

UTICAJ SAOBRAĆAJNIH PARAMETARA NA FUNKCIJU BONITETA BEŽIČNE MREŽE U HETEROGENOM OKRUŽENJU

Bojan Bakmaz, Miodrag Bakmaz
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

Sadržaj: *Bežični sistemi naredne generacije predstavljaju heterogeno okruženje koga karakterišu multimrežna topologija sa više administrativnih domena, multiservisna komunikacija i multimodni terminali, što aktualizuje niz istraživačkih problema. Dizajniranje efikasnih tehnika hendovera predstavlja osnovni pravac istraživanja u oblasti heterogenih bežičnih mreža. U radu je predložen algoritam za izbor optimalne mreže baziran na funkciji boniteta, koja se određuje TOPSIS metodom sa entropijom težina. Predloženi model tretira bežične pristupne mreže kao alternative, dok se mrežni parametri razmatraju kao kriterijumi za određivanje optimalne mreže. Testiranjem modela pokazane su mogućnosti TOPSIS metoda, kao i uticaj saobraćajnih parametara na funkciju boniteta pristupne mreže.*

Ključne reči: *heterogene bežične mreže, saobraćajni parametri, vertikalni hendover*

1. Uvod

Nagli razvoj bežičnih tehnologija ima za posledicu pojavu sve većeg broja različitih mreža. Od bežičnih mreža naredne generacije (*Next Generation Wireless Networks* – NGWN) očekuje se integrisanje heterogenih tehnologija, pri čemu bi trebalo napraviti značajniji korak ka univerzalnom besprekidnom pristupu. Tehnike za izbor optimalne mreže [1], kao elementi složenog procesa vertikalnog hendovera, predstavljaju značajnu komponentu razvoja arhitekture heterogenih bežičnih mreža.

Optimalna pristupna mreža određuje se na osnovu metrika koje se odnose na performanse mreže, servisne zahteve i preferencije korisnika. U dostupnoj literaturi predložen je veliki broj tehnika za iniciranje hendovera i izbor mreže, koje koriste različite metrike i heuristike za rešavanje pomenutih problema. Međutim, ni jedna od tih tehnika ne ispunjava apsolutno sve zahteve u smislu funkcionalnosti i efikasnosti [2]. Kao matematički alati najčešće se koriste višekriterijumska analiza [3, 4], *fuzzy* logika [5] i veštačke neuronske mreže [6].

Razmatranjem velikog broja parametara kroz pomenute pristupe povećava se računarsko vreme i dodatno opterećuju korisnički terminal i infrastrukturni elementi mreže. Broj kriterijuma i dinamička varijabilnost nekih parametara značajno povećavaju kompleksnost tehnike hendovera, zbog čega je izbor adekvatnih kriterijuma od izuzetnog značaja.

2. Kriterijumi za izbor optimalne mreže

Kriterijumi za izbor pristupne mreže mogu biti subjektivni i objektivni, minimizirajućeg, ili maksimizirajućeg tipa, a na osnovu njihove prirode uglavnom se klasifikuju u tri kategorije [7]:

- Mrežno orijentisani kriterijumi odražavaju karakteristike i performanse pristupnih mreža (pokrivenost, kvalitet i kapacitet linka, brzina prenosa podataka itd.).
- Servisno orijentisani kriterijumi odnose se na QoS ponuđen korisnicima. Kriterijumi iz ove grupe su najzastupljeniji u modelima za izbor optimalne mreže i obuhvataju objektivne QoS metrike, zastupljene u mrežama sa paketskom komutacijom (verovatnoća blokiranja zahteva, kašnjenje, džiter, gubitak paketa itd.).
- Korisnički orijentisani kriterijumi su subjektivne prirode i odražavaju određene aspekte korisničkog zadovoljstva (cena, *Quality of Experience* - QoE, itd.). Zbog tehničke neodređenosti, ovi kriterijumi se načešće izražavaju lingvističkim izrazima.

Snaga signala na prijemu (*Received Signal Strength* - RSS) najčešće je korišćeni kriterijum za iniciranje hendovera, zbog jednostavnosti merenja i korelacije sa kvalitetom veze. RSS direktno zavisi od udaljenosti mobilnog terminala i bazne stanice (pristupne tačke). U kombinaciji sa predefinisanim pragom i histerezisom, RSS metrika predstavlja zadovoljavajuće rešenje za homogeno mrežno okruženje. U heterogenom okruženju RSS metrika nije dovoljan kriterijum za iniciranje hendovera, ali se u kombinaciji sa drugim metrikama može primeniti kao eliminatorni (polazni) uslov.

Raspoloživi opseg predstavlja značajan indikator saobraćajnih performansi pristupne mreže i transparentan parametar za korisnike multimedijalnih servisa [8]. U ovde analiziranom slučaju, pored uobičajenih atributa, značaj je dat i klasičnim pokazateljima stepena opsluge (*Grade of Service* – GoS). Uticaj stanja i -te mreže, odnosno kriterijuma D_i , analizira se preko:

- kapaciteta grupe (s_i),
- odnosa kapaciteta i saobraćaja (s_i/a_i),
- odnosa kapaciteta i gubitka dobijenog preko Erlangove formule (s_i/B_i),
- odnosa kapaciteta i izgubljenog saobraćaja ($s_i/(a_i B_i)$),
- kao i preko raspoloživog opsega ($s_i - a_i(1 - B_i)$).

Nivo kvaliteta servisa (Q_i) može biti određen kroz metričke vrednosti kašnjenja, džitera, gubitka paketa i sl. Može se deklarirati od strane provajdera servisa na osnovu ITU preporuke Y.1541, kojom su definisane granične vrednosti QoS parametara za određene aplikacije, odnosno klase servisa. Primer mapiranja nivoa QoS prikazan je u [9]. Praćenjem QoS parametara preko jedinstvene metrike nivoa kvaliteta servisa izbegava se nepotrebno opterećivanje mrežnih elementa, a ovaj parametar postaje transparentniji prema korisniku.

Nivo sigurnosti (S_i), kao i prethodni kriterijum, može se deklarirati od strane provajdera servisa, a predstavlja meru sigurnosti prenosa informacija u određenoj mreži. Za većinu korisnika, zavisno od aplikacije, sigurnost ima značajnu ulogu prilikom odlučivanja o adekvatnosti neke mreže za prenos željenog sadržaja. Ključni sigurnosni aspekti u bežičnim mrežama su detaljnije analizirani u [10].

Cena servisa (P_i) može se značajno razlikovati od provajdera do provajdera, ali i u različitim mrežnim okruženjima. Cena u nekim slučajevima može biti odlučujući faktor u izboru optimalne mreže, a obuhvata cenu saobraćaja i cenu rominga između heterogenih mreža. U određenom kontekstu cena servisa je u korelacionoj zavisnosti od kapaciteta linka, ponuđenog kvaliteta servisa, ali u heterogenom okruženju predstavlja visoko varijabilnu funkciju mnogih drugih parametara. Tarifne politike, prihvaćene od servis provajdera, imaju veliki uticaj na proces izbora optimalne mreže [11].

Polazna matrica modela za m raspoloživih RAN (*Radio Access Network*) može se predstaviti u obliku

$$\mathbf{M} = \begin{matrix} \text{RAN}_1 \\ \text{RAN}_2 \\ \vdots \\ \text{RAN}_m \end{matrix} \begin{bmatrix} D_i & Q_i & S_i & P_i \\ D_1 & Q_1 & S_1 & P_1 \\ D_2 & Q_2 & S_2 & P_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ D_m & Q_m & S_m & P_m \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Za upoređivanje kriterijuma različitih vrednosti i različitih mernih jedinica potrebno je koristiti postupak vektorske normalizacije, kada polazna matrica (1) prelazi u normalizovanu matricu čiji su elementi

$$D'_i = D_i / \sqrt{\sum_{i=1}^m D_i^2}, \quad Q'_i = Q_i / \sqrt{\sum_{i=1}^m Q_i^2}, \quad S'_i = S_i / \sqrt{\sum_{i=1}^m S_i^2}, \quad P'_i = 1 - P_i / \sqrt{\sum_{i=1}^m P_i^2}, \quad (2)$$

$$D'_i, Q'_i, S'_i, P'_i \in [0,1].$$

Zbog pojednostavljenja matematičkog aparata i mogućnosti primene metoda entropije za određivanje objektivnih težinskih koeficijenata, na kriterijum cene primenjen je metod diferenciranja, čime je ovaj kriterijum minimizirajućeg tipa transliran u kriterijum maksimizirajućeg tipa, a odnosi između kriterijuma ostaju nepromenjeni.

Nakon definisanja adekvatnih kriterijuma nameće se pitanje na koji način vršiti distribuciju metričkih informacija od mrežnih entiteta do korisničkih multimodnih terminala. Koncept kognitivnog pilot kanala (CPC – *Cognitive Pilot Channel*), koji je razvijen u okviru E²R (*End to End Reconfigurability*) projekta, može da obezbedi dovoljno informacija mobilnom terminalu o performansama raspoloživih mreža [12].

3. Uticaj preferencija korisnika i servisnih zahteva

Model ovog problema nema kriterijume istog stepena važnosti, pa je potrebno da korisnik unapred definiše koji od kriterijuma ima veći značaj. Na primer, za prenos video sadržaja najznačajniji parametar je brzina prenosa, u slučaju prenosa govora najvažniji parametar je kvalitet servisa, dok je to u slučaju podataka sigurnost [13]. U teoriji je razvijeno više postupaka za određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma [14]. Metod entropije predstavlja egzaktan pristup, gde se mogu kombinovati težine određene na osnovu entropije atributa, u okviru istog kriterijuma i raspona u okviru svih kriterijuma modela, sa težinama koje dodeljuje donosilac odluke (u ovom slučaju

korisnik) na osnovu svojih preferencija. Algoritam metoda entropije za definisanje ponderisanih koeficijenata sastoji se iz sledećih koraka:

1. Određivanje entropije vrednosti parametara na osnovu relacije

$$e_j = [-1/\ln(m)] \cdot \sum_{i=1}^m [j_i \ln(j_i)], \quad j \in \{D', Q', S', P'\}, \quad (3)$$

2. Određivanje odstupanja u okviru svakog kriterijuma $d_j = 1 - e_j$,
3. Određivanje težinskih koeficijenata, $W_j = d_j / \sum_j d_j$, ukoliko korisnik podjednako preferira sve parametre, ili $W_j = d_j w_j / \sum_j d_j w_j$, ukoliko korisnik određuje subjektivne težine w_j .

Nakon pronalazjenja težinskih koeficijenata metodom entropije, može se nastaviti sa TOPSIS metodom kreiranjem otežane matrice

$$V = \begin{matrix} \text{RAN}_1 \\ \text{RAN}_2 \\ \vdots \\ \text{RAN}_m \end{matrix} \begin{bmatrix} W_D D'_1 & W_Q Q'_1 & W_S S'_1 & W_P P'_1 \\ W_D D'_2 & W_Q Q'_2 & W_S S'_2 & W_P P'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_D D'_m & W_Q Q'_m & W_S S'_m & W_P P'_m \end{bmatrix}. \quad (4)$$

4. Rangiranje pristupnih mreža

Ovaj model je pri postupku pronalazjenja težinskih koeficijenata preformulisan tako da svi parametri budu tipa maksimizacije, pa na osnovu toga idealno rešenje u ovom slučaju predstavlja skup

$$A_j^+ = \{\max_i(W_D D'_i), \max_i(W_Q Q'_i), \max_i(W_S S'_i), \max_i(W_P P'_i)\}. \quad (5)$$

Analogno, negativno idealno rešenje predstavlja skup

$$A_j^- = \{\min_i(W_D D'_i), \min_i(W_Q Q'_i), \min_i(W_S S'_i), \min_i(W_P P'_i)\}. \quad (6)$$

Euklidska rastojanja alternative u odnosu na idealno i negativno idealno rešenje mogu se izračunati preko relacija

$$D_i^+ = \sqrt{(W_D B'_i - A_D^+)^2 + (W_Q Q'_i - A_Q^+)^2 + (W_S S'_i - A_S^+)^2 + (W_P P'_i - A_P^+)^2} \quad (7)$$

i

$$D_i^- = \sqrt{(W_D B'_i - A_D^-)^2 + (W_Q Q'_i - A_Q^-)^2 + (W_S S'_i - A_S^-)^2 + (W_P P'_i - A_P^-)^2} \quad (8)$$

Na kraju, preko relativne bliskosti idealnom rešenju, koja je izražena kao

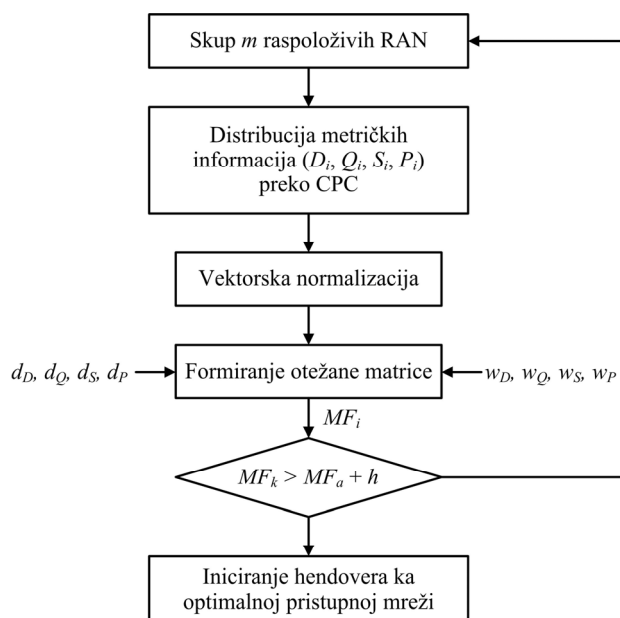
$$MF_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+}, MF_i \in (0,1), \quad (9)$$

može se izvršiti rangiranje mreža, pri čemu je najbolja mreža ona čija je relativna bliskost idealnom rešenju najveća.

Relativna bliskost idealnom rešenju, u ovom slučaju, predstavlja funkciju boniteta mreže, koja se može koristiti za donošenje odluke o hendoveru, uz uslov

$$MF_k > MF_a + h, \quad (10)$$

pri čemu se, pored funkcije kvaliteta aktuelne mreže (MF_a) i mreže kandidata (MF_k), može uzeti u obzir i predefinisani histerezis hendovera h . Optimalno određivanje histerezisa ima za cilj smanjivanje uticaja negativnih efekata učestalih hendovera. Vrednost histerezisa se dinamički menja u funkciji upravljanja radio resursima.



Slika 1. Model izbora optimalne pristupne mreže baziran na TOPSIS metodu

Predloženi model (Slika 1) moguće je testirati, kako u realnom okruženju, tako i korišćenjem generisanih mrežnih parametara, kroz simulacioni model.

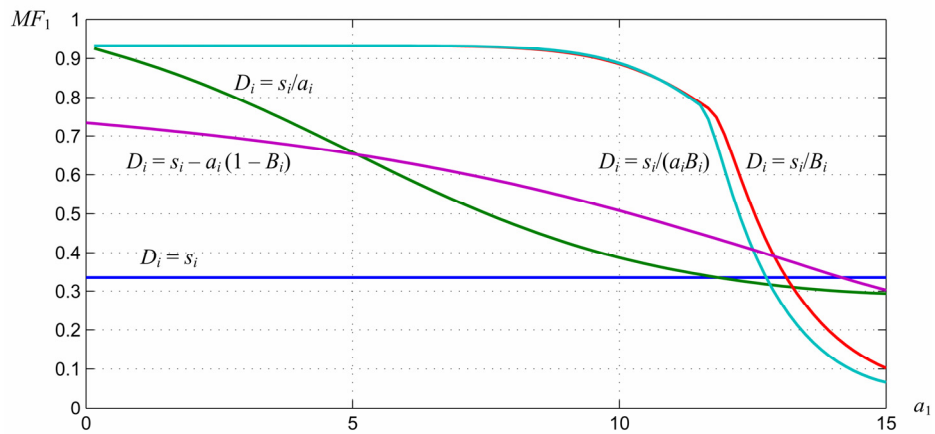
5. Testiranje modela

Za testiranje algoritma razvijena je softverska aplikacija, čiji je izvorni kod napisan u MATLAB okruženju. Simulacijom su obuhvaćene tri pristupne mreže, čiji su kapaciteti grupe, saobraćaji i ostali atributi prikazani u tabeli 1.

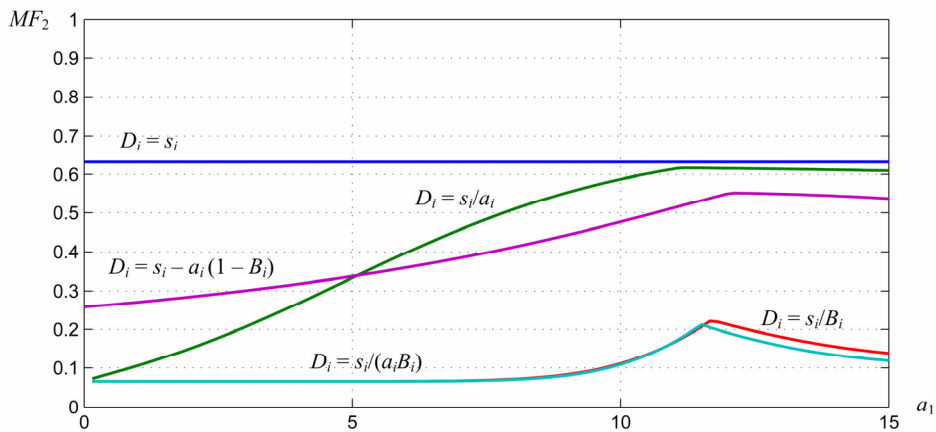
Tabela 1. Ulazne vrednosti kriterijuma za testiranje modela

RAN_i	s_i	a_i	Q_i	S_i	P_i
RAN_1	20	1 - 15	3	2	2
RAN_2	16	12	3	2	1
RAN_3	18	10	2	3	1

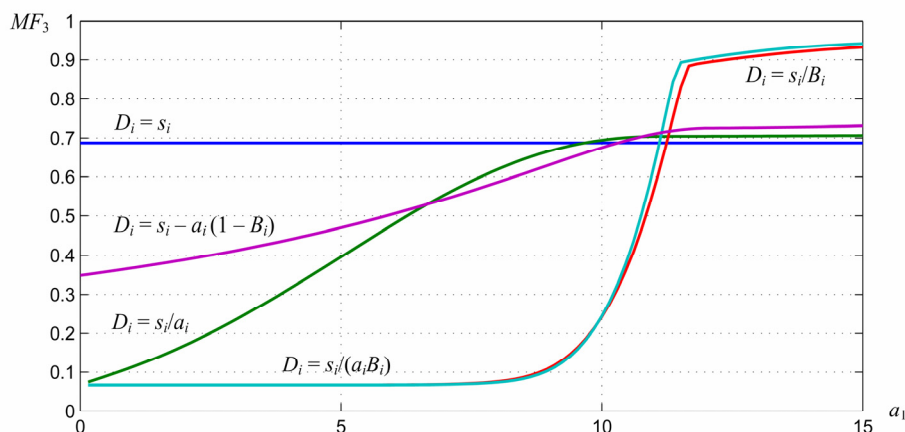
Uticaj promene intenziteta saobraćaja u jednoj od mreža (a_1) na funkcije boniteta sve tri mreže, za različito definisana stanja mreže D_i , prikazan je na slikama 2, 3 i 4.



Slika 2. Uticaj promene intenziteta saobraćaja a_1 na funkciju boniteta prve mreže



Slika 3. Uticaj promene intenziteta saobraćaja a_1 na funkciju boniteta druge mreže



Slika 4. Uticaj promene intenziteta saobraćaja a_1 na funkciju boniteta treće mreže

Kada je stanje mreže izraženo samo kapacitetom grupa ($D_i = s_i$), funkcije boniteta ne zavise od intenziteta saobraćaja. Na činjenicu da je MF_3 najveći, mada RAN_3 nema najveći kapacitet, utiču vrednosti kriterijuma sigurnosti (S_i) i cene servisa (P_i). Uvođenjem u D_i saobraćajnih parametara, odnosno za $D_i = s_i/a_i$ i $D_i = s_i - a_i(1 - B_i)$, sa porastom a_1 postepeno opada MF_1 , a MF_2 i MF_3 postepeno rastu.

Najinteresantnija je pojava kod MF_i , kada se koriste stanja mreže $D_i = s_i/B_i$ i $D_i = s_i/(a_i B_i)$. Pri dovoljno velikoj vrednosti a_1 , koja stvara opterećenja po kanalu poput opterećenja u RAN_3 ($a_1/s_1 \approx a_3/s_3$), što je manje od opterećenja po kanalu RAN_2 (a_2/s_2), dolazi do nagle promene MF_1 i MF_3 . Ovo svojstvo može da bude presudno u procesu odlučivanja pri izboru mreže.

Smanjenjem saobraćaja u RAN_2 tako da je opterećenje po kanalu manje nego u RAN_3 , a pri promeni intenziteta saobraćaja a_1 , uočava se da će funkcija boniteta druge mreže MF_2 , za $D_i = s_i/B_i$ i $D_i = s_i/(a_i B_i)$, sada imati karakterističan skok, odnosno druga mreža, kao manje opterećena, biće odabrana umesto prve.

Literatura

- [1] J. McNair, F. Zhu, "Vertical Handoffs in Fourth-generation Multinetwork Environments", *IEEE Wireless Communications*, vol. 11, no. 3, June 2004, pp. 8-15.
- [2] M. Bakmaz, B. Bakmaz, "Tehnike hendovera u heterogenim bežičnim mrežama", *Zbornik radova POSTEL'10*, Saobraćajni fakultet, Beograd, dec. 2010, str. 337-346.
- [3] Q. Song and A. Jamalipour, "Network Selection in an Integrated Wireless LAN and UMTS Environment Using Mathematical Modeling and Computing Techniques", *IEEE Wireless Communications*, vol. 12, no. 3, pp. 42-48, June 2005.
- [4] F. Bari and V. C. M. Leung, "Automated Network Selection in a Heterogeneous Wireless Network Environment", *IEEE Network*, vol. 21, no. 1, pp. 34 – 40, Jan/Feb. 2007.
- [5] M. Kassar, B. Kervella, and G. Pujolle, "An Intelligent Handover Management System for Future Generation Wireless Networks", *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, Article ID 791691, 12 pages, 2008.

- [6] N. Nasser, S. Guizani, E. Al-Masri, "Middleware Vertical Handoff Manager: A Neural Network-based Solution", *Proc. IEEE ICC'07*, Glasgow, Scotland, June 2007, pp. 5671-5676.
- [7] D. E. Charilas and A. D. Panagopoulos, "Multiaccess Radio Network Environments", *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 5, no. 4, pp. 40-49, Dec. 2010.
- [8] D. He, et al., "A Simple and Robust Vertical Handoff Algorithm for Heterogeneous Wireless Mobile Networks", *Wireless Personal Communications*, vol. 59, no. 2, pp. 361-373, July 2011.
- [9] B. Bakmaz, et al., "Mobile IPTV over heterogeneous networks: QoS, QoE and mobility management", *Proc. ERK2009*, Portoroz, Slovenia, Sep. 2009, pp. 101-104.
- [10] B. Bakmaz, M. Bakmaz, and Z. Bojkovic, "Elements of Security Aspects in Wireless Networks: Analysis and Integration", *International Journal of Mathematics and Informatics*, vol. 1, no. 2, pp. 70 – 75, Jan. 2007.
- [11] D. Niyato and E. Hossain, "Competitive Pricing in Heterogeneous Wireless Access Networks: Issues and Approaches", *IEEE Network*, vol. 22, no. 6. pp. 4 – 11, Nov/Dec. 2008.
- [12] Y. Ji Y, et. al., "CPC-assisted Network Selection Strategy", *16th IST Mobile and Wireless Communications Summit*, Budapest, Hungary, July 2007.
- [13] A. Koutsorodi, et al., "Terminal Management and Intelligent Access Selection in Heterogeneous Environments", *Mobile Networks and Applications*, vol. 11, no. 6, Dec. 2006, pp. 861-871.
- [14] D. L. Olson, "Comparison of Weights in TOPSIS Models", *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 40, no. 7-8, Oct. 2004, pp. 721-727.

Abstract: *Next generation wireless systems will represent heterogeneous environment, characterized by multinet network topology including many administrative domains, multiservice communication and multimode terminals, actualizing a variety of research problems. Design of efficient network selection techniques is one of the main research directions in this area. This article presents the proposal of suitable network selection technique based on merit function, obtained using TOPSIS method with entropy weights. The radio access networks in this model represent the alternatives, while the network parameters are considered as the trigger criteria for determining the suitable network. Through simulation studies, we show the potential of TOPSIS method, together with traffic parameters influences on optimal network selection process.*

Keywords: *heterogeneous wireless networks, traffic parameters, vertical handover*

TRAFFIC PARAMETERS INFLUENCES ON WIRELESS NETWORK MERIT FUNCTION IN HETEROGENEOUS ENVIRONMENT

Bojan Bakmaz, Miodrag Bakmaz