

სერვერის დროითი მახასიათებლების შეფასება დაპროექტებისას

აკაკი ძნელაძე

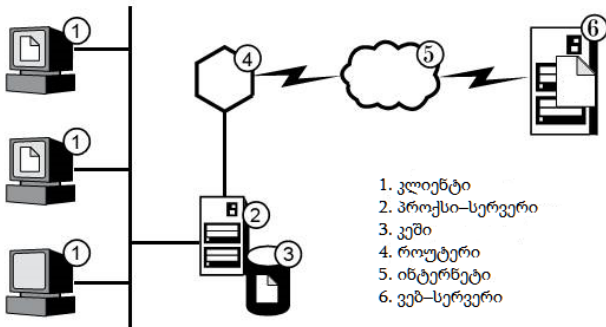
აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, ქუთაისი, საქართველო
akaki.dzneladze@atsu.edu.ge

ანოტაცია — ნაშრომში შემოთავაზებულია სერვერ-კომპიუტერების დაპროექტებისას მათი დროითი მახასიათებლების შეფასების ზოგადი ალგორითმი. ალგორითმი დაფუძნებულია იერარქიულად ჩალაგებული ანალიტიკური მოდელების სისტემაზე.

საკვანძო სიტყვები: სერვერ-კომპიუტერი, დაპროექტება, დროითი მახასიათებლები, ანალიტიკური მოდელირება, იერარქიულად ჩალაგებული მოდელები.

I. შესავალი.

დღესათვის ფართოდ გამოიყენება კლიენტ-სერვერის ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული კომპიუტერული ქსელები, რომელიც შედგება რამდენიმე სერვერ-კომპიუტერისა და დიდი რაოდენობის კლიენტ-კომპიუტერებისგან (ნახ. 1). ამ ტექნოლოგიის ეფექტურად გამოყენებისათვის საჭიროა ქსელის დაპროექტებისას სერვერ-კომპიუტერების მოთხოვნილი დროითი მახასიათებლების უზრუნველყოფის ამოცანის გადაწყვეტა.



ნახ. 1. კლიენტ-სერვერის ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული კომპიუტერული ქსელის ფრაგმენტი

ხშირად ამ ამოცანას არასაკმარისი ყურადღება ექცევა, ამის გამო კლიენტ-სერვერის ტექნოლოგიაზე დაფუძნებული ბევრი მოქმედი ქსელი ვერ აკმაყოფილებს მოთხოვნებს და საჭიროებს ხელახალ დაპროექტებას და შეცვლას.

სერვერ-კომპიუტერის დაგეგმარების ყველაზე გავრცელებული მიდგომა არის საექსპერტო შეფასებების გამოყენება. ამ მიდგომის შესაბამისად კომპიუტერული საშუალებების, ქსელური მოწყობილობებისა და კაბელური ქსელების დარგის სპეციალისტები, მათი გამოცდილების საფუძველზე, ასრულებენ კონკრეტული ამოცანის ან

ამოცანების კლასის შესრულების უზრუნველყოფისათვის სერვერ-კომპიუტერის დაპროექტებას. ეს მეთოდი დაპროექტების ეტაპზე ხარჯების მინიმიზირების და კომპიუტერული ქსელის სწრაფი შეფასების საშუალებას იძლევა, მაგრამ საექსპერტო შეფასებების გამოყენებით მიღებული გადაწყვეტილებები და პროგრამული და აპარატურული საშუალებებისადმი მოთხოვნები სუბიექტურია, სუბიექტურია აგრეთვე სისტემის შემოთავაზებული პროექტის მახასიათებლების, მათ შორის დროითი მახასიათებლების, შეფასება.

სერვერ-კომპიუტერების დროითი მახასიათებლებისადმი მიძღვნილ შრომებში ძირითადად განიხილება ფუნქციონირებადი სერვერების დროითი მახასიათებლების შეფასების, გაზომვისა და გაუმჯობესების საკითხები.

ამ შრომებში სისტემის მოდელირებისათვის ფართოდ გამოიყენება იმიტაციური მოდელირების მეთოდი [9]. ამ მეთოდით შესაძლებელია მოდელის მაქსიმალურად მიახლოება ობიექტთან. მაგრამ ამავე დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ რთული იმიტაციური მოდელი მისი რეალიზაციისათვის მოითხოვს დიდ გამოთვლით რესურსებს, ამიტომ იმიტაციური მოდელის გამოყენება დაპროექტების საწყის ეტაპებზე მიზანშეწონილი არ არის.

დაპროექტების ამოცანების გადაწყვეტისათვის, მსოფლიო პრაქტიკაში სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება ანალიტიკური მოდელირების მეთოდი, რომელიც რეალიზაციისათვის საჭიროებს ნაკლებ გამოთვლით რესურსებს და საშუალებას იძლევა გადაწყდეს სისტემის დროითი მახასიათებლების როგორც შეფასებისა და ანალიზის, ასევე ოპტიმიზაციის ამოცანები[1,2,3,4].

I. სერვერის დროითი მახასიათებლების შეფასების ზოგადი ალგორითმი

სერვერ-კომპიუტერების დროითი მახასიათებლები დამოკიდებულია სისტემის თითქმის ყველა პარამეტრზე და მასზე გავლენას ახდენს დიდი რაოდენობით ფაქტორი, ამიტომ დროითი მახასიათებლების ისეთი ერთიანი მათემატიკური მოდელი, რომელშიც დეტალურად იქნება აღწერილი სისტემის პროცესები, ძალიან დიდი და ძნელად

აღსაქმელი იქნება, ხოლო ამ მოდელიდან დროითი მახასიათებლების მაჩვენებლების რიცხვითი მნიშვნელობების მიღება ძალიან შრომატევადი და შესაძლოა პრაქტიკულად შეუძლებელიც აღმოჩნდეს. ამ სირთულეების დაძლევის ბუნებრივი გზა არის სტრუქტურული დეკომპოზიციის მეთოდის გამოყენება და ურთიერთდაკავშირებული მოდელების მრავალდონიანი სისტემის შექმნა [1,3]. ამ სისტემაში მოდელების დეტალიზაცია ქვედა დონეზე უფრო დაწვრილებითაა ვიდრე ზედა დონეზე.

ასეთი მიდგომისას, დროითი მახასიათებლების შეფასება ხდება გამოთვლების სპეციალური სქემის საშუალებით. ამასთან გამოთვლები იწყება ზედა დონიდან, გრძელდება ქვედა დონემდე და შემდეგ მიმდინარეობს უკუ მიმართულებით და მთავრდება ზედა დონეზე. უფრო კონკრეტულად, ზედა დონის მოდელებზე გამოთვლების შესრულებისას საწყისი მონაცემები არის მეზობელი ქვედა დონის მოდელებზე შესრულებული გამოთვლების შედეგები. სტრუქტურული დეკომპოზიციის მეთოდის თანახმად, მონაცემთა კომპიუტერულ სისტემაში შეიძლება გამოიყოს გამოთვლითი პროცესის დეტალიზაციის სამი დონე: 1) ფუნქციონალური ამოცანების დონე; 2) პროგრამული მოდულების დონე; და 3) აპარატურის დონე. ყოველ ამ დონეს შეესაბამება თავისი მოდელი, რომელიც შეიძლება წარმოვადგინოთ იერარქიულად ჩალაგებული სამდონიანი მოდელების სისტემის სახით (ნახ. 2). დონეებს შორის მოთავსებული საინტერფეისო მოდელები (ინტერფეისი1, ინტერფეისი2, ინტერფეისი3) უზრუნველყოფს აპარატურისა და პროგრამების არასაიმედოობის ფაქტორის, პაკეტების ქსელში განმეორებით მიღება-გადაცემისა და გამოთვლითი პროცესების კონტროლისა და აღდგენის საშუალებების ფუნქციონირების გავლენის გათვალისწინებას.

მოდელების ამ სისტემის გამოყენებით, დროითი მახასიათებლების განსაზღვრა ხდება შემდეგი ალგორითმის მიხედვით:

ბიჯი 1. პაკეტების მიღებისას პროტოკოლების პროგრამული მოდულებისა და ამ მოდულებით აპარატურის დატვირთვის მახასიათებლების განსაზღვრა. შემავალი მონაცემები: პაკეტების მიღებისას შესაბამისი პროტოკოლების შესრულებაზე მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსივობა; პროტოკოლის სტრუქტურის გრაფი; პროცესორის მიერ შესრულებული ოპერაციების მოცულობა; ყოველი პროგრამული მოდულით ქსელიდან მიღებული ინფორმაციის მოცულობა. გამომავალი ინფორმაცია: პროტოკოლის პროგრამული მოდულებისა და კომპიუტერის დატვირთვის დონე.

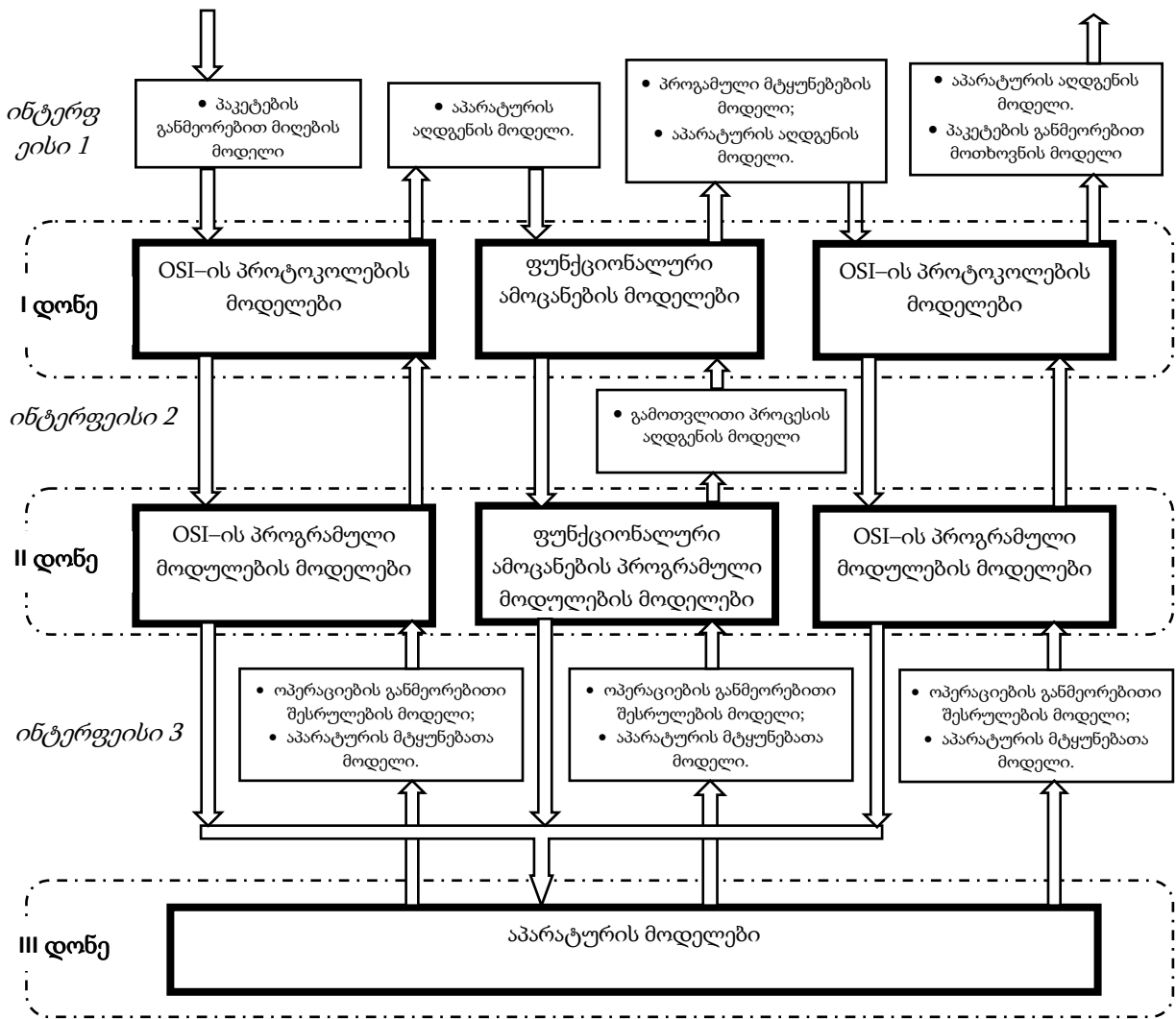
პაკეტების განმეორებით მიღების გამო მოთხოვნათა დაყოვნების გათვალისწინება ხდება ინტერფეისი1-ის მოდელებით.

ბიჯი 2. პროცესორში და არხებში მიღებული მოთხოვნათა პროტოკოლებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. III დონის მოდელებით განისაზღვრება პროტოკოლების პროგრამული მოდულების მოთხოვნების სისტემაში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები მულტიპროგრამულ რეჟიმში მუშაობისას წარმოქმნილი რიგების გათვალისწინებით. პროგრამების მოთხოვნების პროცესორში დამუშავება ხდება აბსოლუტური პრიორიტეტების რიგით. გამოთვლები სრულდება [8]-ში მიღებული გამოსახულებებით.

ბიჯი 3. აპარატურის არაგამაუფასურებელი თვითაღდგენადი დაზიანებების და კომპიუტერული სისტემის გამაუფასურებელი დაზიანებებით გამოწვეული პროცესორისადმი და არხებისადმი მოთხოვნათა დამატებითი ნაკადების გავლენის გათვალისწინება. ინტერფეისი 3-ის მოდელებით (ნახ. 2) მოხდება კონტროლის საშუალებებით აღდგენილი და ოპერაციების განმეორების გზით აღდგენილი შეფერხებების გავლენისა და აპარატურის გამაუფასურებელი მტყუნებებით გამოწვეული დამატებითი მოთხოვნების გავლენის გათვალისწინება. ამისათვის შესრულდება პროგრამების მოთხოვნების პროცესორებში, არხებში და ქსელში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტების კორექტირება [7].

ბიჯი 4. პროტოკოლების პროგრამული მოდულების შესრულების დროისა და პროტოკოლების მოთხოვნების პროგრამულ მოდულებში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. II დონის მოდელებით განისაზღვრება პროტოკოლების მოთხოვნების პროგრამული მოდულებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები და პროტოკოლების მოთხოვნების პროგრამული მოდულებით დამუშავებამდე ლოდინის დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები

ბიჯი 5. განისაზღვრება პროტოკოლებით მოთხოვნების შესაბამისი მიღებული პაკეტების დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი. პროტოკოლების გრაფის მარტივ კომპოზიციებად ბინარული ხის სახით დეკომპოზიციისა [6] და სპეციალური გამოთვლითი გამოსახულებების [5] გამოყენების გზით განისაზღვრება პროტოკოლების დასრულების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი.



ნახ. 2. სამდონიანი იერარქიულად ჩალაგებული მოდელებისა და საინტერფეისო მოდელების სისტემის სქემა.

ბიჯი 6. კომპიუტერული სისტემის აპარატურის დაზიანებისა და პროგრამების მტყუნების შემდეგ სისტემის აღდგენისას მოთხოვნათა მიღების დაყოვნების გათვალისწინება. გამოთვლები სრულდება ინტერფეისი-1-ის გამომავალი მოდელებით. დაყოვნების ბლოკების მოდელით ხდება კომპიუტერული სისტემის აპარატურის მტყუნების შემდეგ აღდგენით განპირობებული მოთხოვნების ლოდინის გათვალისწინება.[7].

ბიჯი 7. ფუნქციონალური ამოცანების პროგრამებისა და აპარატურის დატვირთვის მახასიათებლების განსაზღვრა. შემავალი მონაცემები: ფუნქციონალური ამოცანის შესრულებაზე მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსივობა; ფუნქციონალური ამოცანის სტრუქტურის გრაფი; პროცესორის მიერ შესრულებული ოპერაციების მოცულობა და ყოველი პროგრამით არხებში გადაცემული ინფორმაციის მოცულობა. გამომავალი ინფორმაცია: ფუნქციონალური ამოცანების მოთხოვნებით პროგრამებისა და სერვერ-კომპიუტერის დატვირთვის დონე.

ბიჯი 8. პროცესორში და არხებში მოთხოვნათა დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. III დონის მოდელებით განისაზღვრება პროგრამების მოთხოვნების სისტემაში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები. პროგრამების მოთხოვნების პროცესორში დამუშავება ხდება აბსოლუტური პრიორიტეტების რიგით, ხოლო არხებში ფარდობითი პრიორიტეტებით. გამოთვლები სრულდება [8]-ში მიღებული გამოსახულებებით.

ბიჯი 9. აპარატურის არაგამაუფასურებელი თვითაღდგენადი დაზიანებების და პროცესორისადმი, არხებისადმი და ქსელისადმი კომპიუტერული სისტემის გამაუფასურებელი დაზიანებებით გამოწვეული მოთხოვნათა დამატებითი ნაკადების გავლენის გათვალისწინება. ინტერფეისი-3-ის მოდელებით (ნახ. 2) მოხდება გამოთვლითი პროცესის შეფერხებების აღდგენით გამოწვეული დაყოვნებისა და აპარატურის გამაუფასურებელი მტყუნებებით გამოწვეული დამატებითი მოთხოვნების გავლენის გათვალისწინება. ამისათვის შესრულდება პროცესორებში და არხებში პროგრამების

მების მოთხოვნების დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტების კორექტირება [7].

ბიჯი 10. პროგრამების შესრულების დროისა და ფუნქციონალური ამოცანების მოთხოვნების პროგრამებში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. II დონის მოდელებით განისაზღვრება ფუნქციონალური ამოცანების მოთხოვნების პროგრამებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები და ფუნქციონალური ამოცანების მოთხოვნების პროგრამებით დამუშავებამდე ლოდინის დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები [8].

ბიჯი 11. გამაუფასურებელი მტყუნებების და დაზიანებების გავლენის გათვალისწინება და პროგრამების საკონტროლო წერტილების ოპტიმიზაცია. ინტერფეისი 2 მოდელებით მოხდება გამოთვლითი პროცესების კონტროლისა და აღდგენის საშუალებების ფუნქციონირების გავლენის გათვალისწინება, პროგრამებში საკონტროლო წერტილების შექმნის მიზანშეწონილობის შემოწმება, საკონტროლო წერტილების შექმნის ოპტიმალური პერიოდის ან ვარიანტის განსაზღვრა და, გამაუფასურებელი მტყუნებების შემდეგ გამოთვლითი პროცესების საკონტროლო წერტილებიდან აღდგენის გავლენის გათვალისწინებით [4], ფუნქციონალური ამოცანების მოთხოვნების პროგრამებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტების გამოთვლა.

ბიჯი 12. განისაზღვრება ფუნქციონალური ამოცანებით მოთხოვნების შესაბამისი მიღებული პაკეტების დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი, და ფუნქციონალური ამოცანების პროგრამებს შორის საკონტროლო წერტილების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტები. ფუნქციონალური ამოცანის გრაფის მარტივ (მიმდევრობით, პარალელურ, განშტოებად, ციკლურ) კომპოზიციებად ბინარული ხის სახით დეკომპოზიციისა [6] და სპეციალური გამოთვლითი გამოსახულებების [5] გამოყენების გზით განისაზღვრება ფუნქციონალური ამოცანების დასრულების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი. ფუნქციონალური ამოცანის მოთხოვნის პროგრამით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქცია აპროქსიმირდება პოლინომიალურად ექსპონენციალური ფუნქციით.

ბიჯი 13. კომპიუტერული სისტემის აპარატურის დაზიანებისა და პროგრამების მტყუნების შემდეგ სისტემის აღდგენისას მოთხოვნათა მიღების დაყოვნების გათვალისწინება. გამოთვლები სრულდება ინტერფეისი1-ის გამომავალი მოდელებით. დაყოვნების ბლოკების მოდელებით ხდება კომპიუტერული სისტემის აპარატურის მტყუნების შემდეგ აღდგენით განპირობებული მოთხოვნების

ლოდინის გათვალისწინება. პროგრამების მტყუნების შემთხვევაში, თუ პროგრამას არ გააჩნია აღდგენის ბლოკი, ითვლება, რომ მოხდა შესაბამისი ფუნქციონალური ამოცანის მტყუნება და მისი გათვალისწინება ხდება ფუნქციონალური ამოცანის დასრულების დროის განაწილების ფუნქციის გამრავლებით შესაბამისი ფუნქციონალური ამოცანის პროგრამის დასრულების ალბათობაზე [7].

ბიჯი 14. პაკეტების გადაცემისას პროტოკოლების პროგრამული მოდელებისა და ამ მოდელებით აპარატურის დატვირთვის მახასიათებლების განსაზღვრა. პაკეტების გადაცემისას შესაბამისი პროტოკოლების შესრულებაზე მოთხოვნათა შემოსვლის ინტენსივობის მნიშვნელობის, პროტოკოლის სტრუქტურის გრაფის, პროცესორის მიერ შესრულებული ოპერაციების მოცულობის და ყოველი პროგრამული მოდულით ქსელში გადასაცემი ინფორმაციის მოცულობის ცნობილი მნიშვნელობებით განისაზღვრება პროტოკოლის მოთხოვნებით პროგრამებული მოდელების და კომპიუტერის დატვირთვის დონე.

ბიჯი 15. პროცესორში და არხებში გადასაცემი მოთხოვნათა პაკეტების პროტოკოლებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. III დონის (აპარატურის) მოდელებით განისაზღვრება მულტიპროგრამულ რეჟიმში მუშაობისას წარმოქმნილი რიგების გათვალისწინებით პროტოკოლები პროგრამული მოდელების მოთხოვნების სისტემაში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები. პროგრამების მოთხოვნების პროცესორში დამუშავება ხდება აბსოლუტური პრიორიტეტების რიგით. გამოთვლები სრულდება [8]-ში მიღებული გამოსახულებებით.

ბიჯი 16. აპარატურის არაგამაუფასურებელი თვითაღდგენადი დაზიანებების და პროცესორისადმი და არხებისადმი კომპიუტერული სისტემის გამაუფასურებელი დაზიანებებით გამოწვეული მოთხოვნათა დამატებითი ნაკადების გავლენის გათვალისწინება. ინტერფეისი3-ის მოდელებით (ნახ. 2) მოხდება კონტროლის საშუალებებით აღდგენილი და ოპერაციების განმეორების გზით აღდგენილი შეფერხებების გავლენისა და აპარატურის გამაუფასურებელი მტყუნებებით გამოწვეული დამატებითი მოთხოვნების გავლენის გათვალისწინება. ამისათვის შესრულდება პროგრამების მოთხოვნების პროცესორებში და არხებში დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტების კორექტირება [7].

ბიჯი 17. პროტოკოლების პროგრამული მოდელების შესრულების დროისა და პროტოკოლების მოთხოვნების გადასაცემი პაკეტების პროგრამული მოდელებში დამუშავების დროის განაწილების

ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტის გამოთვლა. II დონის (პროტოკოლების პროგრამული მოდულების) მოდულებით განისაზღვრება პროტოკოლების მოთხოვნების პროგრამული მოდულებით დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები და პროტოკოლების მოთხოვნების პროგრამული მოდულებით დამუშავებამდე ლოდინის დროის განაწილების ფუნქციის მომენტები

ბიჯი 18. განისაზღვრება პროტოკოლებით მოთხოვნების შესაბამისი გადასაცემი პაკეტების დამუშავების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი. პროტოკოლების გრაფის მარტივ (მიმდევრობით, პარალელურ, განშტოებად, ციკლურ) კომპოზიციებად ბინარული ხის სახით დეკომპოზიციისა [6] და სპეციალური გამოთვლითი გამოსახულებების [5] გამოყენების გზით განისაზღვრება პროტოკოლების დასრულების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი.

ბიჯი 19. კომპიუტერული სისტემის აპარატურის დაზიანებისა და პროგრამების მტყუნების შემდეგ სისტემის აღდგენისას მოთხოვნათა მიღების დაყოფის და მოთხოვნათა პაკეტების განმეორებით გადაცემის გათვალისწინება. გამოთვლები სრულდება ინტერფეისი-1-ის გამოშვებული მოდულებით. დაყოფის ბლოკების მოდულით ხდება კომპიუტერული სისტემის აპარატურის მტყუნების შემდეგ აღდგენით განპირობებული მოთხოვნების ლოდინის გათვალისწინება.[7].

ალგორითმის დასასრული

III. დასკვნა

სერვერ-კომპიუტერების დაპროექტებისას მათი დროითი მახასიათებლის შეფასებისათვის მიზანშეწონილია ანალიტიკური მოდელირების მეთოდის გამოყენება. ეს მეთოდი რეალიზაციისათვის საჭიროებს ნაკლებ გამოთვლით რესურსებს ვიდრე იმიტაციური მოდელირების მეთოდი და საშუალებას იძლევა გადაწყდეს სისტემის დროითი მახასიათებლების როგორც შეფასებისა და ანალიზის, ასევე ოპტიმიზაციის ამოცანები. ამის გათვალისწინებით ნაშრომში შემოთავაზებულია სერვერ-კომპიუტერის დროითი მახასიათებლების შეფასების ზოგადი ალგორითმი, რომელიც ეფუძნება იერარქიულად ჩალაგებული ანალიტიკური მოდელების სამდონიან სისტემას. ამ სისტემაში ასახულია გამოთვლითი პროცესების აღდგენის საშუალებების პარამეტრები და პაკეტების გან-

მეორებით გადაცემისა და მიღების შედეგად გამოწვეული მოთხოვნების დაყოფის დაყოფები.

წარმოდგენილი ალგორითმით იანგარიშება სერვერ-კომპიუტერში მოთხოვნების შესრულების დროის განაწილების ფუნქციის პირველი და მეორე მომენტი და პროცესორების, არხებისა და პროგრამების დატვირთვის დონე.

გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] ა. ძნელაძე. მაღალსაიმედო კომპიუტერული სისტემების ფუნქციონალური საიმედოობის ანალიზი დაპროექტებისას. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, ქუთაისი, 2014, 161 გვ.
- [2] ა. ძნელაძე. საკონტროლო წერტილების ინტერვალის ოპტიმიზაცია მტყუნების გამოვლენის სისტემის პარამეტრების გათვალისწინებით. აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მოამბე № 2, ქუთაისი, 2013, გვ. 46-53.
- [3] ა. ძნელაძე. მონაცემთა დამუშავების კომპიუტერული სისტემების ფუნქციონალური საიმედოობის შეფასების ზოგადი ალგორითმი. მეხუთე საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“. ქუთაისი, 2011, გვ. 209-213.
- [4] ა. ძნელაძე. გამოთვლითი პროცესის საკონტროლო წერტილების განლაგების ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევის ალგორითმი. მესამე სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“. ქუთაისი, 2007, გვ. 143-149.
- [5] ა. ძნელაძე. პარალელური გამოთვლითი პროცესის დროითი მახასიათებლების ანალიზის მეთოდი. მეოთხე საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“. ქუთაისი, 2009, 119-124.
- [6] Valdas J., Tarjan R.E., Lawler E.I. The recognition of Serial Parallel Graph// SIAM J. Comp. – 1982. Vol. 11, No. 2 P. 298-312.
- [7] Леонтьев А.С., Пряхин В.К. Многоуровневые иерархические модели обработки информации в вычислительных системах с учетом надежности // Алгоритмы и структуры специализированных вычислительных систем. Тула, 1985. С. 51-57.
- [8] Папшев И.С., Шин В.В. Анализ временных характеристик ВС коллективного пользования с помощью аналитических моделей // Алгоритмы и структуры специализированных вычислительных систем. Тула, 1983. С. 108-114.
- [9] ა. ძნელაძე, ა. ბაბუნაშვილი. ლოკალური ქსელების დაპროექტების პროგრამული საშუალებები. მეექვსე საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენცია „ინტერნეტი და საზოგადოება“. ქუთაისი, 2013, გვ. 102-105.