

**ტრაფიკის ეფექტური მართვის მეთოდები კომპიუტერული  
ქსელის მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების დროს**

ოთარ ნატროშვილი, ნინო ნატროშვილი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

**რეზიუმე**

წარმოდგენილი სტატია ეძღვნება ქსელის არხებით გადასაცემი პაკეტების ოპტიმალური თანამიმდევრობის განსაზღვრის ამოცანის გადაწყვეტას კომპიუტერულ ქსელებში მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების არსებობის დროს. ფორმულირებულია პაკეტების საკომუტაციო კვანძებში ოპტიმალური განლაგებისა და გამოსასვლელ ინტერფეისში მათი გაცემის ძირითადი მოთხოვნები ტრაფიკის დონის ცვლილების (კერძოდ, ამაღლების) დროს. დამუშავებულია ზემოთ ნახსენები ამოცანის რეალიზაციის ალგორითმები.

**საკვანძო სიტყვები:** ტრაფიკის მართვა. კომპიუტერული ქსელები. პაკეტების ეფექტური გადაცემა.

**1. შესავალი**

აღამინთა ყოველდღიურ საქმიანობაში, რაც დრო გადის თანამედროვე საკომუტაციო საშუალებებზე, პირველ რიგში კი კომპიუტერული ქსელების გამოყენებაზე, მოთხოვნილებები განუწყვეტლივ მატულობს. მომხმარებლების მხრიდან როგორც სამსახურეობრივი საჭიროებისათვის, ისე საყოფაცხოვრებო მომსახურებისათვის მკვეთრად იზრდება ქსელის სერვერებზე ხშირი მიმართვების რაოდენობა. ეს კი თავის მხრივ იწვევს კომპიუტერული ტრაფიკის გადატვირთვას (ე.ი. ქსელის მიძღვრა – გადაძვევა არხებში ჭარბი პაკეტების წარმოქმნას).

აქედან გამომდინარე, ცხადია, ძალზე აქტუალური ხდება გარკვეული დონისძიებების შემუშავების საჭიროება ტრაფიკის ეფექტური მართვისათვის, განსაკუთრებით კომუტატორების (როგორც ჰოსტის, ისე სატრანზიტო დანიშნულების კვანძებში) შემავალ ინტერფეისებში მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების (პაკეტების რაოდენობის) წარმოქმნისას. მომხმარებლების მხრიდან როგორც სამსახურეობრივი საჭიროებისათვის, ისე საყოფაცხოვრებო მომსახურებისათვის მატულობს ქსელის სერვერებზე ხშირი მიმართვების რაოდენობა. ეს კი თავის მხრივ იწვევს კომპიუტერული ტრაფიკის გადატვირთვას. აქედან გამომდინარე, ცხადია, საჭიროა გარკვეული დონისძიებების შემუშავება ტრაფიკის ეფექტური მართვისათვის, განსაკუთრებით კომუტატორების (როგორც ჰოსტების, ისე სატრანზიტო დანიშნულების კომუტატორების) შემავალ ინტერფეისებში მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების წარმოქმნისას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად ქვეითდება, როგორც ქსელის სწრაფქმედება, ისე მისი წარმადობა, რაც აისახება კიდევ მომხმარებელთა “მოთხოვნა – პასუხების” დაგვიანებაში. ეს კი უარყოფით მოვლენად უნდა ჩაითვალოს. აქედან გამომდინარე ძალზე აქტუალური ხდება ტრაფიკის რეგულირების ეფექტური მეთოდების შემუშავება კომპიუტერული ქსელის მუშაობაში გადატვირთული რეჟიმების წარმოქმნის შემთხვევების დროს.

წარმოდგენილ სტატიაში დამუშავებულია მეთოდები ქსელების გადატვირთული რეჟიმების არსებობისას კვანძებს შორის საკომუნიკაციო არხებში გადასაცემი პაკეტების მიმდინარე დროში ოპტიმალური თანამიმდევრობების განსაზღვრის ამოცანის ეფექტურად გადასაწყვეტად.

**2. ძირითადი ნაწილი**

კომპიუტერული ქსელის დატვირთვის პიკის საათებში საკომუტაციო მოწყობილობების შესასვლელ ინტერფეისებში ჭარბი რაოდენობის პაკეტების წარმოქმნისას [1-3]-ში დამუშავებულია ერთ-ერთი მიდგომა წარმოდგენილი სტატიის შესავალში ნახსენები მდგომარეობის განმუხტვისათვის. იგი მდგომარეობს ქსელში გადასაცემი პაკეტების მართვადი რიგების მეთოდების დამუშავებაში პულსირებული ტრაფიკისათვის (ე.ი. ტრაფიკის დატვირთვის დონეების ცვლილებისას). ეს მეთოდები ითვალისწინებს ხსენებულ მართვად რიგებში პაკეტების ოპტიმალურ განლაგებას, რომლებიც

პრიორიტეტულად, წონითი კოეფიციენტების ციკლური გამოკითხვით გაიცემა საკომუტაციო კვანძის ბუფერული მექანიზმიდან მის გამოსასვლელ ინტერფეისში.

წარმოდგენილ სტატიაში შემოთავაზებულია მათგან რამდენადმე განსხვავებული მეთოდები, რომლებსაც უკეთ ითვალისწინებენ ქსელში შექმნილ ზემოთ ნახსენებ სიტუაციებს.

ქსელის კვანძის გამოსასვლელ ინტერფეისში (გამოსასვლელ წერტილში) საინფორმაციო ნაკადების განაწილების ეფექტურობა (პირველ რიგში განაწილების სინქარე მიმდინარე დროის რომელიმე ერთეულში – წამში, მიკროწამში, ნანოწამში და ა.შ.) სატრანზიტო კვანძების სწრაფქმედება დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ინტენსივობით მიეწოდება პაკეტები ამ კვანძის მეზობლად მდებარე საკომუტაციო სისტემებიდან და ამის შესაბამისად რა რაოდენობის პაკეტები გროვდება ჰოსტებზე მდებარე კვანძების შემავალ ინტერფეისებში. ქსელის პოსტის საკომუტაციო კვანძში, ისევე როგორც სხვა საკომუტაციო სისტემებში საინფორმაციო დამუშავებისას (მათი განაწილების თვალსაზრისით) გათვალისწინებული უნდა იყოს ოპტიმალურობის გარკვეული კრიტერიუმები, სადაც პირველ რიგში მხედველობაში მიიღება პაკეტების დამუშავების (გასაგზავნად „დახარისხების“) დროში მოცემული მინიმალური მომენტები. ამას გარდა სასურველია გათვალისწინებული იქნეს ქსელის სერვერებისაკენ მიმართული საინფორმაციო ნაკადების როგორც რაოდენობა, ასევე დროითი ხანგრძლიობებიც (ეს უკანასკნელი ძირითადად განისაზღვრება მომხმარებლის მუშა სადგურში OSI მოდელის ყველაზე მაღალ, გამოყენებით დონეზე).

წარმოდგენილ ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდების მიხედვით შეტყობინებათა პაკეტების საკომუტაციო კვანძებში განაწილებისას მათი (პაკეტების) ოპტიმალური თანამიმდევრობის განსაზღვრის არსი მდგომარეობს შემდეგში. დაუშვათ ქსელური სტრუქტურის რომელიმე საკომუტაციო სისტემაში პროგრამა-დისპეტჩერის ამოქმედებისას, მისი ჩართვის რაიმე  $t$  მომენტში, მიმდინარე დამუშავებაზე (განაწილებაზე) რიგში დგანან  $m(m \geq 2)$  შემავალი პაკეტები, რომლებსაც გააჩნიათ შემდეგი მახასიათებლების სიმრავლე: რიგითი ნომერი (პრიორიტეტის ინდექსის ან პრიორიტეტის წონითი კოეფიციენტის სახით)  $i, i \in I = \{1, 2, \dots, m\}$  შეტყობინების ნაკადის სახე (კლასი)  $V_i, V_i \in V = \{V_1, V_2, \dots, V_n\}$ ; ქსელის საკომუტაციო კვანძის პროცესორში „გამოსაკვლევად“ პაკეტის მიწოდების სავარაუდო მომენტი  $t_i$ ; საკომუტაციო სისტემაში პაკეტების დამუშავების (განაწილების) საშუალო დრო  $\bar{T}_i$ ; პაკეტების რიგში  $i$ -ური შეტყობინების ჩაყენების დასაშვები ხანგრძლიობა  $C'_i$ ;  $i$ -ური შეტყობინების (პაკეტის) საკომუტაციო კვანძის ბუფერულ მექანიზმებში ყოფნის დრო  $\tau_{is}$ , რომელიც დგას  $S$ -ურ ადგილას. თანამიმდევრობაში (პაკეტების რიგში)  $I = \langle i_1, i_2, \dots, i_s, \dots, i_m \rangle$  და სიდიდე  $h^{V_i}$ , რომელიც ითვალისწინებს ქსელის სხვა არხებიდან ამ საკომუტაციო სისტემაში  $V_i$ -ური სახის შეტყობინებების ფარდობით ფასეულობას, შეფასებულს პრიორიტეტის კოეფიციენტით. დაუშვათ ასევე, რომ საკომუტაციო კვანძში შეტყობინებების სიმრავლის თითოეულ  $i$  პაკეტში, რომელიც დგას  $S$ -ურ ადგილას ბუფერის  $I$  მიმდევრობაში (რიგში), შეიძლება შევუსაბამოთ დროითი მნიშვნელობა

$$Q_{is}^{V_i} = f_i^V [\tau_{is}, h^{V_i}, \tau_{დასაშვ.i}], \quad (1)$$

რომელიც ( $Q_{is}^{V_i}$ ) გამოითვლება როგორც ფუნქციის მნიშვნელობა რაღაც დროითი საკომუტაციო სისტემაში (კვანძში) ყოფნის, ე.ი. დაყოვნების დროითი მნიშვნელობით  $\tau_{is}$ . ეს მნიშვნელობა შეადგენს

$$\tau_{is} = t - t_{0i} + \bar{T}_1 + \bar{T}_{2i}^{(s)} + \bar{T}_i, \quad (2)$$

სადაც  $\bar{T}_1$  - რიგში პაკეტის თანამიმდევრობების დაგეგმვის საშუალო დროა;  $\bar{T}_{2i}^{(s)}$  - იმ პაკეტის რიგიდან გაცემის საშუალო დროა, რომელიც ამ რიგში იკავებს წინა ადგილს  $q$ -ს ( $q < S$ ) პაკეტების  $I$  თანამიმდევრობაში.

(1) გამოსახულებაში  $\tau_{დასაშვ.i}$  - რიგში  $i$ -ური პაკეტის ყოფნის დასაშვები დროა. (2) გამოსახულებაში პაკეტის  $I$  რიგიდან გაცემის საშუალო დრო შეადგენს

$$\bar{T}_{2i}^{(s)} = \sum_{q=1}^{s-1} \bar{T}_{iq}, \quad i_q \neq i_s, \quad i_q \in I.$$

ამგვარად, ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ საჭიროა განისაზღვროს ქსელის საკომუტაციო სისტემაში (კვანძში) რიგში მდგომი პაკეტების ოპტიმალური  $I_{\text{ოპტ}}$ . თანამიმდევრობები ქსელის არხებში გადასაცემად მიმდინარე დროის მომენტებში.

$I_{\text{ოპტ}}$ -თანამიმდევრობის შერჩევის მთავარ კრიტერიუმად (ოპტიმალურობის კრიტერიუმად) აიღება საკომუტაციო კვანძში რიგების ფორმირების ჯამური დროითი დანაკარგების საშუალო მნიშვნელობა

$$P(I_{\text{ოპტ}}) = \sum_{i=1}^m Q_{is}^{V_i}, \quad S \in I, \quad V_i \in V.$$

დაუშვათ, რომ დროითი მნიშვნელობები ტოლია

$$t_1 = \min_i \{t_{0i}\},$$

$$t_2 = t + \bar{T}_1 + \sum_{i=1}^m \bar{T}_i.$$

საინფორმაციო ნაკადში პაკეტების თანამიმდევრობას (ე.ი. ქსელის არხებში გადასაცემი პაკეტების რიგს, რომელიც ფორმირდება ბუფერულ მენსიერებაში) ვუწოდოთ ოპტიმალური  $I_{\text{ოპტ}}$  თუ მას შეესაბამება  $P(I_{\text{ოპტ}})$ -ის ისეთი მნიშვნელობა, რომელიც საკომუტაციო სისტემაში დროის  $[t_1, t_2]$  მონაკვეთზე არ აღემატება  $P(I_k)$ -ის მნიშვნელობას რიგში არსებული პაკეტების ნებისმიერი სხვა თანამიმდევრობისათვის. მაშინ მიმდინარე მომენტში არსებულ რიგში პაკეტების ოპტიმალური თანამიმდევრობის განსაზღვრის ამოცანა ფორმულირდება შემდეგნაირად. საკომუტაციო კვანძში უნდა განისაზღვროს (ე.ი. საკომუტაციო კვანძის პროცესორმა უნდა დააფორმროს კვანძის გამოსასვლელ ინტერფეისში გადასაცემად) ისეთი პაკეტების თანამიმდევრობა  $I_{\text{ოპტ}} \in \{I_k\} \quad k = 1, 2, \dots, m$ , რომლისთვისაც

$$P(I_{\text{ოპტ}}) = \min \{P(I_k)\}. \quad (3)$$

ვინაიდან საკომუტაციო კვანძის ბუფერულ მენსიერებაში (V-მოცულობაში) მყოფი პაკეტების ნებისმიერ  $I_k$  თანამიმდევრობაში პაკეტს, რომლის ნომერია  $i$  შეუძლია დაიკაოს S ადგილი, მაშინ  $I_{\text{ოპტ}}$  ფორმირების ამოცანის ჩასაწერად (საკომუტაციო კვანძის პროცესორში პაკეტების განაწილებისათვის საჭირო პროგრამების კომპლექსის მიხედვით), შემოვიტანოთ შემდეგი პირობები: მართვადი რიგის პრიორიტეტების ცვალებადი დანიშნულება  $Q_{is} = \{0, 1\}$ :  $Q_{is} = 1$  თუ  $i$ -რი პაკეტი იკავებს S ადგილს თანამიმდევრობაში წინააღმდეგ შემთხვევაში  $Q_{is} = 0$ .

ის პირობა, რომ ქსელის საკომუტაციო სისტემაში შემოსულ ნებისმიერ პაკეტს შეუძლია შეესაბამებოდეს მხოლოდ ერთი ადგილი თანამიმდევრობაში (პაკეტის რიგში) და თითოეული (პრიორიტეტული) ადგილი შეიძლება გამოყენებული იქნეს მხოლოდ ერთხელ, შესაბამისად ჩაიწერება როგორც

$$\sum_{i=1}^m Q_{is} = 1, \quad s = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^m Q_{is} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

პაკეტების ურთიერთკავშირიანობა მათი საკომუტაციო კვანძში განაწილების რიგითობის მიხედვით მეტად მოსახერხებელია მოცემული იქნეს პაკეტების ბინარულ (ე.ი. ორობით 1,0) დამოკიდებულებათა მატრიცით  $A = \|a_{ij}\|$ , რომლის სტრიქონები და სვეტები დაინომრება პაკეტების რიგითი ნომრით ( $i, j = 1, 2, \dots, m$ ), ხოლო მატრიცის ელემენტების მნიშვნელობები კი (მდებარე A-მატრიცის სტრიქონებისა და სვეტების გადაკვეთაზე) განსაზღვრავს პაკეტების წყვილის ფარდობით ურთიერთგანლაგებას მათი საკომუტაციო კვანძის გამოსვლით. წერტილიდან ქსელის არხებში გაცემის რიგითობის მიხედვით. ამასთან A მატრიცის სტრიქონისა და სვეტის გადაკვეთაზე  $a_{ij} = 1$ , თუ  $i$ -ური საკომუტაციო კვანძიდან გაცემა წინ უსწრებს  $i$ -ური პაკეტის გაცემას. ეს აღვნიშნოთ როგორც  $a_{ij} = 1$  - ის დროს პაკეტი საკომუტაციო კვანძის გამოსასვლელ ინტერფეისში გასაცემად მზადდება უფრო ადრე, ვიდრე  $j$ , ხოლო როდესაც  $a_{ij} = 0$  ასეთი პრიორიტეტული გაცემა საკომუტაციო კვანძის

გამოსვლის წერტილიდან ( $i \rightarrow j$  დამოკიდებულება) დაუშვებელია, ან სხვაგვარად რომ ვთქვათ, არაეფექტურია.  $a_{ij}=1$ -ის დროს მოიცემა  $i$  და  $j$  პაკეტების დამოკიდებულება რიგში მათი მეზობლობის ნებისმიერი რანგით.

ზემოხსენებული მეთოდების სარეალიზაციოდ შესაძლებელია დამუშავებული იქნეს შესაბამისი ალგორითმები.

### **3. დასკვნითი ნაწილი**

წარმოდგენილ სტატიაში განხილული მეთოდები უზრუნველყოფს ტრაფიკის ეფექტურ მართვას კომპიუტერული ქსელების მუშაობის გადატვირთული რეჟიმების არსებობისას. ქსელის დატვირთვის დონეზე დამოკიდებულებით საკომუტაციო კვანძების შესასვლელი ინტერფეისის მიმდინარე მდგომარეობა შეიძლება დახასიათდეს იმ შემავალი პაკეტების რაოდენობით, რომლებიც ელოდება კვანძში დამუშავებას მათი პრიორიტეტული რიგების ფორმირებისათვის. ალგორითმების შემუშავებას, რომლის მიხედვითაც შესაძლებელია საკომუტაციო კვანძის გამოსასვლელ ინტერფეისზე პაკეტების პრიორიტეტებისა და პაკეტების კვანძის ბუფერული მეხსიერებიდან გაცემის ოპტიმალური თანამიმდევრობის განსაზღვრა. ამ ალგორითმების რეალიზაცია მნიშვნელოვნად შეუწყობს ხელს კომპიუტერული ქსელების როგორც სწრაფქმედების, ისე მათი წარმალობის გაზრდას ქსელის არსებში მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო პაკეტების მიღება-გადაცემების დროს.

#### **ლიტერატურა:**

1. ნატროშვილი ო. და სხვები. ქსელურ სისტემაში დატვირთვის განაწილების ოპტიმალური მეთოდები მაღალი ინტენსიობის საინფორმაციო ნაკადების არსებობისას. სტუ-ს შრ.კრ. მას-№1(4), 2008
2. ნატროშვილი ო., ნატროშვილი ნ. კომპიუტერული ტრაფიკის პულსაციების ავტომატური რეგულირების მეთოდები. სტუ-ს შრ.კრ. მას-№2(5), 2008
3. Робиташили Г.А., Натрошвили О.Г., Габашили Н.В. Методы регулирования трафика компьютерных сетей в условиях «пульсации» информационными потоками высокой интенсивности. GEN № 2, 2005.

#### **METHODS OF EFFICIENT CONTROL OF THE TRAFFIC AT THE OVERLOADED OPERATING MODES OF COMPUTER NETWORKS**

Natroshvili Otar, Natroshvili Nino  
Georgian Technical University

#### **Summary**

The Presented article is devoted to the decision of a problem of definition of optimum sequence of transferred packages through network channels at existence of the overloaded operating modes in computer networks. The basic requirements of an optimum arrangement in buffer memory of switching

knots and deliveries of packages from the target interface are formulated at change (in particular, increase) in level of the traffic. Algorithms of realization specified above a problem are developed.

**МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКА ПРИ ПЕРЕГРУЖЕННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ**

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

**Резюме**

Представленная статья посвящена к решению задачи определения оптимальной последовательности передаваемых пакетов через каналы сети при существовании перегруженных режимов работы в компьютерных сетях. Сформулированы основные требования оптимального расположения в буферной памяти коммутационных узлов и выдачи пакетов из выходного интерфейса при изменении (в частности, увеличении) уровня трафика. Разработаны алгоритмы реализации указанной выше задачи.