

**ჰეტიერობენულ ქსელებში აბონენტთა მობილურობის პროცენტის
თავისებურებებისა და ალგორითმების ანალიზი**

ძოწენიძე გ.გ., მურჯიკელი გ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

საზოგადოდ, რადიოკავშირის ტექნოლოგიებმა ფართო გამოყენება პოვა მოელს მსოფლიოში. აქედან გამომდინარე, ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ თითოეული გეოგრაფიული ადგილი დაფარულ იქნას ერთზე მეტი რადიოტექნოლოგიით. რადიოტექნოლოგიების რაოდენობა თითოეულ ადგილას ნავარაუდებია, რომ გაიზრდება, რადგან დღით-დღე იზრდება Wi-Fi ტექნოლოგიის დანერგვის ტრენდი, ფართოდ მიმდინარეობს 4G ქსელის ინტეგრაცია და განვითარება. კონკრეტულ ერთ წერტილში აბონენტისთვის ხელმისაწვდომი იქნება რამდენიმე ტექნოლოგია. ტექნოლოგიებთან წვდომის შესაძლებლობა მოწყობილობებში შეზღუდულია, იმის მიხედვით თუ რომელი რადიომხარდაჭერით ფუნქციონირებს მობილური მოწყობილობა. იმის მერე რაც მომხმარებელი აირჩევს რადიოქსელს, თითოეული ქსელი ცდილობს, რომ მომხმარებელს მოემსახუროს საუკეთესო პირობებით. ლოკალიზებული რესურსის გამოყოფის მეთოდი, ძირითადად არ წარმოადგენს ოპტიმალურ ვარიანტს ვიდრე ცენტრალიზებული მართვის სისტემის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება. ეფექტურობა იზრდება იმ შემთხვევაში, როცა რესურსის მენეჯმენტის პროცესი ერთობლივად ითვალისწინებს რესურსის განაწილებას ტექნოლოგიებს შორის და ოპტიმალურად იყენებს მრავალტექნოლოგიან ქსელს. ქსელის მაღალი ხელმისაწვდომობისა და სპექტრული ეფექტურობის მისაღწევად საჭიროა კოგნიტური მოწყობილობების გამოყენება და რესურსის გამოყოფის კონტროლის გლობალურ დონეზე იმპლემენტაცია. მნიშვნელოვანი ძალისხმევაა საჭირო იმისათვის, რომ მოხდეს რესურსის გამოყოფის პროცესის ერთობლივი ოპტიმიზაცია ფიჭურ ან WLAN სისტემებში რათა შედეგად იქნას მიღებული ქსელის საიმედოობა, ეფექტურობა და ენერგიის ოპტიმალური მოხმარება. მნიშვნელოვანი სამუშაოები მიმდინარეობს ქსელის არჩევის პრობლემასთან დაკავშირებით, სადაც განხილულია მეთოდები რომლის საშუალებითაც მობილური მოწყობილობა განსაზღვრავს თუ როდის უნდა განხორციელდეს ვერტიკალური მობილობა და რომელ ტექნოლოგიებს შორის.

რამდენიმე ტექნოლოგიის მხარდამჭერი მოწყობილობებისათვის, ქსელის შერჩევის ალგორითმები, რომელთა საშუალებითაც მიიღწევა ოპტიმალური სერვისის მიწოდება, იყოფიან შემდეგ კატეგორიებად:

- ა) ალგორითმები გადაწყვეტილების ფუნქციაზე დაფუძნებული სტრატეგიით;
- ბ) ალგორითმები მომხმარებელზე ცენტრალიზებული სტრატეგიით;
- გ) ალგორითმები რამდენიმე თვისების გამოყენებაზე დაფუძნებული სტრატეგიით;

- დ) ალგორითმები ბუნდოვან ლოგიკაზე დაფუძნებული სტრატეგიით.

საზოგადოდ, გადაწყვეტილების მიღების დროს, ყველა სტრატეგია იყენებს რიგ თვისებებს, რომლებიც დაკავშირებულია მობილურ მოწყობილობასთან ან სერვისის მომწოდებელთან.

მობილური მოწყობილობის თვისებები მოიცავს: თითოეული მომხმარებლის მიერ მიღწევად გამტარუნარიანობას, ელ.კვების წყაროს სიციცხლისუნარიანობას და სერვისის ხარისხის ისეთ მაჩვენებლებს, როგორიცაა, პაკეტების დანაკარგები, პაკეტების დაყოვნება და პაკეტების კანკალი ანუ ჯიტი.

სერვისის მომწოდებლის თვისებებში შედის: დატვირთვის ბალანსირება, გამტარუნარიანობა, ღირებულება თითოეულ გადაცემულ ბაიტზე და ჯამური შემოსავალი.

გადაწყვეტილების ფუნქციაზე დაფუძნებული სტრატეგია იყენებს შეწონილ ფუნქციას, რომელიც აერთიანებს ორივეს - მომხმარებლის და სერვისის მომწოდებლის თვისებებს.

მომხმარებელზე ცენტრალიზებული სტრატეგია ფოკუსირებულია მომხმარებლის ერთ ან მეტ მოთხოვნაზე, რათა აირჩიოს მომსახურე ქსელი. გადაწყვეტილების მიღების მულტი-თვისებიანი სტრატეგია უმკლავდება პრობლემებს, რომელთა გადაწყვეტა დაკავშირებულია ალტერნატივების შერჩევაზე.

რამდენიმე რადიოტექნოლოგიის თანაარსებობა ქმნის ჰეტეროგენულ ქსელს. იმ შემთხვევაში, თუ თითოეული ტექნოლოგია იმუშავებს დამოუკიდებლად (იგულისხმება რადიორესურსის მენეჯმენტი) ქსელის დონეზე მწარმოებლურობა არც თუ ისე სახარბიელო იქნება. მაღალი შედეგების მისაღებად აუცილებელია, რადიოტექნოლოგიების ერთობლივი მენეჯმენტი, რომელიც შესაძლებელია განხორციელდეს რესურსის გლობალური GRC (Global Resource Controller) მაკონტროლებლის საშუალებით. ამასთან, უნდა აღინიშნოს, რომ ქსელში აღნიშნული კვანძის შემოტანა ქმნის გარკვეულ პრობლემებს, კერძოდ, წარმოშობს ზედნადებს (Overhead) და მომხმარებლის მოწყობილობის მიერ ენერგიის დანახარჯის მატებას. მაგრამ ამავდროულად მივიღებთ შემდეგ უპირატესობებს: კავშირის გაწყვეტის ალბათობის შემცირებას, ტრაფიკის ოპტიმალურ და პრიორიტეტიზებულ მომსახურებას, გადატვირთვების შემცირებას, როგორც საქსელო, ასევე თითოეული რადიოტექნოლოგიის დონეზე. ნაგარაუდებია, რომ მობილური მოწყობილობა არის რამდენიმე ტექნოლოგიის მხარდაჭერით და საშუალებას აძლევს მომხმარებელს, ნებისმიერ დროს ისარგებლოს ნებისმიერი ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიით.

ჩვენს მიერ დამუშავებულ იქნა რადიოტექნოლოგიების ერთობლივი მენეჯმენტის მოწყობილობის ალგორითმები, რომლის საშუალებით შესაძლებელია დაჩქარდეს მობილობის პროცესი, შემცირდეს მობილური მოწყობილობის მიერ ენერგიის მოხმარება და ასევე შემცირდეს გადატვირთვების ალბათობა.

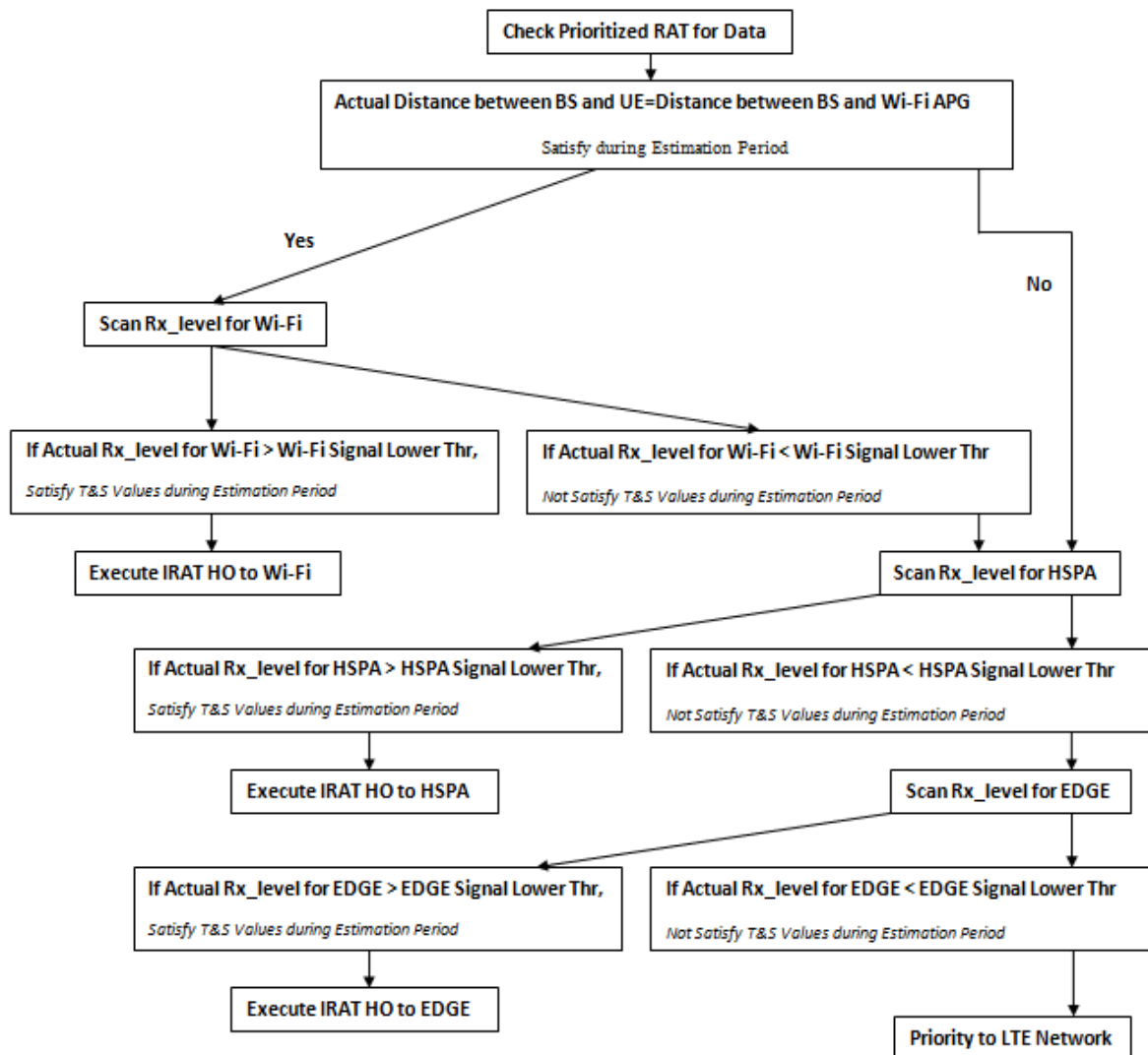
იმისათვის, რომ გამოყენებულ იქნას შემოთავაზებული ალგორითმები, საჭიროა განხორციელდეს გარკვეული ცვლილებები, როგორც ჰეტეროგენული ქსელის მხარეს, ისე მობილური მოწყობილობის მხარეს. კერძოდ, მობილური UE მოწყობილობის მხარეს ჩართული უნდა იყოს 2G/3G/4G/WLAN ტექნოლოგიების ავტომატურად დასკანიების ფუნქცია.

ხოლო ქსელის მხარეს:

- საჭიროა განხორციელდეს რესურსის გლობალური კონტროლი GRC კვანძის საშუალებით;
- შეიცვალოს საკონტროლო მესიჯების ბლოკი (SIB, MIB);
- შეიცვალოს საკონტროლო და სასიგნალო მესიჯების ნაკადების მიმართულება;
- საჭიროა განხორციელდეს სხვა დამატებითი პარამეტრული და ფუნქციური ცვლილებები.

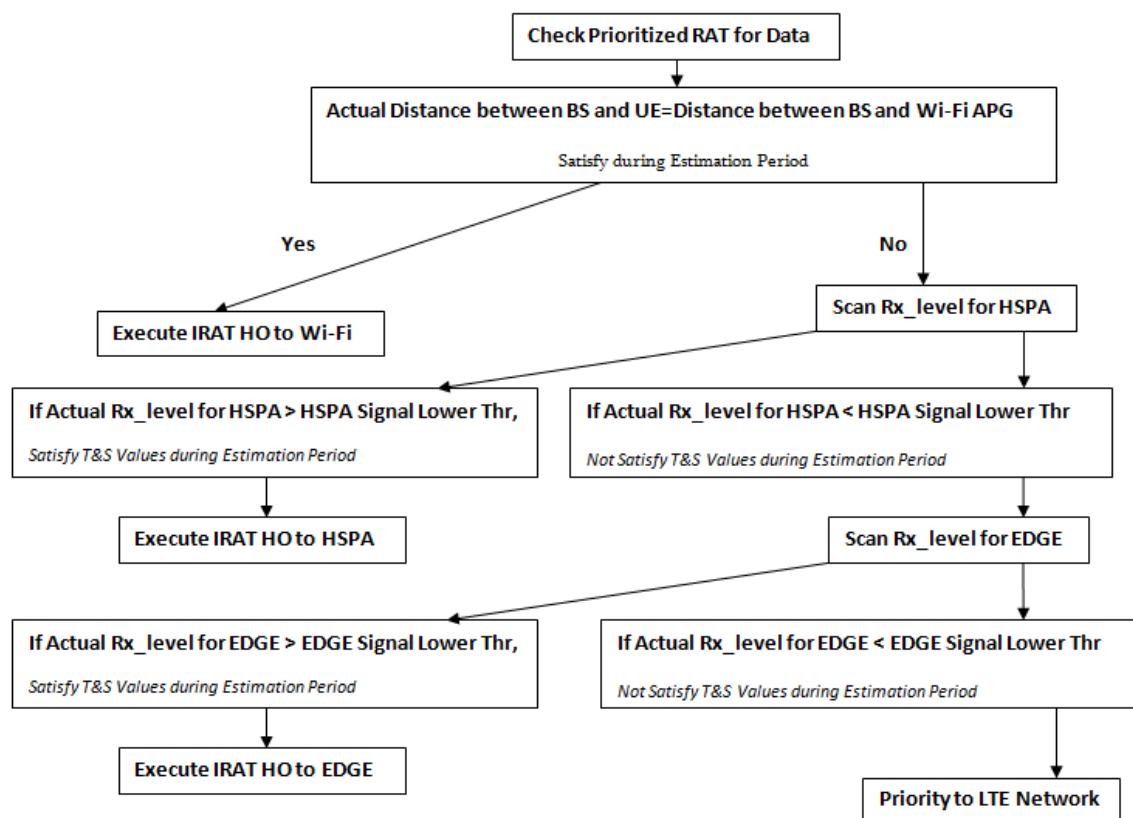
შემოთავაზებული ალგორითმი წარმოდგენილია LTE ტექნოლოგიის მაგალითზე, როდესაც აღნიშნული ტექნოლოგიის შიგნით წარმოიშობა გადატვირთვა და მოცემული ვითარებიდან გამომდინარე რეკომენდირებულია გარკვეული მოცულობის მონაცემთა ტრაფიკის გადასროლა სხვა რადიოტექნოლოგიაზე. მონაცემთა ტრაფიკისთვის მაღალპრიორიტეტულ ტექნოლოგიას WLAN-ი წარმოადგენს. სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით WLAN ტექნოლოგია მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის თვალსაზრისით აკმაყოფილებს LTE ტექნოლოგიის მომხმარებლის მოთხოვნას, სწორედ ამიტომ აღნიშნულ ტექნოლოგიას ენიჭება მაღალი პრიორიტეტი. ალგორითმი №1-ის მიხედვით (ნახ.1), მობილური მოწყობილობა WLAN ქსელს იმ შემთხვევაში დაასკანირებს თუ მას წინასწარ ეცოდინება მოცემულ არეალში არის თუ არა აღნიშნული ტექნოლოგიის დაფარვა. ამ ინფორმაციას მომსახურე LTE ქსელი სისტემური საინფორმაციო ბლოკების საშუალებით აწვდის მობილურ მოწყობილობას. საინფორმაციო ბლოკები შეიცავს TA (Timing Advance) გაზომვებზე დაყრდნობილ მონაცემებს, რომლის საშუალებითაც მობილური მოწყობილობა ღებულობს ინფორმაციას, რომ იგი იმყოფება WLAN ქსელით დაფარულ ტერიტორიაზე და იწყებს სკანირებას. თუ Wi-Fi-ს სიგნალის დონე აღემატება დასაშვებ ზღვარს, მაშინ განხორციელდება მობილობა აღნიშნულ ტექნოლოგიაზე.

საჭიროა ოპერატორმა შეიმუშაოს აკურატული გეგმა, სადაც ზუსტად იქნება განსაზღვრული თითოეული ტექნოლოგიის დაფარვის არეალი და საზღვრები.



ნახ.1. მობილობის პროცედურის გაუმჯობესებული ალგორითმი №1

იმისათვის, რომ დაჩქარდეს მობილობის პროცედურის განხორციელება LTE ქსელიდან WLAN ქსელზე, ასევე დაზოგილ იქნას აბონენტის მოწყობილობის ენერგია, ქვემოთ შემოთავაზებული ალგორითმი №2-ით (ნახ.2) შესაძლებელია ე.წ. „ბრმა“ მობილობის განხორციელება. ეს ალგორითმი არ ითვალისწინებს სიგნალის დონის შეფასებას და მობილობის განხორციელებისას იგი ეყრდნობა სისტემური ინფორმაციის ბლოკების მეშვეობით მიღებულ TA (Timing Advance) გაზომვების შედეგად წარმოდგენილ მონაცემებს. რა თქმა უნდა, არის იმის ალბათობა, რომ მობილური მოწყობილობის გადართვა შესრულდეს ისეთ WLAN სადგურზე, რომლის სიგნალი სუსტია და შედეგად მივიღოთ სერვისის ხარისხის გარკვეულწილად გაუარესება ცალკეული მომხმარებლებისთვის. ამ ალგორითმის გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც LTE ქსელში არის გადატვირთვების მაღალი დონე და აუცილებელია ქსელის ოპერატიული განტვირთვა, მისი ფუნქციონირების შენარჩუნების მიზნით.



ნახ. 2. მობილობის პროცედურის გაუმჯობესებული ალგორითმი №2

შემოთავაზებული ალგორითმების საშუალებით, შესაძლებელია ტექნოლოგიის შიგნით არსებული გადატვირთვების შემცირება, ტრაფიკის სხვა ტექნოლოგიებზე გადანაწილების გზით, ამაღლონად მცირდება მობილობის პროცედურის ხანგრძლივობა და იზრდება მობილური მოწყობილობის კვების წყაროს სიცოცხლისუნარიანობა. აღნიშნული უპირატესობებიდან გამომდინარე შესაძლებელია, როგორც ჰეტეროგენული ქსელის, ასევე მასში შემავალი ცალკეული ტექნოლოგიის დონეზე მწარმოებლურობის ამაღლება.

ლიტერატურა

1. Qian F., Wang Z., Gerber A., Mao Z. M., Sen S. and Spatscheck O. Characterizing Radio Resource Allocation for 3G/4G Networks, IMC, 2010.
2. Qian F., Wang Z., Gerber A., Mao Z. M., Sen S. and Spatscheck O. A Close Examination of Performance and Power Characteristics of 4G Networks, Mobisys., 2012.
3. Jorgueski L., Prasad R., Overview of Radio Resource Management (RRM) Issues in Multi-Radio Access Systems. /7th European Conference on Wireless Technology, 2004, pp. 97-100.

SUMMARY

ANALYSIS OF SUBSCRIBERS' MOBILITY PROCEDURE CHARACTERISTICS AND ALGORITHMS IN HETEROGENEOUS NETWORKS

Dzotsenidze G.V. and Murjikneli G.G.

Georgian Technical University

The paper deals with the analysis of subscribers' mobility procedure characteristics. There is offered an improved algorithm by which it is possible to make faster the mobility procedure between different radio access technologies, to reduce mobile device power consumption and to minimize congestion in the network.

Keywords: LTE, radiotechnology, WLAN, traffic, network