

# WiMAX tehnologija i njena primjena u mrežama za pristup

Dragan Soldat dipl.inž.el.

**Sadržaj** — Rad se odnosi na WiMAX tehnologiju i njenu primjenu u pristupnim mrežama kao bežične tehnologije koja će obezbijediti bežične širokopolasne servise na lokaciji krajnjeg korisnika.

**Ključne reči** — Fizički sloj, Pristupne mreže, Širokopolasni servisi, WiMAX.

## I. UVOD

Svjedoci smo svakodnevne pojave novih standarda u telekomunikacijama od kojih mnogi ostanu samo puka teorija ili ne zažive van laboratorija. S druge strane, neki od tih standarda su doživjeli veliku praktičnu primjenu dok su pojedini bukvalno promjenili svijet u kome živimo (GSM i Internet npr.). Jedan od standarda koji bi mogli da unesu pravu revoluciju u polju telekomunikacija je i IEEE 802.16 standard koji se odnosi na širokopolasne bežične sisteme za pristup pri izgradnji MAN (*Metropolitan Area Network*) mreža. Standard IEEE 802.16 daje niz prednosti koje se odnose na širokopolasne bežične mreže kao što su veliki protoci, bolja fleksibilnost i skalabilnost kao i niži troškovi izgradnje mreže što je naročito značajno za operatere i zemlje koje imaju lošu i zastarjelu mrežnu infrastrukturu (kakva je nažalost, i naša). Pojava ovog standarda i zainteresovanost najvećih svjetskih proizvođača opreme doprinjela je da se 2001 godine osnuje WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) Forum koji je industrijska neprofitabilna organizacija sastavljena od proizvođača opreme, dobavljača opreme i servisnih provajdera. WiMAX Forum radi na tome da uskladi nekompatibilne standarde iz oblasti bežičnih MAN mreža. Naime, trenutno u svijetu imamo pored IEEE 802.16 standarda i Evropski ETSI/HiperMAN2 standard kao i WiBro (*Wireless Broadband*) standard u J. Koreji koji su međusobno nekompatibilni. Glavne prednosti WiMAX tehnologije se ogledaju u

tome što ona može predstavljati isplativiju, stabilnu bežičnu alternativu za konvencionalni DSL (*Digital Subscriber Line*) i pristup preko KDS-a (kablovskih distributivnih sistema) u oblastima gdje je ova tehnologija lako dostupna. Šta više, WiMAX tehnologija može predstavljati veoma isplativo rješenje za širokopolasni pristup u oblastima do kojih ne doseže DSL ili KDS. Moći će se koristiti za veliki broj aplikacija uključujući i širokopolasni pristup u „posljednjem kilometru“ (*the last mile*) tj. kod samog korisnika, što je i krajnji cilj razvoja mrežne infrastrukture pristupnih mreža, kao i podrška za *hotspot* i ćelijsku infrastrukturu.

## II. PREGLED STANDARDA

U sledećih nekoliko rečenica ću dati kraći pregled standarda koji se odnose na širokopolasni bežični pristup. Sve je počelo 1999 godine kada IEEE osniva radnu grupu za razvoj bežičnog širokopolasnog pristupa BWA (*Broadband Wireless Access*). Kao rezultat rada ove grupe nastali su sledeći standardi:

-IEEE 802.16 (2001 godine). Prvi BWA standard kojeg karakteriše rad u frekventijskom pojasu od 10GHz do 66GHz, PTP (*Point To Point*) komunikacija kao i to da je zahtjevana optička vidljivost tj. LoS (*Line of Sight*) između uređaja koji komuniciraju;

-IEEE 802.16c (2002 godine). Dodatni sistemski profili za rad u pojasu od 10GHz do 66GHz;

-IEEE 802.16a (2003 godine). Proširenje standarda za rad u pojasu od 2GHz do 11GHz. Point to Multipoint komunikacija, ne zahtjeva se optička vidljivost između uređaja tj. NLoS (*Non Line of Sight*) komunikacija. Fiksno okruženje;

-IEEE 802.16d (2004 godine). Poznat i kao IEEE 802.16-2004 standard. Fizički sloj može biti OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), OFDMA (*Orthogonal Division Multiple Access*). MAC (*Medium Access Control*) sloj podržava traženi QoS (*Quality of Service*);

-IEEE 802.16e (2005 godine). Poznat i kao IEEE 802.16-2005 standard ili Mobilni WiMAX. Fizički sloj OFDMA ili SOFDMA (*Scalable OFDMA*). Omogućava mobilnost.

---

Dragan Soldat, Telekomunikacije RS AD Banja Luka, Republika Srpska (telefon:+38765696969; email: d.soldat@telekomsrpske.com)

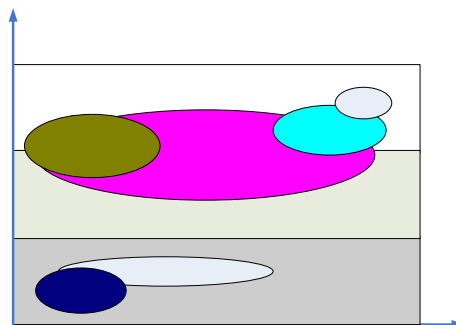
Standard IEEE 802.16-2004 se koristi uglavnom na fiksnim platformama i kao takav već je relativno u velikoj upotrebi. Standard IEEE 802.16e je projektovan da podrži mobilnost uređaja u komunikaciji. Službeno je objavljen u februaru 2006 godine i za njega ne postoji mnogo proizvoda na tržištu, a još manje u upotrebi. Tu se sada pojavljuje problem nekompatibilnosti ova dva standarda koja se najviše ogleda u različitosti fizičkih slojeva iako su viši slojevi identični. Međutim, zbog nemogućnosti podrške za mobilnost uređaja kod standarda IEEE 802.16-2004 najvjerovatnije da će on na tržištu biti potisnut od strane IEEE 802.16e standarda. Prvi proizvodi usklađeni sa standardom IEEE 802.16e se očekuju u 2007 godini, a prvi certificirani početkom 2008 godine.

### III. WiMAX TEHNOLOGIJA

Kako je riječ o bežičnoj tehnologiji osnovno pitanje koje se nameće je koji će frekvencijski opseg biti upotrebljen za rad. Pošto je tehnologija namjenjena za širokopolasni prenos tj. sa relativno velikom širinom korištenih kanala potrebno je koristiti opseg visokih frekvencija reda GHz. Zbog toga je u početku bilo planirano korištenje frakvancija iz opsega od 10GHz do 60GHz. Međutim, upotreba ovih frekvencija je zbog malih talasnih dužina i nemogućnosti savladavanja bilo kakvih prepreka zahtjevala optičku vidljivost, LoS, uređaja koji komuniciraju. O mobilnosti uređaja nije moglo biti ni riječi. Zbog toga je odlučeno da se koristi opseg frekvencija od 2GHz do 11GHz. Dakle, riječ je o uglavnom licenciranom dijelu spektra koji je u nadležnosti država. Evropa je za korištenje WiMAX-a odobrila frekvencije od 3,4GHz do 3,6GHz ili od 3,4GHz do 3,8 GHz. U SAD se za WiMAX koriste UHF frekvencije koje je po prelasku na digitalne tehnologije napustila kablovska televizija. Frekvencije od 3,4GHz do 3,6GHz mogle bi biti odgovarajuće za fiksni WiMAX tj. IEEE 802.16d standard, dok bi za ostvarenje mobilnog, za pružanje širokopolasnih mobilnih servisa koji optimalno funkcionišu na nižim frekvencijama idealno bilo korištenje opsega ispod 2,5GHz. Tako se za korejski standard WiBro koji zadovoljava uslove IEEE 802.16e standarda tj. obezbjeđuje mobilnost, koristi oseg frekvencija od 2,3GHz do 2,4GHz (100MHz) sa širinom kanala od 9MHz.

WiMAX tehnologija je zasnovana na Ethernet-u i odnosi se na specifikiranje donja dva sloja OSI (*Open System for Interconnection*) sistema tj. na fizički sloj i na sloj voda podataka. Razvijena je sa ciljem pružanja infrastrukture MAN mrežama koje mogu povezati razne WLAN (*Wireless Local Area Network*) pristupne tačke i kao takva stvoriti

alternativu DSL priključcima fiksne telefonske mreže. Kasnije su se ti zahtjevi proširili i na mobilnost pa položaj WiMAX tehnologije u odnosu na ostale bežične sisteme možemo prikazati preko sledeće slike gdje su kao parametri dati okruženje i pokrivenost:



Sl. 1 Položaj WiMAX tehnologije

U nastavku ću dati nekoliko istaknutih mogućnosti koje pruža ova tehnologija:

-*veliki protoci*: uvođenjem tehnologije MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) antenskih sistema sa fleksibilnim upravljanjem resursima koristeći SOFDMA, kao i unaprijeđen sistem kodovanja koji omogućava najviši downlink (DL) protok od 63 Mb/s, a uplink (UL) protok od 28 Mb/s po sektoru a kanal od 10 MHz;

-*kvalitet servisa* (QoS): najbitnija stavka IEEE 802.16, kontrola pristupa medijumu, MAC (*Medium Access Control*) arhitekture je QoS (*Quality of Service*). Za razliku od IEEE 802.11 tehnologije gdje se korisnički terminali „takmiče“ za pristup medijumu koristeći CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection*) metod, ovdje se koristi sasvim drugi pristup. Korisnik šalje baznoj stanici zahtjev za prenos po čijem prijemu bazna stanica na osnovu raspoloživosti dodjeljuje svakom korisniku tačno definisani time slot ili više njih, koje samo on koristi pri prenosu, slično kao i kod klasičnih TDMA (*Time Division Multiple Access*) sistema. Na taj način se obezbjeđuje garantovani nivo QoS;

-*skalabilnost*: da bi se postigla harmonizacija korisničkih zahtjeva i iskoristivost spektra na duži period, WiMAX tehnologija koristi adaptivni pristup izbora širine kanala u zavisnosti od potrebe korisnika. Koriste se kanali širine od 1,25MHz do 20MHz;

-*bezbjednost*: mogućnosti zaštite koje sadrži mobilni WiMAX najbolje su u klasi i sadrže EAP (*Extensible Authentication Protocol*) baziranu autentifikaciju, AES-CCM (*Advanced Encryption Standard – Counter with Cipher-block chaining*)

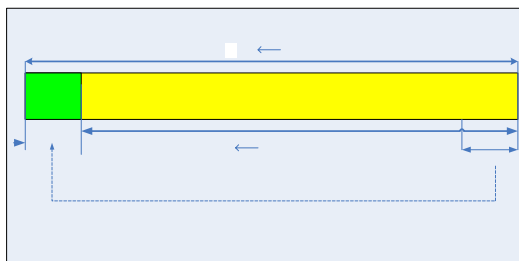
*Message authentication Code*) baziranu autentifikaciju i CMAC (*block Cipher-based Message Authentication Code*) i HMAC (*keyed Hash Message Authentication Code*) bazirane šeme zaštite kontrolnih poruka. Da bi se ove aplikacije mogle koristiti potrebni su: pretplatnički identifikacioni modul, SIM/USIM (*Subscriber Identity Module/Username SIM*) kartice, „pametne“ kartice, digitalni sertifikati i *username/password* način pristupa baziran na EAP (*Extensible Authentication Protocol*) metodama za autentifikovan pristup;

-*mobilnost*: mobilni WiMAX omogućava optimiziran handover (prelaz iz jedne ćelije u drugu bez prekida veze) koji netraje duže od 50 ms. Zahvaljujući ovakvom tipu handovera moguć je prenos glasa uz pomoć IP protokola, VoIP (*Voice over IP*) bez degradacije kvaliteta.

Standard IEEE 802.16 se odnosi na definisanje fizičkog sloja i sloja voda podataka OSI sistema. U nastavku je dat kraći pregled osnovnih karakteristika ova dva sloja u okviru standarda IEEE 802.16.

#### A. Opis fizičkog sloja (PHY)

Pri opisu ovog sloja akcenat stavlja se na OFDM tehniku multipleksiranja koja se ovdje koristi. OFDM je tehnika multipleksiranja koja koristi podjelu opsega od interesa na mnogo nosilaca. Po OFDM tehnici ulazni tok podataka podjeljen je na nekoliko paralelnih tokova čiji je protok redukovan i svaki od njih se na poseban način moduliše i emituje po posebnom ortogonalnom nosiocu. Povećanjem trajanja simbola povećavamo otpornost OFDM sistema na smetnje i kašnjenje. Šta više, uvođenje cikličkog prefiksa, CP (*Cyclic Prefix*) u potpunosti može eliminisati pojavu intersimbolske interferencije sve dok je njegovo trajanje duže od trajanja vremena između pristizanja dva ista simbola uslijed višestruke propagacije. Ciklički prefiks je obično ponovljen poslednji dio bloka podataka koji je pridružen sledećem bloku podataka. (SI.3).



SI 3. Princip cikličkog prefiksa

Da bi se prevazišlo višestruko prostiranje (*multipath*), kod OFDM tehnike koristi se *interliving* („učestljavanje“) i kodiranje. Modulacija se izvodi

pomoću inverzne FFT (*Fast Fourier Transformation*) na osnovu velikog broja potkanala koji se koristi (2048). Resursi se eksploatišu kroz vrijeme u pogledu OFDM simbola i kroz frekvenciju u pogledu podnosioca. Oni se mogu podjeliti po podopsezima da bi mogli biti dodjeljeni različitim korisnicima. OFDMA je tehnika multipleksiranja koja obezbeđuje operaciju slaganja više tokova podataka za više korisnika u istom trenutku za *downlink* i *uplink*. Struktura OFDMA se sastoji iz tri tipa podnosioca: podnosioci koji nose informaciju, pilotski podnosioci za procjenu stanja trase i sinhronizaciju i podnosioci „nule“ koji služe za razdvajanje grupa informacionih kanala.

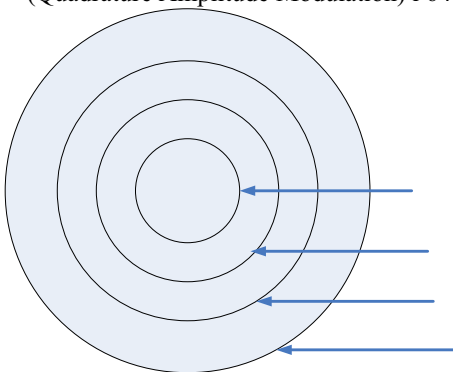
Aktivni podnosioci (informacioni i pilotski) grupisani su u potkanale. Fizički sloj WiMAX OFDMA podržava potkanalizaciju i u *uplink*-u i u *downlink*-u. Minimalna resursna jedinica potkanalizacije je jedan slot koji se sastoji od 48 informacionih podnosilaca. blokove i na taj način stvara potkanale.

Standard IEEE 802.16e-2005 MAN, je baziran na koncepciji SOFDMA (Scalable OFDMA), koja podržava širok spektar frekvencija, fleksibilnost adresiranja učesnika i potrebe za različitim frekventnim područjima u elektromagnetnom spektru (EMS). Skalabilnost je postignuta podešavanjem veličine FFT različitim opsezima kanala radi svođenja na isti frekventni razmak između nosilaca od 10,94 kHz. Fizički sloj IEEE 802.16e standarda podržava TDD, i pun ili poludupleks FDD. U kategoriji mobilnog WiMAX-a uzima se TDD kao jedino rješenje. Opciono se FDD koristi za korisnike u čijim zemljama regulativom nije obuhvaćen TDD ili je korištenje FDD-a prihvatljivije. Takođe, primopredajnici koji podržavaju TDD su mnogo jednostavnije konstrukcije od onih koji koriste FDD.

#### B. Opis sloja za kontrolu pristupa medijumu MAC (*Medium Access Control*)

MAC sloj je posebno dizajniran za okruženja u kojima je potreban pristup jedna tačka-više tačaka. On daje podršku višim slojevima OSI modela ili transportnim protokolima kao što su ATM, Ethernet ili Internet Protokol (IP) i njegov dizajn je jednostavno prilagoditi budućim protokolima koji će tek biti razvijeni. Tok servisa je ključna osobina standarda IEEE 802.16. Ima mogućnost podešavanja više kanala za svaku vezu, obezbeđujući za svaku individualno podešavanje parametara QoS. Resursi koje MAC plan raspodjele dodjeli terminalu mogu varirati od jednog vremenskog slotu pa do čitavog frejma, omogućavajući korisnicima veoma velik i dinamičan opseg protoka, u zavisnosti od potreba terminala u određenom trenutku. S obzirom na to da

se informacija o zahtjevanim resursima nalazi na početku svakog frejma plan raspodjele može uspješno promijeniti dodjelu resursa na "frame-by-frame" bazi, da bi adaptirao saobraćaj da ne bi došlo do zagušenja. Što se tiče kvaliteta servisa kod mobilnog WiMAX –a QoS je izveden kroz sam tok servisa. Prije odlučivanja za konkretan tip servisa, bazna stanica i korisnički terminal, uz pomoć svojih MAC slojeva, ostvaruju logičku link-konekciju. Zatim se, uz pomoć bazne stanice, uspostavlja paketski prenos u vidu toka servisa koji biva dostavljen korisniku preko konekcije. Adaptivna modulacija je osobina sistema da je u stanju promijeniti način prenosa podataka (modulaciju) u zavisnosti od odnosa signal/šum u toku prenosa. Ako su smetnje velike ili je velika udaljenost odašiljača i prijemnika dolazi do slabljenja signala i opasnosti da se prenos prekine. Sistem u takvim slučajevima mora odabrati robusniju ali sporiju modulaciju tako da je i pod takvim uslovima još uvijek moguće prepoznavanje slabog signala. Na sledećoj slici su prikazane četiri vrste modulacije koje se primjenjuju na različitim udaljenostima od WiMAX odašiljača. To su BPSK (Binary Phase Shift Keying), QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) i 64 QAM.



Sl.5 Adaptivna modulacija

Tako se mogu selektivno, zavisno od udaljenosti od odašiljača, optimizirati brzine prenosa.

#### IV. MOGUĆNOSTI PRIMJENE

WiMAX mreže su zamišljene kao mreže za bežični prenos podataka do udaljenosti od oko 50 km između prijemnika i bazne stanice. Za slične udaljenosti (do oko 30 km) su koncipirane i UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) ili tzv. 3G mreže čije su brzine prenosa gotovo za dva reda veličine manje. Zbog toga se WiMAX tj. IEEE 802.16e nameće kao glavni kandidat za tehnologiju mobilne telefonije četvrte generacije (4G). Najviše zahvaljujući osobini pružanja velikih protoka, ovaj

standard daje širok spektar mogućnosti primjene. Pomenimo samo neke od njih. To su naprimjer, mogućnosti vezane za prenos podataka kao što su: pretraživanje Interneta, skidanje podataka, interaktivne vijesti i informacije, kućna mreža, edukacija na udaljenost i dr. Takođe možemo pomenuti i aplikacije namjenjene za zabavu kao što su: gledanje televizije na zahtjev, „streaming“ u realnom vremenu, multimedijalne poruke, 3D igre preko Interneta itd. Zatim tu su i aplikacije vezane za trgovinu i finansije kao što su: mobilno trgovanje i bankarstvo, oglašavanje, plaćanje računa i sl. Za razliku od 3G sistema baziranih na CDMA (*Code Division Multiple Access*), koji su namjenjeni isključivo za prenos govora, mobilni WiMAX omogućava prenos široke palete ostalih servisa, kao što su podaci, pokretna slika i dr. Visoki protoci omogućavaju bolje multipleksiranje i manje kašnjenje što je neophodno radi kvalitetnog prenosa govora (VoIP). Ovakvim karakteristikama mobilni WiMAX pruža isti kvalitet usluga kao i kablovski ili DSL (*Digital Subscriber Line*) pristup. Tehnologija je svojim kvalitetom QoS, konkurentna PSTN-u (*Public Switched Telephone Network*) upotrebom VoIP, svojom brzinom prenosa DSL sistemima, a cijenom cijeni polaganja kablova u distributivnim mrežama. To bi mogla biti ujedno i prva tehnologija koja bi obezbjedila sveprisutnost servisa (govor, video u realnom vremenu, podaci) na cijeloj teritoriji koju pokriva na segmentu pristupnih mreža do krajnjeg korisnika i koja objedinjuje fiksnu i mobilnu telefoniju u jedinstven sistem.

#### LITERATURA

- [1] WiMAX Forum, Applications\_for\_802.16e\_WiMAX\_networks\_final, 2005.
- [2] Mobile WiMAX –Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation, WiMAX Forum, 2006.
- [3] B. Dropuljić: WiBro (Wireless Broadband), Zagreb, 2006.
- [4] M. Kovačević: Zamka 3G tehnologije, TELFOR 2006, Beograd, 2006.
- [5] <http://www.wimaxworld.com>
- [6] <http://www.wimaxforum.org>
- [7] <http://www.telfor.org.yu>

#### ABSTRACT

The article is about WiMAX technology and its applying in access networks as wireless technology which will assure wireless broadband services in location at the subscriber.

#### WiMAX technology and its example in access networks

Dragan Soldat