

# Mobilni WiMAX (1)

## Uvod

Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija ima za rezultat rastuće zahteve korisnika za velikom brzinom i visokim kvalitetom prenosa, kao i pristup velikom broju različitih servisa, koji podstiče razvoj savremenih telekomunikacija. Tako su sve veće potrebe za širokopojasnim pristupom podacima, glasovnim i video servisima dovele do razvoja i implementacije velikog broja širokopojasnih pristupnih tehnologija.

Razvoj tehnologija za bežični pristup, odnos cena/kvalitet, a pre svega brzina izgradnje bežičnih komunikacionih sistema, daje im prednost nad ostalim danas raspoloživim komunikacionim sistemima. To su optimalna rešenja za teško pristupačna, ruralna, a u poslednje vreme i gradska područja. Osim toga, kraće vreme realizacije zahteva korisnika za novim servisima, fleksibilna i brza rekonfiguracija, niski troškovi prve instalacije, mogućnost ekonomične nadogradnje sistema, kako u pogledu povećanja broja korisnika, tako i u pogledu uvođenja novih servisa, neke su od osnovnih prednosti bežičnih sistema i razlozi njihove sve veće popularnosti.

Pojavom standarda IEEE 802.16 WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), ostvarena je prava revolucija na polju bežičnih širokopojasnih tehnologija. Težnja ka prevazilaženju velikih udaljenosti dovela je do razvoja ovog standarda, čime je omogućeno efikasno kreiranje mreža velikog dometa WMAN (Wireless Metropolitan Area Network). Pored veće pokrivenost signalom, omogućeni su veći protoci, veća bezbednost korisnika u mreži i manja osetljivost na smetnje.

Ovaj diplomski rad se bavi mobilnim WiMAX širokopojasnim pristupom. i podeljen je u 7 poglavlja.

Prvo poglavlje je uvodno i u njemu je dat kratak prikaz ovog rada. U drugom poglavlju, je u opštim crtama dat opis danas postojećih tehnologija bežičnog širokopojasnog pristupa. Treće poglavlje sadrži karakteristike WiMAX mreža, opis standarda IEEE 802.16 i opsega koji se koriste, karakteristike licenciranih/nelicenciranih rešenja. U njemu je izloženo i poređenje WiMAX-a sa ostalim bežičnim sistemima tj. sa WiFi i sa 3G sistemima i navedene su osnovne aplikacije u kojima se može koristiti WiMAX, pri čemu je navedena upotreba WiMAX mreža sa demografskog aspekta, po segmentima tržišta, kao i po klasama servisa. U četvrtom poglavlju se raspravlja o fizičkom sloju WiMAX-a, osnovnim modulacionim tehnikama i tehnikama višestrukog pristupa i analizi propusnosti WiMAX sistema. Peto poglavlje je posvećeno MAC sloju gde su opisane njegove funkcije, podrška kvalitetu servisa, osnovne funkcije upravljanja mobilnošću i bezbednost WiMAX mreža.

U šestom poglavlju su opisna načela razvoja WiMAX referentnog modela mreže i prikazana je end-to-end IP bazirana arhitektura mreže. Sedmo poglavlje je zaključno.

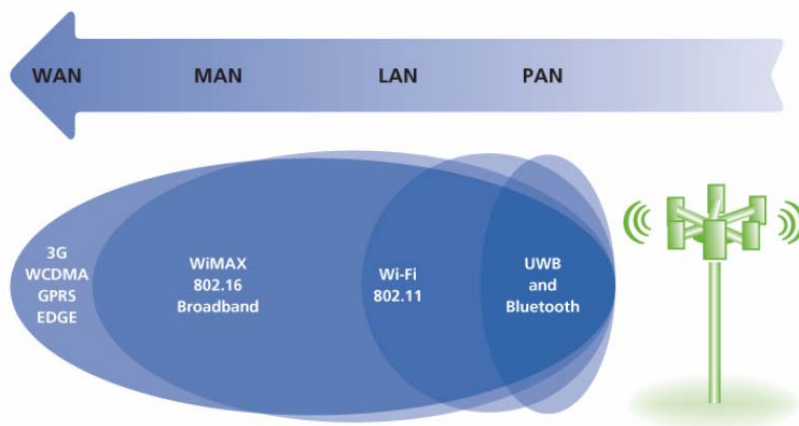
## Bežični širokopojasni pristup

Bežični širokopojasni pristup se odnosi na bežičnu mrežnu tehnologiju koja treba da reši problem pristupa distribucije servisa u delu telekomunikacione infrastrukture od lokalne centrale do korisnika. Tehnološki posmatrano, bežični širokopojasni pristup je jedno proširenje tačka-tačka, koncept bežičnog LAN premošćavanja kako bi se isporučio kanal velikog kapaciteta i velike brzine za prenos govora, multimedije i servisa Internet pristupa. Bežične širokopojasne mreže (Wireless Broadband Networks) se realizuju skupom koegzistentnih preklapajućih tehnologija koje omogućavaju bežične komunikacije velikih brzina tj. brzina iznad 1 Mbit/s.

Osnovne tehnologije koje se koriste za realizaciju bežičnog pristupa internetu su UWB, WiFi, WiMAX i 3G.

- **UWB (Ultra-Wide-Band)** tehnologija koja podržava brzine do 400 Mbit/s na malim rastojanjima do 10m, predstavlja buduću tehnologiju bežične personalne mreže WPAN (Wireless Personal Area Network ). UWB će omogućiti bežično USB povezivanje perifernih uređaja na PC računare, a ima i mogućnost simultane distribucije video stream-a visoke definicije.
- **WiFi (Wireless Fidelity)** tehnologija je prva bežična tehnologija koja podržava velike brzine prenosa i koja je široko rasprostranjena zahvaljujući razvijenoj i raspoloživoj opremi na tržištu. Korisnici na fiksnim lokacijama uspostavljaju vezu sa internetom ili centralama javnih telefonskih mreža upotrebom ove tehnologije preko pristupnih tzv. hotspot tačaka. Ova tehnologija se koristi kako u kućama tako i u javnim zgradama, restoranima, hotelima, aerodromima i sličnim lokacijama. WiFi bazirani servisi dostupni su samo na teritorijama koje pokrivaju hotspot tačke, što je maksimalno 100m. WiFi tehnologija je regulisana standardima IEEE 802.11a, b i g kao i standardom 802.11n koji se još uvek razmatra.
- **WiMAX (Worldwide interoperability for Microwave Access)** tehnologija omogućava širokopojasno povezivanje „poslednje milje“ na daleko većoj teritoriji u odnosu na WiFi, pri tom omogućavajući poslovnim korisnicima T1/E1 servise, a rezidencijalnim korisnicima servise ekvivalentne kablovskim/DSL pristupnim sistemima. S obzirom da omogućava pokrivanje od 2 do 50km, WiMAX pruža mnogo veću mobilnost aplikacijama velikih brzina.
- **3G** tehnologija za bežične komunikacije velikih brzina je zasnovana na familiji standarda Međunarodne Unije za Telekomunikacije (International Telecommunication Union – ITU). Ona je kompatibilna sa GSM, TDMA i CDMA tehnologijama. 3G ćelijski servisi omogućavaju veliki domet za bežični prenos govora i podataka. U toku je realizacija 3G mrežne infrastrukture u urbanim, suburbanim kao i u ruralnim oblastima sa gustim saobraćajem, što će omogućiti najveću mobilnost za uređaje primarno namenjene za govorne komunikacije i dodatne servise npr. prenos podataka kao dopuna osnovnih servisa. Korišćenjem 3G servisa korisnici laptop računara i ostalih bežičnih uređaja će imati mogućnost da premoste prazninu između hotzona WiMax sistema (Viši frekvencijski opsezi) i WiFi spotova. Na tržištu se sada uveliko koriste uređaji prilagođeni 3G tehnologiji. Tu se ubrajaju i mobilni telefoni koji omogućavaju aktivnu video-konferenciju, kao i PDA koje omogućavaju full-playback DVD servise.

Propusnost	Regulacioni standardi				
	ETSI HIPERLAN IEEE802.15	ETSI HiperLAN IEEE 802.11	ETSI HIPERMAN IEEE 802.16	3GPP	
100MBit/s	UWB				
10MBit/s		Zona preklapanja 802.11e WiFi 802.11a/g	Zona preklapanja WiMAX 802.16 802.16d, 802.16e	Zona preklapanja	
1MBit/s	Bluetooth	WiFi 802.11b			4G 3G 2.5G
		10m	100m	Do 50km	Do 30km
	PAN		LAN	MAN	WAN



Slika 2.1. Pregled osnovnih bežičnih tehnologija

### WiMAX: širokopojasni bežični MAN

Standard IEEE 802.16, rešenje za širokopojasni bežični pristup (Broadband Wireless Access – BWA), poznat pod nazivom WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) je jedan od novijih standarda, koji predstavlja rešenje za pristup do „poslednje milje“ (last mile) kao alternativa DSL tehnologiji i kablovskom sistemu (cable system).

Kao širokopojasna MAN tehnologija WiMAX pruža širokopojasnu bežičnu konekciju kako fiksnim tako i portabl i nomadskim korisnicima. Zato standardi, na kojima se temelji ova tehnologija, predstavljaju najbitnije standarde za bežične komunikacije koje je donela IEEE. Snažnom prodoru ove tehnologije na svetsko tržište uveliko je doprineo WiFi zasnovan na familiji standarda 802.11. Međutim može se reći da je WiFi samo trasirao put WiMAX-u koji je zahvaljujući svojim karakteristikama omogućio provajderima servisa da ostvare svoj davnašnji san – ekonomičan širokopojasni prenos podataka, govora i videa do rezidencijalnih i poslovnih klijenata širom sveta. Mobilni WiMAX je širokopojasno bežično rešenje, koje omogućava konvergenciju mobilnih i fiksnih širokopojasnih mreža pomoću tehnologije širokopojasnog radio pristupa i fleksibilne arhitekture mreže.

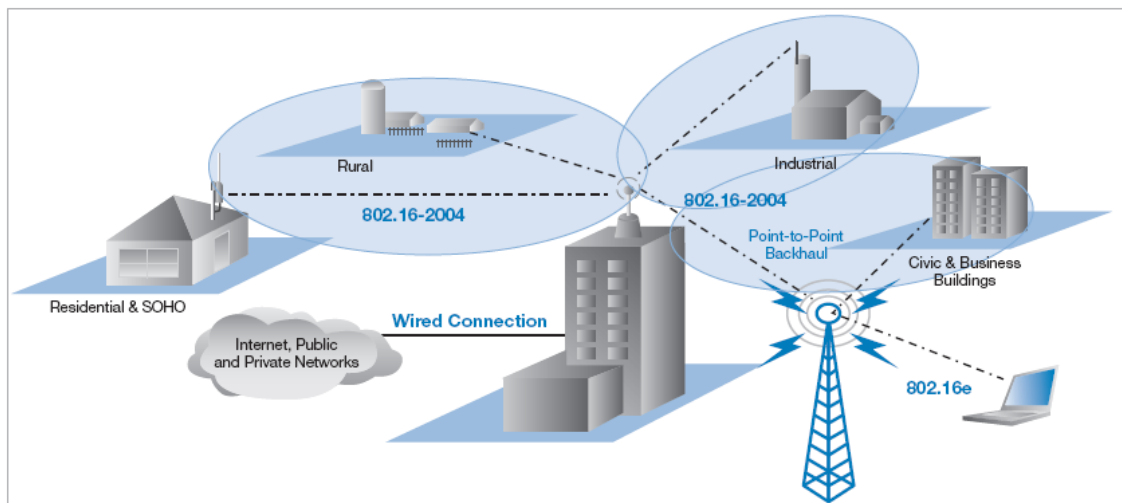
U odnosu na ranije bežične tehnologije WiMAX nudi sledeća poboljšanja:

- interoperabilnost
- poboljšanja u pogledu cene baznih stanica i korisničke opreme (CPE - Customer Premises Equipment)
- velike bitske brzine
- ne zahteva se optička vidljivost
- veliko područje pokrivanja
- licencirani i nelicencirani spektri
- visok kvalitet servisa QoS
- korišćenje smart antena

WiMAX MAN je u pogledu strukture sličan celularnim mrežama tipa tačka-više tačaka (Point to – Multi Point). Osnovnu strukturnu i funkcionalnu jedinicu WiMAX-a predstavljaju dve komponente: WiMAX bazna stanica i prijemnik odn.korisnički terminal, koji se često tretira kao korisnička oprema (Customer Premise Equipment-CPE).

## **IEEE 802.16 standard**

Odeljenje IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) za standardizaciju sa sedištem u SAD je 1999. osnovalo radnu grupu pod okriljem IEEE.802 LAN/MAN komiteta za standarde, čiji je primarni zadatak bilo donošenje standarda za širokopojasne mreže sa bežičnim pristupom pod oznakom 802.16. Njihov cilj je bio priprema standarda koji je trebalo da posluži razvoju širokopojasnih oblasnih mreža širom sveta. Nova tehnologija je nazvana WiMAX (Worldwide Interoperability of Microwave Access), a pitanja koja se tiču interoperabilnosti, sertifikacije i promocije su poverena osnovanom telu pod nazivom WiMAX forum. Ovo telo je osnovano 2001. godine sa ciljem da promoviše interoperabilnost i kompatibilnost širokopojasnih bežičnih mreža.



Slika 3.1 WiMAX radno okruženje

Standard 802.16 predviđa air interfejs uključujući sloj za upravljanje pristupom medijumu (medium access control ) MAC i fizički (Physical) PHY sloj širokopojasno bežičnog pristupa. Ključno dostignuće u razvoju PHY sloja, uključuje ortogonalnu frekvencijsku raspodelu kanala (OFDM), u kome se višestruki pristup postiže dodeljivanjem podskupa podnosilaca svakom pojedinom korisniku. Pri tom postoji mogućnost da se podrži različit kvalitet servisa za svakog korisnika, kao i različite brzine prenosa za svakog korisnika dodeljivanjem različitih faktora prenosa. Kod OFDM sistema se podaci dele u višestruke paralelne podpovorka podataka sa smanjenom brzinom prenosa i svaka podpovorka podataka se moduliše i prenosi na odvojenom ortogonalnom podnosiocu.

Prvi standard 802.16 je odobren decembra 2001. godine i obuhvatao je frekvencijski opseg 11- 60 GHz i teorijski maksimalnom širinom opsega od 120 Mb/s i maksimalnim radijusom prenosa od 50 km.. Međutim, standard je inicijalno podržavao samo optički vidljiv LOS (Line of Sight) prenos i kao takav nije bio kandidat za upotrebu u urbanim oblastima. Standard je kasnije dopunjen sa dva amandmana. Amandmani su se odnosili na pitanja radio spektra i interoperabilnosti i poznati su pod imenima 802.16a i 802.16c. Standard IEEE 802.16a - 2003 je uključio podršku NLOS (Non Line of Sight), usvojio OFDM na nivou fizičkog sloja i dodao podršku za opseg 2 – 11 GHz.. Septembra 2003 počela je glavna revizija projekta sa ciljem da se usaglasi sa evropskim ETSI HIPERMAN standardom. Projekat je završen 2004. i donet je novi standard pod oznakom 802.16d koji se češće naziva 802.16-2004 standard koji daje tehničke specifikacije za PHY i MAC sloj za fiksni bežični pristup i odnosi se na konekciju prve ili zadnje milje u bežičnim gradskim mrežama (Wireless Metropolitan Area Network, WMAN). Uvođenjem 802.16-2004 standarda sve prethodne verzije su prestale da važe.

U poređenju sa drugim standardima (kao npr IEEE 802.11 WLAN), izgledalo je da je glavni nedostatak za primenu standarda 802.16-2004 nedostatak mobilnosti, jer je široko rasprostranjeno mišljenje bilo da je podrška mobilnosti ključna karakteristika bežičnih mreža. I zato je bilo prirodno da novi standard IEEE 802.16e, ustanovljen 2005 godine, sa nazivom 802.16e-2005, ima definisanu podršku za mobilnost. Opšte je rasprostranjeno da se on zove mobilni WiMAX. i doneo je sledeća poboljšanja:

- Poboljšana je NLOS pokrivenost korišćenjem HARQ
- Usvojena je gušća podkanalizacija i na taj način poboljšan sistem što je dovelo do povećanja penetracije upotrebe sistema unutra
- Koristi sistem adaptivnih antena (Adaptive Antenna System AAS) i tehnologije sa višestrukim ulazom višestrukim izlazom (Multiple Input Multiple Output – MIMO) da bi se poboljšalo pokrivanje
- Uvodi šemu podkanalizacije na downlink i na taj način omogućava bolje pokrivanje i mogućnost variranja kapaciteta

što je donelo potencijalnu korist u smislu pokrivanja, potrošnje energije, ponovnog korišćenja frekvencijskog opsega, ako i efikasnosti širine kanala.

Tabela 3.1 Evolucija standarda 802.16

<i>Standard/amandman</i>	<i>Komentar</i>
<b>802.16</b>	Prestao da važi. Ovo je osnovni 802.16 standard donešen 2001. godine. Odnosio se na visoke bitske brzine i frekvencije između 11 GHz i 60 GHz.
<b>802.16a</b>	Prestao da važi. Odnosio se na određena pitanja u vezi spektra i omogućio je korišćenje frekvencija ispod 11GHz.
<b>802.16b</b>	Prestao da važi. Poveđava raspoloživi spektar uvođenjem frekvencija između 5 i 6 GHz. Osim toga uvodi QoS aspekt
<b>802.16c</b>	Prestao da važi. Ovaj amandman je ponudio profil sistema za rad u opsegu 10 i 66 GHz i pružio više detalja za rad unutar ovog opsega. Cilj je bio omogućivanje više nivoa interoperabilnosti.
<b>802.16d (802.16-2004)</b>	Ovaj standard je, po godini u kojoj je ustanovljen nazvan 802.16-2004. Donošenjem ovog standarda sve prethodne verzije standarda su prestale da važe. Doneo je veliki broj poboljšanja uvođenjem OFDM-a sa 256 podnosilaca. Ponuđeni su takođe profili za usaglašavanje testiranja i standard je takođe usaglašen sa ETSI HiperMAN standardom koji je namenjen globalnom razvoju. Standard se odnosio strogo na fiksni pristup

<b>802.16e (802.16-2005)</b>	Ovaj standard, poznat pod nazivom 802.16-2005 se odnosi na mobilne korisnike. Sa bitskom brzinom manjom od 15Mbit/s nasuprot 70Mbit/s koju je nudio 802.16d ovaj standard je pružao punu mobilnost uključujući i handover
<b>802.16f</b>	Upravljanje informacionom bazom
<b>802.16g</b>	Menadžment procedura i servisi
<b>802.16h</b>	Poboljšani mehanizmi koegzistencije za rad u nelicenciranim opsezima
<b>802.16j</b>	Multi-hop specifikacija
<b>802.16k</b>	Premošćavanje ka 802.16 standardu
<b>802.16m</b>	Unapređeni air interfejs. Ovaj amandman je okrenut budućnosti i pruža bitske brzine od 100 Mbit/s za mobilne aplikacije i 1Gbit/s za fiksne aplikacije. On će dozvoliti celularno, makro i mikro ćelijsko pokrivanje i trenutno ne postoje restrikcije za širinu propusnog opsega iako se očekuje da bude 20MHz ili više.

Autor: **Petar Marinković**