

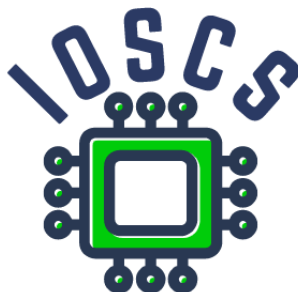
Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

Bezdrôtové spracovanie signálov v prostredí GNU Radio Prezentácie

**Wojciech Sałabun
West Pomeranian University of Technology in Szczecin**

30.05.2021

Innovative Open Source Courses for Computer Science



This teaching material was written as one of the outputs of the project “Innovative Open Source Courses for Computer Science”, funded by the Erasmus+ grant no. 2019-1-PL01-KA203-065564. The project is coordinated by West Pomeranian University of Technology in Szczecin (Poland) and is implemented in partnership with Mendel University in Brno (Czech Republic) and University of Žilina (Slovak Republic). The project implementation timeline is September 2019 to December 2022.

Project information

Project was implemented under the Erasmus+.

Project name: **“Innovative Open Source courses for Computer Science curriculum”**

Project nr: **2019-1-PL01-KA203-065564**

Key Action: **KA2 – Cooperation for innovation and the exchange of good practices**

Action Type: **KA203 – Strategic Partnerships for higher education**

Consortium

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNE

ZILINSKA UNIVERZITA V ZILINE

Erasmus+ Disclaimer

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Copyright Notice

This content was created by the IOSCS consortium: 2019–2022. The content is Copyrighted and distributed under Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Úvod do bezdrôtových systémov

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Prenos údajov

Komunikačná cesta

Rádiové vlny

- Vlastnosti rádiových vln

- Aplikácie rádiových vln

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie

Bluetooth

Základné definície

Sygnál

Signál možno reprezentovať v dvoch oblastiach

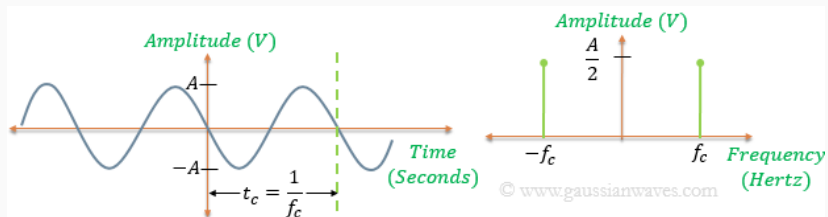
- Časová oblasť

$$f(t) = A \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

- Frekvenčná oblasť

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (2)$$

Základné definície ii



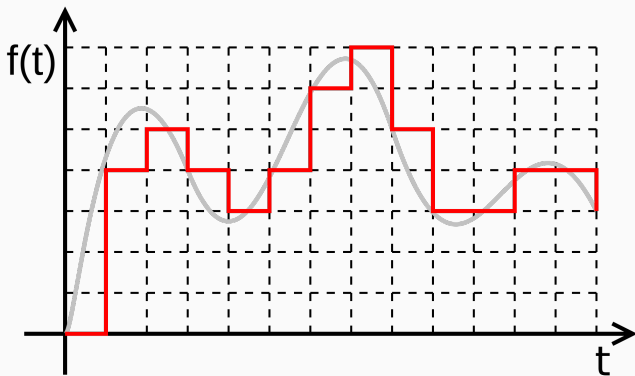
Obr. 1: Signál vo frekvenčnej oblasti [5].

- **Zdroj** - generuje správu, ktorou môže byť ľudský hlas, televízny obraz alebo zvuk z reproduktorov. Zdroj je vstupným snímačom konvertovaný na elektromagnetické vlnenie nazývané signál základného pásma alebo informačný signál.
- **Vysielač** - upravuje signál základného pásma na účinný prenos. Zvyčajne pozostáva z jedného alebo viacerých podsystémov: vzorkovača, kvantizátora, kodéra a modulátora.

- **Kanáľ** - je médium, cez ktoré sa prenáša výstupný signál z vysielača. Môže to byť vodič, koaxiálny kábel, optické vlákno, rádiové spojenie atď. Podľa typu kanála sa moderné komunikačné systémy delia na dve kategórie: drôtové komunikačné systémy a bezdrôtové komunikačné systémy.
- **Prijímač** - opätovne spracuje signál prijatý z kanála zrušením úprav signálu vykonaných vo vysielači a kanáli. Úlohou prijímača je získať správu zo skresleného a zašumeného signálu na výstupe kanála. Prijímač môže pozostávať z demodulátora, dekodéra alebo filtra

Správy možno reprezentovať ako

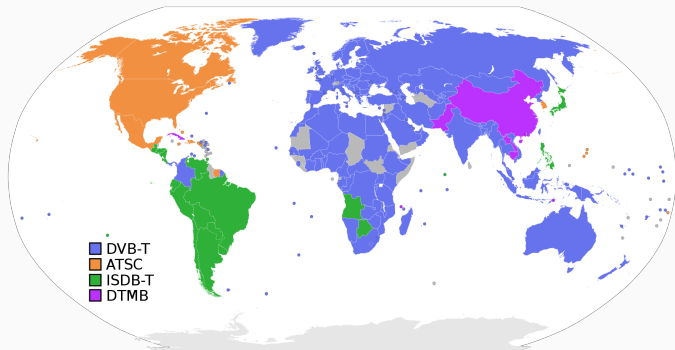
- **analóg** - sú charakterizované údajmi, ktorých hodnoty sa pohybujú v súvislom rozsahu. Napríklad priebeh reči má amplitúdu, ktorá sa mení v súvislom rozsahu. Obraz je tiež analógovou správou.
- **Digital** - sa skladajú z obmedzeného počtu symbolov. Napríklad textový súbor je digitálna správa vytvorená z 80 symbolov, ktoré pozostávajú z 26 písmen, 20 číslíc, medzier a interpunkčných znamienok. Podobne telegrafická Morseova abeceda je binárna správa, ktorá obsahuje len dva symboly - znaky a medzeru.



Obr. 2: Digitálne a analógové signály [4].

- **Prenos** - proces odosielania údajov medzi vysielačom a prijímačom pomocou špecifickej metódy, ktorej rozumejú obe strany. Okrem toho sleduje stanovenú trasu - v tomto prípade prenosové médium
- **Prenosové médium** - médium používané na prenos signálov v telekomunikáciách. Parametre použitého média ovplyvňujú jeho možnosti a použitie. Dve hlavné skupiny sú káblové a bezdrôtové médiá

- **Telekomunikácie** - oblasť zaoberajúca sa prenosom informácií na diaľku, určujúca spôsoby spracovania a kódovania informácií. Zahŕňa aj problematiku telekomunikačných sietí, šírenia rádiových vln alebo telekomunikačných zariadení



Obr. 3: Typy televíznych telekomunikácií používaných vo svete [6].

Prenos údajov

- Komunikačný kanál umožňuje prenos údajov medzi dvoma účastníkmi nastaveného spojenia
- Rozdelenie média na základe typu použitého prenosu:
 - Wired - na báze optických káblov alebo medených vodičov
 - Bezdrôtový - na prenos používa rádiové alebo svetelné vlny

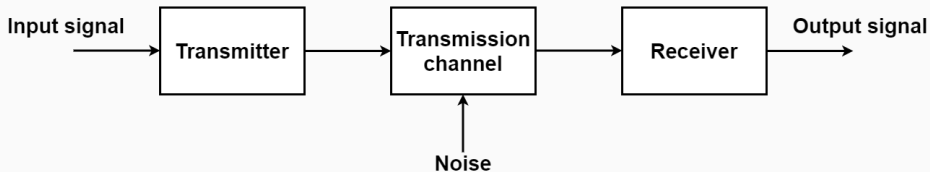
- Prenos možno rozdeliť podľa povahy prenosu údajov:
 - Simplex – jednosmerný
 - Half-duplex – obojsmerné nesúbežné
 - Full-duplex – obojsmerný simultánný

Komunikačná cesta

- Prevádzka prenosovej sústavy prebieha:
 - Transmitter - na strane odosielateľa, zodpovedný za kódovanie, moduláciu, zosilnenie signálu
 - Fyzický prenosový kanál
 - Prijímač - na strane prijímača, ktorý je zodpovedný za zosilnenie, demoduláciu a dekódovanie signálu s cieľom reprodukovať pôvodnú správu
- Všimnite si, že počas prenosu signálu je správa náchylná na rušenie z vonkajšieho prostredia, ktoré ovplyvňuje skreslenie (šum, rušenie)

Komunikačná cesta ii

Zjednodušená schéma komunikačnej cesty vrátane prvkov vyskytujúcich sa pri prenose údajov



Obr. 4: Schéma komunikačnej cesty.

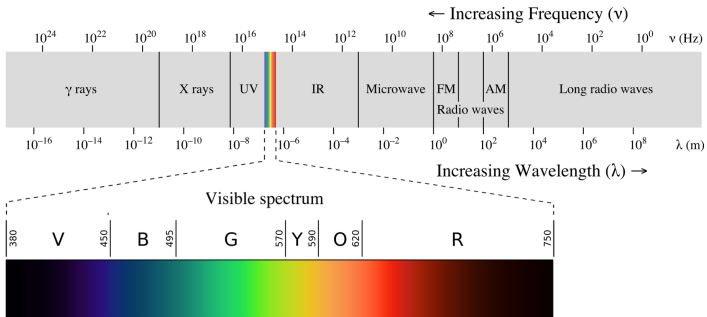
Rádiové vlny

- **Rádiové vlny** – inak známe ako elektromagnetické vlny - tento jav spočíva v šírení poruchy elektrického poľa a s ním spojeného magnetického poľa rádiových vln možno pozorovať vo vákuu alebo v inom prostredí

Typ	dĺžka	frekvencia
Rádio	30 km	10 kHz
Mikrovlny	30 cm	1 GHz
Infračervené	1 mm	300 GHz
Viditeľné svetlo	750 nm	400 THz
Ultrafialové žiarenie	430 nm	700 THz
Röntgenové žiarenie	10 nm	30 Hz
Gamma	10 pm	30 Hz.

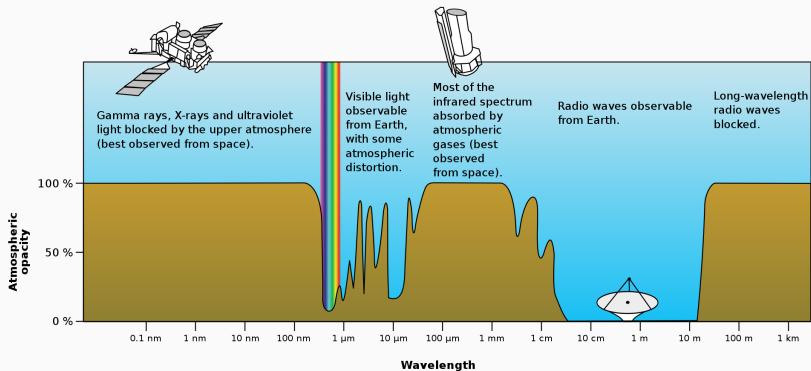
Tabuľka 1: Frekvencie elektromagnetických vĺn

Rádiové vlny iii



Obr. 5: Elektromagnetické spektrum viditeľného svetla [7].

Rádiové vlny iv



Obr. 6: Diagram absorpcie a rozptylu vln [7].

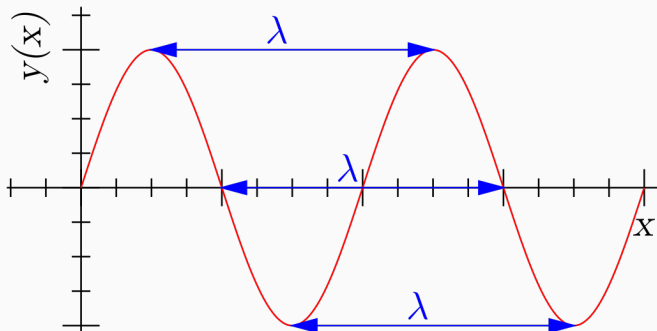
Vlastnosti rádiových vln

- **Vlnová délka** - je minimálna vzdialenosť medzi dvoma bodmi rovnakej fázy kmitania

$$\lambda = c \cdot T \quad (3)$$

- kde
 - λ - vlnová dĺžka [m]
 - c - rýchlosť svetla ($299\,792\,458 \frac{m}{s}$)
 - T - obdobie [s]

Vlastnosti rádiových vln ii



Obr. 7: Vlnová délka [1].

- **Vlnová frekvencia** - určuje počet úplných zmien elektrického a magnetického poľa za sekundu, vyjadruje sa v hertzoch

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

- kde
 - f - frekvencia [Hz]
 - T - obdobie [s]

- Perióda zmeny vlny - čas potrebný na návrat tej istej fázy vlny

$$T = \frac{1}{f} \quad (5)$$

- kde
 - T - obdobie [s]
 - f - frekvencia [Hz]

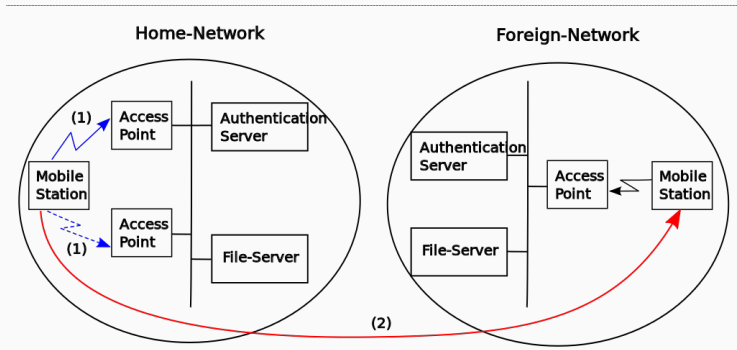
- Elektromagnetické vlny
 - Ultrafialové žiarenie
 - Infračervený
 - Viditeľné svetlo
 - Rádiové frekvencie.
- Zvukové vlny
- Satelitné signály
- Bezdrôtová komunikácia vo frekvenčnom rozsahu od 3 Hz do 3 THz

Prenos pomocou rádiových vln:

- Vstavané systémy
 - Distribuované
 - Súbor nezávislých zariadení spojených do jedného logického celku.
 - Sieťové prvky sú zvyčajne počítače a automatizačné systémy.
 - Zariadenia vybavené softvérom, ktorý zdieľa systémové zdroje
 - Pripojenie medzi zariadeniami pomocou počítačových sietí
 - položka
 - Diaľkovo ovládané.
 - Systémy RC - Diaľkové ovládanie
 - Prevádzka je založená na ovládaní jednotky z fyzicky vzdialeného miesta.
 - Riadiaca jednotka a aktuátor s vysielateľom a prijímačom
 - Často sa používa na hračky, drony, kamery atď.

- Mobilná telefónia GSM
- Bezdrôtová lokálna sieť (WLAN)
- Bezdrôtová komunikácia na krátku vzdialenosť
- WWAN (Wireless Wide Area Network) - dosah od 100 metrov do niekoľkých kilometrov

Aplikácie rádiových vln iv



Obr. 8: Prenos signálu v sieťach WLAN [3].

Typy používaných frekvencií

- Mikrovlny > 300 MHz
- Ultrawide 30 - 300 MHz
- Semi krátky 3 - 30 MHz
- Intermediate 1,5 - 3 MHz
- Stredná 100 - 1500 kHz
- Dlhé 15 - 100 kHz
- Veľmi dlhé < 15 kHz

Pásmo	Frekvencia	Vlnová dĺžka
ELF	3 - 30 Hz	100,000 - 10,00 km
SLF	30 - 300 Hz	10,000 - 1,000 km
ULF	0.3 - 3 kHz	1,000 - 100 km
VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km
LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km
MF	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m

Tabuľka 2: Závislosť od frekvencie

Pásmo	Frekvencia	Vlnová dĺžka
HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m
VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
UHF	300 - 3000 MHz	100 - 10 cm
SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm
THF	0,3 - 3 THz	1 - 0.1 mm

Tabuľka 3: Závislosť od frekvencie

Pásmo **2,4 GHz** využíva mnoho zariadení, je to jedna z najpopulárnejších frekvencií

- Štandard Bluetooth.
- Oložka Siete Wi-Fi
- Mikrovlnné rúry
- Videokamery
- Zariadenia na sledovanie videa
- Bezdrôtové telefóny

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie i

Nevýhody

- Obmedzenia šírky pásma v dôsledku šírky pásma
- Náchylnosť na rušenie
- Závislosť od počasia
- Bezpečnosť.
- Používaná šírka pásma je často zdieľaná.

Výhody

- Flexibilita
- Mobilita
- Nie fyzický prenosový vodič

Bluetooth

Infračervený

- Norma sa vzťahuje na prenos údajov na vzdialenosti < 1 meter
- Tri typy prenosu
 - AIR - umožňuje viacprístupové pripojenie, prenosová rýchlosť závisí od vzdialenosti prenášaných údajov
 - IrDA-D - štandard používaný na prenos dát, dostupné rýchlosti od 115 kb/s do 4 Mb/s
 - IrDA-C - obojsmerný, umožňuje prenos riadiacich príkazov a signálov, používa sa v periférnych zariadeniach

Bluetooth

- Umožňuje bezdrôtové pripojenie periférnych zariadení k mobilným telefónom a počítačom
- Technológia určená predovšetkým na komunikáciu na krátke vzdialenosti
- Nízke výrobné náklady
- Štandard A opísaný v špecifikácii IEEE 802.15.1.
- Využíva rádiové vlny vo frekvenčnom pásme ISM 2,4 GHz

Zdroje

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 2 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_cyfrowy
- 5 - <https://www.gaussianwaves.com/2013/12/computation-of-power-of-a-signal-in-matlab-simulation-and-verification/>
- 6 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication>
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Šírenie rádiových vln a anténne techniky

Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Šírenie rádiových vln

Sprievodné javy šírenia rádiových vln

Anténne techniky

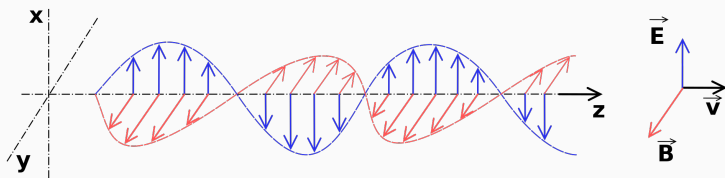
Parametre antén

Podstawowe definicje

Vlny

- Rádiové vlny - jedna z mnohých foriem elektromagnetického žiarenia
- Elektromagnetické vlnenie - nosič elektrickej energie

Podstawowe definicje ii



Obr. 1: Elektromagnetické vlnenie [3].

- **Polarizácia** - vlastnosť priečnej vlny týkajúca sa usporiadaného vzťahu medzi smerom kmitania rušivého signálu a smerom šírenia vlny.
- Polarizácia sa nazýva aj proces dosiahnutia určitého stavu polarizácie.
- Typy polarizácie.
 - Linear
 - Kruhový
 - Eliptika
 - Radial
 - Azimuthal

- Vyskytuje sa pri takých typoch vln a za takých podmienok, za ktorých môžu prebiehať oscilácie v rôznych smeroch kolmých na smer šírenia vlny.

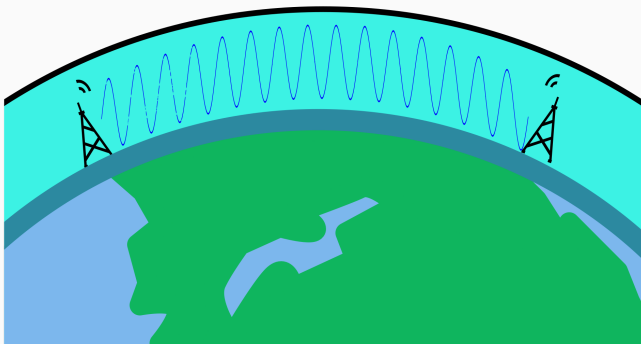
Šírenie rádiových vln

Šírenie rádiových vln je pojem opisujúci šírenie rádiových vln, ktoré závisí od vlastností vlny, ako je frekvencia alebo polarizácia, ako aj od podmienok v prostredí, v ktorom sa vlna šíri.

Podobne ako svetelné vlny, aj rádiové vlny podliehajú javom

- fenomén odrazu
- proces lomu
- fenomén difrakcie
- fenomén absorpcie
- polarizačný člen
- princíp rozptylu

Šírenie rádiových vln iii



Obr. 2: Šírenie signálu v priestore [6].

Pochopenie vplyvu rôznych podmienok na šírenie rádiových vln má mnoho praktických aplikácií, od výberu frekvencie pre medzinárodné krátkovlnné vysielanie, cez návrh spoľahlivých systémov mobilných telefónov až po rádionavigáciu a prevádzku radarových systémov.

Šírenie rádiových vln v

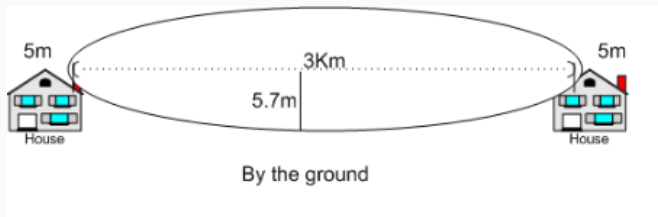
V praktických rádiových prenosových systémoch sa používa niekoľko rôznych typov šírenia.

- Šírenie v priamej viditeľnosti sa vzťahuje na rádiové vlny, ktoré sa šíria po priamke od vysielacej antény k prijímacej anténe.
- Používa sa na rádiové prenosy na stredné vzdialenosti, ako sú mobilné telefóny, bezdrôtové telefóny, vysielачky, bezdrôtové siete, FM rozhlas, televízne vysielanie, radar a satelitná komunikácia (napr. satelitná televízia).
- Predstavuje jedinú metódu šírenia, ktorá je možná pri mikrovlnných frekvenciách a vyšších.

Fresnelova zóna - je to oblasť, kde sa udržiava určitá úroveň energie

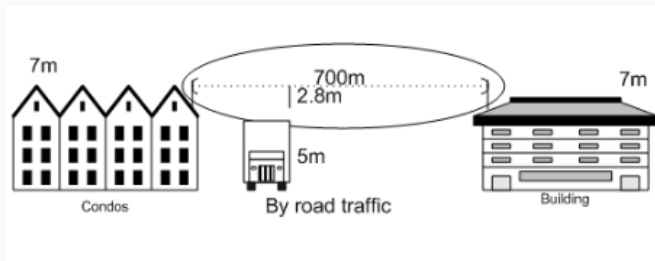
- To definuje oblasť medzi vysielačom a prijímačom a v ich okolí.
- Tento priestor má elipsovité tvar
- Primárna vlna sa pohybuje relatívne priamočiarno od vysielača k prijímaču.
- Ak sa medzi vysielačom a prijímačom nachádzajú prekážky alebo reflexné objekty, vlny môžu do prijímača prichádzať s rôznym fázovým posunom.

Šírenie rádiových vln vii



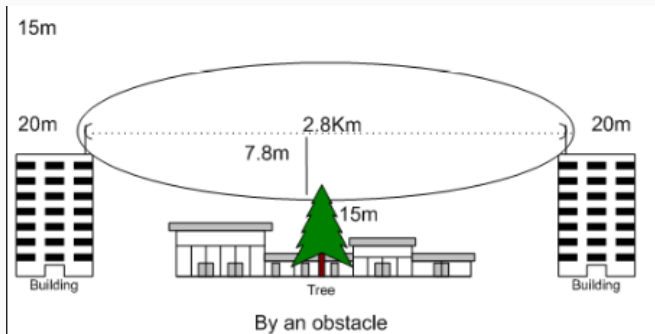
Obr. 3: Šírenie signálu v priestore [1].

Šírenie rádiových vln viii



Obr. 4: Šírenie signálu v priestore [1].

Šírenie rádiových vln ix



Obr. 5: Šírenie signálu v priestore [1].

- Účelom všetkých telekomunikačných systémov je prenášať informácie prostredníctvom centra šírenia vln. Medzi takéto centrá patria:
 - Atmosféra
 - Voda
 - Vnútro Zeme
 - Medený kábel
 - Optický kábel.

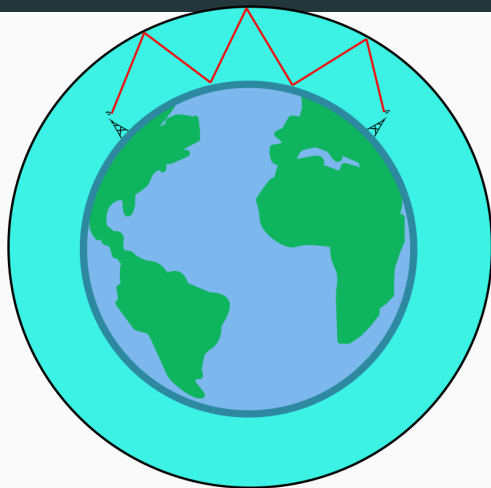
- Vysielanie, príjem a prehrávanie signálov závisí od usporiadania zariadení určených na ich realizáciu. V prípade šírenia rádiových vln závisia podmienky šírenia signálu od mnohých faktorov, ktoré nemôžeme ovplyvniť.

- Väčšina vysielaných signálov sa šíri v atmosfére, ktorá je základným médiom šírenia rádiových vln.
- Vlny sa vo voľnom priestore okolo Zeme šíria len v niekoľkých prípadoch
- Z hľadiska rádiovej navigácie a rádiovej komunikácie sú dôležitými vrstvami atmosféry troposféra a ionosféra, ktoré sú oddelené stratosférou.

- **Troposféra** - siaha od povrchu Zeme do výšky 10-18 kilometrov v závislosti od zemepisnej šírky. Šírenie vln v tomto priestore je silne závislé od meteorologických javov, ktoré môžu ovplyvniť výskyt šumu v signále.

- **Ionosféra** - zahŕňa oblasti vo výške viac ako 60 kilometrov nad Zemou. Rádiové vlny sa od ionosféry prevažne odrážajú a ich prechod touto vrstvou závisí od vlnovej dĺžky a uhla ich dopadu na povrch ionosféry. Kontakt s objektmi vo vesmíre je možný pomocou tzv. rádiových okien, ktoré umožňujú šíriť signál na veľké vzdialenosti.

Šírenie rádiových vln xv



Obr. 6: Šírenie signálu dlhými vlnami vo vesmíre [6].

Sprievodné javy šírenia rádiových vln

Sprievodné javy šírenia rádiových vln i

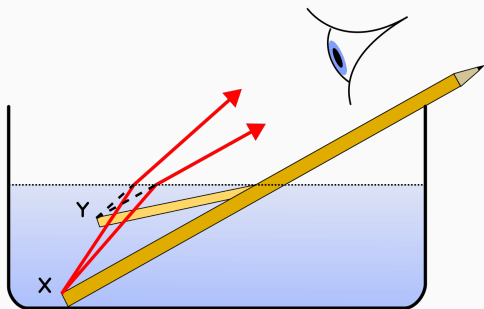
- Odraz vln od povrchu Zeme (refrakcia)
- Odraz vln v troposfére
- Ohýbanie vln nad zemským povrchom (difrakcia)
- Absorpcia vln v atmosfére.

Sprievodné javy šírenia rádiových vln ii

- Refrakcia - nastáva na hranici medzi dvoma prostrediami s rôznymi parametrami priepustnosti
 - Index lomu možno vyjadriť takto

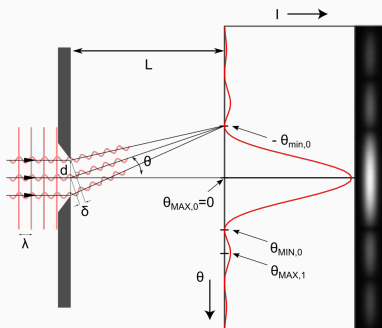
$$N = \frac{c}{v} \quad (1)$$

- kde
 - N - index lomu
 - c - rýchlosť svetla vo vákuu [$\frac{m}{s}$]
 - v - rýchlosť svetla v danom prostredí [$\frac{m}{s}$]
- Difrakcia - nastáva pri stretnutí vlny s prekážkou, čím menšie sú rozmery prekážky vo vzťahu k vlnovej dĺžke, tým väčšia je hodnota difrakcie



Obr. 7: Refrakcia [7].

Sprievodné javy šírenia rádiových vln iv



Obr. 8: Difrakcia [8].

Sprievodné javy šírenia rádiových vln v

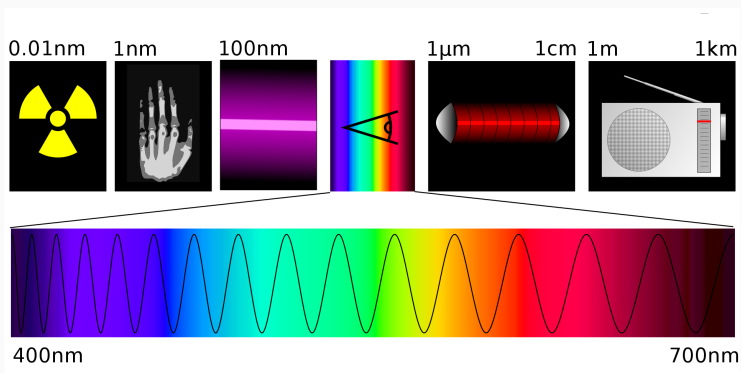
Typy šírenia vln v závislosti od frekvencie

Vzhľadom na frekvenciu šírenia vln v priestore ich možno rozdeliť na 4 hlavné typy

Typ	Frekvencia	Vlnová dĺžka
Dlhé vlny	30 - 300 KHz	10 km - 100 m
Stredné vlny	300 KHz - 3 MHz	1 km - 100 m
Krátke vlny	3 - 30 MHz	100 m - 10 m
Ultrakrátke vlny	30 MHz - 300 MHz	10 m - 1 m

Tabuľka 1: Typy elektromagnetických vln

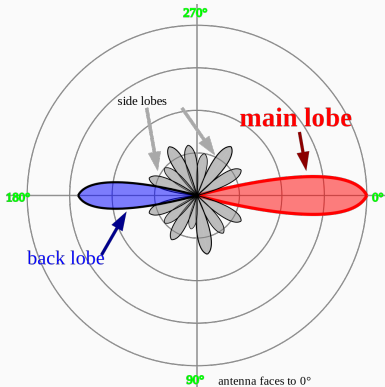
Sprievodné javy šírenia rádiových vln vi



Obr. 9: Elektromagnetické vlny [3].

Anténne techniky

- Prvú anténu patentovali japonskí vedci v roku 1940
- Úlohou antén je meniť elektromagnetický signál na elektrický a naopak



Obr. 10: Vyžarovací diagram antény [2].

- Všesmerová anténa
 - Vlny sa šíria s rovnakou intenzitou v každom smere v rámci jednej roviny
 - Maximálny pokles výkonu nie je menší ako 3 dB.
 - Vďaka svojim vlastnostiam sú vhodné pre mobilné aplikácie
- Smerová anténa
 - Vyžaruje takmer všetok výkon jedným určeným smerom.
 - Tvar charakteristiky je väčšinou v tvare špendlíka
 - Šírka lúča pri uhle polovičného výkonu je od niekoľkých do niekoľkých stupňov

- Rozdelenie antén
- Vďaka smerovosti
 - Všesmerové
 - Smerové
- Vďaka spojeniu so zložkou elektromagnetického poľa
 - Elektrická Magnetické

- Efektívna plocha $A_s [m^2]$ - hypotetická efektívna plocha príjmu rádiového signálu
- Smerový zisk $D [dBi]$ - pomer hustoty vyžiareného výkonu v danom smere k priemernej hustote výkonu
- $G [dBi]$ - súčin smerového zisku a účinnosti antény

$$G = \eta_A \cdot D \quad (2)$$
$$\eta_A \approx 95\% - 98\%$$

- Uhol polovičného výkonu $23dB$ - uhol, za ktorým výkon signálu klesne o 3 dB pod maximálny výkon

- **Zostatok odkazov** - porovnanie výkonu signálu na vysielacej strane rádiového spojenia s výkonom signálu na jeho prijímacej strane, pričom sa zohľadnia straty v komunikačnom kanáli
- Ukazuje, ako vybrať komponenty spojenia tak, aby bol prijímaný výkon signálu primerane vyšší ako citlivosť prijímača

Zdroje

- 1 - https://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_zone
- 2 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_\(radio\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_(radio))
- 3 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie_elektromagnetyczne
- 4 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 5 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 6 - https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_propagation
- 7 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Refraction>
- 8 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Diffraction>

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Analógovo-digitálna a digitálno-analógová konverzia

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Analógovo-digitálny prevodník

Vzorkovanie

Kvantovanie

Kódovanie

Konverzný diagram A/C

Digitálno-analógový prevodník

Základné definície

Základné parametre prenosových ciest

- **Šírka pásma** (Hz) - vhodnosť šírky pásma, rozdiel medzi hornou a dolnou frekvenciou pásma
- **Bit rate** (šírka pásma) - vyjadrená v bitoch za sekundu, koľko bitov sa prenesie za sekundu cez určité prenosové médium
- Shannonov zákon Maximálna teoretická prenosová rýchlosť. - Shannonov zákon

$$P = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

- kde
 - B - šírka pásma
 - S - výkon signálu
 - N - sila hluku

- **Spektrálna účinnosť** - koľko bitov možno preniesť pri danej frekvencii
- **Bit rate** - súčin prenosovej rýchlosti a vzdialenosti medzi regenerátormi
- Súčin prenosovej rýchlosti a vzdialenosti medzi regenerátormi - vernosť informácií prenášaných po trase
- Počtu informačných bitov k celkovému počtu informačných bitov.
- pomer počtu informačných bitov k celkovému počtu bitov

- **Odber vzoriek** - vzorkovanie signálu v určených časových intervaloch
- **Kvantovanie** - záznam zaznamenaných vzoriek v diskkrétnej forme
- **Kódovanie** - priradenie bitových hodnôt vzorkám po kvantizácii

- **Prevodník** - zariadenie, ktoré podľa určitej metódy premieňa danú veličinu na inú veličinu. Vyznačujú sa malými rozmermi, nízkou spotrebou energie, širokým rozsahom merania. Podľa typu aplikácie možno rozlišovať:
 - Analógovo-digitálne prevodníky
 - Digitálno-analógové prevodníky

Analógovo-digitálny prevodník

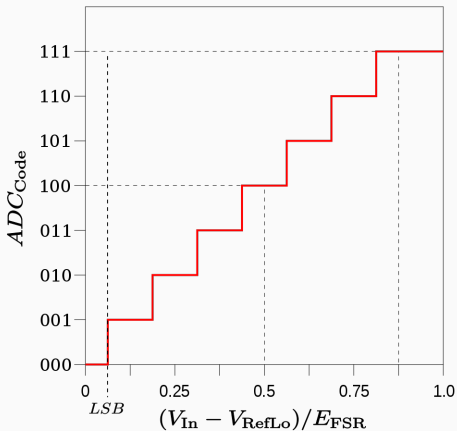
Analógovo-digitálny prevodník (A/C)

- Jeho úlohou je previesť analógový (spojitý) signál na jeho zodpovedajúcu digitálnu reprezentáciu (digitálny signál)
- Používa sa v mnohých elektronických zariadeniach založených na architektúre nula-jedna, ktorá umožňuje spracovávať zaznamenané signály
- Proces konverzie zahŕňa zjednodušenie analógového signálu na diskretný signál, čo znamená prevod spojitých hodnôt na ich ekvivalenty v krokovej forme

Počas činnosti A/D prevodníka existujú 3 hlavné fázy:

- Vzorkovanie
- Kvantovanie
- Kódovanie

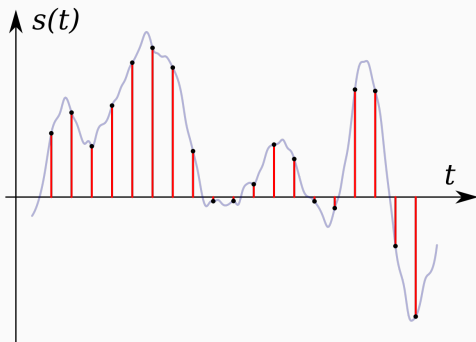
Okrem toho sa počas prevádzky prevodníka uskutočňuje proces **filtrovania**. Spočíva vo vykonaní určitých operácií na množine vstupných vzoriek, ktoré susedia s aktuálnou vzorkou, a niekedy aj s použitím niekoľkých predchádzajúcich vzoriek výstupného signálu.



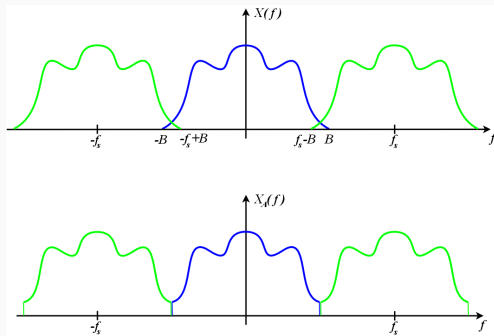
Obr. 1: Úrovně napätia v závislosti od úrovně kvantizácie [9].

Vzorkovanie – proces, pri ktorom sa zo spojitého signálu extrahujú hodnoty v konkrétnych časových bodoch, čím sa analógový signál reprezentuje postupnosťou diskretných vzoriek

- Signál by sa mal vzorkovať s frekvenciou aspoň 2-násobku maximálnej frekvencie signálu, aby sa dosiahla spoľahlivá reprezentácia (Nyquist-Shannonov zákon)
- Odber vzoriek by sa mal uskutočňovať v rovnakých časových intervaloch



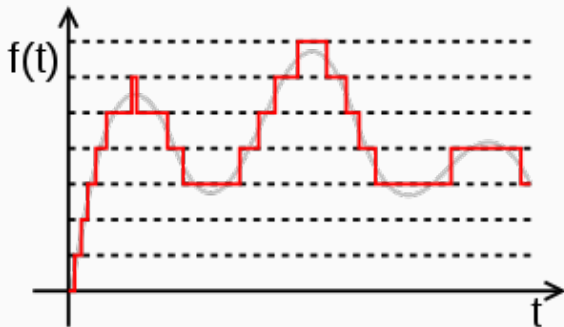
Obr. 2: Vzorkovanie signálu [1].



Obr. 3: Spektrum diskretného signálu a jav aliasingu [8].

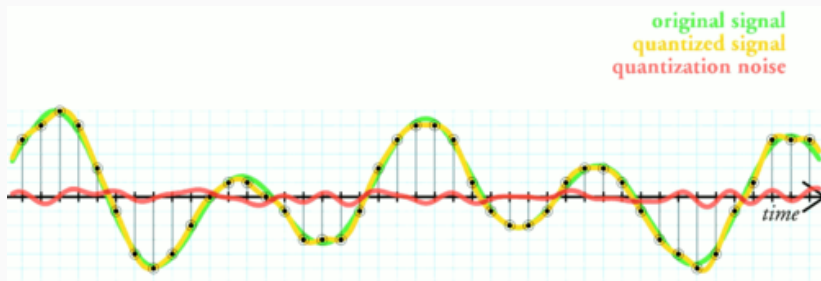
Kvantovanie (diskretizácia) - proces, pri ktorom sa zaznamenaným vzorkám priradí príslušná diskrétna hodnota

- Pridelená diskrétna hodnota pre danú vzorku závisí od pevnej kvantizačnej úrovne
- Čím viac kvantizačných úrovní, tým lepšia reprezentácia vstupného signálu

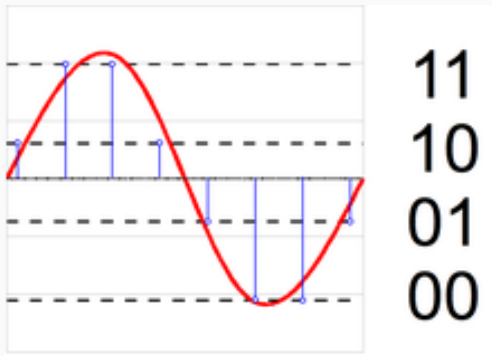


Obr. 4: Kvantovanie signálu [2].

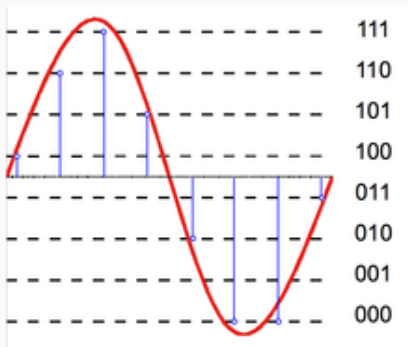
Kvantovanie iii



Obr. 5: Kvantovanie signálu [6].



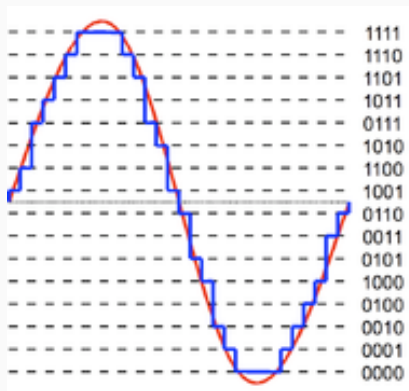
Obr. 6: 2-bitový kvantizátor [6].



Obr. 7: 3-bitový kvantizátor [6].

Kódovanie – proces, pri ktorom sa bitové ekvivalenty reprezentujúce tieto vzorky priradia k priradeným kvantizačným úrovniam vzoriek.
Metóda kódovania závisí od prijatej úrovne

- 2 bity (00, 01, 10, 11)
- 3 bity (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)
- Čím väčšia je bitová reprezentácia, tým nižší je kvantizačný šum



Obr. 8: Kódovanie diskretného signálu [3].

Schéma operácií vykonávaných analógovo-digitálnym prevodníkom

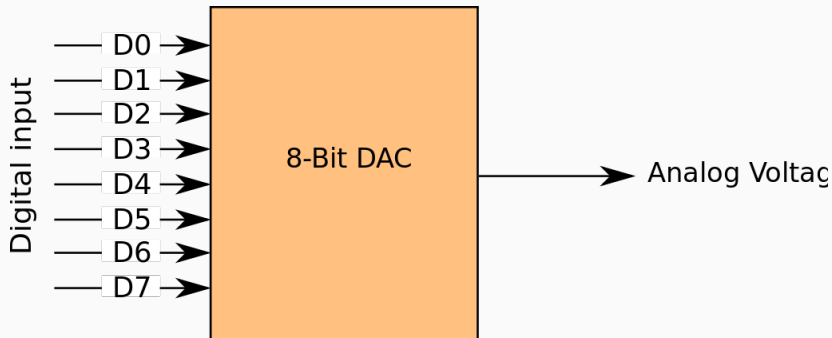


Obr. 9: Prevádzka prevodníka A/C.

Digitálno-analógový prevodník

- Digitálno-analógový prevodník (C/A) je elektronické zariadenie, ktoré umožňuje prevod digitálneho signálu (binárny signál) na analógový signál. Má m vstupov a jeden výstup.
- Ďalší názov pre DAC je DAC (digitálno-analógový prevodník).

Digitálno-analógový prevodník ii



Obr. 10: Prevodník C/A [7].

Digitálno-analógové prevodníky možno rozlíšiť podľa spôsobu fungovania vstupných obvodov

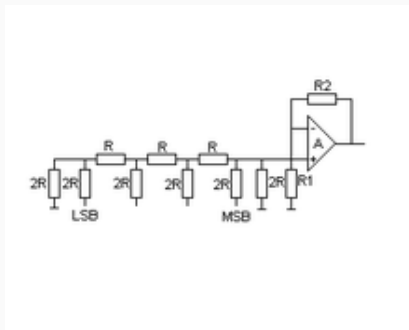
- Paralelné - bity signálu sa aplikujú súčasne
- Sériové - výstupný signál sa vytvára až po postupnom prijatí všetkých vstupných bitov

Konštrukcia D/A prevodníka

- Status register - môže byť integrovaná zostava prepínačov
- Elektronická spínacia zostava - riadená digitálnymi signálmi
- Rezistorová sieť
- Zdroj napätia

Digitálno-analógový prevodník v

Návrh vzorového A/C



Obr. 11: Konštrukcia snímača A/C [4].

Parametre DAC

- Chyba škálovania
- Rýchlosť spracovania
- Settling čas
- Spínacie skreslenie
- Dynamická stupnica
- Maximálna vzorkovacia frekvencia
- Maximálna vzorkovacia frekvencia

Aplikácie

- Audio vybavenie
- Hráči CD
- Hráčske konzoly
- Mobilné zariadenia
- Osobné počítače
- Mobilné telefóny

Zdroje

- 1 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Cz%C4%99stotliwo%C5%9B%C4%87_pr%C3%B3bkowania
- 2 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Przetwornik_cyfrowo-analogowy
- 3 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_analogowy
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Przetwornik_cyfrowo-analogowy
- 5 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_(signal_processing))
- 6 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_(signal_processing))
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter
- 8 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Twierdzenie_o_pr%C3%B3bkowaniu
- 9 - https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Reprezentácia rádiových signálov vo frekvenčnej oblasti

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície Podstawowe definicje

Modulácia v telekomunikáciách

Demodulácia v telekomunikáciách

Analógová modulácia

Digitálna modulácia

- Modulácia ASK

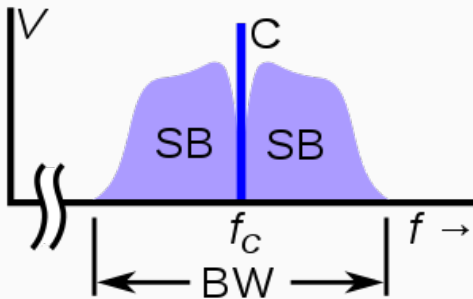
- Modulácia FSK

- Modulácia PSK

Základné definície Podstawowe definicje

- **Nosná vlna** - elektromagnetické vlnenie s konštantnou frekvenciou, ktoré vytvára vysielateľ elektromagnetických vln
- **Modulácia** - náhodná alebo zámerná zmena parametrov signálu s cieľom prispôbiť signál stanoveným požiadavkám
- **Demodulácia** - extrakcia pôvodného signálu nesúceho informáciu z nosnej vlny

Základné definície ii



Obr. 1: Nosná vlna signálu [8].

- **Spektrum signálu** - Súbor frekvenčných zložiek signálu známy ako harmonické. Spektrum signálu je reprezentované vo frekvenčnej oblasti
- Frekvenčná reprezentácia signálu

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (1)$$

Diskrétna Fourierova Transformácia

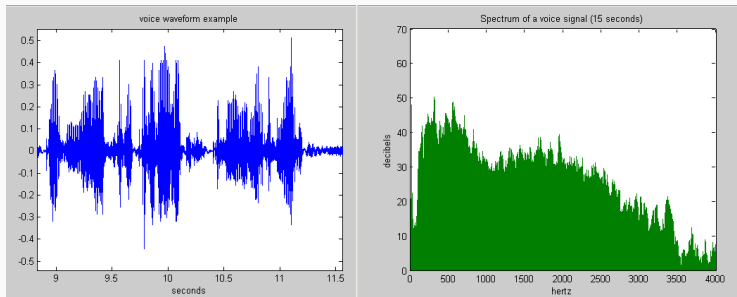
$$A_k = \sum_{n=0}^{N-1} a_n w_N^{-kn}, 0 \leq k \leq N-1, \quad (2)$$
$$w_N = e^{i\frac{2\pi}{N}}$$

- i - imaginárna jednotka
- k - počet harmonických zložiek
- n - číslo vzorky signálu
- a_n - hodnota vzorky signálu
- N - počet vzoriek

Grafické znázornenie signálu vo frekvenčnej oblasti možno znázorniť nasledujúcim grafom

- Hodnoty na osi X sú hodnoty frekvencie signálu
- Hodnoty na osi Y predstavujú amplitúdu signálu pre danú frekvenciu

Základné definície vi

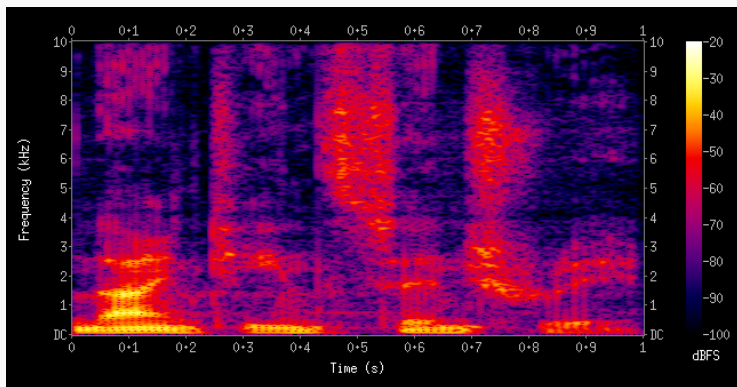


Obr. 2: Frekvenčné spektrum rečového signálu [9].

- **Modulátor** - elektronický obvod realizujúci proces modulácie, ktorý pracuje na základe zvolenej modulačnej metódy zodpovednej za modifikáciu prenášanej informácie
- Má dva vstupy:
 - Informačný signál
 - signál

- **Demodulátor** - zvyčajne vo forme elektronického obvodu, počítačového programu alebo programovateľného rádia, jeho úlohou je obnoviť informačný obsah z modulovanej nosnej vlny, má implementované demodulačné riešenia v párovaní pomocou modulátora, ktorý ho dopĺňa
- **Spectrogram** - je vizuálne znázornenie frekvenčného spektra signálu, ktoré sa mení v čase. Pri aplikácii na zvukový signál sa spektrogramy niekedy nazývajú sonografy. Ak sú údaje znázornené v 3D grafe, môžu sa nazývať vodopády.
- Používajú sa aj v oblasti hudby, lingvistiky, sonaru, radaru, spracovania reči alebo seizmológie. Zvukové spektrogramy možno použiť na fonetickú identifikáciu hovorených slov a na analýzu rôznych zvieracích volaní.

Základné definície ix

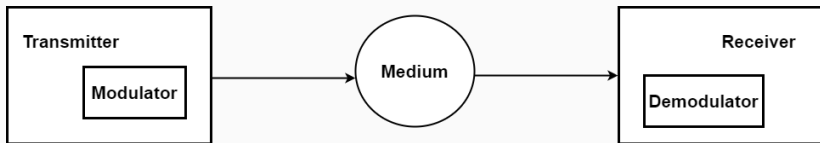


Obr. 3: Spectrogram [5].

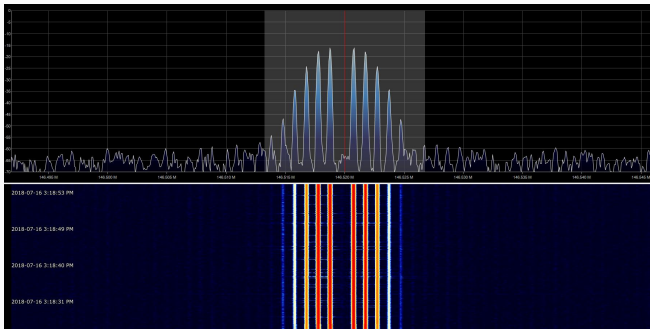
Modulácia v telekomunikáciách

- Modulácia je nevyhnutným prvkom pri prenose signálu vzhľadom na použité prenosové médium
- Fyzické obmedzenia spôsobujú skreslenie informácií v dôsledku vonkajšieho rušenia
- Prepravovaný signál musí byť dodaný v takej forme, aby informácie v ňom obsiahnuté mohli byť oddelené správnym spôsobom

Prenos v telekomunikáciách



Obr. 4: Telekomunikácie pomocou modulácie



Obr. 5: Príklad modulačného priebehu [1].

Demodulácia v telekomunikáciách

- Demodulácia je opačný proces ako modulácia. Demodulátor rekonštruuje modulačný signál z modulovaného tvaru vlny.
- Počas tohto procesu sa z pôvodného signálu extrahujú informácie z nosnej vlny
- Vzhľadom na rôzne metódy modulácie existuje mnoho typov demodulátorov

Výstupný signál z demodulátora môže mať tvar

- Zvukový prvok
- Obrázok
- Binárne údaje

Analógová modulácia

Analógová modulácia sa vzťahuje na proces prenosu analógového signálu základného pásma (nízkej frekvencie), ako je zvukový alebo televízny signál, na signál vyššej frekvencie, ako je rádiové frekvenčné pásmo.

Proces modulácie sa používa na úpravu hodnôt parametrov signálu tak, aby sa odosielaná informácia mohla prenášať cez dané médium, ktoré má špecifické požiadavky na formu prenášaného signálu.

Existujú tiež 3 základné analógové modulácie

- AM amplitúdová modulácia - ovplyvňujeme zmenu amplitúdy modulovaného signálu
- FM frekvenčná modulácia - meníme frekvenciu modulovaného signálu
- Fázová modulácia PM - ovplyvňuje fázu (posun) modulovaného signálu

Digitálna modulácia

- Digitálna modulácia – je proces zmeny nosného signálu v analógovej forme na signál v binárnej forme, ktorý možno ľahko prenášať prostredníctvom prenosového média
- Proces digitálnej modulácie je inak známy ako kľúčovanie

Existujú 3 základné operácie digitálnej modulácie

- Modulácia ASK (Amplitude Shift Keying) - modifikácia amplitúdy signálu
- Modulácia FSK (Frequency Shift Keying) - modifikácia frekvencie signálu
- Modulácia PSK (Phase Shift Keying) - modifikuje fázu signálu

Kľúčovanie amplitúdou

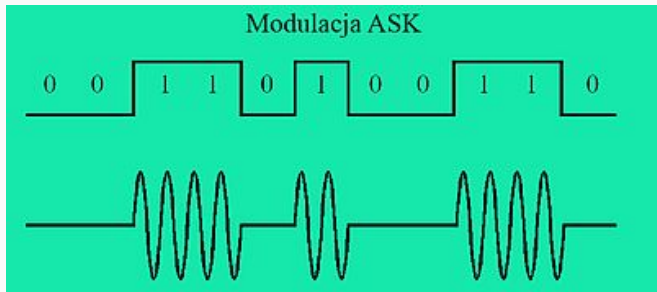
- Spočíva v zmene amplitúdy nosného signálu v závislosti od digitálneho modulačného signálu
- Charakteristickým znakom je, že vďaka digitálnemu signálu je počas vysokého stavu plná amplitúda modulovaného signálu. Na druhej strane, počas nízkeho stavu sa táto amplitúda znižuje

$$z_A(t) = \begin{cases} A_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{pro } b[n] = 0 \\ A_2 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{pro } b[n] = 1 \end{cases} \quad (3)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - počet signálnych bitov

Modulácia ASK iii

Grafické znázornenie signálu modulovaného ASK moduláciou



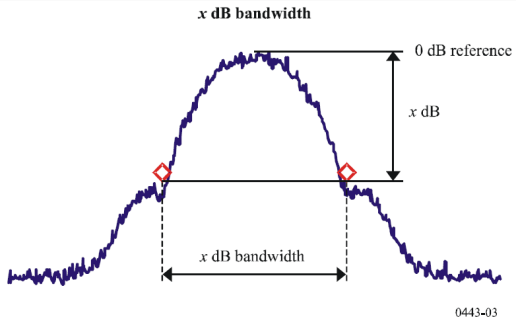
Obr. 6: Priebeh signálu pred a po ASK modulácii [2].

Kľúčovanie frekvencie

- Spočíva v priradení príslušnej frekvencie nosného signálu každému z dvoch stavov modulačného signálu
- To sa vyznačuje konštantnou okamžitou amplitúdou nezávislou od modulačného signálu
- It je odolný voči impulznému šumu, útlmu a skresleniu oneskorenia, čo ho robí atraktívnejším na použitie ako ASK modulácia

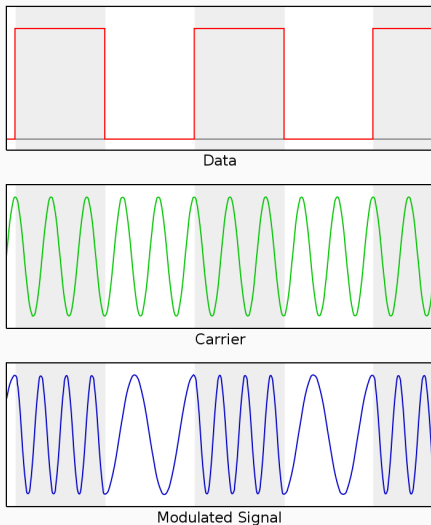
$$z_F(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_{n1} \cdot t) & \text{pro } b[n] = 0 \\ \sin(2\pi \cdot f_{n2} \cdot t) & \text{pro } b[n] = 1 \end{cases} \quad (4)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - počet signálnych bitov



Obr. 7: Priebeh frekvencie signálu [3].

Modulácia FSK iv



Obr. 8: Frekvenčný priebeh kľúčovania [4].

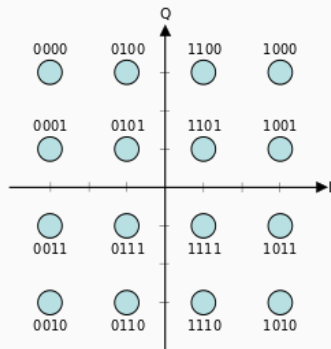
Fázové klúčovanie

- Spočíva v posúvaní nosnej vlny signálu v závislosti od stavu primárnej informácie
- Amplitúda a frekvencia modulovaného signálu sú konštantné
- Zriedkavo sa používa v digitálnych systémoch
- Hardvérová implementácia modulácie FSK je jednoduchšia.

$$z_p(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{pro } b[n] = 0 \\ \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t + \pi) & \text{pro } b[n] = 1 \end{cases} \quad (5)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - počet signálnych bitov

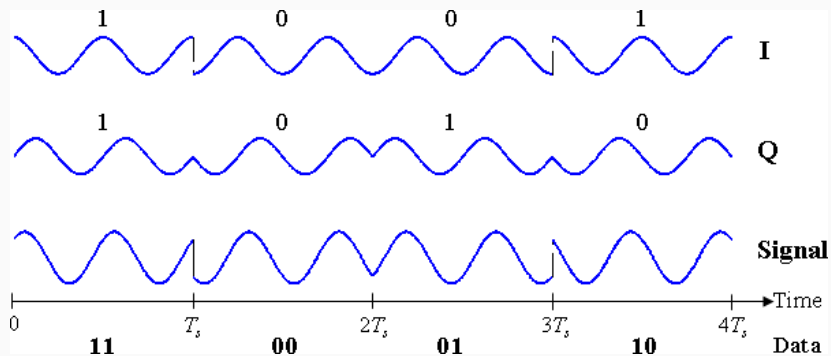
Konštalčný diagram



Obr. 9: Konštalčný diagram [10].

Modulácia PSK iv

Grafické znázornenie signálu modulovaného moduláciou PSK



Obr. 10: Tok kľúčovania QPSK [6].

Zdroje

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>
- 2 - <https://pl.wikipedia.org/wiki/ASK>
- 3 - Bandwidth measurement at monitoring stations, ITU-R
- 4 - https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying
- 5 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Spectrogram>
- 6 - https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift_keying
- 8 - https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_wave
- 9 - https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_density#Explanation
- 10 - https://en.wikipedia.org/wiki/Constellation_diagram

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Vlastnosti bezdrôtových prenosových kanálov

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Rádiové vlny

Štandardy v bezdrôtových sieťach

Rušenie signálu

Bezdrôtové siete

- Technológia Wi-Fi

- Zabezpečenie siete Wi-Fi

- Technológia Bluetooth

- Aplikácie bezdrôtového prenosu

- Výhody bezdrôtovej siete

- Nevýhody bezdrôtovej siete

Základné definície

- **Prenos** - proces prenosu akejkoľvek správy alebo údajov všeobecne medzi odosielateľom a príjemcom zapísaný v určenom vzájomne zrozumiteľnom kóde a po určenej trase.
- **Bezdrôtový prenos** - prenos pomocou bezdrôtových metód komunikácie medzi stranami, ktoré sú od seba značne vzdialené, uskutočňovaný v reálnom čase

- **Drôtové médium** - prenosové médium, ktoré na prenos signálu využíva fyzický prvok spájajúci prijímač s odosielateľom
- **Bezdrôtové médium** - prenosové médium, ktoré prenáša informácie medzi odosielateľom a príjemcom bez použitia fyzického média

- **Elektromagnetické vlny** - predpovedal J.C. Maxwell v roku 1834, zatiaľ čo Heinrich Hertz ju objavil v roku 1887.
 - Je to rovinná vlna, priečna, šíriaca sa kolmo na kmitanie elektrického a magnetického poľa.
 - sa šíri rýchlosťou $3 \frac{m}{s}$.
- **Elektromagnetické vlny** - oblasti použitia
 - infračervenom rozsahu
 - rozsahu RF

Rádiové vlny

- Zdroje rádiových vln môžu byť prirodzené alebo umelé, napríklad tie, ktoré vysielajú vysielacie stanice mobilných telefónov.
- Hlavným účelom je prenášať informácie.
- In telekomunikácie, používané na prenos dát
- Existuje niekoľko typov rádiových vln.
- Na prenos dát sa používajú ultrakrátke, krátke, stredné a dlhé vlny

Štandardy v bezdrôtových sieťach

- **IEEE 802.11** - podskupina noriem IEEE 802.
- Popisuje fyzickú vrstvu a fyzickú podvrstvu MAC bezdrôtových lokálnych sietí
- Zahŕňa 4 nezávislé protokoly zamerané na šifrovanie
- Fldy 802.11 tvoria základ certifikácie siete Wi-Fi

Štandardy v bezdrôtových sieťach ii

Štandard	Frekvencia	Maximálna šírka pásma
802.11a	5 GHz	54 Mb/s
802.11b	2.4 GHz	11 Mb/s
802.11g	2.4 GHz	54 Mb/s
802.11n	2.4 GHz, 5 GHz	150 Mb/s, 600 Mb/ s
802.11ac	5 GHz	až niekoľko Gb/s

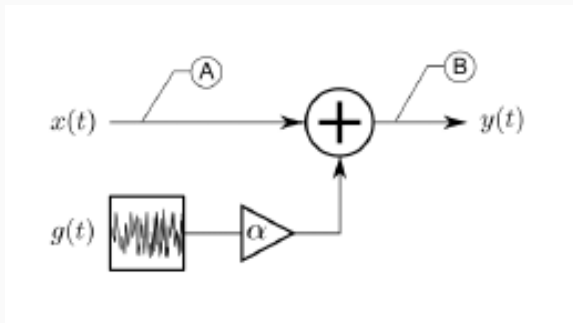
Tabuľka 1: Tabuľka s údajmi popisujúcimi bezdrôtové štandardy

Rušenie signálu

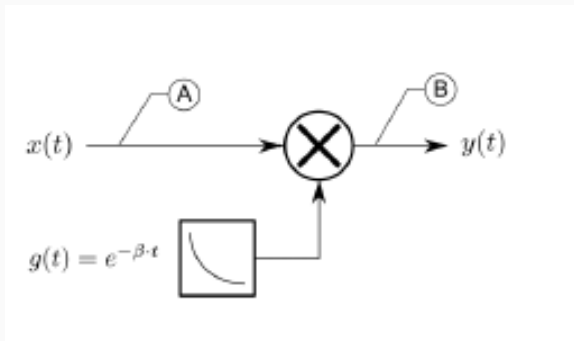
Počas prenosu informácií medzi odosielateľom a príjemcom je signál vystavený vonkajším faktorom, ktoré môžu spôsobiť chyby prenosu.

- Inter-symbolová interferencia
- Útlm
- AWG kanály - s Gaussovým distribučným šumom
- Delay
- Hluk itová chybovosť
- Ztráta informácií

- Okrem toho sa používajú korekčné a detekčné kódy, aby sa zistilo a zabránilo poškodeniu odosielanej správy.



Obr. 1: Interferenčný model s aditívnym šumom [1].



Obr. 2: Model útlmu signálu [1].

- **Chybovosť bitov** - Bit error rate
- Označované ako $BER = \frac{E}{N}$
- kde
 - E - počet chybne prijatých bitov
 - N - počet prenesených bitov

Bezdrôtové siete

- PAN - Personal Area Network - na vzdialenosť do 10 metrov
 - Príkladom môže byť použitie technológie Bluetooth
- WLAN - bezdrôtová lokálna sieť - do 100 metrov v otvorenom priestore.
 - Príkladom môže byť štandard IEEE 802.11a/b/g/n.
- WWAN - Wireless Wide Area Network - v dosahu až 5 kilometrov.
 - Mobilné siete GSM, GPRS, EDGE.

- LTE - Long Term Evolution - štandard prenosu dát, ktorý je nástupcom systémov 3G. Vyššie prenosové rýchlosti, nižšia latencia, vyššia účinnosť a nižšie náklady na prenos
- 5G - mobilná technológia piatej generácie, nástupca 4G. Oveľa väčšie požiadavky na rýchlosť prenosu alebo zníženie počtu chýb.

Pozostáva z bezdrôtovej komunikácie v dvoch používaných frekvenčných pásmach

- 2.4 GHz
- 5 GHz

Presná frekvencia používaná v konkrétnej bezdrôtovej sieti závisí od použitého prenosového kanála

- V USA sa používajú kanály 1.
- In Poľsko 13 kanálov
- In Japonsko 14
- Zatiaľ čo vo Francúzsku len 4

Bezdrôtové siete sú vystavené sieťovým hrozbám. Preto sa bezpečnostné nástroje používajú na zvýšenie účinnosti obrany proti uskutočneným útokom. Najdôležitejšie bezpečnostné mechanizmy v bezdrôtových sieťach sú:

- SSID (Service Set ID) - poskytuje veľmi obmedzenú formu kontroly prístupu, pretože je potrebné poskytnúť tento identifikátor pri nadväzovaní spojenia

- Šifrovanie WEP (Wired Equivalent Privacy) - dostupné v každom systéme Wi-Fi; šifrovanie je založené na zdieľanom šifrovacom kľúči.
- Štandard 802.1x - centralizuje identifikáciu používateľov, autentifikáciu a dynamickú správu kľúčov
- Šifrovanie WPA (Wi-Fi Protected Access) - používa TKIP na automatickú zmenu šifrovacieho kľúča po uplynutí určeného času

- Technológia Bluetooth je globálna iniciatíva poskytujúca bezdrôtový rádiový prístup. Iniciovali ho výrobcovia zariadení ako IBM, Intel, Nokia, Toshiba, Ericsson.
- Toto riešenie bolo navrhnuté v roku 1994 vo Švédsku.

- Je založený na rádiových spojeniach s obmedzeným dosahom medzi mobilnými telefónmi, mobilnými počítačmi, periférnymi zariadeniami a audiovizuálnymi zariadeniami.
- Komunikácia medzi rôznymi mobilnými zariadeniami je možná s prenosovou rýchlosťou až do 1 Mb/s

- Na miestach, kde nie je možné položiť káble, je bezdrôtová sieť často nenahraditeľná.
- Existujú aj situácie, keď existujúcu káblovú sieť nemožno rozšíriť o ďalšie pripojenia. Potom jediným riešením môže byť použitie bezdrôtového prenosu

- Informatizácia historických pamiatok
 - Vzhľadom na nemožnosť zasahovať do štruktúry a výzdoby budovy, nemožnosť položiť káblové prenosové médium
- Obchod
 - Najmä v miestach, ktoré sa dočasne využívajú na čas organizovania rôznych podujatí, konferencií, outdoorových akcií

- Priemysel
 - Pohodlné vďaka tomu, že nie je potrebné dodatočné zapojenie výrobných zariadení
 - Zahŕňa však potrebu vyššej spoľahlivosti a stability prenosovej sústavy

Výhody bezdrôtovej siete i

Bezdrôtové siete sa ľahko používajú z dôvodu:

- Nízke náklady.
- Rýchlosť inštalácie
- Ľahko sa rozširuje
- Žiadne zásahy do infraštruktúry
- Pripojiteľnosť odkiaľkoľvek

Používanie bezdrôtových sietí má však aj svoje nevýhody:

- Pomalší prenos dát ako v káblovom médiu.
- Menej bezpečnosti.
 - Potrebuje dodatočné zabezpečenie, ktoré znižuje rýchlosť prenosu
- Potrebujete vyhradiť dostatočnú šírku pásma.
- Viac náchylné na rušenie
- Prenosová rýchlosť závisí od vzdialenosti medzi komunikujúcimi zariadeniami

Zdroje

- 1 - https://git.wi.zut.edu.pl/kakit/materialy_publiczne/raw/branch/master/transmisja_danych/laboratoria/td-instrukcja-7.pdf

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Princípy procesu modulácie

Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

30.05.2021

Základné definície

Komunikačná cesta

Kvadratúrne modulácie

Modulácia QPSK

Modulácia QAM

Základné definície

- **Modulačná rýchlosť** - určuje maximálny počet zmien momentov alebo charakteristických stavov za 1 sekundu
 - je vyjadrený v baudoch.
 - 1 baud = $1 \frac{b}{s}$ - len pre telegrafické signály
 - väčšinou 1 bod = $1 \frac{b}{s}$
- **prenosová rýchlosť** - počet bitov prenesených za 1 sekundu pri danej chybovosti Baud rate a Prenosová rýchlosť
 - Posuvová rýchlosť určuje modulačnú rýchlosť
 - Prenosová rýchlosť určuje prenosovú rýchlosť

- **Modulácia** - proces zmeny parametrov signálu (amplitúda, frekvencia, fáza) s cieľom prispôbiť jeho vlastnosti použitému prenosovému médiu.
- **Modulácia v telekomunikáciách** - Proces zmeny parametrov nosnej vlny, ktorý umožňuje prenos informácií
- **Demodulácia** - opačný proces k modulácii, rekonštrukcia modulačného signálu z modulovaného tvaru vlny

- **Konštalačný diagram** - grafické znázornenie modulácie PSK, QAM alebo CAP
 - Konštelácia bodov definuje vzdialenosť od súradnicového bodu
- **Základné parametre v signále**
 - Amplitúda
 - Frekvencia
 - Fáza

Typy modulácie

- Analógové
 - AM - amplitúdová modulácia
 - FM - frekvenčná modulácia
 - PM - fázová modulácia
- Digital
 - ASK - amplitúdové klúčovanie
 - FSK - frekvenčné klúčovanie
 - PSK - fázové klúčovanie

Komunikačná cesta

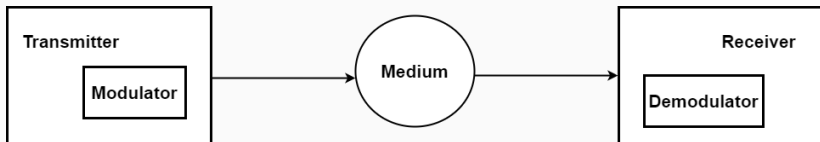
Komunikačná cesta modulovaného signálu

Aby bolo možné používať modulačné metódy pri prenose informácií medzi odosielateľom a prijímateľom, musia byť na oboch stranách zariadenia, ktoré budú zodpovedné za modifikáciu signálu a jeho čítanie. V prenosovom médiu sa signál prenáša v modulovanej forme.

Komunikačná cesta ii

Na strane odosielateľa sa nachádza **modulátor**, ktorý prispôbuje parametre signálu prenosovému kanálu.

Na strane prijímača je **demodulátor**, ktorý rekonštruuje pôvodný signál.



Obr. 1: Priebeh signálu v prenosovom kanáli.

Kvadratúrne modulácie

- **Modulácia QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying) – je to modifikovaná metóda fázovej modulácie
- Spočíva v kódovaní vysielaného signálu 2 bitmi a jeho reprezentácii na 4 ortogonálnych fázových posunoch

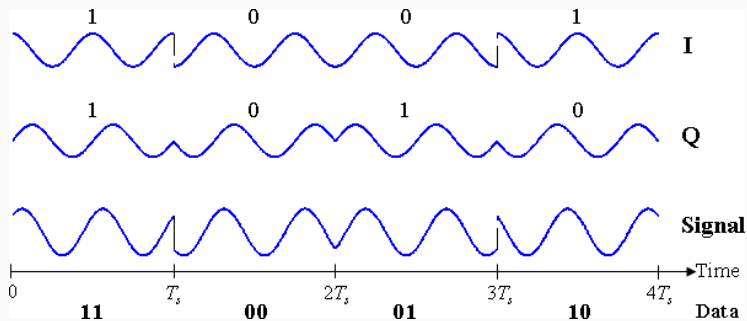
Najbežnejší prístup používaný pri modulácii QPSK zahŕňa definovanie nasledujúcich hodnôt fázových posunov:

- Bity: 00 – 45°
- Bity: 01 – 135°
- Bity: 10 – 225°
- Bity: 11 – 315°

- Hlavnou výhodou tejto modulácie je možnosť reprezentovať fázu signálu pomocou hodnôt, ktoré sú od seba vzdialené 90^{circ} .
- Podľa toho reprezentácia pomocou 2 bitov umožňuje presnejšiu reprezentáciu signálu

Modulácia QPSK iv

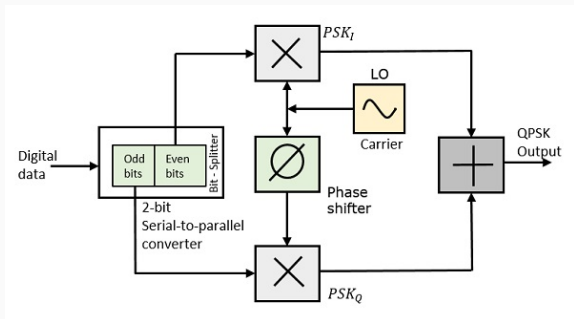
Diagram QPSK pre 2-bitovú úroveň kvantizácie



Obr. 2: Diagram QPSK [3].

Modulácia QPSK v

Konštrukcia modulátora QPSK

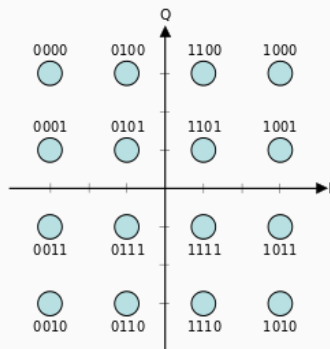


Obr. 3: Modulátor QPSK [2].

- **Modulácia QAM** (Quadrature Amplitude Modulation) – kvadratúrna amplitúdovo-fázová modulácia používaná v procese digitálnej modulácie
- Kombinuje princípy ASK a PSK kľúčovania
- Dáta reprezentované binárnym reťazcom určitej dĺžky, ktoré sú ekvivalentné amplitúdovému aj fázovému popisu
- Konštalačný diagram používaný na grafické znázornenie procesu modulácie a reprezentáciu stavov

- Konštelačný diagram pre moduláciu 16-QAM
- 16 stavov uložených v 4 bitoch
- Každý stav sa nazýva bod konštelácie
- Susedné štáty sú generované na základe šedého kódu
 - Susedné stavy sa navzájom bitovo líšia len na jednej pozícii

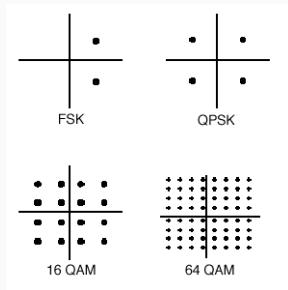
Grafické znázornenie konštelácie pre QAM-16



Obr. 4: Konšteláčny diagram [1].

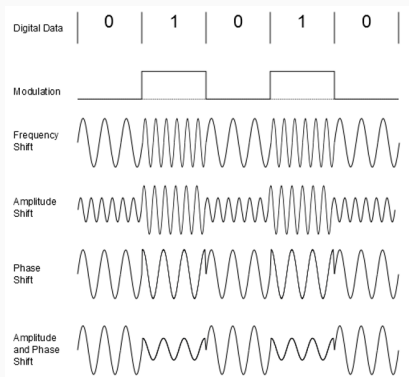
Modulácia QAM iv

Porovnanie konštelácie diagramov pre modulácie FSK, QPSK, 16 QAM a 64 QAM



Obr. 5: Konštalačné diagramy [5].

Modulácia QAM v



Obr. 6: Vlnenie rôznych digitálnych modulácií [4].

Zdroje

- 1 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Diagram_konstelacji
- 2 - https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_quadrature_phase_shift_keying.htm
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying
- 4 - <https://www.5gtechnologyworld.com/digital-modulation-basics-part-1/>
- 5 - <https://questtel.com/wiki/qam-constellation>

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Digitálne modulácie

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Digitálne modulácie

Modulácia ASK

Modulácia FSK

Modulácia PSK

Modulácia MSK

Modulácia GMSK

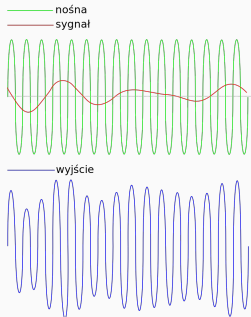
Základné definície

- **Modulácia** - proces zmeny parametrov signálu
- **Digitálna modulácia** - proces zmeny analógového nosného signálu binárnym modulačným signálom, ktorý možno ľahko prenášať cez prenosové médium
- Typy digitálnej modulácie:
 - **ASK** - Amplitúdové kľúčovanie
 - **FSK** - Frekvenčné kľúčovanie
 - **PSK** - Fázové kľúčovanie
 - Ostatné: napr. QAM, PCM

- **Modulovaný signál** - signál, ktorý prechádza moduláciou
- **Modulačný signál** - signál v binárnej forme definujúci pravidlá modulácie
- **Modulovaný signál** - signál zodpovedajúci modulovanému signálu, ale po procese modulácie

Základné definície iii

Grafické znázornenie modulovaného, modulujúceho a modulovaného signálu



Obr. 1: Príklad amplitúdovej modulácie [2].

Digitálne modulácie

Modulácia ASK i

- **Modulácia ASK** (Amplitude Shift Keying) – spočíva v zmene amplitúdy nosnej vlny v modulovanom signáli
- Signál ASK možno zapísať pomocou nasledujúceho vzorca

$$\varphi_{ASK} = \frac{1}{2}A_0[1 + x(t)] \cos \omega_0 t \quad (1)$$

- alebo

$$\varphi_{ASK}(t) = \begin{cases} 0 & \text{pro } x(t) = -1 \\ A_0 \cos \omega_0 t & \text{pro } x(t) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

- kde
 - $x(t)$ - priebeh kľúčovania nula-jedna
 - ω_0 - pulzácia nosnej vlny

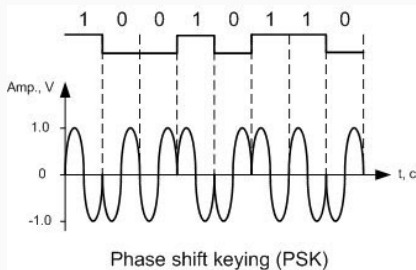
- **Modulácia FSK** (Frequency Shift Keying) – Spočíva v zmene frekvencie nosnej vlny v modulovanom signáli pri konštantnej amplitúde
- Na určenie modulačného kódu možno použiť nasledujúci vzorec

$$\varphi_{FSK} = \begin{cases} A_0 \cos \omega_1 t & \text{pro } x_n = 1 \\ A_0 \cos \omega_2 t & \text{pro } x_n = 0 \end{cases} \quad (3)$$

- kde
 - ω_1, ω_2 - charakteristické frekvencie
 - A_0 - amplitúda nosného signálu

Modulácia PSK i

Modulácia PSK (Phase Shift Keying) – druh digitálnej modulácie spočívajúci v zmene fázy nosnej vlny modulovaného signálu



Obr. 2: Priebeh modulácie PSK [3].

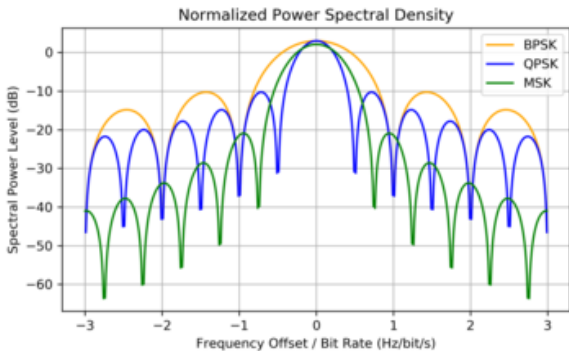
- **Modulácia MSK** (Minimum Shift Keying) – variant modulácie FSK
- To sa vyznačuje dobrými energetickými vlastnosťami a absenciou fázových skokov v modulovanom signáli
- Vďaka absencii fázových skokov je možné výrazne znížiť frekvenčné pásmo obsadené signálom

Všeobecný vzorec pre modulovaný signál možno vyjadriť takto

$$S(t) = A \cos [\omega_0 t + \phi(t)] \quad (4)$$

- Počiatočná fáza sa vždy rovná konečnej fáze predchádzajúceho obdobia
- MSK modulácia používa dve nosné frekvencie pre bit 0 a 1
- Pri označení kľúčovacej frekvencie ako f :
 - $f_0 = \frac{3}{4} f$
 - $f_1 = \frac{5}{4} f$

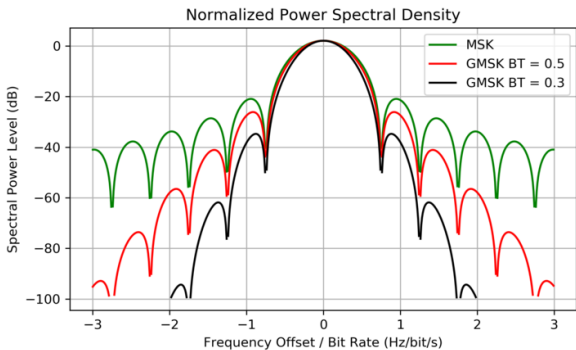
Modulácia MSK iv



Obr. 3: Diagram MSK [1].

- **Modulácia GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying) – minimálna fáza s Gaussovým filtrom
- Toto je modifikácia kľúčovania s frekvenčným posunom a MSK
- Obdĺžnikový impulz je nahradený sínusovým impulzom kvôli menším postranným pásmam a užšej šírke pásma v porovnaní s obdĺžnikovým impulzom
- Hlavnou aplikáciou tejto modulácie je systém mobilných telefónov GSM

- Šírka pásma systému je definovaná vzťahom medzi pracovnou šírkou B Gaussovho filtra a periódou T
- Čím menšia je hodnota BT , tým užšie je spektrum signálu. V prenášanom signále však môže byť zaznamenaný väčší počet chýb
- V systéme GSM je hodnota koeficientu $BT = 0,3$



Obr. 4: Porovnanie diagramov GMSK [1].

Zdroje

- 1 - https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum-shift_keying
- 2 - <https://pl.wikipedia.org/wiki/Modulacja>
- 3 - https://www.tmatlantic.com/encyclopedia/index.php?ELEMENT_ID=10478

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Systemy rozptylu spektra

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Spektrálny rozptyl signálu

História techník rozptylu spektra signálu

Spread Spectrum Systems

System DSSS

System FHSS

System THSS

Základné definície

- **Spektrum signálu** - reprezentácia signálu vo frekvenčnej oblasti získaná pomocou Fourierovej transformácie
- **Rozptyl spektra signálu** - spôsob rozšírenia šírky pásma signálu pomocou procesu rozptylu
- Šírenie spektra sa používa najmä na umožnenie práce viacerých používateľov pri využívaní rovnakej šírky pásma
- It sa používa najmä v štandardoch Wi-Fi, sieťach Bluetooth a sieťach ZigBee (senzorové siete a automatizácia budov)

Metódy rozptylu spektra:

- CM (Chirp Modulation) - frekvenčné zametanie
- FH (Frequency Hopping) - rozptyl pomocou frekvenčného skákania
- TM (Time Hopping) - rozptyl skokom v čase
- DS (Direct Sequence) - rozptyl priamym kľúčovaním

Výhody používania rozptylu spektra:

- Zvýšená účinnosť šírky pásma.
- Schopnosť chrániť údaje pred zachytením informácií
- Vyššia odolnosť voči rušeniu.

Spektrálny rozptyl signálu

Na základe Shanonn-Hartleyho vety o kapacite telekomunikačného kanála

- C – kapacita (bit/s)

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N) \quad (1)$$

- B – šírka kanála (Hz)
- S/N - pomer výkonu signálu k výkonu šumu a rušenia

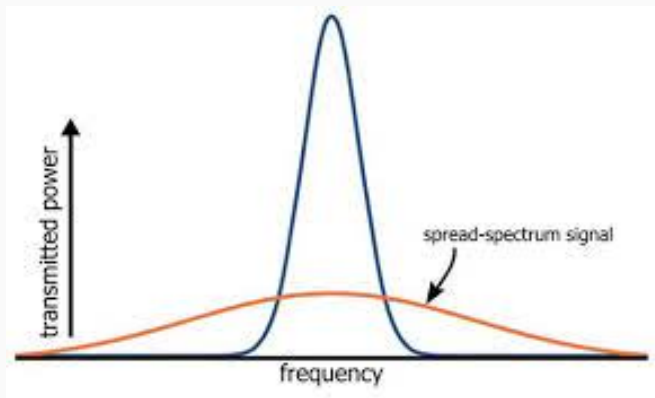
a vzťahy opisujúce požadované šírky kanálov na dosiahnutie predpokladanej priepustnosti

$$B = C / \log_2(1 + S/N) \quad (2)$$

z toho vyplýva, že čím menší je pomer výkonu signálu k výkonu šumu a rušenia v kanáli, tým širšie pásmo musí zaberáť.

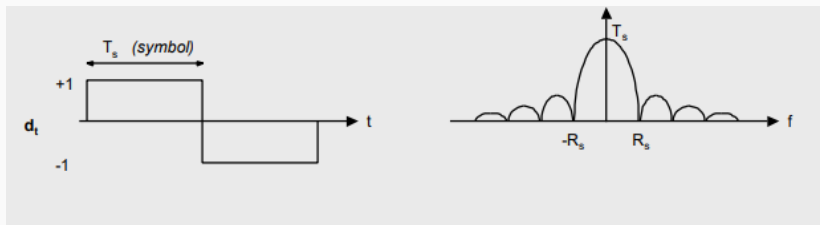
Preto sa na použitie šírenia spektra signálu, ktorého cieľom je transformovať úzkopásmový informačný signál na signál s niekoľkonásobne širším spektrom

Spektrálny rozptyl signálu iv



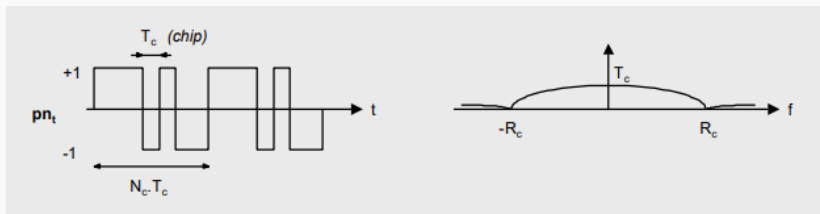
Obr. 1: Rozptýlené spektrum [1].

Spektrálny rozptyl signálu v



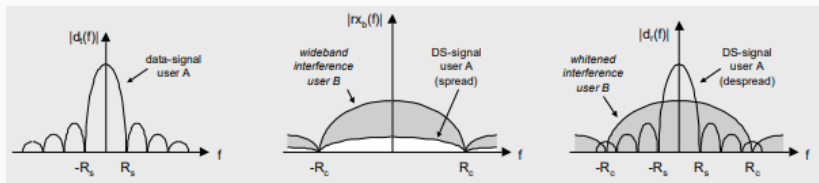
Obr. 2: Spektrum signálu [2].

Spektrálny rozptyl signálu vi



Obr. 3: Rozptýlené spektrum [2].

Spektrálny rozptyl signálu vii



Obr. 4: Spektrum rozptýleného signálu s interferenciou [2].

Rozptyl spektra v telekomunikáciách

- Rozprestreté spektrum využíva sekvenčnú štruktúru signálu podobnú šumu na distribúciu úzkopásmového informačného signálu v relatívne širokom rádiovom frekvenčnom pásme.
- Prijímač koreluje prijaté signály, aby obnovil pôvodnú formu informačného signálu

- Pôvodné použitie zahŕňalo.
 - Akcie na odolávanie pokusom nepriateľov o narušenie komunikácie.
 - Akcie na utajenie skutočnosti, že medzi stranami došlo ku komunikácii

História techník rozptylu spektra signálu

História techník rozptylu spektra signálu i

- Tieto techniky sú známe od 40. rokov 20. storočia
- Prvé pokusy o experimentovanie s príjmom vybraných frekvencií pri minimalizácii rušenia uskutočnil Guglielmo Marconi v roku 1899
- Spočiatku sa používali len vo vojenských komunikačných systémoch.

- Počas druhej svetovej vojny herečka Hedy Lamarr a skladateľ George Antheil vyvinuli rádiový navádzací systém na použitie v spojeneckých torpédach, ktorý sa ukázal ako odolný voči rušeniu.
- Dnes sa tieto systémy používajú najmä v sieťach Wi-Fi a Bluetooth, kde je ich cieľom minimalizovať výskyt rušenia a zvýšiť tak spoľahlivosť prenosu.

Spread Spectrum Systems

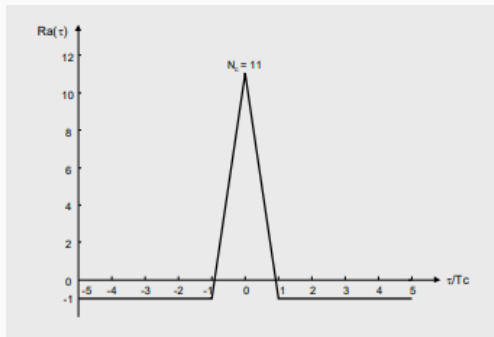
- **DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum** – Spočívá v priamej modulácii nosnej kódovej sekvencie s využitím rozptylových vlakov
- To je technika modulácie s rozprestretým spektrom, ktorá sa používa najmä na zníženie celkového rušenia signálu
- Použitie priamej frekvencie spôsobuje, že prenášaný signál má širšie pásmo ako informačné pásmo
- Keď sa modulácia rozptýli alebo odstráni na prijímači, pôvodná šírka pásma sa obnoví, ale neúmyselné a úmyselné rušenie sa výrazne zníži

- Ak je táto hodnota menšia, generátor pseudonáhodných sekvencií sa príslušne upraví. V opačnom prípade je fáza ladenia ukončená. Nevýhodou tohto riešenia je dlhý čas prispôsobenia.
- V systémoch s paralelnou konfiguráciou sa používa viac korelátorov. To umožňuje vykonávať viacero porovnaní súčasne, čím sa proces ladenia výrazne zrýchľuje. Nevýhodou tohto riešenia sú však vysoké náklady a vyššia zložitosť prijímača.

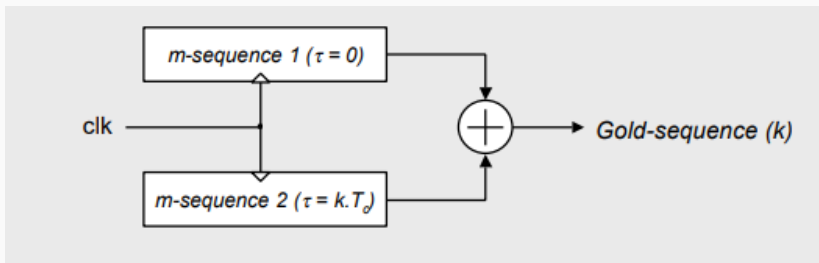
Použití rozptylové reťazce:

- Reťazce Gold
- Barker struny
- Pseudonáhodné reťazce

Očekáva sa, že vygenerované reťazce budú ortogonálne a budú mať dobré korelačné a štatistické vlastnosti.



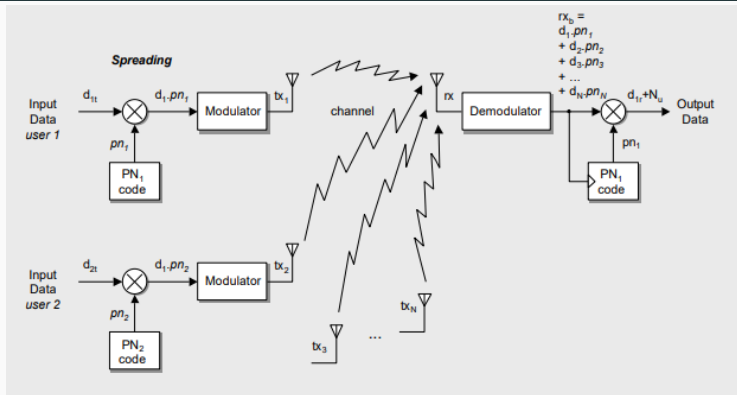
Obr. 5: Sekvencia Barker [2].



Obr. 6: Schéma Goldovho generátora řahu [2].

- FHSS – Frequency-Hopping Spread Spectrum – metoda šírenia spektra v širokopásmových systémoch, ktorá spočíva v "preskakovaní" frekvencií signálu v nastavených časových intervaloch v rámci dostupného spektra
- Existujú dva základné varianty:
 - Trvanie bitov je kratšie ako čas strávený na danej frekvencii.
 - Fast FHSS - frekvencia sa zmení niekoľkokrát počas trvania bitu

- "Hopping" znamená rychlou změnu nosné frekvence mezi mnohými různými frekvencemi zabírajícími velkou šířku spektra.
- Používá se na zabránění rušení, zabránění odpočívání a umožnění komunikace s vícenásobným kódovým dělením (CDMA).



Obr. 7: Prevádzková schéma CDMA [2].

- Vo frekvenčnom pásme je k dispozícii mnoho menších subpásiem. Signály v krátkych intervaloch "skáču" na nosných frekvenciách medzi stredovými frekvenciami týchto čiastkových pásíem v pevne stanovenom poradí.
- Rušenie vznikajúce na určitej frekvencii ovplyvní signál len v krátkych intervaloch.

- Hlavné aplikačné výhody v porovnaní s prenosom na pevnej frekvencii:
 - Vysoko odolné voči úzkopásmovému rušeniu.
 - Ťažko zachytiteľné, keď nie je známy vzor skákania
 - Môže zdieľať šírku frekvenčného pásma s viacerými typmi prenosu

Aplikácie

- Vojenské
 - Rušenie vysielaných signálov.
 - Vojenské rádiostanice sú zodpovedné za generovanie frekvenčného vzoru pod kontrolou tajného bezpečnostného kľúča prenosu a odosielateľ a prijímač ho vopred zdieľajú
- Civilian itemize
 - In rádiom riadené prijímače.
 - Vybrané riadené modely áut, drony
 - In policajné radary.

- **THSS – Time-Hopping Spread Spectrum** – technika používaná pri šírení spektra signálu s cieľom dosiahnuť nízku pravdepodobnosť rušenia
- Na dosiahnutie nízkej pravdepodobnosti rušenia signálu sa čas prenosu náhodne mení zmenou periódy a cyklu nosného impulzu pomocou pseudonáhodnej sekvencie
- V dôsledku toho bude mať vysielaný signál nespojitý čas začiatku a konca

Zdroje

- 1 - <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/radio-frequency-analysis-design/selected-topics/understanding-spread-spectrum-rf-communication/>
- 2 - http://www.sss-mag.com/pdf/Ss_jme_denayer_intro_print.pdf

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Programovateľné rádio

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Princíp fungovania SDR

Softvér

GNU Radio

Výhody programovateľného rádia

Nevýhody programovateľného rádia

Aplikácie

Základné definície

Historia

- Termín "softvérové rádio" bol vynájdený v roku 1984 na označenie digitálneho širokopásmového prijímača
- Poskytuje programovateľné potlačenie rušenia a demoduláciu širokopásmových signálov pomocou tisícov adaptívnych filtrov
- V roku 1991 Joe Mitola nezávisle od seba vynášiel pojem softvérové rádio pre plán na vybudovanie základňovej stanice GSM, ktorá by kombinovala digitálny prijímač s digitálne riadenými komunikačnými rušičkami.

- **Softvérovo definované rádio (SDR)** - inak známy ako digitálny rádioprijímač - je to radiokomunikačný systém, v ktorom je činnosť základných elektronických prvkov realizovaná pomocou počítačového programu
- Myšlienka softvérovo definovaného rádia existovala už dlho, ale nedostatok efektívnej hardvérovej implementácie spôsobil stagnáciu v praktických spôsoboch využitia tohto systému

- Základná implementácia programovateľného rádia zahŕňa:
 - Počítač vybavený zvukovou kartou alebo iným A/D prevodníkom
 - Elektronický obvod, ktorý prijíma modulovaný vysokofrekvenčný signál
- Signál z prijímača sa presunie do nižšej šírky pásma, ktorá je v rozsahu spracovania zvukovej karty alebo A/D prevodníka

- Spracovanie signálu vykonáva predovšetkým procesor na všeobecné účely
- Prijímač je schopný spracovať rôzne typy rádiového vysielania zmenou programu na spracovanie signálu

Princíp fungovania SDR

Princíp fungovania SDR i

- RF komunikácia sa vykonáva pomocou softvéru alebo firmvéru na vykonávanie úloh spracovania signálu, ktoré sa bežne spracúvajú pomocou hardvéru.
- Tento hardvér zahŕňa zmiešavače, filtre, zosilňovače, modulátory, demodulátory atď.
- Preto SDR využíva iba ADC a DAC na prevod analógových na digitálne a digitálnych na analógové signály spolu s anténami bez potreby viacerých hardvérových komponentov.

- Vďaka tomu je SDR veľmi flexibilný a v prípade problémov sa ľahko odstraňuje, pretože väčšina spracovania sa vykonáva v softvéri, nie v hardvéri.
- Softvér možno spustiť na osobnom počítači aj na vstavanom systéme.

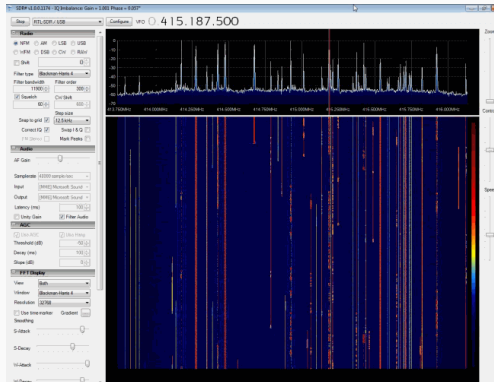


Obr. 1: Príklad prijímača SDR [2].

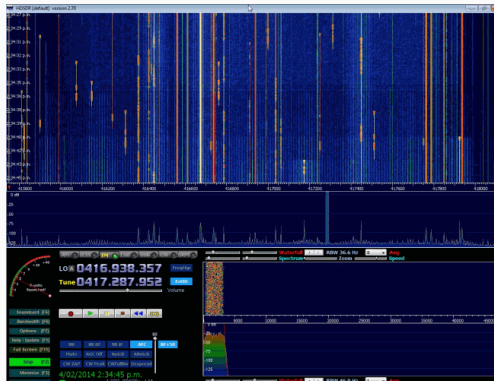
Softvér

- Softvér je kľúčovou súčasťou programovateľného rádia.
- Jeden z najpopulárnejších balíkov ponúkajúcich programovanie SDR čipov je balík GNU Radio.
- GNU Radio je softvér s otvoreným zdrojovým kódom, ktorý umožňuje navrhovať a spúšťať systémy SDR a sledovať ich prevádzku.

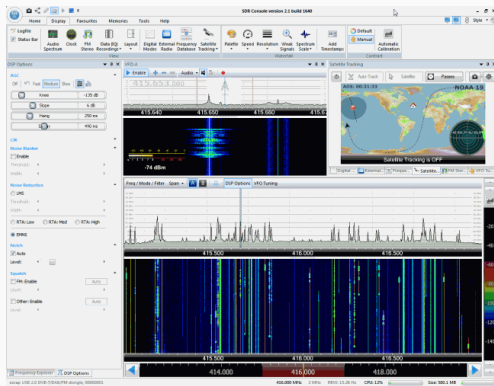
- Okrem uvedeného riešenia je možné použiť aj takýto softvér:
 - SDR
 - HDSDR
 - SDR-RADIO.com V2/V3
 - SDR++
 - GQRX



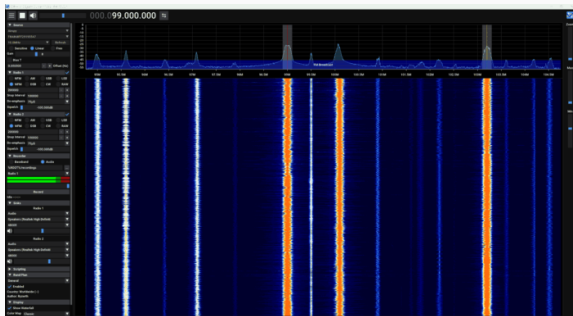
Obr. 2: SDR [1].



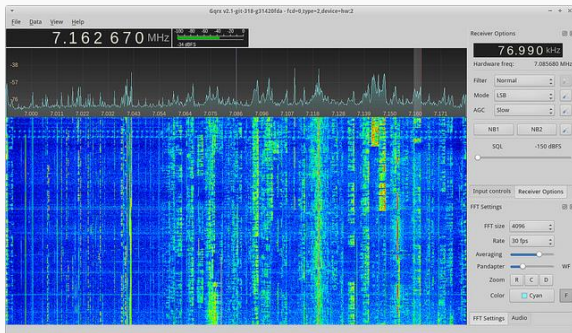
Obr. 3: HDSDR [1].



Obr. 4: SDR-RADIO.com V2/V3 [1].



Obr. 5: SDR++ [1].



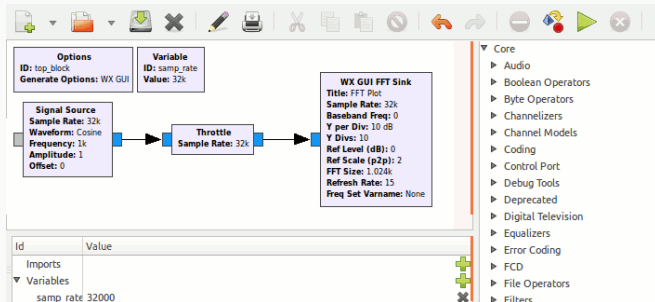
Obr. 6: GQRX [1].

GNU Radio

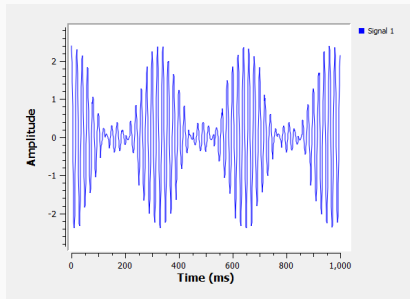
- GNU Radio má grafické rozhranie, ktoré umožňuje navrhovať a modelovať operácie potrebné pri spracovaní signálu.
- Takisto je možné generovať kód v jazyku Python
- Je alternatívou k programom, ako sú Matlab a LabView.

- Softvér je open source, takže ho môžete používať a pridávať nové komponenty bez licenčných obmedzení.
- Používanie systémov založených na GNU Radio:
 - Čítačky RFID
 - Prijímače signálu sekundárneho prehľadového radaru (SSR) pre riadenie letovej prevádzky
 - Konštrukcia rádiových prijímačov a vysielačov





Obr. 7: Vzhľad komponentov



Obr. 8: Příklad signálu systému

Výhody programovatelného rádia

Výhody programovateľného rádia i

- Schopnosť dosiahnuť veľmi vysokú úroveň výkonu
- Možnosť zmeny výkonu prostredníctvom aktualizácie softvéru (ale nebude možné aktualizovať atribúty závislé od hardvéru)
- Možnosť rekonfigurovať rádiá prostredníctvom aktualizácie softvéru
- Možnosť používať rovnakú hardvérovú platformu pre niekoľko rôznych rádii

Nevýhody programovatelného rádia

Nevýhody programovateľného rádia i

- ADC obmedzujú najvyššie frekvencie, ktoré môže digitálna časť používať
- Na vývoj SDR sú potrebné hardvérové aj softvérové zručnosti

Aplikácie

- Systémy SDR zohrávajú dôležitú úlohu na miestach, kde je dôležitá rýchlosť prevádzky a flexibilita prispôsobenia použitých riešení najnovším technikám.
- Sú tiež žiaduce v technických oblastiach, kde sa vyžaduje jednoduchá zmena prenosu signálu
- Existujú dve hlavné kategórie SDR:
 - Systémy navrhnuté ako prijímače SDR
 - Systémy navrhnuté ako vysielače SDR

Oblasti použitia:

- Mobilná telefónia
- Vojenská komunikácia
- Prijímanie rozhlasového vysielania
- Rádiová astronómia
- Sledovanie lodí AIS
- Sledovanie lietadla pomocou režimu S.

Zdroje

- 1 - <https://www.rtl-sdr.com/big-list-rtl-sdr-supported-software/>
- 2 - https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio

Ďakujeme vám za pozornost 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Úvod do bezdrôtových systémov

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Základné definície

Prenos údajov

Komunikačná cesta

Rádiové vlny

- Vlastnosti rádiových vln

- Aplikácie rádiových vln

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie

Bluetooth

Základné definície

Sygnál

Signál možno reprezentovať v dvoch oblastiach

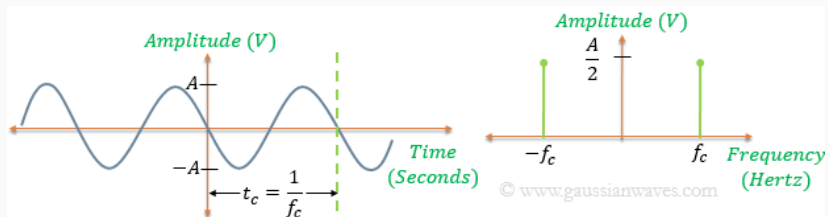
- Časová oblasť

$$f(t) = A \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

- Frekvenčná oblasť

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (2)$$

Základné definície ii



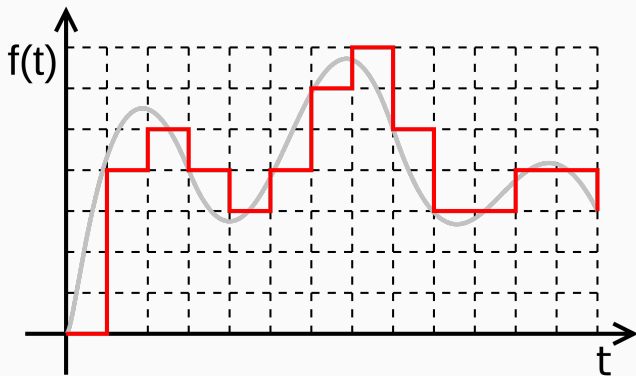
Obr. 1: Signál vo frekvenčnej oblasti [5].

- **Zdroj** - generuje správu, ktorou môže byť ľudský hlas, televízny obraz alebo zvuk z reproduktorov. Zdroj je vstupným snímačom konvertovaný na elektromagnetické vlnenie nazývané signál základného pásma alebo informačný signál.
- **Vysielač** - upravuje signál základného pásma na účinný prenos. Zvyčajne pozostáva z jedného alebo viacerých podsystémov: vzorkovača, kvantizátora, kodéra a modulátora.

- **Kanáľ** - je médium, cez ktoré sa prenáša výstupný signál z vysielača. Môže to byť vodič, koaxiálny kábel, optické vlákno, rádiové spojenie atď. Podľa typu kanála sa moderné komunikačné systémy delia na dve kategórie: drôtové komunikačné systémy a bezdrôtové komunikačné systémy.
- **Prijímač** - opätovne spracuje signál prijatý z kanála zrušením úprav signálu vykonaných vo vysielači a kanáli. Úlohou prijímača je získať správu zo skresleného a zašumeného signálu na výstupe kanála. Prijímač môže pozostávať z demodulátora, dekodéra alebo filtra

Správy možno reprezentovať ako

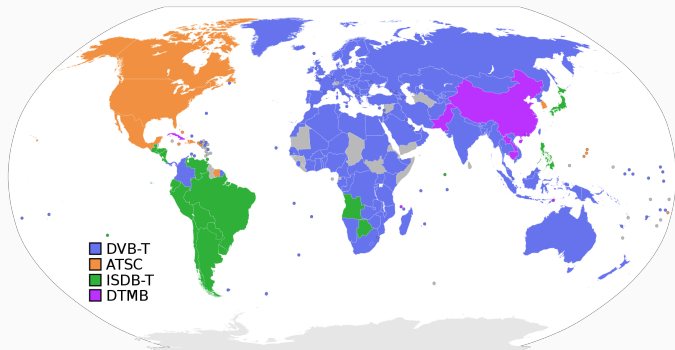
- **analóg** - sú charakterizované údajmi, ktorých hodnoty sa pohybujú v súvislom rozsahu. Napríklad priebeh reči má amplitúdu, ktorá sa mení v súvislom rozsahu. Obraz je tiež analógovou správou.
- **Digital** - sa skladajú z obmedzeného počtu symbolov. Napríklad textový súbor je digitálna správa vytvorená z 80 symbolov, ktoré pozostávajú z 26 písmen, 20 číslíc, medzier a interpunkčných znamienok. Podobne telegrafická Morseova abeceda je binárna správa, ktorá obsahuje len dva symboly - znaky a medzeru.



Obr. 2: Digitálne a analógové signály [4].

- **Prenos** - proces odosielania údajov medzi vysielačom a prijímačom pomocou špecifickej metódy, ktorej rozumejú obe strany. Okrem toho sleduje stanovenú trasu - v tomto prípade prenosové médium
- **Prenosové médium** - médium používané na prenos signálov v telekomunikáciách. Parametre použitého média ovplyvňujú jeho možnosti a použitie. Dve hlavné skupiny sú káblové a bezdrôtové médiá

- **Telekomunikácie** - oblasť zaoberajúca sa prenosom informácií na diaľku, určujúca spôsoby spracovania a kódovania informácií. Zahŕňa aj problematiku telekomunikačných sietí, šírenia rádiových vln alebo telekomunikačných zariadení



Obr. 3: Typy televíznych telekomunikácií používaných vo svete [6].

Prenos údajov

- Komunikačný kanál umožňuje prenos údajov medzi dvoma účastníkmi nastaveného spojenia
- Rozdelenie média na základe typu použitého prenosu:
 - Wired - na báze optických káblov alebo medených vodičov
 - Bezdrôtový - na prenos používa rádiové alebo svetelné vlny

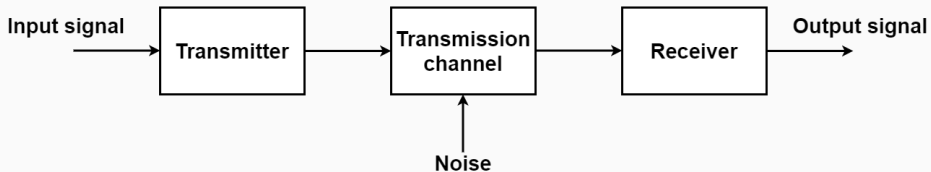
- Prenos možno rozdeliť podľa povahy prenosu údajov:
 - Simplex – jednosmerný
 - Half-duplex – obojsmerné nesúbežné
 - Full-duplex – obojsmerný simultánny

Komunikačná cesta

- Prevádzka prenosovej sústavy prebieha:
 - Transmitter - na strane odosielateľa, zodpovedný za kódovanie, moduláciu, zosilnenie signálu
 - Fyzický prenosový kanál
 - Prijímač - na strane prijímača, ktorý je zodpovedný za zosilnenie, demoduláciu a dekódovanie signálu s cieľom reprodukovať pôvodnú správu
- Všimnite si, že počas prenosu signálu je správa náchylná na rušenie z vonkajšieho prostredia, ktoré ovplyvňuje skreslenie (šum, rušenie)

Komunikačná cesta ii

Zjednodušená schéma komunikačnej cesty vrátane prvkov vyskytujúcich sa pri prenose údajov



Obr. 4: Schéma komunikačnej cesty.

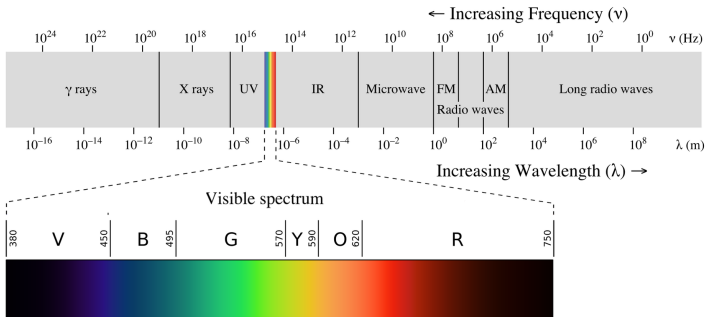
Rádiové vlny

- **Rádiové vlny** – inak známe ako elektromagnetické vlny - tento jav spočíva v šírení poruchy elektrického poľa a s ním spojeného magnetického poľa rádiových vln možno pozorovať vo vákuu alebo v inom prostredí

Typ	dĺžka	frekvencia
Rádio	30 km	10 kHz
Mikrovlny	30 cm	1 GHz
Infračervené	1 mm	300 GHz
Viditeľné svetlo	750 nm	400 THz
Ultrafialové žiarenie	430 nm	700 THz
Röntgenové žiarenie	10 nm	30 Hz
Gamma	10 pm	30 Hz.

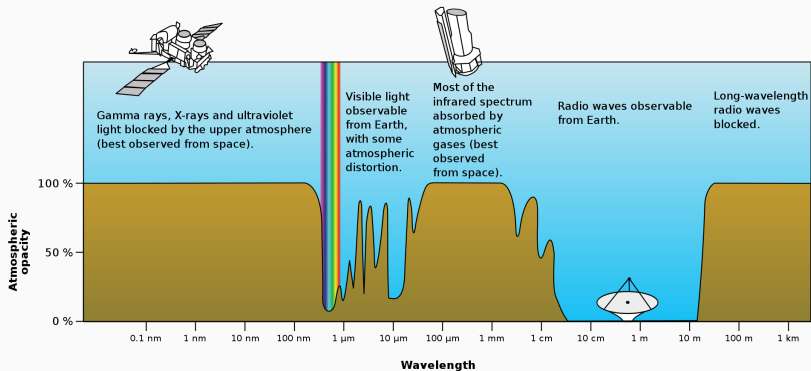
Tabuľka 1: Frekvencie elektromagnetických vĺn

Rádiové vlny iii



Obr. 5: Elektromagnetické spektrum viditeľného svetla [7].

Rádiové vlny iv



Obr. 6: Diagram absorpcie a rozptylu vln [7].

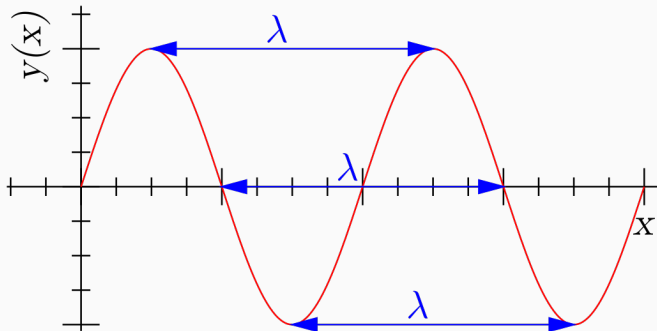
Vlastnosti rádiových vln

- **Vlnová délka** - je minimálna vzdialenosť medzi dvoma bodmi rovnakej fázy kmitania

$$\lambda = c \cdot T \quad (3)$$

- kde
 - λ - vlnová dĺžka [m]
 - c - rýchlosť svetla ($299\,792\,458 \frac{m}{s}$)
 - T - obdobie [s]

Vlastnosti rádiových vln ii



Obr. 7: Vlnová délka [1].

- **Vlnová frekvencia** - určuje počet úplných zmien elektrického a magnetického poľa za sekundu, vyjadruje sa v hertzoch

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

- kde
 - f - frekvencia [Hz]
 - T - obdobie [s]

- Perióda zmeny vlny - čas potrebný na návrat tej istej fázy vlny

$$T = \frac{1}{f} \quad (5)$$

- kde
 - T - obdobie [s]
 - f - frekvencia [Hz]

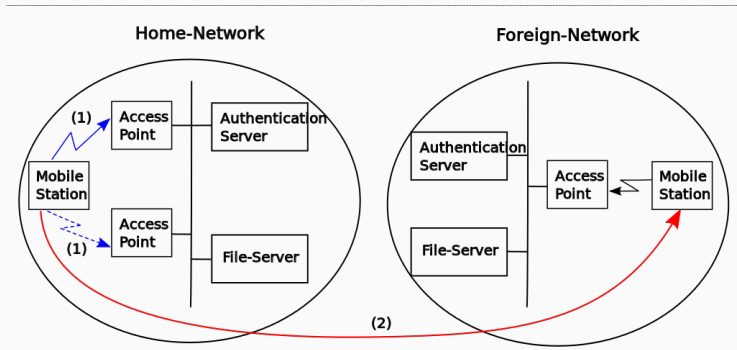
- Elektromagnetické vlny
 - Ultrafialové žiarenie
 - Infračervený
 - Viditeľné svetlo
 - Rádiové frekvencie.
- Zvukové vlny
- Satelitné signály
- Bezdrôtová komunikácia vo frekvenčnom rozsahu od 3 Hz do 3 THz

Prenos pomocou rádiových vln:

- Vstavané systémy
 - Distribuované
 - Súbor nezávislých zariadení spojených do jedného logického celku.
 - Sieťové prvky sú zvyčajne počítače a automatizačné systémy.
 - Zariadenia vybavené softvérom, ktorý zdieľa systémové zdroje
 - Pripojenie medzi zariadeniami pomocou počítačových sietí
 - položka
 - Diaľkovo ovládané.
 - Systémy RC - Diaľkové ovládanie
 - Prevádzka je založená na ovládaní jednotky z fyzicky vzdialeného miesta.
 - Riadiaca jednotka a aktuátor s vysielateľom a prijímačom
 - Často sa používa na hračky, drony, kamery atď.

- Mobilná telefónia GSM
- Bezdrôtová lokálna sieť (WLAN)
- Bezdrôtová komunikácia na krátku vzdialenosť
- WWAN (Wireless Wide Area Network) - dosah od 100 metrov do niekoľkých kilometrov

Aplikácie rádiových vln iv



Obr. 8: Prenos signálu v sieťach WLAN [3].

Typy používaných frekvencií

- Mikrovlny > 300 MHz
- Ultrawide 30 - 300 MHz
- Semi krátky 3 - 30 MHz
- Intermediate 1,5 - 3 MHz
- Stredná 100 - 1500 kHz
- Dlhé 15 - 100 kHz
- Veľmi dlhé < 15 kHz

Pásmo	Frekvencia	Vlnová dĺžka
ELF	3 - 30 Hz	100,000 - 10,00 km
SLF	30 - 300 Hz	10,000 - 1,000 km
ULF	0.3 - 3 kHz	1,000 - 100 km
VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km
LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km
MF	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m

Tabuľka 2: Závislosť od frekvencie

Pásmo	Frekvencia	Vlnová dĺžka
HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m
VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
UHF	300 - 3000 MHz	100 - 10 cm
SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm
THF	0,3 - 3 THz	1 - 0.1 mm

Tabuľka 3: Závislosť od frekvencie

Pásmo **2,4 GHz** využíva mnoho zariadení, je to jedna z najpopulárnejších frekvencií

- Štandard Bluetooth.
- Oložka Siete Wi-Fi
- Mikrovlnné rúry
- Videokamery
- Zariadenia na sledovanie videa
- Bezdrôtové telefóny

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie

Výhody a nevýhody bezdrôtovej komunikácie i

Nevýhody

- Obmedzenia šírky pásma v dôsledku šírky pásma
- Náchylnosť na rušenie
- Závislosť od počasia
- Bezpečnosť.
- Používaná šírka pásma je často zdieľaná.

Výhody

- Flexibilita
- Mobilita
- Nie fyzický prenosový vodič

Bluetooth

Infračervený

- Norma sa vzťahuje na prenos údajov na vzdialenosti < 1 meter
- Tri typy prenosu
 - AIR - umožňuje viacprístupové pripojenie, prenosová rýchlosť závisí od vzdialenosti prenášaných údajov
 - IrDA-D - štandard používaný na prenos dát, dostupné rýchlosti od 115 kb/s do 4 Mb/s
 - IrDA-C - obojsmerný, umožňuje prenos riadiacich príkazov a signálov, používa sa v periférnych zariadeniach

Bluetooth

- Umožňuje bezdrôtové pripojenie periférnych zariadení k mobilným telefónom a počítačom
- Technológia určená predovšetkým na komunikáciu na krátke vzdialenosti
- Nízke výrobné náklady
- Štandard A opísaný v špecifikácii IEEE 802.15.1.
- Využíva rádiové vlny vo frekvenčnom pásme ISM 2,4 GHz

Zdroje

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 2 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_cyfrowy
- 5 - <https://www.gaussianwaves.com/2013/12/computation-of-power-of-a-signal-in-matlab-simulation-and-verification/>
- 6 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication>
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

Ďakujeme vám za pozornost 😊