

Přehled současných komunikačních systémů

Tomáš Zálabský

Fakulta elektrotechniky a informatiky

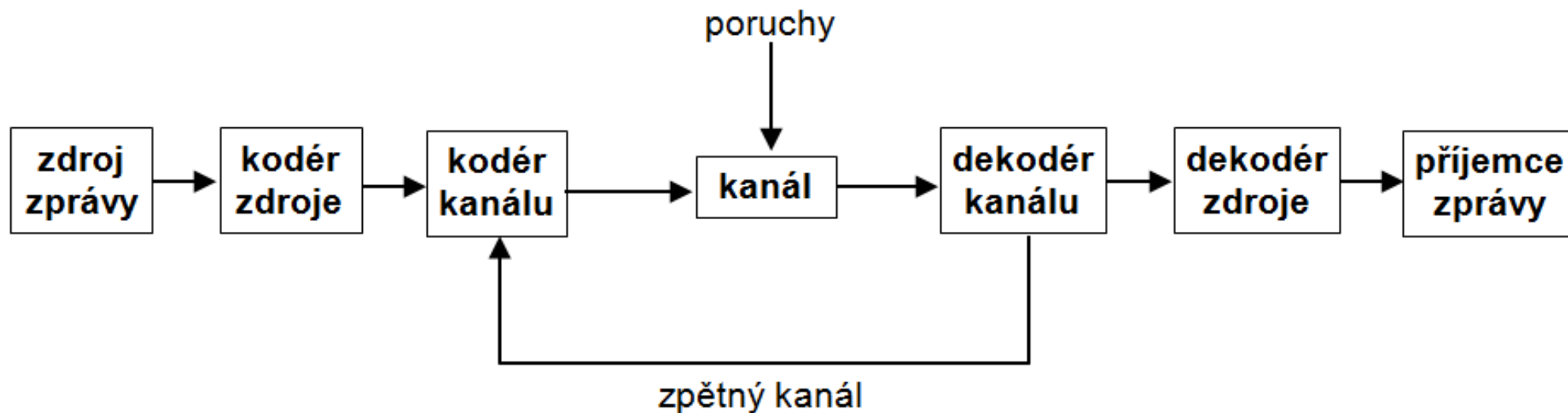
Univerzita Pardubice

OBSAH SEMINÁŘE

- Schéma sdělovacího řetězce
- Využití rádiového spektra
- Architektura komunikačních systémů
- Komunikace v bezlicenčním pásmu ISM
- Sítě PAN (Bluetooth, ZigBee, WiFi)

Sdělovací (komunikační) řetězec

- Sdělovací řetězec začíná zdrojem zprávy a končí přijímačem (příjemcem) zprávy.
- Sdělovací řetězec by měl přenášet informace takovým způsobem, aby nedošlo ani za méně příznivých přenosových podmínek ke špatné interpretaci zprávy.
- Pod každým funkčním blokem si lze představit několik dalších částí:



Základní bloky sdělovacího řetězce

- **Zdroj zprávy**

- - může zahrnovat jakýkoliv druh informace, kterou je schopen vytvořit člověk nebo jev z přírody. Jedná se tedy o zvuk, obraz nebo psaný text.

- **Kodér zdroje**

- - v kodéru zdroje musí dojít k odstranění nadbytečné složky v informaci, která není nutná pro její správnou interpretaci.

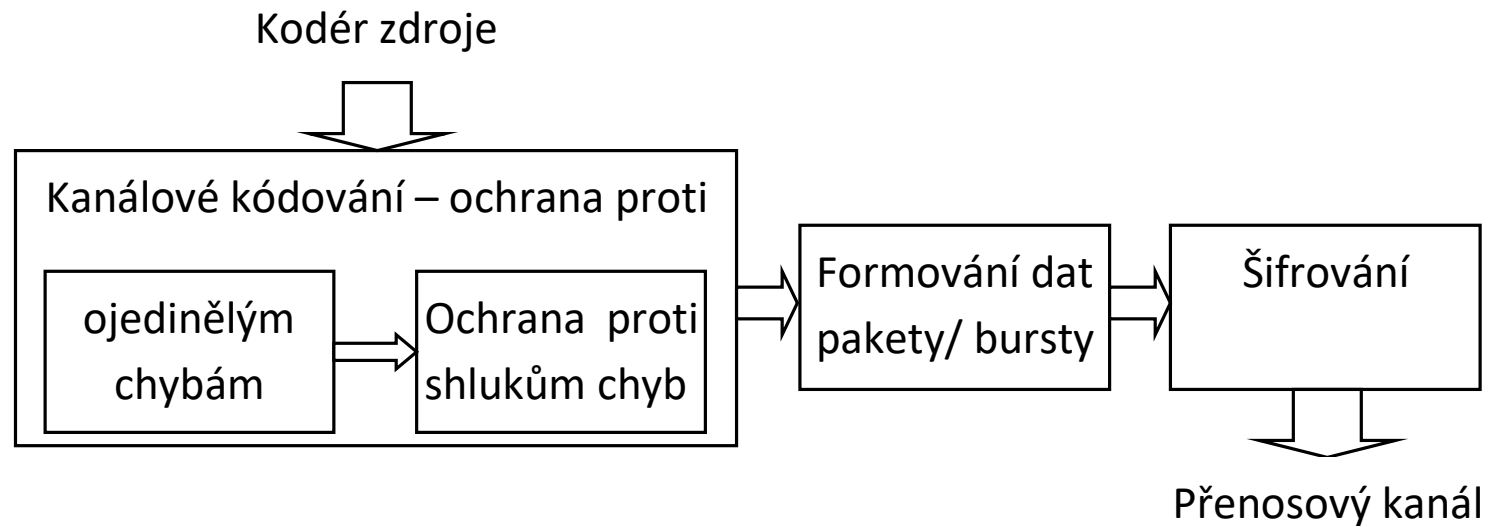
- Zvuk (akustický signál) – filtrace pásmovou propustí
- Obraz nebo videosignál – potlačení barev v obraze, pro video vysílání nespojitě série obrazů
- Text – komprimační metody, které dokážou vhodnými algoritmy popsat opakující se části textu

- **Kodér kanálu**

- - doplnění přenášené informace o zabezpečovací prvky pro ochranu příjemce zprávy před špatnou interpretací zprávy. Proces probíhající v kodéru kanálu jde tak proti procesu v kodéru zdroje – navyšuje se množství přenášené informace a tím se zvyšuje redundance.

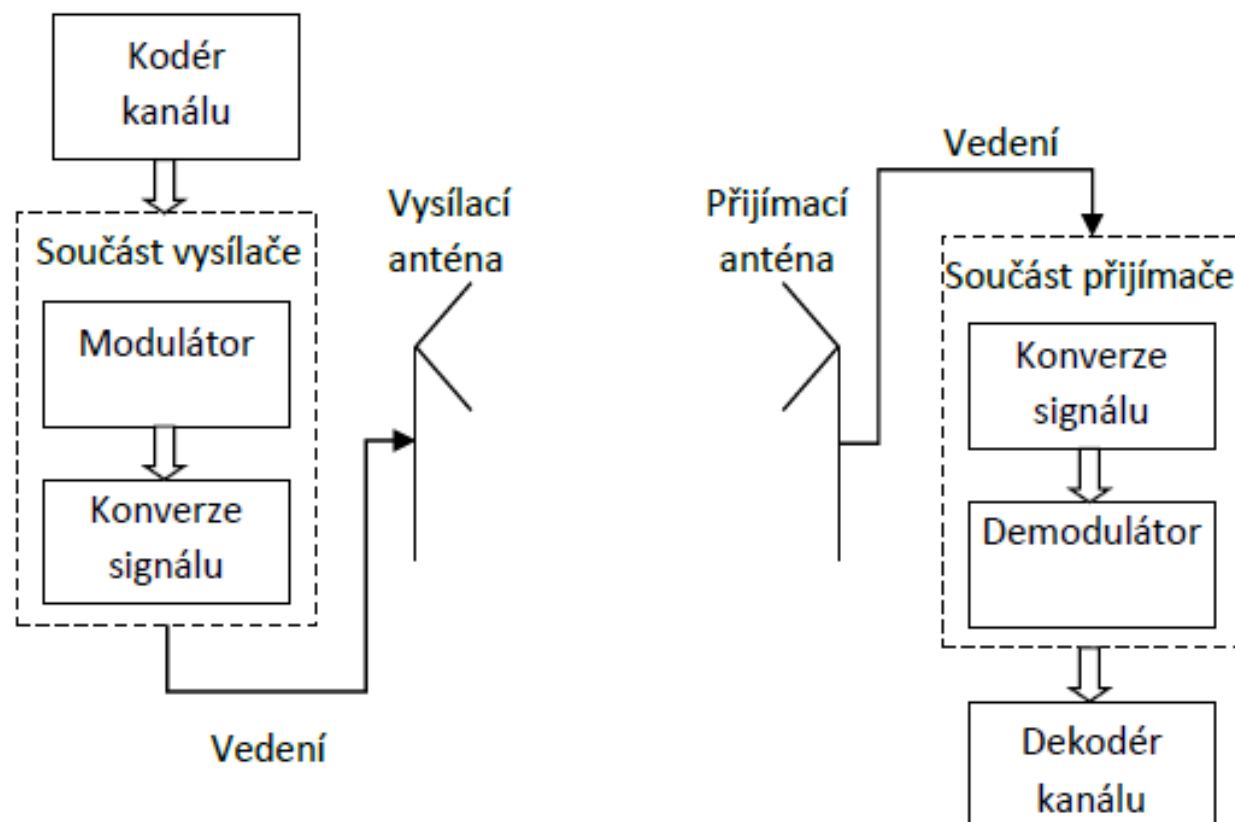
Základní bloky sdělovacího řetězce

- Součástí kodéru zdroje mohou být i další součásti:



Přenosový kanál

- Pojem přenosový kanál je obecně nutno chápat jako soubor technických prostředků, které umožní přenést vhodnou podobu informace (elektromagnetický signál) na potřebnou vzdálenost.



Rádiové spektrum

- Rádiovým spektrem se podle zákona č. 127/2005 Sb., o elektronických komunikacích a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o elektronických komunikacích) ve znění pozdějších změn (dále jen „zákon“) rozumějí elektromagnetické vlny o kmitočtu od 9 kHz do 3 000 GHz, šířené prostorem bez zvláštního vedení.
- **Plán přidělení kmitočtových pásem** (národní kmitočtová tabulka), který určuje přidělení kmitočtových pásem jednotlivým radiokomunikačním službám. (citace: <https://www.ctu.cz/radiove-spektrum>)
- Plán využití rádiového spektra: <https://www.ctu.cz/plan-vyuziti-radioveho-spektra>
- Národní kmitočtová tabulka:
 - <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/stranky/539/soubory/narodnikmitoctovatabulka.pdf>

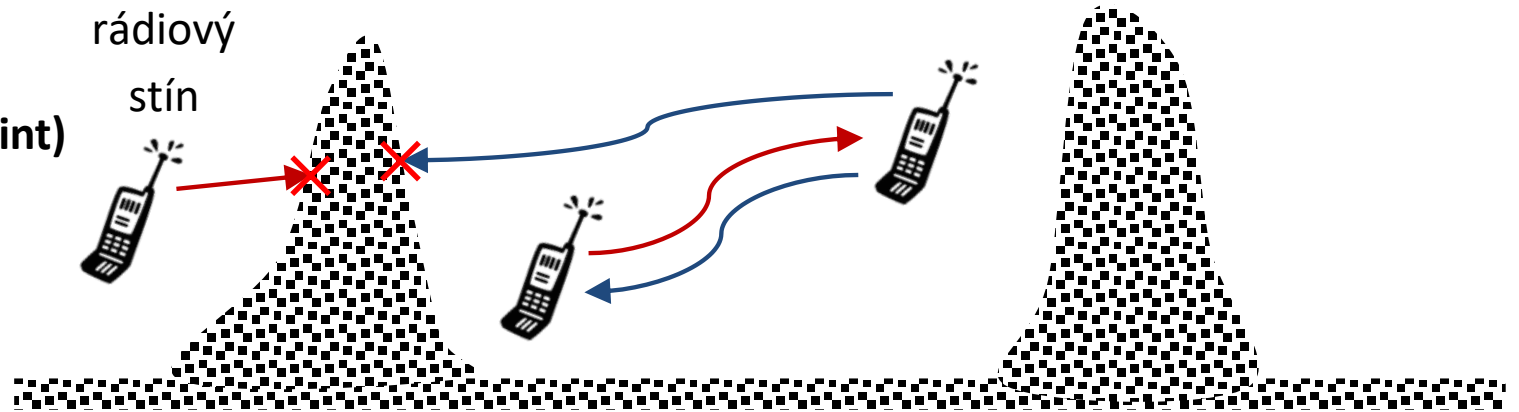
Rádiové spektrum

- Využití rádiového spektra: <http://spektrum.ctu.c>

The screenshot displays the website for the Czech Telecommunications Authority (CTU). The main heading is "VYUŽITÍ RÁDIOVÉHO SPEKTRA". Below this, a spectrum diagram shows frequency bands from 35 to 24 GHz. Each band is associated with a specific service, represented by an icon and a label: Ovládání modelů (35-40 MHz), Rozhlas (87.5-108 MHz), Vysílačka (446 MHz), Televize (470-790 MHz), Mobilní telefon (900 MHz), Navigace (1.2-1.6 GHz), WiFi (2.4 GHz), Družicová televize (12 GHz), and Mikrovlnný spoj (24 GHz). Below the spectrum diagram is a search and filter interface. The search section is titled "VYHLEDÁVÁNÍ" and includes a search bar with the placeholder text "zadejte klíčové slovo". The filter section is titled "FILTROVÁNÍ" and includes a slider for "Dle kmitočtu" (6 kHz to 300 GHz), a dropdown for "Dle služby", and a dropdown for "Dle aplikace". A "FILTROVAT" button is located at the bottom right of the filter section.

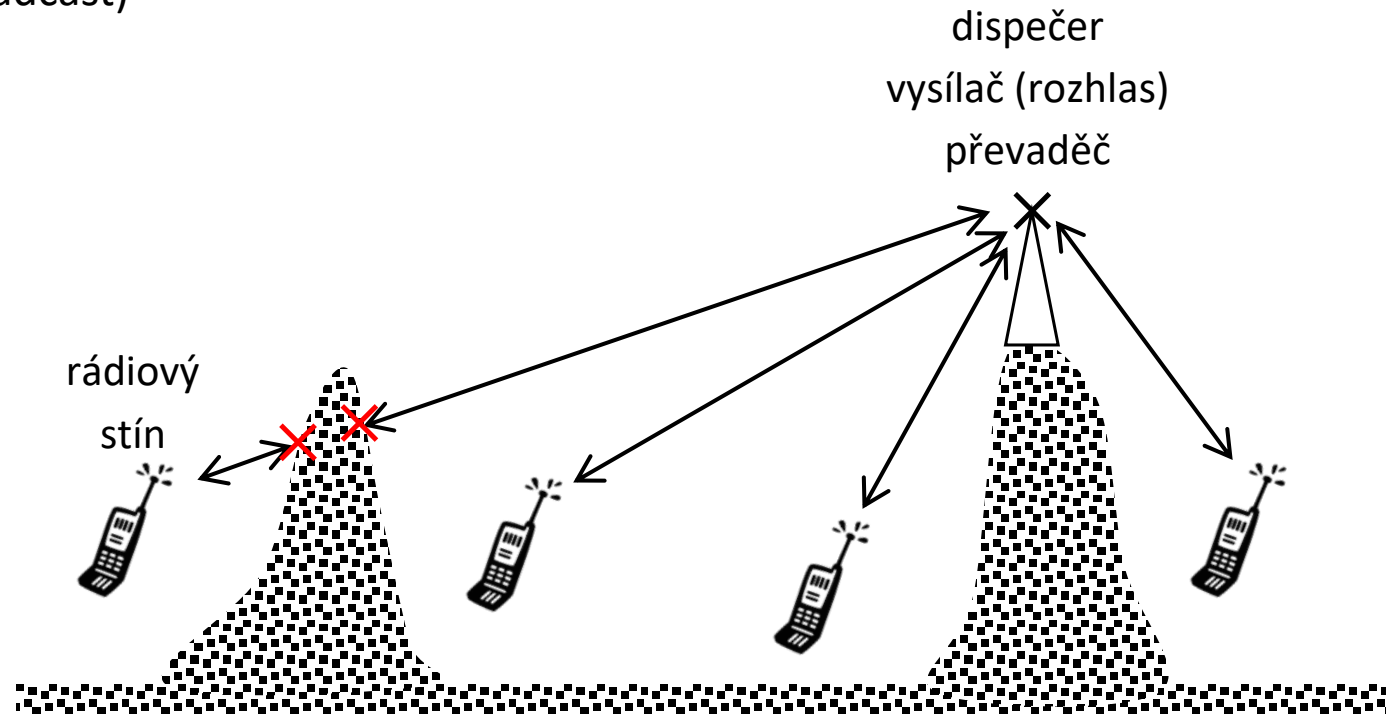
TYPY RÁDIOVÝCH SÍTÍ

- Podle geometrie:
 - **dvoubodové spojení (point to point)**
 - síť hvězdicová (dispečerská)
 - síť rozhlasová (broadcast)
 - trunková síť
 - síť typu každý s každým – multicast (včetně případných priorit)
 - síť s retranslačními stanicemi
 - síť buňková



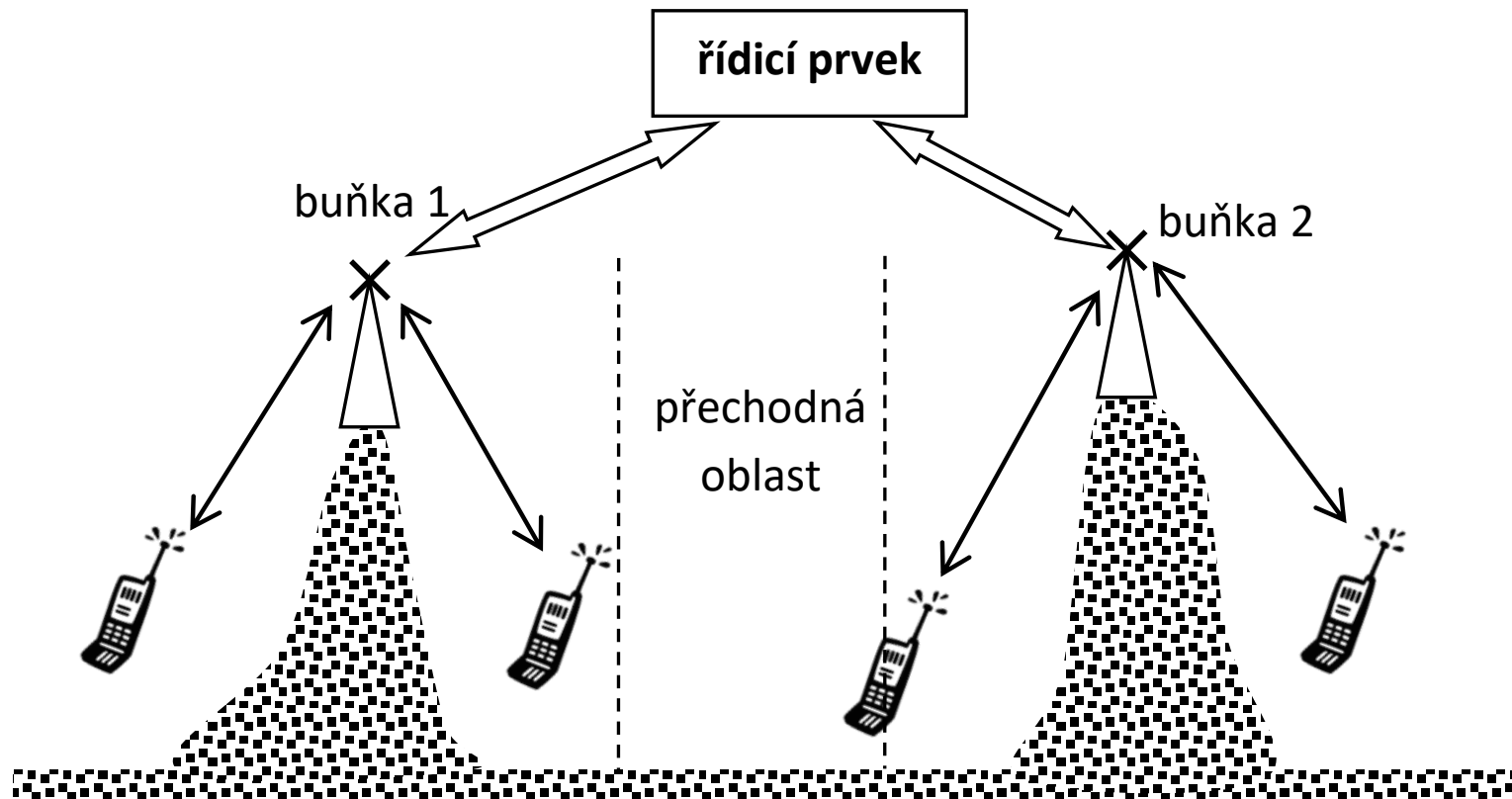
TYPY RÁDIOVÝCH SÍTÍ

Síť rozhlasová (broadcast)



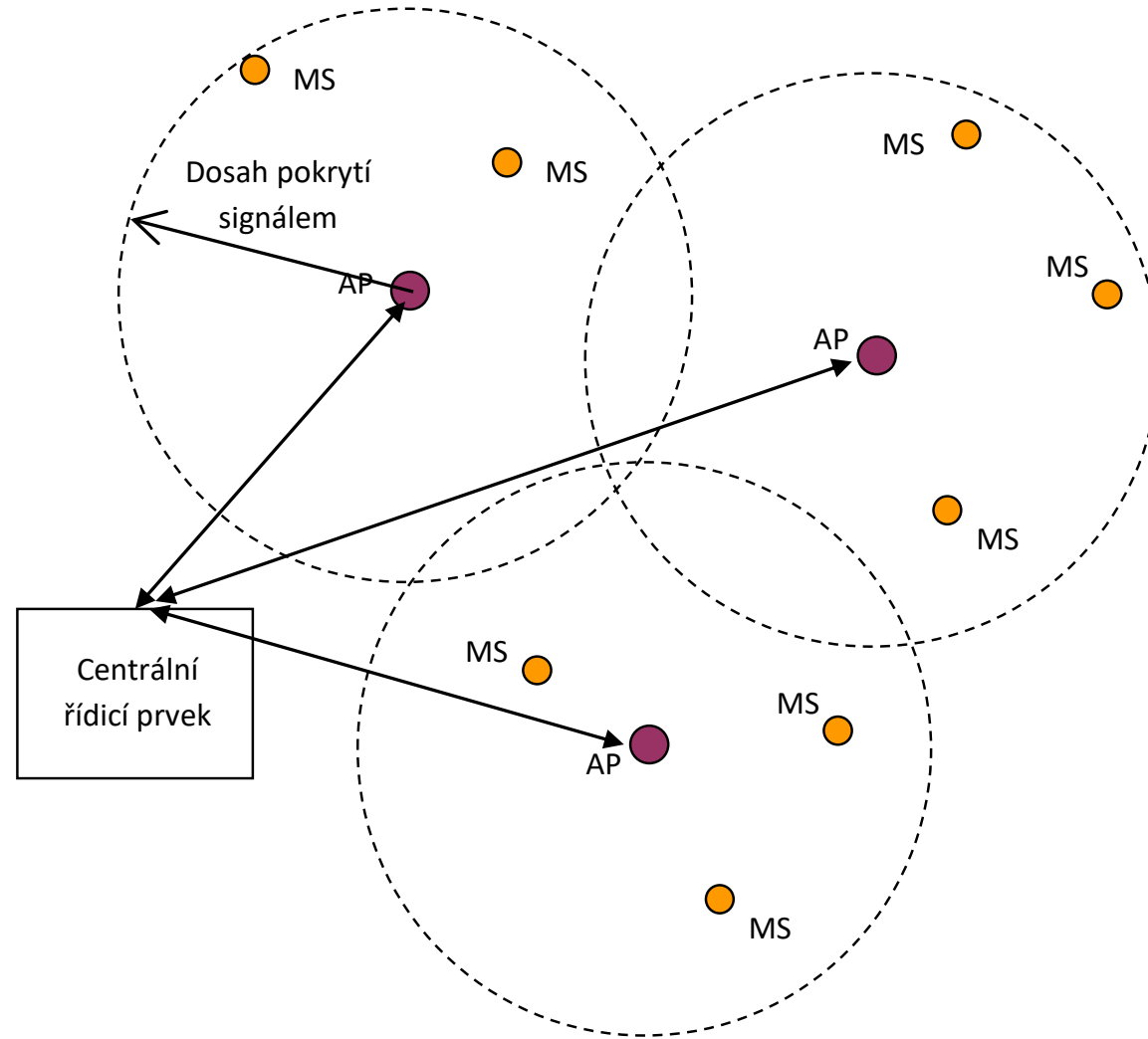
TYPY RÁDIOVÝCH SÍTÍ

Sít' buňková



ARCHITEKTURA RÁDIOVÉHO SYSTÉMU

Sít' buňková

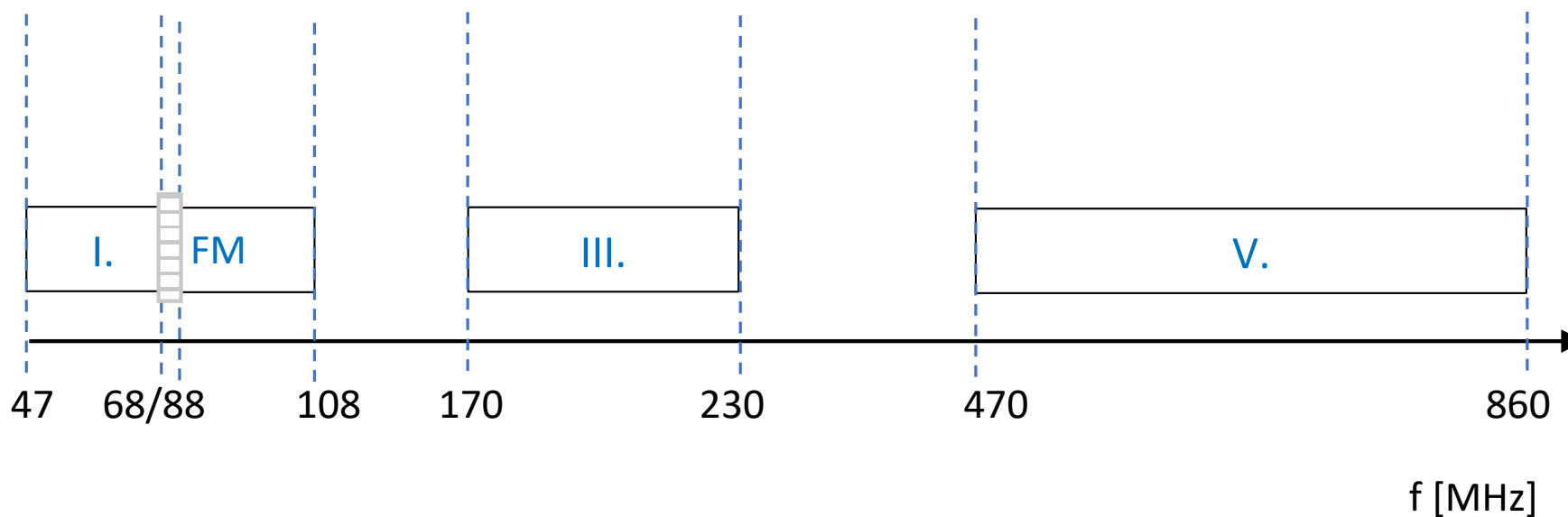


Broadcasting systémy

- základním smyslem je přenos informace v jejím původním významu – sdělit veřejnosti důležitou událost, pokyn nebo upozornit na nebezpečí
- systém je určený pro přímý příjem širokou veřejností, to znamená není potřeba mít oprávnění pro příjem signálu
- systém může být omezený pro konkrétní území nebo stát
- vysílání se realizuje bez ohledu na to, zda jsou sdělení, zvuky, znaky a další formy interpretace informace přijímány koncovými uživateli
- systémy mohou být významově omezené s informováním např. o hrozícím nebezpečí
- **Rozhlas** – jednosměrný systém pro **vysílání** zvuku a dalších informací s využitím rádiových vln **do rozhlasových přijímačů**
- **Televize** – jednosměrné **vysílání** obrazu a zvuku (s dalšími informacemi) s využitím rádiových vln **do televizních přijímačů**

Broadcasting systémy – frekvenční pásma

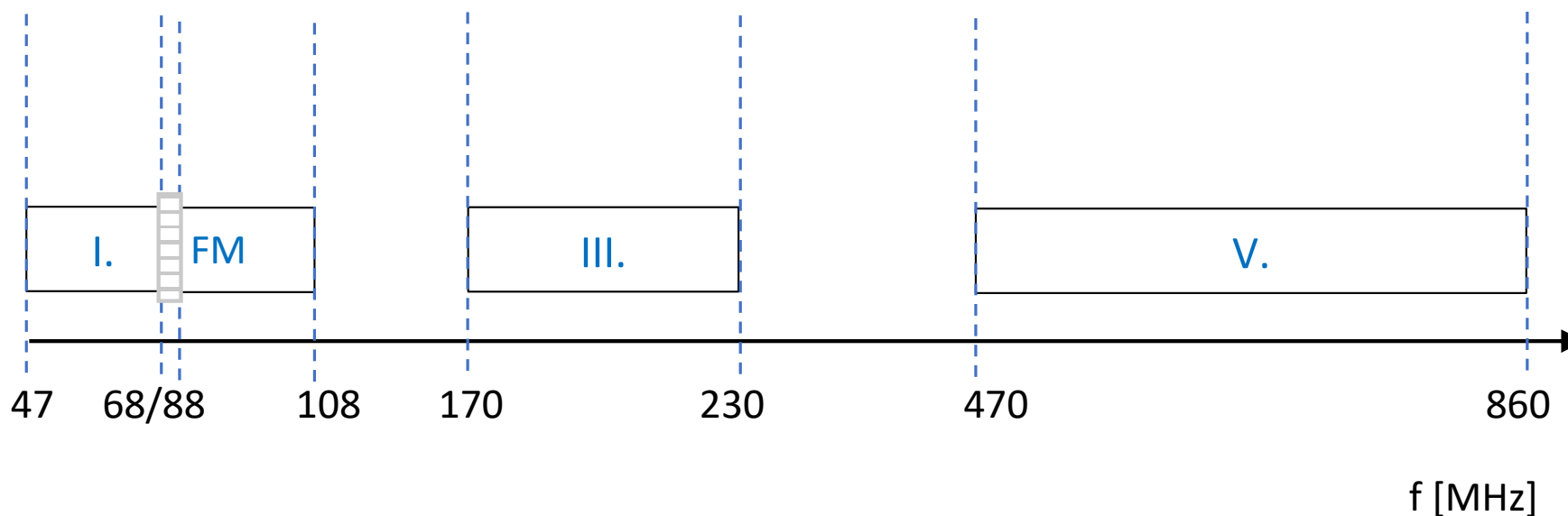
Vývoj analc



I. pásmo – první alokované pásmo pro televizní systém v Evropě bylo v rozmezí 47 až 68 MHz. Např. v Československu, které patřilo do východního bloku států, byly vytvořeny jen 2 kanály o šířce 8 MHz s frekvencemi 48,5-56,5 MHz a 58-66 MHz.

Broadcasting systémy – frekvenční pásma

Vývoj analc



III. pásmo – určeno pro rozvoj televizního vysílání, jeho šířka je značně větší oproti pásmu prvnímu. Slovo „program“ bylo při zavádění nových vysílacích stanic (neplést s vysílačem) často zaměňováno s označením „kanál“. V Evropě se jedná o pásmo od 174 do 230 MHz.

V. pásmo – další rozvoj TV systému v pásmu 470 až 855 MHz (s omezením pro některé země).

Komunikace v bezlicenčním pásmu

- Bezlicenční pásmo je určené pro provoz mnoha druhů zařízení, a to bez nutnosti platby za provoz služeb. Pásmo se označují jako ISM, zkratku lze popsat jako vybraná pásma pro komunikaci zařízení v průmyslu, vědě a zdravotnictví (Industrial, Science, Medical). Na úrovni závazných předpisů nebo zákona nikdo při provozu zařízení v pásmech ISM negarantuje fungování komunikace, na druhou stranu legislativně jsou omezeny podmínky provozu zařízení. Tím nejomezovanějším parametrem komunikačních zařízení je maximální vysílací výkon, v některých případech je to výkonová hustota přepočítaná na šířku frekvenčního pásma. Je také dobré vědět, že nejvýkonnějším zdrojem vysílaného výkonu v pásmu ISM je v každé domácnosti mikrovlnná trouba. I proto je nejširší pásmo ISM s centrální frekvencí 2,45 GHz uvolněno pro volné využití.
- Stanovení požadavků na bezdrátovou síť a vlastní návrh architektury systému nesouvisí pouze s realizací potřeb koncového uživatele nebo provozovatele.

Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

- Na počátku návrhu jakéhokoliv systému pro sběr dat je nutné vždy uvažovat základní architekturu systému s přístupovým bodem a v okolí se pohybujícími se zařízeními. V některých případech mají všechna zařízení stejnou konstrukci, pouze se některé ze zařízení konfiguruje do role nadřazeného prvku jako Master, ostatní zařízení se přepnou do režimu podřízených typu Slave. První návrh architektury systému zohledňuje velikost lokality a typ prostředí pro poskytování služeb.
- Následné provedení základní analýzy informačních, nebo lépe datových toků, které vznikají na výstupu zdrojů informace, je pak společně s představou o architektuře systému předpokladem pro správnou volbu komunikační technologie. Celkový informační tok ze všech zdrojů informace je pak základním podkladem pro stanovení přenosové kapacity celého navrhovaného systému.
- Trh se zařízeními pro bezdrátový přenos dat je z pohledu běžného uživatele téměř neomezený. Volba té správné technologie je možná jen v případě, že vývojář systému získá obecný přehled o aktuální nabídce dostupných technologií a vhodném účelu jejich použití. Nejčastější představa o možnosti přenosu dat buď zařízeními WiFi nebo veřejnými mobilními sítěmi je zcela jistě velmi omezená, v mnoha případech finančně náročná a často i technicky nerealizovatelná pro spolehlivý provoz systému.

Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

- *Radiostanice*

- Účelem systému radiostanic je vytvořit mobilní nebo alespoň lehce přenosné spojení na střední vzdálenosti (1 - 20 km) pro omezenou skupinu účastníků. Jedná se o početně omezené skupiny, jako jsou složky záchranného systému (policie, hasiči, záchranné týmy), taxislužba, komunikační systémy pro železnice, automobilová doprava, letecká doprava, námořní doprava apod.
- Radiostanice využívají analogové i digitální modulační techniky, i podle toho se zpravidla rozdělují na analogové nebo modernější digitální. Systém radiostanic může umožňovat i přenos dat, podle výstupního výkonu i na větší vzdálenosti v řádu kilometrů. Právě komunikační vzdálenost (dosah) odlišuje radiostanice od dalších osobních forem komunikací podle standardů, které jsou popsány dále.

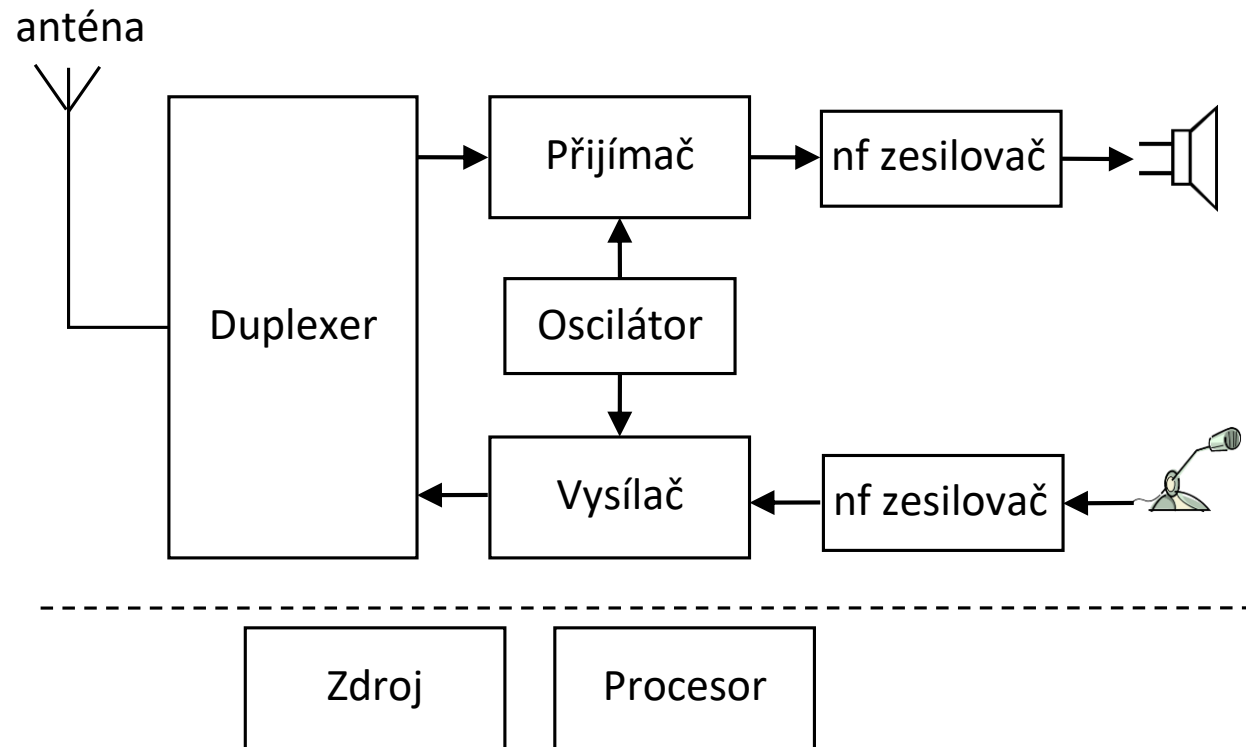
System radiostanic

Kmitočtová pásma pro radiostanice:

Označení	Kmitočty	Vlastnosti
KV (HF)	1 MHz - 30 MHz	přímé šíření nízký útlum ohyb na překážkách ionosférické odrazy
VKV (VHF)	30 MHz - 300 MHz	přímé šíření nízký útlum ohyb na překážkách odrazy od pozemních objektů
UKV (UHF)	300 MHz - 3 GHz	přímé šíření – nízký útlum ohyb na překážkách odrazy od pozemních objektů
Mikrovlny (SHF)	1 GHz – 30 GHz	přímé šíření útlum v atmosféře bez ohybu odrazy od pozemních objektů

System radiostanic

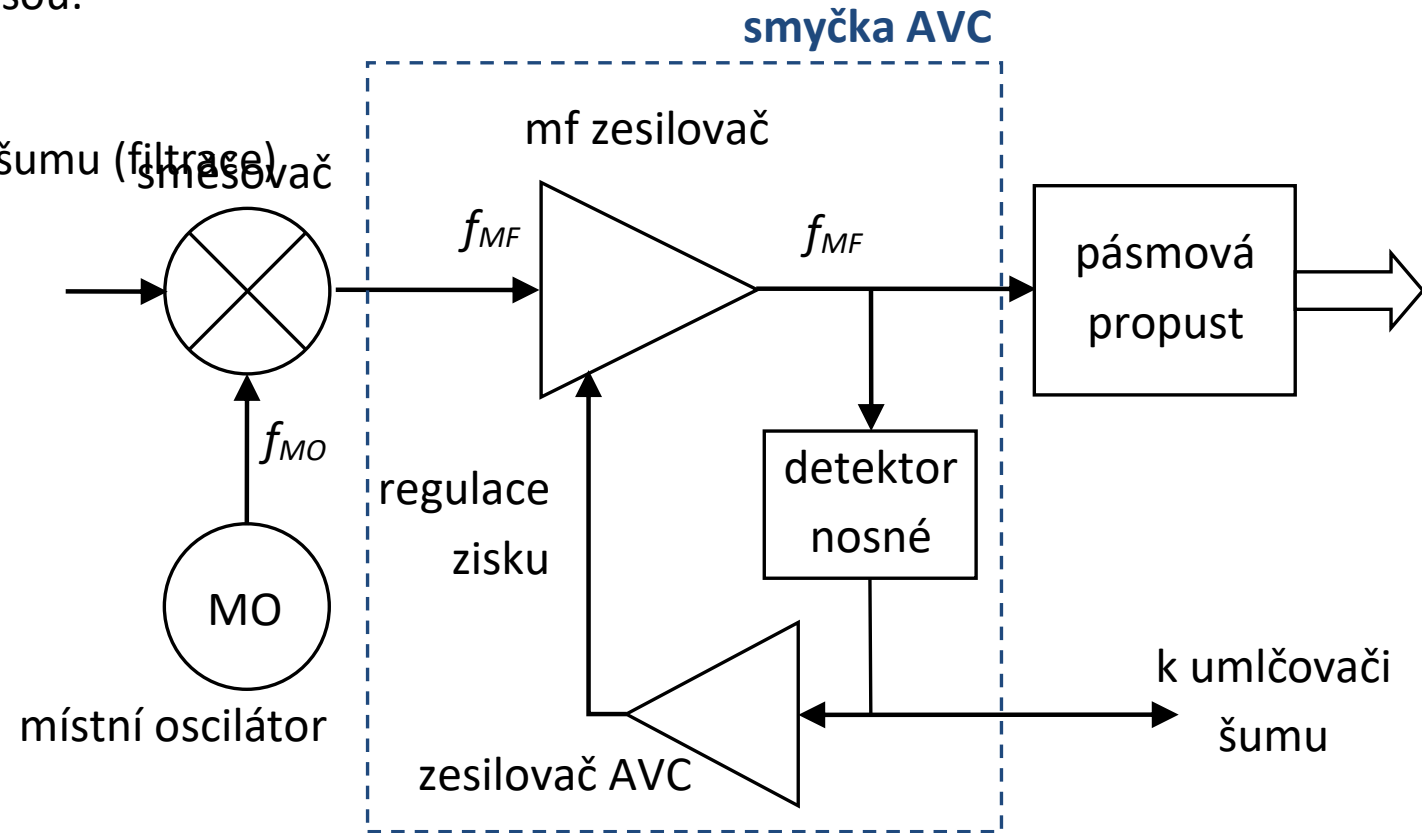
- Blokové schéma radiostanice je jednoduché a jeho základní struktura odpovídá takřka všem koncovým rádiovým telekomunikačním zařízením. Radiostanice se skládá ze tří důležitých bloků (anténa s duplexerem, přijímač, vysílač), které jsou řízeny a napájeny nadstavbovým řídicím blokem.



System radiostanic - přijímač

Základní funkcí bloku přijímače jsou:

- zesílení signálu
- oddělení signálu od rušení a šumu (filtrace)
- demodulace a dekódování



Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

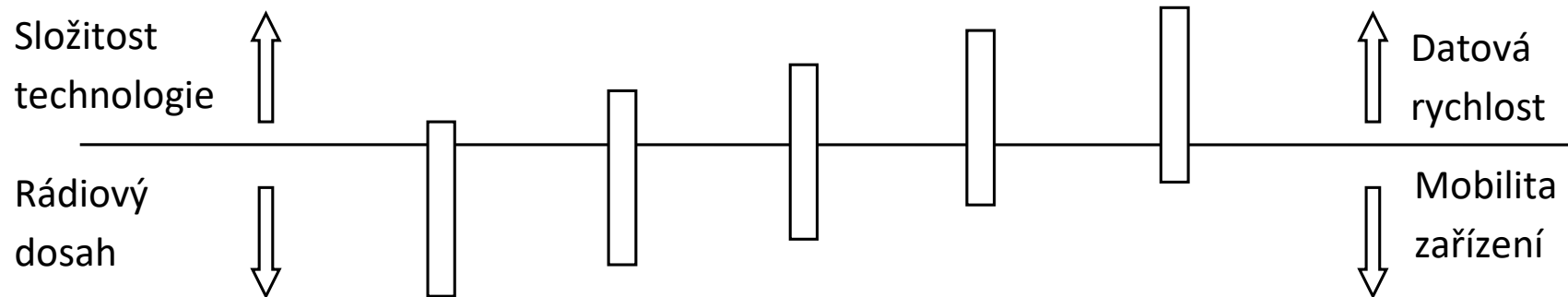
- *Sítě PAN*

- PAN (Personal Area Network) je svým rozsahem osobní sítí pro přenos dat mezi počítači, telefony, tablety a dalšími osobními elektronickými zařízeními typu chytrých hodinek, náramků apod. Původní záměr pro použití sítí PAN byl i v nahrazení veškerého kabelového propojení pro přenos signálů a dat mezi počítačem, monitorem, tiskárnou a dalšími periferiemi. Tento cíl ale není splněn ani po téměř 15 letech provozu těchto sítí.
- V počátcích rozvoje sítí PAN vzniklo i mnoho technologií, které byly pro svoji obtížnou použitelnost odsouzeny k rychlému ukončení podpory ze strany výrobců. Jedná se zejména o přenosy pomocí IrDA, tedy infračerveného pásma, které je běžně využitelné pro ovladače pro domácí AV techniku.
- Na druhém konci vývoje existuje vývoj a produkce zařízení pro vysokorychlostní přenos dat s přenosovými rychlostmi v řádech stovek Mbit/s. Představiteli jsou Wireless USB a další varianty širokopásmových služeb.

Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

- *PAN - standard 802.15*

- Standard 802.15 zahrnuje technologie známé svými populárními označeními zařízení, jako jsou Bluetooth nebo ZigBee. Jejich správná označení jsou čísla, která popisují celý standard a tedy technologii, typická využití a postupy pro nastavení, programování aplikací nebo možnosti HW úprav, pokud je to možné. Samotné číslo 802.15.1 by ale při prodeji produktů nebylo tak populární jako označení Bluetooth.
- Technologie ve standardu 802.15 neodpovídají z pohledu použití pouze sítím PAN, ale mohou být využity pro aplikace sběru dat ze senzorů v průmyslových halách a dalších komplikovaných prostorách s rádiovým dosahem až ke 100 metrům.



- *Obecný vztah mezi složitostí technologie, rádiovým dosahem. Mobilitou zařízení a datovou rychlostí*

Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

- ***IEEE 802.15.1 Bluetooth***
- Zařízení označovaná jako Bluetooth jsou nejrozšířenější technologií pro komunikaci v osobních sítích. Jejím rozšíření napomohla jednoduchost v navazování spojení a v možnosti přenosu dat pomocí intuitivních uživatelských aplikací.
- ***IEEE 802.15.4 ZigBee***
- Standard 802.15.4 je určen zejména pro průmyslové aplikace, obecně ale může být využit pro vytvoření jakéhokoliv komunikačního systému, včetně osobní sítě. Od Bluetooth se liší ve svém hlavním využití, a to ve sběru dat ze senzorů v komplikovaných prostředích na větší vzdálenosti. Přenosové datové rychlosti pak odpovídají sběru informací ze senzorů a zpravidla dílčí reálné datové toky nepřesahují desítky kbit/s.
- ***IEEE 802.11 WiFi***
- Standard 802.11 je celosvětově nejrozšířenějším systémem pro vytváření sítí typu WLAN, tedy bezdrátových sítí pro přístup k internetu. Samotná technologie ale umožňuje i vytvoření uzavřené osobní sítě jen s několika komunikujícími body. Nejnovější varianty standardu 802.11 jsou určeny pro telematické aplikace.

Komunikační technologie pro bezlicenční pásma

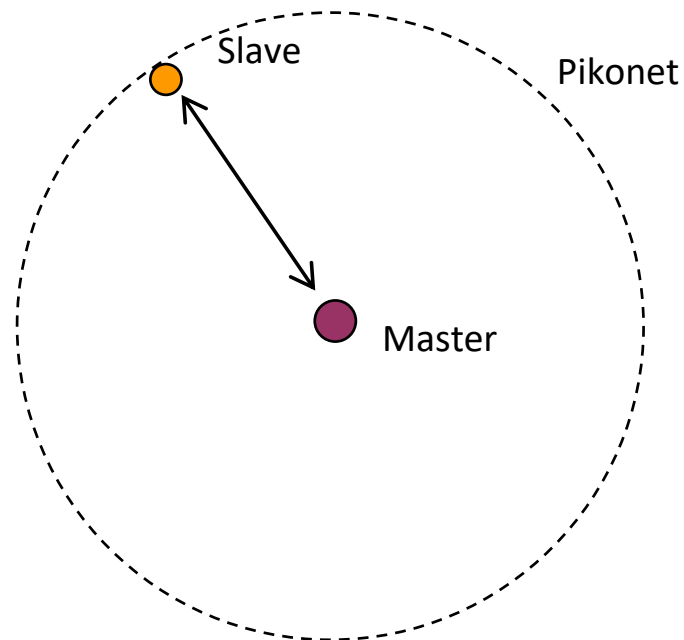
- *Koexistence komunikačních a dalších systémů v bezlicenčních pásmech*
- Koexistence více komunikačních systémů v jednom pásmu je možná pouze za předpokladu používání systémů podle předem daných norem, spočívajících většinou v dodržování maximálního vysílacího výkonu, tvaru spektra a časového rozložení vysílání.
- Příjemcem zprávy je zpravidla člověk, který rozpozná např. ze zvukového nebo obrazového signálu potřebnou informaci. Příjemci zprávy jsou ale také automatizovaná zařízení nebo počítače, které dokážou zpracovat přenášenou informaci a na základě zpracování informace provést vybranou činnost nebo řídit další zařízení.

StANDARD 802.15 - *Bluetooth*

- Standard 802.15 byl vyvíjen od roku 1994 (firma Ericsson)
- Očekávané přenosové datové toky byly navrženy rychlosti 1 Mb/s a 2 Mb/s
- Rychlosti pro aplikační využití dostatečné pro výměnu dat na úrovni sériové linky RS-232
- Postupný vývoj směřující k zařízením s nízkou spotřebou pro osobní elektroniku

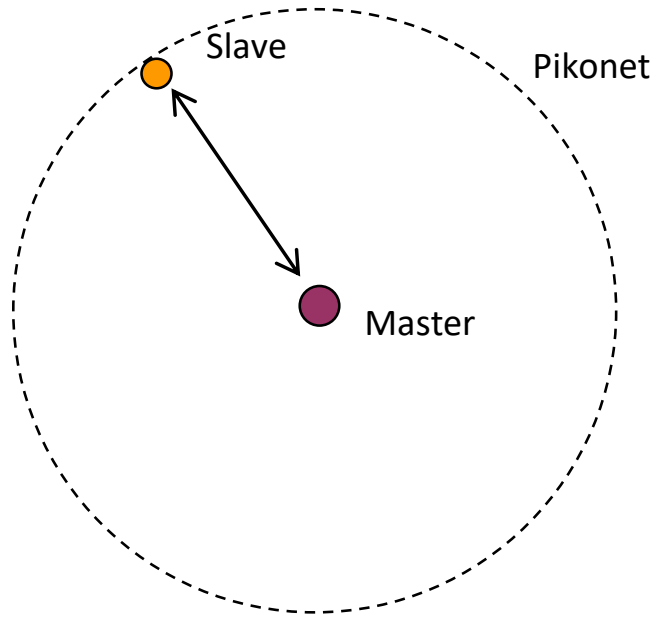
Každá síť typu 802.15 obsahuje :

- Zařízení Master
- Zařízení Slave
- Přenosová cesta

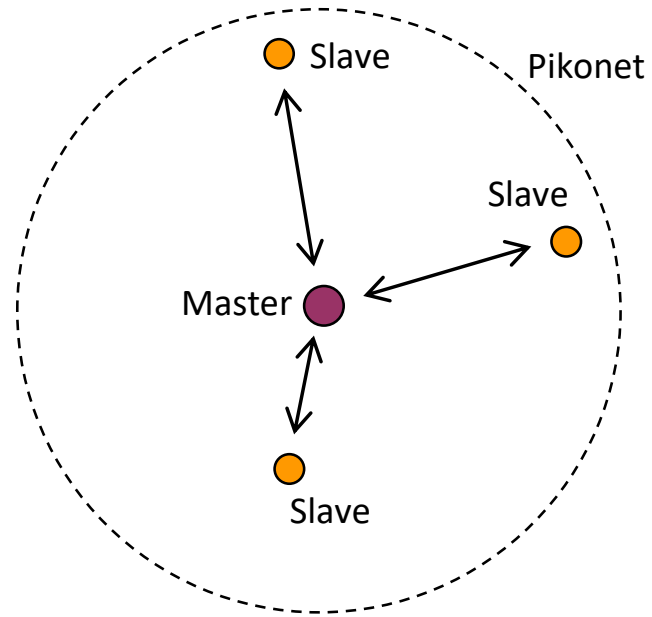


ARCHITEKTURA SYSTÉMU 802.15

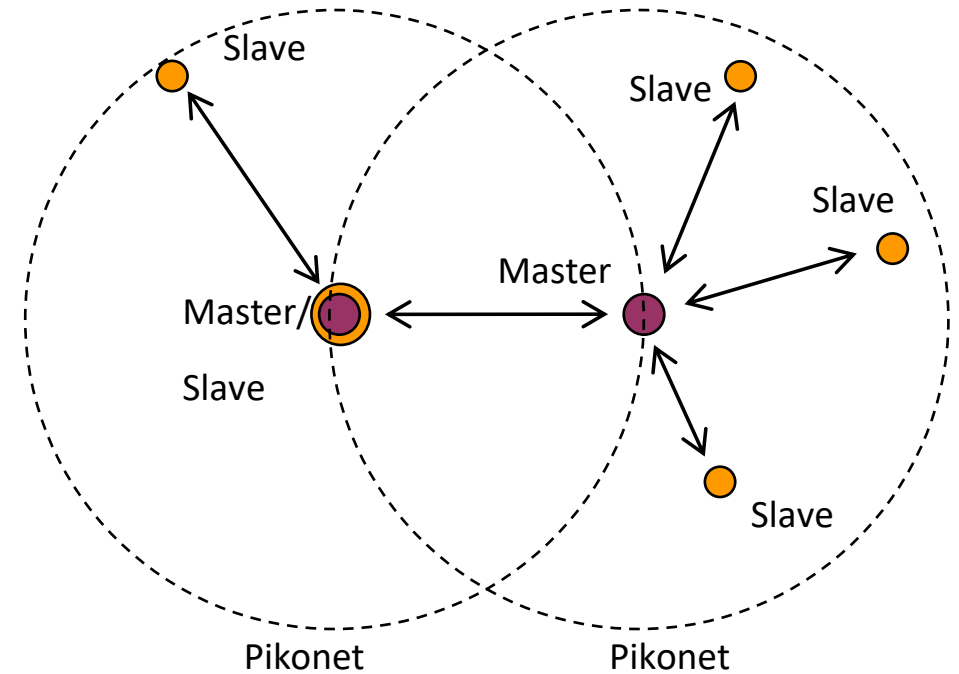
- Point-To-Point



Point-To-Multipoint



překryv sítí



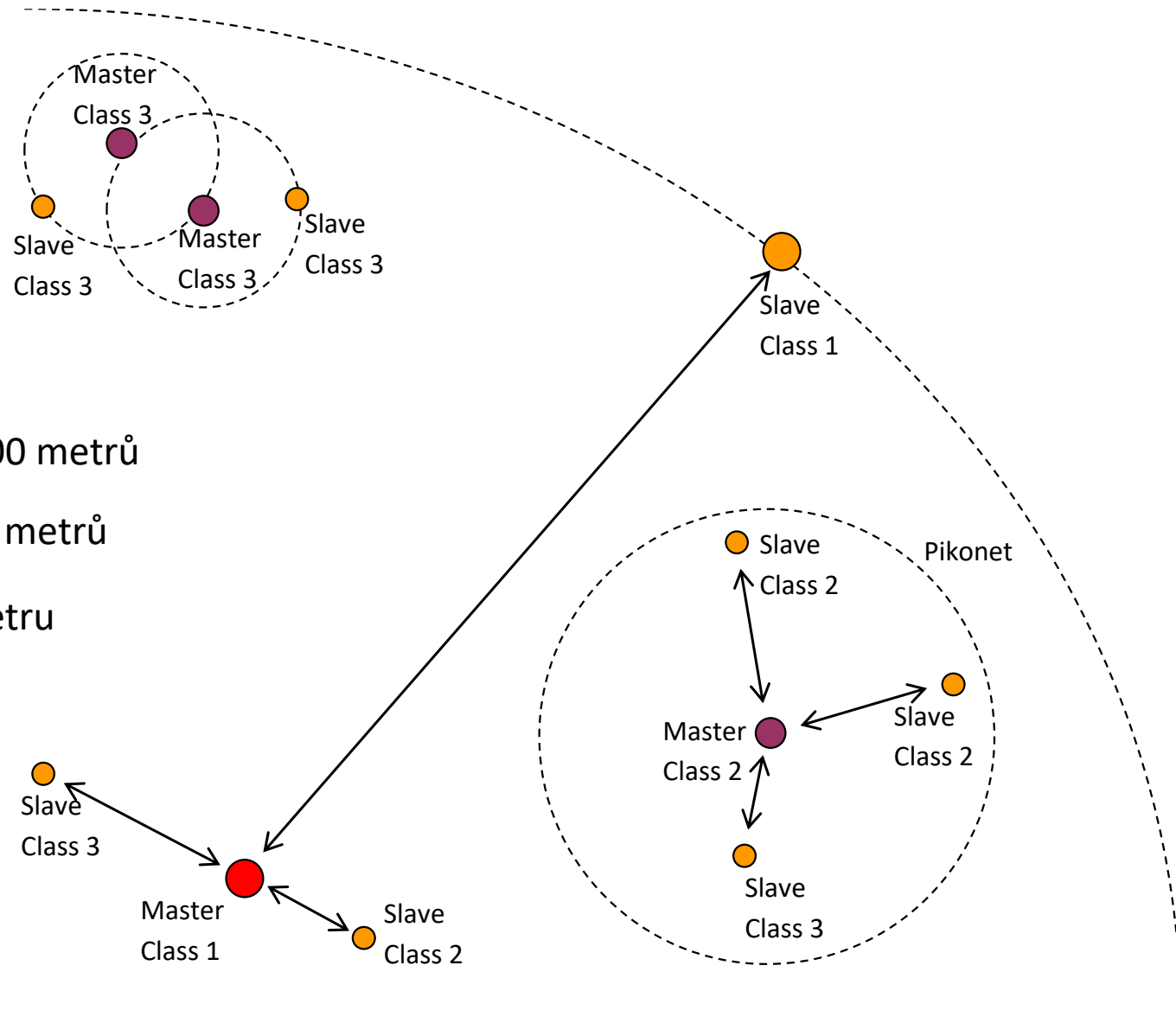
Třídy Bluetooth

- Dosah signálu Bluetooth je řízen třídami, které se liší podle výkonu vysílače. Nejčastější rozdělení popisuje 3 třídy, občas uváděná třída 4 nemusí být zařízeními podporována.
 - Třída 1 (Class 1) – 100 mW, komunikace do 100 metrů
 - Třída 2 (Class 2) – 2,5 mW, komunikace do 10 metrů
 - Třída 3 (Class 3) – 1 mW, komunikace do 1 metru

Třída (Class)	P [mW]	P [dBm]	Dosah (Range) [m]
1	100	20	100
1.5 (pro BT 5)	10	10	20
2	2,5	4	10
3	1	0	1
4	0,5	-3	0,5

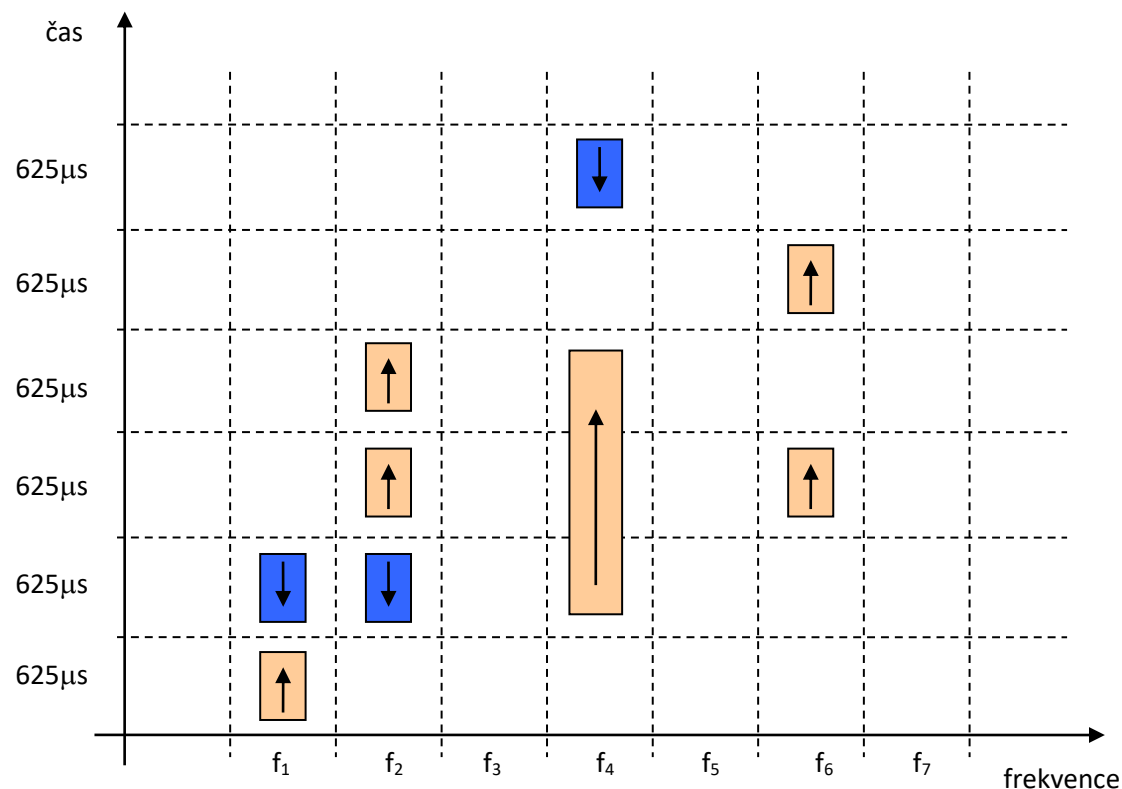
Třídy Bluetooth

- Třída 1 (Class 1) – 100 mW, komunikace do 100 metrů
- Třída 2 (Class 2) – 2,5 mW, komunikace do 10 metrů
- Třída 3 (Class 3) – 1 mW, komunikace do 1 metru



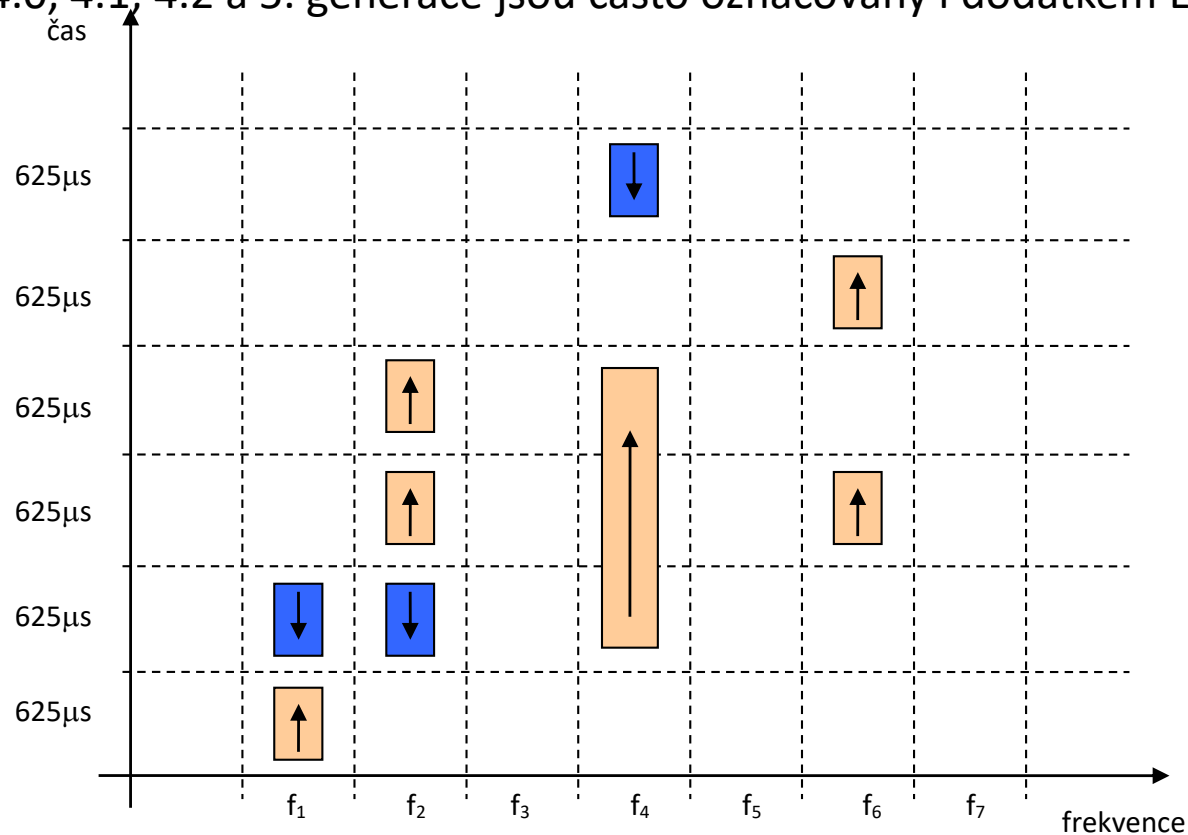
Rádiové rozhraní bluetooth

- Všechna rozhraní Bluetooth pracují v pásmu ISM (v Evropě) 2 400 – 2 483,5 MHz.
- Pásmo ISM je rozděleno na 80 kmitočtů s modulací GFSK pro Bluetooth 1.2, QPSK pro verzi 2.1 a vyšší.
- Technika FHSS – až 1 600 přeskoků za sekundu mezi frekvenčními subkanály – komunikace na jednom kanálu 625 μ s.



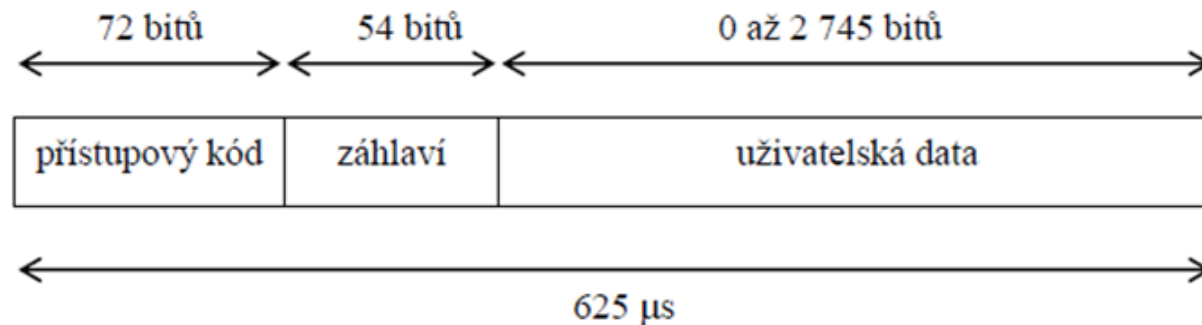
Rádiové rozhraní bluetooth

- Nověji zavedené verze Bluetooth 2.0 nebo 2.1 nabízejí přenosy 2,1 Mbit/s s využitím čtyřstavové modulace QPSK.
- Nové verze Bluetooth 4.0, 4.1, 4.2 a 5. generace jsou často označovány i dodatkem LE – Low Energy.



Struktura rámce bluetooth

- - celková délka rámce 126 až 2 871 bitů
- - přístupový kód – 72 bitů
- - jedinečný pro každou pikosíť, umožňuje komunikaci pouze autorizovaným účastníkům
- - záhlaví – 54 bitů
- - informace o délce 18 bitů je zakódována do 54 bitů
- - uživatelská data – 0 až 2 745 bitů



Specifikace bluetooth

- - původní návrh je z roku 1994
- - specifikace byly vytvořeny v roce 1998 – Bluetooth Special Interest Group (BT SIG). Hlavními tvůrci byly Ericsson, IBM, Intel, Nokia a Toshiba; nyní desítky tisíc členů.

• *Bluetooth v1.0*

- Verze 1.0 a 1.0b – zařízení nebyla interoperabilní mezi výrobci
- - nevhodné použití povinné hardwarové adresy – není zaručena anonymita protokolu

• *Bluetooth v1.1*

- - jako IEEE Standard 802.15.1-2002 přijat v roce 2002
- - podpora pro nešifrované kanály
- - měření síly (intenzity) signálu – RSSI (Received Signal Strength Indicator)

Specifikace bluetooth

• **Bluetooth v1.2**

- - jako IEEE Standard 802.15.1-2005 přijat v roce 2005
- - zpětně kompatibilní s 1.1, ale s mnoha dalšími funkcemi: rychlejší připojení a vyhledání zařízení
- - Adaptivní Přeskakování Frekvencí (AFH) pro odolnost vůči rušení
- - přenosové rychlosti až 721 kbit/s

• **Bluetooth v2.0 (+ EDR)**

- - jedná se o úpravu rychlosti komunikace – představeno v roce 2005
- EDR (Enhanced Data Rate) - přináší datové toky až 3 MBit/s – užitečná maximální rychlost přenosu dat je 2,1 MBit/s.
- - EDR je ve verzi BT 2.0 uváděna jako volitelná funkce
- - kombinace modulací GFSK (Gaussovská FSK – Frequency Shift Keying) + QPSK
- díky vyšší přenosové rychlosti vzniká úspora energie – první předpoklad pro vznik LE – Low Energy

Specifikace bluetooth

• *Bluetooth v2.1 + EDR*

- - verze přijata BT SIG v roce 2007
- - SSP (Secure Simple Pairing) – důraz na využívání bezpečného párování
- - poskytování více informací během párování (před spojením)
- - další snížení spotřeby v režimu low-power mode

• *Bluetooth v3.0 (+ HS)*

- - verze přijata v roce 2009 – úprava předchozí verze
- - HS (High Speed) – až do rychlostí 24 Mbit/s – označováno jako AMP (Alternative MAC/PHY)
 - - BT zajišťuje navázání a vytvoření spojení mezi zařízeními, přenos probíhá následně s využitím standardu 802.11
- - Unicast Connectionless Data – přenos servisních dat i bez ustanovení přenosového kanálu – následně umožní dosažení nižšího zpoždění při posílání malých dávek dat
- - Enhanced Power Control – řízení síly (výkonu) signálu při změně okolních podmínek (přesunutí zařízení do méně vhodné pozice pro přenos)

Specifikace bluetooth

•*Bluetooth v4.0*

- - specifikace dokončena v roce 2010 jako náhrada předchozích verzí včetně BT 3.0
- - **BT Low Energy** – hlavní vlastnost nové verze pro zařízení s nízkými datovými toky – předpoklad pro „chytrá“ zařízení s dlouhou výdrží zdroje energie
 - - založeno na velmi rychlém párování, následném přenosu malé dávky dat a přerušení spoje
 - - označováno také jako BT Smart Ready nebo BT Smart
 - - **Single Mode** – verze pouze s variantou LE
 - - Dual Mode – integrace LE s „klasickým“ BT
- - verze **Single Mode** umožnila vyrobit **levné kompaktní zařízení** se spotřebou „ultra-low power“ v režimu nečinnosti zařízení, zjednodušením hledání zařízení nebo komunikací Point2MultiPoint s využitím šifrování.

StANDARD 802.11 - WiFi

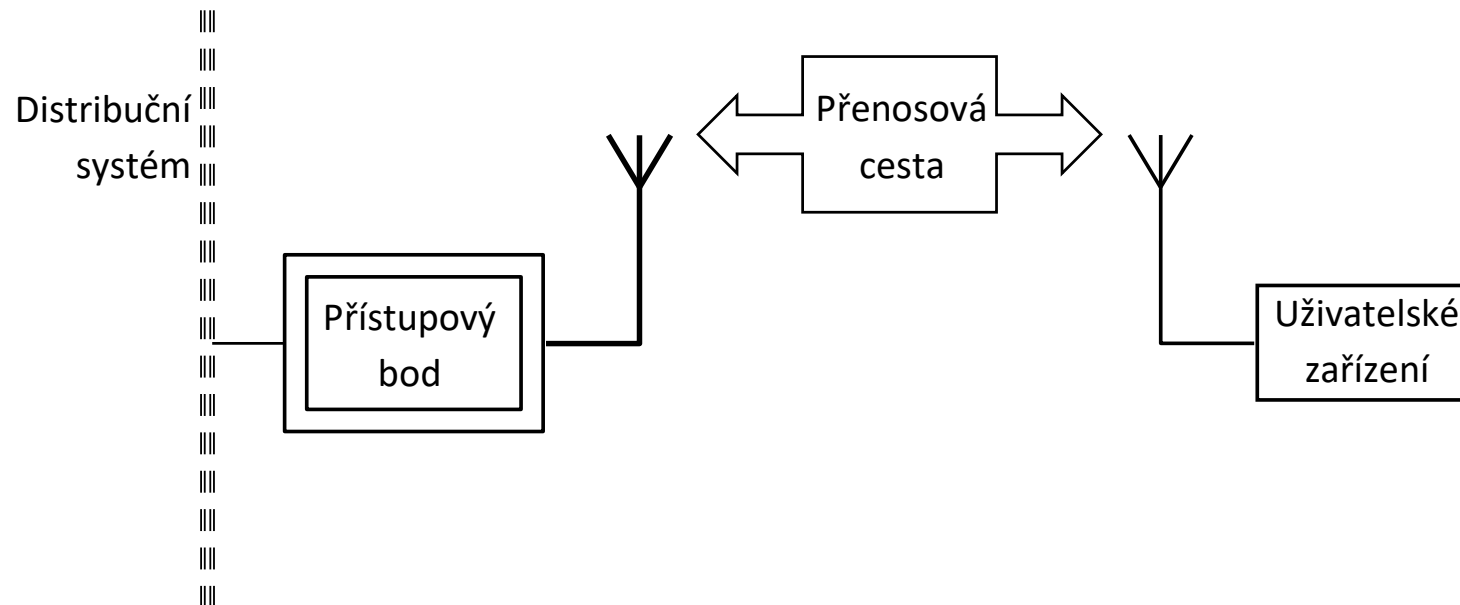
- Standard 802.11 byl definován v roce 1997
- Očekávané přenosové datové toky byly navrženy rychlosti 1 Mb/s a 2 Mb/s
- Rychlosti byly pro aplikační využití nedostatečné
- Funkce síťových komponent i řešení komunikace se ukázaly jako bezproblémové a v budoucnu rozšiřitelné

Každá síť typu 802.11 obsahuje čtyři hlavní druhy fyzických komponent:

- Distribuční systém
- Přístupový bod (Access Point)
- Přenosová cesta
- Stanice – uživatelská zařízení

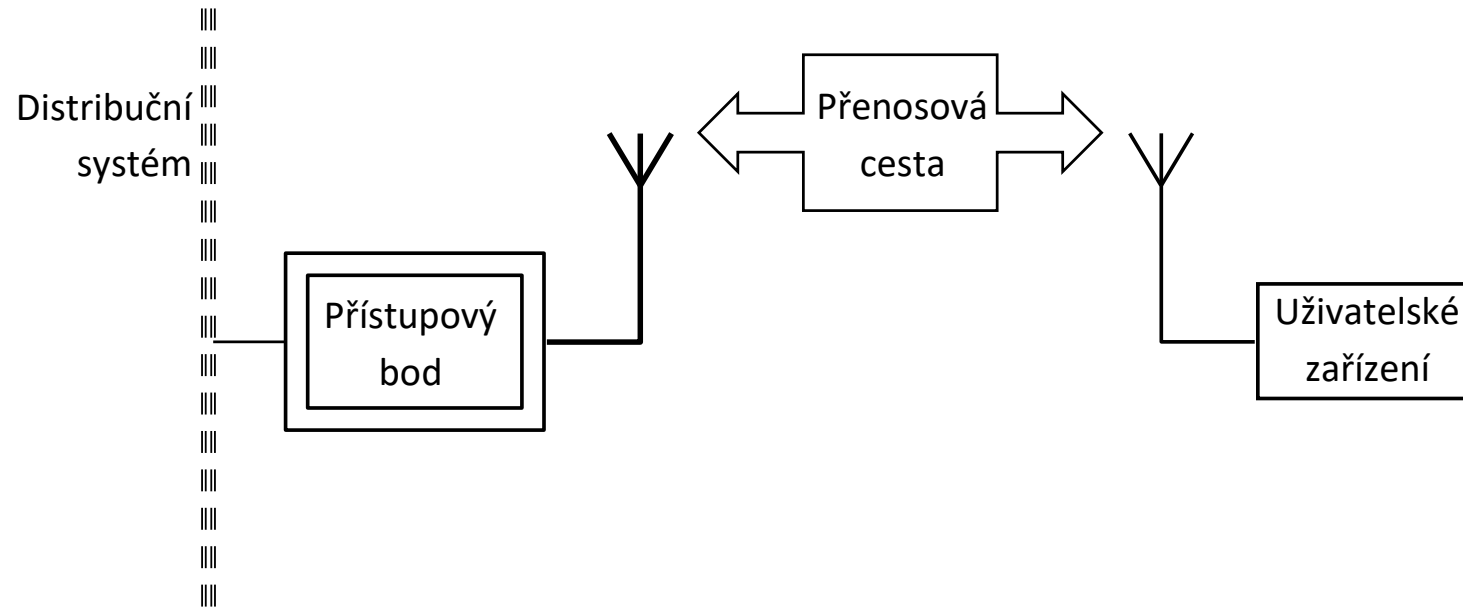
ARCHITEKTURA SYSTÉMU PODLE 802.11

- *Distribuční systém* – pokud má více přístupových bodů tvořit rozsáhlejší síť, musí spolu komunikovat a předávat si informace o pohybu mobilních stanic. Distribuční systém je tedy logická komponenta používaná k přesměrování datového toku na stanici skutečného určení podle její aktuální polohy v síti.
- standard 802.11 nspecifikuje konkrétní technologii distribučního systému
- distribuční systém je většinou řešen kombinací síťového mostu (bridge) a páteřní sítě Ethernet



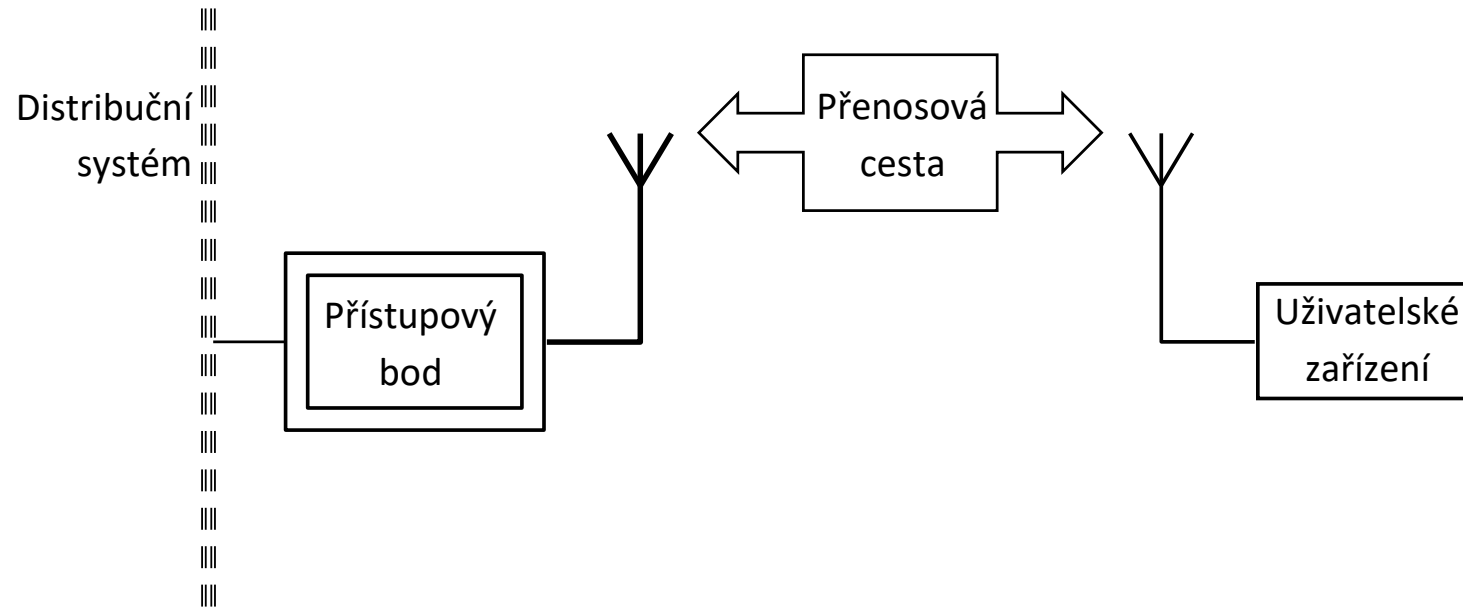
ARCHITEKTURA SYSTÉMU PODLE 802.11

- **Přístupový bod** (Access Point – AP) – představuje konkrétní přemostění mezi kabelovou a bezdrátovou sítí. Poskytuje také celou řadu dalších funkcí, funkce mostu je ale nejdůležitější.
- **Přenosová cesta** – bezdrátovým médiem se v sítích 802.11 rozumí frekvenční pásma (většinou 2,4 GHz a 5 GHz)



ARCHITEKTURA SYSTÉMU PODLE 802.11

- **Stanice** – stanicí může být obecně jakékoliv zařízení schopné přijímat data podle standardu 802.11 – notebook, počítač, mobilní telefon, tablet nebo jakékoliv technické zařízení s rozhraním podle 802.11. Stanice v bezdrátové síti nemusí být mobilní a je mnoho sítí WLAN, které propojují počítače prakticky nepřenášené z důvodů nemožnosti instalace kabelového rozvodu. V takových sítích pak samozřejmě mnoho problémů odpadá.



Standard 802.11

- Standard 802.11 a jeho doplňky 802.11x komplexně popisují princip fungování lokální bezdrátové sítě (Wireless LAN – WLAN). *Doplňky standardu 802.11x* jsou věnovány nejen obecnému popisu technologie, ale věnují se všem aspektům funkce systému:
 - přenos signálu a dat na fyzické bezdrátové vrstvě
 - podpora QoS a souvislosti s využíváním např. VoIP citlivé na zpoždění v přenosu signálu
 - harmonizace využívání 802.11 v zemích po celém světě
 - koexistence s dalšími rádiovými systémy
 - autentizační a šifrovací algoritmy
 - správa hledání a přidělování nejvhodnějšího připojení k dostupným AP

Standard 802.11

- Fyzická vrstva (PHY – physical layer) je fyzickým rozhraním mezi zařízeními v síti. Protože jde o bezdrátové síť, jedná se o rádiovou vrstvu.
- Podle prvních ujednání o standardu 802.11 v roce 1997 byly standardizovány tři druhy fyzické vrstvy:
 - frekvenčně rozprostřené spektrum (Frequency hopping (FH) spread spectrum radio PHY)
 - kódově rozprostřené spektrum (Direct-sequence spread spectrum (DSSS) radio PHY)
 - pulzně-kódová modulace v krátkovlnném infračerveném pásmu (IR)
- V roce 1999 byly tyto vrstvy při revizi standardu doplněny o další dvě, v roce 2003 pak byla vrstva OFDM použita i pro další revizi standardu 802.11g.
 - 802.11a a 802.11g: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) PHY
 - 802.11b: High-Rate Direct Sequence (HR/DS nebo HR/DSSS) PHY

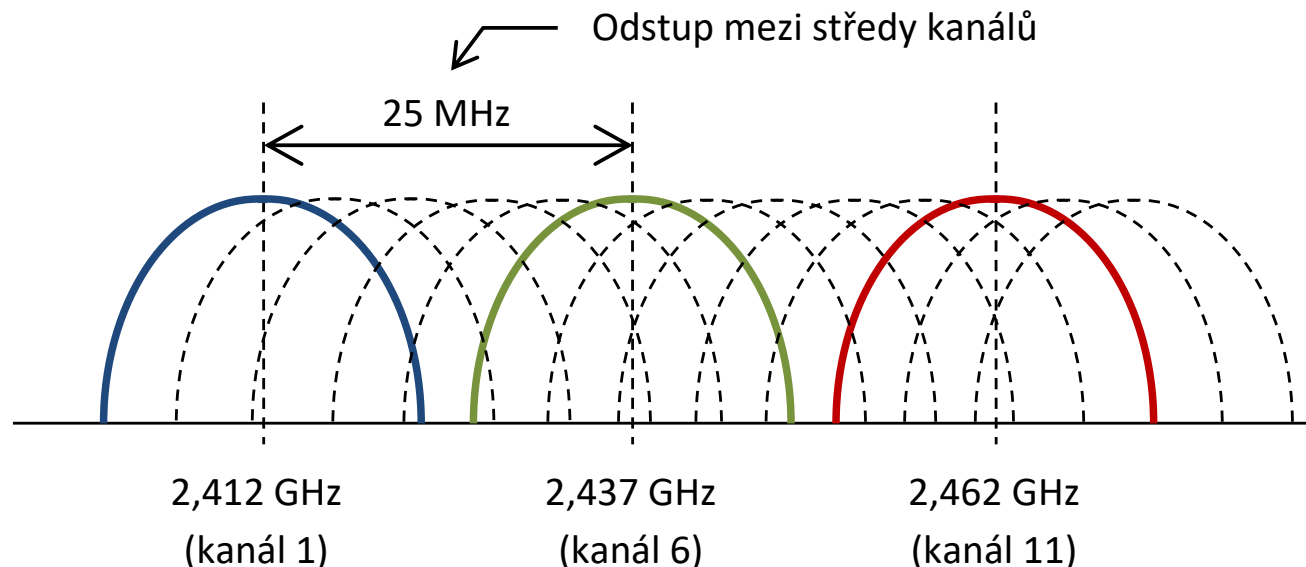
Standard 802.11

- **Přímá sekvence (Direct sequence – DS, DSSS)**
- Systémy používající přímé sekvence rozprostřou do 22 MHz širokého pásma vysílanou informaci za použití matematického kódování. Celkem se do celého pásma vejdu tři takovéto kanály. Původní standard 802.11 definuje maximální rychlost 2 Mb/s, standard 802.11b pak přináší přímou sekvenci o rychlosti až do 11 Mb/s.
- **Frekvenční skoky (Frequency hopping – FH, FHSS – FH Spread Spectrum)**
- Vysílač mění v pseudonáhodném pořadí frekvenční pásma. Na každém vysílá pouze krátký datový tok. Dostupné frekvenční pásmo 83,5 MHz je rozděleno do 79 kanálů o šířce 1 MHz. Zařízení jsou dodnes zpětně kompatibilní s technikou DSSS.
- **Ortogonální frekvenční multiplex (Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM)**
- Systémy s ortogonálním frekvenčním multiplexem rozdělí pásmo na velké množství úzkých kanálů, data se v každém kanále přenášejí relativně pomalu a signál je tak mnohem robustnější. Ve výsledku je rychlost přenosu dat součtem všech kanálů – až 54 Mb/s. OFDM byla přijata jako standard pro síť 802.11a, v roce 2003 pak také pro 802.11g.

Standard 802.11

Standard IEEE 802.11 b

- Standard *802.11 b* využívá technologii kódově rozprostřeného spektra DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Pásmo nabízí k využití celkem 13 kanálů (další 14. kanál zasahuje až mimo pásmo ISM, byl ale určen pouze pro Japonsko). Šířka jednoho kanálu je 22 MHz, ale vzdálenost mezi středy nosných frekvencí je pouze 5 MHz. Pokud se mají provozovat dva přístupové body tak, aby se jejich signál nepřekrýval, musí pracovat alespoň pět kanálů od sebe. K dispozici jsou tedy nanejvýš tři navzájem se neovlivňující kanály.

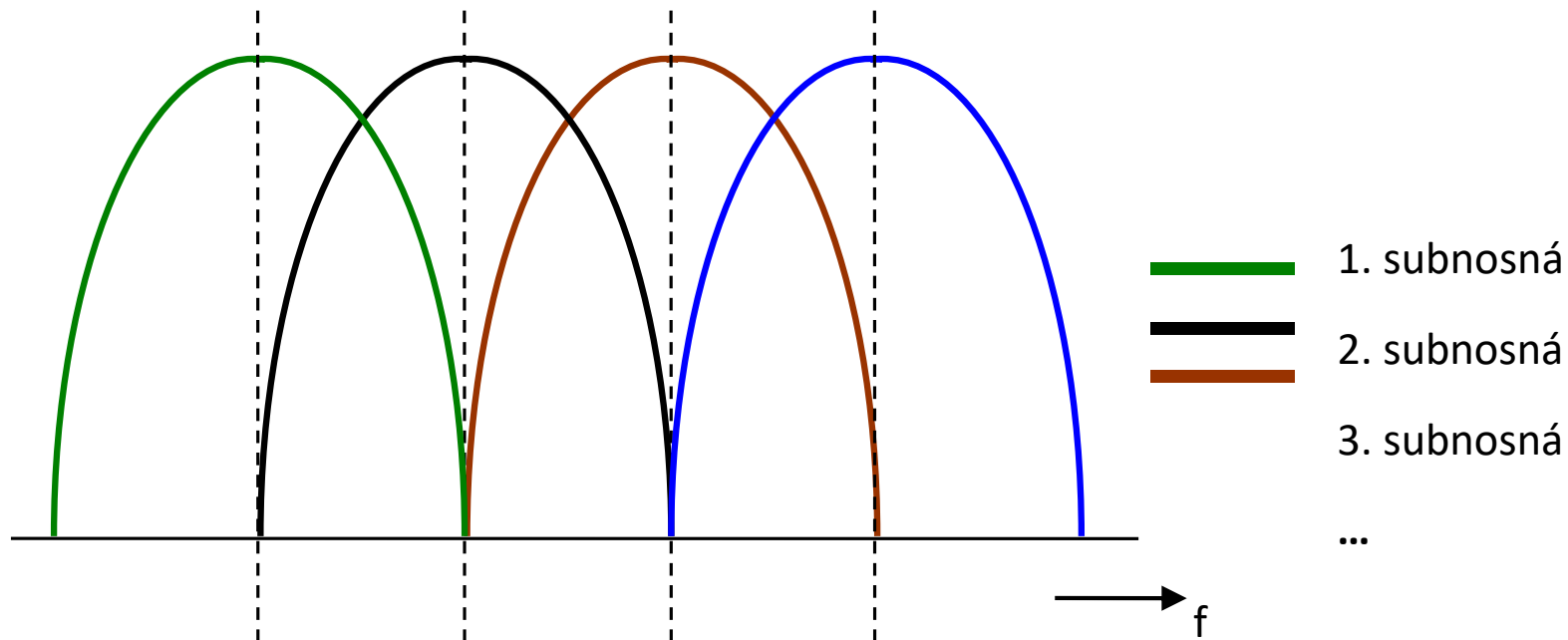


Standard 802.11

- Standard IEEE 802.11 a
- Technologie OFDM využívá nepřekrývající se kanály o šířce 20 MHz, do každé ze tří částí pásma (jak je definováno pro USA) se vejdou čtyři takové kanály. Každý z těchto kanálů poskytuje prostor pro 52 nosných, pro každou z nich je vyhrazeno zhruba 300 kHz.
 - Pro vlastní přenos dat je využíváno 48 nosných, ostatní jsou určeny pro frekvenční synchronizaci.
 - Data jsou chráněna proti chybám kódováním pro opravu chyb (FEC – Forward Error Correction).
 - Základní přenosovou rychlostí 802.11a při kódování s redundancním poměrem $r=1/2$ a s modulací BPSK je 6 Mb/s
 - Použití kódování FEC s poměrem $r=3/4$ při modulaci BPSK poskytuje 9 Mb/s.
 - Vyšší rychlosti mají režimy s modulací QPSK (12 a 18 Mb/s), 16-QAM (24 a 36 Mb/s) a 64-QAM (48 a 54 Mb/s).

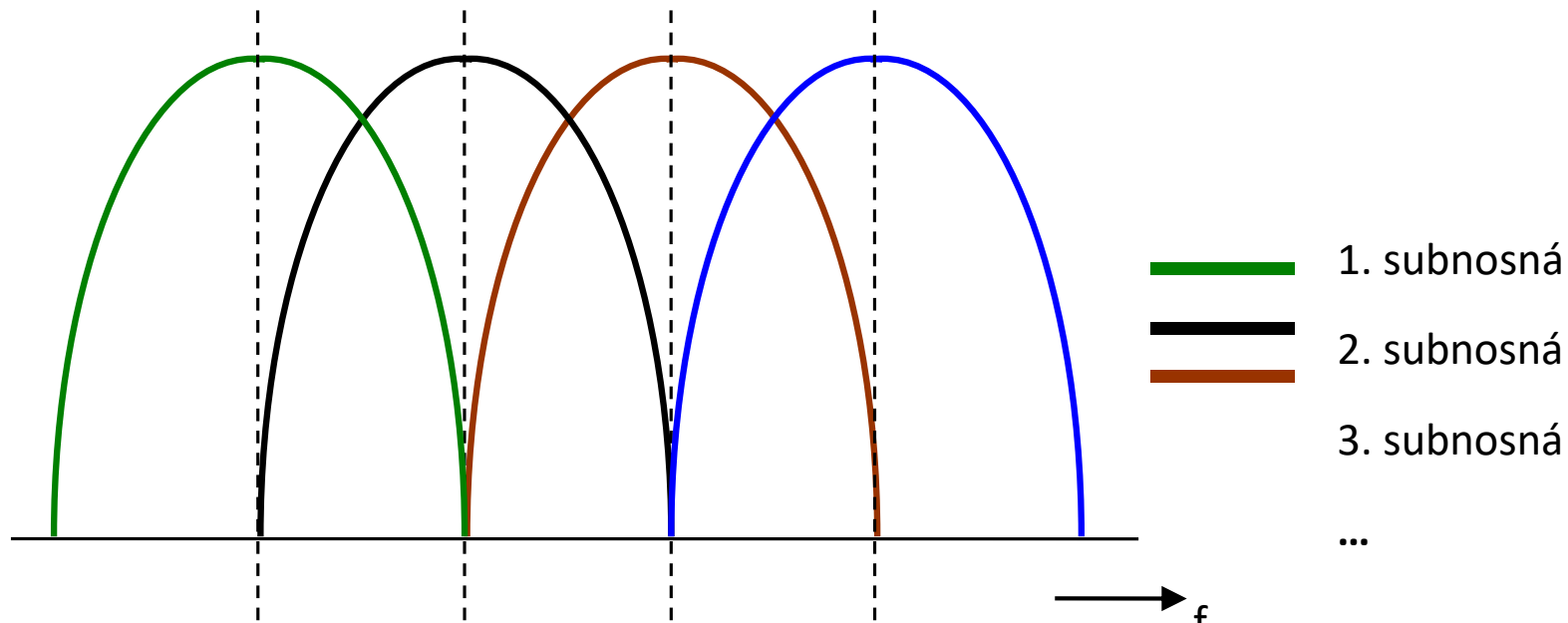
Standard 802.11

- Standard IEEE 802.11 a
- Technologie OFDM využívá nepřekrývající se kanály o šířce 20 MHz, do každé ze tří částí pásma (jak je definováno pro USA) se vejdu čtyři takové kanály. Každý z těchto kanálů poskytuje prostor pro 52 nosných, pro každou z nich je vyhrazeno zhruba 300 kHz.



Standard 802.11

- Standard IEEE 802.11 g
- Standard 802.11g přinesl technologii ortogonálního frekvenčního multiplexu i do pásma 2,4 GHz (původně jej vyžíval pouze standard 802.11a v pásmu 5GHz). Maximální rychlost byla zvýšena až na 54Mb/s. Pro vlastní přenos dat je využíváno 48 nosných, ostatní jsou určeny pro frekvenční synchronizaci.
- Princip fungování fyzické vrstvy je stejný jako pro 802.11 a



DĚKUJI ZA POZORNOST

Ing. Tomáš Zálabský, Ph.D.
Proděkan pro vědu a tvůrčí činnost
Vedoucí výzkumného centra FEI

Fakulta elektrotechniky a informatiky
Univerzita Pardubice
náměstí Čs. legií 565
530 02 Pardubice

tel 466 037 450; 466 037 201
mobil (+420) 732 545 890
e-mail tomas.zalabsky@upce.cz
<https://fei.upce.cz>