



Radiodifuzija

Radiodifuzija je posebna veja brezžičnih telekomunikacij.

Glavna značilnost radiodifuzije je:

- ✓ komunikacija je enosmerna
- ✓ oddajanje iz ene točke za neomejeno število sprejemnikov.



AM radiodifuzija

Leta 1901 je Marconiju uspel prenos radijskega signala čez Atlantski ocean.

Nato je sledilo začetno obdobje radiofuzije (broadcasting):

- ✓ oddajanje je potekalo v živo,
- ✓ AM radio je prenašal zvok frekvence 300 Hz do 5 kHz,
- ✓ prvi magnetofoni z možnostjo zapisa stereo signala v Hi-Fi kakovosti so se pojavili v petdesetih letih prejšnjega stoletja.



AM radiodifuzija

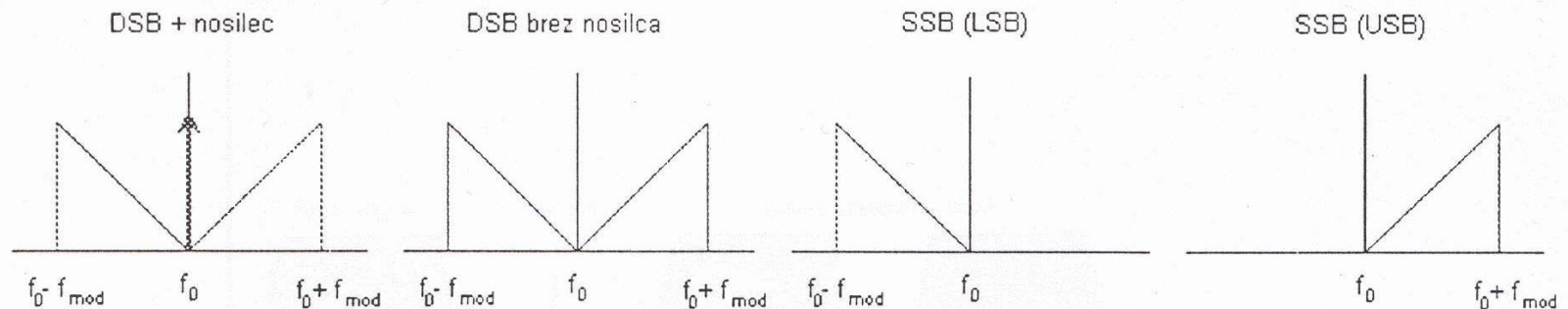
Valovna področja AM radiodifuzije:

- ✓ *Dolgi valovi* (LF – Low frequency: 30 kHz do 300 kHz); se razširja vzdolž površine zemlje, kar je še posebej ugodno za čezoceansko oddajanje.
- ✓ *Kratkovalovno valovanje* (HF – High frequency: 3 MHz do 30 MHz) se razširja premočrtno in se odbija od posameznih slojev ionosfere. Na ta način je doomet zelo velik (celotna površina zemlje), vendar se pojavi efekt »fedinga« (spreminjajoče jakosti) in mrtvih con, kjer ni ne direktnega in ne odbitega vala.
- ✓ *Srednje valovno področje* (MF – Middle frequency: 300 kHz do 3 MHz; radiodifuzija 530 kHz do 1,7 MHz) so značilni odboji od ionosfere, vendar le v nočnem času. Odboji od ionosfere niso tako močni kot pri kratkih valovih, tako da niso uporabni za pokrivanje celotne zemeljske oble.

AM radiodifuzija

Načini amplitudne modulacije:

- ✓ AM DSB + nosilec (DSB – Double Side Band).
- ✓ AM DSB brez nosilne frekvence.
- ✓ AM SSB (Single Side Band); z spodnjim (LSB – Lower Side Band) ali gornjim (USB – Upper Side Band) bočnim pasom.





FM radiodifuzija

AM radijski sistemi imajo dve pomanjkljivosti:

- ✓ občutljivost na motnje in
- ✓ premajhna zmogljivost kanala za prenos kakovostnega zvoka.

Značilnosti FM radiodifuzije:

- ✓ Moduliran signal ni občutljiv na motnje,
- ✓ Prenos poteka na zelo visokem frekvenčnem področju - VHF (Very High Frequency: 30 MHz do 300 MHz; radiodifuzija 87,5 MHz do 108 MHz)
- ✓ V frekvenčnem področju, kjer delujejo FM radijski sistemi, so v uporabi širši kanali, ki omogočajo prenos kakovostnega zvoka.



FM radiodifuzija

FM multipleksni način omogoča kakovosten stereofonski prenos zvokovnih signalov.

Pri vseh tehnoloških izboljšavah je bilo upoštevano načelo združljivosti z že obstoječimi sistemi, zato današnji sistemi prenašajo:

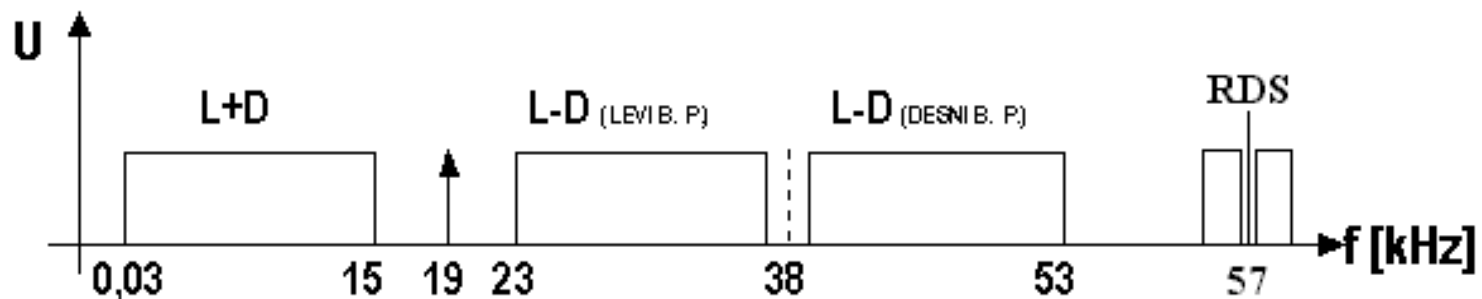
- ✓ mono zvok,
- ✓ stereo zvok in
- ✓ podatke (RDS – Radio Data System) v enotnem 75 kHz širokem radijskem kanalu.

FM radiodifuzija

FM signal

- ✓ Do 15 kHz je signal L+D (vsota levega in desnega stereo signala),
- ✓ sledi rezultat AM modulacije signala L-D z nosilcem 38 kHz
- ✓ namesto nosilca se prenaša *pilotska frekvenca*, ki ima polovično frekvenco nosilca 19 kHz.

Opisani signal se pošilja s frekvenčno modulacijo.





FM radiodifuzija

FM demodulacija

- ✓ Po frekvenčni demodulaciji, sprejemnik izloči pilotsko frekvenco in jo nelinearno ojači, da se generira harmonski val 38 kHz,
- ✓ harmonski val 38 kHz doda sprejetemu signalu kot nadomestek izločenemu signalu,
- ✓ sprejemnik razpolaga s signalom L+D in po AM demodulaciji s signalom L-D.
- ✓ Z mešanjem:

$$(L+D) + (L-D) = 2L$$

$$(L+D) - (L-D) = 2D$$

dobimo levi in desni zvočni signal, ki ju ločeno ojačimo in reproduciramo.



FM radiodifuzija

RDS (Radio Data System)

- ✓ Predstavlja nadgradnjo analognega FM radio sistema
- ✓ modulira podnosilec 57 kHz (trikratnik pilotske frekvence),
- ✓ prenaša podatke v digitalni obliki s hitrostjo 1187.5 bps (pasovna širina približno 1.2 kHz).

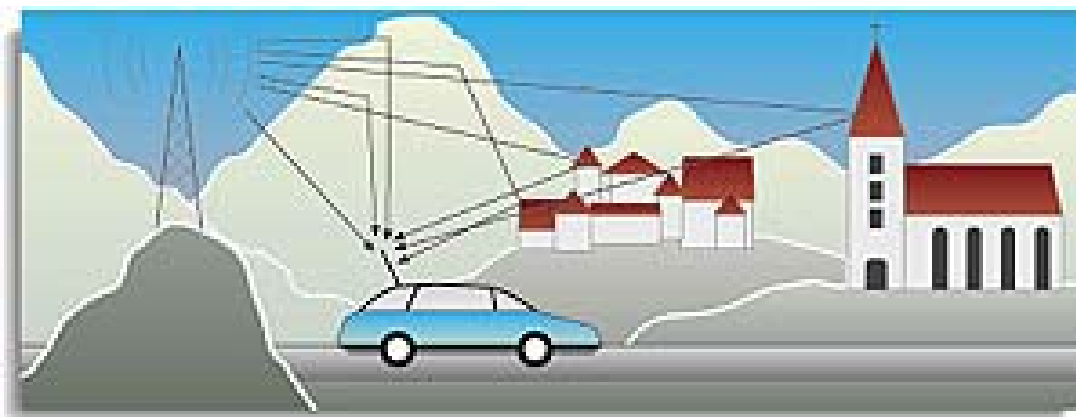
Usluge, ki jih ponuja RDS so:

- ✓ Alternativne frekvence oddajne postaje
- ✓ Izpis imena postaje in frekvence
- ✓ Izpis ure in datuma
- ✓ Tekstovno sporočilo

Digitalni radio - DAB

Uvedba RDS sistema v FM radiodifuzijo, kljub izboljšanju funkcionalnosti radijskega sprejemnika ni ponudila rešitve osnovne težave sprejema radijskih valov v premikajočem vozilu.

- ✓ motnja, ki nastane pri sočasnem sprejemu direktnega vala in odbitih valov, ki izvirajo od istega oddajnika.
- ✓ Zaradi daljše poti, ki jo opravi odbiti val, le ta povečuje ali pa zmanjšuje poljsko jakost na točki sprejema radijskega signala.





Digitalni radio - DAB

Motenj sprejema, ki jih povzroča interakcija odbitih valov in direktnega vala, ni mogoče odpraviti pri klasični FM radiodifuziji.

Evropska skupnost je zato razpisala razvojni projekt z imenom EUREKA 147, ki naj bi načrtoval nov digitalni radiodifuzni sistem, prilagojen opisanim razmeram.

Prvič v zgodovini razvoja radiodifuzne tehnologije ne moremo več govoriti o sistemu, ki bi bil združljiv navzdol.

Digitalni radio (DAB – Digital Audio Broadcasting) je sistem za prenos digitalnega avdio signala obenem s potrebnimi podatki.



Digitalni radio - DAB

Izhodišča za razvoj DAB:

- ✓ odpornost na sprejem odbitih valov
- ✓ kakovost zvoka primerljiva s CD standardom
- ✓ boljša izkoriščenost frekvenčnega spektra
- ✓ možnost hkratnega prenosa zvoka in podatkov.



Digitalni radio - DAB

Pretvorba analognega avdio signala v digitalni signal.

- ✓ Vzorčenje se izvaja s frekvenco 48 kHz in resolucijo 16 bitov.
- ✓ Pri stereo signali se torej generira bitni niz hitrosti:
$$R = 48 \text{ kHz} * 16 \text{ bit} * 2 = 1536 \text{ kbps}$$
- ✓ Uporablja se kompresija podatkov (MPEG Audio Layer II) z faktorjem KR okrog 10
- ✓ Dobljena bitna hitrost po kompresiji je v mejah 64 do 320 kbps.



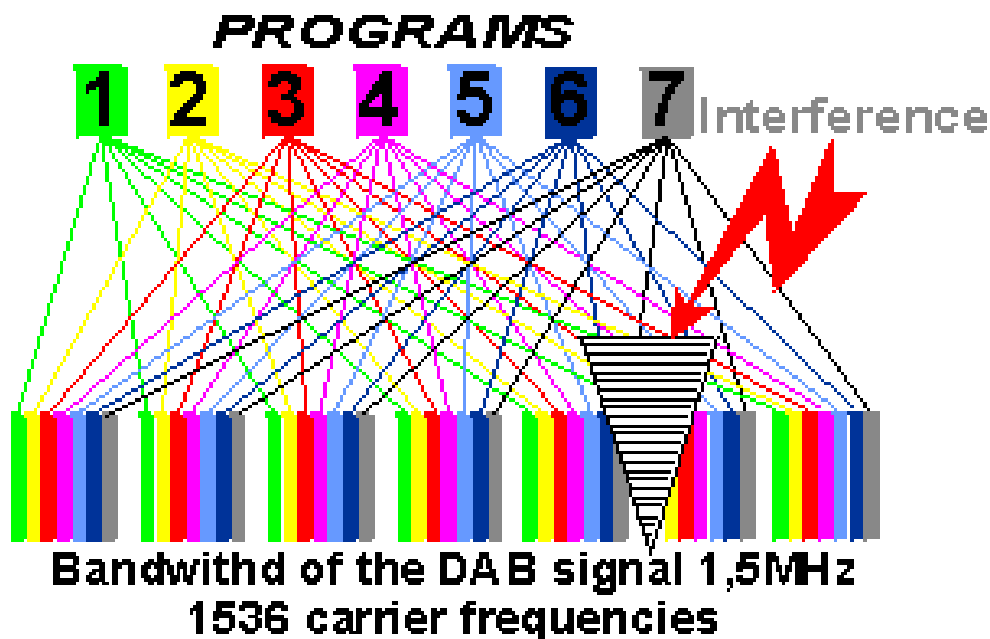
Digitalni radio - DAB

Modulacijska tehnika - COFDM

- ✓ Za prenos je uporabljena tehnika kodnega ortogonalnega frekvenčnega multipleksa COFDM (Coded Orthogonal Frequency Multiplex).
- ✓ DAB kanal ima pasovno širino 1536 kHz,
- ✓ digitalni signal se znotraj tega pasu časovno in frekvenčno multipleksira s pomočjo 1536 frekvenčnih nosilcev
- ✓ V enem kanalu je lahko distribuiranih več programov (avdio, slikovnih) in različnih dodatnih informacij.
- ✓ Informacije posameznega programa in podatki niso modulirani na frekvenčne nosilce zaporedoma, ampak pseudo-naključno.

Digitalni radio - DAB

Podan je primer s sedmimi programi. Pri napaki, ki se lahko pojavi na signalu kakšnega nosilca, se izgubljena informacija ponovno vzpostavi s posebnim postopkom.





Digitalni radio - DAB

Značilnosti prenosa

- ✓ Pasovna širina signala posameznih nosilcev je 1 kHz – zelo mala simbolna hitrost.
- ✓ Trajanje simbola je večje od predvidene zakasnitve odbitega signala - ne pride do intersimbolne interference in odbiti signal celo pripomore h kakovosti sprejema.
- ✓ Razmere pri velikem številu odbitih valov z različnimi zakasnitvami in jakostmi so naravnost idealne za DAB sistem.
- ✓ Če signal izvira iz drugega oddajnika, ki je na drugi lokaciji in drugačni oddaljenosti, dobimo na strani sprejemnika enake razmere.
- ✓ Zgradimo lahko mrežo oddajnikov, ki z istim programom na isti frekvenci pokrivajo veliko področje (SFN – Single Frequency Network).



Črnobela televizija

Glavne lastnosti

- ✓ 625 vrstic
- ✓ ena vrstica ima $\frac{4}{3} * 625 = (833) 830$ točk
- ✓ vsaka slika je sestavljena iz $625 * 830 = 518.750$ točk
- ✓ vsako sekundo prenašamo 25 slik
- ✓ dobimo $518.750 * 25 = 12.968.750$ znakov na sekundo

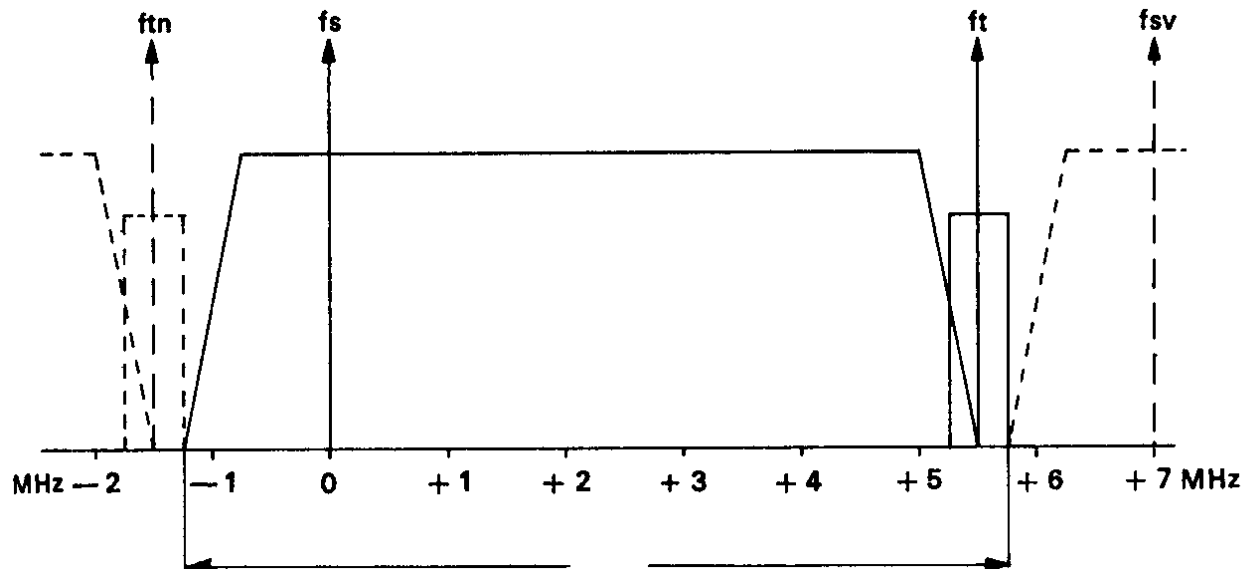


Črnobela televizija

Širino TV kanala določa število točk, ki jih je potrebno prenašati v eni sekundi – po normi CCIR je to 6,5 MHz. Iz praktičnih razlogov je dejanska širina za slikovni signal 5 MHz. Slikovno informacijo je tako mogoče prenašati z AM modulacijo v VHF in UHF frekvenčnem območju. S standardom je določeno, da se prenaša le zgornji bočni pas, spodnji pa le delno (750kHz).

Video signal

- ✓ Za potrebe reprodukcije slike so slikovnemu signalu dodani sinhronizacijski impulzi in zatemnilni impulzi.
- ✓ Za prenos zvoka je uporabljena tehnika frekvenčnega multipleksiranja z nosilcem 5,5 MHz, ki je frekvenčno moduliran in prenaša mono zvok.





Barvna televizija

Ob pojavu barvne televizije je v svetu nastalo kar nekaj sistemov, ki niso bili združljivi:

- ✓ NTSC sistem je bil razvit v ZDA leta 1953 (prenaša 525 vrstic in 60 polslik v sekundi).
- ✓ SECAM sistem je nastal je v Franciji.
- ✓ Pri nas je v uporabi PAL sistem, ki je nastal je v Nemčiji leta 1963. PAL sistem ima boljše lastnosti, kot NTSC in SECAM. Podobno kot pri črnobeli televiziji sestavlja sliko 625 vrstic in 50 polslik v sekundi.



Barvna televizija

Video signal

- ✓ Svetlobo lahko razstavimo na tri barve: R-rdeča, G-zelena, B-modra.
- ✓ Luminiscenčni (črnobeli) signal Y dobimo s vsoto:
$$Y=0.3R+0.59G+0.11B$$
- ✓ Poleg Y signala tvorita video signal še signala U in V:
$$V=R-Y$$
$$U=B-Y$$
- ✓ Signale U, V in Y prenašamo v istem frekvenčnem pasu kot ČB sliko (Y), zato moramo zagotoviti, da se med sabo ne pomešajo. Z barvnima komponentama U in V moduliramo nosilec 4.43 MHz.



Digitalna televizija - SDTV

SDTV v osnovi pomeni le prehod iz analognega na digitalno oddajanje in sprejemanje.

Večina opreme, ki jo danes uporabljamo za televizijsko produkcijo, je digitalna. V dolgi verigi od izvora programa do gledalca je le zadnji del poti, ki ga predstavlja TV oddajnik, analogen. Digitalni signali so izredno odporni proti motnjam in popačenjem, ki nastajajo pri prenosu po različnih medijih. Gradniki slike v digitalni obliki so neobčutljivi za obliko impulza. Tako je mogoče zgraditi transparenten sistem, kjer sta vhodna in izhodna signala popolnoma identična.



Digitalna televizija - SDTV

Slikovne komponente Y, U in V se prenašajo druga za drugo, zato govorimo o komponentnem sistemu. Digitaliziramo jih na sledeč način: komponento Y vzorčimo s frekvenco 13,5 MHz, komponenti U in V pa s frekvenco 6,75 MHz. Vzorcem priredimo 8-bitno vrednost. Tako za prenos slike potrebujemo bitno hitrost:

$$R=(13,5+6,75+6,75) \text{ [MHz]}*8 \text{ [bit]} = 216 \text{ Mbps}$$

Zaradi velike količine informacij je nujna kompresija. Za mednarodno izmenjavo je še uporaben 34 Mbps ISO MPEG signal.



Digitalna televizija - SDTV

- Tehnologija SDTV je kljub izjemni uspešnosti zastarela.
- Večina pomembnih izboljšav se je nanašala na povečanje resolucije (HDTV).
- Izboljšave so temeljile na analogni tehnologiji, zato je bila posledica povečanje pasovne širine za TV kanal.
- Novejši razvoj digitalne tehnologije je pokazal, da je možno HDTV signal distribuirati v istem 6MHz pasu kot SDTV.
- V Evropi se je istočasno razvijal standard DVB (Digital Video Broadcasting), katerega prve direktive so izšle leta 1995. DVB je v uporabi za satelitske komunikacije in v mnogih državah za brezžični prenos signala.

➤ Izhodišča za DVB

- ✓ Razvoj specifikacij za vse načine distribucije digitalnega televizijskega programa
- ✓ Digitalen prenos izkorišča obstoječe telekomunikacijske kanale in vezja.
- ✓ Primarna zahteva po koriščenju kompresijskih možnosti digitalne TV za ohranjanje SDTV kanalov, namesto velikega izboljšanja kakovosti (kot HDTV).
- ✓ Izboljšanje kakovosti ni zapostavljeno, temveč specifikacije podpirajo maksimalno možno resolucijo, ki jo določa standard z razmerjem $ar=16:9$ in večkanalni visoko kakovostni zvok. Uporabljena je tudi možnost korekcije napak, ki jo omogoča prenašanje digitalnega signala.

- DVB podpira SDTV in HDTV formate
 - ✓ SDTV: 720×576; ar – 4:3
 - ✓ DTV: 1920×1080; ar – 16:9
- Prenosni način je v obliki DVB multipleksiranega strujanja, ki vsebuje več MPEG-2 kodiranih avdio in video strujanj.
- Glede na način distribucije signala imamo
 - ✓ digitalno satelitsko televizijo: DVB-S,
 - ✓ digitalno kabelsko televizijo: DVB-C,
 - ✓ digitalno zemeljsko televizijo: DVB-T.



DVB prenos

➤ DVB-S

Prva uporaba omenjenega sistema je bil direkten prenos signala od satelita do doma

- ✓ Prenos se izvaja z enim nosilcem
- ✓ Modulacijska tehnika 4-PSK
- ✓ Satelitski kanal lahko prenaša hkrati do 18 SDTV programov



DVB prenos

➤ DVB-C

Prenos digitalnega signala v kabelskih sistemih se od satelitskih razlikuje po načinu modulacije

- ✓ Prenos se izvaja z enim nosilcem
- ✓ Modulacijska tehnika je 4-QAM, 16-, 32-, 64-, 128-, ali 256-QAM
- ✓ Bitne hitrosti do 38,5 Mbit/s.



DVB prenos

➤ DVB-T

Za zemeljski prenos se uporabljajo modulatorske tehnike 4-PSK, 16-QAM in 64-QAM z več nosilci. Signal se razširja s pomočjo SFN (Single frequency network).

- ✓ 2k način se uporablja za oddajanje z enim oddajnikom ali majhnim številom oddajnikov.
- ✓ 8k način se lahko uporablja tako za velika omrežja kot za oddajanje z enim oddajnikom.

Parametri	2k način	8k način
Max. Število nosilcev	1705	6817
Aktivni nosilci	1512	6048
Pilotski nosilci	176	701
TPS nosilci	17	68
Razdalja med nosilci (HZ)	4464	1116
Čas trajanja simbola (μ s)	224	896
Bitna hitrost (Mbit/s)	26,1	31,7
Max. Doseg (km)	16,8	8.4