

## ქსელის მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების ანალიზი და მათი აღმოფხვრის ეფექტური მეთოდები

ნინო ნატროშვილი, გიორგი ჯაყელი, ოთარ ნატროშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

### რეზიუმე

გაანალიზებულია კომპიუტერული ქსელის მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნის მიზეზები. განხილულია მათი აღმოფხვრის მეთოდები და საშუალებები. შეფასებულია მათი ეფექტურობა გადატვირთვის კონკრეტულ სიტუაციებთან მიმართებაში.

**საკვანძო სიტყვები:** კომპიუტერული ქსელი. გადატვირთული რეჟიმების ანალიზი. ეფექტური მეთოდები და საშუალებები.

### 1. შესავალი

კომპიუტერული ქსელის საინფორმაციო-სერვისული მომსახურების ფორმები და მათი მუშაობის ბოლო წლების განმავლობაში როგორც საზღვარგარეთის ქვეყნებში, ისე ჩვენთან საგრძნობლად გაიზარდა. აქედან გამომდინარე ეს გამოწვეულია ძირითადად ორი მიზეზით:

ქსელის მომხმარებელთა რაოდენობის არნახული ზრდითა და ქსელის მიერ შემოთავაზებული ახალ-ახალი საინფორმაციო სერვისების მრავალფეროვნებით. მთელ რიგ დადებით გარემოებებთან ერთად, აღსანიშნავია თანმდევი უარყოფითი მოვლენებიც. კერძოდ, მომხმარებლების (ქსელის კლიენტების) მხრიდან სერვისის მიმწოდებელ სერვერებზე ხშირი მიმართვები, რაც გამოიხატება “მოთხოვნა-პასუხის” შემცველი პაკეტების ინტენსიობის ზრდით, იწვევენ ქსელის ნორმალურ ფუნქციონირებაში გარკვეულ პრობლემებს (კერძოდ, მის მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნას, განსაკუთრებით პიკის საათებში, როცა ასეთი მიმართვების რაოდენობა აღწევს თავის მაქსიმუმს). ეს პრობლემები წარმოიქმნება ძირითადად იმის გამო, რომ გადაცემული პაკეტების რაოდენობა ქსელის სერვერებისაკენ აბონენტთა განაცხადების (მოთხოვნების) შემცველი პაკეტების გადაცემისას და სერვერებიდან მომხმარებლებისაკენ პასუხების შემცველი პაკეტების დაბრუნებისას, სატრანზიტო (შუალედური) საკომუტაციო კვანძების შესასვლელ და გამოსასვლელ ინტერფეისებში ადგილი აქვს ჭარბი პაკეტების დაგროვებასა და ქსელის არხებით მათი გადაცემების დროით დაყოვნებას. ეს უკანასკნელი საჭიროებს ამ ჭარბი პაკეტების დროებით (თუნდაც ძალზე მცირე ხნით) განთავსებას სატრანზიტო კვანძის საკომუტაციო მოწყობილობის ბუფერულ მეხსიერებაში [1,2].

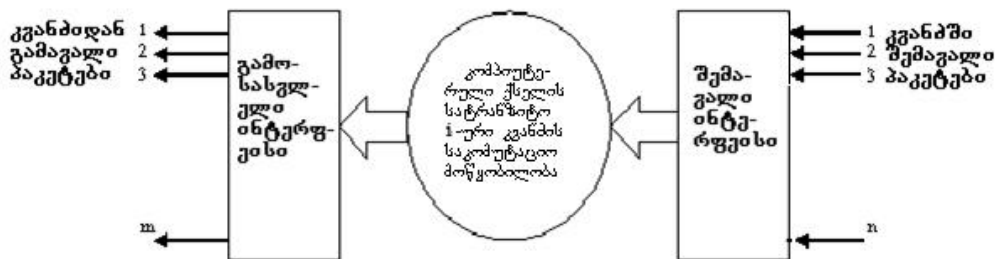
ცნობილია, რომ ამჟამად კომპიუტერული ქსელების საკომუტაციო კვანძებში გამოიყენება სხვადასხვა მწარმოებელი ფირმების მიერ დამზადებული კომუტატორები (მაგალითად: Extreme Networks კომპანიის Summit-სერიის კომუტატორების მოდელების, BlackDiamond 6800 მაგისტრალური კომუტატორების, კომპანია Nortel Networks Accelar 1000 კომუტატორების, კომპანია 3Com-ის CoreBuilder 9000 კორპორაციული კომუტატორების, Cabletron კომპანიის, Cisco Systems კომპანიის სხვადასხვა სინქრაინი კომუტატორების და ა.შ.), რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისგან მათი სწრაფქმედებით, წარმადობითა და შეზღუდული სხვადასხვა მოცულობის ბუფერული მეხსიერებით (როგორც აღვნიშნეთ, ჭარბი პაკეტების სატრანზიტო კვანძებში დროებითი განთავსების მიზნით).

ქსელის მუშაობის პიკის საათებში საკომუტაციო კვანძების შესასვლელ ინტერფეისებში დიდი რაოდენობის პაკეტების დაგროვება ანელებს ქსელის მუშაობის სწრაფქმედებას და მთლიანობაში იწვევს ქსელის საერთო წარმადობის (მასში იგულისხმება გადაცემული “კლიენტ-სერვერული” პაკეტების რაოდენობა დროის ერთეულში (მაგალითად წმ-ში) მკვეთრ დაცემას. ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ იწვევს ქსელის მომხმარებელთა უკმაყოფილებას, რაც გამოიხატება მათ განცხადებებზე (მოთხოვნებზე) პასუხების დაგვიანებაში (ლოდინს კლიენტების მხრიდან).

აქედან გამომდინარე ძალზე აქტუალურია პიკის საათებში ჭარბი პაკეტების როგორც რაოდენობის, ისე მათი შეყვანების დროითი ხანგრძლივობების ოპერატიული განსაზღვრა, რათა გამოითვალოს მიმდინარე დროით მომენტებში რამდენ ჯამურ ხანგრძლივობას მოითხოვენ ისინი საკომპუტაციო კვანძის ოპერატიული მექანიზმების ცალკეული სეგმენტებში მათი დროებითი განთავსების მიზნით (რათა ისინი არ დამახინჯდეს ან არ დაიკარგოს ქსელის მუშაობის პიკური დატვირთვების დროს, ხოლო მათი განმეორებითი გადაცემების საჭიროება კი დამატებით იწვევს მიმდინარე ტრაფიკის გაზრდასა და აქედან გამომდინარე, გადატვირთვის შემთხვევებს).

## 2. ძირითადი ნაწილი

ნახ.1-ზე გამოსახულ ფრაგმენტზე ნაჩვენებია კომპიუტერული ქსელის სატრანზიტო *i*-ურ საკომპუტაციო კვანძში შემაგალი და გამავალი ინტერფეისებზე, ან ამ ინტერფეისების ცალკეულ პორტებზე არსებული პაკეტების *n* და *m* რაოდენობებს შორის ურთიერთ დამოკიდებულება.



ნახ.1 კომპიუტერული ქსელის სატრანზიტო *i*-ური კვანძები

ქსელის მუშაობის გადატვირთულ რეჟიმებში მუშაობის დროს შემაგალი ინტერფეისზე 1, 2, 3, ..., *n* პაკეტების რაოდენობა მკვეთრად აღემატება გამავალი ინტერფეისზე 1, 2, 3, ..., *m* პაკეტების რაოდენობას, რაც იწვევს სატრანზიტო კომპუტატორის (ჩვენს შემთხვევაში *i*-ური კვანძის კომპუტატორის) წარმადობის დაცემას და შედეგად კომპიუტერული ქსელის საერთო სწრაფქმედების შენელებას, საბოლოო ჯამში კი – ქსელის გადატვირთვას.

აღნიშნული პრობლემების გადასაწყვეტად, საჭიროა შემუშავებული იქნეს (და ზოგიერთი მათგანი ამჟამად შემუშავებულია კიდევც) სხვადასხვა მეთოდები და საშუალებები, კერძოდ, საკომპუტაციო კვანძის კომპუტატორების ბუფერული მექანიზმების გაზრდა და მისი ზონებად დაყოფა ჭარბი პაკეტების დროებითი განთავსების მიზნით, პაკეტების პრიორიტეტული განლაგება კვანძის კომპუტატორის ოპერატიულ მექანიზმებში, პაკეტების მართვადი რიგების შექმნა კომპუტატორის პროცესორების მიერ და ა.შ. თუმცა ამ მეთოდების გამოყენება ყოველთვის იქნება ნაკლებად ეფექტური, თუ არ შემუშავდება ისეთი მეთოდი, რომლის მიხედვითაც გვეცოდინება ჭარბი პაკეტების მიწოდებისას (დაგროვებისას) მათი ჯამური ხანგრძლივობები, რათა სწრაფად განისაზღვროს რამდენი ხნის განმავლობაში უნდა დაიკავონ მათ ოპერატიული მექანიზმების ზონები, ასევე განისაზღვროს მათი მოცულობები, ანუ მექანიზმების საჭირო ელემენტების რაოდენობები.

**კომპიუტერული ქსელის გადატვირთვის აღმოფხვრის გზები.** ზემოთ ხსენებული მიზეზების გამო ქსელიში პაკეტების გადაცემის პროცესში შეიძლება ადგილი ჰქონდეს გადატვირთვას. გადატვირთვა შეიძლება შეეხოს ცალკეულ კვანძს, ქსელის რომელიმე უბანს ან უბანთა ჯგუფს, უკიდურეს შემთხვევაში კი მთელ ქსელს.

გადატვირთვები ქსელის ნორმალური ფუნქციონირების მნიშვნელოვან შემაფერხებელ ფაქტორს წარმოადგენენ, ამიტომ აუცილებელია მათი წარმოშობის მიზეზების საფუძვლიანად შესწავლა, ანალიზი და აღმოფხვრის ღონისძიებების დასახვა, შემდგომ კი მათი ზედმიწევნით

გატარება რათა მაქსიმალურად შემცირდეს დროითი შეყოვნებები მონაცემთა გადაცემა-მიღების პროცედურების რეალიზების დროს.

ქსელის ნორმალური ფუნქციონირების პირობებში ადრესატების (გადამცემი სააბონენტო კომპიუტერების) მიერ ქსელისთვის მიწოდებული შეტყობინებები, წარმოდგენილი სათანადო პაკეტების სახით, გადაიცემა ქსელის მიერ და მიეწოდებათ შესაბამის ადრესატებს (მიმღებ სააბონენტო კომპიუტერებს). რა თქმა უნდა, გარდა სხვადასხვა სახის შეცდომების გამო დაზიანებული პაკეტებისა, რომელთა აღმოჩენა და აღდგენაც მიმდინარეობს წინასწარ შემუშავებული მეთოდებით ქსელის ანალიზატორების მიერ.

ერთიანად ასეთი სურათი იქმნება: მომხმარებლისათვის მიწოდებულ პაკეტთა რაოდენობა შემოსულ პაკეტთა რიცხვის ტოლია და ქსელის ფუნქციონირებაც ნორმალურ რეჟიმში მიმდინარეობს. ამ სახით შეტყობინებათა გადაცემის პროცესი წარმართება ნორმალურად თუ ქსელში გადაადგილებადი პაკეტების რიცხვი არ აღემატება ქსელის გამტარუნარიანობას.

თუ ქსელში შემოსულ პაკეტთა რიცხვი, ამა თუ იმ მიზეზის გამო, იწყებს სწრაფ მატებას, ე.ი. ტრაფიკი მნიშვნელოვნად იზრდება და კომპუტატორები ვეღარ ასწრებენ მის მომსახურებას, ქსელში წარმოიშვება გადატვირთვა, რის გამოც ქსელის წარმადობა კლებულობს. აქ საკომუტაციო მოწყობილობების გადატვირთვას იმიტომ ესმება ხაზი, რომ ისინი წარმოადგენენ ძირითად მოწყობილობებს როგორც შიდა საქსელო, ასევე ქსელთაშორისი გადაცემების ორგანიზების პროცესებში.

ტრაფიკის შემდგომი ზრდის პირობებში წარმადობა კიდევ უფრო ეცემა და შეიძლება ისეთი მდგომარეობაც კი შეიქმნას, რომ საერთოდ შეწყდეს პაკეტების ქსელში გადატანა, ანუ სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დაიკარგოს ჭარბი პაკეტები.

გადატვირთვა რამდენიმე ფაქტორმა შეიძლება გამოიწვიოს: ასე მაგალითად, პაკეტების ნაკადების ერთდროულმა შემოსვლამ რამდენიმე მიმართულებიდან, რომელთა გადაცემაც საჭიროა მხოლოდ ერთი გარკვეული მიმართულებით ან პირიქით, როდესაც შეტყობინება ერთდროულად მიეწოდება ერთი და იგივე ადრესატს. ეს კი სატრანზიტო კომპუტატორებში რიგების წარმოშობის მიზეზი ხდება.

გადატვირთვების მიზეზი შეიძლება გახდნენ ნელამოქმედი პროცესორები. რაც არ უნდა დიდი გამტარუნარიანობა ახასიათებდეს გადაცემ სხაზს, თუ კომპიუტერის პროცესორი ნელა ასრულებს მასზე დაკისრებულ ფუნქციებს, რაც დაკავშირებულია პაკეტების აღრიცხვასთან, რიგების მართვასთან, სამარშრუტო ცხრილების შედგენასთან და სხვა, ეს კი ერთიანად ქსელის გადატვირთვის მიზეზი გახდება.

გადატვირთვის მიზეზი შეიძლება თვით გადაცემი ხაზებიც შეიქმნენ. მაგალითად, როცა კომპიუტერის პროცესორები დამაკმაყოფილებელი სინქრით ართმევენ თავს მათზე დაკისრებულ მოვალეობას, მაგრამ გადაცემი ხაზები ვერ ასწრებენ პაკეტთა ნაკადების დროულ გადაცემას. ამ შემთხვევაშიც ქსელის გადატვირთვას ექნება ადგილი.

საერთო სურათი ასეთია: ქსელში ყოველთვის იქნება ე.წ. „ვიწრო ადგილის“ პრობლემა თუ მისი კომპონენტების ფუნქციონირება არ არის სათანადოდ ურთიერთ ბალანსირებული.

**ბაღატვირთვასთან ბრძოლის ზოგადი პრინციპები.** კომპიუტერული ქსელების მართვა შეიძლება განხორციელდეს ორი სახით, როგორც ეს მიღებულია ზოგადად რთული სისტემების მართვის პროცესების რეალიზების დროს: უკუკავშირების არ არსებობის და არსებობის პირობებში.

რთული სისტემების მართვა უკუკავშირების არ არსებობის პირობებში გულისხმობს ისეთ მდგომარეობას, როდესაც პირველად მხარეს, მიმწოდებელს, არ აქვს პირდაპირი, კონკრეტული ინფორმაცია თუ როგორ ხდება მიმღებ მხარეს იმ გადაწყვეტილებების რეალიზება, რომლებიც მიღებულია გადაცემი მხარის მიერ.

მართვა უკუკავშირების არსებობის პირობებში კი გულისხმობს გადამცემი მხარის მუდმივ პირდაპირ ინფორმირებას მიმღებ მხარეს მიმდინარე პროცესებზე.

სისტემებში უკუკავშირების გარეშე წინასწარ ტარდება მიზანდასახული ღონისძიებები, რათა გარანტირებულ იქნეს დასმული ამოცანების ეფექტური გადაწყვეტა. უკუკავშირების არსებობის პირობებში სისტემის ფუნქციონირებაში მუშაობის პროცესში ჩარევა და რაიმე კორექტივის შეტანა გათვალისწინებული არ არის.

სისტემები უკუკავშირით დაფუნქციონირებულია მიმდინარე პროცესების ანალიზზე და მისი შედეგების შესაბამისი კორექტივების განხორციელებაზე.

კომპიუტერული ქსელების შემთხვევაში, როდესაც საქმე ეხება გადატვირთვას, უკუკავშირის რეალიზება სამი ეტაპისაგან შედგება:

1. ქსელზე დაკვირვება, რათა განსაზღვრულ იქნეს სად და როდის მოხდა გადატვირთვა;
2. გადატვირთვის შესახებ ინფორმაციის გადაცემა იქ, სადაც შეიძლება დაიგეგმოს და განხორციელდეს მისი აღმოფხვრის ღონისძიებები;
3. იმ ღონისძიებების გატარება, რომლებიც აღმოფხვრიან გადატვირთვას.

ქსელზე დაკვირვების დროს, როდესაც გადატვირთვის შესაძლებლობის აღმოჩენაა საჭირო, განისაზღვრება რამდენიმე მნიშვნელოვანი პარამეტრი, რომელთა შორისაც აღსანიშნავია:

- იმ პაკეტების პროცენტული რაოდენობა, რომელთა მიღების იგნორირებაც ზდება ბუფერული მახსოვრობის კვანძების გადავსების გამო;
- იმ პაკეტების პროცენტული რაოდენობა, რომელთა გადაცემაც მეორდება მიღების დადასტურების არქონების გამო;
- პაკეტების დაყოვნების საშუალო დრო;
- პაკეტების დაყოვნების დროის გადახრის საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა.

ამ პარამეტრების რიცხვითი მნიშვნელობების ზრდა ყოველთვის იმის მაჩვენებელია, რომ გადატვირთვის შესაძლებლობა მატულობს. ქსელზე დაკვირვების მეორე ეტაპი გულისხმობს ქსელში დამატებითი ინფორმაციის გადაცემას, რაც კიდევ უფრო ამძიმებს მის ისედაც რთულ (გადატვირთულ) მდგომარეობას. ამ მდგომარეობიდან გამოსვლა შესაძლებელია თვითონ სამომხმარებლო პაკეტში დამატებითი სპეციალური ველის შეტანით, რომელშიც აისახება გადატვირთვის მდგომარეობა და მარშრუტიზატორი მას მიიღებს სამომხმარებლო პაკეტის სამსახურებრივი ნაწილის მოცულობის უმნიშვნელო ცვლილების გზით. კომპიუტერული ქსელი უკუკავშირით უკვე იღიაში კი გულისხმობს, რომ მიღებული ინფორმაცია გადატვირთვასთან დაკავშირებით გამოყენებულ იქნება გადატვირთვის აღმოფხვრის მიზნით.

გადატვირთვის არსებობა ნიშნავს იმას, რომ დატვირთვა დროებით ჭარბობს ქსელის რესურსების შესაძლებლობებს მოცემულ ადგილზე არსებულ მოწყობილობებით.

ასეთ პირობებში პირველ რიგში გამოყენებულ უნდა იქნეს ქსელის შიდა რესურსები: თუ ჩვეულებრივ პირობებში პაკეტების გადაცემა ოპტიმალური გზებით ხორციელდება, ადგილობრივი კვანძების გადატვირთვის შემთხვევებში გადაცემა უნდა განხორციელდეს მარშრუტებით, თუ კი ეს შესაძლებელს გახდის დაკმაყოფილდეს მომხმარებელთა მოთხოვნები.

გადატვირთვის პრობლემის გადაჭრის მიმართ ორი მიდგომა არსებობს:

- დამატებითი რესურსების ამოქმედება;
- დატვირთვის შემცირება.

თუმცა არც ორივე მიდგომის ერთდროული გამოყენებაა გამორიცხული. კომპიუტერული ქსელების შემთხვევაში დამატებითი რესურსების გამოყენების მაგალითად შეიძლება მოყვანილ იქნეს მოდემების საშუალებით სატელეფონო ქსელის გამოყენება პაკეტების გადაცემის ორგანიზებისათვის. ქსელის ფუნქციონირების ნორმალური რეჟიმისათვის ეს საშუალება არ არის

მიზანშეწონილი (ღირებულების, ნელმოქმედების, საიმლობისა და სხვა მაჩვენებლების მიხედვით), მაგრამ გადატვირთვის აღმოფხვრის პროცესში კი შეიძლება გამართლებული აღმოჩნდეს.

თუ გადატვირთვით ბრძოლის პროცესში შიგა და გარე რესურსების გამოყენების ყველა გზა ამოიწურება და, მიუხედავად ამისა, გადატვირთვა არ აღმოფხვრება, საჭიროა დატვირთვის შემცირება. დატვირთვის შემცირება ნიშნავს მომხმარებელთა მოთხოვნების გარკვეული ნაწილის შეუსრულებლობას (რაც არა სასურველია).

ქსელის მიერ დატვირთვის შემცირების დროს მომხმარებელი მომსახურების მოთხოვნაზე უარყოფით პასუხს იღებს და იგი იძულებული ხდება დაელოდოს ქსელში მომსახურების შესაძლებლობის აღდგენას. ქსელისათვის ეს არ არის კარგი მაჩვენებელი. ამ დროს მომხმარებლის თვალში ქსელის ავტორიტეტის გაუფასურება ხდება, ამიტომ იგი არასასურველ იძულებით ღონისძიებად უნდა ჩაითვალოს. მიუხედავად ამისა უმჯობესია მომხმარებელი ნაწილობრივ შეიზღუდოს, ვიდრე ქსელმა საერთოდ შეწყვიტოს ფუნქციონირება, როგორც ეს მოსალოდნელია გადატვირთვის უმართავი პროცესების წარმოშობის შემთხვევებში.

**გადატვირთვის თავიდან აცილების სტრატეგიები.** გადატვირთვის თავიდან აცილების სტრატეგიების შემუშავება მნიშვნელოვანია, როგორც უკუკავშირების არმქონე, ასევე უკუკავშირების მქონე ქსელებისათვის. განსხვავება ძირითადად მდგომარეობს იმაში, რომ უკუკავშირების არმქონე ქსელებში უნდა გატარდეს ღონისძიებები, რომლებიც მის წარმოშობას თუ არ გამოორიგნავს, ყოველ შემთხვევაში ნაკლებად შესაძლებელს გახდის, ხოლო უკუკავშირების მქონე ქსელებში კი მათი წარმოშობის (ან წარმოშობის შესაძლებლობის) პირობებში უნდა გატარდეს აუცილებელი ღონისძიებები მათი აღმოფხვრის მიზნით.

უკუკავშირების არმქონე ქსელებისათვის არჩეული უნდა იქნეს გადატვირთვით ბრძოლის რამდენიმე სტრატეგია: განმეორებითი გადაცემა, მიღების დადასტურება და პაკეტების იგნორირება.

განმეორებით გადაცემის, ანუ კვლავგადაცემის სტრატეგიაში დგინდება გარკვეული დროითი ინტერვალი, რომლის განმავლობაშიც მიმწოდებელი ელოდება მიმღებისაგან შეტყობინების მიღების დადასტურებას. ამ დროის გასვლის შემდეგ თუ მიმწოდებელს არ აქვს მიღებული დადასტურება, იგი იწყებს შეტყობინების კვლავგადაცემას (ე.ი. პაკეტების განმეორებით გადაცემას).

კვლავგადაცემის სტრატეგიაში მეტად მნიშვნელოვანია თუ დროის რა მონაკვეთი შეირჩევა დადასტურების დალოდებისათვის. თუ ეს დრო მცირე აღმოჩნდება, ვიდრე შეტყობინების ნორმალურ გადაცემას სჭირდება ქსელში, მაშინ მიმწოდებელი დაიწყებს კვლავ-გადაცემას, თუმცა არსებობს თუ არა ამის საჭიროება, მისთვის არ არის ცნობილი. ამ შემთხვევაში ქსელში იგზავნება უკვე ყოველად უსარგებლო პაკეტები, რომლებიც ქსელის მდგომარეობის დამძიმების მიზეზი გახდნენ და მისი გადატვირთვა გამოიწვიეს. თუ ეს დრო მეტი აღმოჩნდება, ვიდრე შეტყობინების ნორმალურ გადაცემას სჭირდება ქსელში, მაშინ მიმწოდებელი უქმად კარგავს დროს დადასტურების მოლოდინში. ეს ვარიანტი განსაკუთრებით მიუღებელია თუ დადასტურების მიღება მიმწოდებლისათვის რაიმე შემდგომი მოქმედების მასტიმულირებელია. აქედან გამომდინარე, დადასტურების დალოდების დროის შერჩევას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება და იგი ზედმიწევნით უნდა განისაზღვროს ქსელის მონიტორინგის მონაცემების საფუძველზე. (როგორც ზემოთ შევნიშნეთ, ამ მონაცემების გენერირებას აწარმოებს ქსელის ანალიზატორი). მიღების დადასტურების სტრატეგიაში მნიშვნელოვანია თუ როგორ ხორციელდება დადასტურება. იგი შეიძლება ხორციელდებოდეს თითოეული პაკეტის, პაკეტთა ჯგუფის ან მთელი შეტყობინების მიღების შემდეგ. ასეთი დამადასტურებელი შეტყობინებები თვითონ შეიძლება გახდნენ ქსელის გადატვირთვის მიზეზი, ვინაიდან დამადასტურებელი შეტყობინების პაკეტების გადაცემა კიდევ უფრო ზრდის ტრაფიკს, ამიტომ დადასტურების სტრატეგიის მიზანშეწონილობა ასევე ზედმიწევნით უნდა გაკონტროლდეს.

განსაკუთრებით მისაღებია დადასტურების გაგზავნა არა დამოუკიდებელი შეტყობინების სახით, არამედ საჭირო მიმართულებით გადაადგილებადი სხვა შეტყობინების გამოყენებით, ან იგივე მომხმარებლის სხვა პაკეტის გამოყენებით, რომელსაც ინკაფსულაციას უწოდებენ; მის სამსახურებრივ ნაწილში გამოიყოფა სპეციალური ველი, რომელშიც განთავსდება ინფორმაცია დადასტურების საჭიროების მქონე შეტყობინების მიმღების მიერ მიღების შესახებ. ეს მეთოდი რელიზაციის პროცესში მეტ დროს მოითხოვს და დადასტურების მიღებას გარკვეულწილად აყოვნებს, მაგრამ ასევე გარკვეულწილად ქსელს იცავს გადატვირთვებისაგან. დადასტურების ამ სახით გადაგზავნას „ზედღების“ (“ინკაფსულაციის”) მეთოდს უწოდებენ.

პაკეტების იგნორირების სტრატეგიის დროს პაკეტები, რომლებიც დიდი დროის განმავლობაში გადაადგილდებიან ქსელში, შეიძლება იგნორირებულ იქნენ უახლოესი მარშრუტიზატორის მიერ თუ ის გადატვირთვის პრობლემის წინაშეა. ამ მოქმედების ლოგიკა ასეთია: თუ პაკეტი დიდი დროის განმავლობაში გადაადგილდება ქსელში და ვერ აღწევს მიმღებამდე, შესაბამისად, ვერც მიმწოდებელი მიიღებდა მისი მიღების დადასტურებას და მას თავიდან (განმეორებით) გადასცემდა. აქედან გამომდინარე ქსელში ორი ერთნაირი პაკეტის ყოფნაა მოსალოდნელი, ამიტომ პირველის იგნორირება მისაღებია.

ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ კარგად მოფიქრებული, დასაბუთებული სტრატეგია გადატვირთვის პრობლემას საბოლოოდ თუ არ მოხსნის, ყოველ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად შეამსუბუქებს მას, და პირიქით, მოუფიქრებელი, დაუსაბუთებული სტრატეგია კი სიტუაციას კიდევ უფრო დაამძიმებს.

**გადატვირთვებთან ბრძოლა ვირტუალურ არხებთან ქსელებში.** ვირტუალურ არხებთან ქსელებში გადატვირთვებთან ბრძოლის ორი მეთოდი შეიძლება იქნეს გამოყენებული. ესენია:

1. შეღწევის გეგმაზომიერი მართვა;
2. საცობების გვერდის ავლა.

**შეღწევის მართვის** მეთოდის გამოყენების დროს გადატვირთვის სიგნალის მიღებისთანავე იკრძალება ნებისმიერი ახალი ვირტუალური არხის წარმოქმნა მანამ, სანამ გადატვირთვა არ აღმოიფხვრება. ცხადია, ერთი მხრივ, გადატვირთულ ქსელში ყოველი ახალი მომხმარებლის შეღწევა კიდევ უფრო გაართულებს მდგომარეობას, მეორე მხრივ, ასეთი მიდგომა მომხმარებლისათვის მიუღებელია. ეს ქსელის მესვეურთათვის იაფი, საიმედო და პრაქტიკული მეთოდია, თუმცა ეს ხდება ქსელის “ავტორიტეტის” ნაწილობრივი შელახვის ხარჯზე.

**საცობის გვერდის** ავლის მეთოდის გამოყენების დროს გადატვირთვის სიგნალის მიღებისას არ იკრძალება ახალი მომხმარებლის შეღწევა და ვირტუალური არხის წარმოქმნა მიმდინარეობს გადატვირთული კვანძის, საცობის გვერდის ავლით. ამ პროცედურას ანხორციელებს მარშრუტიზატორი ან კომუტატორ/მარშრუტიზატორი. ცხადია, რომ ამ მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია თუ მთელი ქსელი არ არის სრულად გადატვირთვის სიტუაციაში და როდესაც გადატვირთვა არ შეხებათ უშუალოდ ადრესანტთან, ე.ი. მიმღები ჰოსტის ადრესატთან, და ადრესატთან დაკავშირებულ სატრანზიტო კვანძების მარშრუტიზატორებს.

**გადატვირთვებთან ბრძოლა დეიტაბრამულ არხებთან ქსელებში.** ეიტაგრამულ რეჟიმში მონაცემთა პაკეტების გადაცემებისას ქსელებში თითოეულმა მარშრუტიზატორმა თვალყური უნდა ადევნოს თუ როგორი რიგები იქმნება შემომავალ მხარეს და როგორია მასთან დაკავშირებული საკომუნიკაციო გამავალი ხაზების მდგომარეობა, ყოფნით თუ არა მათ გამტარუნარიანობა. მიღებული მაჩვენებლები უნდა შედარდეს წინასწარ დადგენილ ზღვრულ მნიშვნელობებთან, რომელსაც მონიტორინგის დროს აკეთებს, როგორც ავლნიშნით, ქსელის ანალიზატორი. თუ მიღებული მაჩვენებლები უახლოვდებიან ზღვრულ მნიშვნელობებს, ეს ნიშანი იქნება იმისა, რომ ახლოვდება სახიფათო მდგომარეობა – საცობის წარმოშობის სიტუაცია. ამ დროს თითოეული პაკეტი გადის შემოწმებას და თუ მას უწევს გადატვირთვასთან მიახლოებულ

მარშრუტიზატორთან ან კომპუტატორთან გავლა, ისახება დაცვის ღონისძიებები (ზშირად სხვა მარშრუტის შერჩევა). დეიტაგრაჰულ რეჟიმში ქსელებში საჭიროა გადატვირთვისაგან დაცვის შემდეგი ორი მეთოდის გამოყენება: ა) **გამაფრთხილებელი ბიტით** და ბ) **შემაკავებელი პაკეტით**.

განვიხილოთ ორივე ეს მეთოდი.

ა) **გამაფრთხილებელი ბიტი**. პაკეტი გაივლის რა მარშრუტიზატორს, რომლის ფუნქციონირებაც გადატვირთვის ზღვარზეა, მისი სამსახურებრივი ნაწილის დადგენილ ადგილზე ჩაიწერება „ერთიანი“ - გამაფრთხილებელი ბიტი. ამით გადამცემი მხარე როცა მიიღებს მიწოდების დადასტურების პაკეტს, გაფრთხილების ზონის ანალიზით შეიტყობს გადატვირთვის სიტუაციის შესახებ და მას გაითვალისწინებს პაკეტების შემდგომი გადაცემის დროს, ცხადია, მათი შემცირების მიმართულებით; თუ ეს პროცესი – გაფრთხილების მიღება – გაგრძელდება, წყარომ კიდევ უფრო უნდა მეტად შეზღუდოს მიწოდება. ესეიგი გაგრძელდება ასე მანამ, სანამ არ შეწყდება გამაფრთხილებელი ბიტების შემოსვლა. გამაფრთხილებელი ბიტის შემოსვლის შეწყვეტის შემდეგ მიმწოდებელი ნელ-ნელა მოუმატებს გადაცემის სიჩქარეს დააკვირდება მიმდინარე სიტუაციას: ხომ არ შემოდის ისევ გამაფრთხილებელი ბიტი და სათანადო რეაგირებას მოახდენს ან ისევ შეამცირებს ან ისევ გაზრდის მიწოდებას. ამგვარად, ხორციელდება მიმდინარე პროცესების დინამიური თვალყურის დევნება და მასზე შესაბამისი რეაგირება ქსელში გადატვირთვის წარმოშობის გამორიცხვის მიზნით.

გამაფრთხილებელი ბიტის მეთოდის გამოყენების დროს ქსელის ფუნქციონირების ალგორითმი ისე უნდა იყოს აწყობილი, რომ გადატვირთვის პრობლემის მოგვარება თითქოს არაპირდაპირი ჩარევით ხორციელდება: კონკრეტულად შეტყობინების მიმწოდებელმა, თვითონ უნდა გამოიტანოს დასკვნა შექმნილ მდგომარეობასთან დაკავშირებით და შესაბამისად იმოქმედოს.

ბ) **შემაკავებელი პაკეტი**. ამ მეთოდის რეალიზება ითვალისწინებს გადატვირთვის ზღვარზე მყოფი მარშრუტიზატორის მიერ უშუალოდ მიმწოდებლისათვის შემაკავებელი პაკეტის გაგზავნას. გადატვირთვის ზღვარზე მყოფი მარშრუტიზატორი დაკავებული, დაყოვნებული პაკეტის სამსახურებრივი ნაწილიდან იღებს მონაცემებს მიმწოდებლის შესახებ და ამ მიმწოდებელს უგზავნის შემაკავებელ პაკეტს, მოთხოვნით: შეამცირე მიწოდება.

წინასწარი შეთანხმებების შესაბამისად მიმწოდებელი, რომელიც მიიღებს შემაკავებელ პაკეტს, ვალდებულია შეამციროს მიწოდებულ პაკეტთა ნაკადი. მოთხოვნა მიწოდების ნაკადის შემცირების შესახებ შეიძლება იყოს სამი ღონის: მსუბუქი, მკაცრი და ულტიმატუმის ხასიათის. შესაბამისად ნაკადის შემცირება ხორციელდება წინასწარ დადგენილი ზღვრების მიხედვით: გარკვეული პროცენტით, ორჯერადით, ოთხჯერადით, ან საერთოდ მიწოდების შეწყვეტით. ცხადია, ეს ღონისძიებები დროებითია და გრძელდება ქსელის ფუნქციონირების ნორმალური რეჟიმის აღდგენამდე (ანუ გადათვირტვის აღმოფხვრამდე).

### 3. დასკვნა

ზემოთ აღნიშნულის გარდა ამჟამად გადატვირთვისაგან ბრძოლის კიდევ მრავალი მეთოდი შემუშავებული. კონკრეტულ ქსელში, ჩვეულებრივად, დანერგილია მათი გარკვეული რაოდენობა და გადატვირთვის ზღვართან ყოფნისას ყველა ეს მეთოდი მეტ-ნაკლები ეფექტურობით შეიძლება იყოს გამოყენებული გადატვირთვის აღმოფხვრის მიზნით. თუ მოცემულ რაიმე კონკრეტულ სიტუაციაში გადატვირთვისაგან ბრძოლის მიღებულმა არც ერთმა მეთოდმა სასურველი შედეგი არ გამოიღო, მაშინ უნდა მიმართონ ყველაზე რადიკალურ მეთოდს – დატვირთვის მოკვეთას. ამ დროს პაკეტების ნაწილი აღარ დაეკავებება დაშუშავებას და ქსელში შექმნილი სიტუაცია მარტივდება. ცხადია, ეს მიიღწევა მომხმარებელთა მომსახურების ნაწილობრივი გაუარესების ხარჯზე, მაგრამ ეს უმჯობესია ვიდრე გადატვირთვით გამოწვეული სრული ქაოსი ქსელში (ანუ მისი მუშაობის ფაქტიური პარალიზება).

დატვირთვის მოკვეთის ალგორითმის რეალიზება საკმაოდ რთულია. როგორც ცნობილია ხშირად პაკეტებს ქსელში სხვადასხვა პრიორიტეტი გააჩნიათ. ზოგიერთი მათგანის გადაცემის უზრუნველყოფა ქსელისათვის ყველა შემთხვევაში აუცილებელია და თანაც ყოველგვარი შეფერხების გარეშე. ნაწილის იგნორირება კი პრინციპულად, ალბათ, შესაძლებელია, მაგრამ ქსელი თვითონ, ცხადია, ვერ განსაზღვრავს შეტყობინების პრიორიტეტულობას. ეს მომხმარებლის ან ადმინისტრატორის პრეროგატივაა. მომხმარებელმა უნდა აღჭურვოს შეტყობინება ამ მაჩვენებლით, ე.ი. განსაზღვროს შეტყობინება დიდი პრიორიტეტის მატარებელია თუ მას პრიორიტეტულობის დაბალი მაჩვენებელი ახასიათებს. ამავე დროს, მომხმარებელმა, რომელმაც იცის, რომ მისი შეტყობინება შეიძლება მოხვდეს დატვირთვის მოკვეთის ზონაში, მისი გარანტირებული უფრო სწრაფი მომსახურების მიზნით შეიძლება ყველა შეტყობინება აღჭურვოს პრიორიტეტული ნიშნით: „მალიან მნიშვნელოვანია, დაუყოვნებლად გადაიცეს“.

ამ მდგომარეობას მოსდევს შემდეგი გარემოება. პრიორიტეტულობის მაჩვენებლის გაზრდასთან ერთად შეიძლება გაიზარდოს გადაცემის მომსახურების ღირებულება. მომხმარებელმა თვითონ უნდა შეაფასოს უღირს კი მას გადასცეს შეტყობინება ძვირადღირებული პრიორიტეტით, თუ დაკმაყოფილდეს ნაკლებადღირებულით (თუმცა პაკეტი მიაღწევს ადრესატემდე მხოლოდ შედარებით უფრო მეტი დაყოვნებით).

#### ლიტერატურა:

1. ნატროშვილი ო., ნატროშვილი ნ. ტრაფიკის ეფექტური მართვის მეთოდები კომპიუტერული ქსელების მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების დროს. სტუ-შრ.კრ, „მას“ №1(6) 2009
2. ნატროშვილი ო., ნატროშვილი ნ. მაღალი ინტენსიობის პაკეტების გადაცემის ეფექტური ალგორითმების შემუშავება კომპიუტერული ქსელების მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების არსებობისას. სტუ შრ. კრ. მას №7(2) 2009

### THE ANALYSIS OF THE OVERLOADED OPERATING MODES OF NETWORKS AND EFFECTIVE METHODS OF THEIR ELIMINATION

Natroskhvili N., Dzhakeli G., Natroskhvili O.  
Georgian Technical University

#### Summary

The analysis of the reasons of occurrence of the overloaded modes in work of a computer network is developed. Methods and means of their elimination are considered. Their efficiency in the relation to concrete situations of congestion is estimated.

### АНАЛИЗ ПЕРЕГРУЖЕННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТЕЙ И ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Натрошвили Н., Джакели Г., Натрошвили О.  
Грузинский Технический Университет

#### Резюме

Произведен анализ причин возникновения перегруженных режимов в работе компьютерной сети. Рассмотрены методы и средства их устранения. Оценена их эффективность в отношении конкретных ситуаций перегруженности