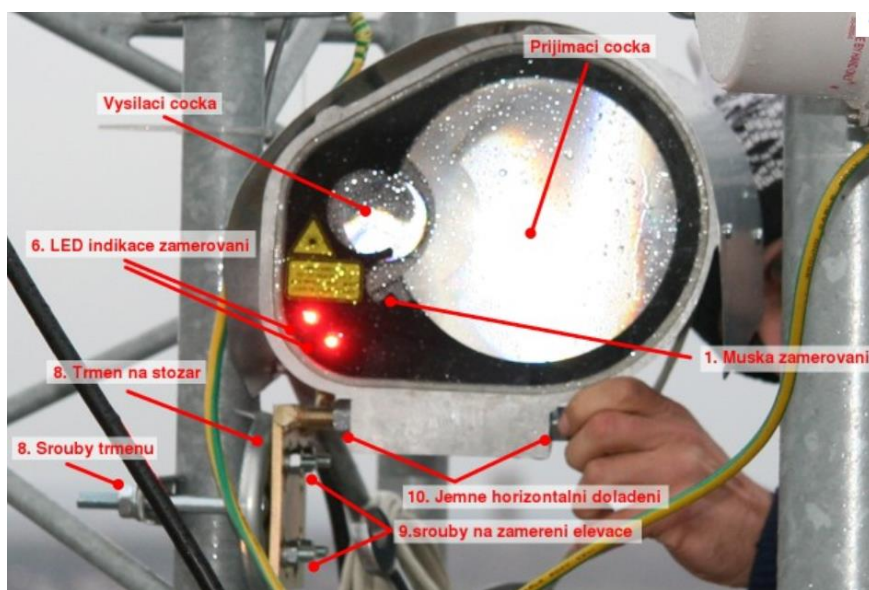


Bezdrátové spoje – optické

Vlastnosti:

- vzdálenosti do 10km – záleží na zdroji světla
- nutná přímá viditelnost – úzký vyzařovací kužel
- citlivé na přesné nastavení trasy vysílač-přijímač
- citlivé na atmosférické vlivy – mlha apod.
- odolné odposlechu a zarušení
- není potřeba povolení – není součástí frekvenčního multiplexu
- přenos v infračerveném pásmu
- rychlost komunikace od 100 Mbits do 1Gbits full duplex
- ideální pro bezdrátové spojení v areálu firmy mezi budovami (nebo NAN v sídlišti) – pouze P2P komunikace

Komunikace probíhá mezi dvěma body pomocí infračerveného nebo viditelného (červeného) světelného paprsku na vzdálenost několika stovek metrů až kilometru při rychlostech až 1Gbits. Optická pojítka jsou **vždy párová zařízení**, na každé straně spoje jedno zařízení.



Základem optického pojítka je **optický vysílač a přijímač**. V optickém vysílači **laserová dioda** nebo **dioda LED** přeměňuje elektrický signál na světelný signál a vysílá data ve formě modulovaného optického paprsku. Optické **záření je následně optikou soustředěno do úzkého světelného paprsku s minimální rozbíhavostí**.

Používá se infračervené světlo, vlnové délky jsou 850nm, 905nm, 1200nm nebo 1550nm. V jednom pojítku může být použito i **více vysílačů a tím se zvýší komunikační dosah nebo spolehlivost přenosu dat**. Optický výkon jednoho laseru vysílače je v rozmezí **5mW až 75mW**.

V přijímači čočka velkého průměru soustřeďuje paprsek na fotodiodu, která modulovaný světelný paprsek se zpětně přeměňuje na elektrický.

Optická pojítka jsou vůči stávající datové síti transparentní a projeví se jenom zvýšením hodnoty zpožděním přenášovaných dat.

Příklad pojítka RONJA - LED



Rychlost přenosu: 10 Mbit/s, full-duplex

Maximální pracovní vzdálenost: 700 m s 90 mm čočkou (1300 m se 120 mm čočkou)

Minimální pracovní vzdálenost: 1/15 maximální pracovní vzdálenosti

Datové rozhraní: propojovací rozhraní 10BaseT (UTP) nebo AUI.

Autonegotiation: ne, běží v half-duplexu se zařízeními, které nejsou nastavené na full-duplex

Příkon: 260mA @ 12V (3,1 W) z PC zdroje

Vlnová délka: viditelná (625 nm) nebo infračervená (875nm)

Odhadovaný optický výkon (LED): 12 mW

Rozptyl kužele – polovina úhlu: 1.9 mrad

Provozní vlhkost: 100 % s vyhříváním čoček výkonem 1 W

Viditelnost: musí být zajištěna přímá optická viditelnost

Optická modulace: 1 MHz – 1,2 MHz, 50% střída mezi pakety

Zaměřování systému: vizuální

Laserové pojítka - TereScope



TereScope® - The Most Comprehensive Free Space Optics Wireless solution

TereScope® 4000 - Technical Specifications							
Part number		TS4000/E1/V* or TS4000/T1/V*	TS4000/4E1/V* or TS4000/4T1/V*	TS4000/ETH/V*	TS4000/34XYZ/V*	TS4000/XYZ/V** or TS4000/XYZ/F**	TS4000/FET/F**
Model		TS4000/E1 or TS4000/T1	TS4000/4E1 or TS4000/4T1	TS4000/ETH	TS4000/34	TS4000/155 or TS4000/155-F	TS4000/100-F
Standard P.N.		TS4000/E1/V5	TS4000/4E1/V5	TS4000/ETH/V5	TS4000/34M8T/V5	TS4000/M3C/V15	TS4000/FET/F13
Applications/ Data Protocol		E1: 2.048 Mbps or T1: 1.55Mbps G.703/G.704	4E1: 4x2.048 Mbps or 4T1: 4x1.55 Mbps G.703/G.704	Ethernet (10 Mbps)	Open Protocol up to 34Mbps	Fast Ethernet, ATM, OC3, STM1, E3,T3, OC1/STMO & Open Protocol	Fast Ethernet
Performance	Rate			10 Mbps	1-34 Mbps	1-155 Mbps	100 Mbps
	Range ⁽¹⁾ @ 3 dB/km	5500m	5000 m	5000 m	4400 m	3500 m	3500 m
	@ 5 dB/km	4200 m	3850 m	3850 m	3350 m	2750 m	2750 m
	@10 dB/km	2700 m	2500 m	2500 m	2240 m	1850 m	1850 m
	@17 dB/km	1880 m	1730m	1730 m	1550 m	1320 m	1320 m
	@30 dB/km	1220m	1130m	1130m	1040 m	880 m	880 m
	Minimum Range	200m	150m	150m	200 m	120 m	120 m
	Bit error Range	Less than 1E - 9 (unfaded)				Less than 1E - 12(unfaded)	
	MTBF	10 years					
	Transmitter	Light source	3 x Lasers				
Wavelength		830 - 860 nm					
Total Output power		75 mW					
Beam divergence		3 mrad					
Receiver	Detector	Si PIN					
	Field of view	5 mrad					
	Sensitivity	-51 dBm	-47 dBm	-47 dBm	-44 dBm	-36 dBm	-36 dBm

Nabídka 2017 - TereScope 5000/G

Systém TereScope TS5000/G je představitelem nové generace laserových spojů určený pro transport protokolů s datovým tokem 2Mb/s až 1250Mb/s. Je implementovaná nová technologie 3 laserových vysílačů, které zajišťují potlačení scintilace a tím vykazují značnou eliminaci vlivu atmosférických poruch. Přijímací optika o průměru 20,3cm (8") zajišťuje vysokou dostupnost. Dosah systému je 1300m*. Hlavice jsou vybaveny interním vytápěním a SNMP managementem pro vzdálený dohled, který se instaluje především v rámci potřeby komplexního dohledu aktivních prvků LAN.

Specifikace modelu TS5000/G:

Bezdrátové laserové pojitko v kategorii pro poskytovatele připojení

Podpora sítí na rychlosti 1 Gb/s a protokolů Gigabit Ethernet a Fibre Channel.

Dosah přes 2km při útlumu 3dB/km

Vysílač: matrice 2x laser, 830-860nm, výstupní výkon 30mW

Přijímač: APD lavinová fotodioda, 3 mrad

Rozhraní SC - MM (možné také SM)

Bezlicenční provoz

Bezpečný přenos dat

Vestavěný SNMP management

Střední doba mezi poruchami (MTBF) je delší než 10 let

Odolnost proti vlivům počasí: IP66

Vnitřní vyhřívání systému

Operační teplota -30 až +50°C

Napájení 100 - 240Vst nebo 35 - 60Vss

**Uvedený dosah systému je garantován při atmosférických podmínkách odpovídající útlumu 17dB/km*

Bezdrátové spoje – radiové

Vzduch je **sdílené přenosové médium**, které musí být dostupné pro všechny. Radiové spoje dělíme podle různých měřítek na **směrová či všesměrová** pojitka nebo pracující v **licencovaném či nelicencovaném pásmu** – je nutné či není povolení k provozování. Nevýhodou je **možnost odposlechu a rušení** (hlavně u všesměrových).

Komunikace probíhá na **frekvenčních kanálech**, které se nacházejí v určitém **frekvenčním pásmu** (typicky GHz) a mají určitou **šířku** (typicky MHz). **Signál je modulován na nosnou frekvenci kanálu**. Šířkou jsou dány možnosti modulace. **FD komunikace** probíhá jen na více kanálech a se **dvěma anténami** (příjem a vysílání). K **HD komunikaci** stačí **jedna anténa pro vysílání a příjem**.

Přiřazení frekvenčních kanálů k rozsahům je **frekvenční multiplex**. Využívání multiplexu je **řízeno státem** prostřednictvím pravidel o jeho využití. **Správu** provádí **Český telekomunikační úřad**. Mezi **centrální autority** pro přidělování frekvencí patří například

Rada pro rozhlasové a televizní vysílání. Vliv na orientaci přijímacích/vysílacích antén včetně oddělení možnosti rušení má tzv. **polarizace signálu – vertikální či horizontální** (např. u TV vysílání).

Licencované pásmo

Zařízení pracující v licencovaných pásmech **potřebují k provozu udělení licence a povolení k provozu na daném kanálu v určité oblasti.** U sítí se jedná většinou o **mikrovlnná směrová spojitka v pásmu do 12GHz (dvoubodová).** Elektromagnetické vlny se šíří v úzké zóně. **Kvalitní příjem je závislý na volné tzv. Fresnelově zóně.**

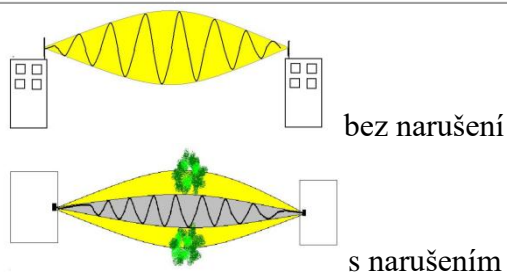
Pojem:

Fresnelova zóna

Pro kvalitní přenos musí být volná (bez překážek) tzv. Fresnelova zóna, tedy **určitý prostor kolem spojnice těchto dvou bodů** (podobný doutníku). V prostoru této zóny by se neměla vyskytovat žádná překážka, ani by do ní neměla třeba částečně zasahovat (např. střecha nějakého domu, stromy apod.).

$f=2,4\text{Ghz}$

Délka spoje	Průměr Fresnelovy zóny
100 m	1,8 m
200 m	2,5 m
300 m	3,1 m
400 m	3,6 m
500 m	4,0 m
700 m	4,7 m
1000 m	5,6 m
1200 m	6,2 m



Protože je to **elipsoid**, je počáteční nárůst průměru poměrně strmý. Např. trasa 1 km dlouhá (maximální průměr zóny 5,6m) má již po prvních 100 metrech průměr zóny 3,4m. Pokud tedy instalujeme anténu na střechu domu na 1,5m vysoký stožár a ve vzdálenosti 100m je stejně

vysoký dům, zasahuje už jeho střecha do vaší Fresnelovy zóny! Pokud není volných alespoň 60% průměru zóny, dochází již k výrazné degradaci kvality spoje.

Příklad mikrovlnného pojitka s „regulovanou“ frekvencí - Alcoma AL-D - parametry

Model	AL10D	AL13D	AL18D
Obecné údaje			
Kmitočtové pásmo [GHz]	10,3 - 10,6	12,9 - 13,2	18,5 - 19,7
Nastavení pracovního kmitočtu	Kmitočtová ústředna s krokem 0,25 MHz		
Kanádování	ČTÚ GL-14/R/2000	ITU-R Rec 497-6	ITU-R Rec 595-5
Přenosová kapacita [Mbit/s]	2x2, 4x2, 1x8, Ethernet10+2		
Reálná propustnost rozhraní Ethernet [Mbit/s]	až 8,5 full-duplex		
Modulační metoda	4 FSK		
Konfigurace spoje [Mbit/s]	2x2	4x2*	2x2
Šířka pásma přenosového kanálu [MHz]	3.5	7	5
Vysílač			
Výstupní výkon LP / SP / HP [dBm]	3	10 / 17 / 20 (max 23)	
Frekvenční stabilita [ppm]	< ±10	< ±10	< ±10
Mezifrekvenční kmitočet vysílače [MHz]	431,0 - 539,5	575	575
Přijímač			
Prahová úroveň pro BER<10 ⁻³ [dBm]	-88	-85	-86
Prahová úroveň pro BER<10 ⁻⁶ [dBm]	-84	-81	-82
Systémový zisk pro BER<10 ⁻³ LP [dB]	N/A	N/A	96
Systémový zisk pro BER<10 ⁻³ SP [dB]	91	88	103
Systémový zisk pro BER<10 ⁻³ HP [dB]	N/A	N/A	106
1. mezifrekvenční kmitočet [MHz]	1058 - 1335	309	435
2. mezifrekvenční kmitočet [MHz]	479.5	70	70
Hlavní kanály			
Rozhraní Ethernet 100/10 Mbit/s	Inteligentní bridge s pamětí na 10000 adres, full/half-duplex, (RJ-45)		
Rozhraní E1, E2	ITU-T G.703, nesymetr. 75 Ω (2x BNC) nebo symetr. 120 Ω, (SUB-D 9pin)		
Potlačení jitteru	ITU-T G.823		



Nabídka ALCOMA 2017 AL80HP - Technické parametry

Technické parametry

Obecné údaje	
Model	AL80HP
Pásmo	71-76/81-86 GHz
Specifikace pásma	Volné dle VO-R/23
Frekvenční rozsah	71 000 - 86 000 MHz
Duplexní odstup	10 000 MHz
Šířka kanálu	250/500/1000 MHz
Přenosová kapacita	287/575/1150 Mbps full duplex
Modulace	QPSK
Latence	0.012 ms pro 1150 Mbps
Dopředná korekce chyb	FEC
Systémové konfigurace	1+0, 1+1
Rádiové parametry	
Vysílaný výkon	20 dBm
Automatická regulace výkonu	ATPC
Frekvenční stabilita	< 10 ppm
RX prahová citlivost	-70 / -67 / -64

BER=10 ⁻⁶ (dBm)	
Rozhraní	
Chráněná svorkovnice	ALS1-GEth (RP) / ALS1-2GEth (RP)
Line2	Ethernet 1000/100/10Base-T, konektor RJ-45 na svorkovnici
Line3	Ethernet 1000/100/10Base-T, konektor RJ-45 na svorkovnici
Line4	SFP slot (optické nebo metalické rozhraní)
Ethernet	
	Možnost dvou nezávislých datových toků skrz rádio
Maximální velikost paketu (MTU)	10240 B
Podpora	VLAN (802.1Q), QinQ (802.1ad), QoS (802.1p)
Dohled spoje	
Dohledový kanál	Přiřaditelný do uživatelských dat nebo na oddělenou linku
	Sériová linka RS232
	SNMP v1
Antény	
0.35 m (zisk střed pásma)	45.5 dBi
0.65 m (zisk střed pásma)	51 dBi
0.90 m (zisk střed pásma)	- dBi
1.20 m (zisk střed pásma)	- dBi
Třída	ETSI Class 2 or 3
Polarizace	Vertikální nebo horizontální
Napájení a připojení	
Napájení	48 V DC (36-72 V)
Příkon	37 W
Připojení ODU	S-STP/S-FTP Cat.7 do 100 m / optické vlákno
Teplotní rozsah	
Vnější jednotka	-35 až +55 °C
Chráněná svorkovnice	-25 až +55 °C
Rozměry (š x v x h) a hmotnosti	
Vnější jednotka	255 x 309 x 175 mm / 5.6 kg
Chráněná svorkovnice	147 x 44 x 163 mm / 0.5 kg

K mikrovlnným spojům patří i satelitní komunikace. U nás je provozuje např. firma Gitty Brno. Podívejte se na jejich [www stránky](#).

Nelicensované pásmo nebo bezlicenční pásmo

Nelicensovaná frekvenční pásma jsou **určena pro volné využívání v různých oblastech činnosti** (např. na 2,4GHz - mikrovlnné trouby, pojítka, RC sety..). Musí se zde dodržovat

pravidla tak, aby pásmo bylo dostupné každému. Jedná se především o **omezení vyzařovaného výkonu**.(maximální výkon **EIRP-equivalent isotropically radiated power**)

Nelicencovaná pásma jsou **ISM (Industrial Scientific Medical Band)** a **UNII (Unlicensed National Information Infrastructure Band)**.

K dispozici jsou:

ISM _i	902 - 928 MHz	26 MHz – Industrial
ISM _s	2,4000 – 2,4835 GHz	83,5 MHz – Scientific
UNII-1	5,150 – 5,250 GHz	100 MHz – <i>spodní UNII</i>
UNII-2	5,250 – 5,350 GHz	100 MHz – <i>prostřední UNII</i>
UNII-2extend	5,470 – 5,725 GHz	255 MHz – <i>rozšířené UNII</i>
UNII-3	5,725 – 5,825 GHz	100 MHz – <i>horní UNII</i>
ISM _m	5,725 – 5,875 GHz	150 MHz – Medical

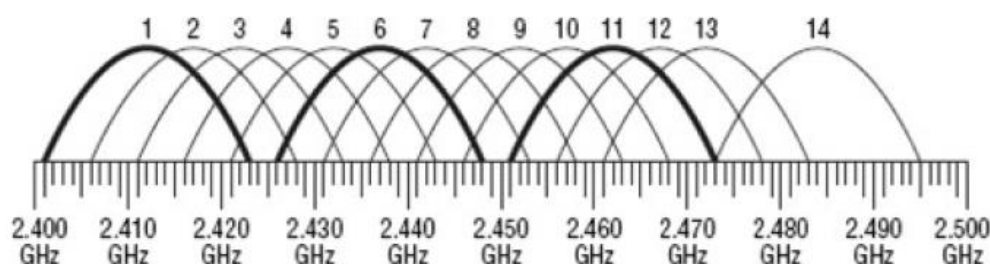
WiFi

Nejznámější technologie počítačových sítí pracující v nelicencovaném pásmu je WiFi – Wireless Fidelity. Níže jsou uvedeny nejpoužívanější rozdělení pásma 2,4GHz na kanály v rámci standardů

DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum - WiFi IEEE 802.11b/g

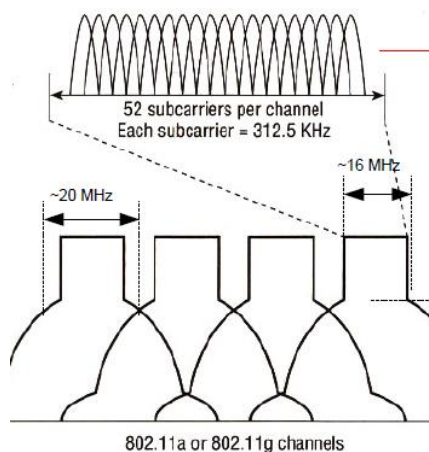
- 83,5 MHz → 14 kanálů (ne ve všech státech, ČR 13)

- odstup 5 MHz, šířka kanálu je 22 MHz → pouze 3 nepřekrývající



OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing – WiFi 802.11 a/g/n

- 4 kanály po 20MHz a každý je rozdělen na 52 subnosných po 312,5kHz (pomalý datový tok, ale mnohokrát)



WiFi zařízení:

- USB zařízení
 - zisk odpovídá velikosti (od 3dB-„klíčenky“ až 15dB- USB prvky)
 - Spojení 10-100m budově, 30-300m mimo budovu
 - Vzdálenost USB max. 25m



- HW access pointy
 - Propojení s PC UTP kabelem -100m
 - Konfigurace pomocí IP
 - AP s funkcí routerů, print serverů..



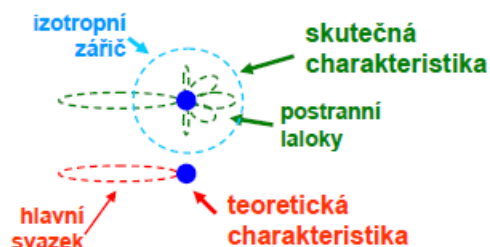
Používané antény:

- Směrové /sektorové

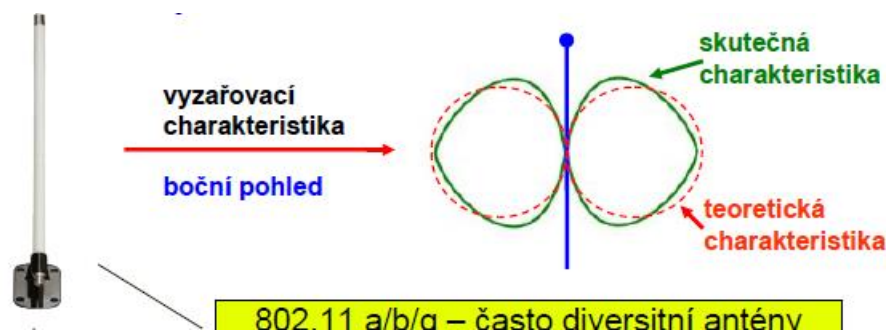


**vyzařovací
charakteristika**

svrchní pohled

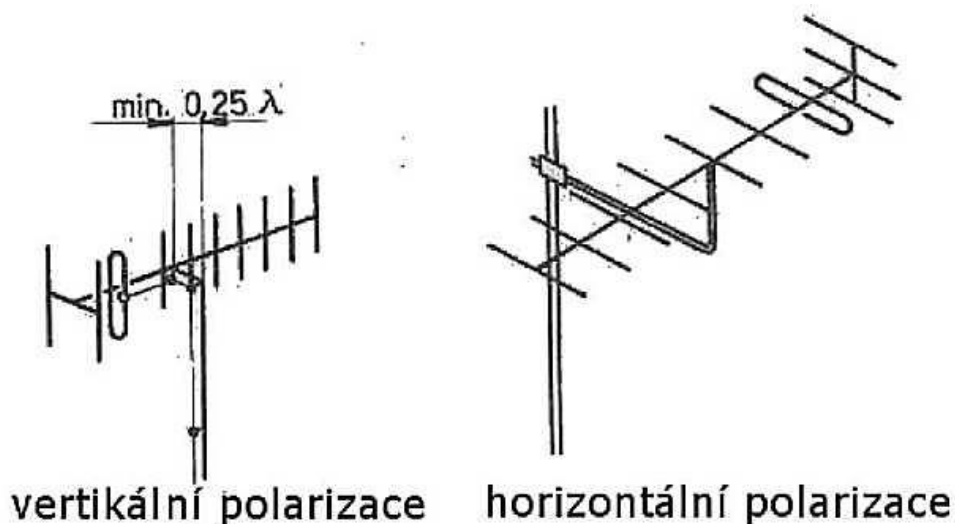


- Všesměrové



Polarizace antény

Polarizace je orientace vektoru elektrického pole prostorem se šířícího elektromagnetického záření. Právě toto pole se indukuje ve vodiči-anténě a umožňuje nám přijímat signál postupující prostorem. Je to jeden z hlavních parametrů při jakémkoli typu vysílání. Základní rozdělení je na horizontální (vodorovnou, H) a vertikální (svislou, V) polarizaci.



- Přípojný kabely – koaxiální s průměrem 4-12mm (kabel např. H155, RG58, RG213)
- Konektory



Základní parametry WiFi

Standard	Frekvence	Modulace	Přenosová rychlost
802.11	2,4 GHz	FHSS / DSSS	2 Mb/s
802.11b	2,4 GHz	HR-DSSS	11 Mb/s
802.11g	2,4 GHz	ERP-OFDM / ERP-DSSS	54 Mb/s

802.11a	5 GHz	OFDM	54 Mb/s
802.11n	2,4 / 5 GHz	HT (OFDM)	600 Mb/s

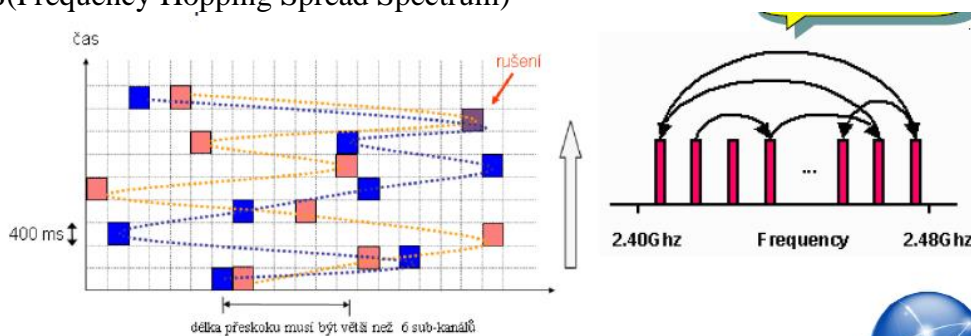
Maximální povolený výkon EIRP je 100 mW (20 dBm).

Bluetooth

- WPAN- Wireless Personal Area Network - cílem bylo sjednotit osobní komunikační a výpočetní zařízení
- Od roku 1999 - IEEE Standard 802.15.1
- Dosah dle vyzařovaného výkonu

Class	Maximální povolený výkon		Dosah (přibližný)
	mW	dBm	
Class 1	100	20	~100 metrů
Class 2	2.5	4	~10 metrů
Class 3	1	0	~1 metr

- Frekvenční pásmo 2,4GHz , 79kanálů, AFH (Adaptive Frequency Hopping) nebo FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)



- Přenosová rychlost

Verze	Rychlost přenosu dat	Maximální propustnost
Verze 1.2	1 Mbit/s	0.7 Mbit/s
Verze 2.0 + EDR	3 Mbit/s	1.4 Mbit/s
Verze 3.0 + HS	24 Mbit/s	
Verze 4.0	24 Mbit/s	

2014 v 4.2

Výpočet dB

Pro vyjádření veličin, které se mění ve velkém rozsahu, se s výhodou používá logaritmického měřítka. Logaritmická osa může být jak vodorovná, tak i svislá. Pro tento účel byla zavedena logaritmická jednotka **decibel**.

Decibel je logaritmická poměrová jednotka, pojmenovaná po vynálezci telefonu (Alexandr Graham Bell), který zjistil, že lidský sluch má logaritmický charakter. Decibely byly původně definovány pro poměr výkonů (A_p). Člověk vnímá zvuk v rozsahu sedmi řádů akustického tlaku. Nejmenším uchem rozlišitelná změna zvuku je přibližně 1 decibel. Protože za základní jednotku nebyl zvolen bel, ale decibel, musí se logaritmus vynásobit deseti:

$$A_p = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Decibely lze ale použít i pro napěťové (A_u) a proudové (A_i) zesílení

$$A_u = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

I když jsou decibely určeny pro poměr stejných veličin a nemají proto žádný rozměr, je možné je využít pro nepřímé vyjádření velikosti napětí (nejčastěji), nebo výkonu. Pro tento účel se volí tzv. referenční úroveň, kterou se napětí nebo výkon porovnává.

Nejčastěji se volí výkonová úroveň $P=1\text{mW}$ na impedanci o velikosti $Z=600\text{ ohmů}$ (označuje se **dBm**).

Pokud je před hodnotou v decibelech znaménko plus (+), znamená to zesílení, např. +20 dBm. Záporné znaménko před hodnotou v dB (např. -20 dB) značí zeslabení, útlum.