტაციურ მოდელთან ერთად, რომელსაც შეუძლია გამოიყენოს პილოტური ქსელიდან მიღებული ტრაფიკის, მოწყობილობების გამტარუნარიანობის და შეფერხებების მონაცემები რეალური ქსელის სხვადასხვა მოდულების ნაწილების დახასიათებისთვის. შემდგომ ამ მოდულების ნაწილები შესაძლებელია გავაერთიანოთ შესაქმნელი ქსელის მთლიან მოდელში, რომლის მუშაობაც იქნება იმიტირებული.

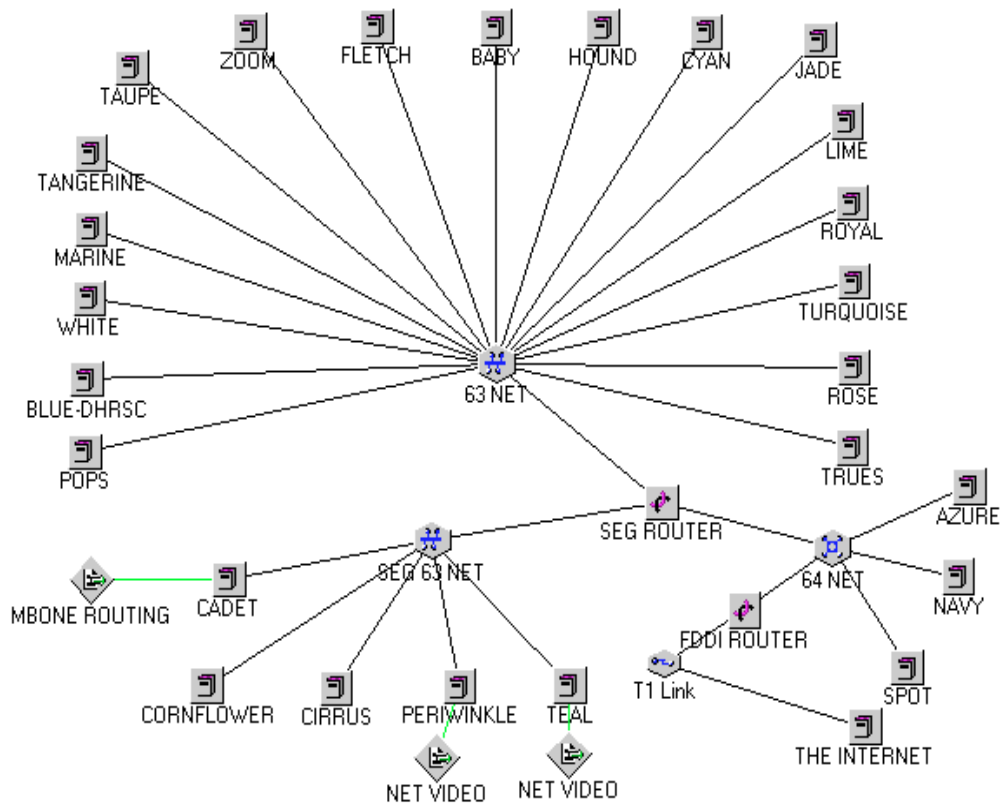
5.1 რას მივიღებთ მოდელირებისას

გამოთვლითი სისტემების დაპროექტებისას, მოდელირების გამოყენებით შეგვიძლია: შევაფასოთ ქსელის და მისი კომპონენტების გამტარუნარიანობა, აღმოვაჩინოთ გამოთვლით სისტემებში ვიწრო ადგილები, შევადაროთ გამოთვლითი სისტემის ორგანიზების სხვადასხვა ვარიანტები, გავაკეთოთ გამოთვლითი სისტემის პერსპექტიულობის პროგნოზი, ვიწინასწარმეტყველოთ ქსელის გამტარუნარიანობის მომავალი მოთხოვნები, შევაფასოთ ქსელში სერვერების საჭირო რაოდენობა და მათი წარმადობა, შევადაროთ გამოთვლითი სისტემების სხვადასხვა მოდერნიზაციის ვარიანტი, შევაფასოთ პროგრამული უზრუნველყოფის ზემოქმედება გამოთვლით სისტემის მოდერნიზაციაზე, ქსელური პროტოკოლების ცვლილება და სხვა.

გამოთვლითი სისტემის სხვადასხვა ხასიათის კომპონენტის პარამეტრების კვლევა, საშუალებას იძლევა ავირჩიოთ ქსელური და გამოთვლითი მოწყობილობები წარმადობის გათვალისწინებით, მომსახურების ხარისხით, საიმედოობით და ღირებულებით. რადგან

აქტიური ქსელური მოწყობილობის ერთი პორტის ღირებულება მწარმოებლის, გამოყენებული ტექნოლოგიების, საიმედოობის და მართვის მიხედვით შეიძლება იყოს რამოდენიმე დოლარიდან ათი ათასობით დოლარამდე. მოდელირება კი თავის თავად მოწყობილობების ღირებულების მინიმიზაციის საშუალებას იძლევა, რომლებიც განკუთვნილია გამოთვლით სისტემებში გამოსაყენებლად. მოდელირება ეფექტურია თუ მუშა სადგურების რაოდენობაა 50-დან 100-მდე. როდესაც სადგურების რაოდენობაა 300 და მეტი, პროექტირებისას მთლიანმა ეკონომიამ შეიძლება მიაღწიოს 30-40%

ფინანსური მხარე. რა თქმა უნდა, ისმევა კითხვა გამოთვლითი სისტემის კვლევის ჩატარების ღირებულების შესახებ მოდელირების დახმარებით. სწორი და მართებული მოდელირების სისტემის გამოყენებისას, მოდელირების ღირებულება დიდი არაა. კვლევისას ძირითადი ხარჯები მიდის ქსელურ ტექნოლოგიების, გამოთვლით ტექნიკის და მოდელირების სისტემების მაღალკვალიფიციური სპეციალისტების ხელფასებზე, რომლებიც ატარებენ ობიექტის კვლევას, ადგენენ კომპონენტთა და გამოთვლითი სისტემათა მოდელებს, დასახავენ გამოთვლითი სისტემების და მისი მოდელის განვითარების მიმართულებებს და მოდიფიკაციებს.



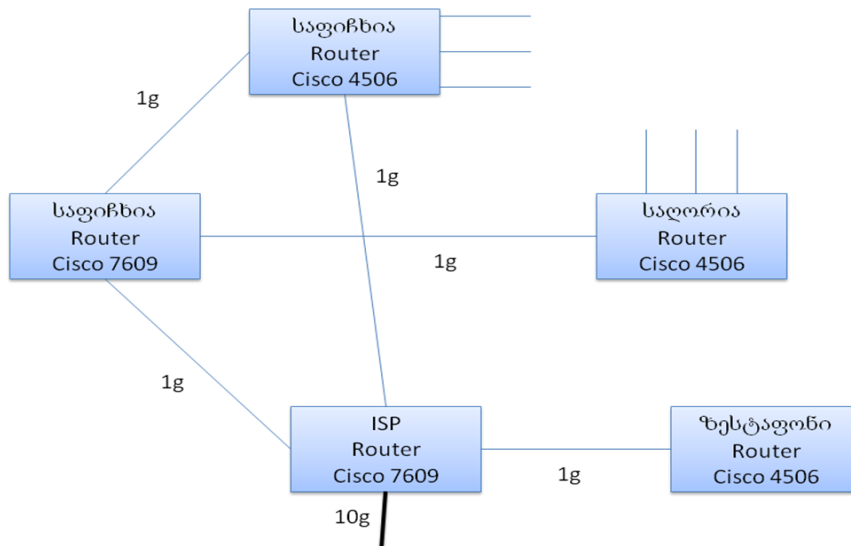
ნახ. 5.1 ქსელური ტოპოლოგიის მოდელი

გამოთვლითი სისტემის კვლევა და მოდელირება, რომელიც შედგება 250 კვანძისგან, შეიძლება გრძელდებოდეს ერთი ან ორი კვირა. ამასთან ამ პროექტის ღირებულება შეიძლება იყოს 5000 დოლარიდან 17500 დოლარამდე. თუ მსხვილი ორგანიზაციების ინფორმატიზაციის პროექტის ღირებულება ზოგ შემთხვევებში აღემატება 500 000 დოლარს, აქედან მოდელირების საშუალო ნებისმიერ შემთხვევაში შეადგენს ამ პროექტის მთლიანი ღირებულების არაუმეტეს 4%.

5.2 საკვლევი ქსელის აღწერა

ქალაქ ქუთაისში არსებობს ინტერნეტ ქსელის პროვაიდერი რომელიც შედგება 4 კვანძისგან (კვანძი1-ინტერნეტ სერვისის პროვაიდერი (ISP), კვანძი2 - საფიჩხია, კვანძი3 - საღორია, კვანძი4 - ზესტაფონი) (ნახ. 5.2). თითოეული კვანძი დაკავშირებულია მთავარ კვანძთან (ISP). კვანძები ერთმანეთთან შეერთებულია მრავალმოდულიანი

ოპტიკური კაბელით. ISP დაკავშირებულია წრე ტოპოლოგიით კვანძ 2-თან. კვანძი 2 მიერთებულია კვანძ 3-თან დაცვის გარეშე (ასეთი შეერთება განხორციელებულია ფინანსური დანახარჯების შემცირების მიზნით). ISP –ზე კვანძი 4 დაკავშირებულია პირდაპირი მიერთებით დაცვის გარეშე.



ნახაზი 5.2 ინტერნეტ პროვაიდერში კვანძების შეერთების სქემა

ISP-ში განთავსებულია შემდეგი აპარატურა:

მარშრუტიზატორი cisco 7609

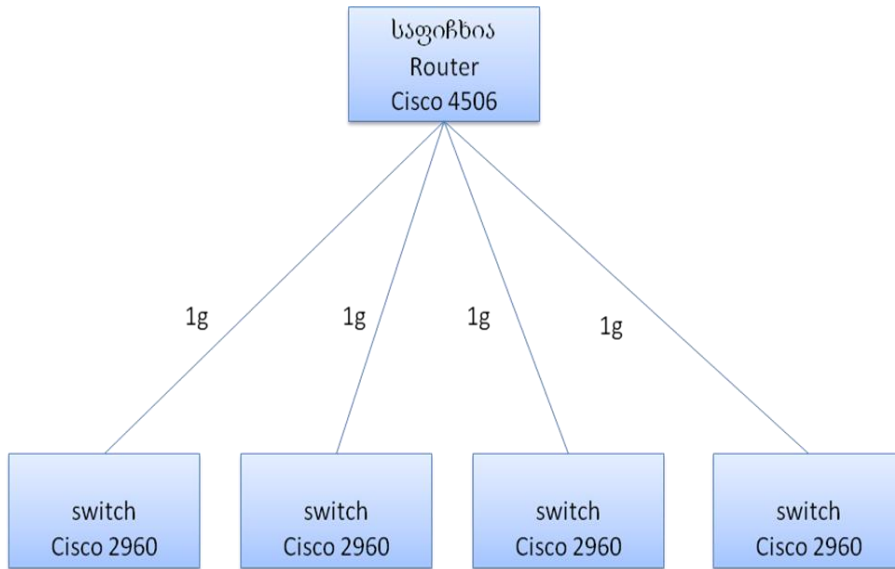
სვიჩი cisco2960 2 ცალი

სვიჩი cisco 3645 2 ცალი

სერვერები: WWW, MAIL, FTP და ა.შ.

მოწყობილობების მუშაობა ხორციელდება OSPF პროტოკოლით.

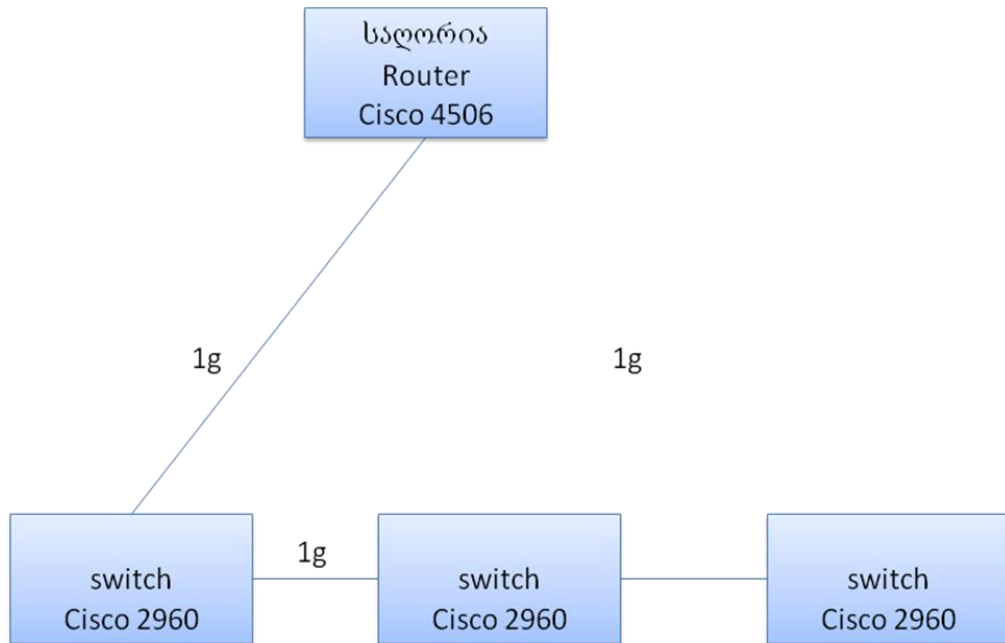
კვანძი2-ზე მიერთებულია 4 სვიჩი (ნახ. 5.3), რომლებზეც თავის მხრივ მიერთებულია აბონენტები.



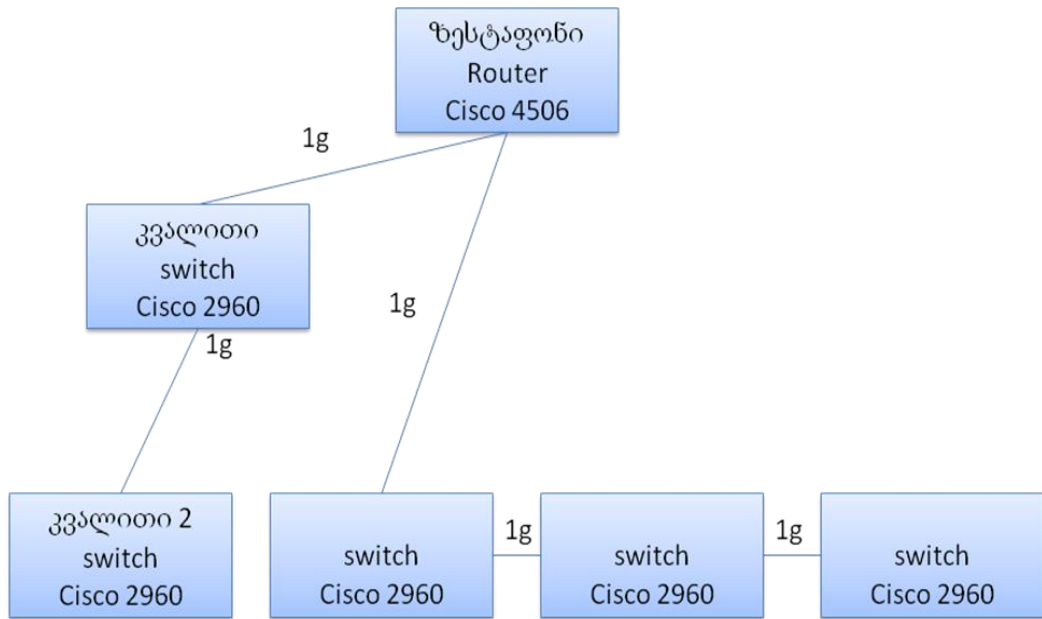
ნახაზი 5.3 კვანძი1 ფუნქციონირების სქემა

კვანძ3-ში მიერთებულია ერთმანეთთან მიმდევრობით ჩართული 3 სვიჩი (ნახ. 5.4).

კვანძ 4-თან მიერთებულია 5 სვიჩი საიდანაც სამი მათგანი არის ერთმანეთთან მიმდევრობით, ხოლო დანარჩენი ორი ქმინს ცალკე ქსელს(ნახ. 5.5).



ნახაზი 5.4 კვანძი3 ფუნქციონირების სქემა



ნახაზი 5.5 კვანძი4 ფუნქციონირების სქემა

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

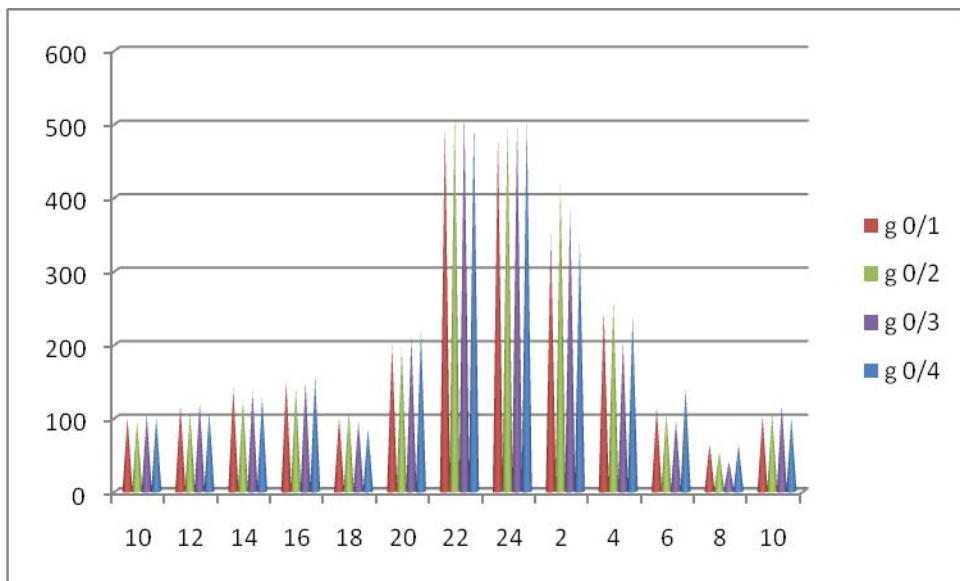
ჩატარებული კვლევების შედეგად მივიგეთ რომ:

- ტრაფიკის გაზრდის შემთხვევაში სისტემის რეაქციის დრო მცირდებოდა, (იყო ძალიან დაბალი), ეს კი იწვევდა ქსელში პაკეტების დაკარგვას დიდი რაოდენობით,რაც საგრძნობლად ანელებს აბონენტების მუშაობას ინტერნეტში.

კვანძ 2.-ში გაიზომა დატვირთვები მარშუტიზატორის იმ პორტებზე რომლებზეც მიერთებული იყო ეს სვიჩები. შედეგები მოყვანილია ცხრილ 5.1-ში და შესაბამისი დიაგრამა წარმოდგენილია ნახ. 5.6 - 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 5.1 დროისა და ტრაფიკის ურთიერთდამოკიდებულება

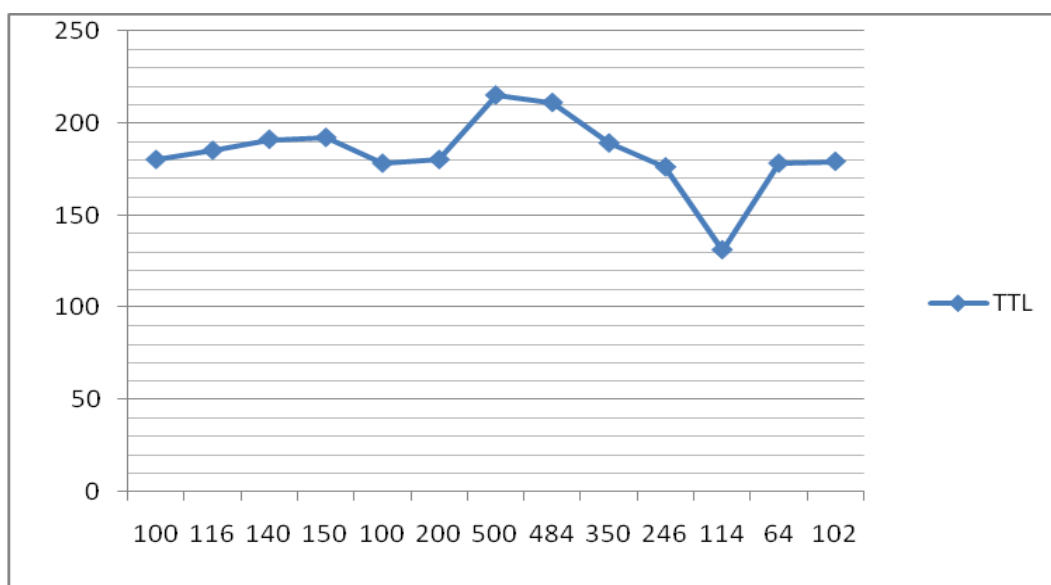


ნახ. 5.6 ტრაფიკის შესაბამისი დიაგრამა დროის მიხედვით

დატვირთვებთან ერთად დავაკვირდით რეაქციისა და დაყოვნების დროს. დაკვირვების შედეგები მოცემულია ცხრილში 5.2 და შესაბამისი დიაგრამა აგებულია ნახ. 5.7 – 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 5.2 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან დროით ინტერვალში.



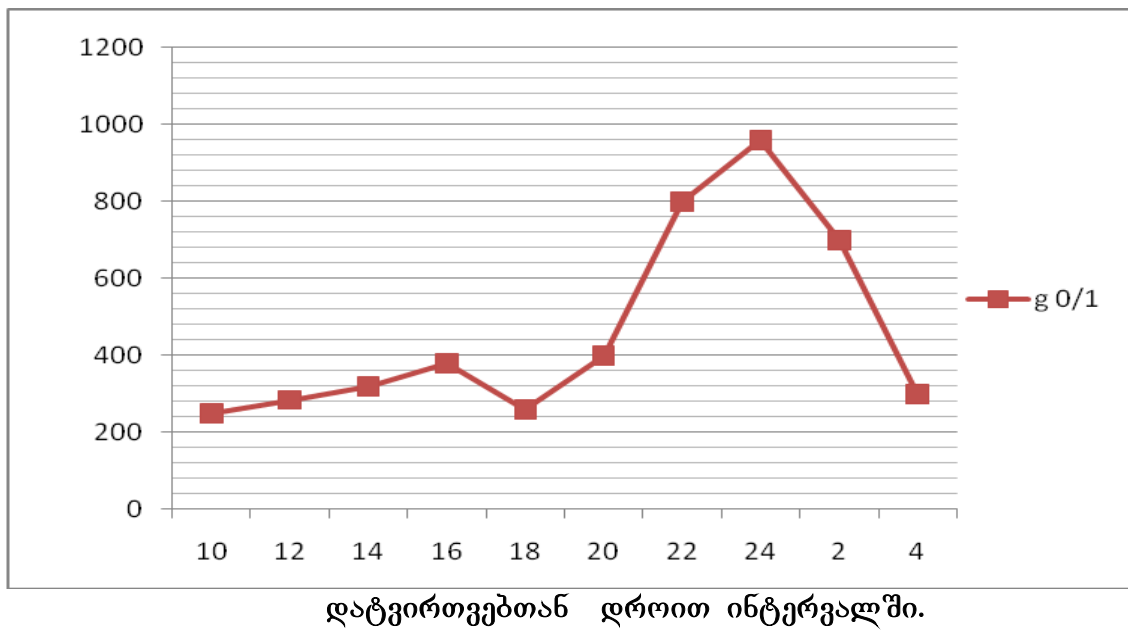
ნახ 5.7 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან

კვანძ 3. – ში მარშრუტიზატორის ერთ-ერთ პორტზე მოხდა დატვირთვების, რეაქციისა და დაყოვნების დრო გაზომვა. შედეგები მოყვანილია ცხრილ 5.3 – ში.

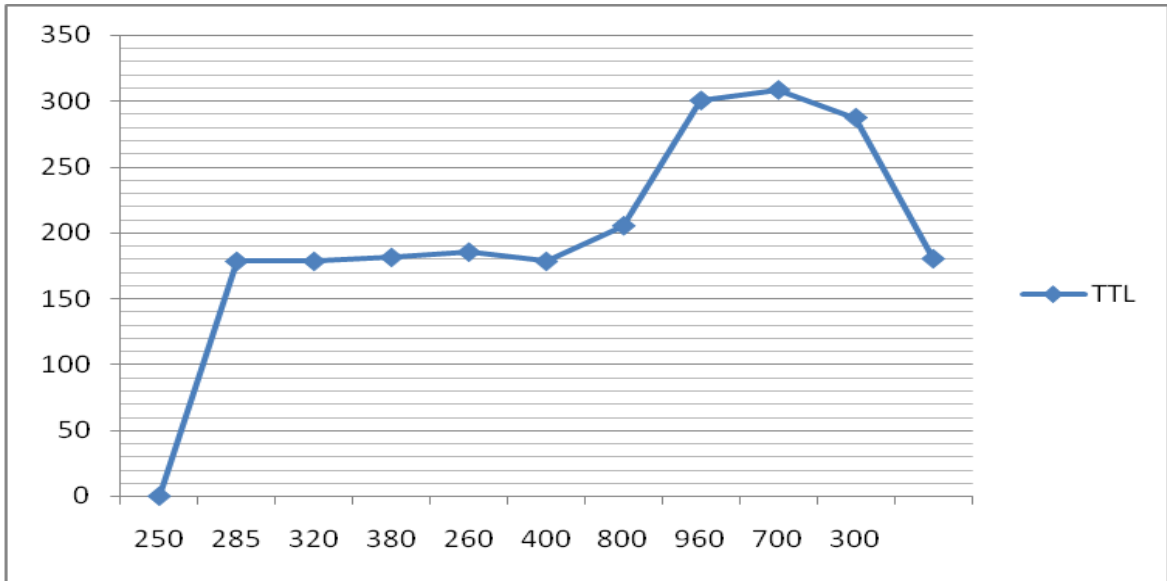
შესაბამისი დიაგრამები აგებულია ნახ. 5.8 და ნახ 5.9 – ზე.

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 5.3 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება



ნახ. 5.8 დროის და ტრაფიკის ურთიერთდამოკიდებულება



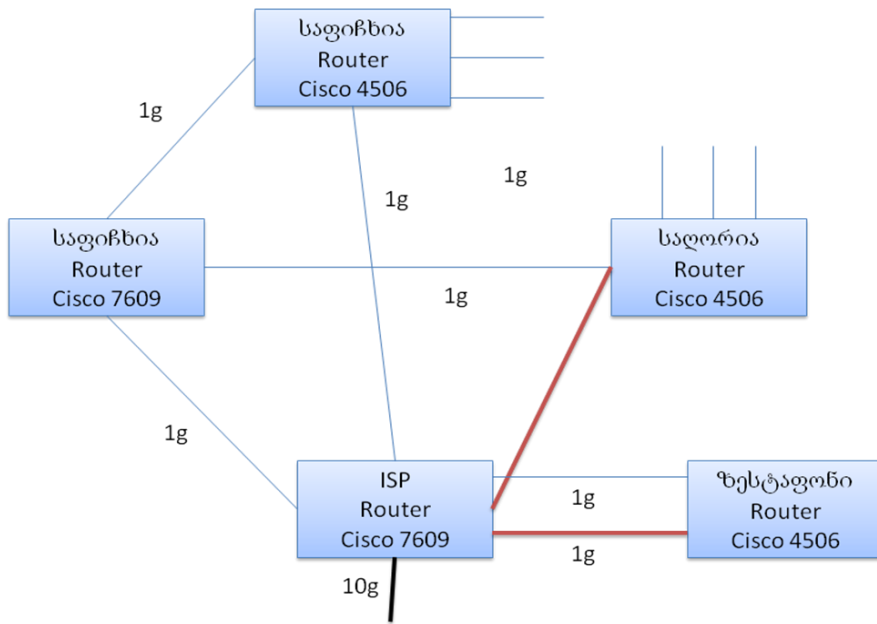
ნახ. 5.9 რეაქციისა და დაყოვნების დროის დამოკიდებულება დატვირთვებთან

დაკვირვებების შედეგად აღმოჩნდა რომ მაქსიმალური დატვირთვის პირობებში ადგილი 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.

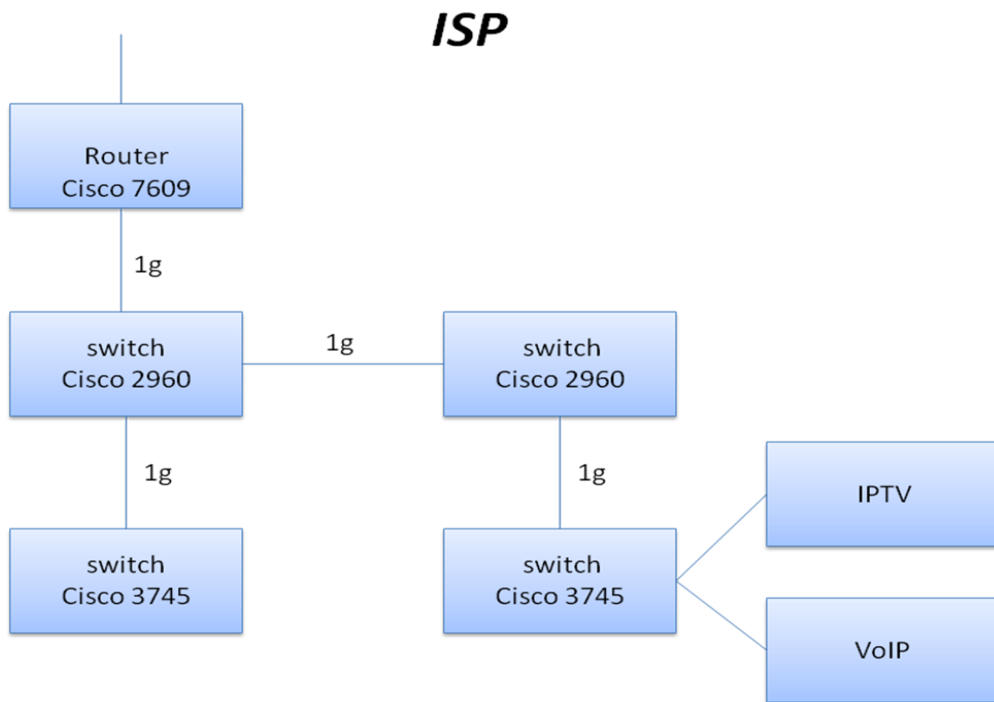
აღნიშნული პრობლემების აღმოსაფხვრელად ANYLOGIC-ის გამოყენებით დავამოძღვრეთ არსებულის ანალოგური ქსელი, მასზე ჩავატარეთ სხვადასხვა სახის ექსპერიმენტი, კერძოდ:

- ქსელი აიწყო წრიული ტოპოლოგიის გამოყენებით
- კვანძ 4-ში დატვირთვების ზრდასთან ერთად დავამატეთ არხი.
- კვანძ 3 და კვანძ 4-ი გადაკეთდა ვარსკვლავურ-სალტე ტოპოლოგიად.

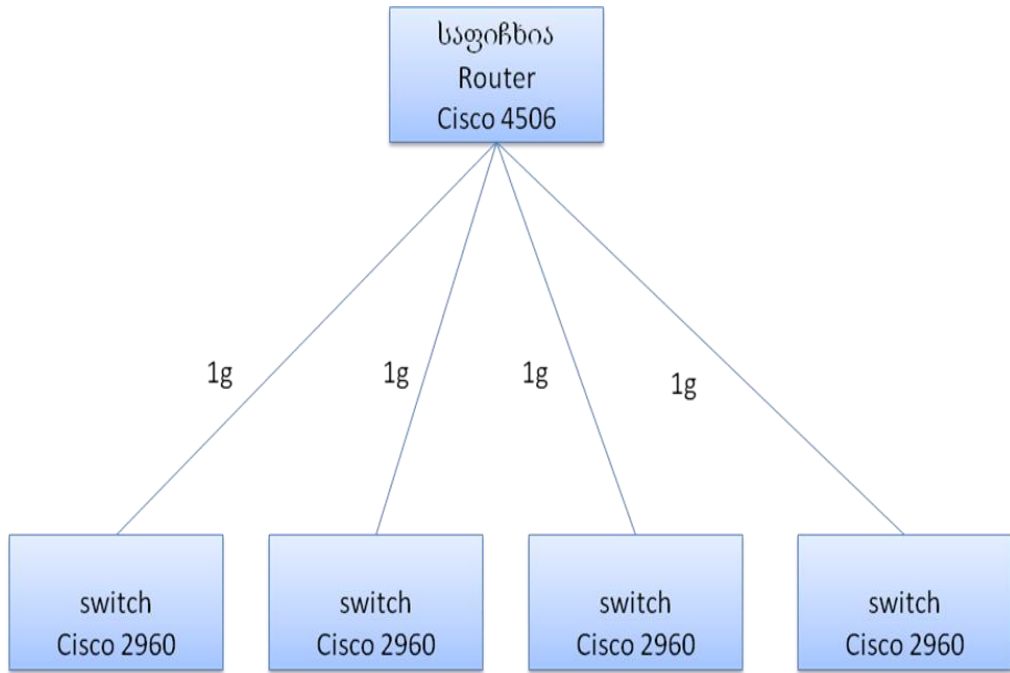
შესაბამისად არსებულმა ქსელმა მიიღო ნახ. 5.10-ზე ნაჩვენები სახე.



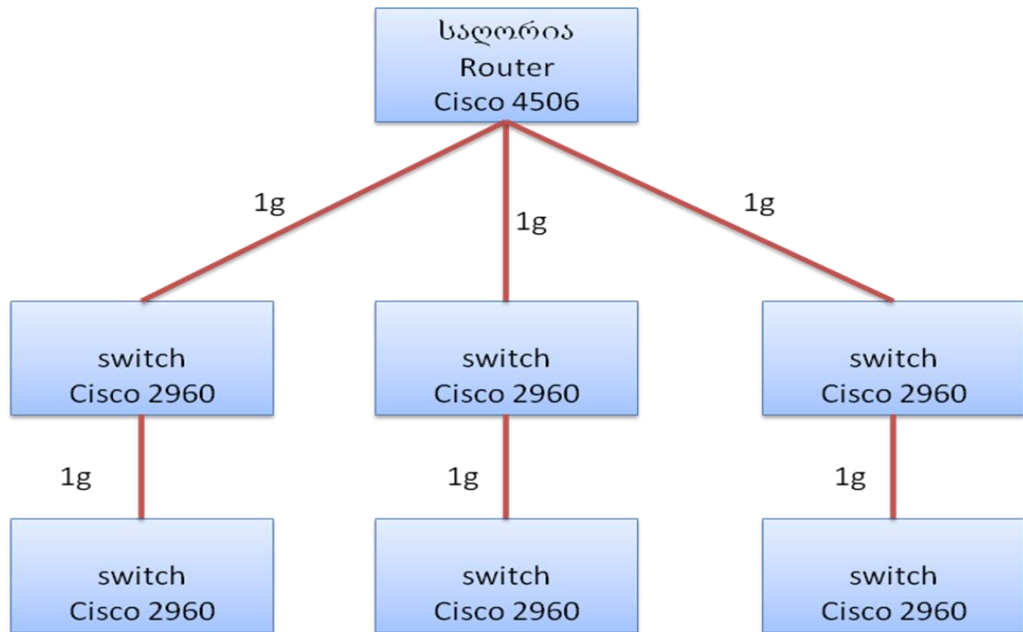
ნახ. 5.10 ქუთაისის ახალი ქსელი წერიული ტოპოლოგიით



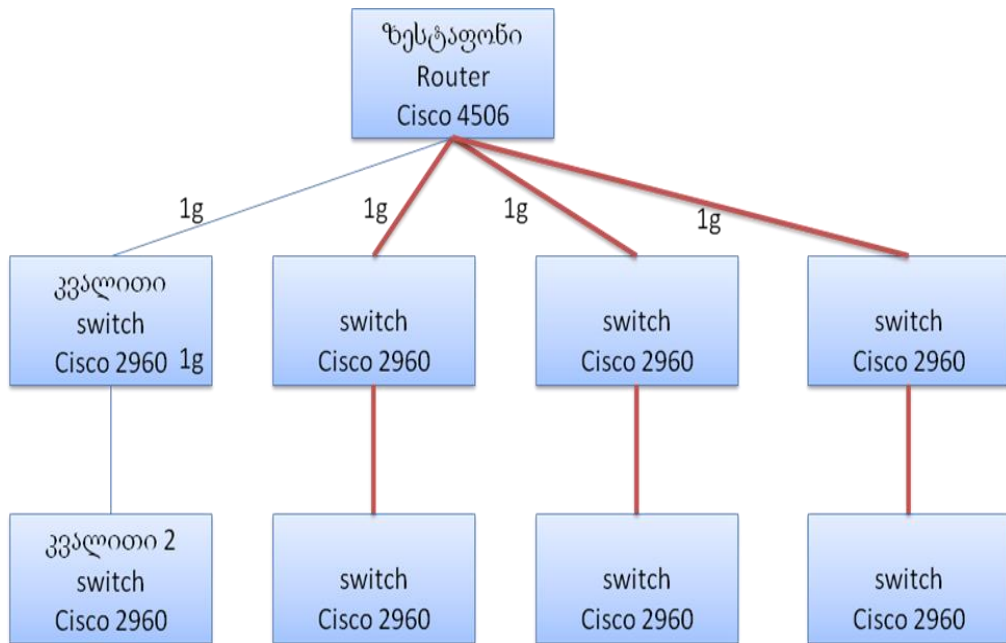
ნახ. 5.11 კვანძი 1



ნახ. 5.12 კვანძი 2



ნახ. 5.13 კვანძი 3

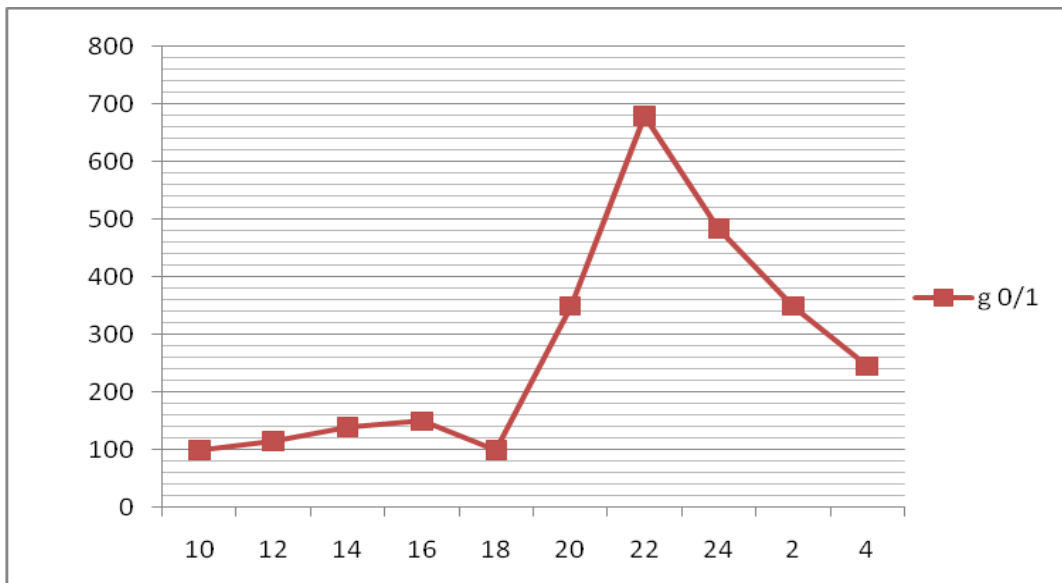


ნახ. 5.14 კვანძი 4

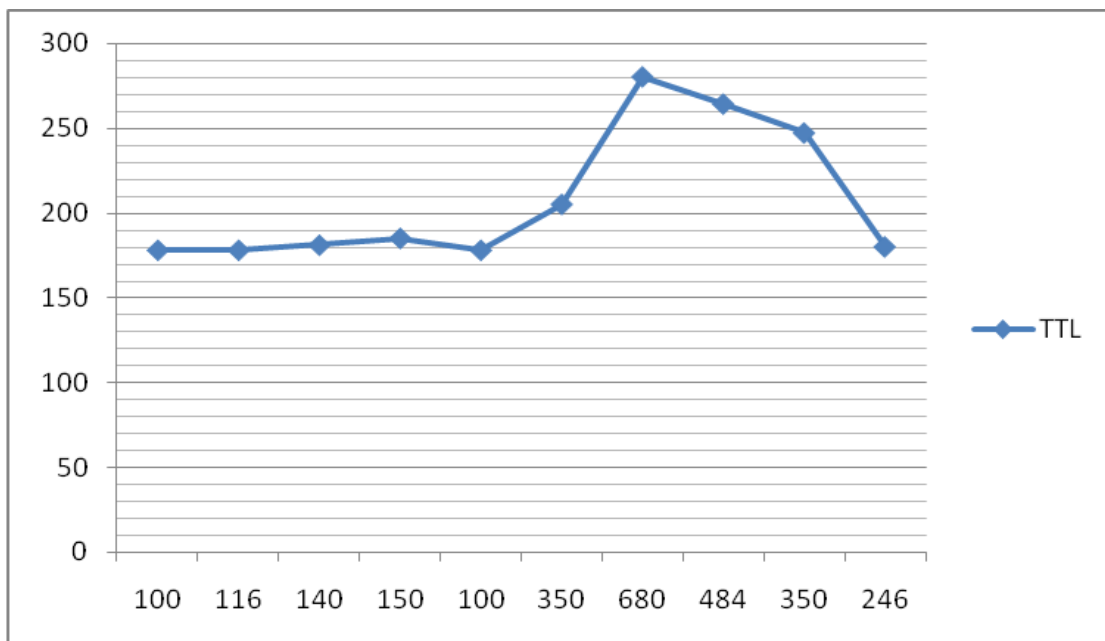
მოდელირების სისტემის საშუალებით ავაგეთ არსებული ქსელის მოდელი და განვიხილეთ სხვადასხვა შემთხვევები.

დრო	g 0/1	g 0/2	g 0/3	TTL
10	100	96	104	178
12	116	107	120	178
14	140	125	136	181
16	150	140	148	185
18	100	109	96	178
20	350	400	380	205
22	680	710	724	280
24	484	502	500	264
2	350	420	384	247
4	246	261	205	180

ცხრილი 5.4 კვანძ 3-ში დროისა და ტრაფიკის დამოკიდებულება “სალტე ვარსკვლავური” ტოპოლოგიის შემთხვევაში.



ნახ. 5.14 კვანძ 3-ში დროისა და ტრაფიკის დამოკიდებულება “სალტე ვარსკვლავური” ტოპოლოგიის შემთხვევაში.



ნახ. 5.15 კვანძ 3-ში რეაქციის და გადაცემის დროის დამოკიდებულება ტრაფიკთან.

ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრი

დღეისათვის აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს ინტერნეტის ურთიერთგაცვლის ცენტრისარსებობა..

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

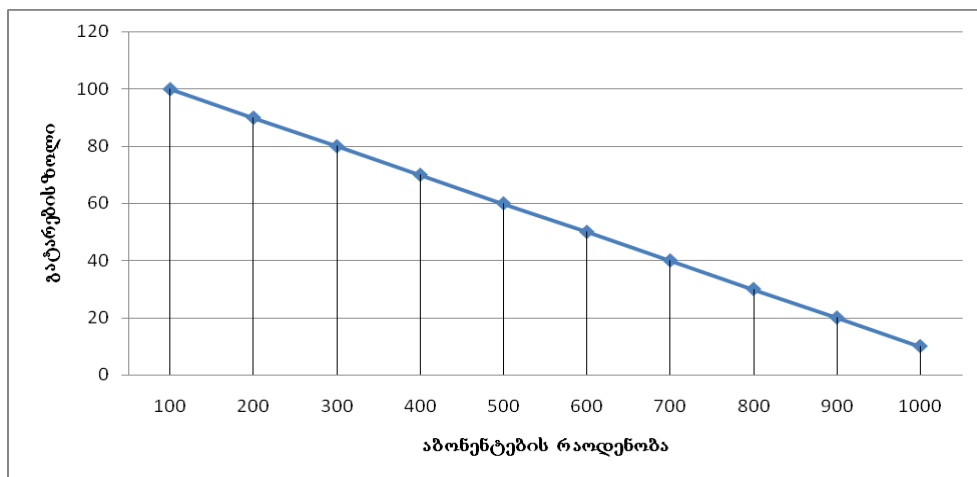
2 რომლებიც ძირითადად იყენებენ გლობალურ ინტერნეტს.

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

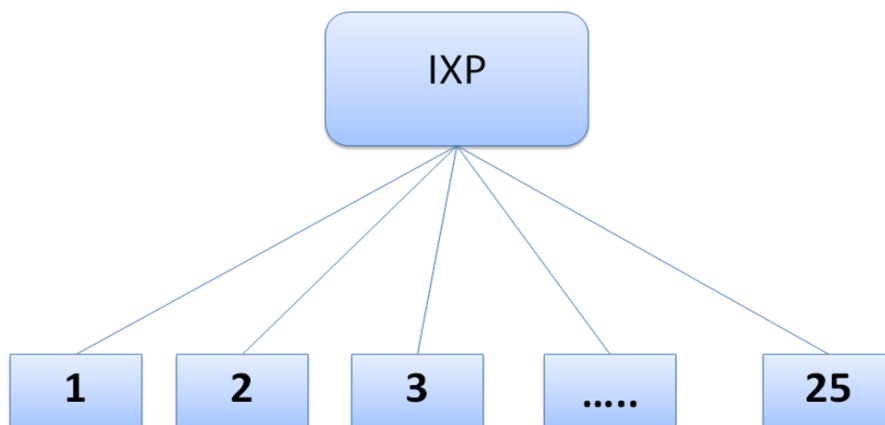
განახორციელებს გადმოიწერას, ხოლო დანარჩენ სამს (C, D, E) გლობალური ინტერნეტის გავლით მოუწევს ამ პროვაიდერების (A, B) სერვერებთან დაკავშირება.

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 ნახ5.19.



ნახ.5.19 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:

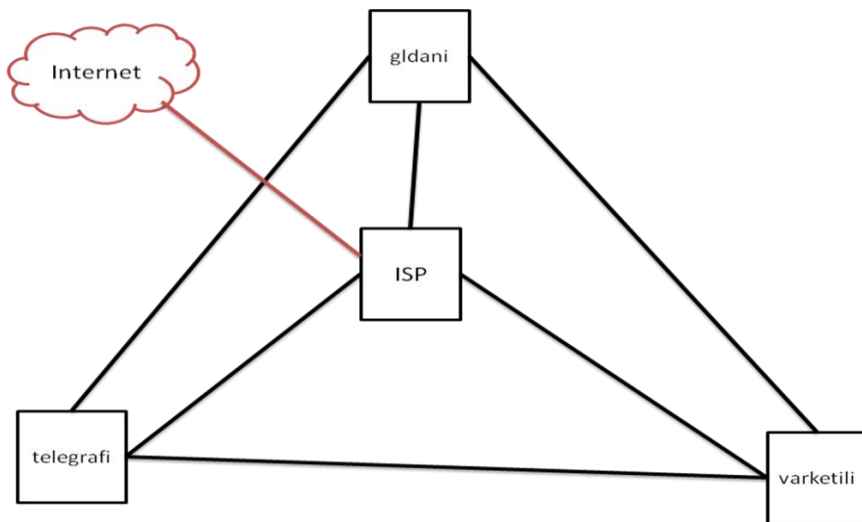
- ოპერატორი ნაცვლად რამოდენიმე გეოგრაფიულად ერთმანეთისაგან დაშორებული ფიზიკური შეერთებებისა იყენებს ერთ არხს. (პროვაიდერები დაზოგავენ სხვადასხვა მიმართულებით N რაოდენობის სადენის ჩადებისათვის გასაწევ ხარჯებს, სატრანზიტო იჯარის და საკომუნიკაციო კანალიზაციების სახაზო მეურნეობის შენახვის ხარჯებს, არ დასჭირდებათ N რაოდენობით გაფართოებული ურთიერთჩართვის ხელშეკრულებების გაფორმება, არ მოუჭვეთ 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.)

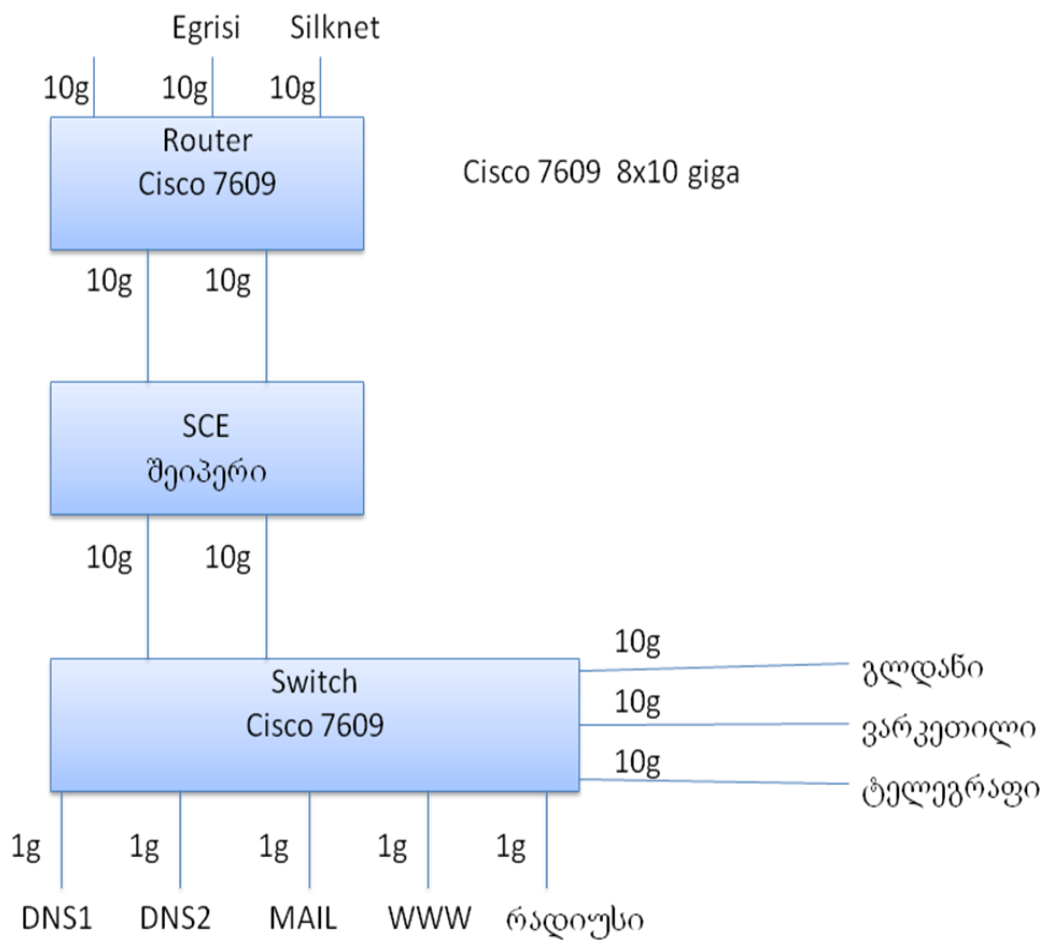
- პროვაიდერე უფრო ზუსტად აკონტროლებს თუ რა სიმძლავრე სჭირდება მას ხარისხიანი სერვისის მისაწოდებლად და დაზღვეულია იძულებითი ზედმეტი დანახარჯებისაგან. (ნაცვლად 10 – ობით არაოპტიმალურად დატვირთული არხებისა, რომელიც დღეს სხვადასხვა

დიდ თუ პატარა პროვაიდერებთან აქვთ მიყვანილი, გამოიყენებს ერთ არხს ყველა პროვაიდერთან ჩასართავად, გააკონტროლებს დატვირთვას, გაზრდის მოთხოვნის შესაბამისად და ხარჯიც ოპტიმალური იქნება.)

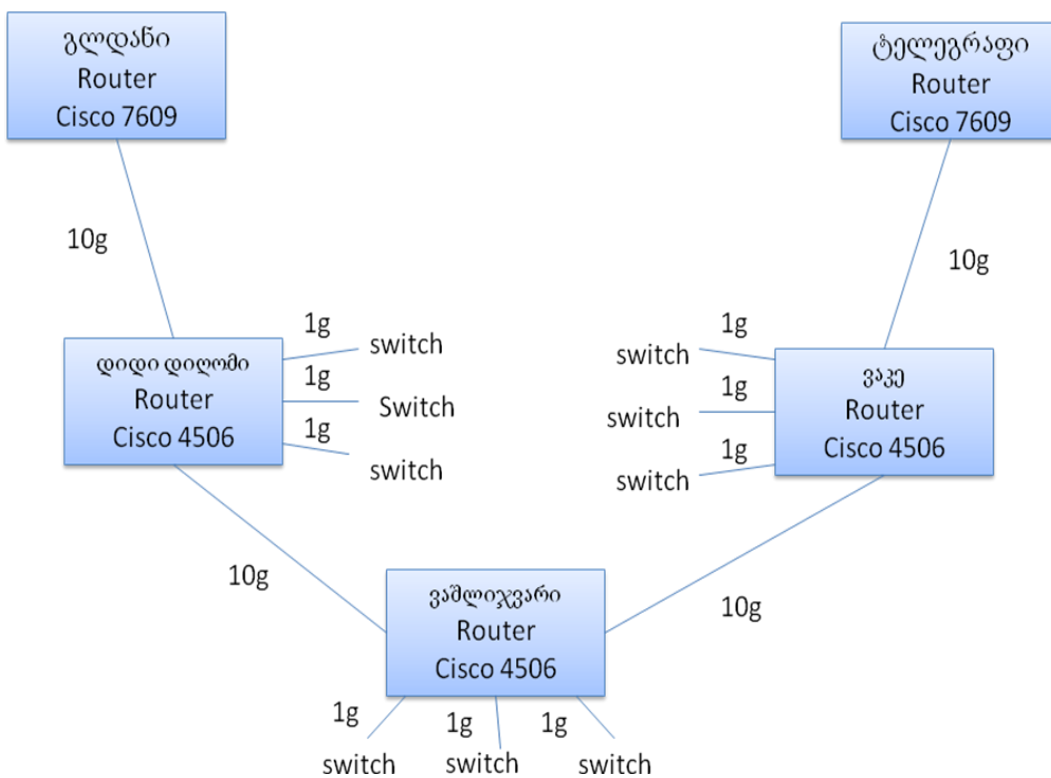
დანართი

GEONET –ის კომპიუტერული ქსელის სტრუქტურა

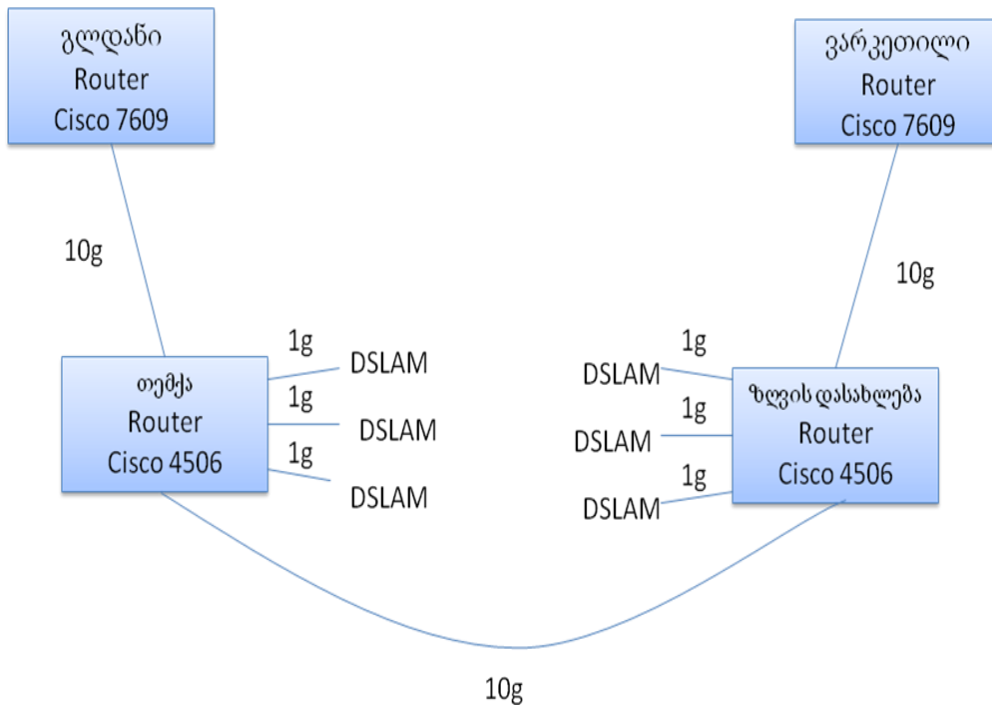




გლდანი-ტელეგრაფი



გლდანი-ვარკეთილი



პირველი თავის დასკვნა:

1. გაანალიზებულია კომპიუტერული ქსელების მიზნები და ამოცანები;
2. გაანალიზებულია კომპიუტერული ქსელების მახასიათებლის და ქსელის მუშაობის ეფექტურობის კრიტერიუმების შეფასების მეთოდები;
3. ჩამოყალიბებულია კომპიუტერული ქსელების დაპროექტების ძირითადი ამოცანა;
4. განხილულია კომპიუტერული ქსელის მონიტორინგის და ანალიზის ინსტრუმენტები

მეორე თავის დასკვნა

1. დასაბუთებულია მოდელირების უპირატესობა ქსელის წარმადობის ოპტიმიზებისათვის;

2. განხილულია გამოთვლითი სისტემების იმიტაციური მოდელირების პოპულარული და სპეციალიზირებული სისტემები;

მესამე თავის დასკვნა

წარმოდგენილია სვინირებული ეზერნეტის დახვეწილი პარამეტრული მოდელი, რომელიც ქსელის სტრუქტურის და საკომუნიკაციო თუ ტერმინალური მოწყობილობების რაოდენობის მიხედვით არ იცვლება. მოდელი შევსებულია საზომი მონაკვეთებით. ისინი უზრუნველყოფენ გამტარუნარიანობის, კადრის მიწოდების დროის და სვინების ბუფერების ზომების გამოთვლას მოდელირების პროცესში.

მოდელის ადეკვატურობა დადასტურდა რეალური ქსელების მახასიათებლების გამოთვლისას. მოდელირების შედეგების ანალიზი განხორციელდა სხვადასხვა სახის აღჭურვილობისთვის. მიღებული შედეგების გამოყენების არეალი გახლავთ სატელეკომუნიკაციო ქსელების და მოწყობილობების აგებულების ოპტიმალურთან მიახლოება.

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 მიღებულია რეკომენდაციები სისტემის ეფექტური ორგანიზაციისათვის. ამავე დროს დამუშავებულია სამოდელირო 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 სამოდულო ექსპერიმენტები და მიღებულია აღნიშნული ცენტრების ეფექტური ორგანიზაციის რეკომენდაციები, რომელნიც სისტემის სწორ მართვას ეფუძვნება 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 მოღვაწეობის ეფექტურობის ამადლების საკითხები ისე, რომ პროვაიდერის რესურსული ხარჯები არ იცვლება. დამუშავებულია მოდელირების მაკრო ენის ANYLOGIC-გარემოში კვლევის სათანადო მოდელები.

ჩვენს მიერ დამუშავებულია მოდიფიცირებული პეტრის ქსელი, რომელიც ორიენტირებულია ქსელური ადმინისტრირების პროცესის აღწერასა და მოდელირებაზე. რაც წარმოდგენილია სადისერტაციო ნაშრომში. ამ აპარატის საფუძველზე დამუშავებულია რეალური მოდელები, რომლებიც ქვემოთ არის წარმოდგენილი.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. 1. М. Балк. Первое знакомство с сетями Петри. © 1998 г. Котов В. Е. Сети Петри. - М.: Наука, 1984.
2. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. - М.: Мир, 1984.
3. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах /Под ред. Е.К.Масловского - М.: Мир,1981. - 322 с.
- 4 Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем: Пер. с англ.— М.: Мир, 1984.— 264 с.

- 1 : Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5, 2006, БХВ-Петербург
- 2 Буч Г., Джекобсон, Рамбо Д. Язык UML. Руководство пользователя: Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2001.
- 3 2. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – Спб.: БХВ Питербург, 2005.
- 4 3. Патрик Ноутон, Герберт Шилдт. Java 2. Наиболее полное руководство: Пер. с англ. – Спб.:ВНУ Питербург, 2007.
- 5 2. Ильина О. П., Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. –
- 6 СПб: Питер, 2008.
- 7 Круподерова Е.П., Короповская В.П. Социальные сервисы Веб 2.0: Методические
- 8 рекомендации к производственному обучению студентов специальности «Программное
- 9 обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». – Н. Новгород:
- 10 Изд-во ВГИПУ, 2008.
- 11 4. Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. Локальные сети: архитектура, алгоритмы,
- 12 проектирование. — М.: ЭКОМ, 2000. .
- 13 5. Прохоров А. Интернет – как это работает. СПб: ВНУ-СПб, 2004.
- 14 6. Симонович С.В., Мураховский В.И., Евсеев Г.А. Новые возможности Интернета.
- 15 Необходимый самоучитель. – СПб: Питер, 2007
- 16 7. Беккерман Е.Н. Работа с Internet с использованием Mozilla Firefox (ПО для
- 17 просмотра Web-страниц): Учебное пособие. - М.: 2008.
- 18 <http://ict.edu.ru/ft/005688/FireFox.pdf>
- 19 8 Белозубов А.В., Николаев Д.Г. Основы работы на компьютере и в сети Интернет: Учебно-методическое пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2007.
- 20 <http://ict.edu.ru/ft/005526/basic.pdf>

- 21 Доржиев Ц.Ц., Мотошкин П.В., Шедеева С.Д., Дампилов Н.Н. Учебное пособие для работы с сетью Интернет. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004.
- 22 <http://ict.edu.ru/ft/004968/MtdIkg8.pdf>
- 23 10. Иллюстрированный самоучитель по Microsoft Internet Explorer .
- 24 <http://www.taurion.ru/ie6> 11. Новые информационные технологии / Под ред. В.П. Дьяконова; Смол. гос. пед. ун-т. - Смоленск, 2003. - Ч. 1. <http://ict.edu.ru/ft/004101//index.html>
- 25 Сотрудничество в среде Google. <http://sites.google.com/a/pednn.ru/ged/Home> 13 Могилев А.В., Пак Н.И., Хеннер Е.К. Информатика: Учебн. пособие для студ. пед. вузов. – М.: Изд. Центр «Академия», 2004.
- 27 Симонович С.В. и др. Информатика. Базовый курс. – С-Пб.: Питер, 2005.
- 28 www.un.org
- 29 <http://portal.unesco.org>
- 30 www.oecd.org
- 31 [www. Anylogic.com](http://www.Anylogic.com)
- 32 www.apa.gov.ge
- 33 Ю.И. Рыжиков Имитационное моделирование: Теория и технологии ISBN: 5-94271-021-X , 2004
- 34 Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 400 с: ил.
- 35 Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Delphi. Быстрый старт. - СПб.: ВУН-Петербург, 2003.
- 36 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика, М: Высшая школа, 2001.
- 37 Культин Н.Б. Delphi 6. Программирование на Object Pascal. - СПб.: Пи-тер, 2001.
- 38 Лифшиц А.Л. Статистическое моделирование СМО. - М., 1978.
- 39 Петров В.Н. Информационные системы - Спб.: Питер, 2002.
- Фомин

40 .П., Математические методы и модели в коммерческой деятельности. - М: Финансы и статистик

41 Кобелев Н. Б. "Основы имитационного моделирования сложных экономических систем"

42 Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard Measures that Drive Performance // Harvard business review, January - February, 1992.

43 Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // Int. J. Man-Machine Studies, 1986, №24.

44 53. Lee K.-C., Kwon S.-J. The Use of Cognitive Maps and Case-Based Reasoning for B2B Negotiation // Journal of Management Information Systems, 2006

45 Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984.

46 Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton. University Press, 1976.

47 Кузнецов О.П., Кулинич А.А., Марковский А.В. Анализ влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями на основе когнитивных карт / Человеческий фактор в управлении. М.: Ком Книга, 2006. С. 313-344.

48 <http://www.imagenet-cane.com/>)

49 (<http://www.optimal.com/>

50 <http://www.abstraction.com/>)

51 (<http://www.nacmind.com/>, <http://www.salestar.com/>

52 (<http://www.caciasl.com/>, <http://www.compuware.com/>

53 <http://www.mil3.com/>, <http://www.opnet.com/>)