



Prenosové médiá 07

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.

(lubos.ovsenik@tuke.sk; tel. 421 55 602 4336)

https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM_PS_Prenosove_media/

BEZDRÔTOVÝ PRENOS (Wireless) 1

(TECHNOLÓGIE BEZDRÔTOVÉHO PRENOSU)

- Úvod do bezdrôtového prenosu
 - Výhody a nevýhody
 - Regulačné úrady frekvenčných pásiem
 - Licenčné pásma
 - Bezlicenčné pásma
 - Druhy bezdrôtových sietí
 - Bezdrôtové prenosy
 - Elektromagnetické spektrum
 - Typické aplikácie bezdrôtových prenosov
- Technológia WiFi (IEEE 802.11x)
- Technológia Bluetooth (IEEE 802.15)
- Technológia WiMAX (IEEE 802.16x)
- Technológia OWC
 - Technológia VLC
 - Technológia LiFi
 - Technológia FSO
- Technológia IrDA
- Technológia GSM
- Satelitné technológie
- Antény pre bezdrôtové siete

Úvod do bezdrôtového prenosu (wireless)

Poskytuje používateľovi **voľnosť pohybu po celom území pokrytom signálom** („žiadne káble“)

- principiálne sem môžeme zahrnúť bezdrôtové siete LAN (WLAN- Wireless Local Area Network) a PAN (WPAN), mobilné siete, satelitné siete, atď.
- rozdelenie (wireless) podľa frekvencie elektromagnetického vlnenia
 - rádiové prenosy (Radio transmissions)
 - mikrovlnné prenosy (Microwave transmissions)
 - infračervené prenosy (Infrared transmissions)



Bezdrôtový prístupový bod
(AP - Access Point)



Bezdrôtové adaptéry



Prečo bezdrôtové prenosy (výhody)

- natiahnutie pevných vedení **nie je** všade a vždy **možné**
 - verejné priestranstvá, historické budovy
- káblové pripojenie môže byť (často býva) finančne nákladné
- posledná míľa (prepojenie medzi koncovým bodom telefónnej siete a účastníkom - účastnícka prípojka)
- využívanie dočasných priestorov
- mobilita klientov

Nevýhody bezdrôtových prenosov

- malá šírka pásma v porovnaní s vláknovými (metalickými, OV) sieťami
- obmedzenia stanovené národnými regulačnými úradmi
- rušenie od iných rádiových a mikrovlnných zdrojov (bezdrôtové telefóny, mikrovlnné rúry, fluorescenčné svietidlá)
- steny stavieb môžu blokovať signály – spôsobujú nežiaduci útlm
- **bezpečnosť prenosov** – hlavná úloha súčasnosti

REGULAČNÉ ÚRADY FREKVENČNÝCH PÁSIEM

- **Medzinárodná:** ITU (International Telecommunication Union)
 - **Radio Regulations:** medzinárodné dohody regulujúce využívanie frekvenčných pásiem, obežných dráh satelitov
 - <http://www.itu.int/publ/R-R-REG-RR/en>
 - **World Radiocommunication Conferences**
 - kontrola/ úprava Radio Regulations Regulations, každé 2 roky
- **Európa:**
 - **CEPT** (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations)
 - dohody majú len formu doporučení
 - European Common Allocation Online Database Database: [http:// : apps.ero.dk/ECA/](http://apps.ero.dk/ECA/)
 - 48 členov, vrátane SR, ČR, ...
 - **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute)
 - **ECC** (Electronic Communications Committee Committee)
 - zlúčenie ERC (European Radiocommunications Committee), ECTRA (European Committee for Regulatory Telecommunications Affairs Affairs)

■ EU:

- The European Commission
 - RSC (Radio Spectrum Committee Committee)
 - RSPG (Radio Spectrum Policy Group)

■ SK:

- (Slovenský telekomunikačný úrad - Úrad pre reguláciu elektronických komunikácií a poštových služieb)
 - plán pridelovania frekvenčných pásiem
 - <https://www.teleoff.gov.sk/sprava-frekvencii/>

LICENČNÉ PÁSMA (platené)

- platené, garantované
- pásma pre dátové siete – 3,5 GHz, 26 a 28 GHz
- mobilné siete GSM - 900 a 1800 MHz
- televízne a rádiové vysielanie
- profesionálne dátové siete FWA
- rádiové siete TETRA

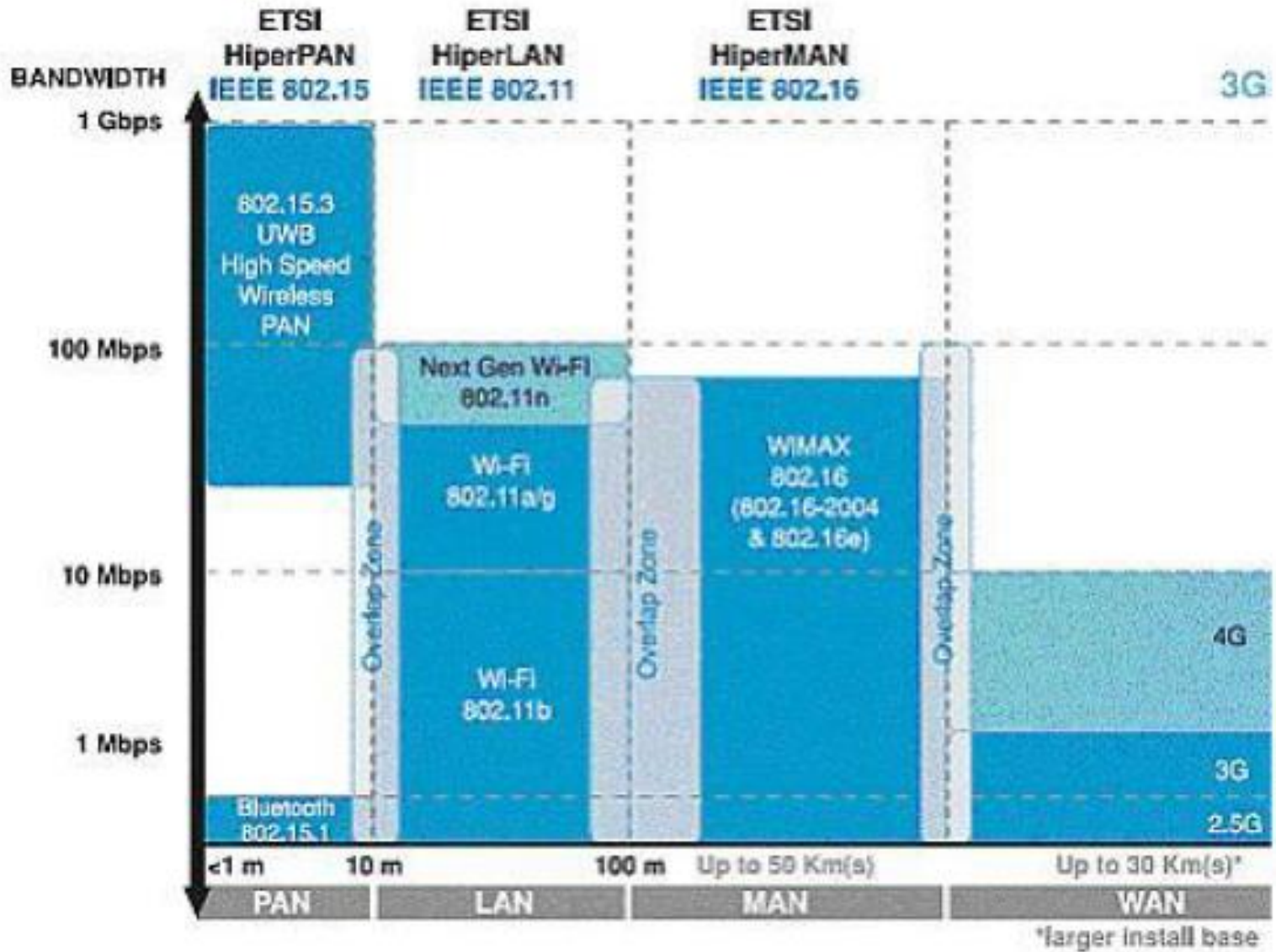
BEZLICENČNÉ PÁSMA (neplatené)

- pásmo ISM (Industrial, Scientific and Medical)
- počet užívateľov nie je obmedzený
 - problémy s rušením
- majiteľ mikrovlnky nemusí žiadať o licenciu 😊
- ECA definuje nasledujúce frekvenčné rozsahy ako rozsahy ISM
 - 9-14kHz, 24-24.05GHz, 24.05-24.25GHz , 40.66-40.7MHz, 59.3-62GHz, 433.05-434.79MHz, 2400-2450MHz, 2450-2483.5MHz, 2483.5-2500MHz, 5725-5830MHz, 5830-5850MHz, 5850-5925MHz, 6765-7000kHz, 13410-13570kHz, 26175-27500kHz

DRUHY BEZDRÔTOVÝCH (wireless) SIETÍ

- **IEEE 802.11** - **Wi-Fi** for wireless LANs (bezdrôtové lokálne siete WLAN) - používa CSMA/CA metódu prístupu na médium
- **IEEE 802.15** - **Bluetooth** spája dvojice zariadení v rozmedzí 1 -100m (WPAN)
- **IEEE 802.16** - **WiMAX** pre bezdrôtový širokopásmový prístup (WMAN)
- Global System for Mobile Communications (**GSM**) – pre mobilné telefónne siete (WWAN)

Obr. Druhy bezdrôtových sietí



Bezdrôtové prenosy

- **rádiové prenosy** (Radio transmissions) – pre prenos dát sa využíva elektromagnetické vlnenie v rádiovnej časti frekvenčného spektra, t.j. rádiové vlny s nízkou frekvenciou
- **mikrovlnné prenosy** (Microwave transmissions) – do tejto kategórie patria dátové prenosy s frekvenciou nad 100 MHz
 - pri týchto frekvenciách je možné vlny sústrediť do úzkeho zväzku a ten cielene smerovať na určitý cieľ
- **infračervené prenosy** (Infrared transmissions) – prenos dát pomocou vln v infračervenej časti frekvenčného spektra je vhodným riešením na veľmi krátke vzdialenosti, napríklad na prenosy dát medzi mobilnými telefónmi alebo PDA, či notebookmi
 - pri tomto type prenosu nesmie byť medzi prijímačom a vysielačom žiadna prekážka, pretože tieto vlny sa cez prekážky nešíria

Elektromagnetické spektrum

■ rádiové vlny

- Hz - 1GHz
- AM, FM rádio, DAB, DVB, DECT, GSM, 3G
- relatívne veľký dosah si vynucuje centrálnu pridelovania a využívania frekvencií

■ mikrovlny

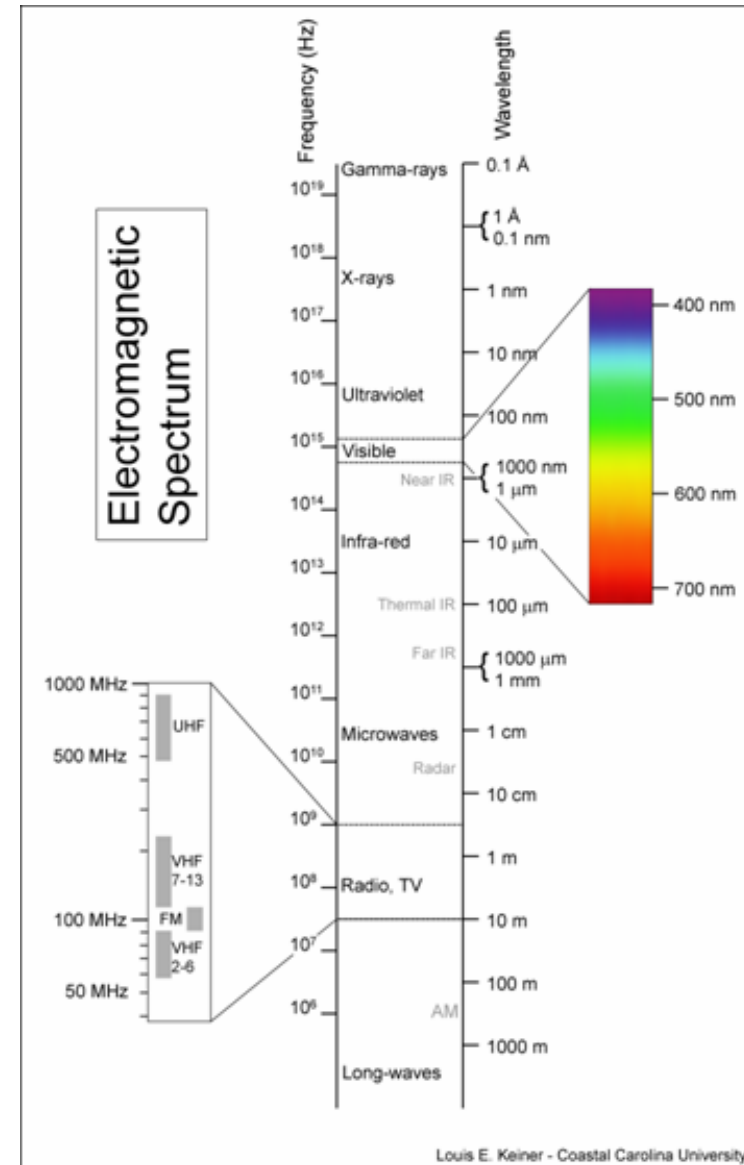
- 1 – 300 GHz
- WLAN, satelitní spojení, orientované rádiové spoje
- dajú sa sústrediť do úzkeho zväzku
- závislé na po počasí - pohlcované dažďom

■ infračervené žiarenie

- 300GHz - 400THz
- komunikácie na krátke vzdialenosti (notebooky, tlačiarne,..)
- nešíri sa cez prekážky

■ viditeľné žiarenie

- 400 - 800THz
- úzky svetelný lúč – laser
- závislé na po počasí - pohlcované hmlou



- **cesty** šírenie elektromagnetických vln
 - pozemné (prízemné) šírenie
 - odrazom od ionosféry
 - priama viditeľnosť (LOS – Line of sight)



Ground propagation
(below 2 MHz)



Sky propagation
(2–30 MHz)



Line-of-sight propagation
(above 30 MHz)

TYPICKÉ APLIKÁCIE BEZDRÔTOVÝCH PRENOSOV

- **rádio, TV** – stovky kHz až stovky MHz (rádiové vlny 3 kHz – 1 GHz)
 - do 2 MHz pozemná vlna
 - do 30 MHz odraz od ionosféry
 - všesmerové vysielanie - jeden vysielateľ, mnoho prijímačov
- **mikrovlny 1 GHz – 300 GHz**
 - **pozemné mikrovlny** – 2-40 GHz, predovšetkým pásma 4-12 GHz
 - smerové vysielanie - jeden vysielateľ, jeden prijímač
 - paralelné vysielanie sa navzájom neruší
 - LOS – antény musia byť umiestnené vysoko, vplyv zakrivenia Zeme
 - čiastočná/úplná absorpcia múrmi
 - **mobilná telefónia, satelitné prenosy, bezdrôtové LAN, ...**
 - **(WLAN) bezdrôtové LAN** – jednotky GHz (prepojenie PC na väčšie vzdialenosti,..)
 - **satelity** – 4/6 GHz, 12/14 GHz (up/down)
 - **bunkové siete** – 1-2 GHz
- **infračervené svetlo** – priama/odrazená radiácia na krátku vzdialenosť
 - frekvencie 300 GHz – 400 THz (1 mm až 720 nm)
 - len na krátke vzdialenosti
 - na veľké vzdialenosti nepoužiteľné, ruší žiarenie zo Slnka
 - pripojenie klávesnice, myši, tlačiarne, ...

Technológia Wi-Fi



- **Wi-Fi siete**, teda siete založené na bezdrôtovej technológii vznikli z dôvodu nutnosti komunikácie medzi mobilnými účastníkmi, napr. medzi dvoma budovami, ktoré sú od seba viac vzdialené alebo na prepojenie oblasti so zhoršeným prístupom, prípadne pre možnosť tvorby vlastnej komunikačnej infraštruktúry
- využíva rádiové vlny vo frekvenčnom pásme 2,4 GHz a 5 GHz (bezlicenčné pásmo)
- **výhody:**
 - jedným z hlavných dôvodov, prečo sa Wi-Fi siete rozšírili vo veľkom počte je nezávislosť od metalických rozvodov a preto sa práve toto pripojenie stalo ideálne pre lacný prístup k Internetu
 - poskytovatelia Internetu majú možnosť vybudovať si vlastnú bezdrôtovú sieť a tú potom prepojiť do siete Internet

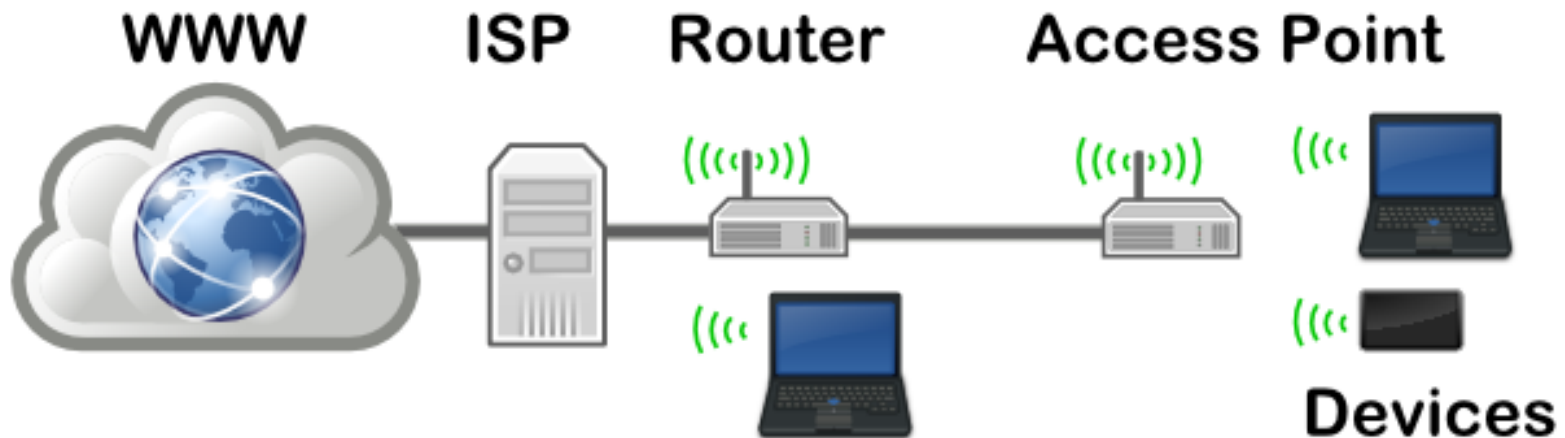


■ nevýhody:

- táto technológia je na rozdiel od iných typov sietí viac náchylná na vypadávanie signálu, teda predstavuje menej spoľahlivé pripojenie, hlavne v oblastiach, kde je poskytovateľov Internetu priveľa na jednom území
 - ďalšou diskutovanou otázkou je otázka bezpečnosti bezdrôtových sietí
 - pravé bezdrôtové pripojenie je náchylne na anonymné prieniky
 - jediná možnosť ako si chrániť dáta, je ich šifrovanie
- hoci sa Wi-Fi (Wireless LAN) prenáša vzduchom, má rovnaké vlastnosti ako káblový neprepínaný ethernet
- dokonca sa môžu objaviť aj kolízie podobne ako v neprepínaných ethernetových sieťach
- bezdrôtové siete sú dnes postavené na štandarde IEEE 802.11
- výber zo špecifikácií štandardu IEEE 802.11 je v tabuľke

Štandard	Frekvencia	Max. priepustnosť	Dosah (vo vnútri)	Dosah (vonku)
IEEE 802.11a	5 GHz	54 Mbit/s	~ 35 m	~ 120 m
IEEE 802.11b	2,4 GHz	11 Mbit/s	~ 38 m	~ 140 m
IEEE 802.11g	2,4 GHz	54 Mbit/s	~ 38 m	~ 140 m
IEEE 802.11n	2,4 alebo 5 GHz	270 Mbit/s (duálne)	~ 70 m	~ 250 m
IEEE 802.11y	3,7 GHz	54 Mbit/s	~ 50 m	~ 5 000 m

- Wi-Fi umožňuje osobe so zariadením s bezdrôtovým adaptérom (PC, notebook, PDA) pripojenie k internetu v blízkosti prístupového bodu (**AP- Access Point**) – **základný HW (hardvér) prvok WiFi siete**
- typická Wi-Fi zostava obsahuje jeden alebo viac prístupových bodov (AP) a jedného alebo viacerých **klientov** – **druhá časť WiFi siete**
- AP vysiela svoj SSID (Service Set Identifier) - sieťové meno
- na základe nastavení (napr. podľa SSID) sa klient môže rozhodnúť, či sa k AP pripojí (ak je sieť zabezpečená, musí poznať heslo/kľúč zabezpečenia/prístupovú frázu)



■ **štandardy** Wi-Fi sietí

- **802.11a** - v pásme 5 GHz s rýchlosťou až 54 Mb/s, povolený len vnútri budov, používa OFDM
- **802.11b** - v pásme 2,4 GHz s rýchlosťou až 11 Mb/s, najrozšírenejšie
- **802.11c** – definícia procedúr v rámci MAC podvrstvy pre sieťové mosty
- **802.11d** - medzinárodná harmonizácia frekvenčného spektra
- **802.11e** – rozšírenie MAC pre QoS, kvalita služieb
- **802.11f** - Inter Access Point Protocol (IAPP), spolupráca prístupových bodov rôznych výrobcov
- **802.11g** - zvýšenie rýchlosti v pásme 2,4 GHz na 54 Mb/s so spätnou kompatibilitou s 802.11b
- **802.11h** – zmeny v riadení prístupu k spektru 5 GHz na 54 Mb/s
- **802.11i** – zlepšenie bezpečnosti v 802.11 bezdrôtových sieťach vylepšením autentizačného a šifrovacieho algoritmu
- **802.11j** – len Japonsko
- **802.1x** - štandard zabezpečenia ako drôtových, tak bezdrôtových sietí

■ štandard **802.11b**

- frekvenčné pásmo: 2 400 - 2483,5 MHz
- dosahované rýchlosti: 1; 2; 5.5; 11 Mb/s, závisí na podmienkach
- vysielačový výkon: je stanovený na maximálny ekvivalentný izotropne vyžiarený výkon 100 mW
- dosah: pri priaznivých podmienkach niekoľko kilometrov

■ štandard 802.11g

- frekvenčné pásmo: 2 400 - 2483,5 MHz
- dosahované rýchlosti: 1; 2; 5.5; 6; 9; 11; 12; 18; 24; 36; 48; 54 Mb/s, záleží na podmienkach
- vysielačový výkon: je stanovený na maximálny ekvivalentný izotropne vyžiarený výkon 100 mW (802.11b)
- dosah: pri priaznivých podmienkach niekoľko kilometrov (802.11b)
- spätne kompatibilný s 802.11b

■ štandard 802.11n

- frekvenčné pásmo: 2 400 alebo 5 000 MHz
- dosahované rýchlosti: minimálne 100 Mb/s, s cieľom 600 Mb/s
- použitie: MIMO (multiple input multiple output)

■ štandard 802.11a

- frekvenčné pásmo: 5150—5250 MHz, 5250—5350 MHz, 5470—5725 MHz
- dosahované prenosové rýchlosti: 54 Mb/s
- u nás (SK) je 2 4000 MHz zakázané, preto 5 GHz

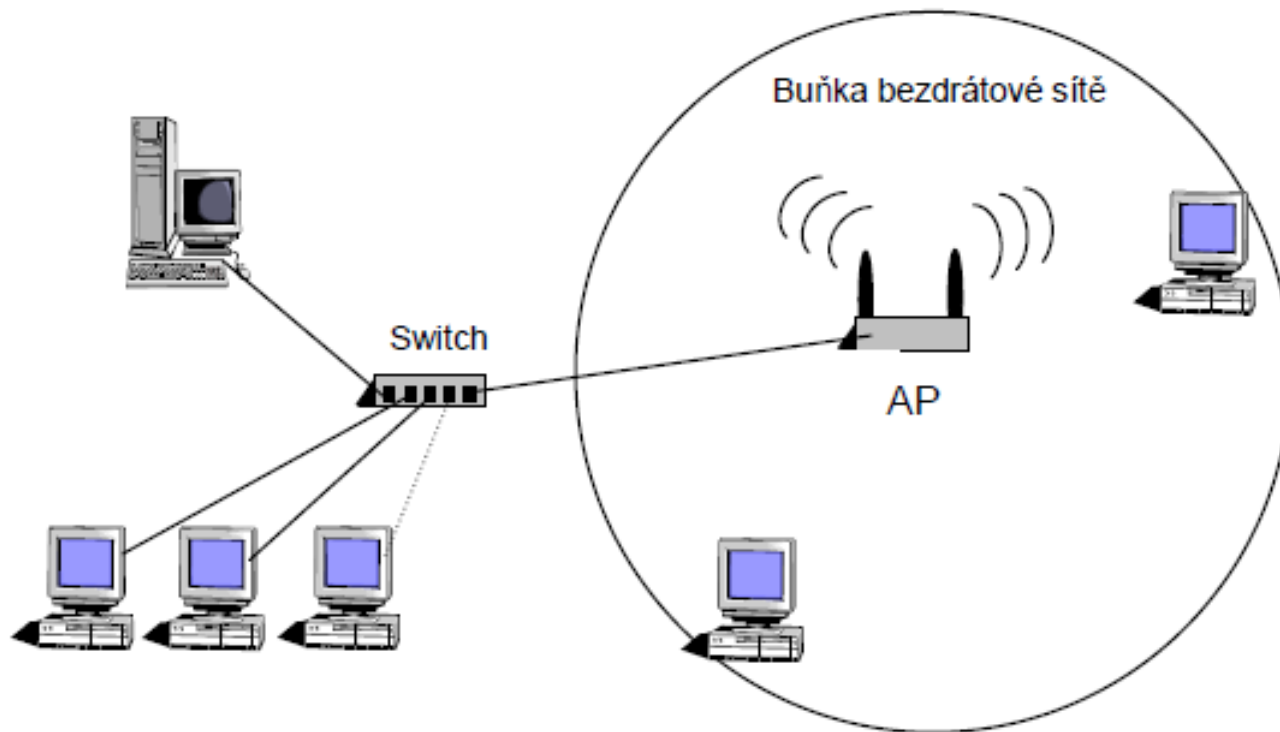
■ kanály pre WiFi siete

- 13 kanálov nie je veľa (u nás)
- odstup medzi kanálmi len 5MHz
- prekrývanie so susednými 4 kanálmi

Krajina	Kanál	Frekvencie (GHz)
USA a Kanada	1 - 11	2,412-2,462
Európa	1 - 13	2,412-2,472
Francúzsko	10 – 13	2,457-2,472
Španielsko	10 - 11	2,457-2,462
Japonsko	14	2,484

■ metódy ochrany Wi-Fi sietí:

- SSID – vysielanie (Service Set ID) - sieťové meno
- WEP – šifrovanie statickým 64-bitovým kľúčom (nezašifrovaným)
- WEP2 – vylepšenie a odstránenie chýb WEP (128-bitový kľúč)
- WPA – WiFi Protected Areas, využíva dynamicky sa meniaci 128-bitový kľúč
- WPA2 – používa silné šifrovanie AES (Advanced Encryption Standard)



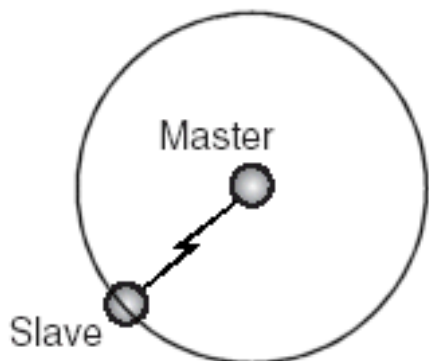
Technológia Bluetooth



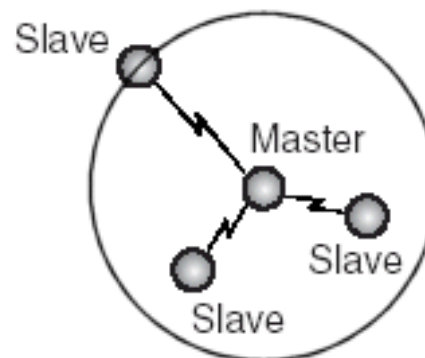
- **Bluetooth** je definovaná špecifikáciou IEEE 802.15 a siete vytvorené technológiou Bluetooth sú zaradené do kategórií osobných bezdrôtových sietí WPAN (Wireless Personal Area Network)
- **história:**
 - technológia Bluetooth vznikla v roku 1994 vo Švédsku vo firme Ericsson
 - samotný názov Bluetooth vznikol z prekladu mena kráľa Dánska, Švédska a Nórska Harald a Blätanda, ktorý žil v desiatom storočí minulého storočia
 - bola vytvorená ako technológia na bezdrôtový prenos dát medzi mobilnými zariadeniami
 - táto technológia mala zabezpečiť 100% kompatibilitu komunikácie a teda všetky zariadenia aj od rôznych výrobcov mali navzájom bez problémov komunikovať
 - ale zo začiatku bola veľmi drahá a veľmi ťažko sa presadzovala u iných výrobcov
 - postupom času sa táto technológia začal objavovať aj v zariadeniach od iných výrobcov - malo to za následok, že 100% kompatibilita už nebola zaručená

- Bluetooth podporuje ako dvojbodovú, tak aj mnohobodovú komunikáciu

- jedna rádiová stanica pôsobí ako hlavný (master) a môže simultánne obslužiť až 7 podriadených (slave) zariadení

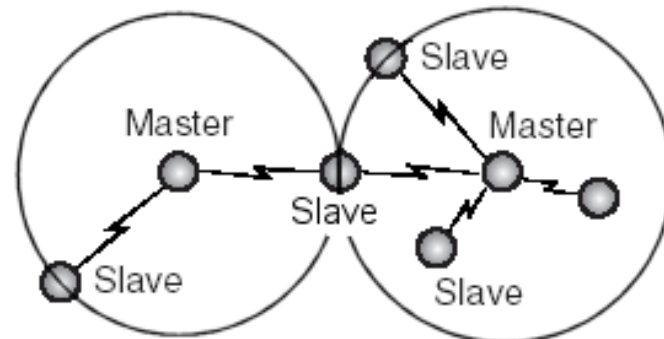
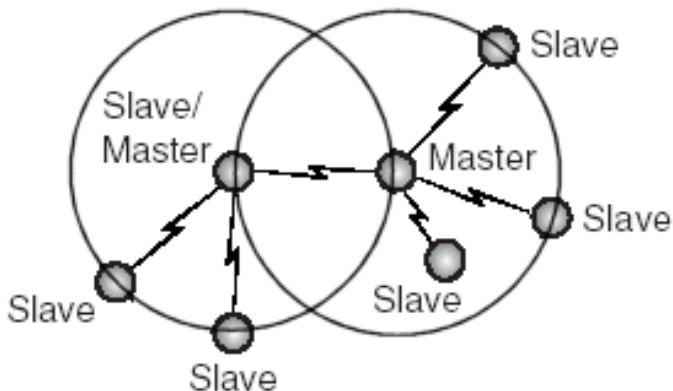


Point to point



Point to multipoint

- tieto malé siete - pikosiete sa dajú združovať do tzv. scatternets (rozprestretých sietí)
- v tejto štruktúre sú niektoré zariadenia obsiahnuté vo viacerých pikosieťach a zaisťujú tak ich prepojenie



- **Bluetooth** je bezdrôtová komunikačná technológia pracujúca v pásme rádiových vln 2400 MHz až 2483,5 MHz, ktoré je rozdelené na 79 kanálov, vždy so vzájomným odstupom 1 MHz
- **vlastnosti:**
 - rádiová technológia s malým vysielacím výkonom (**1mW**)
 - dátová rýchlosť **min. 720 kb/s** do vzdialenosti **10 m** (ver. 1.0)
 - nie je potrebná priama viditeľnosť (**NLOS**) medzi vysielateľom a prijímačom
 - jednoduchosť, miniaturizácia a **nízka spotreba**
 - definícia štandardom **IEEE 802.15**
- **verzie bluetooth (výber):**
 - **v1.0** – dátová priepustnosť max. 720 kbit/s, dosah do 10 m
 - **v1.2** – najviac využívaná, dosah až na 100 m
 - **v2.1** + EDR (Enhanced Data Rate) – nominálna rýchlosť 3 Mbit/s
 - **v3.0** + HS (High Speed) – teoretická rýchlosť až do 24 Mbit/s
 - **v4.0, 4.1, 4.2** – rýchlosť 24 Mbit/s (dosah 50m dnu, 10m vonku)
 - **v5.0** – 4-násobné väčší dosah a 2-násobná rýchlosť oproti verzii Bluetooth 4.0 (200m dnu, 40m vonku)

■ **použitie:**

- Bluetooth využívajú napr. PC, PDA, klávesnice, myši, tlačiarne, mobilné telefóny, mobilné headsety, navigačné jednotky GPS, videokamery, slúchadlá, reproduktory, autorádia
- slúži na nadviazanie spojenia medzi dvoma, prípadne viacerými zariadeniami, ktoré nemusia na seba „vidieť“
- jednotlivé verzie majú dosah desiatky až stovky metrov





Technológia WiMAX

- **WiMAX** je skratkou od Worldwide Interoperability for Mikrowave Access, čo vo voľnom preklade znamená celosvetový kompatibilný mobilný prístup
- túto technológiu je možné definovať ako štandardizovanú bezdrôtovú technológiu zaisťujúcu **vysokorýchlostné pripojenie** domácich a podnikových koncových užívateľov a mobilných bezdrôtových sieti k Internetu
- doplnok k WiFi sieťam

- **rozdiel WiMAX - WiFi:**
 - najväčší rozdiel predstavuje skutočnosť, že sú určené pre úplne odlišné použitie
 - Wi-Fi je technológia, ktorá priniesla mobilitu do miestnych sietí LAN (10ky až 100ky metrov (max. 1ky km))
 - WiMAX, naopak je určená na doručovanie služieb vo veľkomestských počítačových sieťach (WMAN) pomocou rádiového širokopásmového prístupu (1ky až 10ky km)

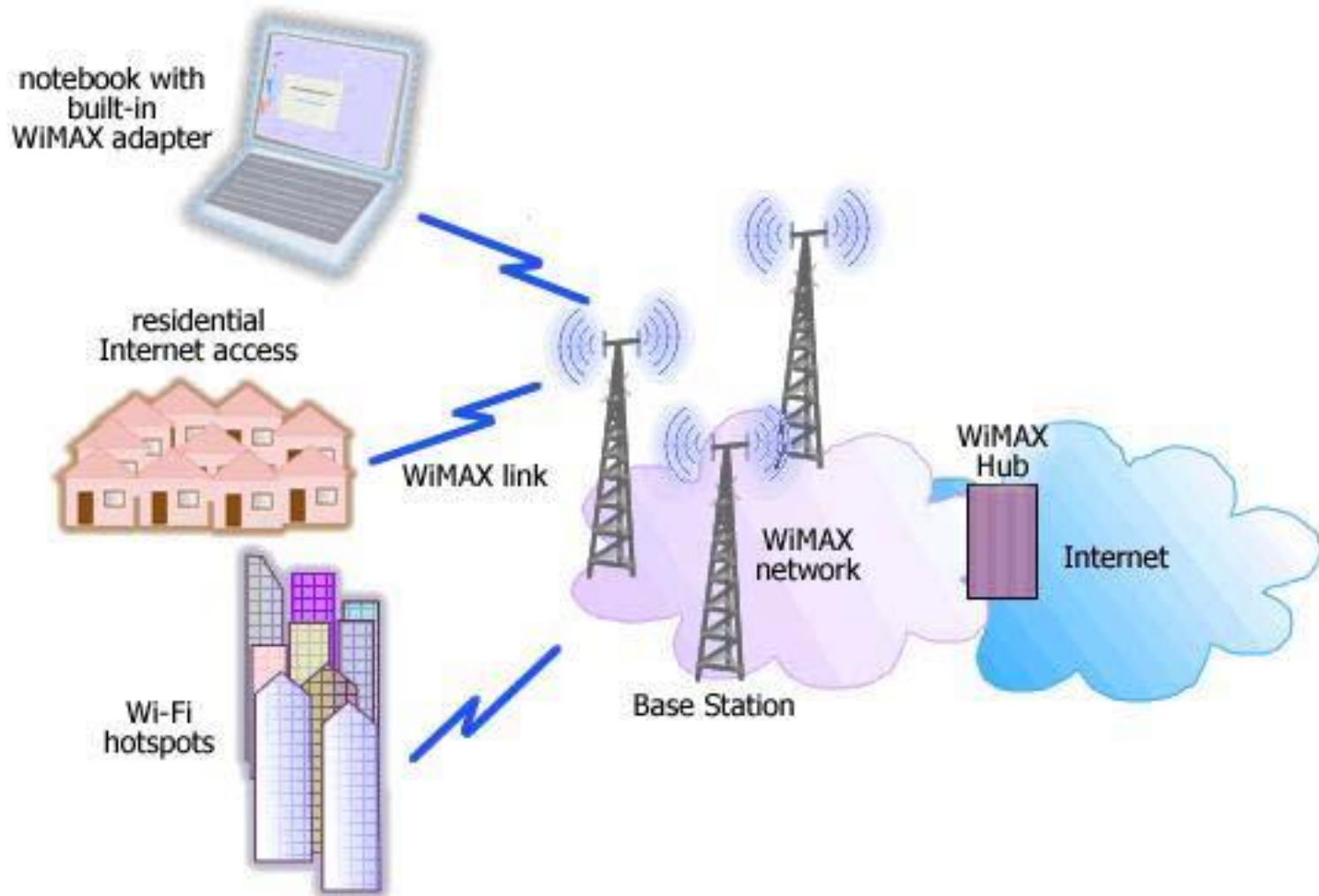
■ **výhody:**

- medzi **hlavné výhody** technológie WiMAX patrí okrem iného to, že na rozdiel od Wi-Fi sietí okrem priamej viditeľnosti LOS (Line Of Sight) pracuje aj v režime NLOS (Non Line Of Sight) - teda bez priamej viditeľnosti
 - to že nie je potrebný priamy výhľad na bazovú stanicu (BTS) je síce pravda, ale na druhej strane sa tým znižuje dosah signálu od BTS
- perspektívna technológia s podporou od výrobcov koncových zariadení
- prenosové rýchlosti do 2Mb/s
- dosah 50km pri pevnom pripojení, do 15km pri mobilnom pripojení
- podporuje pružné pridelovanie šírky pásma rádiových kanálov a ich opakované využívanie pre zvýšenie kapacity siete
- riadenie vysielacieho výkonu
- využívanie špičkových antén s riadením lúča alebo formovaním lúča

■ **nevýhody:**

- vysoké zriaďovacie poplatky
- pripojenie vyžaduje externú anténu
- slabé pokrytie v rámci Slovenska
- slabá komerčná ponuka firiem

■ WiMAX sieť

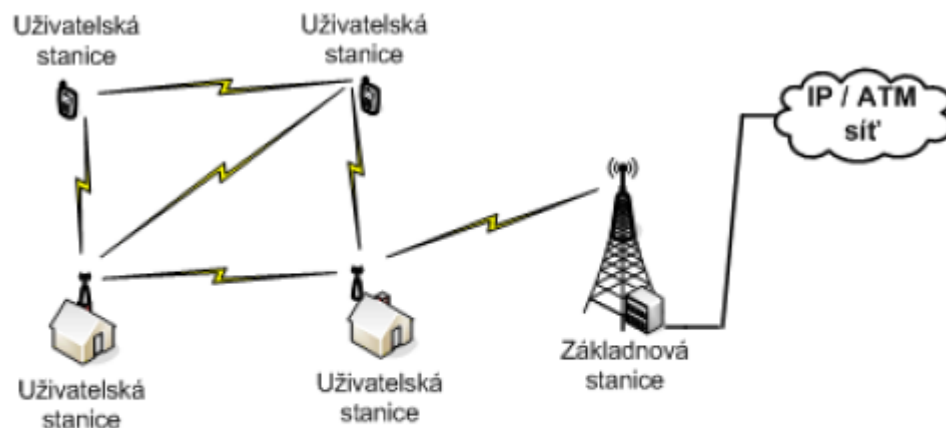


■ štruktúra WiMAX siete

- PMP štruktúra je založená na klasickej bunkovej topológii siete, kedy sa jednotlivé užívateľské stanice pripájajú priamo k základňovej stanici
- u MESH topológii v porovnaní s PMP je umožnená aj priama komunikácia medzi stanicami



a) PMP (Point to MultiPoint)



b) MESH

■ špecifikácia WiMAX sietí

- IEEE 802.16
 - špecifikácia navrhnutá v roku 2001 pre frekvencie 10 – 66 GHz
 - nutná priama viditeľnosť zariadení (LOS)

- IEEE 802.16a
 - rozšírenie o frekvencie 2 - 11 GHz
 - nie je nutná priama viditeľnosť (NLOS)
- IEEE 802.16e (Mobile WiMAX)
 - rozšírenie o podporu mobilných, teda pohybujúcich sa zariadení
 - rozšírenie o frekvencie 2 - 6 GHz
- IEEE 802.16m
 - možnosť komunikácie mobilných zariadení
 - prenosové rýchlosti 100 Mb/s až 1 Gb/s

- **metódy ochrany WiMAX sietí:**
 - autentifikácia a autorizácia stanice prebieha na základe digitálneho certifikátu X.509 a certifikátu výrobcu, ktorý sa zariadeniu prideli pri výrobe
 - na ochranu dát sa používa zlepšený šifrovací protokol PKM (Privacy Key Management)
 - aby komunikácia prebiehala v zabezpečenom kanáli, prenášané dáta sa šifrujú podľa štandardu DES
 - šifrovacie kľúče sa vymieňajú s kľúčom, ktorý je odvodený od autorizačného kľúča

Technológia IrDA



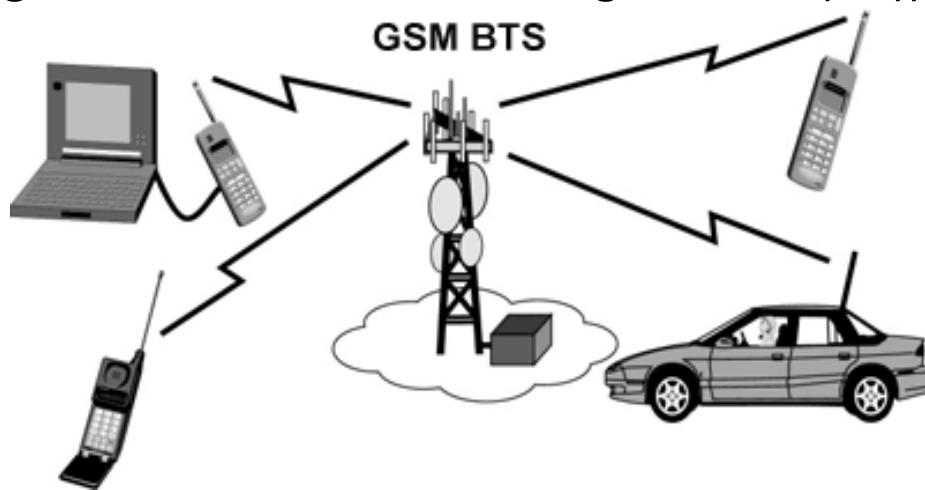
- je komunikačný port vytvorený konzorciom IrDA (Infrared Data Association), ktoré opisuje **bezdrôtovú komunikáciu pomocou infračerveného svetla**
 - vysielačom sú LED diódy alebo laserové diódy
 - prijímačom sú fotodiódy
- **parametre:**
 - IrDA pracuje **do vzdialenosti 1 m** a zaraďujeme ju k PAN
 - **rýchlosť prenosu:** povinne 1 Mb/s alebo voliteľne 2 Mb/s
- **použitie:**
 - IrDA je súčasťou notebookov, tlačiarňí, mobilných telefónov, PDA a pod.
 - diaľkové ovládače
- v súčasnosti je vytlačená rádiovým prenosom (Bluetooth), ktorý eliminuje **nevýhodu infračerveného prenosu** – potrebu priamej viditeľnosti (neprechádza pevným materiálom)

Technológia GSM



- technológie GSM (digitálne mobilné komunikácia) sa pravdepodobne vyvíjajú najrýchlejšie (2G, 3G, 4G,5G,..)
- okrem hlasových služieb, SMS, MMS, umožňujú vysokorýchlostný prenos dát, pripojenie na internet a ďalšie multimediálne služby, napríklad videohovory
- komunikácia prostredníctvom mobilných sietí sprostredkovávajú mobilné telefóny so zabudovaným modemom, alebo samostatné modemy, ktoré sa pripájajú k počítaču (notebooku) cez USB rozhranie
- prenos dát v mobilnej sieti sa uskutočňuje rovnako ako hovory cez základňové (bázové) vysielacie stanice (BTS-Base Transceiver Station), ktoré pokrývajú celé územie
- pripojenie k Internetu je teda dostupné všade tam, kde je signál aspoň jedného mobilného operátora

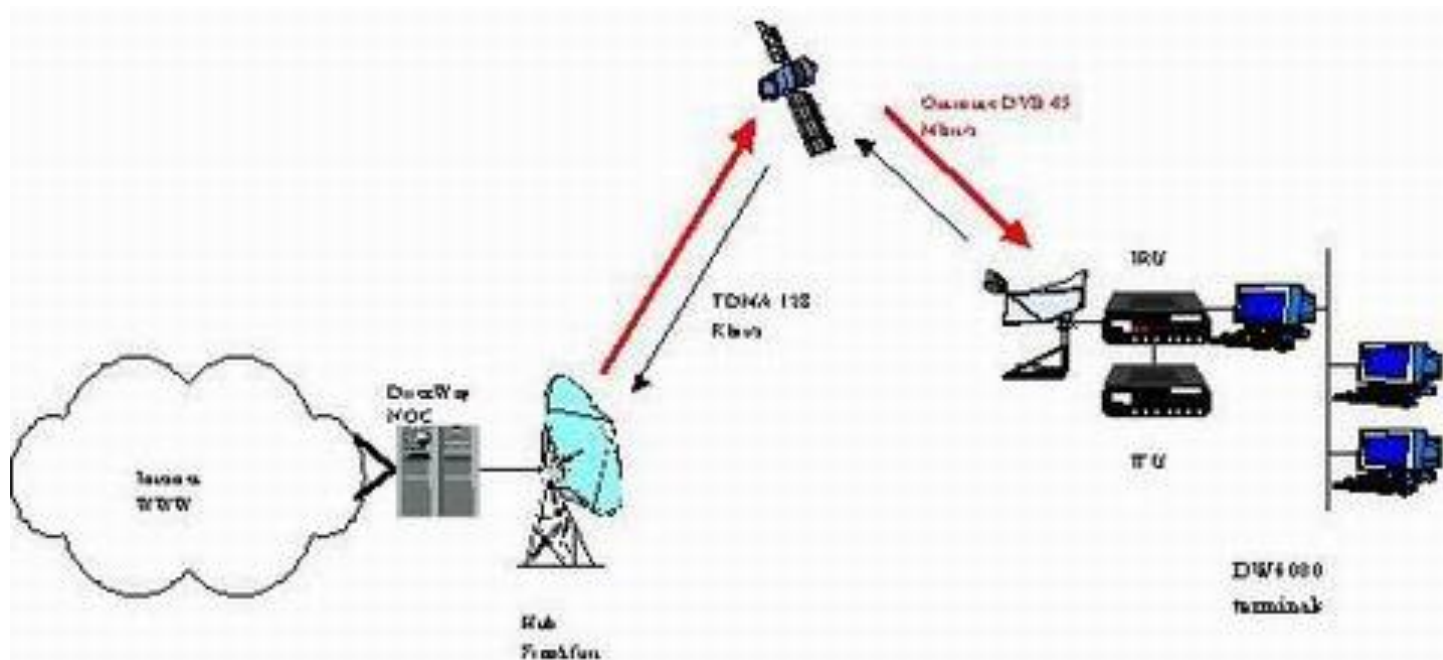
- pre dátové služby v rámci mobilných sietí bolo vytvorených **niekoľko technológií** (výber)
 - GPRS (General Packet Radio Service) – technológia pre dátové služby
 - nikdy nie je garantovaná rýchlosť spojenia, pretože GPRS jednoducho využíva voľné miesto (miesto=slot) v sieti GSM
 - EDGE – je rozšírením technológie GPRS (spätne kompatibilná)
 - ponúka vyššie prenosové rýchlosti
 - HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) - technológia, ktorá sa snaží zrýchľovať dátové prenosy v mobilných sieťach GSM tým, že pre prenos dát využíva viacej slotov naraz
 - CDMA - umožňuje súčasnú komunikáciu viacerých užívateľov v rámci jedného frekvenčného pásma
 - využíva frekvenčné pásmo 450 MHz (v minulosti určené pre analógové mobilné siete NMT 1. generácie (1G))



Satelitné technológie

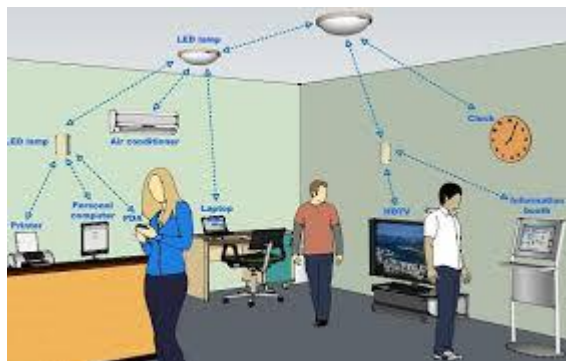


- **umožňujú zabezpečiť** hlasové a dátové **služby po celej planéte** (spojenie na veľké vzdialenosti) ale aj vysokorýchlostný prístup PC alebo LAN k internetu pomocou paraboly, konvertora a satelitného IP modemu
- **výhodou** je pokrytie a kvalita signálu, lacnejší je download ako upload, preto sa na upload používa mobilná telekomunikačná sieť



- komunikácia s viditeľným svetlom (VLC) využíva na komunikáciu (prenos) **viditeľné svetlo** medzi 430 a 790 THz (**750 - 380 nm**)
- VLC je **podmnožinou** optických bezdrôtových komunikačných technológií (**OWC**)
- keď hovoríme o VLC, máme tendenciu odkazovať sa na zdroj osvetlenia (napríklad žiarovku (LED)), ktorý okrem osvetlenia môže posilať informácie pomocou toho istého svetelného signálu, t.j.

VLC = osvetlenie + komunikácia



- v oblasti VLC sa používajú aj **iné pojmy**, ktoré ale majú mierne **odlišný význam** ako VLC:
 - komunikácia vo voľnom priestore (**FSO**- Free Space Communication) je podobná VLC, ale **nie je obmedzená viditeľným svetlom**, takže ultrafialové (**UV**) a infračervené (**IR**) tiež spadajú do kategórie FSO
 - navyše neexistuje žiadna požiadavka na osvetlenie pre FSO, a preto sa táto technika používa pre **aplikácie**, ako sú napr. komunikačné **spojenia medzi budovami** (pomocou úzkych lúčoch zaostrovaného svetla)
 - FSO **používa** pre prenos skôr **laserové diódy** (LD), ako aj LED diódy
 - **Li-Fi** je termín, ktorý sa často používa na opis **vysokorýchlostného VLC** v aplikačných scenároch, kde sa môže použiť Wi-Fi
 - pojem Li-Fi je podobný ako Wi-Fi, s výnimkou toho, že na prenos je **použitie elektromagnetické vlnenie nazývané svetlo** nie rádio (RF)
 - Li-Fi by sa mohol považovať za **doplňok** k Wi-Fi
 - ak je používateľské zariadenie umiestnené v **horúcom bode Li-Fi** (t.j. pod žiarovkou Li-Fi), môže byť odovzdané z Wi-Fi systému do systému Li-Fi a môže sa **zvýšiť prenosový výkon**
 - optická bezdrôtová komunikácia (**OWC**-Optical Wireless Communication) je **všeobecný pojem**, ktorý sa vzťahuje **na všetky typy optickej komunikácie**, kde sa nepoužívajú káble (optické vlákna)
 - príkladmi OWC sú VLC, FSO, Li-Fi a infračervené diaľkové ovládanie

■ **vlastnosti** VLC:

- veľká šírka **prenosového pásma**
- **prenosová rýchlosť** až do 10Gb/s
- **vysoká bezpečnosť**
- **nízka spotreba energie** - zdroj viditeľného svetla môže byť použitý ako pre osvetlenie, tak pre komunikáciu, a preto **šetrí extra výkon**, ktorý je potrebný pri RF komunikácii
- používanie **bezlicenčných pásiem**

■ **použitie** VLC:

- komunikáciu medzi vozidlom a vozidlom
 - aplikácie v oblastiach, ktoré sú citlivé na elektromagnetické vlny, ako napríklad lietadlá a nemocnice, kde rádiové signály rušia vlny iných strojov (prístrojov, napr. roboty v nemocniciach)
 - podvodná komunikácia a pod.
- boli vyvinuté **štyri štandardy**, ktoré zahŕňajú združenia priemyslu v oblasti elektroniky a informačných technológií (JEITA) CP-1221, JEITA Cp-1222, JEITA Cp-1223 a IEEE 802.15.7
- v 802.15.7 sú pre komunikáciu s krátkym dosahom definované len vrstvy MAC a PHY, ktoré využívajú viditeľné svetlo

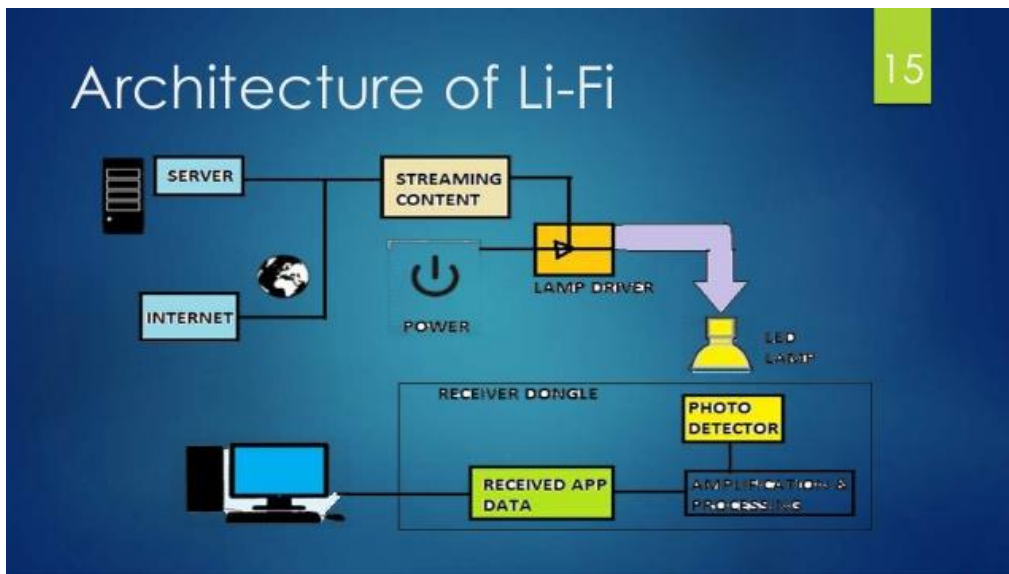
Technológia LiFi



- na dátové prenosy používa modulované viditeľné svetlo LED žiaroviek (existuje aj jej modifikácia na báze infračerveného žiarenia)
 - infračervené „Wi-Fi“ ponúka robustnú konektivitu – 40 Gbit/s
- na výstave **Light + Building 2018** predstavil Philips novú IoT platformu na pripojenie svetelných systémov a služieb
 - kancelárske svietidlá Philips so zabudovanou technológiou LiFi v súčasnosti testuje vo svojich kanceláriách v La Defense v Paríži francúzska firma Icade
 - v rámci pilotnej prevádzky využíva cez LiFi širokopásmové internetové pripojenie prostredníctvom LED svetiel s rýchlosťou až 30 Mbit/s.
- **Ako funguje LiFi**
 - pri technológii LiFi je každé svietidlo vybavené vstavaným modemom, ktorý moduluje svetlo pri rýchlostiach nepostrehnuteľných pre ľudské oko
 - svetlo je detekované LiFi prijímačom v USB kľúči zapojenom do USB portu notebooku, či iného zariadenia
 - LiFi USB kľúč vysiela dáta späť do svietidla cez infračervené spojenie, takže pre ľudské oko zdanlivo nesvieti
 - technológia bude ale postupne zabudovaná priamo do zariadení, tak ako sme dnes zvyknutí v prípade Wi-Fi, alebo Bluetooth

■ Výhoda LiFi

- spoľahlivo funguje aj v miestnostiach, kde rádiové frekvencie Wi-Fi môžu rušiť elektronické zariadenia, napríklad v nemocniciach
- plynulá technológia ovládania zaručuje, že signál zostane konštantný aj pri prechode z jedného svetla na druhé
- je tiež jednoduché vymedziť dosah LiFi, keďže svetlo sa nešíri cez steny
- to umožňuje zaistiť vysokú bezpečnosť dát a ochranu pred nežiaducim monitoringom
- vďaka disponibilnej šírke pásma (oblasť viditeľného svetla) má LiFi k dispozícii až 10 000-násobne širšie spektrum ako Wi-Fi
- LiFi neprispieva k expozícii rádiových frekvenciám žiarením a k tvorbe elektromagnetického smogu, ktorý vo veľkom produkujú súčasné elektrospotrebiče a infokomunikačné technológie



Obr. Prehľad bezdrôtových sietí

Chart 1: Wireless Networks Overview

Type	Range	Standards	Frequency	Bandwidth	Security
PAN – Personal area network	Bluetooth->400m ZigBee ->1.5km	IEEE 802.15.1 IEEE 802.15.4	2.4GHz 2.4GHz	3 Mbps 250 kbit/s	Highly vulnerable
LAN – Local area network	Within a building or campus	IEEE 802.11b WiFi	2.4GHz, 4.9GHz, 5 GHz	Effective -> 400 to 600 Mbps	Vulnerable
MAN – Metropolitan area network	Within a city	IEEE 802.15 WIMAX IEEE 802.16	2.4GHz	10 to 50 Mbps	Vulnerable
WAN – Wide area network + Cellular	Worldwide Cellular (GSM, UMTS, LTE, G4, G5, etc.)	IEEE 802.11	2.4 GHz	Effective: G3: 240 kbit/s G4: 9.5 Mbit/s	Vulnerable
Sigfox – new IoT network	10 – 15 miles	Ultra Narrow Band Radio	200 kHz	Uplink 12 bytes Downlink 8 bytes	High, difficult to hack
OWC – optical wireless com.	Up to 10 miles	IEEE 802.15.7	IR 850 nm to 1550 nm	Duplex up to 9.5 Gbps	High, difficult to hack
VLC – visible light com.	Inside rooms	IEEE 802.15.7	390 nm to 700 nm	100 Mbps, in lab 1 Gbps	Readable via windows etc.

Antény pre bezdrôtové siete

- **všesmerové** - pokrývajú uhol 360°
 - najbežnejší typ
- **sektorové** – pokrývajú určitý sektor prostredia
 - uhol napr. 45° , 60° , ...
 - vhodné na stenu alebo strechu budov
- **smerové** – vyžarujú jedným smerom v úzkom pruhu
 - **signál sústredený** do jedného bodu
 - vhodné pre väčšie vzdialenosti
- **vlastnosti antén** (parametre)
 - **zisk antény** – najdôležitejší parameter (udáva sa v dBm)
 - čím väčší tým slabší (vzdialenejší) signál vieme zachytiť
 - **smerová charakteristika** – rezy v horizontálnej a vertikálnej rovine (2D)
 - **vyžarovací uhol** – podľa toho určujeme o aký typ antény ide
 - **konštrukcia** - váha a rozmery, odolnosť voči vetru, konektor, VF vedenie....

Kontrolné otázky

- Aké typy bezdrôtového prenosu z hľadiska frekvencie poznáme?
- Aké sú základné výhody bezdrôtového prenosu?
- Aké sú základné nevýhody bezdrôtového prenosu?
- Ktoré frekvencie patria do plateného licenčného frekvenčného pásma?
- Aká norma popisuje WiFi technológiu?
- Aká norma popisuje Bluetooth technológiu?
- Aká norma popisuje WiMAX technológiu?
- Aké frekvenčné spektrum (frekvencia) sa využíva na rádiové prenosy?
- Aké frekvenčné spektrum (frekvencia) sa využíva na mikrovlnné prenosy?
- Aké frekvenčné spektrum (frekvencia) sa využíva na infračervené prenosy?
- Aké frekvenčné spektrum (frekvencia) sa využíva na prenosy svetlom?
- Aké cesty šírenia elektromagnetického vlnenia sa využívajú pri bezdrôtových prenosoch?
- Aké frekvencie/u využíva na prenos technológia WiFi?
- Aký typ siete (WxAN) môžeme vytvoriť pomocou WiFi?
- Výhody WiFi siete?

- Nevýhody WiFi siete?
- Čo je základný HW prvok WiFi siete?
- Aká je maximálna dosiahnuteľná prenosová rýchlosť WiFi siete pri štandarde IEEE 802.11n?
- Koľko kanálov vo WiFi sieti sa používa u nás (SR)?
- Je potrebná priama viditeľnosť medzi vysielačom a prijímačom vo WiFi sieti?
- Aký kľúč (statický, dynamický) sa používa pri WEP šifrovanej WiFi sieti?
- Aký kľúč (statický, dynamický) sa používa pri WPA šifrovanej WiFi sieti?
- Aké frekvencie/u využíva na prenos technológia Bluetooth?
- Aký typ siete (WxAN) môžeme vytvoriť pomocou technológie Bluetooth?
- Koľko bodovú komunikáciu podporuje technológia Bluetooth?
- Koľko sa používa kanálov v Bluetooth sieti?
- Je potrebná priama viditeľnosť medzi vysielačom a prijímačom v Bluetooth sieti?
- Aká je maximálna dosiahnuteľná prenosová rýchlosť v Bluetooth sieti?
- Aký typ pripojenia vieme vytvoriť pomocou technológie WiMAX?
- Aký typ siete (WxAN) môžeme vytvoriť pomocou technológie WiMAX?
- Aká je maximálna dosiahnuteľná prenosová rýchlosť vo WiMAX sieti?
- Aká je hlavná nevýhoda WiMAX sietí?

- Je potrebná priama viditeľnosť medzi vysielateľom a prijímačom vo WiMAX sieti?
- Aký typ siete (WxAN) môžeme vytvoriť pomocou technológie IrDA?
- Aká je maximálna dosiahnuteľná prenosová rýchlosť v IrDA sieti?
- Je potrebná priama viditeľnosť medzi vysielateľom a prijímačom v IrDA sieti?
- Pomocou akých staníc sa vytvárajú siete technológiou GSM?
- Aký typ siete (WxAN) môžeme vytvoriť pomocou technológie GSM?
- Aké frekvencie/u využíva na prenos technológia GSM?
- Aké frekvencie/u využíva na prenos technológia VLC?
- Aká je maximálna dosiahnuteľná prenosová rýchlosť VLC technológiou?
- Aký uhol prostredia pokrýva všesmerová anténa?
- Aký uhol prostredia pokrýva sektorová anténa?
- Aký uhol prostredia pokrýva smerová anténa?

Zoznam použitých skratiek a symbolov

- AP prístupový bod (Access Point)
- B šírka prenášaného pásma
- BTS bázová-základňová stanica mobilnej siete (Base Transceiver Station)
- c rýchlosť svetla vo vákuu (cca $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$)
- dB jednotka tlmenia (decibel)
- FSO komunikácia voľným priestorom (Free Space Communication)
- FWA profesionálna dátová sieť (Fixed Wireless Access) tiež nazývaná Wireless Local Loop je bezdrôtová sieť poskytujúca širokopásmové pripojenie typu Point-to-Multipoint - riešenie poslednej míle
- Gbps jednotka prenosovej rýchlosti (Gb/s , Giga bit za sekundu)
- GHz jednotka frekvencie (GigaHertz, 10^9)
- GPS globálny systém určenia polohy (Global Positioning System)
- GSM globálny systém mobilných komunikácií (Global System for Mobile Communications)
- IEEE štandardizačná agentúra (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- IoT internet vecí (Internet of Things) -prepojenie vstavaných zariadení s internetom
- IR infračervené svetlo (InfraRed)

- IrDA bezdrôtová komunikácia infračerveným svetlom (Infrared Data Association)
- ISM bezlicenčné frekvenčné pásmo (Industrial, Scientific and Medical)
- ITU medzinárodná telekomunikačná únia ITU (International Telecommunication Union)
- km jednotka dĺžky (kilometer , 10^3)
- λ vlnová dĺžka
- LAN lokálna počítačová sieť (Local Area Network)
- LD laserová dióda (Laser Diode)
- LED elektroluminiscenčná dióda (Light-Emitting Diode)
- LiFi štandard pre optickú vysokorýchlostnú bezdrôtovú komunikáciu (Light Fidelity – „svetelná vernosť“)
- LOS priama viditeľnosť (Line Of Sight)
- μm jednotky dĺžky (mikrometer , 10^{-6})
- m jednotky dĺžky (meter)
- mm jednotky dĺžky (milimeter , 10^{-3})
- MAN mestská (metropolitná) sieť (Metropolitan Area Network)
- Mbps jednotka prenosovej rýchlosti (Mb/s, Mega bit za sekundu)
- MHz jednotka frekvencie (MegaHertz, 10^6)

- MMS štandard mobilných správ (Multimedia Messaging Service)
- NLOS bez priamej viditeľnosti (Non Line Of Sight)
- nm jednotka dĺžky (nanometer, 10^{-9})
- OV optické vlákno
- OWC optická bezdrôtová komunikácia (Optical Wireless Communication)
- PAN osobná počítačová sieť (Personal Area Network)
- PC osobný počítač (Personal Computer)
- PDA vreckový počítač (Personal Digital Assistant)
- RF rádiové frekvencie (Radio Frequency)
- SMS krátka textová správa (Short Message Service)
- SSID sieťové meno (Service Set Identifier)
- TETRA Európsky štandard pre rádiovú sieť vo frekvenčnom pásme 380 – 400 MHz čo predstavuje pásmo UHF (TErestrial Trunked Radio)
- THz jednotka frekvencie (TeraHertz, 10^{12})
- TV televízia (Television)
- UHF ultra krátke vlny (Ultra High Frequency)
- UV ultrafialové svetlo (Ultra Violet)
- VLC komunikácia s viditeľným svetlom (Visible Light Communication)

- WAN rozľahlá počítačová sieť (Wide Area Network)
- WiFi súbor štandardov pre bezdrôtovú komunikáciu (Wireless Fidelity – „bezdrôtová vernosť“)
- WiMax bezdrôtová telekomunikačná technológia (World Interoperability for Microwave Access)
- WLAN bezdrôtová lokálna počítačová sieť (Wireless Local Area Network)
- WMAN bezdrôtová mestská (metropolitná) sieť (Wireless Metropolitan Area Network)
- WPAN bezdrôtová osobná počítačová sieť (Wireless Personal Area Network)
- WWAN bezdrôtová rozľahlá počítačová sieť (Wireless Wide Area Network)



Ďakujem za pozornosť