

Analiza metoda odlučivanja za izbor pristupne mreže tokom vertikalnog *handover*-a između UMTS i WiMAX tehnologija

Dragan Soldat, Milan Šunjevarić

Sadržaj — Bežične mreže četvrte generacije (4G) ili Beyond 3rd Generation (B3G) podrazumjevaju integraciju različitih heterogenih bežičnih pristupnih mreža. Ovakva arhitektura neophodno nameće pitanje podrške za vertikalni *handover*. Vertikalni *handover* se dešava kada se mobilni terminal prebacuje sa jedne tehnologije na drugu na primjer, sa UMTS na WiMAX i obrnuto. Tema ovog rada je izbor optimalnog algoritma odlučivanja o izboru pristupne mreže prilikom vertikalnog *handover*-a između UMTS i WiMAX mreža.

Ključne reči — UMTS, WiMAX, *Cost function*, TOPSIS, *Handover*.

I. UVOD

CILJ B3G ili 4G mreža je integracija različitih heterogenih bežičnih mreža preko jedne IP *backbone* mreže. Trenutno mnoga tijela za standardizaciju rade prema postizanju toga cilja. Među njima imamo 3GPP, 3GPP2 i IEEE802.21 *Media Independent Handover*. Tako su 3GPP i 3GPP2 standardizovali interkonekcijske zahtjeve između 3G i WLAN mreža. Jedan od najvažnijih, ako ne i najvažniji aspekt ove interkonekcije je aspekt vertikalnog *handover*-a. To je takozvani *intersystem handover* prilikom kojeg mobilni terminal mijenja tehnologiju na pristupnom interfejsu. Zbog toga je potrebno da imamo mobilni terminal sa više interfejsa to jest za svaku tehnologiju po jedan.

Sam proces vertikalnog *handover*-a uključuje tri osnovne faze: faza detekcije pristupne mreže (*system discovery*), faza odluke o izboru pristupne mreže (*vertical handover decision*) i faza izvršavanja vertikalnog *handover*-a (*vertical handover execution*). Tokom faze detekcije pristupne mreže mobilni terminal detektuje pristupne mreže i odlučuje koje od njih može koristiti i koji su servisi raspoloživi na svakoj od njih. U fazi odluke o izboru pristupne mreže mobilni terminal odlučuje da li da nastavi sa korištenjem postojeće selektovane mreže ili da pređe na korištenje nove mreže. Odluka se donosi na osnovu nekog kriterija za odlučivanje i na osnovu

različitih parametara kakvi su na primjer, tip aplikacije, minimalni *bandwidth*, cijena koštanja korištenja mreže i slično. Ovaj rad je fokusiran upravo na ovu fazu vertikalnog *handover*-a i analizirana su dva metoda odlučivanja: *Cost* funkcija i TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*). Inače ova tematika je veoma aktuelna i sličnu analizu možemo naći u radovima [1], [2], [3] i [5]. U fazi izvršavanja vertikalnog *handover*-a konekcija se rerutira iz postojeće mreže u neku drugu mrežu po mogućnosti na što neosjetniji način po korisnika. Ova faza takođe uključuje i proces autentifikacije, autorizacije kao i proces razmjene *context* poruka. U nastavku rada će biti ukratko izloženi osnovni principi *Cost* funkcije i TOPSIS metoda odlučivanja. Nakon toga je opisana simulacija i rezultati simulacije u kojoj su analizirani pomenuti metodi odlučivanja u procesu vertikalnog *handover*-a.

II. COST FUNKCIJA

Cost funkcije definišu pravila koja određuju optimalnu odluku prilikom *handover* procesa. Ovaj koncept je prva predstavila Helen Wang 1999 godine [6]. Sistem koristi *Cost* funkcije na osnovu kojih određuje optimalnu mrežu kao ciljnu mrežu prilikom izvršavanja *handover*-a. Ova funkcija koristi korisnikove pretpostavke za donošenje odluke bazirane na polisama. U početku *Cost* funkcije nisu mogle da uzimaju u obzir sve relevantne podatke i scenarija. Na primjer, sve pristupne mreže su bile *free of charge*. Nakon toga je na *University of California, Los Angeles*, 2004 godine predstavljen drugi tip ovih funkcija koji se naziva *Universal Seamless Handover Architecture* i on se koristi prilikom izvršavanja takozvanog *Seamless handover* [3]. Ova funkcija se koristi prilikom proračuna vrijednosti polisa za pojedine pristupne mreže. Mreža sa najvećom vrijednošću polise se smatra najboljom to jest kao najbolji interfejs. Predložena *Cost* funkcija je data sledećim izrazom:

$$S_i = \sum_{j=1}^k w_j f_{j,i} \quad 0 < S_i < 1 \quad \sum_{j=1}^k w_j = 1 \quad (1)$$

Normalizovana vrijednost polise za interfejs i , S_i , je suma od k normalizovanih težinskih funkcija $f_{j,i}$ ponderisanih težinskim koeficijentima w_j . Težinski koeficijenti w_j su kalibrisani u skladu sa korisnikovim zahtjevima. Suma svih težina je uvijek 1. Normalizovane funkcije $f_{j,i}$ se koriste da obezbijede rezultujući faktor za parametar j mrežnog interfejsa i . Indeks j se koristi da označi šta se koristi kao kriterijum odlučivanja i može na primjer biti cijena koštanja za interfejs i (E), kapacitet

Ovaj rad je finansijski podržan od strane Ministarstva za nauku Republike Srbije.

Dragan Soldat, Telekomunikacije RS a.d. Banja Luka, Kralja Petra I Karadorđevića 93, 78000 Banja Luka, R. epublika Srpska (e-mail: dragan.soldat@mtel.ba).

Milan Šunjevarić, IMTEL Komunikacije a.d., Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Novi Beograd, Serbia (e-mail: micosun@ptt.rs).

linka (C), ili potrošnja energije (P) i u ovom radu je izvršena analiza upravo za ova tri kriterijumska parametra. Ako se koriste pomenuti faktori tada će rezultujuća Cost funkcija izgledati ovako:

$$S_i = w_e f_{e,i} + w_c f_{c,i} + w_p f_{p,i} \quad (2)$$

Normalizovane funkcije za cijenu koštanja (E), kapacitet linka (C) i potrošnju energije (P) su respektivno određene sledećim jednačinama [3]:

$$f_{e,i} = \frac{1}{e^{\alpha_i}} \quad f_{c,i} = \frac{e^{\beta_i}}{e^M} \quad f_{p,i} = \frac{1}{e^{\gamma_i}} \quad (3)$$

Za koeficijente α_i , M , β_i i γ_i moraju biti ispunjeni sledeći uslovi $\alpha_i \geq 0$, $M \geq \beta_i$ i $\gamma_i \geq 0$.

Vrijednosti za koeficijente α_i , β_i i γ_i se mogu dobiti iz lookup tabele ili iz *well-tuned* funkcije [3]. Koeficijent M je maksimalni zahtjevani propusni opseg od strane korisnika. Nadalje je dat scenario koji pokazuje kako se koristi Cost funkcija da bi se selektovala najbolja dostupna pristupna mreža. Koriste se sledeći pristupni parametri za mrežni interfejs: cijena koštanja x , mjereni kapacitet linka y , i potrošnja mreže z . Koeficijenti se određeni jednačinama:

$$\alpha_i = \frac{x_i}{20} \quad \beta_i = \frac{\text{Min}(y_i, M)}{M} \quad \gamma_i = \frac{2}{z_i} \quad (4)$$

U našoj simulaciji korištene su sledeće vrijednosti parametara Cost funkcije:

TABELA 1:PARAMETRI COST FUNKCIJE(WIMAX).

Parametar	Vrijednost
Wimax_price (x_i)	0.01 units
Wimax_weight_price (w_e)	0.3
Wimax_weight_capacity (w_c)	0.3
Wimax_weight_battery (w_p)	0.4
Wimax_bw (y_i)	1Mbps
Wimax_battery (z_i)	2h
Max_bw (M)	2Mbps

TABELA 2:PARAMETRI COST FUNKCIJE(UMTS).

Parametar	Vrijednost
umts_price (x_i)	0.5 units
umts_weight_price (w_e)	0.3
umts_weight_capacity (w_c)	0.3
umts_weight_battery (w_p)	0.4
umts_bw (y_i)	0.384Mbps
umts_battery (z_i)	4h
Max_bw (M)	2Mbps

III. TOPSIS

Metoda TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*, C.Huang and K.Yoon, 1981) se bazira na izboru alternativnog rešenja koje je euklidski najudaljenije od takozvanog "negativnog" rješenja [1]. Kriteriji se mogu predstaviti u višedimenzionalnom koordinatnom sistemu, gdje svakom kriterijumu odgovara jedna koordinatna osa. Metoda se sastoji od toga da se pronađu pozitivno $A^+ = (f_1^+, f_2^+, \dots, f_k^+)$ "idealno" rješenje

sa komponentama $f_j^+ = \text{Max}_{a_i \in A} f_j(a_i)$ i negativno "idealno"

$A^- = (f_1^-, f_2^-, \dots, f_k^-)$ rješenje sa komponentama $f_j^- = \text{Min}_{a_i \in A} f_j(a_i)$. Udaljenost alternative (a_i) od

negativnog idealnog rješenja je data sa:

$$d_p^-(a_i) = \left(\sum_{j=1}^k w_j^p (f_j^- - f_j(a_i))^p \right)^{\frac{1}{p}} \quad (5)$$

Da bi se u skupu alternativa $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ pronašla ona alternativa koja je najbliža pozitivnom idealnom rješenju, a ujedno i najdalja od negativnog idealnog rješenja potrebno je za odabranu metriku formirati funkciju:

$$D_p(a_i) = \frac{d_p^-(a_i)}{d_p^+(a_i) + d_p^-(a_i)} \quad (6)$$

Najbolja alternativa ili skup najboljih alternativa su one za koje ova funkcija ima maksimalnu vrijednost. Ako želimo da rangiramo alternative onda ih rangiramo po opadajućim vrijednostima ove funkcije. U našoj simulaciji pošto su u pitanju dvije moguće mreže, imamo dvije moguće alternative. Takođe euklidsko rastojanje posmatramo u dvodimenzionalnom prostoru tako da je $p=2$. Broj kriterijuma koji se uzimaju u obzir je tri (cijena, kapacitet i potrošnja baterije) tako da je $k=3$. Ostali parametri su dati u sledećim tabelama:

TABELA 3:TOPSIS PARAMETRI (POZITIVNO IDEALNO RJEŠENJE).

Parametar	Vrijednost
Max_bw	2Mbps
Min_price	0 units
Max_battery	4h

TABELA 3:TOPSIS PARAMETRI (NEGATIVNO IDEALNO RJEŠENJE).

Parametar	Vrijednost
Min_bw	0.384Mbps
Max_price	1 unit
Min_battery	0h

Težinski koeficijenti w_j su isti kao i za Cost funkciju i dati su u tabelama 1 i 2.

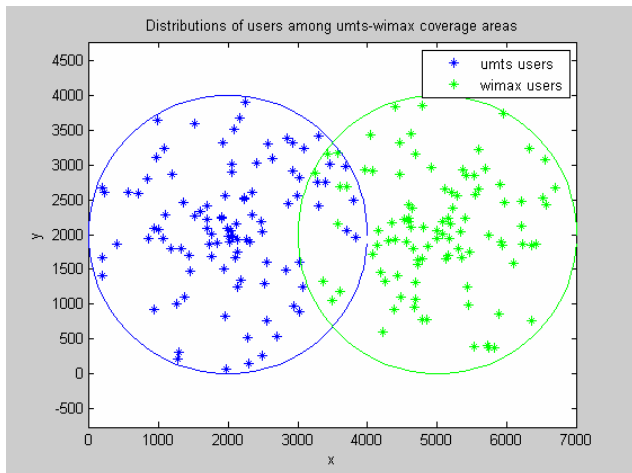
IV. SIMULACIJA

A. Postavka simulacije

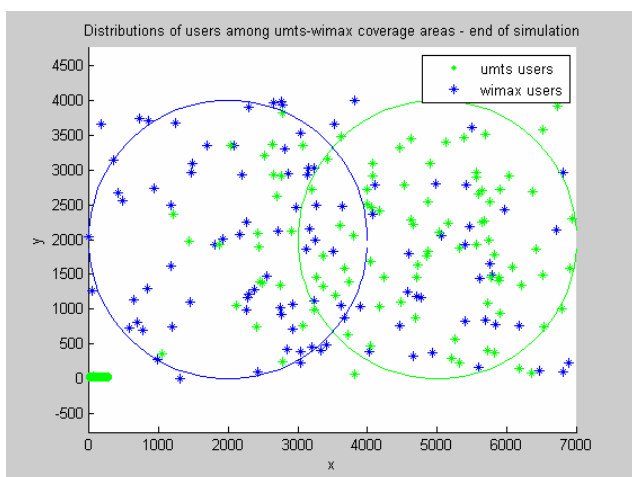
Za izradu simulacije korišten je programski paket MATLAB®. Postavka simulacije je sledeća:

Posmatramo dvije ćelije UMTS i WiMAX unutar kojih se inicijalno raspoređuje željeni broj korisnika za svaku mrežu posebno. Bazne stanice mreža se fizički nalaze u centru ćelija. Inicijalni raspored je dat na sledećoj slici i u našem primjeru je pretpostavljeno da imamo 100 UMTS i 100 WiMAX korisnika na početku simulacije. Od ovog broja korisnika možemo definisati procenat onih koji imaju dva interfejsa, to jest mogu biti konektovani na jednu ili drugu mrežu. Pokretanjem simulacije određeni broj koraka (iteracija), korisnici se kreću u slučajno odabranom smjeru i slučajnom brzinom iz opsega brzina

koji je zadat na početku simulacije vremenski period koji je definisan vremenskim korakom simulacije. Na taj način smo postigli da se korisnici kreću po takozvanom *Random Walk* modelu. Raspored korisnika na kraju simulacije je dat na Sl. 2.



Sl. 1. Inicijalni raspored korisnika na početku simulacije



Sl. 2. Raspored korisnika na kraju simulacije

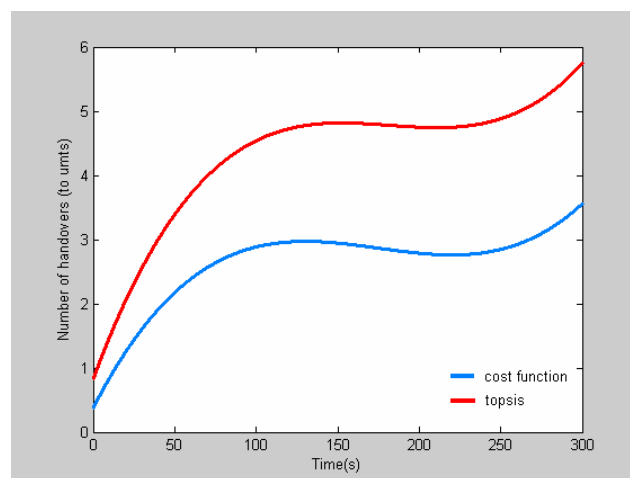
Dalje, za svakog korisnika prilikom svake iteracije mjeri se nivo primljene snage, RSS (*Received Signal Strength*) koji emituju obe bazne stanice i na osnovu tog nivoa se vrši izbor interfejsa na koji će mobilna stanica biti konektovana. Za proračun gubitaka usljed propagacije korišten je *COST-231 Walfrish-Ikegami NLOS* model propagacije [7]. Samo iniciranje handover-a se vrši na osnovu relativne snage signala sa histerezisom i definisanim pragom. Naime, mreža će se posmatrati kao ciljna mreža za vertikalni *handover* ako je nivo primljene snage od nje veći od unaprijed definisanog praga uvećanog za dodatnu marginu iz razloga da bi se izbjegao takozvani „ping-pong“ efekat. Kriterij izbora je sledeći, ako korisnik ima pokrivenost od strane jedne BS, a pri tom je već konektovan na tu mrežu, ništa se ne mijenja. Ako korisnik ima pokrivenost od strane jedne mreže a nije na nju konektovan, tada se ide u proces hendovera ako postoji dovoljno kapaciteta u toj novoj mreži. Ako ne postoji korisnik se odbacuje. Ako postoji pokrivenost od strane obe mreže tada se pokreće algoritam selekcije bolje mreže

na osnovu *Cost* funkcije ili TOPSIS metode i na osnovu rezultata koje daje algoritam vrši se selekcija pristupnog interfejsa. Naravno opet se vodi računa da li eventualno selektovana nova mreža ima dovoljno kapaciteta da prihvati novog korisnika. Ako nema, korisnik ostaje i dalje konektovan na istu mrežu. Ako ne postoji pokrivenost ni od jedne mreže tada se korisnik odbacuje.

B. Rezultati

Nakon pokretanja simulacije sa izborom simulacije od 300 [s] sa korakom od 0.01 [s] došli smo do sledećih rezultata.

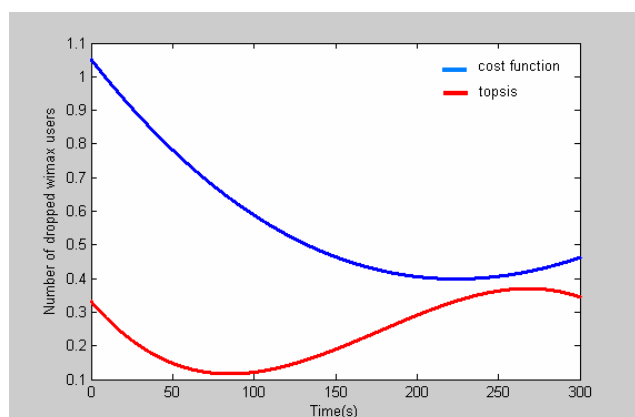
Pošto znamo da je UMTS mreža prva implementirana i ima apsolutnu pokrivenost a WiMAX mreža je nova mreža koja će najprije pokrivati gusto naseljena područja, opredjelili smo se da posmatramo uticaj na UMTS mrežu WiMAX korisnika koji selektuju UMTS mrežu kao ciljnu u procesu *handover*-a. UMTS mreža je kritična i po pitanju kapaciteta jer nije projektovana u početku da prihvati *handover* zahtjeve iz neke druge mrežne tehnologije. Naprotiv, WiMAX mreža je projektovana znatno većeg kapaciteta tako da uticaj korisnika koji bi eventualno procesom *handover*-a prešli na nju nije toliko važan. Pored toga, korisnici UMTS mreže su znatno manje zahtjevni po pitanju angažovanja resursa mreže od WiMAX korisnika tako da nećemo analizirati uticaj UMTS korisnika koji izvrše *handover* prema WiMAX mreži. Na sledećoj slici je prikazan broj ostvarenih *handover*-a za oba kriterija odlučivanja. Sa slike se vidi da bolje rezultate daje TOPSIS metoda.



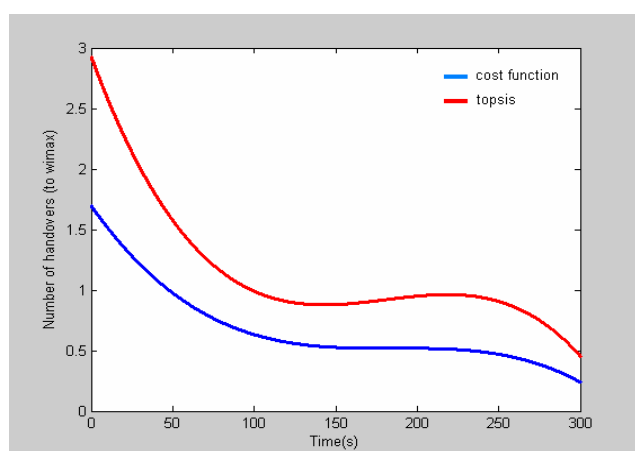
Sl. 3. Broj uspješnih *handover*-a prema UMTS mreži

Na Sl.4. je prikazan broj odbačenih WiMAX korisnika u procesu hendovera prema UMTS mreži iz razloga nedostatka dovoljno kapaciteta u UMTS mreži da prihvati novi *handover* poziv, za oba kriterija odlučivanja izbora mreže. U simulaciji je izabrana opterećenost UMTS mreže od 80%. Sa slike se vidi da imamo nešto manji broj odbačenih *handover* zahtjeva ako se koristi TOPSIS kriterij izbora mreže ali ta razlika je neznatna. Na Sl. 5. vidimo da je broj uspješnih *handover* poziva prema WiMAX mreži nešto veći ako koristimo TOPSIS kriterij odlučivanja nego korištenjem *Cost* funkcije. Na kraju, na Sl. 6. je prikazan dijagram koji pokazuje trajanje simulacije prilikom korištenja jednog i drugog kriterija

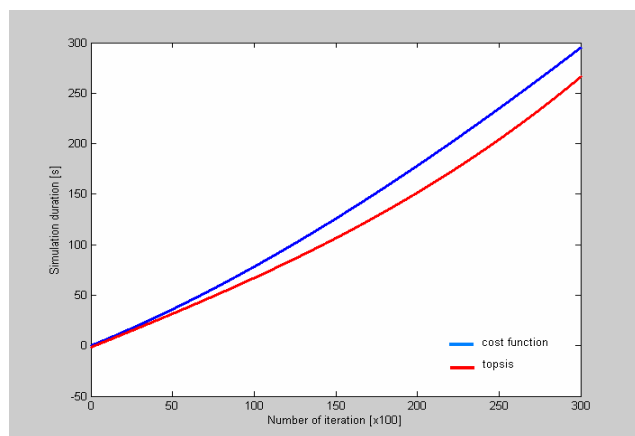
odlučivanja. Vidimo da je u ovom slučaju trajanje simulacije nešto kraće ako koristimo TOPSIS metodu.



Sl. 4. Broj odbačenih *handover* zahtjeva zbog nedostatka kapaciteta UMTS mreže



Sl. 5. Broj uspješnih *handover*-a prema WiMAX mreži



Sl. 6. Trajanje simulacije za oba kriterija odlučivanja

Ovo može biti značajan parametar prilikom izbora metoda odlučivanja iz razloga procesorskog opterećenja samog mobilnog terminala a samim tim i razlike u kašnjenju prilikom izvršavanja *handover*-a.

V. ZAKLJUČAK

Iz svih priloženih dijagrama vidimo da TOPSIS metoda daje nešto bolje rezultate nego metoda *Cost* funkcije. Varijacijom parametara simulacije takođe dobijamo slične rezultate. Iz svega ovoga možemo predložiti TOPSIS metodu kao metodu koja bi se koristila kao mehanizam za donošenje odluke prilikom vertikalnog *handover*-a između UMTS i WiMAX mreže. U našem istraživanju smo poredili dvije metode za odlučivanje o izboru pristupne mreže procjenom broja uspješnih i odbačenih *handover*-a prema dvije razmatrane mreže za definisano okruženje. Istraživanje uticaja parametara kao što su broj korisnika, njihova brzina kretanja, uticaj sjenke i slično, na izbor metode odlučivanja nismo do kraja završili ali ćemo to uraditi u nekom od narednih radova.

LITERATURA

- [1] E. Stevens-Navaro, "An MDP-based Vertical Handoff Algorithm for Heterogenous Wireless Networks", Unvrstiy of British Columbia, Vancouver, Canada, May 2007.
- [2] W.Zhang, "Handover Decision Using Fuzzy MADM in Heterogenous Networks" in Proc. of IEEE WCNC'04, Atlanta, GA, March 2004.
- [3] L.Chen, T.Sun, V.Rajendran, M.Grela, "A Smart Decision Model for Vertical Handoff", University of California, Los Angeles, USA, 2004.
- [4] Q.Song and A.Jamalipour, "A network Selection Mechanism for Next Generation Networks", in Proc. of IEEE ICC'05, Seoul, Korea, May 2005.
- [5] F.Zhu and J.MacNair, "Optimization for Vertical Handoff Decision Algorithms" in Proc. of IEEE VCNC'04, Atlanta, GA, March 2004.
- [6] H.J.Wang, R.H.Katz and J.Giese, "Policy-Enabled Handoffs across Wireless Networks," Proc. of ACM WMCSA, 1999.
- [7] Q.Thinh, N. Voung and N.Agouilmaine, "An Architecture for UMTS-WiMAX Interworking", University of Evry, France, May 2008.
- [8] J.P.Makela, "Effects of Handoff Algorithms on the Performance of Multimedia Wireless Networks", Faculty of Technology, University of Oulu, Finland, 2008.
- [9] S.G.Glisić, "Advanced Wireless Networks 4G Technologies", University of Oulu, Finland, 2006.
- [10] <http://www.wimaxforum.org>
- [11] 3rd Generation Partnership Project (3GPP), <http://www.3gpp.org/>
- [12] 3rd Generation Partnership Project 2(3GPP2), <http://www.3gpp2.org/>

ABSTRACT

Wireless networks 4th Generation (4G) or Beyond 3rd Generation (B3G) means integration diferent heterogenous wireless access networks. This architecture include assistance for Vertical Handoff. Vertical Handoff occurs when a mobile terminal switches from one network to another (e.g., from UMTS to WiMAX and vice versa). The objective of this paper is to determine optimal determination algorithm during Vertical Handoff between UMTS and WiMAX networks.

ANALYSIS OF VERTICAL HANDOVER DECISION METHODS BETWEEN UMTS AND WIMAX NETWORKS

Dragan Soldat and Milan Šunjevarić