

LTE ქსელების მწარმოებლურობის ამაღლება საზოგადოებრივ ტრანსპორტში ბანთაშენებელი მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების საშუალებით

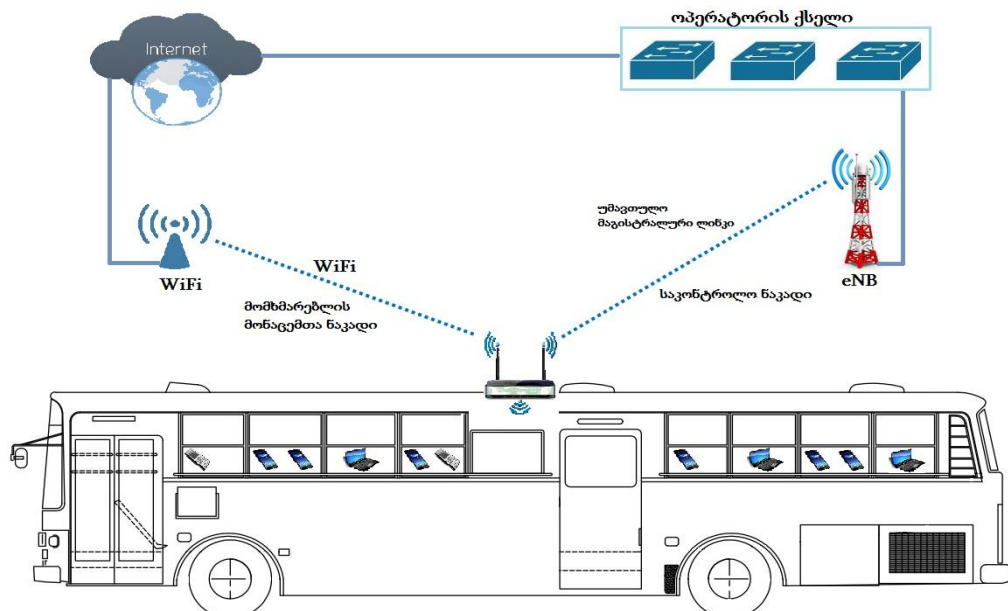
ძოწენიძე გ.გ., მურჯიკნელი გ.გ.

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მობილური კავშირგაბმულობის მომხმარებლების მზარდი მოთხოვნის დასაკმაყოფილებლად განუწყვეტლივ ვითარდება ქსელების შესაძლებლობები და ინერგება ახალი სტანდარტები. მობილური ოპერატორებისათვის უმნიშვნელოვანეს გამოწვევას წარმოადგენს ქსელის დაფარვისა და ტევადობის გაზრდის პრობლემები. დღესდღეობით, LTE ტექნოლოგია, რომელიც წინამორბედ ტექნოლოგიებთან შედარებით მომხმარებლებს სთავაზობს მონაცემთა გადაცემის ზემაღალ სიჩქარეებს, დგას მის მფლობელობაში არსებული რესურსების ამოწურვის პრობლემის წინაშე.

ფიჭური ქსელის ოპერატორები მაკრო და მცირე ზომის საბაზო სადგურების გამოყენებით ჰქმნიან მაღალი მწარმოებლურობის LTE ქსელებს. შენობის შიგნით მცირე ზომის ფიჭების გამოყენება წარმოადგენს საუკეთესო გადაწყვეტილებას ქსელის დაფარვასთან და ტევადობასთან დაკავშირებული პრობლემების აღმოფხვრის თვალსაზრისით. სერვისის ხარისხის გასაუმჯობესებლად უკვე ბევრმა ოპერატორმა დაიწყო მცირე ზომის ფიჭების გამოყენება ხალხმრავალ ადგილებში. მიმდინარეობს კვლევები მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების გამოყენებასთან დაკავშირებით. საზოგადოებრივ ტრანსპორტში დამონტაჟებული ასეთი ფიჭები შექმნიან ლოკალურ დაფარვას ტრანსპორტის შიგნით.

მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების გამოყენებასთან დაკავშირებული კვლევები წარმოდგენილია რამდენიმე ნაშრომში [1-4], მაგრამ აღნიშნული მეთოდის გამოყენების ეფექტურობასთან და მწარმოებლურობასთან დაკავშირებული კითხვები ჯერ კიდევ არსებობს.



ნახ.1. ახალი მიდგომის გამოყენება LTE ქსელში

იმ მომხმარებლების რაოდენობა, რომლებიც მობილურ მოწყობილობას აქტიურად იყენებენ საზოგადოებრივი ტრანსპორტით გადაადგილების დროს, ექსპონენციალურად იზრდება. შესაძლოა ასეთ მომხმარებელს სერვისი სათანადო ხარისხით ვერ მიეწოდოს, სიგნალის ცუდი დონის ან შეზღუდული რესურსის გამო, რომელიც გამოწვეულია სიგნალის კარგვით და დოპლერის ეფექტით, რომელთა მიზეზს წარმოადგენს ტრანსპორტის გადაადგილება მნიშვნელოვანი სიჩქარით, ასევე მობილურ მოწყობილობასა და მაკრო საბაზო სადგურს შორის დიდი მანძილი.

ჩვენს მიერ გამოკვლეულ იქნა საზოგადოებრივ ტრანსპორტში მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურების დანერგვით მოსალოდნელი პოტენციური მწარმოებლურობა. ნაგარაუდებია, რომ მცირე ზომის საბაზო სადგური განთავსებულია ავტობუსში, რათა მოემსახუროს მგზავრებს, ხოლო სახურავზე განთავსებული მიმღებ-გადამცემით იგი დაუკავშირდება მაკრო საბაზო სადგურს. მოძრავი სადგური ახდენს ტრაფიკის აგრეგაციას მაკრო სადგურის აღმაგებ და დადმაგებ ლინკზე (ნახ.1).

ანალიზისთვის შერჩეულ იქნა მწარმოებლურობის შესაფასებელი ორი მეტრიკა PEP (Pairwise Error Probability) და OP (Outage Probability), რათა შეფასებულ იქნას სერვისის ხარისხი და მობილური მოწყობილობის ენერგიის მოხმარება. ჩატარებულ იქნა კვლევა, რომლის საფუძველზე მიღებულ იქნა შემდეგი შედეგები:

- შემოთავაზებულია მობილური მცირე საბაზო სადგურის მხარეს წინასწარი კოდირების ვარიანტი, რომელიც საშუალებას იძლევა თავიდან იქნას აცილებული სატრანსპორტო საშუალების გარეთ მდებარე საბაზო სადგურიდან მიღებული ხელისშემშლელი სიგნალის გავლენა.

- განხორციელდა PEP და OP მეტრიკების დეტალური ანალიზი.

- სიმულატორის გამოყენებით შედარდა მცირე ზომის მოძრავი სადგურის გამოყენებით მიღებული შედეგები სტანდარტული მეთოდით სიგნალის გადაცემის ვარიანტთან.

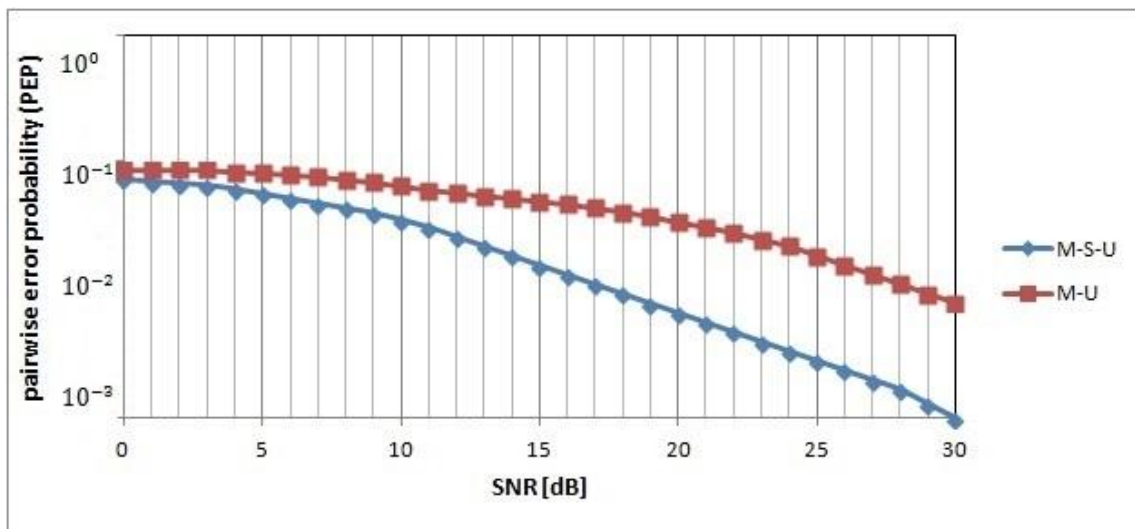
PEP არის შეცდომების ალბათობა, რომელიც გამოითვლება გადასაცემი სიგნალისთვის (S), რომლის დამახინჯებული ვარიანტი ($\hat{S}$) წარმოადგენს იქნება მიმღებ მხარეს.

OP არის სიგნალის დაყოვნების ალბათობა, რომელიც ანგარიშობს იმ შემთხვევების ალბათობას, როდესაც ხმაურის დონე აჭარბებს სასარგებლო სიგნალის დონეს.

MATLAB სიმულატორის გამოყენებით შესრულდა მწარმოებლურობის ანალიზი. შემოთავაზებული მიდგომა შედარდა სტანდარტულ შემთხვევას (ტრანსპორტში მყოფ მომხმარებელს ემსახურება მაკრო საბაზო სადგური). ჩვენ გადამტანის სიხშირული ზოლის სიგანედ მოვიაზრებთ 100მჰც-ს, ხოლო მოდულაციის სქემად QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying), ასევე $f_M=2,5$ გჰც და $f_s=2,6$ გჰც, $T_s=500$ მკწმ, $v=60$ კმ/სთ, $\alpha=3,67$, $\theta=\pi$, $\tau_d=1,328$ მკწმ და $G_{MS}/G_{SU}=-30$ დბ. ცხრილში მოცემულია სიმულაციის დროს გამოყენებული სხვა დამატებითი პარამეტრები. ჩვენ ვიყენებთ წინასწარ კოდირებას Θ შემდეგ პარამეტრებთან ერთად $C=2$ და $D=2$. მოცემული პარამეტრებიდან მიიღება $[K_{MS}, R_{MS}] = [1, 1]$ იმ შემთხვევაში როცა $M \rightarrow S$ ლინკი არის გამოყენებული, ხოლო $S \rightarrow M$ ლინკის შემთხვევაში ჩვენ გვაქვს სიხშირულ-დროითი არხი, საიდანაც მიიღება $[K_{SU}, R_{SU}] = [0, 0]$.

სიმულაციის დროს გამოყენებული პარამეტრები

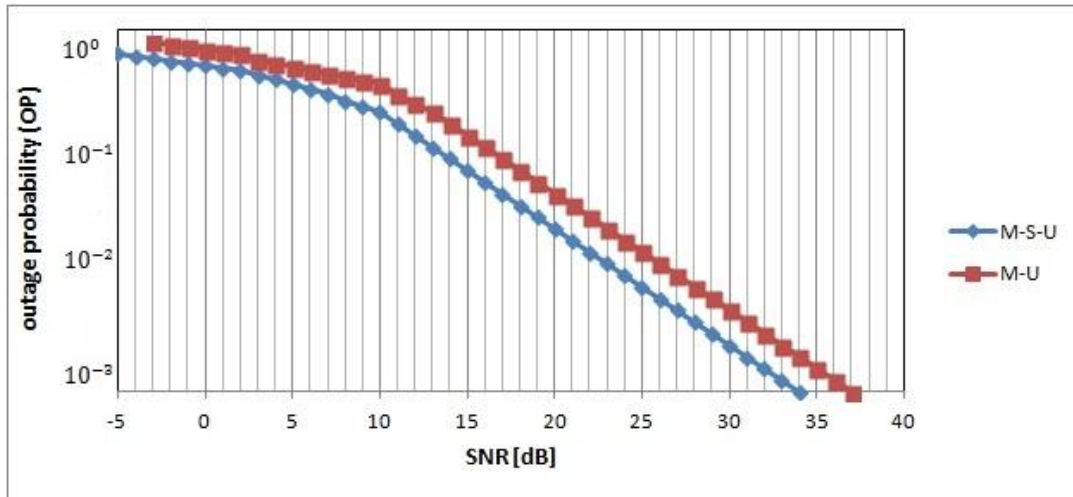
პარამეტრი	მნიშვნელობა
f_M [მჰც]	2500
f_s [მჰც]	2600
h_M [მ]	20
h_s [მ]	2
L_{sh} [დბ]	8
L_{pen} [დბ]	9,6



ნახ.2. არსებული და მიღებული PEP პარამეტრის შედეგების შედარება

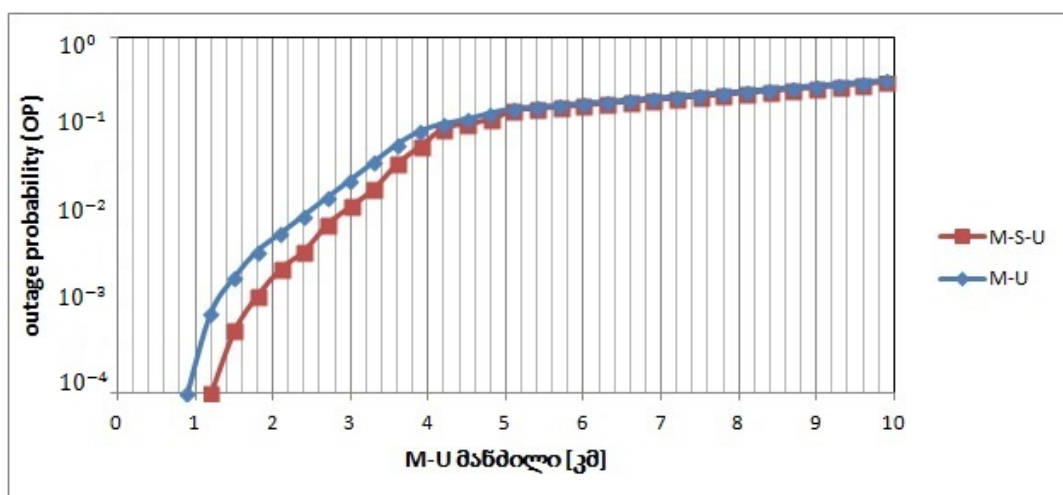
წინასწარი კოდირების პარამეტრებში $C = 2$ და $D = 2$, შემავალი მონაცემთა $s(n)$ ბლოკების სიგრძეა $N_s \times 1 (CD)$, ხოლო წინასწარი კოდერის გამოსასვლელზე $u(n)$ ბლოკების სიგრძეა $N_t \times 1 ((C + R)(D + K))$. აქედან გამომდინარე, წინასწარი კოდერის გამოსასვლელზე ბლოკების გადაცემის სიჩქარე ტოლია: $N_s/N_t = CD/((C + R)(D + K))$.

როგორც ნახ. 2-დან ჩანს, მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურის გამოყენების შემთხვევაში საგრძნობლად მცირდება ენერგიის მოხმარება. მაგალითად, როდესაც $PEP = 10^{-2}$ $M \rightarrow S \rightarrow U$ სცენარისათვის გადაცემის სიმძლავრე ~ 10 დბ-ით ნაკლებია, ვიდრე $M \rightarrow U$ შემთხვევაში.



ნახ.3. არსებული და მიღებული OP პარამეტრის შედეგების შედარება

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია სერვისის წვევების ალბათობა $M \rightarrow S \rightarrow U$ და $M \rightarrow U$ სცენარების შემთხვევაში. სერვისის წვევების ალბათობის ზუსტი ანგარიშისთვის საჭიროა აღებულ იქნას მიღებული სიგნალის SNR ალბათობის განაწილების ფუნქციის რიცხვითი მნიშვნელობები. მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურის სქემის გამოყენების შემთხვევაში, გადაცემის პირველ ეტაპზე, მაკრო საბაზო სადგური მის წინასწარ კოდირებულ სიგნალს უგზავნის მოძრავი სადგურის მიმღებ-გადამცემს, ხოლო მეორე ეტაპზე, მოძრავი სადგური მიღებულ სიგნალს აწვდის ტრანსპორტის შიგნით მყოფ მობილურ მოწყობილობას, იმ შემთხვევაში თუ სიგნალის დეკოდირება სწორად შესრულდა. მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგური ახდენს სიგნალის დეკოდირებას და შემდეგ აგზავნის დეკოდირებული სიგნალის კოპირებულ სიგნალს მობილური მოწყობილობის მიმართულებით. პრაქტიკულად მცირე ზომის მოძრავი საბაზო სადგურს CRC(Cyclic Redundancy Check) გამოყენებით შეუძლია შეამოწმოს გადაწვევტილების სისწორე. მაღალი SNR-ის რეგიონში, მაგალითად, $SNR > 8$ დბ მოძრავი მცირე საბაზო სადგურის შემთხვევაში სიმძლავრის მოგება შეადგენს ~ 4 დბ-ს.



ნახ.4. M-U მანძილის შედარება

ნახ. 4-ზე მკაფიოდ ჩანს დაფარვის არეალის ზრდა მოძრავი მცირე ზომის ფიჭის გამოყენების შემთხვევაში. მაგალითად, $OP = 10^{-4}$ -ის დროს $M \rightarrow S \rightarrow U$ სცენარი

$M \rightarrow U$ სცენართან შედარებით, იძლევა დაფარვის არეალის გაუმჯობესებას დაახლოებით $\sim 0,3$ კილომეტრით.

სიმულაციის შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ შემოთავაზებული მიდგომის გამოყენებით შესაძლებელია LTE ქსელებში ფიჭის დაფარვის არეალის გაზრდა, მობილური მოწყობილობის ენერგიის მოხმარების შემცირება, PEP და OP ხარისხობრივი მაჩვენებლების გაუმჯობესება.

ლიტერატურა

1. N. Lu, X. Zhu, Z. Jiang, X. Lu, F. Yang, and Q. Bi, Performance of LTE-advanced macro-pico heterogeneous networks. /Proc. IEEE Wireless Commun. and Networking Conf. (WCNC), Apr. 2013, pp. 545-550.
2. M. Qutqut, H. Abou-zeid, H. S. Hassanein, A. Rashwan, and F. Al-Turjman. Dynamic small cell placement strategies for LTE heterogeneous networks. /Proc. IEEE Symp. on Comput. and Commun. (ISCC), June 2014.
3. P. Mekikis, E. Kartsakli, A. Antonopoulos, A. Lalos, L. Alonso, and C. Verik-oukis, Two-tier cellular random network planning for minimum deployment cost. /Proc. IEEE I. Conf. on Commun. (ICC), June 2014.
4. M. Qutqut, M. Feteiha, and H. S. Hassanein, Outage probability analysis of mobile small cells over LTE-A networks. /Proc. Int. Wireless Commun. and Mobile Comput. Conf. (IWCMC), Aug. 2014.

SUMMARY

IMPROVEMENT OF LTE NETWORKS PERFORMANCE USING MOBILE SMALL BASE STATIONS IN PUBLIC TRANSPORT

Dzotsenidze G.V. and Murjikneli G.G.

Georgian Technical University

The paper deals with a method for improving the performance of LTE networks, which is achieved by mobile small base stations deployment in public transport. Using the suggested method, it is possible to improve PEP and OP quality indicators, as well as to increase the coverage of the cell.

Keywords: base stations, performance, cell, LTE.