

## Kako kretanje korisnika u ćeliji utiče na potrebnu snagu bazne stanice

DRAGAN S. MITIĆ, IRITEL a.d., Beograd,  
ALEKSANDAR V. LEBL, IRITEL a.d., Beograd,  
BRANIMIR M. TRENKIĆ, VISER, Beograd,  
ŽARKO M. MARKOV, IRITEL a.d, Beograd

Originalni naučni rad  
UDC: 621.39.026:004.7  
DOI: 10.5937/tehnika1902245M

*U ovom radu analiziran je uticaj kretanja korisnika unutar ćelije bazne stanice sa primenjenim upravljanjem snagom na promenu emitovane energije bazne stanice u odnosu na energiju potrebnu za nepokretnog korisnika. Proračunom je dokazano da kretanje korisnika dovodi do povećanja ove energije. Relativno povećanje emitovane energije je veće ako su pomeraj i koeficijent prostiranja veći i ako je početno udaljenje korisnika od bazne stanice manje. Brzina kretanja korisnika i trajanje veze kao elementi, koji svojim povećanjem direktno proporcionalno utiču na povećanje pređenog puta korisnika, razmatrani su indirektno, preko povećanja vrednosti pomeraja.*

**Ključne reči:** kretanje korisnika, srednja snaga, stacionarni korisnik, povećanje snage

### 1. UVOD

Problem uštede energije u telekomunikacijama je veoma važan poslednjih godina [1] – [7]. Razlog nije samo smanjenje potrošnje fosilnih goriva i zagađenja okoline, nego i smanjenje izloženosti ljudi uticaju elektromagnetnog zračenja [8] – [10]. Zbog toga se posebna pažnja posvećuje metodama upravljanja snagom u mrežama mobilne telefonije [11]. U GSM ćeliji se korekcija potrebne snage u ostvarenoj vezi može vršiti vrlo često (480ms) [12], [13]. Postoje takođe razni postupci upravljanja snagom, saglasno promenama saobraćaja u toku dana, kako bi se smanjila potrebna snaga [6], [7], [14].

Jedan od problema koji se, za sada, retko tretirao je zavisnost potrebne snage u ćeliji u downlink smeru od kretanja mobilnih korisnika. Kretanje korisnika modeluje se na različite načine, ali bez proračuna snage bazne stanice. U [15] brzina korisnika je promenljiva i podešava se tako da gustina raspodele korisnika ostaje nepromenjena, ili se korisnici koji se kreću biraju sa istim ciljem održavanja nepromenjene gustine korisnika. Doprinos [16] prikazuje simulacioni model u kome se pravac (ugao) kretanja, pomeraj, brzina i trajanje kretanja definišu na osnovu generisanih slučajnih brojeva. Međutim, često, posebno u gradskim

sredinama pravac kretanja korisnika ne može da bude proizvoljan, već je određen pravcem prostiranja ulica [17]. U radu [18] je opisan postupak za procenu promene potrebne snage u jednoj ćeliji ukoliko se značajan deo korisnika kreće u ćeliji i van nje.

U ovom radu se pokazuje da kretanje korisnika u ćeliji zahteva povećanje snage u odnosu na slučaj kada se korisnici ne kreću (nepokretni su). Analiza je sprovedena poređenjem potrebne snage za korisnika koji je nepokretan i prosečne snage, koja je potrebna za dva korisnika koji se u odnosu na tačku gde se nalazi nepokretni korisnik pomeraju u suprotnim smerovima za isti pomeraj (jednakim brzinama u toku istog vremenskog intervala). U odeljku 2 prikazan je i analiziran model i uvedene osnovne definicije. U poglavlju 3 definisan je problem, koji se rešava u ovom radu. Poglavlje 4 odnosi se na postupak proračuna, dok su u poglavlju 5 prikazani dobijeni rezultati proračuna. Na kraju, u poglavlju 6 dat je zaključak analize.

### 2. MODEL, OZNAKE I PRETPOSTAVKE

Posmatra se ćelija u mreži mobilnih korisnika, slika 1. Ćelija je kružnog oblika poluprečnika  $R$ . Pretpostavlja se da se oblast pokrivenosti bazne stanice ne deli na veći broj sektora, tako da nema hendovera u toku kretanja posmatranog korisnika unutar ćelije. Međutim, u praksi se često sreću i slučajevi da se ćelija deli na veći broj (najčešće 3) sektora. U tom slučaju dolazi do unutarćeljskog hendovera (intra-cell hand-over) na mestu dodira dva sektora. Proces hendovera može se odvijati tako da se prvo raskida veza u jednom

---

Adresa autora: Dragan Mitić, IRITEL AD, Beograd,  
Batajnički put 23

e-mail: mita@iritel.com

Rad primljen: 21.09.2018.

Rad prihvaćen: 07.02.2019.

sektoru, a tek onda uspostavlja veza u drugom sektoru (hard handover) ili obrnuto (soft handover) [19]. Model analiziran u ovom radu važi u slučaju hard handovera, jer u tom slučaju ne postoji nijedan trenutak da bazna stanica istovremeno napaja korisnika preko dva sektora.

U ćeliji se posmatraju tri korisnika: A, B i C.

Korisnik A ne menja svoj položaj u toku trajanja veze i uvek se nalazi na rastojanju  $r$  od centra ćelije tj. od bazne stanice (BTS). On je nazvan stacionarnim korisnikom.

Korisnik B se u početku veze nalazi na rastojanju  $r$  od centra ćelije ali se u toku veze udaljava od centra ćelije za vrednost  $\Delta$  tako da je njegova udaljenost od BTS na kraju veze  $r+\Delta$ .

Korisnik C se takođe u početku veze nalazi na rastojanju  $r$  od centra ćelije ali se u toku veze približava centru ćelije za vrednost  $\Delta$  tako da je njegova udaljenost od BTS na kraju veze  $r-\Delta$ . Emitovana snaga iz BTS ka korisniku X će se označavati sa  $P_X$ .

Pretpostavke su sledeće:

a1. Snaga signala koju emituje BTS se menja sa promenom udaljenosti korisnika od BTS. Ova snaga se podešava tako da korisnik prima približno istu snagu signala nezavisno od udaljenosti od BTS. Vrednost emitovane snage BTS nekom korisniku modeluje se izrazom  $P = a \cdot r^\gamma$  ( $=P_A$ ), gde  $P_A$  označava da se ta snaga odnosi na korisnika A,  $r$  je udaljenost između korisnika i bazne stanice,  $\gamma$  je koeficijent prostiranja (slabljenja) sredine, čija je vrednost između 2 i 5 [12], a  $a$  je koeficijent proporcionalnosti koji podešava dimenzije pojedinih veličina u jednačini.

Prema tome, u našem modelu kretanje korisnika na uvek jednakoj udaljenosti od bazne stanice (po krugu sa centrom u baznoj stanici) ne unosi promene u vrednosti emitovane snage. Ovo je idealizovani slučaj matematičke analize uticaja samo jednog faktora. U praksi udaljenost od bazne stanice je dominantan, ali ne i jedini faktor koji utiče na emisiju snagu. Naime, na vrednost snage bazne stanice u toku kretanja utiču takođe promene fadinga [20], interferencije i vrednosti odnosa signal/šum, ali i primena diversitija u slanju signala. Sve ovo zajedno utiče u praksi da se korisniku, koji se kreće po krugu sa centrom u baznoj stanici, ne dodeljuje uvek ista emisiona snaga.

a2. Pretpostavlja se da upravljanje snagom bazne stanice kontinualno kompenzuje promenu snage signala tako da na mestu prijema svi korisnici dobijaju istu snagu. Ova pretpostavka idealizuje postupak upravljanja snagom koji se u stvarnosti vrši u koracima od po 2dB [21]. U velikom broju veza može se smatrati da je postupak blizak kontinualnom. Usvajanje ove pretpostavke nema uticaja na tačnost zaključaka i dobijene vrednosti rezultata s obzirom da se analiza u radu

bazira na oduzimanju dve vrednosti (pre kretanja korisnika i posle kretanja). Greške nastale uvođenjem aproksimacije u oba slučaja imaju istu prirodu u smislu povećanja ili smanjivanja emitovane snage, tako da se greške oduzimanjem pomenute dve vrednosti potiru.

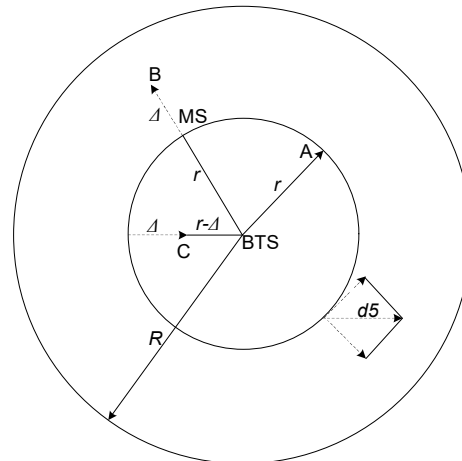
a3. Može se, dakle, reći da je nadoknada snage udaljenim korisnicima srazmerna slabljenju signala.

a4. Pretpostavlja se da se pokretni korisnici kreću u svim smerovima sa jednakom verovatnoćom. Pri tome se smatra da kretanje korisnika iz neke početne tačke uvek ima odgovarajućeg parnjaka, koji kreće iz iste početne tačke istom brzinom, ali u suprotnom smeru. U pogledu mogućih brzina korisnika nema ograničenja. Na taj način postiže se da će ta dva uparena korisnika preći istu putanju u istom vremenskom intervalu, u suprotnom smeru.

a5. Svaka putanja pokretnog korisnika se može predstaviti komponentom koja predstavlja kretanje na jednakoj udaljenosti od BTS i komponentom koja predstavlja udaljavanje ili približavanje centru ćelije (putanja  $d5$  na slici 1).

Saglasno usvojenim oznakama i pretpostavkama može se odrediti snaga u tri slučaja:

- snaga koja se emituje ka korisniku A u toku cele veze je  $P_A = a \cdot r^\gamma$ . Ova snaga se emituje i ka korisnicima B i C na početku veze;
- snaga koja se emituje ka korisniku B na kraju veze je  $P_B = a \cdot (r+\Delta)^\gamma$
- snaga koja se emituje ka korisniku C na kraju veze je  $P_C = a \cdot (r-\Delta)^\gamma$ .



Slika 1 - Položaj korisnika A, B i C u ćeliji bazne stanice posle kretanja: A je stacionaran, B se udaljava od centra ćelije, C se približava centru ćelije

### 3. PROBLEM

Cilj ovog rada je da odgovori na pitanje kakav je odnos snage koja se šalje iz BTS ka korisniku koji

miruje i snage koja se iz BTS šalje pokretnom korisniku. U primeru sa slike 1 je jasno da se ove snage na početku veze ne razlikuju ali kretanjem korisnika snage počinju da bivaju različite tako da je razlika na kraju veze najveća.

Upoređenje se može vršiti posmatrajući snagu nepokretnog korisnika s jedne strane i snagu tipičnog pokretnog korisnika s druge. Tipični pokretni korisnik uključuje korisnike B i C, koji se kreću u suprotnim smerovima istom brzinom i u toku istog vremenskog intervala, u skladu sa pretpostavkom a4, koja je jedna od polaznih pretpostavki u ovom radu.

Pored određivanja odnosa snaga pokretnih i stacionarnih korisnika pogodno je utvrditi kako se ove snage menjaju u zavisnosti od: brzine kretanja pokretnih korisnika tj. pređenog puta u toku veze, udaljenosti početnog položaja od BTS i kako uslovi prenosa ( $\gamma$ ) utiču na odnos snaga.

#### 4. PRORAČUN

Određivanje odnosa snage potrebne stacionarnom korisniku i korisniku u kretanju je određivanje odnosa snage stacionarnog korisnika A i vrednosti snaga koji se emituju ka pokretnim korisnicima B i C u toku veze.

Trenutna vrednost snage koja se emituje ka korisniku B u toku veze je:

$$P_B = a \cdot x^\gamma, r \leq x \leq r + \Delta \quad (1)$$

a trenutna vrednost snage koja se emituje ka korisniku C u toku veze je

$$P_C = a \cdot y^\gamma, r - \Delta \leq y \leq r \quad (2)$$

Posmatra se slučaj kada je veza započela tj. korisnici B i C su u pokretu. Oni su prešli put  $d$ ,  $0 < d < \Delta$ , a vrednost koeficijenta prostiranja je  $\gamma=2$ . Trenutna srednja vrednost snage prema korisnicima B i C je:

$$P_{dm} = 0.5 \cdot a \cdot [(r+d)^\gamma + (r-d)^\gamma] = a \cdot (r^2 + d^2) > a \cdot r^2 = P_A \quad (3)$$

i veća je od trenutne snage emitovane ka stacionarnom korisniku A. Ovaj zaključak se može izvesti i za veće vrednosti koeficijenta prostiranja  $\gamma$  [22].

Da bi se odredila snaga potrebna pokretnim korisnicima u toku cele veze, potrebno je naći srednju snagu koja se emituje ka korisniku B i ka korisniku C.

Srednja vrednost snage koja se u toku cele veze emituje ka korisniku B je  $P_{Bm}$ :

$$P_{Bm} = \frac{1}{\Delta} \cdot \int_r^{r+\Delta} a \cdot x^\gamma \cdot dx \quad (4)$$

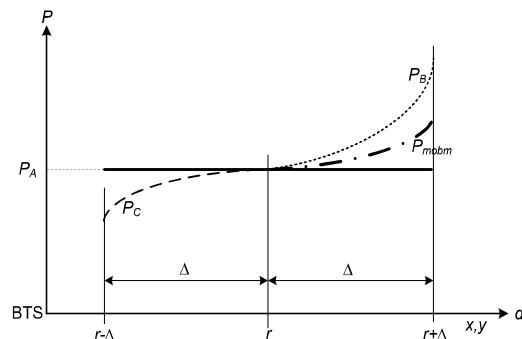
a srednja vrednost snage koja se u toku cele veze emituje ka korisniku C je  $P_{Cm}$ :

$$P_{Cm} = \frac{1}{\Delta} \cdot \int_{r-\Delta}^r a \cdot y^\gamma \cdot dy \quad (5)$$

Srednja vrednost snage emitovane ka paru pokretnih korisnika  $P_{mobm}$  koji se kreću suprotnim smerovima je:

$$P_{mobm} = 0.5 \cdot (P_{Bm} + P_{Cm}) \quad (6)$$

Na slici 2 prikazana je zavisnost snage koja se šalje pokretnim korisnicima od njihovog udaljenja ( $d$ ) od bazne stanice (BTS). Ovo udaljenje dato je na horizontalnoj osi grafika, s tim što ono odgovara pokretnim korisnicima B (oznaka  $x$  na horizontalnoj osi) i C (oznaka  $y$  na horizontalnoj osi). U početnom trenutku korisnici B i C nalaze se na udaljenju  $r$  od bazne stanice što je takođe označeno na horizontalnoj osi i njima se dodeljuje ista vrednost snage koja se dodeljuje i stacionarnom korisniku na udaljenju  $r$  (oznaka  $P_A$  na vertikalnoj osi). Korisnik B se udaljava od bazne stanice i promena tokom njegovog kretanja do maksimalne udaljenosti  $r+\Delta$  od bazne stanice prikazana je grafikom sa oznakom  $P_B$  na slici 2. Korisnik C se približava baznoj stanici i promena tokom njegovog kretanja do minimalne udaljenosti  $r-\Delta$  od bazne stanice prikazana je grafikom sa oznakom  $P_C$ . Udaljenje korisnika B i C se menja potpuno simetrično u odnosu na tačku  $r$ , tako da grafik sa oznakom  $P_{mobm}$  predstavlja snagu bazne stanice u toku kretanja korisnika B i C od početne tačke na udaljenju  $r$  od bazne stanice do maksimalnog udaljenja  $\Delta$  od početnog položaja  $r$ , određeno na osnovu (6).



Slika 2 - Promena snage BTS u toku kretanja korisnika

Povećanje energije (snage) u odnosu na stacionarnog korisnika A je:

$$\delta E = \frac{P_{mobm} - P_A}{P_A} \quad (7)$$

#### 5. BROJČANI PRIMERI

Posmatra se primer ćelije sledećih svojstava:  $R=10\text{km}$ ,  $r=4\text{km}$ ,  $\Delta$  uzima vrednosti  $1\text{km}$ ,  $2\text{km}$ ,  $2.5\text{km}$  i  $3\text{km}$ ,  $\gamma$  uzima vrednosti  $2$ ,  $3$ ,  $4$  i  $5$ . Posmatraju se

slučajevi sa najvećom razlikom u snazi pokretnih i stacionarnih korisnika. To znači da se posmatraju pokretni korisnici koji se kreću od i ka BTS po pravcu poluprečnika ćelije.

U tabeli 1 je prikazano povećanje snage pokretnog korisnika u odnosu na stacionarnog, a u zavisnosti od pređenog puta (brzine kretanja i trajanja veze) u toku veze. Uočava se da se sa povećanjem dužine pomeraja  $\Delta$  u većem relativnom iznosu povećava i emitovana snaga bazne stanice.

Tabela 1. Povećanje snage (energije) pokretnog korisnika u odnosu na stacionarnog u zavisnosti od pređenog puta (brzine kretanja i trajanja veze) za  $r=4\text{km}$ ,  $R=10\text{km}$  i  $\gamma=2$ .

$\Delta$ [km]	$\delta E$ [%]
1	2
2	8
2.5	13
3	18

U tabeli 2 je prikazano povećanje snage pokretnog korisnika u odnosu na stacionarnog, a u zavisnosti od koeficijenta prostiranja ( $\gamma$ ). Sa povećanjem vrednosti  $\gamma$  u većem procentu se povećava emitovana snaga bazne stanice. Upoređujući dobijene vrednosti  $\delta E$  sa vrednostima u tabeli 1, uočava se da promena  $\gamma$  ima većeg uticaja na promenu emitovane snage bazne stanice pri kretanju korisnika, nego što je to u slučaju promene veličine pomeraja, odnosno brzine korisnika i/ili trajanja veze.

Zavisnost povećanja snage pokretnih korisnika od udaljenosti od BTS se vidi u tabeli 3, gde su:  $R=10\text{km}$ ,  $\Delta=2\text{km}$ ,  $r$  uzima vrednosti 3km, 5km i 7km,  $\gamma=2$ . Za razliku od prethodnih slučajeva, ovde je zavisnost inverzne prirode: što je početno udaljenje korisnika od bazne stanice manje, pomeraj korisnika će u većem obimu uticati na povećanje emitovane snage bazne stanice.

U sva tri ovde analizirana slučaja posmatra se slučaj gde se korisnici kreću u pravcu poluprečnika bazne stanice, koji daje najveću relativnu promenu snage bazne stanice, shodno analizi u [22]. Ukoliko se smatra da su svi pravci kretanja korisnika unutar ćelije jednako verovatni (pretpostavka koja se najčešće razmatra pri računskom modelovanju), procenat korisnika koji se kreću direktno ili približno direktno od ili ka baznoj stanici je mali. To znači da će relativna promena ukupne snage bazne stanice kao posledica kretanja svih pokretnih korisnika biti manja od vrednosti dobijenih u razmatranim primerima. Međutim, takav način kretanja je malo verovatan u praksi, posebno u gradskim sredinama. U [17] se razmatra kretanje korisnika u slučaju da imamo gradsku sredinu sa međusobno normalnim ulicama. U takvom slučaju postoje

dominantni pravci kretanja korisnika. Moguće je da takav dominantan pravac kretanja baš odgovara ili približno odgovara pravcu poluprečnika ćelije (bazna stanica se nalazi na zgradi u glavnom gradskom bulevaru). Zbog toga će i relativna promena ukupne snage bazne stanice biti veća nego u teoretskom slučaju jednako verovatnih pravaca kretanja korisnika. Odnosno, može se reći da analiza za slučaj maksimalne promene snage bazne stanice bolje zadovoljava za procenu promene ukupne snage bazne stanice kao posledice kretanja u praktičnim primerima, nego što je to analiza za neki drugi pravac kretanja, opisan pretpostavkom a5, ili za jednako verovatne pravce kretanja.

Tabela 2. Povećanje snage (energije) pokretnog korisnika u odnosu na stacionarnog u zavisnosti od koeficijenta prostiranja za  $r=4\text{km}$ ,  $R=10\text{km}$  i  $\Delta=2\text{km}$ .

$\Gamma$	$\delta E$ [%]
2	8
3	25
4	51
5	89

Tabela 3. Povećanje snage (energije) pokretnog korisnika u odnosu na stacionarnog u zavisnosti od početnog udaljenja korisnika od bazne stanice za  $R=10\text{km}$ ,  $\gamma=2$  i  $\Delta=2\text{km}$ .

$r$ [km]	$\delta E$ [%]
3	14.8
5	5.3
7	2.7

U slučaju da posmatramo kretanje pojedinačnog korisnika koji u svom kretanju ima i komponentu koja predstavlja približavanje baznoj stanici u skladu sa pretpostavkom a5, emisiona snaga bazne stanice dodeljena ovom korisniku se smanjuje. Nasuprot tome, za korisnika čije kretanje sadrži komponentu udaljavanja od bazne stanice emisiona snaga bazne stanice se povećava. Posmatrajući ukupan skup pokretnih korisnika čije je kretanje u svim pravcima unutar ćelije jednako verovatno, može se pokazati [18] da je broj korisnika čije kretanje sadrži komponentu udaljavanja od bazne stanice veći od broja korisnika čije kretanje sadrži komponentu približavanja baznoj stanici. Ovo predstavlja dodatno objašnjenje zašto kretanje korisnika povećava emisionu snagu bazne stanice.

## 6. ZAKLJUČAK

Kretanje korisnika u ćeliji mreže mobilnih korisnika povećava potrebnu emisionu snagu. Ovo povećanje je utoliko veće ukoliko je prosečna brzina kretanja korisnika veća i/ili trajanje veze duže, tj. ukoliko se u toku veze ostvari veće udaljenje od primarnog

položaja. Na povećanje potrebne snage obrnuto utiče blizina centra ćelije a direktno utiče povećanje koeficijenta prostiranja, pri čemu je uticaj promene koeficijenta prostiranja izraženiji od uticaja promene veličine pomeraja korisnika, odnosno promene početnog udaljenja od bazne stanice. U radu se analizira kretanje korisnika samo u pravcu poluprečnika bazne stanice, čime se dobijaju rezultati, koji bolje odgovaraju modelovanju kretanja korisnika u urbanim sredinama, nego da se razmatra slučajno kretanje korisnika u svim pravcima (sa jednakom verovatnoćom).

U ovom radu analiziraju se samo slučajevi kada se korisnik stalno kreće unutar jedne ćelije. Generalno, u svim takvim slučajevima emitovana snaga bazne stanice se povećava. Zbog toga se postavlja pitanje šta je to što sprečava nekontrolisano povećanje snage bazne stanice. Odgovor se nalazi u [18], gde je dokazano da do smanjenja emitovane snage dolazi kao posledica hendovera. Ovde, sada, prikazani model može se dopuniti na sledeći način, kao u [18]: korisnik na granici posmatrane ćelije bazne stanice napušta ćeliju i biva zamenjen drugim korisnikom, koji dolazi u ćeliju iz susedne ćelije. Taj, novodošli korisnik približava se baznoj stanici, baš kao i njegov parnjak, koji je bio uparen sa korisnikom izašlim iz ćelije. Na taj način smanjuje se emitovana snaga prema oba posmatrana korisnika. U [18] je pokazano da kretanje u hendoveru smanjuje potrebnu snagu ali u znatno manjoj meri nego što je povećanje snage kada nije potreban hendover.

## 7. ZAHVALNICA

Rad je realizovan u sklopu projekata TR32007 i TR32051, koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Oh E, Krishnamachari X, Liu X, Niu Z. Toward dynamic energy-efficient operation of cellular network infrastructure, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 49, No. 6, pp. 56-61, DOI: 10.1109/MCOM.2011.5783985, June 2011.
- [2] Niu Z, Advances in green communications and networks, Tutorial, VTC2012-Spring, Yokohama (Japan), 6-9. May 2012.
- [3] Samdanis K, Rost P, Maeder A, Meo M, Verikoulis C. Green Communications: Principles, Concepts and Practice, John Wiley & Sons, ISBN: 9781118759264, 2015.
- [4] Lorincz J, Garma T, Petrović G, Measurements and modelling of base station power consumption under real traffic loads, *Sensors*, Vol. 12, No. 4, pp. 4281-4310, DOI: 10.3390/s120404281, March 2012.
- [5] Richter F, Fehske A. J, Fettweis G. P, Energy efficiency aspects of base station deployment strategies for cellular networks, in *IEEE Proceeding of 70th Vehicular Technology Conference - Fall, Anchorage (Alaska)*, 20-23 September 2009, DOI: 10.1109/VETEFCF.2009.5379031
- [6] Blume O, Eckhardt H, Klein S, Kühn E, Wajda W. M, Energy savings in mobile networks based on adaptation to traffic statistics, *Bell Labs Technical Journal*, Vol. 15, No. 2, pp. 77-94, DOI: 10.1002/bltj.20442, September 2010.
- [7] Niu Z, TANGO: Traffic-Aware Network planning and Green Operation, *IEEE Wireless Communication Magazine*, Vol. 18, No. 5, pp. 25-29, DOI: 10.1109/MWC.2011.6056689, October 2011.
- [8] Vulević B, Određivanje jačine električnog polja visokih učestanosti primenom širokopojasnih merenja, *Tehnika*, Vol. 66, No. 5, pp. 701-706, UDC: 614.875, DOI: 10.5937/tehnika1705701V, Oktobar 2017.
- [9] Vulević B, Čičkarić Lj, Milić S, Marčeta M, Međulaboratorijska ispitivanja kod širokopojasnog merenja elektromagnetskih polja, *Tehnika*, Vol. 67, No. 2, pp. 239-244, UDC: 537.8.08, DOI: 10.5937/tehnika11802239V, April 2018.
- [10] Lebl A, Mileusnić M, Mitić D, Matić V, Pavić B, Markov Ž, Influence of Traffic Process Characteristics on the Electric Field in GSM Base Station Cell, *International Scientific Conference "Unitech 2017"*, Gabrovo Bulgaria, pp. II-62 – II-67, 17-18 ISSN: 1313-230X, November 2017.
- [11] Mileusnić M, Popović M, Lebl A, Mitić D, Markov Ž, Power Control of Base Station in GSM: Influence of Users' Density in the Cell, *Automatika*, Vol. 56, No. 1, pp. 84-90, DOI: <https://doi.org/10.7305/automatika.2015.04.606>, March 2015,
- [12] Eberspracher J, Vögel H.-J, Bettstetter C, Hartmann C, *GSM, Architecture, Protocols and Services*, 3<sup>rd</sup> Edition, John Wiley & Sons, New York, ISBN 978-0-470-03070-7, 2009, 2009.
- [13] Andreadis A, Giambene G, *Protocols for High-Efficiency Wireless Networks*, Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, Print ISBN 1-4020-7326-7, 2003.
- [14] Mitić D, Lebl A, Markov Ž, Influence of Traffic Model on the Calculation of BTS Output Power in GSM Network, *AEÜ - International Journal of Electronics and Communications*, Vol. 69, No. 5, pp. 836-840, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeue.2015.02.00>, May 2015,3

- [15] Mitsche D, Resta G, Santi P, The random waypoint mobility model with uniform node spatial distribution, *Wireless Networks*, Verlag 2013, HAL Id: hal-00923122, available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00923122>, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11276-013-0661-2>, Print ISSN: 1022-0038, January 2014, 1174-1182, DOI: 10.13164/re.2018.1174, December 2018.
- [16] Gloss B. M, Neubauer D. A, More Realistic Random Direction Mobility Model, *4<sup>th</sup> Management Committee Meeting*, Würzburg, Germany, pp. 1-11, available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.118.3785&rep=rep1&type=pdf>, October 2005,.
- [17] Olmos K, Pierre S., Boudreault Y. Traffic simulation in urban cellular networks of Manhattan type, *Computer and Electrical Engineering*, Vol. 29, No. 3, pp. 435-461, available at: <http://www.larim.polymtl.ca/pdf/103.pdf>, ISSN: 0045-7906, May 2003.
- [18] Lebl A, Mitić D, Trenkić B, Markov Ž, Determination of Base Station Emission Power Change in a Mobile Network Cell with Movable Users, *Radioengineering*, Vol. 27, No. 4, ISSN: 1210-2512, pp. 1174-1182, DOI: 10.13164/re.2018.1174, December 2018.
- [19] Khan M, M, Khan M. S, Investigation of Handovers in 3G UMTS Traffic Classes, Master thesis in Electrical Engineering, Blekinge Institute of Technology, March 2010.
- [20] Kurniawan A, Power Control to Combat Rayleigh Fading In Wireless Mobile Communications Systems, Proceedings of APT Workshop on MCMT 2002, Jakarta, October 2002.
- [21] 3<sup>rd</sup> Generation Partnership project: Technical Specification Group GSM/EDGE Radio Access Network; Radio subsystem link control (Release 10), 3GPP TS45.008 v10.0.0, March 2011.
- [22] Lebl A, Mileusnić M, Mitić D, Markov Ž, Marinković-Nedelicki V, Marjanović I, A new model for base station power calculation as a consequence of user mobility, *International Scientific Conference "Unitech 2017"*, Gabrovo, Bulgaria, pp. II-49 – II-55, ISSN: 1313-230X, 17-18 November 2017.

## SUMMARY

### HOW USERS' MOVING IN A CELL AFFECTS THE NECESSARY BASE STATION POWER

*In this paper it is analyzed the influence of user moving in the base station cell where power control is implemented on the change of transmitted base station energy comparing to the energy, which is necessary for stationary user. It is proved by calculation that users moving leads to this energy increase. The relative increase of transmitted energy is greater if distance of moving, i.e. moving speed and connection duration are greater, if the value of propagation coefficient is greater and if starting user distance from base station is smaller. User speed of moving and connection duration as the elements, whose increase cause the increase of crossed path in a directly proportional manner, are considered indirectly, by the crossed path increase.*

**Key words:** users' moving, mean power, stationary user, power increase