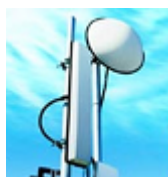


Riadenie prístupu v technológií wimax

Posoldová Alexandra · Elektrotechnika, Informačné technológie, Študentské práce

18.06.2012



WiMAX je spojovo orientovaná technológia zabezpečujúca rýchle pripojenie pre širokopásmové siete. Vo svete bezdrôtových technológií sa stále viac prechádza od fixného pripojenie k mobilnému. Tento článok je o riadení prístupu v technológií WiMAX. Budem sa zaoberať fixným aj mobilným prístupom. Bližšie rozoberiem MAC vrstvu.

Načrtnem aktuálny vývoj tejto technológie na Slovensku a jej predpokladaný trend. Rozoberiem problematiku riadenia prístupu v oboch typoch technológie a načrtnem jej riešenie.

1. Úvod

Technológia WiMAX, teda Worldwide Interoperability for Microwave Access je definovaná v štandarde IEEE 802.16 [1]. Prvý štandard bol vydaný v roku 2001. Základným pásmom pre túto technológiu sa stalo pásmo v rozsahu 10-66 GHz. V Európe sa používa šírka pásma 28MHz. Neskôr tento štandard doplnili viaceré dodatky a ako napríklad 802.16a, kde bolo definované pásmo s nižšími frekvenciami a to 2-11GHz. Táto technológia dokáže zabezpečiť prístup rôznym typom konvergovaných sietí a zabezpečiť im požadovanú kvalitu služby. Podľa toho, či je prijímacie zariadenie stabilné, alebo sa pohybuje, môžeme WiMAX deliť na fixný a mobilný. Oba typy budú bližšie preskúmané.

Fixný WiMAX, ktorý vysiela v pásme 10-66 GHz, potrebuje mať priamu viditeľnosť medzi bázovou stanicou a prijímačom. Architektúra má nasledovnú štruktúru. Na jednu bázovú stanicu sa pripája niekoľko koncových zariadení. V smere od bázovej stanice k zariadeniu sa používa časový multiplex TDM a v opačnom smere zas TDMA. Čiže prevádzku v oboch smeroch môžeme klasifikovať aj ako TDD (time division duplex). Používa sa aj FDD, ale menej často [2]. V súčasnosti na Slovensku spoločnosť WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. poskytuje len fixný WiMAX. V priebehu po roka plánujú implementovať aj mobilný.

V decembri 2005 v štandarde 802.16e [2] bol bližšie definovaný mobilný WiMAX. Aj tu sa používa TDD, ale zariadenie už nemusí mať priamu viditeľnosť na BS. Zatiaľ čo fixný WiMAX je skôr vhodný na menej osídlené oblasti, naopak mobilný je navrhnutý do husto obývaných oblastí, kde v priamej viditeľnosti často krát prekáža budova, strom a pod. Architektúra je podobná ako pri mobilnom WiMAXe no predpokladá sa mobilita zariadení. Bunky sú menšie a používa sa softshadower. Alokácia prenosového pásma je flexibilná, používa sa Ortogonálny frekvenčne delený multiplexný prístup na oddelenie

jednotlivých prijímačov a to pomocou adresovanie a subadresovania viacerých nosných. Mobilný WiMAX zabezpečuje kvalitu pre rôzne typy služieb a preto je to vhodná technológia pre prenos rôznorodej prevádzky od rýchleho internetu po VoIP.

2. Vývoj na Slovensku a vo svete

V súčasnosti sa je na Slovensku implementovaný fixný WiMAX. Jeho poskytovateľom je spoločnosť WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. Svoje služby poskytuje v pásme 3,5GHz na celom území Slovenska. V súčasnosti prevádzkuje 57 bázových staníc a tým poskytuje pripojenie pre viac ako 250 tisíc domácností. Orientuje sa menej zastavané oblasti s priamym výhľadom prijímača na bázovú stanicu. Čo umožnilo vybudovať pripojenie na internet na miestach, kde bola táto možnosť dovtedy obmedzená. Spoločnosť WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. sa orientuje najmä na poskytovanie dátových služieb, hoci ich bázové stanice sú prispôbivé aj na prenos hlasu. Použitá technológia sa zakladá na štandarde 802.16d [3]. V priebehu pol roka plánujú výstavbu mobilnej siete v rovnakom pásme a to na základe štandardu 802.16e [4].

S príchodom mobilného WiMAXu vo svete boli kladené na túto technológiu veľké očakávania, pretože oproti doterajším technológiám zabezpečujúcim mobilné pripojenie, WiMAX poskytoval vyššie prenosové rýchlosti a na väčšie vzdialenosti. Pre porovnanie uvádzam tabuľku s týmito hodnotami:

Tab. 1. Porovnanie prenosových rýchlostí a vzdialeností, ktoré dokážu poskytnúť jednotlivé bezdrôtové technológie.

Typ bezdrôtovej technológie	Teoretická maximálna prenosová rýchlosť [Mbit/s]	Teoretická maximálna vzdialenosť [km]
Mobilný WiMAX	70	56
3G sieť	3	4,8
Wi-Fi	54	0,1

Vďaka týmto predpokladom a podporou Ázijského trhu, konkrétne spoločnosťou Motorola, ktorá túto technológiu zaviedla do svojho vývojového plánu, sa teda očakávalo, že mobilný WiMAX do roku 2012 bude mať 93 miliónov mobilných používateľov. Tento odhad spravila spoločnosť WiMAX Forum v apríli 2008. Minulý rok, teda v roku 2010 bol tento počet okolo 6,8 miliónov mobilných WiMAX používateľov a ich nárast sa predpokladal o viac ako dvojnásobok. Čo však môžu byť len veľmi optimistické prania.

V súvislosti s vývojom bezdrôtových mobilných technológií si často porovnáva mobilný WiMAX s technológiou LTE, ktorá je postavená na UMTS. Technológia je založená na TCP/IP, takže okrem telefónnych spojení poskytuje aj televízne a samozrejme vysokorýchlostné pripojenie na internet. Pre downlink je maximálna prenosová rýchlosť 300 Mbit/s a uplink 100 Mbit/s [5]. Keďže infraštruktúra technológie UMTS je už vybudovaná a je hlavným poskytovateľom bezdrôtového telefónneho spojenia, predpokladá sa, že nasadenie LTE bude veľmi rýchle a do roku 2015 bude mať viac zákazníkov ako mobilný WiMAX.

Implementácia tejto technológie sa začala v roku 2010, kedy bolo zaznamenaných 207 tisíc používateľov. Predpokladá sa, že ich počet sa v roku 2011 vyšplhá na niečo vyše 10-tich miliónov. Komerčne dnes poskytuje LTE 10 mobilných operátorov, pričom k najväčším patria operátori z USA AT&T a Verizon. Postupne táto technológia preniká aj do Európy a severnej Ameriky [6].

2.1 Aritektúra technológie WiMAX na Slovensku

Ako už bolo povedané vyššie, na Slovensku je v súčasnosti vybudovaná len sieť fixné WiMAXu, ktorým poskytovateľom je spoločnosť WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. Zabezpečuje predovšetkým dátové služby, avšak bázové stanice sú prispôsobené aj na poskytovanie služieb hlasových a to v spolupráci so spoločnosťou Peoplefone Slovakia s.r.o.

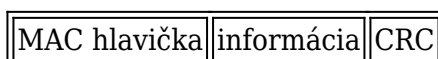
Architektúra vyzerá nasledovne. Spojenie je typu bod - mnohobod. Čiže jedna bázová stanica obsluhuje viacero koncových zariadení. Je pevne daný počet účastníkov na bázovú stanicu. Každý účastník má zadefinovaný svoj profil, kde je pevne pridelená služba, v tomto prípade dátová. Teda aj keby sa v jednom časovom okamihu pripojili všetci účastníci, majú garantovanú určitú minimálnu šírku prenosového pásma a kvalitu. Ide teda o pevne zadefinovanie kvality služby, ktorá sa bude poskytovať a prenosovej šírky pásma, ktoré bude pridelené. Nie je teda potrebné v takejto sieti riešiť riadenie prístupu.

Je to však nevyhnutné riešiť v mobilnom WiMAXe, kde je pridelenie šírky prenosového pásma dynamické a na základe služby, ktorú práve požaduje používateľ. Táto požiadavka a spôsob výmeny informácií medzi bázovou stanicou a používateľom budú definované neskôr.

3. MAC vrstva

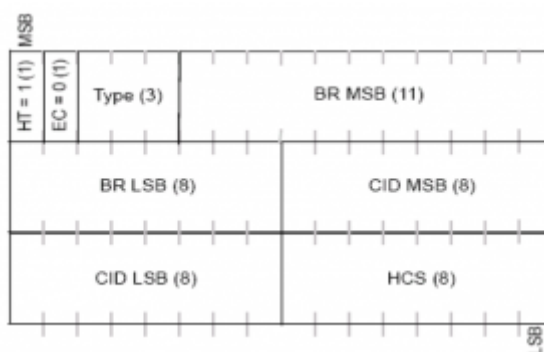
Nakoľko sa celé riadenie prístupu odohráva na druhej Medium Access Control vrstve, pokladám za nevyhnutné túto vrstvu rozobrať bližšie. V MAC podvrstve, kde sú špecifikované rôzne služby pre rôzne typy sietí, sú definované rozhranie pre siete ako STM, IPv4, IPv6, VLAN či Ethernet. Hlavnou úlohou je mapovanie servisných dátových jednotiek SDU z rôznych sietí do MAC protokolových dátových jednotiek (PDU) a na ich základe im poskytnúť požadovanú kvalitu služby [7]. MAC PDU sa skladá z 3 základných častí. Hlavičky, ktorá má pevnú dĺžku, informačného poľa a samoopravného CRC kódu.

Tab. 2. MAC rámeček



Hlavička má dva typy štruktúry. Všeobecná hlavička a hlavička pre žiadosť o zostavenie spojenia. Pri zostavovaní spojenia treba mať na pamäti, že ide o spojovo orientovaný prenos. Každé zariadenie, ktoré sa chce alebo je pripojené k BS je označované 48 bitovou MAC adresou, ktorá slúži ako identifikátor zariadenia. Spojenie je identifikované pomocou 16 bitového identifikátora spojenia (CID) v každom smere. Každý identifikátor spojenia je zviazaný s identifikátorom servisného toku (SFID),

ktorý určuje parametre kvality služby pre dané spojenie.



Obr. 1. Štruktúra hlavičky pre žiadosť o zostavenie spojenia

Pri nadväzovaní spojenia sa používa Dynamická servisne závislá požiadavka DSA-REQ, ktorá obsahuje identifikátor spojenia CID, prenosový identifikátor, ktorý je zviazaný s odosielateľom a ostatné požiadavky na kvalitu služby definované v parametri TLV. Tento parameter definuje typ, dĺžku a hodnotu modulácie.

3.1 Nadviazanie spojenia

V tejto časti budú bližšie popísané informácie, ktoré si medzi sebou vymieňa koncové zariadenie, ktoré žiada o spojenie a bázoá stanica, prípadne prenosová stanica. Predpokladáme teda, že sieť sa skladá z viacerých prenosových staníc, ktoré majú svoju hierarchiu. Koncové zariadenie žiada o spojenie. Servisný tok je teda mapovaný do už existujúceho servisného toku s určitými parametrami, ktoré sa týmto zmenili. Bázoá stanica pošle DSC-REQ všetkým prenosovým staniciam, ktoré sú po ceste, aby od nich získala rozhodnutie o prijatí. Identifikátor spojenia žiadajúceho zariadenia je pridaný do identifikátora spojenia servisného toku a spolu s TLV obsiahnuté v DSC-REQ.

Iba prístupová prenosová stanica spracováva túto informáciu. Ostatné prenosové stanice ju len prepošlú. Ak sú požadované služby, ktoré nie sú špecifikované v servisnom toku, bázoá stanica pošle DSC-REQ s týmito požadovanými QoS parametrami všetkým prenosovým staniciam. Ak prístupová prenosová stanica môže poskytnúť požadovanú kvalitu služby, prepošle správu podriadenej prenosovej stanici s primárnym manažmentom CID.

Ak prístupová prenosová stanica nemôže poskytnúť požadované parametre, pošle bázovej stanici zamietavú odpoveď DSC-RSP. V tejto odpovedi môžu byť parametre kvality služby, ktoré vie stanica poskytnúť. V takomto prípade prístupová prenosová stanica ani nepreposiela DSC-REQ podriadeným prenosovým staniciam. Ak sú parametre prijateľné, prenosová stanica dostane z bázovej stanice a koncového zariadenia odpoveď DSC-RSP a DSC-ACK [5]. Rozhodovacie kritérium je dané metódou riadenia prístupu, ktorých je niekoľko. Najznámejšiu metódou je rozhodovanie na základe meraní.

4. Kvalita služby

Na kvalitu služby vplýva niekoľko parametrov. Dá sa definovať aj pomocou odstupe signálu od šumu či oneskorenia. Avšak tak ako definujeme technologickom ponímaní

kvalitu, nemusí ju rovnako vnímať ľudské ucho. Je teda rozdiel medzi objektívnym a subjektívnym vnímaním kvality. Typicky objektívnou metódou je E-Model štandardizovaný ITU-T. Ide o metódu pre objektívne meranie založené na odhade ľudského vnímania a je definovaná pomocou parametra R nasledovne:

$$R = R_0 - I_s - I_d - I - e + A \quad (1)$$

Parameter R predstavuje psychoakustickú kvalitu definovanú v rozmedzí [0,100]. Prčom ešte pri hodnote 80 sa dá signál považovať za dobrý. Konkrétne rozdelenie je v tabuľke nižšie:

Tab. 3. Spokojnosť používateľa s poskytovanou službou na základe parametra psychoakustickej kvality.

Hodnota R	Spokojnosť používateľa
100 - 90	Veľmi spokojný
90 - 80	Spokojný
80 - 70	Niektorí používatelia sú nespokojní
70 - 60	Veľa používateľov je nespokojných
60 - 50	Skoro všetci používatelia sú nespokojný
50 - 0	Neodporúča sa

Ako vyplýva z rovnice uvedenej vyššie na kvalitu vplýva niekoľko parametrov. Parameter R_0 predstavuje šum a hluk. I_s reprezentuje zhoršenie kvality reči, čo môže byť zapríčinené napríklad PCM kvanitzačnou chybou. Ďalšie znehodnotenie signálu môže nastať počas samotného prenosu. Oneskorenie hovorového signálu je definované ako I_d a oneskorenie zapríčinené zariadením ako je napríklad samotná IP sieť je dané pomocou parametra I_e . Zhoršenú kvalitu môže zlepšiť faktor A, ktorý pôsobí ako kompenzátor zlého signálu a predstavuje zisk.

Nakoľko hodnoty R_0 a I_s sú ovplyvnené kódovaním reči, vieme na základe najčastejšie používaného kódeku pre reč G.711 stanoviť hodnotu $R_0 - I_s$ na 94. Ďalej vieme, že parameter I_d je ovplyvnený veľkosťou vyrovnávacej pamäte B a kapacitou C. Túto hodnotu teda môžeme počítať ako:

$$I_d = 4 + (B/C) \quad (2)$$

Oneskorenie zapríčinené zariadením počítame ako priemerné oneskorenie približných strát. Vplýva naň priemerná dĺžka zhluku g a priemerný interval b. Hodnoty $I_{e,b}$ a $I_{e,g}$ predstavujú odchýlky od týchto priemerov. Parametre τ_1 a τ_2 sú časy, za ktoré pozorujeme tieto hodnoty. Ich typickými hodnotami sú $\tau_1 = 9s$ a $\tau_2 = 22s$ [9]. Toto oneskorenie môžeme teda počítať nasledovne:

$$I_s = \frac{1}{b+g} \left[\begin{array}{l} I_{e,b} * b + I_{e,g} * g + \tau_1 * (I_{s,b} - I) * \\ * (e^{b/\tau_1} - 1) - \tau_2 * \\ * (I_{e,b} - (I_{e,b} - I_2) * e^{b/\tau_1} - I_{e,g}) * \\ * * (e^{g/\tau_1} - 1) \end{array} \right] \quad (3)$$

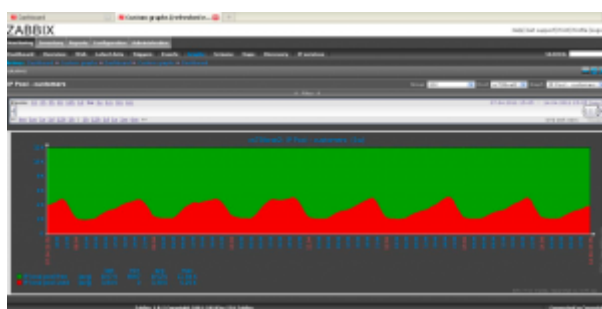
Poslednou neznámou ostáva hodnota I , ktorá predstavuje odhad zmeny zhluku na interval a level návratu. Počítame ako:

$$I = I_{e,g}(1 - e^{-g/\tau_2}) + I_{e,b}(1 - e^{-b/\tau_1})(e^{-g/\tau_1}) \quad (4)$$

Na základe týchto výpočtov vieme určiť, či dokážeme zabezpečiť požadovanú kvalitu a teda či sú k dispozícii dostatočné zdroje na to, aby sme vedeli obslúžiť prichádzajúci tok.

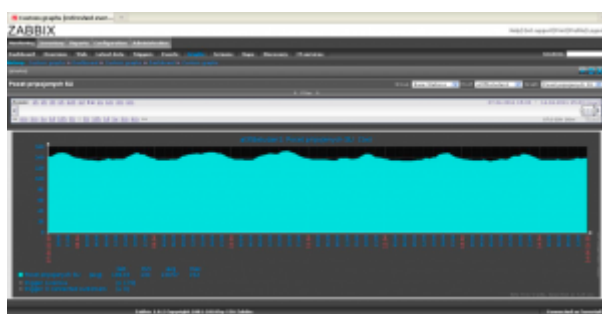
5. Merania

Nasledujúce grafy sú od spoločnosti WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. Prvý graf predstavuje počet zákazníkov využívajúcich dátové pripojenie v danom časovom okamihu. Keď užívateľ žiada o spojenie, zadá svoje prihlasovacie údaje a po ich overení mu je pridelená IP adresa. Na grafe sa zobrazuje koľko IP adres sa práve využíva.



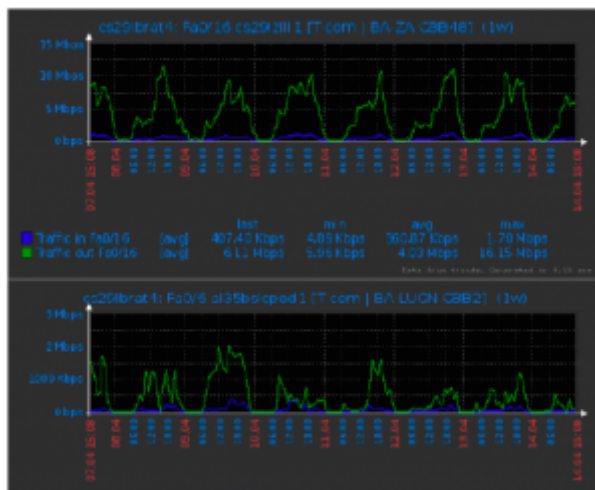
Obr. 2. Monitoring počtu pripojených zákazníkov

Nasledujúci graf znázorňuje počet pripojených užívateľských zariadení, ktoré udržuujú rádiové spojenie s bázovou stanicou. Toto spojenie môže byť aj pasívne, teda bez aktívneho dátového prenosu.



Obr. 3. Celkový počet pripojených používateľských zariadení v danom časovom okamihu na bázovú stanicu

Posledný priebeh znázorňuje dátové vyťaženie jednotlivých lokalít. Pre názornosť som vybrala oblasti, ktoré sa veľkosťou prevádzky navzájom líšia. Ide o mesto Žilina a Lučenec. Prevádzka je monitorovaná v čase od 7.4. 2011 do 14.4. 201, čiže týžden.



Obr. 4. Monitoring dátového vyťaženia jednotlivých lokalít v priebehu jedného týždňa

Vo väčšom meste je priebeh pomerne stabilný a pravidelne sa opakuje. Z grafu je vidieť, že najväčšia prevádzka je v čase od 12:00 do 18:00 hodiny a naopak v noci v čase od 20:00 do 6:00 nasledujúceho dňa je prevádzka takmer nulová. V menšom meste je prevádzka pomerne nestabilná a je ťažšie ju odhadnúť. Napriek tomu, že predchádzajúci graf vykazoval veľkú prevádzku v čase hlavných prevádzkových hodín, v menšom okrese môže byť táto prevádzka rovnaká ako v noci. Maximálne vyťaženie, ktoré je z grafu pozorovať je približne 16,15 Mbit/s. Je potrebné si však uvedomiť, že jedna lokalita môže zahŕňať viacero bázových staníc, čiže zobrazovaná prevádzka je súčtom všetkých tokov od jednotlivých bázových staníc, ktoré sa nachádzajú v jednej lokalite.

6. Záver a ďalšia práca

Tento článok bol venovaný technológii WiMAX. Načrtla som súčasnú situáciu na Slovensku a predpokladaný budúci vývoj tejto technológie vo svete na základe štatistických údajov a technologických predispozícií. Rozobrala som základné princípy tohto štandardu v súvislosti s riadením prístupu a popísala výmenu informácií pri zostavovaní spojenia, kedy si bázová stanica s koncovým zariadením vymieňajú informácie o požadovanej a dostupnej kvalite služby. Venovala som sa objektívnemu a subjektívnemu hodnoteniu kvality služby a na základe E-modelu som načrtla možné riešenie a vyhodnotenie tejto poskytovanej kvality.

Na záver som uviedla praktické merania, ktoré mi pre svoju prácu poskytla spoločnosť WiMAX Telecom Slovakia s.r.o. a zhodnotila som výsledky. V tejto téme by som rada ďalej pokračovala a navrhla rozhodovacie kritérium na základe fuzzy logiky za pomoci uvedených výpočtov. Svoj model by som aplikovala do prostredia mobilného WiMAXu s využitím OFDM a MIMO. Tým by som chcela dosiahnuť efektívne využívanie a teda aj šetrenie prenosového pásma.

Odkazy na literatúru

1. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, IEEE Std 802.16™-2009 (Revision of IEEE Std 802.16-2004), 29.5. 2009
2. W. Roh, V. Yanover, „ Introduction to WiMAX Technology“, WiMAX Evolution: Emerging Technologies and Applications, 2009, pp. 3 - 13

3. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, 802.16d, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE Std 802.16™-2005, December 2005
4. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, 802.16e, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE Std 802.16™-2004, Jún 2004
5. IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, 802.16j, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Amendment 1: Multihop Relay Specification, IEEE Std 802.16™-2004, Amendment to IEEE Std 802.16-2009, Jún 2009
6. Steven J. Vaughan-Nichols, „Mobile WiMax: The Next Wireless Battleground?“, IEEE Computer Society, Technology news, Jún 2008, pp. 16 - 18
7. Juraj Procházka, LTE nedá WiMAXu šancu, [online] Publikované 07.02.2011, [citované 24.4. 2011], Dostupné z http://www.mobil.sk/clanok10812-LTE_neda_WiMAXu_sancu.htm
8. C. Eklund, R. B. Marks, K. L. Stanwood, S. Wang, „IEEE Standard 802.16: A Technical Overview of the WirelessMAN™ Air Interface for Broadband Wireless Access“, IEEE Communications Magazine, Jún 2002, pp. 98 - 107
9. T. M. Bohnert, D. Staehle, G.S Kuo, Y. Koucheryavy, E. Monteiro, „ Speech Quality Aware Admission Control for Fixed IEEE 802.16 Wireless MAN“, IEEE Communications Society, in the ICC 2008 proceedings, September 2008, pp. 2690 - 2695

Spoluautorom článku je prof. Ing. Ivan Baroňák, PhD, Katedra telekomunikácií, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovenská technická univerzita Ilkovičova 3, Bratislava 812 1

Práca bola prezentovaná na Študentskej vedeckej a odbornej činnosti (ŠVOČ 2011) v sekcii Telekomunikácie V., ISBN 978-80-227-3508-7
