

Prednáška 7

Druhy prístupových sietí – pokračovanie

Pevné bezdrôtové širokopásmové prístupové systémy - WLAN (Wireless Local Area Network)

Niekedy sa pre túto, postupne sa rozrastajúcu skupinu prístupu zaviedlo označenie FWA (Fixed Wireless Access – pevný bezdrôtový prístup).

Tieto prístupové systémy sú v rámci bezdrôtového prístupu protikladom k mobilným sieťam. Ich *architektúru* charakterizuje nepohyblivý, *pevný* prístupový bod (AP – Access Point), čiže zariadenie, router, na jednej strane spojený s klasickou káblovou LAN (najčastejšie Ethernet), na druhej disponujúci rádiovým rozhraním a vysielačom pokrývajúcim istú, viac-menej obmedzenú, plochu širokopásmovým signálom (Internet) v niektorom z existujúcich bezdrôtových štandardov. Užívateľovo koncové zariadenie (koncová stanica), väčšinou nie mobilné (notebook, desktop) ale aj mobilné (tablet, smartfón), musí byť vybavené rozhraním a aplikáciou pre príjem a spracovanie takéhoto signálu (klient obsahujúci sieťový adaptér, vysielač, prijímač, anténu, atď.). Linka, spoj takto realizovaný sa zvykne tiež označovať *rádio-reléový spoj* (RRL – Radio Relay Link).

Okrem verzií s pevným AP (alebo WAP – Wireless AP), existujú aj verzie pre spojenie a vytvorenie sietí ad-hoc, teda bez centrálného zariadenia. V takom prípade koncové stanice medzi sebou komunikujú priamo.

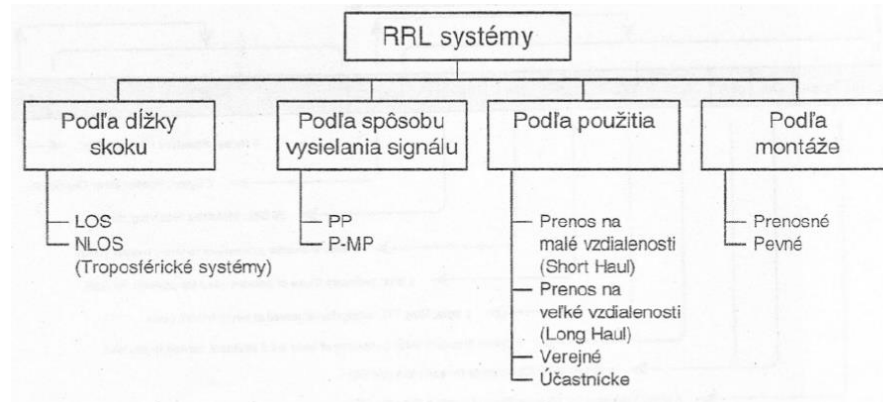
Okrem rádiových prístupových sietí patria k bezdrôtovým aj optické bezdrôtové/bezkáblové spoje. Pri nich je signálom modulované svetlo, väčšinou infračervené (IR), pochádzajúce z lasera, alebo z lacnejšieho – diódového zdroja. Optickým prístupových sieťam však bude venovaná samostatná kapitola.

Ako z už uvedeného vyplýva, používa sa viacero odlišných typov a štandardov pevného rádiového prístupu, z ktorých niektoré sa využívajú v obmedzenom rozsahu a niektoré už vôbec nie:

- IEEE 802.11 – Wi-Fi
- IEEE 802.15 – WPAN – Bluetooth, ZigBee, HomeRF
- IEEE 802.16 – WMAN (Wireless Metropolitan Access Network) – napr. WiMAX
- IEEE 802.20 – MBWA (Mobile Broadband Wireless Access) – publikovaný v r. 2008, v súčasnosti sa už nevyvíja
- IEEE 802.21 – Media Independent Handoff – vypracovaný a vydaný v r. 2008 pre handover, čiže prestup medzi pevnou a mobilnou prístupovou sieťou, resp. medzi rôznymi typmi sietí. V súčasnosti už nie je podporovaný bežne využívanými štandardmi 802.
- IEEE 802.22 – WRAN – (Wireless Regional Area Network) - pre vidiecke, riedko osídlené oblasti, využíva nevyužitú časť televízneho spektra, s dosahom až 100 km, plánovaný pre systém Cognitive Radio.

Okrem individuálneho pevného širokopásmového bezdrôtového prístupu sa rádiový prenos používa aj v transportnej, chrbticovej sieti.

RRL-systémy môžeme teda rozdeliť do viacerých skupín a podskupín, ako je to znázornené na schéme v Obr. 1.



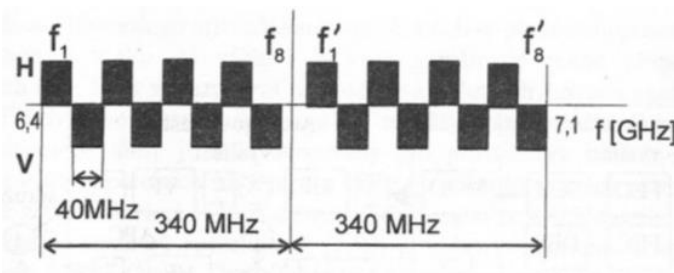
Obr. 1 Rozdelenie RRL systémov (RRL - Radio Relay Link)

Väčšinou ide o spojenie typu P2P (*Point-to-Point* – bod-bod), no niektoré štandardy umožňujú aj typ spojenia PMP (*Point-to-MultiPoint*).

Pri RR (rádio-reléových) spojoch typu P2P sú charakteristické ďalšie skutočnosti a zákonitosti:

- prenosové rýchlosti sa volia od E1 (2 Mbps) cez E3 (34 Mbps) až k STM-1 (155 Mps). Sú aj nižšie rýchlosti : STM-0 / 52 Mbps a sSTM – subSTM. (STM - Synchronous Transport Mode-prenosová metóda, synchronná, časový multiplex, STM-1 – základný časový rámec STM a základná prenosová rýchlosť, využíva sa ešte pri prenose v optickej sieti) [2].
- využívajú sa : 1. v spojoch na veľké vzdialenosti (40 až 60 km) - využívajú pásma 3,6 až 10,86 GHz.
 - o 2. v regionálnych a prístupových sieťach – pásma 13, ..., 38 GHz. Šírky pásiem na 1 kanál sú 20, 40 alebo 80 MHz.

Pásma sú štandardizované, majú svoje názvy (Obr.2), rozdelené sú na tesne susediace subkanály, líšiac sa *polarizáciou* vlnenia (horizontálna/vertikálna). Pri duplexnom prenose sa používa iný kanál pre jeden smer a iný pre opačný smer. Napríklad, pásmo 6U má 16 kanálov po 40 MHz (f_1 až f_8 , f'_1 až f'_8), pričom susedno f_x , f'_x sú oddelené aj polarizáciou H/V, alebo môžu byť aj rovnaké frekvencie s rôznou polarizáciou.



Obr. 2a

Chrbtové siete – do 11 GHz		Prístupové siete - nad 11 GHz	
Označenie	Rozsah [GHz]	Označenie	Rozsah [GHz]
0,8	0,79 až 0,96	13	12,7-13,3
1,5	1,43 – 1,53	15	14,5-15,3
2	1,7–1,9 a 1,9-2,3	18	17,7-19,7
2,4	2,3-2,5	23	22-23,6
2U	2,5-2,7	26	24,5-26,5
4	3,6-4,2	29	27,5-29,5
5	4,4-5	38	37-39,5
6LL	5,6-6,2	55	54-57,5
6L	5,9-6,4		
6U	6,4-7,1		
7	7,1-7,4 a 7,4-7,7		
8	7,7-8,2 a 8,2-8,5		
8U	7,1-8,4		
10	10,5-10,7		
11	10,7-11,7		

Šírka pásma	Digitálny tok	Počet stavov - modulácia
20 MHz	STM-1	256 (512)-QAM
40 MHz	STM-1	32 (64)-QAM
	2 x STM-1	32(64)-QAM / XPIC
	2 x STM-1	512-QAM
80 MHz	2 x STM-1	64-QAM
	4xSTM-1	64-QAM / XPIC
	STM-4	64-QAM / XPIC

XPIC – prídavné obvody pre potlačenie interferencií pri využití rozdielnych polarizácií vlny na 1 frekvencii

Obr. 2 Pásmo používané pre RR (rádio-reléový) prenos bod-bod, a príklad frekvenčnej schémy RR kanálov v pásme 6U (frekvenčne tesne vedľa seba, líšia sa polarizáciou: H-Horizontal, V-Vertical)- Obr.2a

FWA (Fixed Wireless Access)

Pevný bezdrôtový prístup bol v minulosti a je aj dnes mostom (bridge), viac-menej dočasným, alebo viac-menej trvalým, a je riešením pre zákazníkov, ktorí ešte nemajú pevné kábelové internetové pripojenie. Je vhodný hlavne pre vidiecke, riedko osídlené oblasti. Je zároveň príležitosťou pre operátorov rozšíriť svoje pôsobenie. V minulosti bol tento názov (FWA) vyhradený pre licencované širokopásmové služby vo frekvenčnom pásme 26/28 GHz. Bolo to drahé pripojenie, a bolo vhodné hlavne pre väčších zákazníkov (organizácie), dnes (2018) však je marketingovým trhákom mobilných operátorov, poskytujúcich služby hlavne jednotlivcom.

Obsluhovaná oblasť je rozdelená na bunky, a tie na sektory, pokrývané signálom z *bázových staníc*, spojených s chrbticovou internetovou sieťou. Pri tomto pripojení bola garantovaná QoS, no existovali aj ne-licencované verzie (frekvencie 2,4 GHz, 3,5 GHz), čo platí aj dnes. Ako prenosová technológia sa používala väčšinou ATM, a prístupy TDMA, FDMA aj CDMA. Bezdrôtové pripojenie všeobecne, a pri takýchto

vyšších frekvenciách zvlášť, je náchylné na rušenia spôsobené znížením viditeľnosti, teda zrážkami, vegetáciou a pod. Dosah má do 3 až 5 kilometrov. V súčasnosti sa pri poskytovaní tohto prístupu využíva technológia LTE-A, a veľké očakávania sa vkladajú do technológií nie vzdialenej 5G-budúcnosti (formovanie lúča, frekvencie v desiatkach GHz, agregácia pásiem, atď.).

LMDS

Local Multipoint Distribution Systems

Technológia LMDS je svojou podstatou zhodná s FWA. Bola pôvodne navrhnutá pre poskytovanie televízneho signálu, a pracuje pri frekvenciách 26 a 29 GHz.

MMDS

Multichannel Multipoint Distribution System

Systém MMDS je ďalší zo systémov pevného bezdrôtového širokopásmového prístupu operujúceho v pásmach 2 až 3 GHz. Tiež bol pôvodne určený pri licencovanej šírenie digitálneho TV-signálu (na strane účastníka zakúpený modem a vysokofrekvenčná anténa Yagiho tvaru, alebo s parabolickým reflektorom – často mriežkového prevedenia). Digitálny signál bol pritom kódovaný v štandarde pre káblovú televíziu (DVB-C), preto sa táto služba tiež nazývala „bezdrôtová káblovka“. Pásmo, v ktorých bezdrôtové káblovky operovali, boli v konkrétnych regiónoch v danom období nevyužitú, čo bol len dočasný stav. Z toho dôvodu táto služba nie všade ešte môže existovať.

MVDS

MVDS-Multipoint Video Distribution Service

Systém MVDS bol podobný MMDS, a pracoval v pásmach 10.7 - 13.5 a 40.5 - 43.5 GHz.

Wi-Fi

Značka Wi-Fi bola zavedená spoločnosťou Wi-Fi Alliance, a všetky zariadenia alebo softvérové riešenia s týmto označením podliehajú schvaľovaciemu konaniu tejto spoločnosti. Združenie spoločností, ktoré malo za cieľ vytvoriť novú bezdrôtovú sieť a platformu poskytujúcu ľubovoľnému užívateľovi čo najlepší zážitok alebo službu, využiteľnú kdekoľvek na celom svete [1], vzniklo v roku 1999. V r. 2000 začalo používať názov Wi-Fi Alliance, a značku Wi-Fi® pre všetky svoje technické produkty. Všeobecne možno povedať, že Wi-Fi je technológia, ktorá umožňuje rozšírenie prepojenia v rámci LAN, resp. WLAN. Cieľ spomenutý vyššie sa darí naplňovať k čoraz väčšej spokojnosti užívateľov, a to vďaka neustále napredujúcemu vývoju a zdokonaľovaniu už dosť početných štandardov 802.11.

Táto technológia patrí k pevným rádiovým prístupovým technológiám, a má nelicencované aj licencované verzie. Na rozdiel od vyššie spomínaných pevných bezdrôtových prístupov je použiteľná na kratšie vzdialenosti, uvádzajú sa desiatky metrov, väčšinou vo vnútri budov, i keď pri dobrej viditeľnosti môže fungovať aj na vzdialenosť okolo 1 kilometra. Problémom pri väčších vzdialenostiach však je zhoršená viditeľnosť, ale aj rušenie inými systémami (hlavne v pásme 2,4 GHz), či elektromagnetickým smogom. Technológia bola určená na poskytnutie širokopásmového pripojenia väčšiemu počtu účastníkov v rámci LAN. Dnes sa často využíva na poskytnutie dočasného nelicencovaného (autorizovaného alebo neautorizovaného) pripojenia anonymným účastníkom na verejných miestach, alebo pod heslom v rôznych organizáciách, školách, zariadeniach, aj v malých súkromných priestoroch.

Špecifikácie

- Špecifikácie jednotlivých verzií Wi-Fi technológie sú štandardizované v literatúre IEEE, a patria do skupiny tzv. štandardov alebo protokolov 802.11. Za týmto označením nasleduje malé písmeno/písmená (Tab .2). Najznámejšie sú 802.11a, b, g, n, ac.
- Štandardy vznikali postupne, líšia sa *frekvenčným pásmom*, v ktorom operujú (výška frekvencie, okolo ktorej je rozložené frekvenčné pásmo; väčšinou 2,4 alebo 5 GHz),
- *šírkou pásma* (20 MHz, 40 MHz a podobne),
- *maximálnou prenosovou rýchlosťou* (okolo 1 Mbps až do 100 Gbps), atď., viď Tab. 1,
- *typom modulácie* (OFDM, FHSS, DSSS) a
- *počtom použitých antén* (jednoanténová komunikácia, MIMO-systém – Multiple Input-Multiple Output – viac vstupov, viac výstupov, teda aj antén).

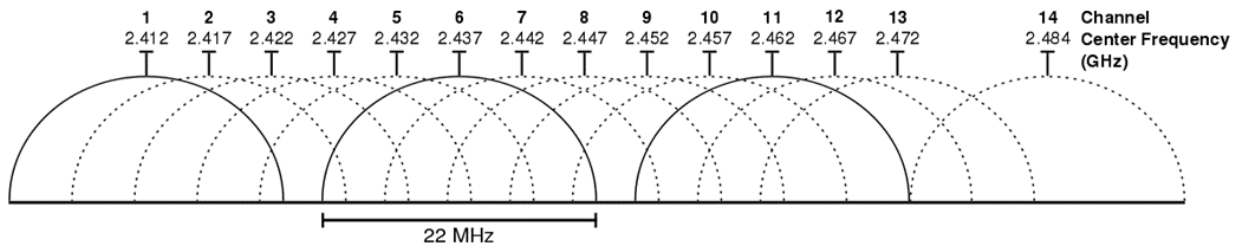
Prvým používaným štandardom bol štandard 802.11b. Využíval pásmo okolo frekvencie 2,4 GHz, prenosovú technológiu DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum – rozprestretie spektra priamou aplikáciou pseudonáhodnej postupnosti), prístup CDMA na princípe FHSS (Frequency-Hopping Spread Spectrum - tzv. frekvenčné skákanie, a to v rytme pseudonáhodnej postupnosti), a moduláciu QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). Prístup pomocou tohto b-štandardu bol (a je) *rušený* inými systémami pracujúcimi v pásme 2,4 GHz, ako napr. mikrovlnnými rúrami, systémom Bluetooth, a tiež bezšnúrovými telefónmi (CT). Maximálna prenosová rýchlosť pri ňom je 11 Mbps, a na slovenskom území je pri tomto štandarde (b) k dispozícii 13 kanálov (Tab. 2). Na Obr. 1 je uvedená ilustrácia rozloženia týchto kanálov: sú široké 22 MHz, a ak sa nemajú navzájom rušiť (*prekrývať*), tak je možné v danom mieste využívať naraz len 3 z nich (Obr. 1).

Tab. 1 Prehľad vybraných špecifikácií jednotlivých verzií WiFi protokolov

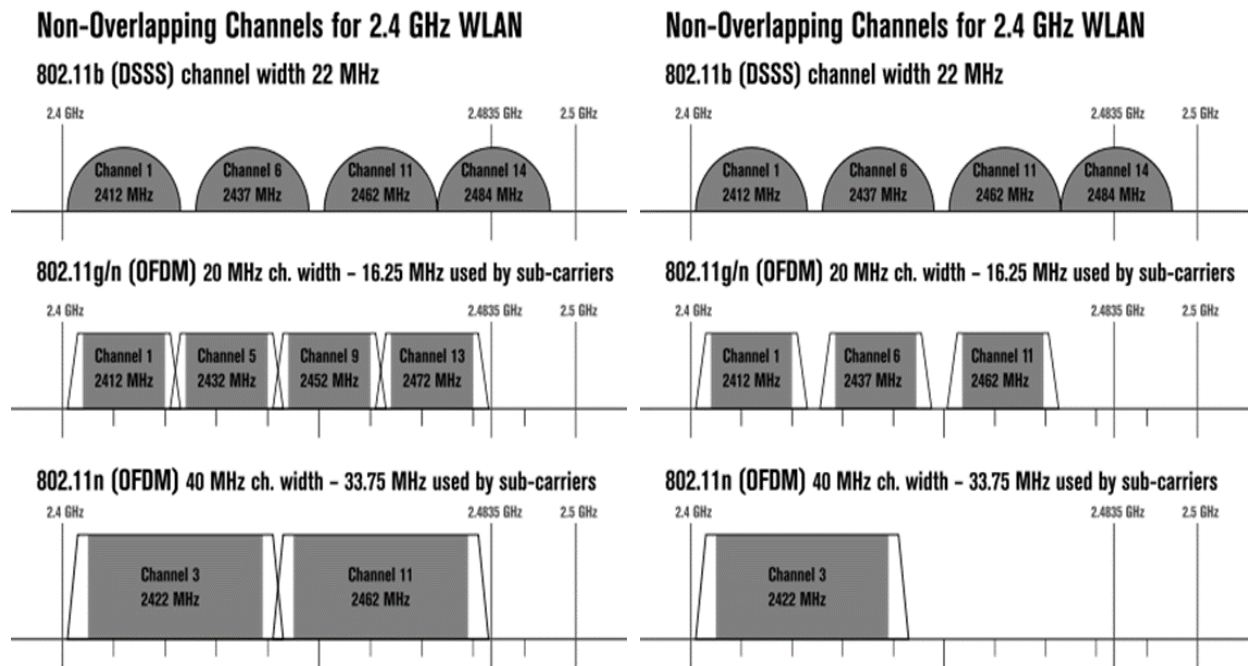
802.11 protokol	Dátum uvedenia	Frekvencia [GHz]	Bandwidth [MHz]	Data rate [Mbps]	MIMO	Modulácia	Dosah [m]	
							V budove	Vonku
802.11	Jún 97	2,4	22	1,2		FHSS	20	100
a	Sept 99	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54		OFDM	35	120
a	Sept 99	3,7	20	6,9,12,18,24,36,48,54		OFDM	-	5000
b	Sept 99	2,4	22	1, 2, 5,5, 11		DSSS	35	140
g	Jún 03	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54		OFDM	38	140
n	Okt 09	2,4/5	20	Up to 288.8	4	MIMO-OFDM	700	250
			40	Up to 600				
ad	Dec 12	60	2160	Up to 6,7		OFDM	60	100
ac	Dec 13	5	20	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2, 86.7, 96.3	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	40	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150, 180, 200	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	80	32.5, 65, 97.5, 130, 195, 260, 292.5, 325, 390, 433.3	8	MIMO-OFDM	35	
ac	Dec 13	5	160	65, 130, 195, 260, 390, 520, 585, 650, 780, 866.7	8	MIMO-OFDM	35	
ah	Sept 16	0,9	40	up to 347		MIMO-OFDM		
aj	Nov 16	45/60	4320					
ay	2017	60	8000	Up to 100 000 (100 Gbit/s)	4	OFDM	10	100
ax	2019	2,4/5	40			MIMO-OFDM		

Tab. 2 Nosné frekvencie jednotlivých kanálov v norme 802.11b

Číslo kanála	Frekvencia [GHz]
1	2,412
2	2,417
3	2,422
4	2,427
5	2,432
6	2,437
7	2,442
8	2,447
9	2,452
10	2,457
11	2,462
12	2,467
13	2,472



Obr. 3 Rozloženie Wi-Fi kanálov v norme 802.11b. Ich šírka je 22 MHz, sú symetricky rozložené okolo nosných (väčšinou ich je k dispozícii len 13), a v danom priestore sa môžu využívať vždy len 3 neprekrývajúce sa kanály (zvýraznený jeden príklad).



Obr. 4 Porovnanie spektier Wi-Fi komunikácie 802.11b,g,n/2,4 GHz; väčšina sveta – vľavo, USA - vpravo

Architektúra

Architektúra Wi-Fi siete je tvorená jedným alebo viacerými *prístupovými bodmi* (AP – Access Point), ktoré sú navzájom prepojené a pokrývajú oblasť nazývanú *hotspot*. Wi-Fi sieť funguje aj v konfigurácii *P2P*, teda bez routera, a vtedy hovoríme o bezdrôtovej *ad-hoc sieti*. Takúto je možné vytvoriť si napríklad v domácnosti aj bez pripojenia k Internetu. Je dôležité, aby komponenty siete patrili k rovnakému štandardu 802.11 (b,a, n, ac,...). Ďalej, napr. pri štandarde *n*, ktorý je navrhnutý ako pre pásmo 2,4 GHz, tak pre 5 GHz, si treba všimnúť aj tieto frekvencie. Niektoré routery, aj keď sú duálne, je potrebné prepínať (pri konfigurácii) z jednej na druhú frekvenciu; niektoré (true dual – skutočne duálne), dokážu súčasne pracovať v oboch pásmach, a takto slúžiť v podstate pre dve siete zariadení, pracujúcich vo dvoch odlišných frekvenčných pásmach.

Služby

Služby, ktoré Wi-Fi prístup poskytuje, sú prakticky všetky známe širokopásmové služby: prístup i internetu, VoIP (Voice over IP – hlasová služba/telefonovanie s VoIP-telefónom s využitím IP-protokolu a pripojenia k internetovej sieti), TV, DVD-prehrávanie, digitálne kamerové systémy, bezdrôtové pripojenie projektora k počítaču, a pod.

Rýchlosti

Čím väčšia vzdialenosť – tým nižšia rýchlosť; závisí od konkrétneho štandardu – od 1 Mbps (štandard *b*) do 100 Gbps (štandard *ay*), čo súvisí s výrazne odlišnou výškou a šírkou frekvenčného pásma, použitou

moduláciou a použitím/nepoužitím diverzitého vysielania a príjmu (MIMO) pri jednotlivých štandardoch.

Bezpečnostné protokoly

- WEP (Wired Equivalent Privacy)
 - bol súčasťou 802.11 od r. 1999; od 2004 od neho spoločnosť WiFi upustila
 - symetrická streamovaná šifra RC4 a metóda kontrolného súčtu CRC-32
 - šifrovanie podľa kľúča (64-bitový, 128-bitový, 256 b.)
 - dá sa nabúrať (prilížne v priebehu 3 minút)
- WPA (Wi-Fi Protected Access), WPA2
 - viac metód
 - najnovšia - štandard 802.11i (v najnovších zariadeniach)
- AES - Advanced Encryption Standard
- Šifrovacie algoritmy
 - manipulácia s kľúčmi – dočasné kľúče, kontrola integrity správ, autentifikačné protokoly

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

- publikované v r. 2001, skupina WiMAX Forum - organizácia, ktorá certifikuje všetko, čo má byť WiMAX
- štandard IEEE 802.16 (novší 802.16j-2009) [3]
- Wireless MAN (... metropolitan ... veľké sídla) – bezdrôtová alternatíva ku káblom, ku DSL aj optickým sieťam
- využíva sa tam ,kde nedosiahne Wi-Fi; prenos na veľkú vzdialenosť
- poskytuje možnosť surfovať na internete bez káblového pripojenia počítača k hubu, routeru, switchu
- architektúra P2P aj úplný bunkový prístup mobilný (technológia podobná mobilnej telefónii) , VoIP, IPTV, smartgrid a metering
- scaling of FFT, OFDM, antenna diversity, MIMO, HARQ (protichybové zabezpečenie), QoS pre VoIP
- 30 až 40 Mbps, od r. 2011 1 Gbps pre pevné stanice (802.16m),
- môže slúžiť ako *backhaul* technológia pre 2G, 3G a 4G siete, najmä v oblastiach, kde sa ešte len vyvíjajú (sprostredkúva časť linky medzi jadrovou /chrbtovou sieťou a malou subsieťou na hranici hierarchie siete)

WPAN – Wireless Personal Access

- štandard 802.15
- toto označenie je všeobecné pre siete malého (osobného) dosahu, rádovo jednotky metrov
- nie všetky sa využívajú na širokopásmový prístup
- Patria k nim:

Bluetooth: do 10 m

- prepojenie zariadení v 1 miestnosti (náhrada káble)

- väčšinou v nelicencovanom ISM pásme (Industrial, Scientific and Medical band) 2400 až 2483,5 MHz
- riziko vzájomného rušenia (napr. bezdrôtové myši a klávesnice vo väčšom množstve v jednej miestnosti)
- prenos pomocou modulácií ASK, PSK, FSK, alebo modulácie OOK (On/Off Key – počas nuly je neprítomná nosná)
- šírka kanála je max. 1MHz

ZigBee – 802.15.4

- max. 75 m
- komunikácia prístrojov (senzorov, meracích prístrojov – WSN – Wireless Sensor Network)

HomeRF

- tento štandard bol prekonaný štandardmi Bluetooth a Zigbee – už sa nevyvíja
- používal sa na zdieľanie dát domácimi zariadeniami

Satelitné prístupové siete

viď ďalší dokument

Referenčná literatúra

- [1] Stránky WiFi Alliance – „Who We Are – History“ , prístupné na <https://www.wi-fi.org/who-we-are/history>
- [2] Networks: internet, telephony, multimedia : convergences and complementarities By Daniel Hardy, Guy Malléus, Jean-Noël Méreur
- [3] Working Group on Broadband Wireless Access Standards: IEEE 802.16
- [4] Vaculík: Prístupové siete. ŽU v Žiline, 2000.
- [5] J. Vodrážka: Přenosové systémy v přístupové síti. ČVUT, 2003.