

ფრაქტალურობის იდენტიფიცირება და მონაცემთა გენერაცია

ზაზა მარდალეიშვილი

აკადემიური დოქტორი, ასისტენტ-პროფესორი, აკაკი წერეთლის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი, ქ.ქუთაისი, საქართველო e-mail: zaza.mardaleishvili@atsu.edu.ge

ანოტაცია

მულტისერვისულ ქსელებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სატელეკომუნიკაციო ქსელში მოთხოვნების შემოსვლის ნაკადების შესწავლას, რომლის შედეგების საფუძველზე შესაძლებელია ქსელთან დაკავშირებული პრობლემების განხილვა და გადაწყვეტა. მაგრამ, პულსირებული, ანუ სტრუქტურული ნაკადების აღწერისა და რაოდენობრივი შეფასებისას კორელაციის ფუნქცია იძენს განსაკუთრებულ მნიშვნელობას, ვინაიდან, როგორც დროითი დაყოვნების ფუნქცია წარმოადგენს პოლინომიალურ და არაექსპონენციალურ ფუნქციას. რეალური ქსელი ყოველთვის შეიცავს შეზღუდული რაოდენობის რესურსებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ შეზღუდული რაოდენობის რესურსის მოპოვების პროცესში აუცილებლად წარმოიქმნება არაწრფივი მოვლენები და ამის შედეგად თავს იჩენს ტრაფიკის წყაროებს შორის დამოკიდებულობა. გადატვირთულობის შემთხვევაში წარმოიქმნება ასეთივე არაწრფივობები მართვის მექანიზმებშიც, როგორებიცაა TCP (გადაცემის მართვის პროტოკოლი), Ethernet და სხვა. ნაშრომში მიღებული შედეგები ემდგვნება კავშირგაბმულობის მულტისერვისული ქსელების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის პრობლემებს.

საკვანძო სიტყვები: მონაცემთა ბაზა, გენერაცია, პაკეტური კომუტაცია.

შესავალი: საერთაშორისო ექსპერტების თვალსაზრისით XXI საუკუნე იქნება გლობალური ინფორმაციული საზოგადოების საუკუნე. მის საფუძველს წარმოადგენს გლობალური ინფორმაციული ინფრასტრუქტურა (Global Informational Infrastructure-GII), რომელიც მოიცავს კავშირგაბმულობის მძლავრ სატრანსპორტო ქსელებს, ინფორმაციის დამუშავებისა და განაწილების სისტემებს, მომსახურების მრავალფეროვან საინფორმაციო სახეობებთან მიერთების საშუალებებს.

ყველა განვითარებულ ქვეყნებში მიმდინარეობს გლობალური ინფორმაციული ინფრასტრუქტურის შექმნისა და განვითარების სამუშაოები, რომლებიც ითვალისწინებს განვითარებადი ქვეყნების მოქცევას მსოფლიოს ერთიან საინფორმაციო სივრცეში. ამ საქმიანობაში ჩართულია მრავალი საერთაშორისო ორგანიზაცია და მათ შორის ყველაზე

ავტორიტეტული ინფოტელეკომუნიკაციის სფეროში - ელექტროკავშირგაბმულობის საერთაშორისო საბჭო ITU (International Telecommunication Union), ამასთან ერთად, ტელეკომუნიკაციის დარგში სამეცნიერო-თეორიული და გამოყენებითი კვლევების ძირითად მიმართულებას წარმოადგენს თანამედროვე ქსელებისა და სისტემების ფუნქციონირების ხარისხობრივი მაჩვენებლების რაოდენობრივი შეფასების ახალი მეთოდების დამუშავება.

ტელეკომუნიკაციის ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ და მომსახურების ახალ საფეხურებზე მოთხოვნების ზრდამ გამოიწვია მომსახურების ახალი სახეობების შექმნისა და მათი უსწრაფესად დანერგვის აუცილებლობა.

დღევანდელ ეტაპზე პერსპექტიულია კავშირგაბმულობის ქსელები პაკეტების კომუტაციით, რომელიც უკვე ფართოდ არის გამოყენებული ინფორმაციის ნებისმიერი სახეობის გადაცემისათვის. ქსელების არქიტექტურა განუხრელად რთულდება, განსხვავდებიან შემოთავაზებული მომსახურების სახეობებითა და დანიშნულებით. აღნიშნულის საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი (შემდეგი) თაობის ქსელების (Next Generation Networks - NGN) კონცეპცია.

შემდეგი თაობის ქსელს შეუძლია გააერთიანოს ტელეკომუნიკაციის ინდუსტრიის ყველა სფერო - ტრადიციული სატელეფონო ქსელები და ინტერნეტ მომსახურება, კორპორატიული ქსელები და საერთო სარგებლობის ქსელები, სატრანსპორტო ქსელები და მიერთების ქსელები, სადენიანი და უსადენო ქსელები, სრულიად განსხვავებული ტექნოლოგიური ბაზისა და მომსახურების სახეობების ქსელები: შემდეგი თაობის ქსელების მთავარი თავისებურებაა - ღია მოდულური არქიტექტურა, რაც იძლევა ახალი მოდულების დამუშავებისა და დანერგვის საშუალებას და ამის საფუძველზე მარტივდება ახალი ტექნოლოგიების, მომსახურებათა სახეობებისა და ფუნქციების დანერგვა და ურთიერთქმედება არსებულ ქსელებთან.

ყოველივე ამის საფუძველზე უნდა ვივარაუდოთ, რომ უახლოეს წლებში ტელეტრაფიკის თეორიისა და რიგთა თეორიის სპეციალისტების სამეცნიერო აქტივობა გაიზრდება. ვიმედოვნებთ, რომ ტელეკომუნიკაციის დარგის ახალი მიმართულებები საქართველოშიც მიაღწევს სრულყოფილებას და გახდება კომპიუტერული და სატელეკომუნიკაციო ქსელებისა და მისი კომპონენტების ანალიზის, მოდელირებისა და ოპტიმიზაციის ახალი ტექნოლოგიის საფუძველი.

სამუშაოს მიზანი: პულსირებულად ცვლადი სტუქტურების აღწერისა და რაოდენობრივი შეფასების მიზნით, აუცილებელია ქსელში შესაბამის სატრაფიკო ტრასებზე ჩატარებული გაზომვების შედეგებით სარგებლობა. მულტისერვისულ ქსელში ტრაფიკზე ზემოქმედი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია, სერვისების ძირითადი სახეობების პულსირებადი სტრუქტურა, როგორებიცაა შეკუმშული ვიდეოინფორმაციის, ფაილების და სხვათა გადაცემა. თუ $\{T_n\}$ დროის მომენტებში შემოდის პაკეტები და ისინი წარმოადგენენ დროის ღერძზე კონცენტრირებულ (შეჯგუფებულ) თანმიმდევრობას, მაშინ ამ პროცესს აქვს პულსირებული სტრუქტურა, შესაბამისად, შემოსვლებს შორის დროის შუალედები $\{A_n\}$ მიისწრაფის გარკვეული რაოდენობის მოკლე შუალედების წარმოქმნისაკენ, რომელიც მოსდევს ასეთ ჯგუფამდე შემოსულ პაკეტებს შორის ხანგრძლივ პერიოდებს და ა.შ. შეიძლება გამოვყოთ პულსირებული სტრუქტურის წარმოქმნის ორი ძირითადი წყარო. ესენია, მარგინალური

განაწილების ფორმა და $\{A_n\}$ –ს კორელაციური ფუნქცია. პულსირებადი სტრუქტურის ძირითადი მიზეზია დადებითი კორელაციები დიდ დაყოვნებებისას. დაგეგმარების პროცესში იყენებენ პულსირებადი სტრუქტურის უმარტივეს განზომილებას, კერძოდ, ტრაფიკის პირველი რიგის სტატისტიკურ მახასიათებლებს, რომლებიც დაკავშირებულია პაკეტების შემოსვლებს შორის დროის ინტერვალების განაწილებასთან. ტიპიურ მაგალითს წარმოადგენს ტრაფიკის ინტენსიობის პიკური მნიშვნელობის, საშუალო მნიშვნელობასთან ფარდობის განსაზღვრა (PMR-Peak to Mean Ratio), რაც ითვლება მხოლოდ მიახლოებით განზომილებად, რადგანაც ის დამოკიდებულია ტრაფიკის ინტენსიობის გაზომვის დროის ინტერვალზე. პულსირებადი სტრუქტურის განზომილებად იყენებენ აგრეთვე პაკეტების შემოსვლებს შორის დროის ცვლილების კოეფიციენტს $C_A = \lambda_A \cdot \sigma_A$. საზოგადოდ ეს მახასიათებლები ასახავენ ტრაფიკის პულსირებად სტრუქტურას ძალზე ზედაპირულად. პულსირებადი სტრუქტურის უფრო ზუსტი განზომილების განსაზღვრისათვის იყენებენ პაკეტების შემოსვლებს შორის დროის ინტერვალების განაწილების, $\{A_n\}$ –ის, მეორე რიგის თვისებას (Second Order Properties), კერძოდ, განზომილებას, რომელიც დაკავშირებულია მის კორელაციურ ფუნქციასთან და პულსირებადი სტრუქტურის საზომ ერთეულად, თვითმსგავსების კონცეპციის საფუძველზე, გამოყენებულია ხერსტის მაჩვენებელი H .

ცნობილია მრავალი პულსირებადი სტრუქტურის აღწერის ორი მეთოდი – დისპერსიის ინდექსის და ტრაფიკის პიკურობის, რაც იძლევა პუასონის ტიპის ტრაფიკთან (PTC-Poisson Traffic Comparison) და სერვერების უსასრულო ჯგუფის არსებობის (ISE Infinite -Server Effect) ზეგავლენის შედარების საშუალებას.

ტრაფიკის მოდელირებასთან დაკავშირებული კვლევების მიზანს წარმოადგენს თვითმსგავსების (self-similarity), ანუ ფრაქტალურობის იდენტიფიცირება, რაოდენობრივი მახასიათებლების შეფასება, შესაძლო ხანგრძლივი დამოკიდებულების შესწავლა, ქსელის ტრაფიკში ფრაქტალურობის მიზეზების არსებობის განმარტება და რიგების არსებობის გათვალისწინებით, ქსელის წარმადობის კვლევა. ქსელის რესურსების შეუზღუდავი რაოდენობისა და ტრაფიკის ურთიერთდამოუკიდებელი წყაროების შემთხვევაში ფრაქტალურობა (თვით მსგავსება) წარმოიქმნება ცალკეული, აქტიურ/პასიური (ON/OFF) წყაროების სიმრავლეთა გაერთიანების შედეგად. წყაროს აქტიური და პასიური პერიოდების განაწილება ხასიათდება მძიმე წაგრძელებებით და აქვს უსასრულო დისპერსია. აქტიურ/პასიური წყაროების სიმრავლის ზედდება ავლენს უსასრულო დისპერსიის მიდრეკილებას და ქსელში ჩამოყალიბებული გაერთიანებული ტრაფიკი არის თვითმსგავსი, რომლის სახეც მიისწრაფის ბროუნის მოძრაობის ტიპის ფრაქტალურობისაკენ.

ქსელის ტრაფიკის თვითმსგავსე დაყვანის სირთულის ძირითადი მიზეზია ის, რომ არ არსებობს მკაფიოდ გამოკვეთილი, თვითმსგავსების გამომწვევი მიზეზობრივი ფაქტორები. ქსელის თვითმსგავს ტრაფიკში არსებული სხვადასხვა კორელაციები, შეიძლება წარმოიქმნან განსხვავებული მიზეზებით და მახასიათებლებში გამოვლიდნენ კონკრეტულ დროით მასშტაბებში. ეს შეიძლება იყოს ინფორმაციისა და ძეგნის სტრუქტურა (მაგალითად დისკი და მეხსიერებაში არსებული პროგრამები), მომხმარებლის მხრიდან „მოფიქრების დროის ხანგრძლივობას“ და ფაილების გადაცემის უპირატესობები, საშუალოდ ბუფერების ეფექტი (ქეშირება), გადაცემის მართვის პროტოკოლი (TCP), Ethernet და ATM–მექანიზმების მართვა (მიერთების მართვა, გადატვირთულობების მართვა და სხვა).

თვითმსგავსი სტრუქტურის ტრაფიკის გაჩენის მნიშვნელოვანი მიზეზი დაკავშირებულია მონაცემთა წარმოქმნის წესთან. გაზომვების შედეგად გამოვლინდა, რომ ქსელისა და მომსახურების სახეობათა დონის ტრაფიკებში, წარმოადგენს ორგანოზომილებიანი თვისებების მატარებელს, რომელიც ნაწილობრივ დაკავშირებულია ფაილის (პაკეტის) უჯრედის შემოსვლებს შორის დროის შუალედების განაწილებების და ნაწილობრივ კი, ფაილის/პაკეტის ზომების განაწილებასთან [1]. ამრიგად, მომსახურებათა სახეობების დონეზე ტრაფიკისათვის, თვითმსგავსების მდგომარეობა არ იქნება შექმნილი ხელოვნურად. ცალკეული მომსახურებათა სახეობები და მათი წყაროები ქმნიან ტრაფიკს სტატისტიკურად განსხვავებული მახასიათებლებით, მაგრამ ძირითადი სტრატისკური მაჩვენებლებით, ძირითადი სტატისტიკური მაჩვენებლები (მაგალითად, კორელაციური სტრუქტურა), არის ინვარიანტული ერთი მანქანა/ქსელიდან მეორესაკენ. მაგალითად, როგორც ეს ნაჩვენებია [1], მომსახურების დონეზე ინფორმაციული ობიექტების ზომების განაწილება (მომხმარებელი/სერვერის პრინციპი), კარგად შეიძლება აღწერილი იქნას მძიმე წაგრძელებების ტიპის განაწილების ფუნქციით.

მაშინ, როდესაც ანალიზური კვლევა შეუძლებელია, ხელოვნური ტრასების სინთეზის ალგორითმები განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენენ, ვინაიდან მათი გამოყენებით შესაძლებელია ფრაქტალური დატვირთვის მიმართ მოდელირება. ხელოვნური ტრაფიკის სინთეზი გარკვეულად უფრო ხელსაყრელია ვიდრე რეალური გაზომვების შედეგად შედგენილი მოდელი, ვინაიდან:

- რეალური ტრასები ძალზე მოუხერხებელია გაზომვებისა და შედეგების დასაფიქსირებად;
- აღსაქმელად, შედარებით თვალსაჩინო პარამეტრები საშუალებას იძლევა რეალური მონაცემების საფუძველზე განვაზოგადოთ მოდელირების შედეგები ნებისმიერი ვითარებისთვის, რომელთა განსაზღვრა რთული ამოცანაა (ჰერსტის მაჩვენებელი, საშუალო მნიშვნელობები, დისპერსიის დამოკიდებულება აგრეგირების პარამეტრისაგან და სხვა) [2].

რეალური მონაცემები ავლენენ ურთულესი სტრუქტურული დამოკიდებულების ხასიათს, ვიდრე, შესწავლილი პროცესისათვის სპეციალურად ფორმირებული ვითარებები, რომლებსაც გააჩნიათ ხანგრძლივი დამოკიდებულებების შინაარსი.

პაკეტური კომუტაციის შემთხვევაში, ბიტების უწყვეტი ნაკადი გადაცემის ცვლადი სიჩქარით, ქმნიან პაკეტების ნაკადს, ამასთანავე პაკეტებს შორის დროის ინტერვალების განაწილების სიმკვრივე, ცალსახად განსაზღვრავს პაკეტების ნაკადის სტატისტიკურ თვისებას და წარმოადგენს წაგრძელების შემცველ განაწილებას. ბიტების ნაკადი გადაცემის $r(t)$ სიჩქარით, მიეწოდება მეხსიერების ელემენტს და პაკეტებს შორის დროის ინტერვალის τ ხანგრძლივობა განისაზღვრება ბუფერში ინფორმაციის დაგროვების საჭირო დროის ხანგრძლივობით. უნდა ჩავთვალოთ, რომ ბუფერის ტევადობა საკმარისია L_0 (ბიტებში) სიგრძის პაკეტის შესაქმნელად.

თუ ვიცით, გადაცემის საშუალო სიჩქარე, $r_{საშ}$, მაშინ

$$r_{საშ} \cdot \tau = L_0 \quad (1)$$

ხოლო r და τ შემთხვევით სიდიდეებს შორის დამოკიდებულების განსაზღვრის მიზნით ჩავთვალოთ, რომ $r_{\text{ლმ}} = r$ დაშვების სამართლიანობა თუ პაკეტის L_0 სიგრძე არ არის დიდი, და მიღებულია, რომ $r_{\text{ლმ}}$ დროის ინტერვალების განაწილების ფუნქცია განისაზღვრება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$g(\tau) = \frac{L_0}{\tau^2} f\left(\frac{L_0}{\tau}\right) \quad (2)$$

სადაც $f(r) = f\left(\frac{L_0}{\tau}\right)$ არის ბიტების ნაკადის საწყისი სიჩქარის განაწილების კანონი.

ბიტების ნაკადის $f(r)$ განაწილების კანონისაგან დამოუკიდებლად, მოდელის ასეთი გამარტივება იწვევს „მძიმე“ წაგრძელებების წარმოქმნას პაკეტების ნაკადის განაწილებაში.

ამრიგად, პაკეტური ქსელების ტრაფიკში ფრაქტალურობის წარმოქმნას საფუძვლად უდევს ის მიზეზობრივი ფაქტორი, რომ ხდება ბიტების ნაკადის გარდაქმნა პაკეტების ნაკადად.

ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ (2) თანაფარდობა, $r_{\text{ლმ}} = r$ დაშვების გათვალისწინებით სამართლიანია, თუ ქსელში რესურსების რაოდენობა შეუზღუდავია და ტრაფიკის წყაროები ურთიერთ-დამოუკიდებელია. რეალურად, ეს დაშვება ნიშნავს, რომ ბუფერის მეხსიერებაში პაკეტების გადასვლის შემდეგ კავშირის არხები თავისუფლდებიან, ხოლო წარმოქმნილი დაყოვნება პაკეტების ხანგრძლივობის ტოლია. ეს ფაქტორი განსაზღვრავს პაკეტებს შორის დროის ხანგრძლივობების განაწილების ხასიათს. როდესაც კავშირის არხი დაკავებულია, ფორმირებული პაკეტები რჩებიან მეხსიერებაში არხის განთავსუფლებამდე, რის შემდეგაც ხდება რამოდენიმე პაკეტის ერთბაშად გადაცემა. ამის გამო იზრდება პაკეტების ჯგუფ-ჯგუფად შემოსვლის ხასიათი და იზრდება წაგრძელებების სიმძიმე. აგრეთვე, რამოდენიმე პაკეტის ერთდროულად გადაცემის შემდეგ, წარმოიქმნება შუალედი, სანამ გადამგზავნ კვანძში არ იქნება მიღებული შესაბამისი დადასტურება. ამის გამო შემთხვევითი ცვლადი τ ავლენს დამატებით ცვალებადობას და შესაბამისად, აგრეთვე იზრდება წაგრძელების სიმძიმე. ასეთი ხასიათის განაწილებებიდან ამონაკრებებს აქვთ τ - ს მცირე მნიშვნელობების შემთხვევაშიც ალბათობების სასრული მნიშვნელობები, განაწილებები ასევე შეიცავს τ -ს დიდ მნიშვნელობებსაც, განსაზღვრული ალბათობებით. ამ შემთხვევაში პაკეტებად გარდასახვის ხასიათი იცვლება და აღარ არის სამართლიანი (1) გამოსახულებით პაკეტის სიგრძის განსაზღვრა.

ზემოთაღნიშნულის საფუძველზე, მნიშვნელოვანია ვიპოვოთ $g(\tau)$ განაწილების სიმკვრივე, როდესაც $r = \varphi(\tau)$ გარდაქმნას აქვს ნებისმიერი სახე და საჭიროა მიღებული შედეგების გამოყენების შესაძლებლობების კვლევა ქსელის სტრუქტურებში ფრაქტალური ტრაფიკის მოდელირებისათვის.

პაკეტების ნაკადის სტატისტიკური თვისებების განსაზღვრავს შემდეგი ფაქტორები [2]:

- ინფორმაციის წყაროდან გენერირებული ბიტების ნაკადის ტრაფიკის შემთხვევითი ხასიათი;
- ბიტების ნაკადის, პაკეტების ნაკადად გარდაქმნის თავისებურებები;
- სატელეკომუნიკაციო ქსელის ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესების მიზნით ნაკადის აგრეგაციის პროცესში მისი მიზნობრივი გარდასახვა.

რადგანაც ბიტების ნაკადის გარდასახვის გამო, პაკეტების შემოსვლა არათანაბარია, დროის ინტერვალები პაკეტების შემოსვლებს შორის იქნება შემთხვევითი სიდიდე.

პაკეტების ნაკადის სტატისტიკურ მახასიათებლებზე და სტრუქტურაზე ზეგავლენას ახდენს შემდეგი ფაქტორები [2]:

1. დროის დაყოფის პრინციპით მოქმედი ოპერაციული სისტემის თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ სისტემის ყოველი პროცესი ვითარდება ვირტუალურ დროში, რაც ძირითადად განისაზღვრება მიღწევადი რესურსებით. ამიტომ მომსახურების სახეობათა დონიდან არხის დონემდე, ქმნის არათანაბარ დროის ინტერვალებს პაკეტების ფორმირების ფაზებს შორის, მაშინაც კი, როდესაც მონაცემთა ნაკადი თანაბარია.
2. მონაცემთა აგრეგირების ხასიათი განისაზღვრება მომსახურების სახეობათა გამოყენების დინამიკით, რომელიც მოითხოვს ქსელების ურთიერთქმედების საშუალებების გამოყენებას. მომსახურების სახეობათა გამოყენება ქმნის მონაცემთა გენერაციის ინტენსიობას, რომელიც განისაზღვრება ბუფერის შესაძლებლობით მეხსიერების მოცულობით და არხების გამტარუნარიანობით.
3. სატრანსპორტო დონის პროტოკოლის მოქმედება უნდა უზრუნველყოფდეს პაკეტების სწორად გადატანასა და გადაცემის სიჩქარის რეგულირებას მონაცემთა წყაროსა და მიმღებს შორის უკუკავშირის შეკრული კონტურის გამოყენების საფუძველზე.
4. საარხო დონის პროტოკოლების მოქმედების თავისებურებაა პაკეტებს შორის დროის ინტერვალების ზრდა არხების გადატვირთულობის შესაბამისად, კოლიზიების გახშირების გამო.
5. სერვისების პარამეტრების ხარისხის უზრუნველსაყოფად მახასიათებლების და საჭირო შეზღუდვების შემოტანა გათვალისწინებულია საშუალოდ კვანძებში.

რადგანაც თანამედროვე სატელეკომუნიკაციო ქსელი არის სისტემა საშუალოდ დაგროვებით, აქ სრულად ვლინდება „დიდ სიმრავლეთა შემარბილებელი ეფექტი, რომლის დახვეწილ განსახიერებას წარმოადგენს პაკეტური კომუტაცია“ (ლეონარდ კლეინროკი - [3]).

განვიხილოთ ბიტების ნაკადის პაკეტებად გარდასახვის პროცესი. ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე, რომელიც მიღწევადია მომხმარებლისათვის K - მომსახურების სახეობის მისაღებად, იმის გათვალისწინებით, რომ მასზე მიერთება მომხმარებლისთვის მიღწევადია, არის სტოქასტური სიდიდე და შესაბამისად, წარმოადგენს დროის ფუნქციას ალბათური აღწერით. შესაბამის ალბათურ მახასიათებლებს შეიძლება წარმოადგენდეს შემთხვევითი სიდიდის უპირობო და ერთობლივი სიმკვრივები, რომლებიც ასახავენ დროის ფიქსირებული მომენტების ნაკადს და რომლებიც წარმოადგენენ დროის ფიქსირებული მომენტებისათვის წერტილოვან ფუნქციებს, მაგალითად - ბიტების გადაცემის სიჩქარეს. მათი ერთობლიობა ქმნის ანსამბლს, რომელშიც, ნებისმიერი კომპონენტი არის $r^K(t)$ შემთხვევითი პროცესისათვის გამოვლენილი შერჩევითი ფუნქცია, რომელიმე კონკრეტული სეანსისათვის. მისი რეალიზების მნიშვნელობები დროის გარკვეულ t_i მომენტებში განსაზღვრავენ $R_i^{(K)}$ შემთხვევით სიდიდეს. პაკეტური კომუტაციის დროს ბიტების ნაკადი გარდაიქმნება პაკეტების დისკრეტულ მიმდევრობად, ზოგად შემთხვევაში ცვლადი ხანგრძლიობებით.

რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარების მიზნით, შემოვიფარგლოთ ფიქსირებული L სიგრძის პაკეტის განხილვით. ამ შემთხვევაში ტრაფიკის სტრუქტურა სრულად შეიძლება

აღიწეროს პაკეტებს შორის ინტერვალების ხანგრძლიობების განაწილებით. ინტერვალის ხანგრძლიობა განისაზღვრება ბუფერში ინფორმაციის დაგროვების დროის ხანგრძლიობით, რომელიც საკმარისი უნდა იყოს, საჭირო L_0 სიგრძის პაკეტის შესაქმნელად:

$$\int_{t_i}^{t_i+\tau} r(t)dt = L_0 \quad (3)$$

ეს გამოსახულება წარმოადგენს τ ინტერვალზე, გადაცემის სიჩქარის საშუალო მნიშვნელობის, ნამრავლს, ინტერვალის τ ხანგრძლიობაზე:

$$r_{\text{საშ}} \cdot \tau = L_0 \quad (4) \quad \text{სადაც}$$

$$r_{\text{საშ}} = \frac{1}{\tau} \int_{t_i}^{t_i+\tau} r(t)dt$$

თუ პაკეტების სიგრძეები შედარებით მოკლეა, მაშინ $r_{\text{საშ}}$, მცირე ცდომილებით, შეიძლება ჩანაცვლდეს τ ინტერვალზე სიჩქარის მიმდინარე r მნიშვნელობით.

ეს დაშვება გვაძლევს საშუალებას განვსაზღვროთ τ და r შემთხვევით სიდიდეებს შორის ფუნქციონარული დამოკიდებულება:

$$\tau = \frac{L_0}{r} \quad (5)$$

რაც გვაძლევს საშუალებას ვიპოვოთ $g(\tau)$ უწყვეტი შემთხვევითი τ სიდიდის განაწილების კანონი, როგორც ერთი შემთხვევითი r არგუმენტის ფუნქცია, მაშინ, როდესაც ცნობილია მისი განაწილების $f(r)$ კანონი.

განვიხილოთ ფუნქციის ნებისმიერი $[\alpha, \beta]$ მონაკვეთი, რომელზეც განაწინებულია β სიდიდის შესაძლო მნიშვნელობები, ანუ:

$$P(\alpha < R < \beta) = 1$$

ამ ამოცანის ამოხსნის წესი დამოკიდებულია $\tau = \frac{L_0}{r}$ ფუნქციის მოქმედებაზე $[\alpha, \beta]$ მონაკვეთზე - რომელიც უწყვეტი და დიფერენცირებადია მოცემულ მონაკვეთზე.

რადგანაც (5) დამოკიდებულება მონოტონურად მიიღევა მოცემულ დადებით უბანზე:

$$G(r) = P(T < \tau) = P(r < R < \beta) = \int_r^{\beta} f(r)dr$$

მართლაც, რომ სრულდებოდეს პირობა $T < \tau$, შემთხვევითი წერტილი (R, T) უნდა მდებარეობდეს მრუდის იმ უბანზე, რომელიც AB სწორის ქვემოთ არის გავრცელებული. ამისათვის აუცილებელი და საკმარისი პირობაა, რომ შემთხვევითი R სიდიდე აღმოჩნდეს r - დან β - მდე უბანზე.

მაშინ, თუ ზემოთ მოყვანილ გამოსახულებაში ინტეგრალის ქვედა ზღვარს გამოვსახავთ (5) პირობით, გვექნება:

$$r = \frac{L_0}{\tau}$$

და შესაბამისად:

$$G(\tau) = \int_{\frac{L_0}{\tau}}^{\beta} f(r) dr \quad (6)$$

მიღებული თანაფარდობის დიფერენცირება τ ცვლადით, რომელიც შედის ინტეგრირების ქვედა ზღვარში, გვაძლევს:

$$g(\tau) = -f\left(\frac{L}{\tau}\right) \cdot \frac{L_0}{\tau^2} \quad (7)$$

r და τ შემთხვევითი სიდიდეების ურთიერთდამოკიდებულება არის ინვარიანტული, ფუნქციისა და არგუმენტის ადგილმონაცვლეობის მიმართ და შესაბამისად მიზანშეწონილია ამ დამოკიდებულების წარმოდგენა განზოგადებული ცვლადების საფუძველზე:

$$y = \frac{k}{x}$$

რაც გვაძლევს საშუალებას, რომ (7) განაწილების კანონი განვიხილოთ, როგორც უკუგარდასახვა:

$$f(x) = -g\left(\frac{k}{x}\right) \cdot \frac{k}{x^2} \quad (8)$$

ტელეკომუნიკაციის ტექნოლოგიების სწრაფმა განვითარებამ და მომსახურების ახალ საფეხურებზე მოთხოვნების ზრდამ გამოიწვია მომსახურების ახალი სახეობების შექმნისა და მათი უსწრაფესად დანერგვის აუცილებლობა.

დღევანდელ ეტაპზე პერსპექტიულია კავშირგაბმულობის ქსელები პაკეტების კომუტაციით, რომელიც უკვე ფართოდ არის გამოყენებული ინფორმაციის ნებისმიერი სახეობის გადაცემისათვის. ქსელების არქიტექტურა განუხრელად რთულდება, განსხვავდებიან შემოთავაზებული მომსახურების სახეობებითა და დანიშნულებით. აღნიშნულის საფუძველზე ჩამოყალიბდა ახალი (შემდეგი) თაობის ქსელების (Next Generation Networks - NGN) კონცეპცია.

დასკვნა:

მიღებული შედეგების საფუძველზე დადგენილია, რომ ქსელის ტრაფიკში ხანგრძლივი დამოკიდებულების წარმოქმნის ძირითადი ფაქტორებია: მომხმარებლის ქცევა; მონაცემთა გენერაცია, სტრუქტურა და მოძიება; ტრაფიკის გაერთიანება; ქსელის მართვის საშუალებები; უკუკავშირზე დაფუძნებული მართვის მექანიზმები; ქსელის განვითარება.

სხვა მნიშვნელოვანი შედეგები, შემდეგში მდომარეობს:

- სერვისების გამოყენების დონეზე დაყოვნებებს აქვთ მძიმე წაგრძელებების ხასიათის განაწილება;
- სატრანსპორტო დონის პროტოკოლები (მაგალითად, TCP) შეაფასებენ რა ერთ და მეორე მხარეს სიგნალის გავლის ხანგრძლიობებს შესაბამისი დადასტურებების საფუძველზე, მათზე დამოკიდებული ხდებიან;
- გადატვირთულობების ვითარებები გარდაუვალია, რომლებიც ვლინდებიან ხანმოკლე იმპულსების სახით. დატვირთვის ზრდასთან ერთად, გადატვირთულობები ვლინდებიან დროში განშორებულად და ამ ვითარებაში ტრაფიკის პულსირებული ხასიათი შენარჩუნებულია;
- მხოლოდ ბუფერების ზომების გაზრდას არ შეუძლია პაკეტების კარგების სტატისტიკის მნიშვნელოვნად გაუმჯობესება.

გამოყენებული ლიტერატურა:

1. Shelukhin O.I., Tenyakshev A.M., Osin A.V., Fractal Processes in Telecommunications. Monograph. Moscow: Radio engineering, 2003.
2. Turko S.A., Fomin L.A., Budko P.A., Gakhova N.N., Vataga A.I. On the optimal use of the smoothing effect of buffers on the parameters of the B-ISDN traffic. // Electrosvyaz, No. 10, 2002, pp. 26-29.
3. Kleinrock L. Principles and lessons of packet communication // TIIR. 1978.v. - №11.-pp.30-42.

Fractality Identification and Data Generation

Zaza Mardaleishvili

, PHD, Assistant Professor. Akaki Tsereteli State University, Kutaisi, Georgia, e-mail;
zaza.mardaleishvili@atsu.edu.ge

Abstract

In multiservice networks, particular importance is needed for the studying of the flow of requests entering the telecommunication network, according to its results it is possible to discuss and solve network-related problems. But, when describing pulsed or structural flows and quantitative evaluation the correlation function acquires special importance, whereas as a function of time delay it is a polynomial and non-exponential function, the real network always contains a limited number of resources, which means that in the process of obtaining a limited amount of resources non-linear events will inevitably arise and as a result the relationship between traffic sources will manifest itself. Overloading causes similar irregularities in control mechanisms such as TCP (Transmission Management Protocol), Ethernet and etc. The results obtained in the paper are devoted to the problems of design and operation of multi-service communication networks.

Keywords: Data, Generation, Package switching