

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

SUSTAVI ZA PRAĆENJE I VOĐENJE PROCESA  
802.16 WiMax

Boris Matjačić  
0036379161, INE

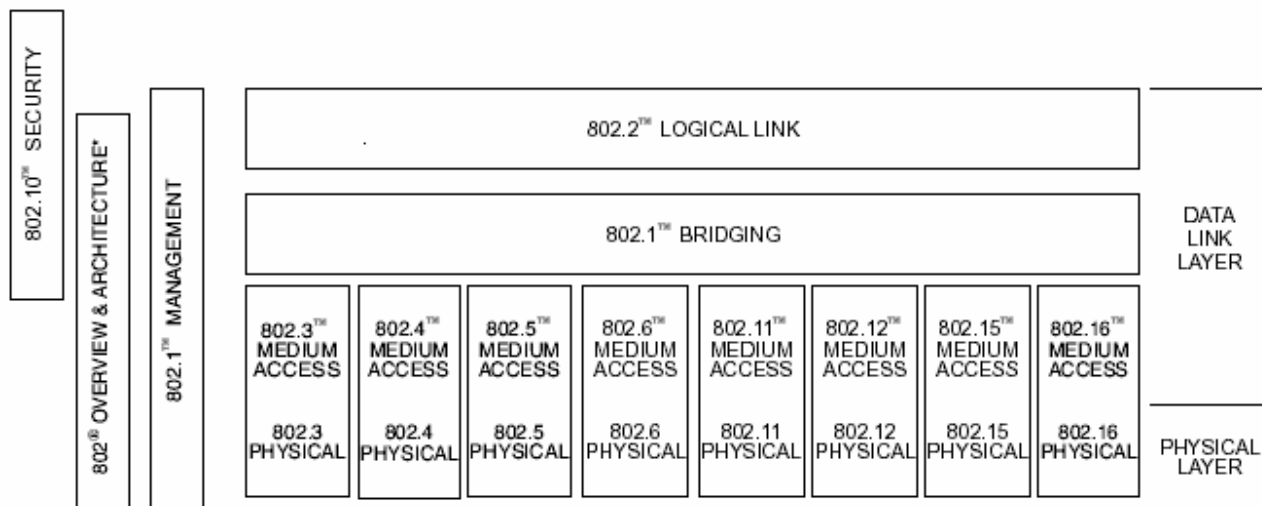
Zagreb, 30.05.2004.

## Sadržaj

UVOD .....	2
WiMax FORUM .....	2
USPOREDBA 802.11 I 802.16 STANDARDA.....	3
VERZIJE STANDARDA .....	3
REFERENTNI MODEL .....	4
SERVICE SPECIFIC CONVERGENCE SUBLAYER (CS) .....	5
MAC COMMON PART SUBLAYER (CPS).....	5
PRIVACY SUBLAYER.....	6
PHYSICAL LAYER (PHY) .....	7
ZAKLJUČAK .....	8
Literatura.....	9

## UVOD

Grupa IEEE 802.16 standarda dio je familije standarda koji definiraju lokalne i gradske mreže. Odnosi između pojedinih standarda prikazani su slikom 1. Standardi se bave fizičkim i podatkovnim slojevima OSI modelom koji je propisala Međunarodna organizacija za standardizaciju (ISO). Definirano je sedam različitih tipova pristupa mediju za prijenos podataka i njihovi pripadajući fizički slojevi.



Slika 1. IEEE standardi

Standard 802.16 propisuje zračno sučelje te MAC sloj (medium access control layer) i PHY sloj (physical layer) za fiksni point-to-multipoint širokopolasni pristup. MAC sloj je strukturiran tako da podržava višestruke specifikacije PHY sloja, gdje svaka pojedina specifikacija odgovara potrebnom operativnom okruženju.

## WiMax FORUM

WiMax Forum obuhvaća vodeće svjetske kompanije koje nastoje standardizirati proizvodnju opreme namijenjene za bežično širokopolasno povezivanje definirano IEEE 802.16 standardom. Komercijalni naziv standarda je WirelessMAN Standards i namijenjen je bežičnim mrežama u gusto naseljenim, metropolitiskim područjima. WiMax forum nastoji uskladiti proizvodnju i implementaciju komercijalnih proizvoda baziranih na tom standardu.

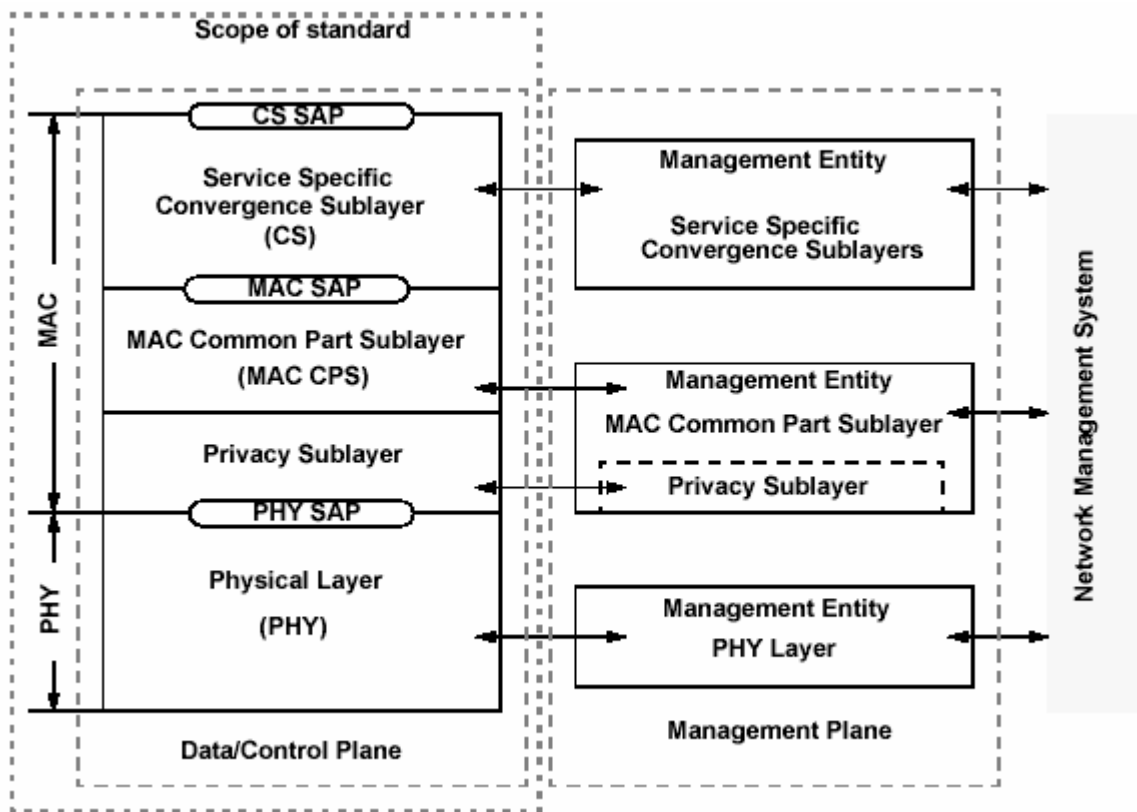
## **USPOREDBA 802.11 I 802.16 STANDARDA**

IEEE 802.11 standard definira lokalne bežične mreže. Standard osigurava povezivanje na udaljenosti do 300m u idealnim uvjetima, a u normalnim uvjetima do 80m na otvorenom prostoru te 40m u zatvorenim prostorima. Maksimalna brzina prijenosa podataka je do 54 Mbps. Primjena ovog standarda u gradnji mreže za čitavo gradsko područje pokazuje još neke nedostatke. To je u prvom redu česta pojava RF smetnji i preslušavanja kod primjene na velikom području s mnogo korisnika zbog slobodnog korištenja frekvencijskog spektra. Također postoje ograničenja kod osiguravanja dovoljnog frekvencijskog područja za velik broj korisnika. Novi 802.16 trebao bi riješiti te probleme i omogućiti bežično povezivanje gusto naseljenih gradskih područja. Standard podržava point-to-multipoint arhitekturu. Koristi frekvencijski pojas od 10 do 66 GHz, s maksimalnom brzinom prijenosa do 120 Mbps. Pojedina 802.16 bazna stanica može emitirati podatke u krugu od 50 kilometera za vrlo veliki broj prijemnika i to čini ovaj standard pogodnim za upotrebu u gusto naseljenim područjima.

## **VERZIJE STANDARDA**

Prva verzija 802.16 standarda zahtjevala je direktnu vizualnu vezu između bazne stanice i prijemnika. Sljedeća verzija 802.16a omogućila je povezivanje velikog broja stanica koje nemoraju biti direktno vizualno povezane. Sljedeće dvije inačice standarda, b i c, donijele su poboljšanja u kvaliteti i primjenjivosti standarda. Dovođenjem d inačice standarda, koji je proširenje 802.16a, očekuje se nagli porast razvoja opreme za bežično povezivanje po 802.16 standardu. 802.16d definira upotrebu manjih, jeftinijih pojačala, čime se smanjuje cijena ukupne opreme. Još nedovršene verzija 802.16e namijenjena je mobilnim komunikacijama.

## REFERENTNI MODEL



Slika 2. Referentni model

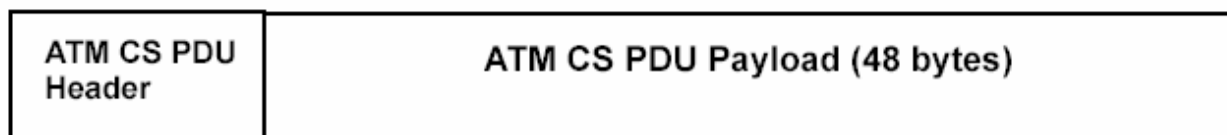
Na slici 2. prikazan je referentni model sustava propisan 802.16 standardom. Definirano je zračno sučelje za komunikaciju, MAC sloj i PHY sloj. MAC sloj se sastoji od tri podsloja. To su Service Specific Convergence Sublayer (CS), MAC Common Part Sublayer (MAC CPS) i Privacy Sublayer. CS sloj omogućava transformaciju i grupiranje vanjskih mrežnih podataka, primljenih kroz CS Service Access Point (SAP) u MAC Service Data Unit (SDU) dobivenu od MAC CPS podsloja kroz MAC SAP. MAC CPS podsloj sadrži jezgru MAC funkcija sistemskog pristupa, odabira frekvencijskog područja, uspostave i održavanja veze. Ovaj podsloj prima podatke s raznih CS-a kroz MAC SAP klasificirane za pojedine MAC veze. Njegova zadaća je pridjeljivanje kvalitete usluge, Quality of Service (QoS), odašiljanju i raspoređivanju podataka kroz PHY sloj. Odvojeni Privacy Sublayer omogućava autentifikaciju, izmjenu sigurnosnih ključeva i enkripciju podataka. Podaci, kontrola PHY sloja i statistički parametri se izmjenjuju između MAC CPS-a i PHY sloja preko PHY SAP. PHY sloj može uključivati višestruke specifikacije, svaka prilagođena za poseban frekvencijski pojas i pojedinu aplikaciju.

## SERVICE SPECIFIC CONVERGENCE SUBLAYER (CS)

CS podsloj nalazi se na vrhu MAC CPS-a i koristi, preko MAC SAP-a, operacije koje omogućava MAC CPS kako je prikazano slikom 2. Funkcije CS podsloja su:

- prihvaćanje PDU-a (Protocol Data Unit) s viših slojeva
- klasifikacija PDU-a s viših slojeva
- procesiranje PDU-a s viših slojeva (ako je potrebno)
- isporučivanje CS PDU-a odgovarajućem MAC SAP-u
- primanje CS PDU-a od ravnopravnog podsloja

Zasad postoje dvije specifikacije CS podsloja. To su CS s asinkronim prijenosom, ATM CS i paket CS. ATM CS je specifično definiran da omogućava prilagodbu PDU-a koji generira Protokol u ATM sloju za ATM mrežu. ATM CS PDU se sastoji od ATM CS PDU zaglavlja i podataka. Struktura ATM CS PDU-a prikazana je slikom 3.



Slika 3. ATM CS PDU

Paket CS obavlja funkcije koristeći opcije koje omogućava MAC podsloj: pridjeljivanje PDU-a s viših slojeva odgovarajućoj vezi, brisanje informacije iz zaglavlja (ako je potrebno), dostava odgovarajućeg CS PDU-a MAC SAP-u za pojedinu vezu, primanje CS PDU-a s MAC SAP na istoj razini i ponovno vraćanje informacije zaglavlja. Paket CS se koristi za prijenos svih protokola baziranih na paketima poput internet protokola (IP), point-to-point protokola (PPP) i Etherneta.

## MAC COMMON PART SUBLAYER (CPS)

Veza između bazne stanice i prijemnika funkcionira kao point-to-multipoint veza. Bežična veza definirana IEEE 802.16 standardom sastoji se od bazne stanice i antene koja simultano pokriva više nezavisnih sektora. Unutar danog frekvencijskog kanala i sektora antene, sve prijemne stanice primaju iste podatke ili samo dijelove tih podataka. Bazna stanica je samo odašiljač koji radi u tom smjeru, pa može odašiljati bez potrebe za koordinacijom sa ostalim stanicama, osim u slučajevima kad se koristi vremenski multipleks kod istodobnog odašiljanja i primanja podataka. Prijemna stanica provjerava adresu u primljenoj poruci i uzima samo poruke namijenjene isključivo njoj

samoj. U suprotnom smjeru, prijemne stanice dijele pravo na odašiljanje podataka prema baznoj stanici. Ovisno o važnosti pojedine stanice u strukturi mreže, svaka stanica dobiva svoja prava na korištenje veze. Unutar svakog sektora korisnik se priklanja protokolu koji kontrolira vezu između korisnika i omogućava da se veza skroji prema zahtjevima koje pojedina aplikacija postavlja na brzinu i frekvencijski pojas veze. To se postiže pomoću pet različitih mehanizama veze prema baznoj stanici.

MAC je usmjeren na povezivanje. Za potrebe obilježavanja usluga na prijemnoj stanici i pridjeljivanje različitih razina kvalitete QoS, sve razmjene podataka su u sklopu veze. Service flow se određuje kad se prijemna stanica integrira u sustav. Ubrzo nakon registracije prijemne stanice veze dodjeljuju se veze, jedna veza za jedan service flow, s ciljem utvrđivanja zahtjeva za dodjelu frekvencijskog pojasa. Dodatno, može se, na zahtjev korisnika, uspostaviti nova veza. Service flow definira QoS parametre za PDU koji se izmjenjuju preko veze. Koncept service flow-a je središnji u funkcioniranju MAC protokola. Taj koncept omogućava mehanizme za uplink i downlink upravljanja QoS-om. Posebno je važan za dodjelu frekvencijskog pojasa. Prijemna stanica šalje zahtjev za dodjelu frekvencijskog pojasa za uplink pojedinačno za svaku vezu. Frekvencijski pojas dodjeljuje bazna stanica kao srednju veličinu pojasa svih zahtjeva ili pojedinačno za svaku vezu posebno.

Veza zahtjeva aktivno održavanje. Zahtjevi za vezu variraju s obzirom na uslugu koja se prenosi preko pojedine veze. Na primjer IP usluga zahtjeva značajno održavanje zbog same prirode svoje veze i visoke opasnosti od fragmentacije podataka.

Na logičkoj razini je definirana komunikacija između MAC sloja i CS-a. Zbog takve logičke definicije, opisi primitiva koji se daju vezani uz tu komunikaciju su informativni. Njihova je svrha opisati informacije koje se nužno moraju izmjeniti između MAC-a i CS-a da se omogući da svaki od tih slojeva obavi funkcije koje su propisane ovim standardom. Nefinicija ne uključuje definiranje formata poruke niti logičkih automata za korištenje tih primitiva.

## **PRIVACY SUBLAYER**

Privacy sublayer omogućava korisnicima sigurnost na fiksnoj bežičnoj mreži enkripcijom veze između pojedine prijemne stanice i bazne stanice. Bazna stanica sprječava neovlašteni pristup prijenosu podataka nametanjem enkripcije za svaki prijenos podataka preko mreže. Privacy koristi ovlaštene klient/server šifrirane protokole u kojima bazna stanica, server, kontrolira distribuciju

šifriranih podataka klijentu, prijemnoj stanici. Dodatno osiguranje osnovnim sigurnosnim mehanizmima daje dodavanje digitalnog certifikata svakom protokolu u samoj prijemnoj stanici.

Privacy sublayer ima dvije komponente protokola. Prvi je protokol za enkripciju paketa podataka u fiksnoj širokopojasnoj bežičnoj mreži. Ovaj protokol definira set kriptografskih nizova koji povezuju enkripciju podataka i autentifikaciju algoritama, te pravila za pridjeljivanje tih algoritama MAC PDU podacima. Drugi protokol je Privacy Key Management (PKM) koji omogućava siguran prijenos šifriranih podataka od bazne do prijemne stanice. Preko ovog protokola bazna i prijemna stanica sinkroniziraju šifriranje podataka i kao dodatak, bazna stanica koristi protokol da postavi uvjete pristupa mrežnim podacima.

## **PHYSICAL LAYER (PHY)**

Svaka PHY opcija sadrži dva podsloja protokola:

- prijenosni CS
- Physical Medium Dependent (PMD) podsloj

Svaki PMD podsloj zahtjeva definiciju posebnog prijenosnog CS-a.

PHY sloj može imati u dodatku opis upravljanja tim PHY slojem. Ekzaktne funkcije upravljanja nisu specificirane ovim standardom, ali su one odgovorne za rad fizičkog sloja.

Opcije koje omogućava PHY su preko SAP-a na raspolaganju MAC sloju u baznim i prijemnim stanicama. Opcije PHY-a su definirane korištenjem setova primitiva. Primitivi koji se koriste u komunikaciji MAC-a i PHY-a spadaju u tri osnovne kategorije:

- a) primitivi koji omogućavaju prijenos podataka, sudjelujući kao međusignali u komunikaciji ravnopravnik MAC slojeva. To su PHY\_MACPDU primitivi
- b) primitivi koji imaju lokalno značenje i omogućuju komunikaciju između slojeva s obzirom na upravljanje slojevima. To su PHY\_TXSTART primitivi
- c) primitivi koji omogućuje upravljačke funkcije, poput PHY\_DCD primitiva



## ZAKLJUČAK

Grupa IEEE 802.16 standarda predstavlja nove mogućnosti bežične komunikacije. Ova grupa standarda bi trebala, uz već rašireni 802.11 standard i njegove verzije, predstavljati zaokruženu ponudu bežičnih komunikacija. Osnovna ideja standarda 802.16 je bežično umrežavanje velikih gradskih područja i priključivanje baznih stanica lokalnih mreža zasnovanih na 802.11 standardu na tzv. širokopojasni pristup Internetu. Grupa proizvođača mrežne i komunikacijske opreme udružene je u tzv. WiMax grupu čiji je osnovni cilj ispitati sve mogućnosti novog standarda. Također se još uvijek radi na nekoliko verzija standarda kao i na usklađivanju proizvodnje da bi se uspjelo smanjiti danas još uvijek velike cijene potrebne opreme. Treći kvartal ove godine trebao bi biti prekretnica za novu tehnologiju. Tada bi se trebali pojaviti prvi proizvodi po novom 802.16d standardu koji opisuje bazne stanice u komunikacijskom sutavu. Oprema treba proći testiranja te bi se početkom 2005. godine mogla naći u prodaji. Jedna od vodećih kompanija WiMax skupine, predstavila je svoje viđenje implementacije novog standarda. Prva faza bila bi postavljanje antena koje bi dovele do brzog širenja širokopojasnih pristupa krajevima koje je zbog financijskog ili geografskog razloga zaobišlo postavljanje kablova i infrastrukture za širokopojasni pristup. Postavljanje vanjskih antena bi, u drugoj fazi, dovelo do širenja usluga u zatvorenim prostorima i postavljanje antena unutar zgrada i umrežavanja cijelih zgrada. Treća faza bi bila širenje postojećih usluga na mobilne korisnike prema još uvijek nedovršenom 802.16e standardu.

## Literatura

- [1] IEEE 802.16-2001. , IEEE Standard for local and metropolitan area networks, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
- [2] IEEE 802.16.2-2001. , IEEE Recommended practise for local and metropolitan area networks, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
- [3] IEEE 802.16a-2003, Amendment to IEEE Std 802.16-2001, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
- [4] IEEE 802.16c-2001, Amendment 1, [www.ieee.org](http://www.ieee.org)
- [5] Intel Outlines Broadband Wireless Vision, press release, [www.intel.com](http://www.intel.com)
- [6] Techical information, WiMax home, [www.wimaxforum.com](http://www.wimaxforum.com)