

# WiMAX i 3G+ komplementarne ili konkurentne tehnologije?

Goran T. Popović, Goran Đukanović

**Sadržaj** — U ovom radu biće izvršena komparativna analiza mobilnog WiMAX standarda i naprednih 3G tehnologija iz različitih aspekata, kao što su tehničke performanse, cena, trenutni status, budući trend i zahtevi tržišta. Prednosti WiMAX tehnologije u svim pomenutim aspektima više nisu upitne. Ovde se još jednom osvrćemo na svrsishodnost paralelne egzistencije dve tehnologije na jednom tržištu, u prelaznom periodu ka uvođenju mobilnih sistema četvrte generacije.

**Ključne reči** — 3G, 4G, OFDMA, WiMAX

## I. UVOD

ISTORIJA razvoja bežičnih celularnih sistema ima svoj logičan tok čiji su pravci neminovno bili determinisani dostignutim nivoom tehnološkog razvoja i zahtevima tržišta. Usled toga su mobilne tehnologije, tokom više od dve decenije svog razvoja, pretrpele značajne kvalitativne izmene. Nekada su to bila samo usavršavanja postojećih standarda a nekada su promene bile skokovite. Primena potpuno različitih tehnologija uslovljava je razvoj u generacijskim koracima 1G, 2G, 3G. Prva generacija bazirala se na tradicionalnim analognim sistemima i pri njenoj standardizaciji bilo je najmanje dilema. Međutim nagla digitalizacija komunikacionih sistema koja je usledila, dovela je do ubrzanog razvoja digitalnih celularnih standarda. Uz nekoliko neuspešnih konkurenata ubrzo se GSM nametnuo kao neprikosnoveni standard za bežični prenos digitalizovanog govornog signala do korisnika. Ogromna popularnost Interneta i potreba korisnika za razmenom multimedijalnog sadržaja dovele su do različitih unapređenja 2G tehnologija među kojima su se GPRS i EDGE pokazale kao naročito efikasne. Paralelno sa ekspanzijom 2G tehnologija, već se uveliko radilo na standardizaciji novih sistema koji će biti sposobni preneti mnogo više podataka na znatno većim brzinama. U trenutku planiranja ovih sistema prirodno se nametnula CDMA tehnologija čiji je razvoj u tom trenutku, uzrokovan pre svega primenom u vojnoj industriji, dostigao potreban nivo. Pri tome se prelazilo preko činjenice da je CDMA prvenstveno namenjena prenosu govora i da su njene mogućnosti u pogledu prenosa podataka jasno ograničene. Pored toga potcenjene su

potrebe korisnika za sve većim protocima i kvalitetom servisa u bliskoj budućnosti. Već tada ukazala se potreba za tehnologijom koja će omogućiti mnogo bržu isporuku velike količine podataka, bilo gde, bilo kada i to sve po prihvatljivoj ceni. Unatoč tome što su pokazali sve svoje nedostatke pre nego su i postali šire rasprostranjeni 3G sistemi su se brzo širili u celom svetu. Ograničenjima se pokušalo doskočiti kroz različita poboljšanja kao što su 1×EVDO i HSDPA. Mada se nazivaju 3<sup>1/4</sup> G ove tehnologije su evoluirale iz 3G CDMA standarda i u suštini mogu se smatrati naprednim 3G tehnologijama kojima se omogućava efikasniji prenos podataka preko mreže koja je originalno namenjena prenosu govora. ITU još uvek nije definisao šta tačno 4G znači. Ipak većina analitičara danas smatra da će mobilne tehnologije sledeće generacije biti bazirane na OFDMA i da će podržavati protoke od preko 100Mb/s za mobilne korisnike. Takvim predviđanjima ide u prilog i podmakao rad 3GPP na LTE (*Long Term Evolution*) kao i 3GPP2 na UMB (*Ultra Mobile Broadband*) projektu a koji ispunjavaju uslove koji se očekuju da će biti postavljeni pred 4G tehnologije. Međutim njihov razvoj je još u ranoj fazi i ne očekuju se komercijalne realizacije pre 2012. godine. Postavlja se pitanje kako se ponašati u međuvremenu i na koji način premostiti ovaj vremenski period? Mogući odgovor na ovo pitanje došao je nenadano iz sveta fiksnih bežičnih komunikacija u vidu WiMAX tehnologije.

## II. WiMAX I STANJE NA TRŽIŠTU

Globalna industrija bežičnih komunikacija se sve više okreće ka OFDM tehnologijama. U početku su implementirane u bežičnim LAN tehnologijama a zatim u tehnologijama za fiksni bežični širokopojasni pristup. WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) je izvorno nastao kao bežična alternativa za ADSL. Razvijan je od početka za potrebe fiksnog bežičnog širokopojasnog pristupa i optimizovan za širokopojasni prenos podataka. Poslednjih godina međutim o njemu se intezivno razmišlja i kao o mobilnoj širokopojasnoj tehnologiji. Novi standard 802.16e ratifikovan je od IEEE kao amandman na postojeći 802.16 standard u septembru 2005. godine [1]. Kao takav WiMAX predstavlja evoluciju WiFi a ne 3G standarda. Očekuje se realno dostižna brzina prenosa od 2-3 Mb/s za manje brzine i 1-2 Mb/s za veće brzine kretanja korisnika što je desetak puta više od maksimalnog protoka u HSDPA. Prema sadašnjim predviđanjima 2012. u svetu će

mr Goran T. Popović, Telekomunikacije a.d. Banja Luka, RJ Dobož, Bosna i Hercegovina RS (e-mail: g.popovic@telekomsrpske.com).

mr Goran Đukanović, Telekomunikacije a.d. Banja Luka, m:tel, Bosna i Hercegovina RS; (e-mail: goran.djukanovic@mtel.ba).

biti 54 miliona WiMAX pretplatnika od čega će 61% biti mobilni WiMAX pretplatnici [2].

Učestale su rasprave o tome da li se 802.16e može posmatrati kao alternativa i konkurencija naprednim 3G mrežama ili kao njihov komplement koji može da nadopuni karakteristike tih mreža, te između ostalog zameni prenos kroz optiku u pojedinim delovima mreže. Odgovoru na ovo pitanje moguće je se približiti ukrštanjem različitih perspektiva oslonjenih na uočeno ponašanje pretplatnika i performanse pomenutih sistema. Iako su 3G mreže zaživele u većem delu razvijenog sveta, očigledno je da se proces prihvatanja novih multimedijalnih servisa od strane korisnika odvija neočekivano sporo. Neminovno se nameće pitanje šta je to što mobilni korisnici zaista žele. Veliki mobilni operatori znaju da su njihovi korisnici prilično konzervativni u prihvatanju novih servisa i da je veći deo profita još uvek baziran na prenosu govora i teksta. Po istraživanju *M:Metrics*, istraživačka agencije koja prati ponašanje mobilnih pretplatnika u nekoliko razvijenih evropskih zemalja, samo oko 2% mobilnih pretplatnika gleda *download*-ovane video klipove tokom meseca. Procenat onih koji prati *streaming* još je manji oko 1.4%. Ovi podaci nisu obećavajući za one koji se spremaju da investiraju milione evra u mobilnu TV. Pitanje je koliko ima smisla uopšte investirati tamo gde očigledno nema interesa pretplatnika. Nema ipak mesta sumnji u blistavu perspektivu mobilnih multimedijalnih komunikacija. Prema nekim procenama do kraja 2015 oko 200 miliona evropljana će koristiti mobilnu TV a tržište će imati vrednost od 20 milijardi € [3]. Ono što je potrebno učiniti je što pre se tehnološki približiti uslovima pod kojima će se ovakva predviđanja obistiniti. Sve je jasnije da 3G sa svim poboljšanjima ne može samostalno izaći u susret ovim zahtevima zbog neodgovarajućih kvaliteta i raspoloživosti kao i visoke cene servisa. Mada još uvek nema komercijalno raspoloživih mobilnih WiMAX mreža (najbliži realizaciji je *Sprint Nextel* koji razvija nacionalnu 4G mrežu u SAD na bazi WiMAX tehnologije), nesumnjivo je da će do kraja 2008. iz testne faze izaći nekoliko njih čime će 802.16e postati jedina raspoloživa tehnologija koja ima šansu da izmeni stanje na tržištu. Od suštinske važnosti je međutim da razvoj korisničkih uređaja isprati uvođenje nove tehnologije kako bi se njene prednosti iskoristile na najbolji mogući način. Bežični WiMAX pruža mogućnost umrežavanja širokog opsega korisničkih uređaja kao što su video kamere i konzole za igru. Danas većina prenosnih računara, kao i veliki broj PDA uređaja i mobilnih telefona ima instaliranu podršku za WiFi. Veći deo ovih uređaja će od 2008. biti rađeni sa WiMAX, umesto sa WiFi mogućnostima. Tehnologije koje se koriste u WiMAX i WiFi su veoma slične ali je velika razlika u zoni pokrivanja. WiFi je projektovan za WLAN mreže manjeg dometa dok je WiMAX namenjen WMAN mrežama sa znatno većom zonom pokrivenosti. Dok još nema jeftinih WiMAX uređaja i PC kartica sa mobilnošću pod 802.16e standardom neki operatori testiraju mešavinu WiMAX u *core* mreži a WiFi u pristupnoj. *Alcatel-Lucent*

tvrdi da će do kraja 2007. godine izbaciti na tržište WiMAX CPE čija će prodajna cena biti ispod 100\$. Razmišlja se i o primeni *dual-mode* CPE uređaja koji podržavaju i 802.16 i 802.16e standarde za korisnike koji već koriste fiksni WiMAX. Nekoliko proizvođača testira bazne stanice koje će biti moguće jednostavnom nadgradnjom softvera dovesti iz 802.16 u 802.16e funkcionalnost.

### III. UPOREDNE KARAKTERISTIKE 3G+ i WiMAX

Kada poredimo WiMAX i 3G tehnologije pitanja koja se prirodno postavljaju su:

Koja tehnologija pruža bolje performanse?

Koja je jeftinija (cena/Hz)?

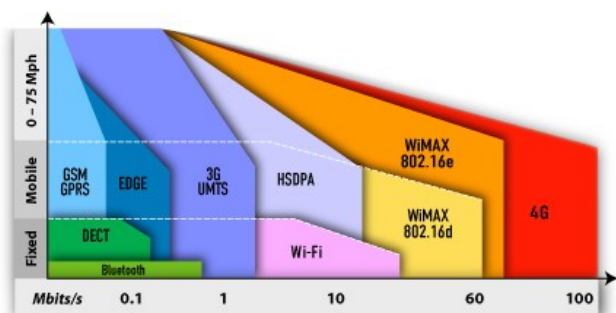
Koje su teškoće sa uvođenjem WiMAX, šta je sa spektrom, licencama, tržištem?

#### A. Cena

WiMAX licence se za sada gotovo isključivo dodeljuju na regionalnom principu za razliku od 3G (U Severnoj Americi 100% u Evropi 78%). Međutim WiMAX licence su znatno jeftinije od 3G licenci. Najskuplja licenca je u Finskoj 0.18\$/Hz u Austriji je 0.001\$/Hz a neke države su dodelile licence besplatno (npr. Španija) [4]. Za 3G najskuplja licenca je u Nemačkoj 316,21\$/Hz dok je u Finskoj licenca dodeljena besplatno. Nema sumnje da će iz tih razloga na mobilnom WiMAX tržištu biti znatno veća konkurencija jer se može očekivati veći broj malih operatera sposobnih da lokalno pruže kvalitetan servis.

#### B. Spektar

WiMAX je IP tehnologija sa kraja na kraj mreže, koja koristi OFDM za 802.16d i OFDMA za 802.16e i podržava ATM, IPv4, IPv6, *Ethernet* i VLAN servise. Zbog različitih modulacija standardi nisu kompatibilni unazad. EC je identifikovao spektar 2.5GHz-2.7GHz opsega na raspolaganje regulatorima za fleksibilnu dodelu. Ovaj spektar je idealan za WiMAX dok UMTS tipično radi na 1.9GHz. 94% WiMAX operatera u Severnoj Americi radi na 2.3-2.5 GHz [4]. Preostali rade na 3.5 GHz i to svi u Kanadi. U Evropi 76% radi na 3.5GHz a preostali na 2.5GHz i to uglavnom u Rusiji. Većina evropskih regulatora protivi se uvođenju mobilnih servisa u opseg 3.5GHz. Standard 802.16e definiše komunikaciju u opsegu frekvencija 2-11 GHz za NLOS (*Non Line Of Sight*), te u opsegu 10-66 GHz za LOS (*Line Of Sight*) a zahteva širinu 20-30MHz kako bi na kvalitetan način mogao isporučiti *quad play* servise. Na fizičkom sloju teoretski dozvoljava komunikaciju na rastojanjima od oko 8 km bitskim brzinama do 70 Mb/s za LOS prenos [5]. Moguće je isporučiti širokopojasne servise i na brzinama većim od 120km/h sa zadovoljavajućim QoS. Na Sl.1 prikazana je pozicija mobilnog WiMAX u odnosu na druge tehnologije i projektovanu 4G.



Sl.1. Pozicija 802.16e u odnosu na druge tehnologije

### C. Tehnologija: sličnosti i razlike

OFDMA ima bolje performanse od CDMA u prevazilaženju intersimbolske interferencije do koje dolazi kada se reflektovani signali preklapaju sa predajnim signalom. I u takvim uslovima OFDMA osigurava da subkanali zadržavaju međusobnu ortogonalnost. Iz tog razloga WiMAX je robustan na *multipath* efekat.

HSDPA zauzima celi raspoloživi opseg. Mobilni WiMAX signali pak zauzimaju samo deo opsega. U širokopojasnim bežičnim kanalima uslovi propagacije mogu varirati u različitim delovima spektra, na različite načine za različite korisnike. OFDMA ovde omogućava veću otpornost na frekvencijski selektivni fading pošto njegova paralelna priroda omogućava korekciju grešaka u subnosiocima. OFDMA je sa druge strane osetljivija na frekvencijski ofset i fazni šum zbog kojih dolazi do ICI ali se ovaj nedostatak može prevazići upotrebom zaštitnog opsega. Pošto su OFDMA simboli duži po trajanju od CDMA simbola impulsi šum ne može uzrokovati povećavanje bitske greške. Kod CDMA usled impulsnog šuma može se izgubiti nekoliko CDMA simbola. Dodatno OFDMA može povećati svoju prednost primenom AMC na nivou subkanala što je poznato kao SDMA (*Space Division MA*) čime bi se optimizovala selekcija subkanala na osnovu geografske lokacije.

Kompleksnost obrade u *smart* antenskim tehnologijama povećava se sa širinom kanala. Korišćenje ovih tehnologija u HSDPA sistemima stoga je ograničeno. OFDMA sa druge strane omogućava da se operacije *smart* antena izvode nad vektorima uskih subkanala pa je ovde moguće primeniti celu lepezu *smart* antenskih tehnologija, čime se mogu znatno poboljšati performanse sistema (kapacitet i pokrivenost), kao što su npr. *beamforming*, STC i SM. Mobilni WiMAX podržava AMS (*Adaptive MIMO Switching*) između različitih MIMO *mode*-ova čime se maksimizira spektralna efikasnost bez smanjenja zone pokrivenosti. MIMO osigurava veći protok do 63 Mb/s po sektoru za UL i 28Mb/s po sektoru za DL u kanalu 10 MHz a pored toga smanjuje verovatnoću bitske greške.

WiMAX vuče svoje poreklo iz *Ethernet* tehnologije i kao takav ima *data oriented* MAC za razliku od HSDPA i WCDMA gde je MAC u suštini *circuit-switched*. MAC sloj je ovdje izgrađen tako da podrži ATM, *Ethernet* i IP saobraćaj kroz svoj podsloj konvergencije, sa pet nivoa kvaliteta usluge na MAC sloju:

- dozvoljena bitska brzina (*granted bit rate*),
- usluge u realnom vremenu (*real time polling*),

- poboljšane usluge u realnom vremenu (*enhanced real-time polling*),
- usluge koje rade van realnog vremena (*non real-time polling*)
- usluge najboljeg pokušaja (*Best Effort*)

Parametrima se može upravljati dinamički kroz MAC poruke kako bi se zadovoljili različiti zahtevi za dinamičkim podešavanjem QoS. Isti mehanizmi upravljanja kvalitetom servisa se koriste i u UL i u DL kako bi se održao zahtevani QoS u oba smera. WiMAX definiše *service flow* kao jednosmerni tok paketa sa specifičnim QoS koji se mogu mapirati na DSCP (*DiffServ Code Points*) koji osiguravaju QoS sa kraja na kraj IP mreže.

Podrška za QoS u 3G sistemima je ograničena. Korišćenje tehnika zasnovanih na prioritetu za podršku različitim klasama saobraćaja, saobraćaj višeg prioriteta može potpuno ugušiti saobraćaj nižih prioriteta tokom perioda velikog opterećenja.

CDMA sistemi su znatno bolji za prenos govora podržavaju *multiple voice coding* šeme, *seamless handoffs* i *roaming*. OFDMA sa druge strane omogućava veoma jeftin prenos VoIP saobraćaja ali trenutno kašnjenje od oko 100mS ne omogućava potreban kvalitet. Već su najavljenja poboljšanja koja će omogućiti kvalitetan mobilni VoIP smanjenjem kašnjenja.

HSDPA i 1×EVDO koriste FDD dok mobilni WiMAX podržava TDD i opciono FDD. TDD je preferirani dupleksni način za širokopojasne servise iz sledećih razloga:

- TDD omogućava podešavanje *downlink/uplink* odnosa za efikasnu podršku asimetričnom uplink/downlink saobraćaju. U slučaju FDD DL i UL su uvek isti i u opštem slučaju jednaki, čime se u slučaju izraženog asimetričnog saobraćaja smanjuje spektralna efikasnost.
- Za razliku od FDD koji zahteva par kanala, TDD zahteva samo jedan kanal i za DL i za UL.
- Dizajn predajnika za TDD je manje kompleksan i stoga jeftiniji.

Sličnost arhitekture UMTS i WiMAX mreža ogleda se u tome što obe mreže imaju dobro definisane interfejsne između korisničke opreme, baznih stanica i jezgre mreže. Funkcionalnosti ovih mreža su raspoređene na isti način (korisnički uređaj-pristupna mreža-jezgre mreža), te se može uraditi direktno preslikavanje ASN funkcionalnosti WiMAX-a na UTRAN funkcionalnosti pristupne mreže, kao i CSN funkcionalnosti WiMAX-a na CN funkcionalnosti UMTS jezgre mreže. Ovo otvara mogućnosti za koegzistenciju i interoperabilnost bežičnih WiMAX i UMTS mreža u mrežama sljedeće generacije.

IEEE već ambiciozno radi na standardu 802.16m koji se zasniva takođe na OFDMA i MIMO tehnologijama i koji se već popularno naziva Gigabit WiMAX. Očekuje se da će odgovarajući sistemi biti raspoloživi već 2010. godine. Brzine će biti čak do 1Gb/s i zadovoljavat će u potpunosti zahteve koji se postavljaju pred 4G standarde. U oba smera koristit će se OFDMA za razliku od projektovanih osobina LTE koji samo na DL koristi OFDMA dok je za UL predviđen SC-FDMA čime se ograničava protok od

korisnika. Korišćenje OFDMA u UL donosi međutim problem za korisničke uređaje. PAPR je odnos maksimalne i prosečne snage signala. Kod mobilnog WiMAX PAPR je 11dB a kod LTE manje od 5dB što daje 6dB poboljšanje u odnosu na mobilni WiMAX. 802.16e unosi potrošnju od 1W što je neophodno smanjiti na 300-500 mW kako bi se mogao ugraditi u prenosive računare a na 150mW za mobilne telefone sledeće generacije.

#### D. Slabljenje

Slabljenje jačine signala na mestu prijema je uzrokovano velikim brojem faktora kao što su dužina putanje, prepreke na putu radio signala i *multipath* efekat. Što je terminal dalje od BS manji je SNIR tj. manji broj bita se prenosi po jednom simbolu a to znači da je protok manji. Slabljenje je veće ukoliko je frekvencija prenošenog signala veća jer se signal više frekvencije bolje absorbuje u vazduhu. Pošto WiMAX radi na minimalno 2.4 GHz a 3G na manje od 2GHz, SNIR će se za WiMAX smanjivati brže sa udaljenošću od BS nego za 3G. WiMAX signal ima manji domet pa je potrebno veći broj ćelija nego za 3G. Međutim razlika u ceni koju je potrebno platiti za licencu znatno premašuje ovu razliku.

#### E. Sigurnost

HSDPA ne podržava nikakve dodatne sigurnosne mehanizme. Autentikacija korisnika vrši se na osnovu njegove SIM (ili R-UIM) kartice. Kodovanje podataka za različite korisnike, tipično za sve CDMA standarde, funkcioniše bolje nego bilo koji kriptozastitni algoritam, ali ne ukoliko zlonamerni korisnik na neki način poznaje kanalski kod. Osnova sigurnosti kod 802.16e je PKMv2 a pored toga WiMAX podržava moderne kriptozastitne algoritme (AES sa 1024-bitskim ključem npr.). Ovo će zadovoljiti poslovne korisnike kojima je tajnost podataka prioritet.

### IV. ZAKLJUČAK

Očekuje se da u narednih 5 godina 4G postane realnost. Svaki ozbiljan mobilni operator mora stoga razvijati strategiju tako da već sada trasira put ka uvođenju 4G u svoju mrežu. U ovom radu konstatovane su nesumnjive prednosti mobilnih sistema baziranih na OFDMA u odnosu na CDMA tehnologije kada je u pitanju prenos podataka. Sasvim je realno očekivati da će sistemi koji iskoriste te prednosti biti u mogućnosti da ponude punu širokopoljansku mobilnost za sve tipove servisa i približe se cilju koji je postavljen pred 4G tehnologije. Međutim, njihova primena u budućnosti neće zavisiti samo od mogućnosti samih ovih tehnologija, nego i od angažovanja industrijskog sektora u primeni ovih rešenja, politike i zahteva tržišta. Za 2G operatore koji još nisu uveli 3G, logičan izbor je implementacija novih tehnologija pri čemu je mobilni WiMAX trenutno najrealnija opcija koja omogućava: znatno jeftiniju licencu, jeftiniju opremu i bolje performanse u svakom pogledu, a povrhu svega predstavlja sponu ka tehnologijama nove generacije koje će bez

sumnje biti bazirane na OFDMA. Tamo gde 3G već postoji, mobilni WiMAX će se moći koristiti komplementarno. *Sprint Nextel* pored postojeće EV-DO mreže za govor, uvodi mobilni WiMAX za širokopoljanski prenos podataka. U takvim mrežama potrebno je *dual-mode* korisničke uređaje i omogućiti vertikalni *handover* između različitih tehnologija kao što su WiMAX, Wi-Fi, 3G itd. U gušće naseljenim oblastima svakako bi trebalo omogućiti WiMAX a tamo gde se to nebi isplatilo obezbediti *handover* na postojeću 3G mrežu. Već 2010. očekuje se da će inicijalno biti implementirane prve 802.16m mreže. Dve do tri godine potom realizovat će se i prve LTE i UMB mreže. Iako sve ove tehnologije imaju različitu predistoriju (LTE je povezan sa GSM tehnologijama a UMB sa EV-DO), one su mnogo sličnije međusobno nego što liče ne svoje prethodnike. Stoga se može očekivati da će jedna od njih ili neka vrsta integracije tih tehnologija doneti istinske 4G funkcionalnosti.

#### LITERATURA

- [1] IEEE P802.16e/D11, "Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licenced Bands", September 2005.
- [2] Monica Paolini, "WiMAX: Ambitions and Reality. A Detailed Market Assessment and Forecast at the Global, Regional and Country Level (2006-2012)", Senza Fili Consulting report, June 2007
- [3] Viviane Reding, "TV is going Mobile and needs a pan European policy approach", International CeBIT Summit, March 2006., Hannover
- [4] Adlane Fellah "Spectrum Analysis-The Critical Factor in BWA/WiMAX versus 3G", Marvedis Inc. Telekom Market Research&Analysis, January 2006.
- [5] H. Y. Wei, S. Ganguly, R. Izmailov, Z. J. Hass, "Interference-Aware IEEE 802.16 WiMAX Mesh Network", Stockholm, May 2005.
- [6] Joanne Taffe, "Mobile disruption", Total Telecom, April 2007.
- [7] IEEE 802.16-2004, "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems", October 2004.
- [8] WiMAX Forum, "Fixed, nomadic, portable and mobile applications for 802.16-2004 and 802.16e WiMAX networks", November 2005.
- [9] "Mobile WiMAX-Part II: A Comparative Analysis", WiMAX forum, May 2006.
- [10] K.R. Santhi, G.Senthil Kumaran, "Migration to 4G: Mobile IP based Solutions", aict-iciv, p.76, AICT-ICIW'06, 2006.
- [11] Sergei Lurie, "HSDPA vs. WiMAX: Comparing Characteristics and Prospects of Datacom Technologies", 2006. [www.digit-life.com](http://www.digit-life.com)
- [12] Liangshan Ma, Dongyan Jia, "The Competition and Cooperation of WiMAX, WLAN and 3G", Mobile Technology, Applications and Systems, 2005 2nd International Conference on
- [13] Milan Đ. Kovačević, "Zamka 3G tehnologije", 14. Telekomunikacioni forum TELFOR 2006, Beograd

#### ABSTRACT

This paper analyses both the competitive and cooperative relationships between WiMAX and advanced 3G technologies from various aspects. Short history overview of cdma and ofdma based systems is given, along with contemporary situation on the market. In addition, possible future development path for wireless operators is estimated.

### WiMAX AND 3G+ COMPETING OR COOPERATING TECHNOLOGIES?

Goran T. Popovic, Goran Djukanovic