

# Rezultati planiranja mreže mobilnog WiMAX sistema za područje grada Banja Luka

Duškanka Glamočanin, Milan Šunjevarić

**Sadržaj** — U ovom radu će biti prikazani rezultati planiranja mreže mobilnog WiMAX sistema za područje grada Banja Luka. Rad je podijeljen u pet logičkih cjelina. Prvi dio prezentuje razloge uvođenja sistema mobilnog WiMAX-a, drugi dio navodi osnovne osobine standarda IEEE 802.16e ili mobilnog WiMAX-a, dok su u trećem dijelu navedeni osnovni aspekti planiranja ovakvih sistema. U četvrtom dijelu navedene su korištene pretpostavke a u petom rezultati planiranja mreže mobilnog WiMAX sistema za grad Banja Luka.

**Ključne riječi** — Mobilni WiMAX, IEEE 802.16, pokrivenost, server

## I. UVOD

Sve veća potreba za širokopojasnim pristupom korisniku, širom svijeta, diktira razvoj žičnih, a posebno bežičnih širokopojasnih pristupnih mreža. Ovim mrežama je moguće korisniku pružiti uslugu prenosa govora, podataka i slike (tzv. Triple Play Service), velikim kapacitetom, a bez kompleksne procedure polaganja optičkih i bakarnih kablova u zemlju [1]. Bežične pristupne mreže su posebno interesantne u urbanim i visoko urbanim sredinama gdje postojeća infrastruktura ne može zadovoljiti potrebe postojećih i novih korisnika. Takođe, značajna je njihova primjena i u ruralnim područjima gdje ne postoji žična mreža, a potrebno je omogućiti i korisnicima tih područja ravnopravan pristup širokopojasnim servisima.

Međunarodni standard IEEE 802.16 (Institute of Electrical and Electronics Engineers) definiše WiMAX tehnologiju (Worldwide Interoperability for Microwave Access) kao do sada najnaprednije rješenje za bežične pristupne mreže. Dosadašnja primjena tehnologija WiMAX je većinom bila zasnovana na standardu IEEE 802.16-2004 [2] za radio interfejs ili takozvanom fiksnom WiMAX-u i očekuje se da bude isplativa alternativa ili komplement kablovskim i DSL (Digital Subscriber Line) mrežama za područja velegradskih mreža MAN (Metropolitan Area Network) [3].

Najnoviji zahtjevi korisnika širokopojasnog pristupa koji se odnose i na mobilnost do brzine kretanja automobila (120 km/s), ispunjeni su u verziji standarda IEEE 802.16e ili takozvanom mobilnom WiMAX-u. Korisnici se sve više navikavaju na fiksni širokopojasni bežični pristup i imaju dobra iskustva sa bežičnom povezanosti na Wi-Fi (Wireless Fidelity)[4]. Međutim,

naglo je porastao zahtjev za istim širokopojasnim pristupom koji ne zavisi od lokacije. Zahtjevi za mobilni širokopojasni pristup ne mogu biti ispunjeni samo celularnim tehnologijama kao što je treća generacija mobilne telefonije 3G (Third Generation mobile network) zbog visoke cijene i ograničenog protoka. Velika popularnost Wi-Fi-ja, agresivan rast u penetraciji mobilnih i pokretnih uređaja i uopšte veliki porast broja fiksnih širokopojasnih i celularnih pretplatnika su ukazivali da će se uskoro ispuniti uslovi za potpuno prihvatanje mobilne širokopojasne usluge [5] [6].

## II. OSNOVNE OSOBINE STANDARDA IEEE 802.16e ILI MOBILNOG WiMAX-a

Mobilni WiMAX je širokopojasno bežično rješenje koje omogućuje konvergenciju mobilne i fiksne širokopojasne mreže putem zajedničke širokopojasne tehnologije s radio pristupom na velikom prostoru i fleksibilne arhitekture mreže. Radio interfejs mobilnog WiMAX-a koristi OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) radi poboljšanih performansi kod višestrukog prostiranja u NLOS (Non Line-Of-Sight) okruženjima. Skalabilni OFDMA - SOFDMA (Scalable OFDMA) je uveden u izmjenu i dopunu IEEE 802.16e, kao podrška skalabilnim opsezima kanala od 1.25 do 20 MHz.

Sistemi mobilnog WiMAX-a nude skalabilnost i u tehnologiji radio pristupa i u arhitekturi mreže, čime se dobija velika fleksibilnost prilikom izgradnje mreže i prilikom pružanja usluga. Među važnijim mogućnostima koje mobilni WiMAX podržava nalaze se [7][8]:

- **Velike brzine protoka podataka:** Mobilni WiMAX može da, u kanalu širine 10 MHz, podrži maksimalne DL (Downlink) brzine podataka do 63 Mb/s po sektoru i maksimalne UL (Uplink) brzine podataka do 28 Mb/s po sektoru.
- **Kvalitet usluga (QoS):** QoS (Quality of Service) je glavna osobina MAC (Media Access Control) arhitekture po standardu IEEE 802.16. On definiše Servisne tokove koji se mogu mapirati na DiffServ kodne tačke ili MPLS labele tokova (Multi-Protocol Label Switching), koje opet omogućavaju IP (Internet Protokol) bazirani QoS od jednog do drugog kraja.
- **Skalabilnost:** Tehnologija mobilnog WiMAX-a je projektovana tako da se može skalirati kako bi radila u kanalima različite širine od 1.25 do 20 MHz i mogla se uskladiti s različitim zahtjevima širom svijeta.
- **Bezbednost:** Osobine koje omogućuju aspekte bezbednosti mobilnog WiMAX-a obuhvataju provjeru identiteta, šifrovanje s provjerom identiteta, i šeme zaštite upravljačkih poruka.

Duškanka Glamočanin, Telekom Srpske, Republika Srpska, BiH, (e-mail: [d.glamocanin@telekomsrpske.com](mailto:d.glamocanin@telekomsrpske.com)).

Milan Šunjevarić, IMTEL Komunikacije a.d., Bulevar M. Pupina 165b, 11070 Novi Beograd, Srbija, (E-mail: [micosun@ptt.yu](mailto:micosun@ptt.yu))

- **Mobilnost:** Metode *handover* signala su: definitivni ili tvrdi *handover* HHO (Hard Handover), brza promjena bazne stanice FBSS (Fast Base Station Switching) i makro diverziteti *handover* MDHO (Macro Diversity Handover) s kašnjenjima manjim od 50 milisekundi.

Značajna osobina mobilnog WiMAX-a je arhitektura mreže od jednog do drugog kraja koja je temeljena isključivo na IP-u. Isključivo korištenje IP-a znači da se može upotrebljavati zajedničko jezgro mreže bez potrebe za posebnim mrežama. Arhitektura od jednog do drugog kraja omogućuje podršku za širok spektar usluga i aplikacija, inetrkonekciju i roaming. Definisani su funkcionalni entiteti i referentne tačke preko kojih su funkcionalni entiteti međusobno povezani, kako bi se obezbijedila funkcionalnost koja je potrebna za razne modele izvedbe mreže i scenarija upotrebe (fiksne, pokretne, prenosive, mobilne pretplatnike). Još jedan ključni aspekt arhitekture WiMAX mreže jeste podrška interoperabilnosti opreme raznih proizvođača u jednoj i u raznim ASN (Access Service Network).

### III. PROJEKTOVANJE SISTEMA ZASNOVANIH NA STANDARDU IEEE 802.16

Da bi sistem bio funkcionalan i ekonomski isplativ, potrebno je, pored radio-frekvencijskog planiranja, razmotriti [9]: zahtijevane karakteristike i izbor opreme, izbor lokacije i utvrđivanje vlasništva objekata, izbor sistema sa stanovišta korisničkih potreba, način izgradnje, interkonekciju, napajanje i održavanje.

Prilikom planiranja sistema ili izbora rješenja potrebno je uraditi određene kompromise. Postoji pet fundamentalnih aspekata planiranja realnog komunikacionog sistema [10]. To su cijena (Cost), pokrivenost (Coverage), kapacitet (Capacity), kompleksnost (Complexity) i smetnja (C/I) – pet C.

### IV. PRETPOSTAVKE KORIŠTENE PRILIKOM PLANIRANJA MREŽE MOBILNOG WiMAX SISTEMA

U daljem tekstu, navedene su osnovne pretpostavke korištene prilikom planiranja i projektovanja mreže zasnovane na tehnologiji mobilnog WiMAX-a za područje grada Banja Luka uz korištenje resursa Telekoma Srpske i to postojećih stubova za bazne stanice koje se koriste za potrebe mobilne telefonije.

Radi detaljnije i uporedne analize, pretpostavljen je režim i frekvencijskog i vremenskog dupleksa FDD (Frequency Division Duplex) i TDD (Time Division Duplex), s tim što početno izdanje sertifikacionih profila mobilnog WiMAX-a obuhvata samo TDD režim.

Na osnovu podataka iz Sektora za strateško planiranje Telekoma Srpske, pretpostavlja se 4000 korisnika širokopojasnog bežičnog pristupa na području grada Banja Luka, ravnomjerna funkcija rasporeda korisnika unutar zone pokrivanja i ravnomjerna funkcija rasporeda usluga po korisnicima. Preporučena radna frekvencija za WiMAX sisteme od strane regulatornih tijela Bosne i Hercegovine je 3.5 GHz [11]. Na raspolaganju su 14 MHz u UL i 14 MHz u DL a preporučeno rastojanje između RF kanala je 3.5 MHz. Ovi podaci su iskorišteni kao ulazni parametri za

planiranje u FDD režimu jer u teorijskim analizama mobilnog WiMAX-a, u ovom trenutku, ovaj režim nije obrađen. Tek će se u narednom periodu definisati parametri za FDD režim zbog mogućnosti primjene i u zemljama koje podržavaju samo taj režim rada. Za planiranje mreže u TDD režimu, pretpostavljena je radna frekvencija 3.5 GHz, širina opsega 30 MHz i rastojanje između RF kanala 5 MHz.

Dalje, pretpostavljeno je da 100% korisnika koristi prenos govora od 1E po korisniku (što je veliki saobraćaj po korisniku čime se predimenzioniše mreže, ali omogućava naknadno uključenje novih korisnika bez proširenja mreže) i 1% GoS (Grade of Service). Takođe, pretpostavljeno je da 30% korisnika koristi uslugu prenosa podataka (Internet) i to:

- protok od 150 kb/s za 6% od ukupnog broja korisnika,
- protok od 512 kb/s za 15% korisnika,
- protok od 1.5 Mb/s za 6% korisnika,
- protok od 2 Mb/s za 3% korisnika.

Korišten je propagacioni model Deygout aproksimacija višestruke ‘oštrica noža’. Osnovni razlozi za izbor tog propagacionog modela su vezani za korištenu frekvenciju, tip sredine i vrstu okruženja [12]. Prilikom planiranja mreže, pretpostavljena je frekvencija 3.5 GHz, a propagacioni modeli ‘oštrica noža’ i višestruka ‘oštrica noža’ se preporučuju i veoma su zastupljeni kod primjena u bežičnim mrežama za frekvencijski opseg 1.9 GHz – 29GHz. Dalje, propagacioni modeli ‘oštrica noža’ nemaju ograničenja za tip sredine i mogu se koristiti i za urbana područja kao što je Banja Luka. To su trodimenzionalni propagacioni modeli koji izračunavanje propagacije baziraju na trodimenzionalnim geografskim bazama podataka, koje su i korištene. Modeli višestruka ‘oštrica noža’ se preporučuju za primjenu u NLOS okruženjima i mobilni WiMAX sistemi podrazumijevaju NLOS okruženje, dok je model ‘oštrica noža’ više prilagođen LOS (Line-Of-Sight) okruženjima. Budući da komparativne analize između dva modela višestruke propagacije - Deygout aproksimacije i Bullington aproksimacije - pokazuju da je Deygout model mnogo pesimističniji tj. rezultirajuće slabljenje putanje je veće, primijenjena je upravo Deygout aproksimacija višestruke ‘oštrice noža’. Naime, korištene podloge nemaju ucrtane prepreke kao što su zgrade, drveće i sl. koje unose dodatno slabljenje, pa će propagacija a samim tim i rezultati planiranja mreže biti bolji nego što bi bili u stvarnosti, što će se kompenzovati pesimističnim rezultatima Deygout aproksimacije. Rezolucija korištene mape je 20 m.

Definisano je da pokrivenost definisanog područja, a samim tim i korisnika za koje se pretpostavlja da su ravnomjerno raspoređeni na području pokrivanja, treba da bude iznad 95%. Daljim razvojem mreže pokrivenost treba da bude što veća i dostigne željenih 100% pokrivenosti.

Pri projektovanju ovog sistema, kao optimizacioni cilj [13], pretpostavljen je minimalan broj baznih stanica, jer se time dobija najmanji CAPEX (Capital Expenditure) što je cilj svakog operatora, a uz zadovoljavajući kvalitet usluge kod korisnika. Budući da se radi o urbanom području, primijenjeno je ograničenje po kapacitetu.

Prilikom planiranja mreže nije podržen OFDMA ali jeste podkanalizacija, i nisu podržani MIMO (Multiple Input Multiple Output) antenski sistemi ali jesu AAS (Adaptive Antenna System).

Postojeće GSM bazne stanice na području grada Banja Luke predstavljaju skup potencijalnih stubova za nove bazne stanice koje zajedno sa navedenim pretpostavkama predstavljaju ulazne podatke. Ostali ulazni parametri [6][7] zbog obimnosti nisu navedeni.

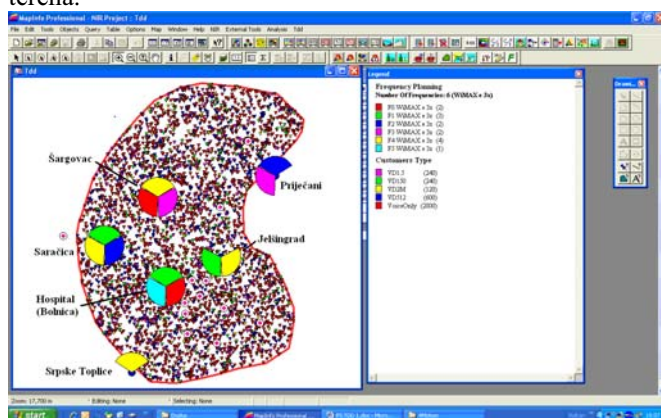
Kao rezultat planiranja i proračuna mreže mobilnog WiMAX-a dobija se potreban broj i lokacija baznih stanica, raspored frekvencija po baznim stanicama i broj RF kanal po sektorima. Prethodni podaci predstavljaju izlazne podatke, zajedno sa pripadajućim izvještajima u obliku slika, objašnjenim u sljedećem poglavlju.

## V. REZULTATI PLANIRANJA MREŽE MOBILNOG WiMAX SISTEMA ZA PODRUČJE GRADA BANJA LUKA

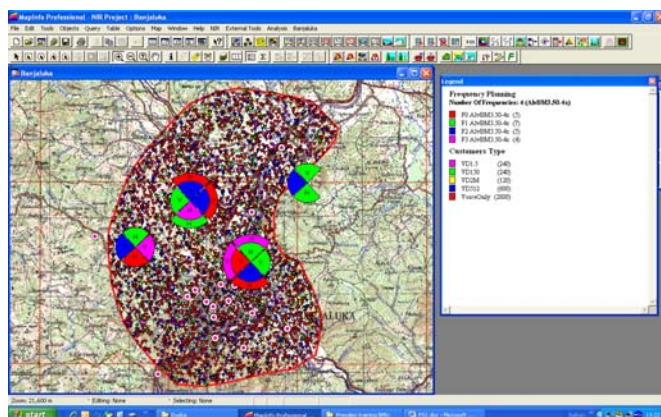
U nastavku, dati su rezultati planiranja mreže mobilnog WiMAX sistema za područje grada Banja Luka za TDD i FDD režim rada.

### A. Bazne stanice, tipovi korisnika i njihov raspored na području pokrivanja

Na osnovu rezultata proračuna (slike 1. i 2.) vidi se da je za TDD režim potrebno 6 baznih stanica i 14 sektora da se pokrije grad Banja Luka sa 4000 korisnika uz prethodno definisane tipove usluga, dok je za FDD režim potrebno 4 bazne stanice i 21 sektor. Koriste se bazne stanice na rubnim područjima u kojima nisu iskorišteni svi sektori, ali su potrebne za pokrivanje područja zbog konfiguracije terena.



Slika 1. Tipovi korisnika i njihov raspored na području pokrivanja (TDD)



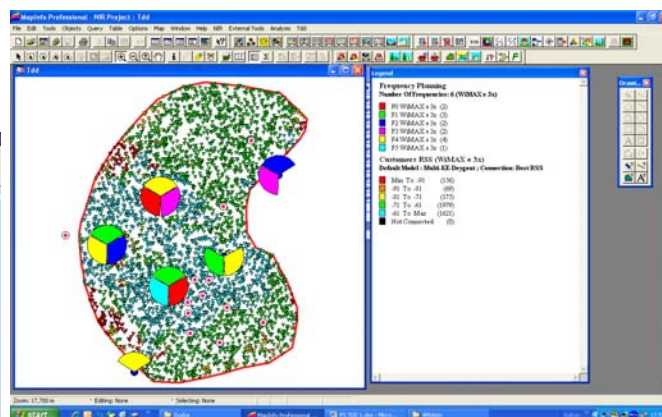
Slika 2. Tipovi korisnika i njihov raspored na području pokrivanja (FDD)

### B. Povezivanje korisnika

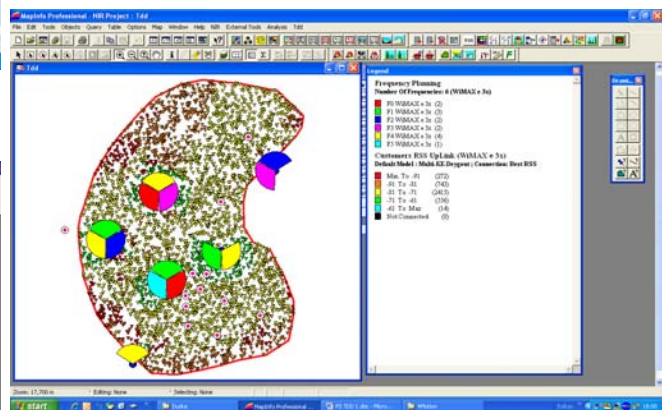
Kao metod povezivanja korisnika na baznu stanicu, uobičajeno je da se koristi metod najjače snage primljenog signala, tj. nabolji RSS (Received Signal Strength) jer će time korisnik biti povezan na baznu stanicu koja mu šalje najjači signal. Kod ovog metoda korisnik je automatski dodijeljen baznoj stanici i sektoru sa najvećom procijenjenom snagom primljenog signala.

Moguće je izvršiti analizu pokrivenosti koja se koristi za predikciju snage primljenog signala na području pokrivanja. Analiza se bazira na digitalnim podlogama i propagacijom okruženju koje je prethodno definisano (frekvencija, izabrani propagacioni model, kiša i višestruki fading, metod povezivanja korisnika itd.).

Na slikama 3. i 4. prikazani su rezultati analize povezanosti korisnika na referentnu baznu stanicu po metodu najjače snage primljenog signala, tj. nabolji RSS. Time će korisnik biti povezan na baznu stanicu koja mu šalje najjači signal. Snaga primljenog signala kod korisnika je podijeljena na 5 opsega i svaki opseg je prikazan različitom bojom, kako je unaprijed definisano. Korisnici su prikazani u obliku poligona raznih boja, u zavisnosti od snage primljenog signala. Može se vidjeti da su svi korisnici povezani na baznu stanicu tj. pokrivenost je 100%, što je rezultat dobro optimizovane mreže.



Slika 3. Snaga primljenog signala RSS za DL (TDD)



Slika 4. Snaga primljenog signala RSS za UL (TDD)

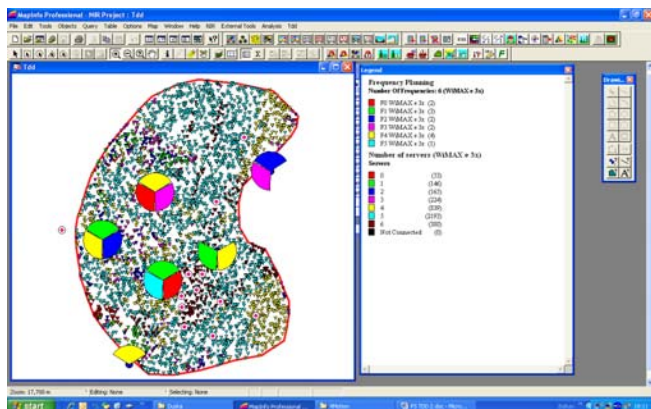
### C. Analiza broja servera, odnosno baznih stanica koje opslužuju korisnika

Analiza broja servera kod korisnika omogućuje analizu ukupnog broja servera sa adekvatnom snagom

signala. Primijenjen je model *Server u drugoj baznoj stanici*.

Analiza broja servera kod korisnika kada je server u drugoj baznoj stanici je, u suštini, analiza broja baznih stanica, osim referentne, na koju je korisnik povezan i koje mogu opsluživati svakog pojedinačnog korisnika sa adekvatnom snagom signala. Ovim se, takođe, analizira pokrivenost najbolje i sljedeće najbolje bazne stanice za svakog korisnika. Ovo je veoma bitno za mobilne sisteme, jer se dime dobijaju podaci koji će poslužiti kao osnova za planiranje i proračun roaminga i *handover*-a od druge najbolje bazne stanice, koja bi preuzela korisnika.

Slika 5. prikazuje broj servera, odnosno broj baznih stanica koje opslužuju svakog pojedinačnog korisnika, osim referentne bazne stanice na koju je korisnik povezan u TDD režimu.



Slika 5. Broj servera odnosno baznih stanica koji opslužuju svakog pojedinačnog korisnika (TDD)

Kod TDD režima (slika 5.), 53 korisnika (1.32 % od ukupnog broja) nemaju server u drugoj baznoj stanici, dakle, nema mogućnosti za te korisnike da ih preuzme ni jedna druga bazna stanica u slučaju otkaza referentne bazne stanice. Takvi korisnici se nalaze na rubnim oblastima područja pokrivanja, i kod njih, izlaskom sa područja pokrivanja referentne bazne stanice (jer ne mogu imati drugog servera) neće biti moguć *handover* i veza će se raskinuti. Ostali korisnici imaju jedan ili više servera u drugim baznim stanicama, pa izlaskom sa područja pokrivanja referentne bazne stanice, već su na području pokrivanja druge bazne stanice i biće moguć *handover*.

Kod FDD režima 246 korisnika (6.15 % od ukupnog broja korisnika) nemaju server u drugoj baznoj stanici i u slučaju kvara referentne bazne stanice, neće ih preuzeti ni jedna druga bazna stanica i veza će se raskinuti. U odnosu na TDD režim, uočava se veći broj korisnika bez mogućnosti preuzimanja od druge bazne stanice, što se moglo očekivati jer je manji broj baznih stanica.

## VI. ZAKLJUČAK

Istraživanja sprovedena u ovom radu imala su za cilj da se analiziraju mogućnosti i uslovi primjene tehnologije mobilnog WiMAX-a. Za potvrdu realnosti teorijske analize izvršeno je planiranje i projektovanje mreže zasnovane na tehnologiji mobilnog WiMAX-a za područje grada Banja Luka. Na osnovu prikazanih rezultata, može se zaključiti da se tehnologija mobilnog WiMAX-a može implementirati u mrežu Telekoma Srpske na području

grada Banja Luka i to na 4 ili 6 lokacija koje koristi Telekom Srpske za bazne stanice, zavisno od režima rada.

Pri tom, može se izvesti opšti zaključak, da prilikom projektovanja ovakve mreže potrebno je mrežu tako isplanirati da svaki korisnik bude pokriven sa dvije ili više baznih stanica, kako ne bi došlo do prekida veze u slučaju otkaza referentne bazne stanice. U suprotnom, kod baznih stanica koje su jedini server određenim korisnicima, potrebno je obratiti pažnju na dodatnu zaštitu napajanja i sistema prenosa koji su najčešći uzroci prestanka rada bazne stanice. Zaštita može biti riješena uvođenjem redundantnog (rezervnog) sistema.

## LITERATURA

- [1] "The Evolution of WiMAX Service Providers and Applications", Yankee Group, September 2005.
- [2] "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems," IEEE STD 802.16 - 2004, October, 2004.
- [3] WiMAX Forum, "Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks", November, 2005.
- [4] Roger B. Marks, Chair, "Consensus IEEE 802.16 Standard Marks Maturation of Broadband Wireless Access Industry", IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access, April 2002.
- [5] WiMAX Forum, "Empowering mobile broadband – The role of regulation in bringing mobile broadband to the mass market", March 2007. [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)
- [6] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX: The Best Personal Broadband Experience", June 2006. [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)
- [7] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", August, 2006. [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)
- [8] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX – Part II: Competitive Analysis", May 2006. [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)
- [9] Daniel Sweeney, "WiMAX Operators Manual, Building 802.16 Wireless Networks", 2006.
- [10] Ron Oleksa "Implementing 802.11, 802.16, and 802.20 Wireless Networks", Elsevier, 2005.
- [11] <http://www.cra.ba/sr/freq-mgmt/?cid=1120>.
- [12] "Network Planning Guidelines", Hexagon System Engineering Ltd, November 2001.
- [13] "NIR Pruduct Description" Version 5, Hexagon System Engineering Ltd, August 2004.

## ABSTRACT

The work presents the results of planning the network of mobile WiMAX system for the area of the City of Banja Luka. It gives in short the advantages and main characteristics of mobile WiMAX system, aspects of such networks planning, used presumptions and analysis of the obtained results of the planned network for the City of Banja Luka.

### Results of planning the network of mobile WiMAX system for the area of the City of Banja Luka

Dušanka Glamočanin, Milan Šunjevarić