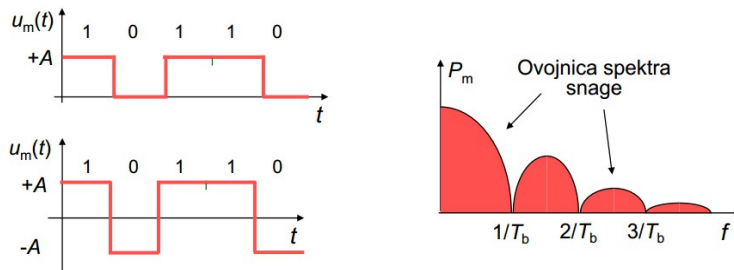
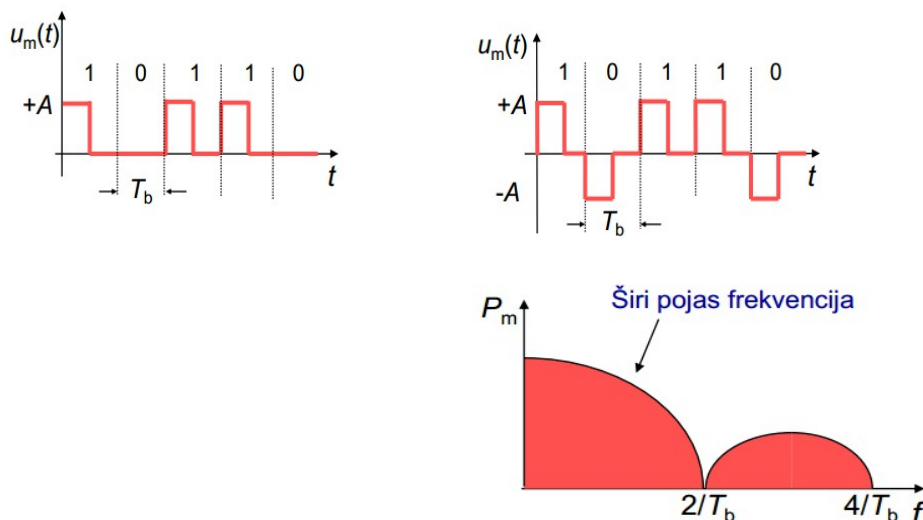


## 1) Sve vrste linijskih kodova, njihovi spektar te mane i prednosti!

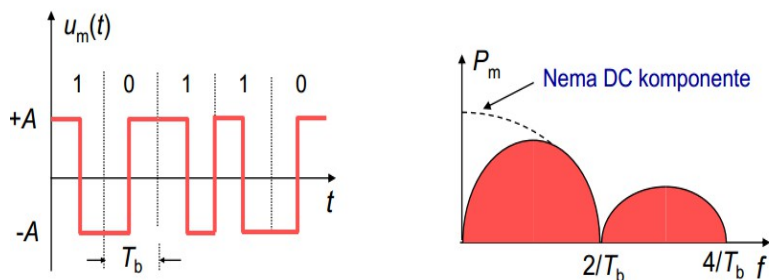
NRZ unipolarni i bipolarni oblik (sadrži istosmjernu komponentu, smanjuje se upotrebom bipolarnog signala, potrebni posebni takti impulsi za sinkronizaciju)



RZ unipolarni i bipolarni oblik (olakšava problem sinkronizacije, ima istosmjernu komponentu, zauzima veću širinu pojasa od NRZ koda, osjetljiv je na šum i zahtjeva nešto složenije sklopovlje)

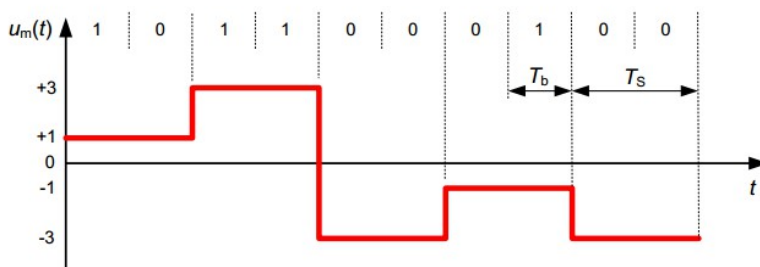


Manchester kod - promjena razine signala u sredini intervala svakog znaka (nema istosmjernu komponentu, složeniji sklopovi)



M-arni signali – M diskretnih razina, svakoj od M razina pridružuje se  $w = \log_2 M$  bitova

«00»	→	-3	«10»	→	+1
«01»	→	-1	«11»	→	+3



### Diferencijalno kodirani linijski kodovi

- *Diferencijalnim kodiranjem «jedinice»* mijenja se binarni znak u diferencijalno kodiranom slijedu pri pojavi znaka «1» u izvornom slijedu. Pri pojavi znaka «0» ponavlja se prethodni znak.
- U slijedu s *diferencijalno kodiranom «nulom»* mijenja se znak pri pojavi znaka «0», dok se pri pojavi «1» znak diferencijalno kodiranog slijeda ne mijenja.

Izvorni niz		1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
Niz s diferencijalno kodiranim «1»	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Niz s diferencijalno kodiranim «0»	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0

- 2) **Komunikacija zemaljskom mikrovalnom vezom: prijemna i odašiljačka antena udaljene su 15 km ,promjera 3 m rade na frekvenciji 35 Ghz. Koliko je gušenje signala? Dali je veće gušenje pri optičkoj ili mikrovalnoj komunikaciji?**

$$L = 10 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 ; \text{ gušenje}$$

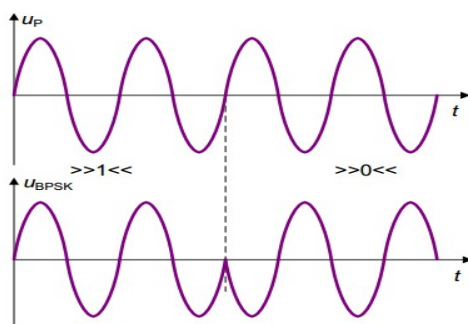
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{35 \cdot 10^9} = 0.00857 \frac{m}{Hz} ; \text{ valna duljina}$$

$$L = 10 \log \left( \frac{4\pi \cdot 15000}{0.00857} \right)^2 = 146.85 \text{ dB}$$

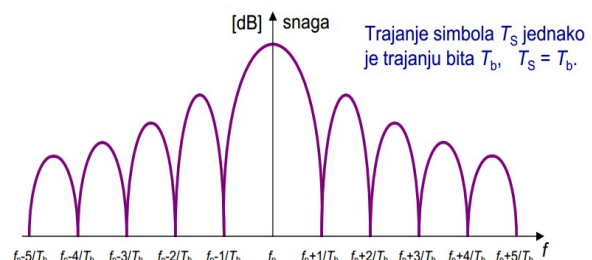
Gušenje ovisi o vrsti prijenosnog medija i o frekvenciji signala. Gušenje kod EM vala ovisi o udaljenosti i frekvenciji te se povećava sa udaljenošću, dok kod svjetlovoda na visokim frekvencijama je malo gušenje.

- 3) **Teoretska najveća moguća spektralna učinkovitost binarnog PSK postupka? Osnovna prednost navedenog modulacijskog postupka? Kojim se postupcima obavlja demodulacija BPSK signala?**

BPSK (Binary Phase Shift Keying – Binarna modulacija faze) – dva moguća stanja relativne faze  $\{0, \pi\}$ . Svakom stanju faze se pridružuje 0 ili 1.



Ovojnica spektra snage BPSK-signala



Teorijski najviša moguća spektralna učinkovitost  $R_b/B$  ostvarila bi se uporabom idealna Nyquistova pojasnopropusnoga filtra pravokutne frekvencijske karakteristike i širine pojasa propuštanja jednake  $1/T_b$ . Ona bi tad iznosila 1 bit/s/Hz. Uporabom filtra sa kosinusno zaobljenom karakteristikom uz  $\alpha = 0,3$  npr. izlazi spektralna učinkovitost od oko  $1/1,3 = 0,77$  bit/s/Hz. U digitalnim radiovezama

koristi se  $\alpha = 0,5$  što daje spektralnu učinkovitost u iznosu od 0,67 bit/s/Hz.

BPSK je jako otporan na smetnje iako ima skromnu spektralnu učinkovitost.

Demodulacija – koherentna (Niskopropusni filter uklanja komponente oko dvostruke prijenosne frekvencije  $2f_p$  i propušta samo komponente u osnovnom pojasu frekvencija te takav signal ide u sklop odluke koji odlučuje radi li se o 0 ili 1). Nema nekoherentne demodulacije.

#### 4) Indeks modulacije kod brze diskretne modulacije frekvencije? Što se time postiže? Napiši korake u postupku dobivanja GMSK signala!

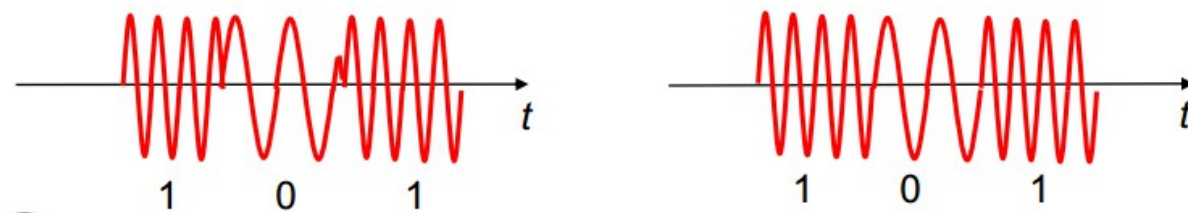
Simboli FSK-signala odgovaraju sinusnim titrajima različitih diskretnih frekvencija. Binarna diskretna modulacija frekvencije (BFSK, Binary Frequency Shift Keying) rabi dva simbola odnosno dvije frekvencije.

$$\llcorner 0 \gg \quad f_0 = f_p - \Delta f, \quad \llcorner 1 \gg \quad f_1 = f_p + \Delta f$$

Indeks modulacije jednak je omjeru devijacije frekvencije  $\Delta f$  i najveće frekvencije (repeticije) digitalnoga modulacijskog signala  $f_m$ .

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \Delta f * T_m = \Delta f * 2 * T_b$$

Diskontinuiteti faze u prijelaznim stanjima jako proširuju zauzeti pojas frekvencija. Kontinuiranost faze osigurana je za cjelobrojne indekse modulacije



Širinu pojasa određujemo Carsonovim pravilom  $B_{FSK} = 2(\Delta f + f_m) = 2\Delta f + \frac{1}{T_b}$

Minimalno FSK-signal zauzima dvostruko širi pojas od pojasa digitalnoga modulacijskog signala. Radi smanjenja širine zauzetog pojasa frekvencija filtriranjem se oblikuju impulsi diskretnoga modulacijskog signala. Koriste se niskopropusni filteri:

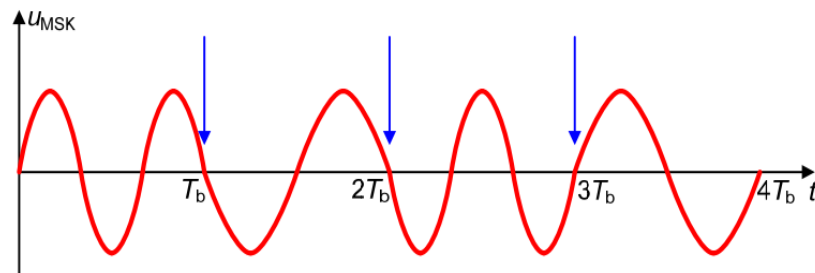
- filteri s kosinusno zaobljenom frekvencijskom karakteristikom,
- Gaussovi filteri u kojih impulsni odziv filtra odgovara Gaussovoj funkciji (GFSK)

Dobivanje GMSK: Kad je indeks modulacije FSK-signala jednak 0,5 onda je razmak diskretnih frekvencija  $2\Delta f$  jednak repeticiji digitalnoga modulacijskog signala, odnosno polovici brzine digitalnoga signala podataka. Ovaj se modulacijski postupak, za razliku od ostalih FSK-postupaka, odlikuje dobrom spektralnom učinkovitošću (idealno 2 bit/s/Hz) kad se ostvari sinkronost simbola moduliranog signala s digitalnim modulacijskim signalom. Radi ostvarivanja zahtijevanog sinkronizma odabiru se vrijednosti diskretnih frekvencija  $f_0$  i  $f_1$  kao višekratnici od  $1/(2T_b)$ . Prijenosna frekvencija  $f_p$  mora dakle biti neparni višekratnik od  $1/(4T_b)$ . Diskretne frekvencije moduliranog signala su onda:

$$f_0 = f_p - \frac{1}{4T_b}; \quad f_1 = f_p + \frac{1}{4T_b}$$

Ovim uvjetom postiže se da promjene razine digitalnog signala odnosno diskretne promjene

frekvencije moduliranog signala nastupaju samo u nultočkama moduliranog signala čime je osigurana kontinuiranost faze moduliranog signala.



Radi dodatnog smanjenja širine pojasa frekvencija oblikuju se modulationski signali u osnovnom pojasu frekvencija obično uz pomoć Gaussova filtra. Tako nastaje postupak koji se naziva Gaussovom MSK (GMSK, Gaussian MSK).

- 5) Kod ASK modulacije modulaciju obavlja periodični pravokutni signal koji odgovara alternirajućim znakovima 0 i 1 te se kao rezultat dobije signal:

$$u_{ASK}(t) = 10 \cos 2\pi 10^8 t \cdot \left[ \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos 2\pi 10^3 t - \frac{2}{3\pi} \cos 3 \cdot 2\pi 10^3 t + \dots \right]$$

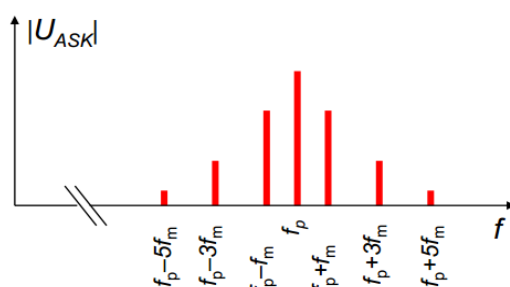
Nacrtajte modulirani signal u vremenskoj i frekvencijskoj domeni!

$$u_{ASK}(t) = U_{pm} \cos 2\pi f_p t \cdot \left[ \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos 2\pi f_m t - \frac{2}{3\pi} \cos 3 \cdot 2\pi f_m t + \dots \right],$$

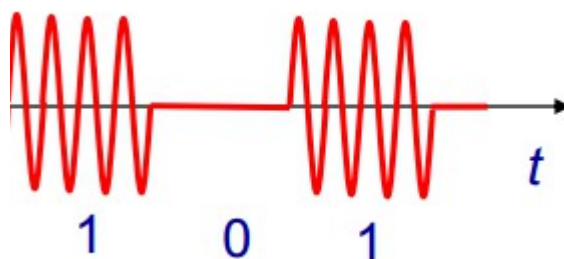
$$f_m = \frac{1}{2T_b}$$

Iz izgleda formule proizlazi:

$$f_p = 10^8 \text{ Hz}; f_m = 1 \text{ kHz};$$



$$f_m = \frac{1}{2T_b}$$



- 6) Za komunikaciju između odašiljača i prijamnika koristi se BFSK modulacijski postupak s indeksom modulacije  $m_f = 2$ . Za prijenos znaka 0 koristi se frekvencija  $f_0 = 99.2 \text{ MHz}$  dok se za prijenos znaka 1 koristi  $f_1 = 99.4 \text{ MHz}$ . Odredi frekvenciju prijenosnog signala  $f_{pr}$ , brzinu prijenosa podataka  $R_b$  i približnu širinu pojasa B koristeći Carsonovo pravilo!

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \Delta f * T_m = \Delta f * 2 * T_b \quad B_{FSK} = 2(\Delta f + f_m) = 2\Delta f + \frac{1}{T_b}$$

$$\langle\langle 0 \rangle\rangle \quad f_0 = f_p - \Delta f, \quad \langle\langle 1 \rangle\rangle \quad f_1 = f_p + \Delta f$$

$$f_p = 99.3 \text{ MHz}$$

$$\Delta f = 0.1 \text{ MHz}$$

$$T_b = \frac{m_f}{2\Delta f} = 10 \mu s$$

$$R_b = \frac{1}{T_b} = 100 \frac{\text{kbit}}{s}$$

$$B_{FSK} = 2\Delta f + \frac{1}{T_b} = 0.2 * 10^6 + 0.1 * 10^6 = 0.3 \text{ MHz} = 300 \text{ kHz}$$

- 7) Koje se ISM frekvencijsko područje najčešće koristi? Koje su razlike, a koje sličnosti između WLAN sustava izvedenih prema normama 802.11b i 802.11g? ISO/OSI?

Nelicencirani frekvencijski pojasevi radijskog spektra (ISM, Industrial, Scientific and Medical). Najčešće se koristi područje 2400 – 2483,5 MHz.

– IEEE 802.11b

- radi u ISM frekvencijskom području od 2,4 GHz
- brzine prijenosa do 11 Mbit/s
- prijenos na fizičkom sloju primjenom prijenosa uz proširenje pojasa izravnim slijedom visoke brzine (HR-DSSS, High Rate Direct Sequence Spread Spectrum)

– IEEE 802.11g

- radi u ISM frekvencijskom području od 2,4 GHz
- zadržao je sva obilježja tehnologije 802.11a (brzina 54 Mbit/s), a koristi frekvencijsko područje rada 802.11b (2,4 GHz)
- potpuno je povratno kompatibilan s 802.11b
- prijenos na fizičkom sloju primjenom HR-DSSS i OFDM ovisno o brzini prijenosa
- brzine prijenosa do 11 Mbit/s uz primjenu HR-DSSS te do 54 Mbit/s uz primjenu OFDM

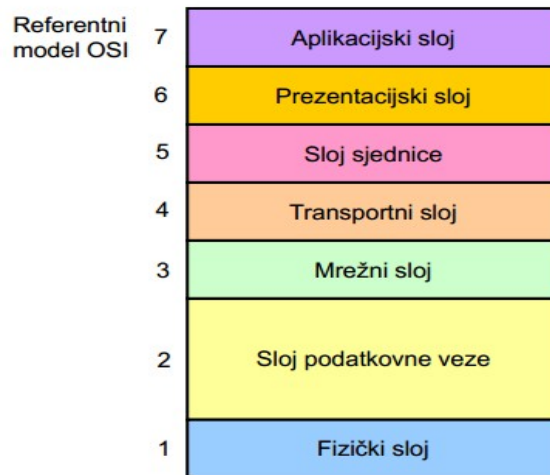
- referentni modeli slojevite arhitekture mreže

– definiraju koncepte i postavljaju norme

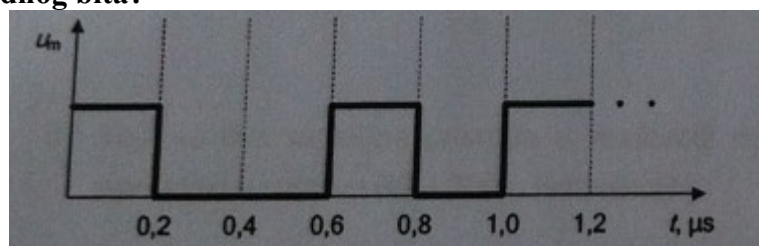
– utvrđuju pravila povezivanja sustava u mrežu te mreža međusobno

– omogućavaju stvaranje otvorenih rješenja neovisnih o proizvođaču opreme ili mrežnom operatoru

- referentni model OSI
- referentni model povezivanja otvorenih sustava (OSI, Open System Interconnection)
- normirala ga je Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO, International Organisation for Standardisation)



- 8) Prijenosni signal frekvencije 900 Mhz modulira se digitalnim unipolarnim signalom prikazanim slkom, uz upotrebu MSK modulacijskog postupka. Koje su diskretne frekvencije moduliranog signala? Za koliko se promjeni faza MSK signala unutar intervala jednog bita?



Kad je indeks modulacije FSK-signal jednaka  $m_F = 0,5$

$$T_b = 0,2 \mu s$$

$$f_1 - f_0 = 2 \Delta f = \frac{1}{2T_b} = \frac{R_b}{2} = 2,5 \text{ MHz}$$

$$f_0 = f_p - \frac{1}{4T_b}; f_1 = f_p + \frac{1}{4T_b}$$

$$f_0 = 898,75 \text{ Mhz}; f_2 = 901,25 \text{ Mhz};$$

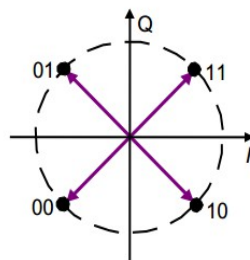
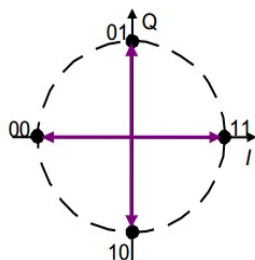
Unutar intervala jednog bita trenutna se faza MSK-signal mijenja linearno kao i kod svakog FSK-signal. Tijekom tog intervala faza se promijeni se za iznos  $\pm \pi m_F$  što u ovome konkretnom slučaju znači da se ona promijeni se za  $-\pi/2$  ili  $+\pi/2$  ovisno o binarnom znaku.

- 9) Modulacijski postupak QPSK koristi se za prijenos digitalnih podataka brzine 4800 bit/s. Koristi se inačica s diskretnim stanjima faze  $\{+\pi/4, +3\pi/4\}$ . U kojim granicama se mora nalaziti relativna faza moduliranog signala pri prijenosu dibita 01 da ne nastane pogreška u demodulaciji niti jednog od ova dva bita?

Diskretna modulacija faze s četiri diskretna stanja faze naziva se kvaternarnom diskretnom modulacijom faze i ona se označuje s QPSK (Quaternary Phase Shift Keying ili Quadriphase PSK). Susreće se i naziv četverofazna PSK i oznaka 4-PSK. Četiri su simbola QPSK-signal i oni odgovaraju sinusnim titrajima s fazama:

$$\varphi_m = \left\{ 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2} \right\}, \text{ u jednoj inačici (za } c = 0 \text{) i,}$$

$$\varphi_m = \left\{ \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \right\} = \left\{ \pm \frac{\pi}{4}, \pm \frac{3\pi}{4} \right\}, \text{ u drugoj inačici (za } c = 1 \text{).}$$



- Broj simbola iznosi  $M = 4$ . Svakom simbolu (stanju faze) pridružuju se dva bita odnosno dibit.
- Zakon pridruživanja slijedi pravilo Grayeva koda. Susjednim stanjima faze u I–Q ravlini pridružuju se tada parovi koji se razlikuju u samo jednome binarnom znaku.
- Ovakvim pridruživanjem smanjuje se vjerojatnost pogreške binarnog znaka (pokazat će se kasnije).

Faza mora biti između  $\pi/2$  i  $\pi$  da ne dođe do greške u prijenosu dibita 01.

#### 10) Koja je ukupna brzina prijenosa OFDM sustava s 6817 podnosilaca moduliranih QPSK modulacijskim postupkom uz trajanje zaštitnog intervala

$$T_z = T_0/4 \text{ i } T_0 = 896 \text{ us} \text{ . Koliki je broj ulaznih podataka u postupak IFFT?}$$

Velike brzine prijenosa digitalnih podataka > modulirani signal zauzima veliku širinu pojasa frekvencija. Zbog neidealne frekvencijske prijenosne karakteristike komunikacijskog kanala nejednoliki je prijenos pojedinih komponenti moduliranog signala > nastaju smetnje među simbolima moduliranog signala (ISI).

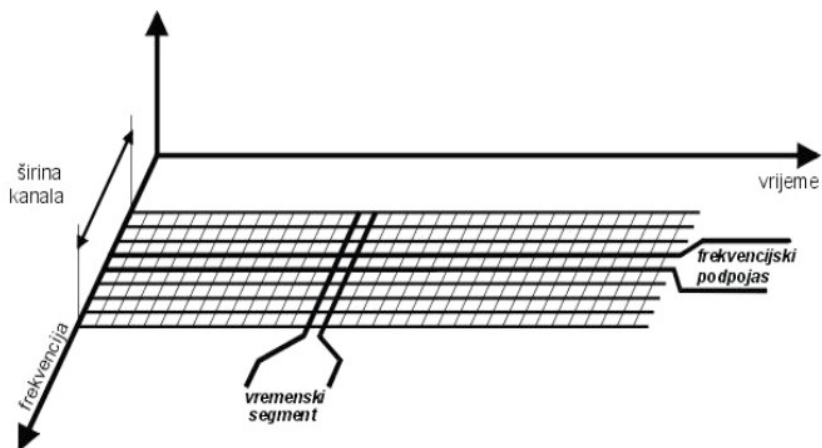
Ideja:

- Umjesto jednog koristiti više nosilaca istodobno.
- Serijski slijed podataka velike brzine razdijeliti na više paralelnih sljedova.
- Svaki od paralelnih sljedova manje je brzine i on zasebno modulira jedan od više nosilaca
- nastali modulirani signali zauzimaju manje širine pojasa.
- Svaki od nastalih moduliranih signala smjestiti u zasebni pojas i paralelno prenositi podatke uz pomoć više nosilaca.

Zbog relativno male širine pojasa svakog od više moduliranih signala male su promjene frekvencijske prijenosne karakteristike komunikacijskog kanala pa su stoga zanemarive nastale smetnje među simbolima (ISI).

- OFDM je u osnovi jedna tehnika multipleksiranja.
- OFDM se dobiva digitalnom obradom simbola moduliranog signala i naknadnom modulacijom.
- OFDM-kanal dijeli se na veći broj potpojaseva, potkanala.
- Digitalna informacija velike brzine raspodjeljuje se na potkanale gdje modulira podnosioce.





Najmanji razmak frekvencija dvaju podnosilaca  $\Delta f$ , a da oni budu ortogonalni, je onaj pri kojem se podnosioci na intervalu ortogonalnosti  $T_0$  razlikuju za jednu periodu.

$$f_0 = \Delta f = \frac{1}{T_0}$$

U OFDM-sustavima, frekvencije podnosilaca odabiru se kao višekratnici temeljne frekvencije  $f_0$  da bi dobili ortogonalnost (nepreklapanje kanala).

- Za prijenos podataka u potkanalima najčešće se koriste modulaijski postupci PSK ili QAM.
- PSK i QAM su linearnih osobina > visoka spektralna učinkovitost.
- Jedan OFDM-simbol sastoji se od simbola moduliranih signala u svim potkanalima.
- S obzirom na strukturu OFDM- simbola izlazi da se on može dobiti postupkom inverzne diskretne Fourierove transformacije (IDFT, Inverse Discrete Fourier Transform) niza kompleksnih simbola moduliranih signala u potkanalima OFDM-sustava.
- IDFT realizira se algoritmima inverzne brze Fourierove transformacije (IFFT, Inverse Fast Fourier Transform) dakle postupkom digitalne obrade signala.
- OFDM tretira polazne QPSK ili QAM-simbole kao komponente u frekvencijskom području budući su to ulazni parametri za IFFT koji veličine u području frekvencija transformira u veličine u vremenskom području.
- Kompleksni QPSK ili QAM-simbol dakle određuje amplitudu i fazu odgovarajućega sinusnog podnosioca odnosno IFFT predstavlja učinkoviti način za moduliranje skupine ortogonalnih podnosilaca.
- Blok od  $N$  uzoraka na izlazu IFFT jedinice predstavlja OFDM-simbol.
- Postupkom IFFT kompleksni se simboli potkanala prebacuju iz područja frekvencija u područje vremena.
- Zbog osobina IFFT-postupka zahtjeva se da broj ulaznih podataka u IFFT-algoritam bude neka potencija od broja 2, dakle da je on oblika  $2^n$ .

Ukupno trajanje simbola:  $T_{uk} = T_0 + T_z = \frac{5T_0}{4} = 1120 \mu s$

IFFT broj ulaznih podataka:  $2^n \geq 6817$  ;  $n \geq \log_2 6817$  ;  $n=13$  ;  $2^{13}=8192$  ulaznih podataka

Ukupni broj prenesenih bitova u jednom OFDM intervalu:  $n_{uk} = n_{QPSK} * n_{OFDM} = 2 * 6817 = 13634$

Brzina prijenosa:  $R_b = \frac{n_{uk}}{T_{uk}} = 12.17 \frac{Mbit}{s}$



- 11) Kolika je vjerojatnost pogreške bita ako se kod korištenja idealnog 8-PSK modulacijskog postupka pri brzini prijenosa podataka 1,2 Mbit/s unutar jednog sata pogrešno prenesu 19440 bita? Kako zamjena 8-PSK postupka postupkom QPSK utječe na vjerojatnost pogreške prijenosa?**

Kod QPSK će biti manja pogreška prijenosa bita jer ima veću toleranciju na pogrešku faze nego 8PSK.

$$BER = \frac{19440}{1.2 * 10^6 * 3600} = 4.5 * 10^{-6} \frac{bit}{s}$$

- 12) Iz koncertne dvorane Vatroslav Lisinski obavlja se radiodifuzija koncerta uz pomoć impulsno kodne modulacije. Zvučno područje od 20 Hz do 20kHz uzorkuje se frekvencijom  $f_s = 44.1 \text{ kHz}$  s 14 bit/uzorak. Kolika je brzina prijenosa podataka? Jeli primarna brzina prijenosa u europskoj plezikronoj digitalnoj hijearhiji dovoljna za prijenos?**

$$R_b = 44100 * 14 = 617.4 \frac{kbit}{s}$$

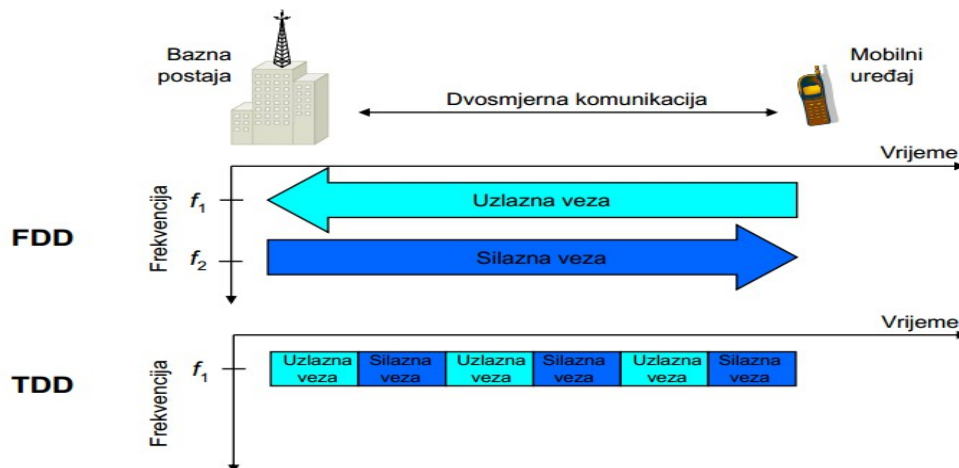
Primarna brzina prijenosa u europskoj plezikronoj digitalnoj hijearhiji je 2.048 Mbit/s tako da je dovoljno.

- 13) Objasnite razliku između mreža s poludvosmjernim (half-duplex) i dvosmjernim (full-duplex) prijenosom? Koja su dva temeljna pristupa u realizaciji dvosmjernog prijenosa te koji od njih rabe mobilni operateri u sustavu GSM 900 u Hrvatskoj?**

- u odnosu na smjer prijenosa informacije mreže mogu biti
  - jednosmjerne (simplex)
  - poludvosmjerne (half-duplex)
  - dvosmjerne (full duplex)
- poludvosmjerne mreže
  - informacija se može odašiljati u oba smjera, ali ne istodobno (čvor može biti i odašiljač i prijamnik ali ne istodobno (čvor može biti i odašiljač i prijamnik ali ne u istom trenutku)
  - potrebno je rabiti proceduru kojom će se jedan čvor odrediti kao odašiljač, a drugi kao prijamnik
- dvosmjerne mreže
  - informacija se može odašiljati u oba smjera istodobno
  - pojedini čvor istodobno može biti i odašiljač i prijamnik, a podaci se prenose u oba smjera u isto vrijeme
  - djelotvoran način komunikacije, jer nema potrebe za određivanjem načina djelovanja čvora u određenom vremenskom trenutku
- u realizaciji dupleksnog prijenosa mogu se rabiti dva pristupa
  - frekvencijski dupleks (FDD, Frequency Division Duplex)
  - silazna i uzlazna veza odvojene su frekvencijski
  - uzlazna veza je uvijek na nižoj frekvenciji od silazne veze
  - koriste se dva odijeljena bloka frekvencija između kojih se nalazi zaštitni interval (guard interval)

- vremenski dupleks (TDD, Time Division Duplex)
- uzlazna i silazna veza odijeljene su u vremenu
- može se koristiti samo jedan blok frekvencija koji se dijeli na vremenske odsječke (slots) za uzlaznu vezu i za silaznu vezu

U Hrvatskoj se koristi FDD.



**14) U ISM frekvencijskom pojasu dopušten je rad WLAN mreža bez potrebe za pribavljanjem dozvole ako efektivna izotropna izračena snaga uređaja (EIRP) ne prelazi 100mW. Kako bi povećao domet korisnik se ogлуšio na ograničenje te prekoračio dozvoljenu snagu 8 puta. Ako je gušenje kanala od pristupne točke do prijamnika 80 dB, odredite snagu u dBm na mjestu prijamnika?**

Gušenje:  $L = 10 \log \left( \frac{P_{\text{izvor}}}{P_{\text{prijamnik}}} \right)$

$$80 = 10 \log \left( \frac{800 \text{ mW}}{P_{\text{prijamnik}}} \right)$$

$$P_{\text{prijamnik}} = \frac{800 \text{ mW}}{10^8} = 8 \text{ nW}$$

$$P_{\text{prijamnika}} = 10 \log \left( \frac{8 \text{ nW}}{1 \text{ mW}} \right) = -50.97 \text{ dBm}$$

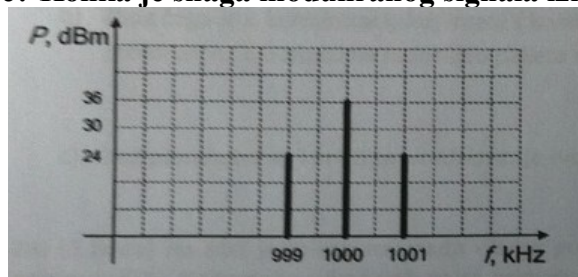
**15) Što je temeljna prednost prijenosa uz proširenje pojasa u odnosu na ostale načine prijenosa u WLAN IEEE 802.11 mrežama? Što je procesni dobitak? Navedite dvije vrste prijenosa uz proširenje pojasa koje se mogu rabiti u WLAN IEEE 802.11 mrežama!**

IEEE 802.11

- propisane su tri tehnike prijenosa u fizičkom sloju
- prijenos u infracrvenom području
- prijenos uz proširenje pojasa izravnim slijedom (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum)
- prijenos uz proširenje pojasa skakanjem frekvencije (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum)
- FHSS i DSSS
- rad u ISM području oko 2,4 GHz uz brzine prijenosa do 2 Mbit/s

- prijenos uz proširenje pojasa
    - temeljna prednost u odnosu na ostale tehnike prijenosa je mogućnost održavanja veze u uvjetima slabog prijemnog signala (niski S/N) te uz prisutnost uskopojasnih ili širokopojasnih smetajućih signala
    - u uobičajenim modulacijskim postupcima frekvencijska širina pojasa moduliranog signala ovisi o širini pojasa modulacijskog signala
    - kod sustava s proširenim spektrom frekvencijska širina pojasa sustava neovisna je o širini pojasa modulacijskog signala
  - širina pojasa obično je mnogo veća od minimalno potrebne širine pojasa za prijenos informacije određene kvalitete
  - za određeni kapacitet kanala povećanje širine frekvencijskog pojasa dopušta da vrijednost S/N smije biti smanjena (Shannonova formula)
- značajke prijenosa uz proširenje pojasa vrednuju se preko procesnog dobitka (Gp)
- Gp pokazuje koliko pri ovoj tehnici S/N može biti manji u odnosu na S/N klasičnih modulacija uz ostvarenje jednake kvalitete prijemnog signala

**16) Slika prikazuje spektar snage amplitudno moduliranog signala. Kolika je veličina indeksa modulacije? Kolika je snaga moduliranog signala izražena u vatima?**



Iz slike se vidi:

$$B_{AM} = 2 \text{ kHz} \quad ; \quad f_p = 1000 \text{ kHz} \quad ; \quad f_m = 1 \text{ kHz} \quad ; \quad P_{PM} = 36 \text{ dBm} \quad ; \quad P_B = 24 \text{ dBm}$$

Nadalje:

$$P_{PM} = 10 \log \left( \frac{P_{PM}}{1 \text{ mW}} \right)$$

$$36 \text{ dBm} = 10 \log \left( \frac{P_{PM}}{1 \text{ mW}} \right)$$

$$P_{PM} = 10^{3.6} * 1 \text{ mW} = 3.98 \text{ W}$$

$$P_B = 0.25 \text{ W}$$

Idemo dalje:

$$P_{PM} = \frac{U_{PM}^2}{R} \quad ; \quad P_B = \frac{U_B^2}{R} = \frac{U_{PM}^2 * m_a^2}{4R}$$

Izjednačavanjem po R-u i sređivanjem dobijemo:

$$m_a = 2\sqrt{\frac{P_B}{P_{PM}}} = 0.5$$

$$P_{AM} = P_{PM} \left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right) = 4.5 \text{ W}$$

**17) Modulacija frekvencije ostvaruje se uporabom modulatora faze. Devijacija faze iznosi 2 radijana. Ukoliko govorni modulacijski signal zauzima pojas od 300 Hz do 3400 Hz, u kojim granicama će se nalaziti devijacija frekvencije? Kolika je minimalana frekvencija uzorkovanja govornog signala? Odredi širinu pojasa potrebnog za prijenos govora ako se koristi filter sa kosinusnim zaobljenjem u iznosu 0.25!**

$$B_N = 2 \Delta f_m (\Delta \Phi + 1) = 2 * 3400 * (2 + 1) = 20400 \text{ Hz}$$

$$B = B_N (1 + \alpha) = 25500 \text{ Hz}$$

$$f_s \geq 2f_{MAX} = 6.8 \text{ kHz}$$

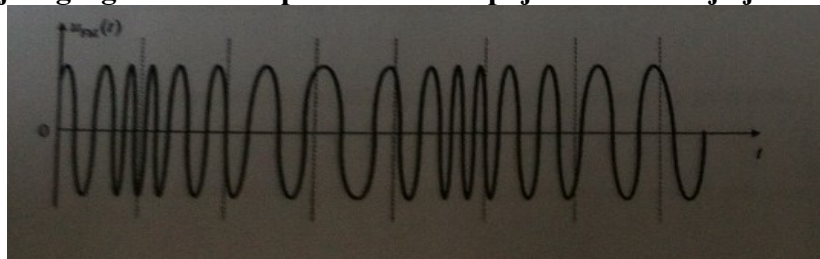
Indeks modulacije frekvencije  $m_f >$  devijacija faze FM-signala.

$$m_F = \Delta \Phi_{FM} = \frac{\Delta \omega_{FM}}{\omega_M} = \frac{k_f U_{MM}}{\omega_M} = 2 \text{ rad}$$

$$\Delta f_{MIN} = \Delta \Phi_{FM} * f_{MIN} = 600 \text{ Hz}$$

$$\Delta f_{MAX} = \Delta \Phi_{FM} * f_{MAX} = 6800 \text{ Hz}$$

**18) Na slici je prikazan sinusno modulirani FM signal. Ako je frekvencija prijenosnog signala jednaka 100 Mhz, frekvencija modulacijskog signala 15 kHz, a devijacija frekvencije modulacijskog signala 75 kHz, potrebno je odrediti snagu disipiranu na otporniku od 50 ohma. Amplituda sinusnog prijenosnog signala je 100 V, a amplituda modulacijskog signala 8 V. Napišite što znači pojam modulacija jednim tonom!**



Modulacija jednim tonom - modulacijski signal ima samo jednu frekvencijsku komponentu

$$m_F = \frac{\Delta f}{f_M} = \frac{75}{15} = 5$$

$P_{EM} = \frac{U_{PM}^2}{2R} = 100 \text{ W}$  zato jer je  $m_f \gg 0.4$  pa na snagu zanemarivo malo utječe modulacijski signal već samo prijenosni.

**19) U jednome grozdu GSM mreže potrebno je omogućiti 400 istosmjernih poziva. Ako se grozd sastoji od 6 čelija i u njima nije moguće ponavljanje frekvencija, potrebno je odrediti koliko minimalno frekvencijskih kanala mora biti na raspolaganju u tom grozdu. Kako se izbjegava istokanalna smetnja u GSM ćelijskom sustavu?**

- javni mobilnih komunikacijski sustavi su ćelijske vrste
- bazna postaja (BS, Base Station) sadrži odašiljačku/prijamnu opremu za odašiljanje/prijam signala do/od korisničke opreme te uređaje koji omogućavaju povezivanje sustava na jezgrenu mrežu

- ćelija je područje koje bazna postaja pokriva radijskim signalom
- oblik i veličina ćelije ovise o frekvencijskom području, dijagramu zračenja antenskog sustava i izračenoj snazi bazne postaje
- ograničenje u planiranju ćelijskog sustava je istokanalna smetnja (interferencija)
- javlja se između ćelija koje rabe istu frekvenciju (kanal)
- koristan signal iz jedne ćelije, u drugoj ćeliji djeluje kao smetajući signal
- ćelije koje rade na istom kanalu ne smiju biti prostorno smještene jedna blizu druge
- skup ćelija kod kojeg su jednom iskorišteni svi raspoloživi kanali naziva se grozd ćelija (cell cluster)
- svakoj baznoj postaji dodjeljuje se određeni broj raspoloživih prijenosnih frekvencija, a unutar grozda iskorištene su sve raspoložive frekvencije
- podjelom raspoloživih frekvencija u 12 ćelija, svaka ćelija bi mogla koristiti 10 prijenosnih frekvencija
- na svakoj prijenosnoj frekvenciji možemo imati 8 TDMA kanala što daje kapacitet od 80 istodobnih poziva unutar ćelije

$$n_{\text{ćelija}} * n_f * 8 \text{ kanala} \geq n_{\text{poziva}}$$

$$n_f = 9 \text{ freq kanala}$$

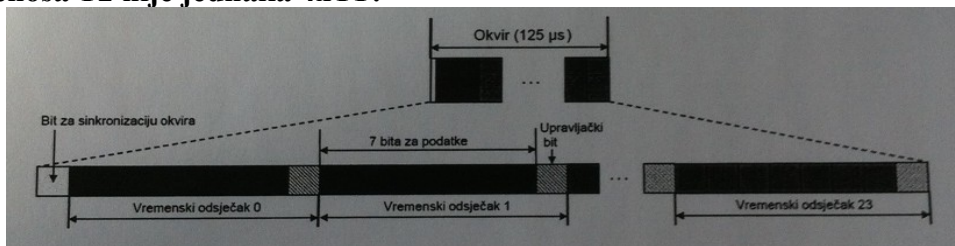
**20) Što su datagrami? Zbog čega je u komunikacijskoj mreži s komutacijom datagrama redoslijed paketa na mjestu prijama promjenjen u odnosu na redoslijed paketa na mjestu slanja? Koji parametar se koristi za vrednovanje svojstava mreže s komutacijom datagrama?**

- datagrami su paketi s neovisnim usmjeravanjem
- mrežni čvorovi procesiraju svaki paket neovisno o ostalim paketima
- npr. ukoliko računalu A pošalje dva paketa računalu B putem datagramske mreže, čvorovi u mreži ne znaju da paketi pripadaju jedan drugom tako da se paketi mogu usmjeravati kroz mrežu do računala B različitim putovima
- datagrami omogućavaju nespojnu (connectionless) mrežnu uslugu
- prije prijenosa paketa kroz mrežu nije potrebno prethodno uspostaviti vezu između izvora i odredišta
- zaglavlje svakog paketa mora sadržavati potpunu adresu odredišta svakog paketa mora sadržavati potpunu adresu odredišta
- slijed paketa može biti primljen u promijenjenom redoslijedu u odnosu na redoslijed paketa pri odašiljanju
- glavni primjer mreže s komutacijom datagrama je Internet

Paketi dolaze u drugačijem redoslijedu zbog neovisnosti puta paketa pa jedan paket poslan prije može doći kasnije od paketa koji je poslan iza njega.

Parametar za vrednovanje mreže jest kašnjenje paketa.

21) Na slici je prikazana građa okvira podataka u američkoj PDH hijerarhiji za primarnu brzinu prijenosa (T1). Na temelju slike izračunajte primarnu brzinu prijenosa? Na drugoj razini multipleksiranja (T2) multipleksiraju se 4 T1 kanala. Zašto brzina prijenosa T2 nije jednaka  $4 \times T1$ ?



24 odsječka \* 8 bitova + sinkronizacijski bit = 193 bit  
 $193 \text{ bit} / 125 \text{ us} = 1.544 \text{ Mbit/s}$

Brzina nije  $4 \times T1$  zbog dodavanja sinkronizacijskog bita

22) Kako zaštitni interval utječe na trajanje OFDM simbola? Na brzinu prijenosa podataka? Koji se najčešći modulacijski postupci koriste kod tehnike OFDM?

Najčešći modulacijski postupci su PSK i QAM. Zaštitni interval produljuje trajanje simbola i usporava brzinu prijenosa podataka.

24) Ostala pitanja iz sjećanja:

Što znači 100BASE-T?

- označavanje inačica Ethernet

- 1XXXBYYYYZ

- 1XXX – brzina prijenosa podataka

- 1 Mbit/s, 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1000 Mbit/s

- BYYYY – način prijenosa signala prijenosnim medijem

- BASE – prijenos u osnovnom pojasu

- BROAD – širokopojasni prijenos

- Z – najveća dopuštena duljina segmenta izražena u jedinicama 100 m (2, 5 ili 36)

ili

- oznaka prijenosnog medija

- T (*twisted pair*) – upletena parica

- F (*fiber*) – optički kabel

- L (*long*) – optički kabel, veće valne duljine

- S (*short*) – optički kabel, kraće valne duljine

- X – tehnologije za gigabitne Ethernet mreže

### Što dolazi na kraju LAN mreže? I na kojim slojevima radi?

Krajnji uređaj sa svojom jedinstvenom MAC adresom.

Zauzima prva dva sloja ISO/OSI modela

- fizički sloj
- sloj podatkovne veze

**Multipleksiranje - raspodjela po vremenu. Zadano: 6? kanala, brzina u kanalu 2Mbit/s??. Kolika je brzina na izlazu?**

**Koje vrste multipleksiranja koristimo u javnoj komutiranoj telefonskom mreži i koju koristimo za što? (6. predavanje)**

Vremensko multipleksiranje– digitalnim signalima u uređajima komunikacijskog sustava upravljaju generatori taktних impulsa

– u općem slučaju, vremensko multipleksiranje digitalnih signala koji dolaze iz različitih izvornih čvorova može biti

- asinkrono

– taktni impulsi su asinkroni, ali odstupanja taktnih impulsa od nominalne frekvencije ne smiju biti veća od definiranog iznosa  $\Delta f$

– mreža u kojoj se rabi takav odnos taktnih impulsa naziva se pleziokronom

- sinkrono

– svi taktni impulsi su iste frekvencije ili se sinkroniziraju na istu frekvenciju

**Za koji indeks modulacije dolazi do izobličenja? (mislim da se radilo o amplitudnoj modulaciji)**

Za  $m_a > 1$

**25) a) Kakav filter se koristi u GMSK modulacijskom postupku za oblikovanje impulsa u vrem. domeni? b) Gdje se koristi u praksi? c) Koliko se promjeni faza moduliranog signala u intervalu svakog simbola?**

Koristi se Gaussov filter. Faza se promjeni  $\pm \frac{\pi t}{2T_b}$  unutar intervala jednog bita. Koristi se u GSM-u i GPRS-u (koristi postupak GMSK s normiranom širinom Gaussova filtra  $B \cdot T_s = 0,3$ )

**26) Modulirani signal iz pojasa (300-3400Hz) modulira frekv. visokofrekv. signala.**

**Devijacija frekv. je 2000Hz. a) Širina pojasa tako dobivenog signala je? b)  $m_f = ?$  c) Da li je ovo slučaj širokopojasne ili uskopolasne modulacije frekv.**

$$m_F = \Delta \Phi_{FM} = \frac{\Delta \omega_{FM}}{\omega_M} = \frac{k_f U_{MM}}{\omega_M}$$

$$m_{F1} = \frac{\Delta f}{f_{max}} = 0.588$$

$$m_{F2} = \frac{\Delta f}{f_{min}} = 6.66$$



$$B = 2f_{\max}(m_f + 1) = 2(\Delta f_{\max} + f_{\max}) = 52128 \text{ Hz}$$

$m_f > 0.4$  širokopojasna modulacija

**27) a) Koliko se bita pridružuje svakom od M simbola u mod. postupku M-FSK b) Koliki je indeks modul. ako su diskretne frekv. jednoliko razmaknute za  $2\Delta f$  c) Koji uvjet mora biti zadovoljen da bi simboli M-FSK signala bili ortogonalni**

Pridružuje se  $\log_2 M$  bitova. Indeks modulacije je  $m_f = 2 * \Delta f * T_s$ . Ako su diskretna stanja frekvencije M-FSK-signalna višekratnici od  $1/T_s$ , odnosno diskretne frekvencije su na razmaku  $1/T_s$  tada su simboli ortogonalni.

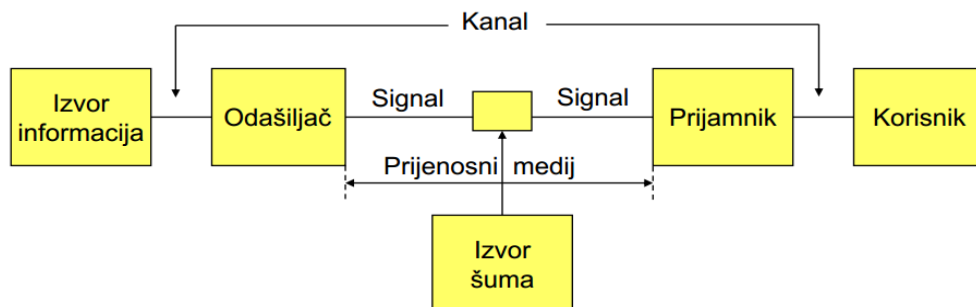
**28) a) Objasni sinkronizaciju simbola i sinkronizaciju nosioca b) Kako se postupak sinkronizacije provodi u koherentnom a kako u nekoherentnom sustavu c) Koji se problem i u kojim sustavima rješava slanjem "sinkronizacijskog slijeda"**

- Sinkronizacija simbola najniža je razina sinkronizacije prijamnika na odašiljač. Iz nje slijede sinkronizacija riječi i sinkronizacija okvira kao dijelovi obnove takta.
- Problem sinkronizacije okvira mogao bi se riješiti prenošenjem sinkronizacijskog signala u posebnom kanalu. Taj se postupak, međutim, ne koristi u praksi zbog loše učinkovitosti i potrebe za postizanjem jednakog kašnjenja signala u kanalu za prijenos sinkronizacijskog signala s kašnjenjem u kanalu za podatke (kanal za prijenos moduliranog signala).
- Primljeni se impuls uspoređuje s nizom vremenski pomaknutih prijamniku poznatih odašiljačkih impulsa.
- Usporedba se provodi korelacijskim postupkom.
- Utvrđivanjem s kojim od niza impulsa se maksimalno podudara primljeni impuls (maksimalna korelacija) određena je veličina pogreške sinkronizma prijamnika s odašiljačem koju valja ispraviti.
- U nekoherentnim sustavima ne provodi se obnova nosioca, ali je nužno ostvariti sinkronizaciju simbola i obnoviti takti signal.
- Dvije su temeljne vrste postupaka sinkronizacije:
  - Poznati početni niz bitova periodično se šalje zajedno sa signalom koji nosi informaciju (podatke) u vremenskom multipleksu. Taj početni niz bitova sadrži podatke o nosiocu i o vremenskim parametrima simbola (symbol timing), a oni se u prijamniku izdvajaju odgovarajućom obradom signala. Ovaj postupak obilježava vrlo brza uspostava sinkronizma prijamnika s odašiljačem, a nedostaci su u,
    - smanjenoj učinkovitosti propusnosti sustava, jer se dio kapaciteta sustava troši na prijenos početnog niza bitova i,
    - smanjene učinkovitosti korištene snage, jer se dio te snage koristi za emitiranje početnog niza bitova.
  - Prijamniku se daje zadatak da uspostavi sinkronizam uz pomoć podataka koje može izdvojiti iz primljenoga moduliranog signala. Ovaj postupak obilježava bolja učinkovitost propusnosti i snage, ali pod cijenu produženog vremena potrebnog za uspostavu sinkronizma

**29) Svrha preinake modul. postupka QPSK u OQPSK te kako se obavlja b) Koliko se kašnjenje unosi u liniju prijenosa signala  $Q(t)$  c) kojim postupkom se može demodulirati OQPSK signal**

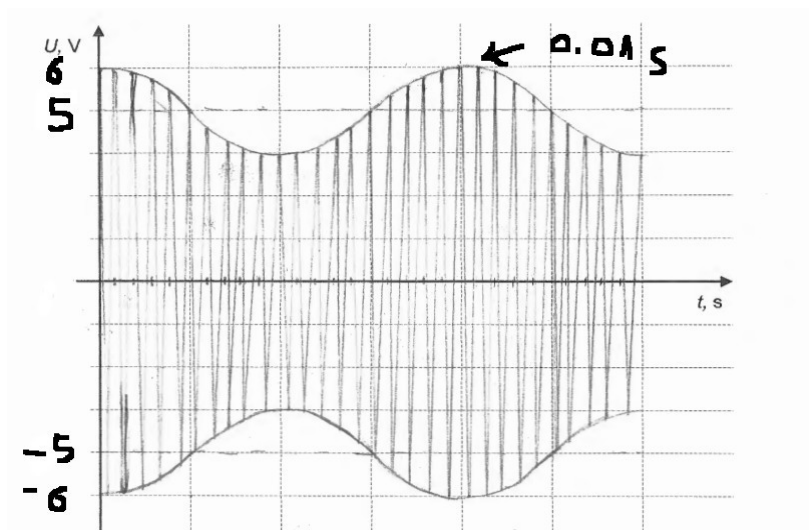
- Modulacijski postupak QPSK preinačuje se tako da se izbjegne pojava istodobne promjene razina signala  $I(t)$  i  $Q(t)$ , a koja nastaje kad se mijenjaju oba binarna znaka u paru.
- Takva se procedura ostvaruje pomicanjem signala  $Q(t)$  na vremenskoj osi za iznos polovice intervala jednog simbola.
- U liniju prijenosa signala  $Q(t)$  unosi se kašnjenje u iznosu  $T_S/2 = T_b$
- OQPSK-signal može se demodulirati samo koherentnim postupkom koji se osniva na odgovarajućem postupku za QPSK

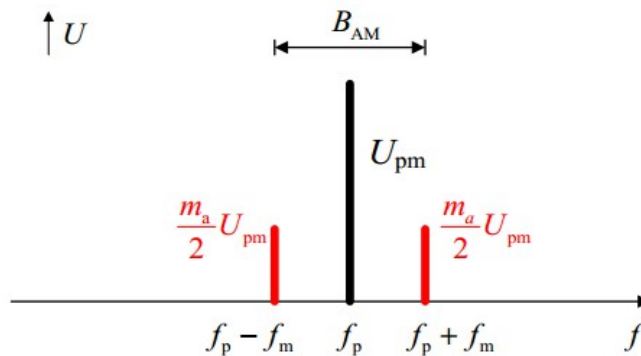
**30) Nacrtaj osnovni model komunikacijskog sustava. Što ograničava prijenos dig. podataka preko fizičkog komunikacijskog kanala.**



Šum ograničava prijenos dig. podatka preko komunikacijskog kanala.

**31)  $U_p = 5\cos(4000\pi t)$ ,  $U_m = \cos(200\pi t)$ , nacrtaj modulirani signal i njegov spektar, naci ma**





$U_{pm}=5V$ ;  $f_p=4000\pi/2\pi=2\text{kHz}$ ;  $f_m=200\pi/2\pi=0.1\text{ kHz}$   
 $m_a=(A_{max}-A_{min})/(A_{max}+A_{min})=(6-4)/(6+4)=0.2$

**32) Onaj graf na kojem se ocita za za QPSK :  $P_e=10^{-5}$  -->  $\log(E_b/N_0)=9.9\text{dB}$  za 16-PSK:  $P_e=10^{-6}$  -->  $\log(E_b/N_0)=18.5\text{dB}$  Za koliko se treba povecat snaga da bi vjerojatnost pogreske kod 16-PSK iznosila  $P_e=10^{-6}$**

$$\text{QPSK: } p_{Eb}=10^{-5} ; \frac{E_b}{N_0}=9.9\text{ dB} ; 9.9\text{dB}=10\log\frac{E_{b1}}{N_0} ; N_0=\frac{E_{b1}}{10^{0.99}}$$

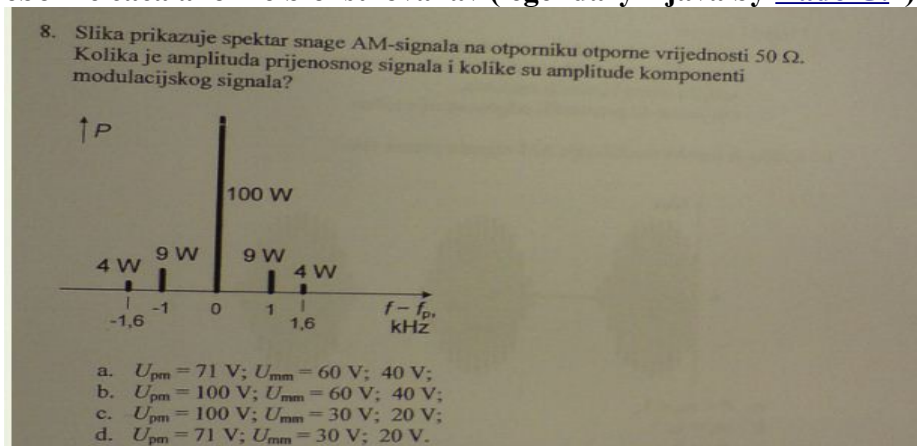
$$16\text{-PSK: } p_{Eb}=10^{-6} ; \frac{E_b}{N_0}=18.5\text{ dB} ; 18.5\text{dB}=10\log\frac{E_{b2}}{N_0} ; N_0=\frac{E_{b2}}{10^{1.85}}$$

$$N_0=N_0$$

$$\frac{E_{b1}}{10^{0.99}}=\frac{E_{b2}}{10^{1.85}}$$

$$\frac{E_{b2}}{E_{b1}}=\frac{10^{1.85}}{10^{0.99}}=10^{1.85-0.99}=10^{0.86}=7.244=8.6\text{ dB}$$

**33) ebo me caca ako nie bio isti ovakav (legendary izjava by [Dado G.](#) )**



Modulacijski signal se sastoji se od više komponenti pa prema tome primjenjujemo Parsevalov zakon:

$$P=\frac{U^2}{2R}$$

$$U = \sqrt{2RP}$$

$$U_{PM} = 100 \text{ V}$$

$$U_{MM1} = 30 \text{ V}$$

$$U_{MM2} = 20 \text{ V}$$

**34) Na slici je prokazan dijagram ovisnosti vjerojatnosti pogreske o odnosu  $E_b/n_0$ . za prijenos podatak koristimo 8-psk modulacijski postupak. sirina spektra koju imamo na raspolaganje je 200 khz. boltzmanova konstantna iznosi ..., standardna temperatura iznosi 20c,  $n_0=4*10^{-15} \text{ ws}$ , a kosinusni faktor zaobljenja filter iznosi 0,2. a) kolika je ukupna snaga suma u sustavu pri standardnim uvjetima b) kolika je maksimalna spektralna ucinkovitost c) odredite snagu moduliranog signala na prijemu uz koju postizemo vjerojatnost pogreske od  $10^{-3}$**

a) snaga šuma

$$N = k_B * B * T = 1.38 * 10^{-23} * 200 * 10^3 * 293 = 8.1 * 10^{-16} \text{ W} = -151 \text{ dB}$$

b) max. spektralna učinkovitost

$$B = B_n (1 + \alpha)$$

$$B_N = \frac{B}{1 + \alpha} = 166.66 \text{ kHz} = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{3T_b}$$

$$R_b = \frac{1}{T_b} = 3B_N = 500 \text{ kBit/s}$$

$$\frac{R_b}{B} = 2.5 \text{ bit/s/Hz}$$

c)  $p_{Eb} = 10^{-3}$

iz tablice:  $10 \log \frac{E_b}{N_0} = 10 \text{ dB}$

energija bita na prijemu  $E_b = 10N_0 = 4 * 10^{-14} \text{ Js [J]}$

snaga signala na prijemu  $C_s = \frac{E_s}{T_s} = \frac{3 E_b}{3T_b} = \frac{E_b}{T_b} = 20 \text{ nW}$

**35) BFSK-modemom prenose se digitalni podaci brzine 1000 bit/s analognim telefonskim kanalom. Granične frekvencije analognog telefonskog kanala za prijenos govora su 300 Hz i 3400 Hz. Znaku "0" pridružena je frekvencija 1000 Hz, a znaku "1" 2000 Hz. a) Kolika je frekvencija prijenosnog signala? b) Kolika je devijacija frekvencije? c) Koliki je indeks modulacije?**

a)  $f_r = (f_0 + f_1)/2 = (1000 + 2000)/2 = 1500 \text{ Hz}$

b)  $\text{trokut (f)} = (f_1 - f_0)/2 = 1000/2 = 500 \text{ Hz}$

c)  $m_f = 2 * \text{trokut (f)} * T_b = 2 * \text{trokut (f)} * 1/R_b = 2 * 500 * 1/1000 = 1$

**36) Komunikacijski sustav mora imati brzinu 110Mbit/s. Imamo kanal sa  $B=25\text{MHz}$ , a alfa (faktor zaobljenja) je 0.25. a) kolika je nyquistova širina pojasa? b) kolika je**

**ostvariva brzina simbola? c) kojim postupkom modulacije ćemo dobit najveću otpornost na šum u tom kanalu sa takvim postavkama?**

a)  $B = B_n(1 + \alpha) \rightarrow B_n = B / (1 + \alpha) = 20 \text{ MHz}$

b)  $R_s = B_n = 20 \text{ Mbit/s}$

c) imamo zadan  $R_b = 110 \text{ Mbit/s}$ , izračunali smo  $B_n = 20 \text{ Mbit/s}$  sad stavimo da je  $R_s = B_n$  - onda imamo  $n = R_b / R_s = 5.5$  a to je zaokruženo na veći broj 6 - pa je naš postupak modulacije  $2^6$  QAM tj, 64 QAM

**37) Operater u GSM-u je dao 2 frekv. područja, 800 MHz do 812 MHz i 900 MHz do 912 Mhz. Uređaj koristi frekvenciju od 803 MHz. a) u kojem smjeru se koristi navedena frekv. b) odredite koja se frekv koristi u drugom smjeru! c) koji se modulacijski postupak koristi u GSM-u?**

a) 803 kHz se koriste u ulaznom smjeru (uređaj  $\rightarrow$  bazna postaja)

Zašto? - zato jer je to niža frekv. od ponuđenih što podrazumijeva i manje gušenje čime kompenziramo manju snagu signala (snaga signala od uređaja prema bazi je logički manja)

b)  $803 - 800 + 900 = 903$

c) GMSK

**38) 27 ćelija, svaka po 2 kanala. koliko max korisnika može pozivati na istom području? šta treba napraviti da se taj broj poveća bez da se mijenja broj kanala po ćeliji**

a)  $2 \times 8 \times 27 = 432$  korisnika (svaki kanal podrazumijeva jedan oktet - zato puta 8)

b) smanjit ćelije i povećat njihov broj (manje ćelije  $\rightarrow$  povećanje kapaciteta)

**39) Način komunikacije u mrežama s komutacijom kanala. Prednosti i nedostaci u odnosu na komunikaciju u mrežama s komutacijom paketa?**

- u odnosu na postupak komutacije mreže se dijele na

- mreže s komutacijom kanala (circuit switching networks)

- između izvora i odredišta uspostavlja se namjenski prijenosni put (dedicated transmission line) koji se naziva kanal

- za vrijeme trajanja veze svi podaci se prenose uspostavljenim putem

- mreže s komutacijom paketa (packet switching networks)

- u izvoru informacije se formiraju paketi podataka izvoru informacije se formiraju paketi podataka u kojima se nalazi adresa odredišta

- izvor šalje pakete čvoru na koji je spojen, a on ga šalje do drugog čvora najpovoljnijim putem u danom trenutku

- paketi se šalju od čvora do čvora sve do odredišta

- dvije su vrste komutacije paketa

- komutacija paketa u obliku datagrama (datagram packet switching)

- komutacija paketa virtualnim kanalima (virtual-circuit packet switching)

**40) na slici je prikazan sinusno modulirani AM SIGNAL. najmanja amplituda AM signala je 40 vpp, najveća amplituda AM SIGNALA je 80 vpp, frekvencija prijenosnog signala**

je 100kHz, frekvencija modulacijskog signala je 10kHz. b) kolika je snaga am-signala na otporniku čija je otporna vrijednost jednaka 50 oma? c) potrebno je nacrtati sadržaj spektra am-signala s naznačenim vrijednostima snaga pojedinih komponenti i njihovim frekvencijama ukoliko je promatramo na otporniku otporne vrijednosti 50 oma?

$$m_a = (A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\max} + A_{\min}) = 20/60 = 0.33$$

$$b) A_{\max} = U_{\text{pm}}(1 + m_a) \rightarrow P_{\text{am}} = (U_{\text{pm}}^2) / (2R) * (1 + (m_a^2)/2) = 9.88 \text{ W}$$

$$c) P = U^2 / R \text{ vrijedi i za bočne komponente}$$

**41) ADSL norme ITU-T G.992.1(G.DMT) ima širinu potkanala 4,3125 kHz, brzina prijenosa simbola u potkanalima iznosi 4000 bauda. U 60 potkanal prenosi se 7 bitova/simbolu, u 10 potkanala prenosi se 10 bitova/simbolu, u 50 potkanala prenosi se 5 bitova/simbolu, u 5 potkanal prenosi se 4 bita/simbolu, a u ostalim potkanalima prenosi se maksimalni broj bitova/simbolu. Kolika je brzina prijenosa korisničkih bitova od korisnika prema centrali.**

zadatak nije dobro napisan skoro pa 100 % ziher - dakle nije od korisnika (upload), već prema korisniku (download) - to se vidi prema broju potkanala - također očito je kolega zaboravio napisati B (širinu pojasa=966 kHz) ili nije već očekuju da znamo napamet (6. predavanje 59. slajd)

$$N(\text{potkanala}) = B / 4312.5 - 1 = 223$$

$$R(b) = 4000 * (10 * 10 + 60 * 7 + 50 * 5 + 5 * 4 + 98 * 15) = 9.04 \text{ Mbit/s}$$

#### **42) Definicije protokola, usluge i arhitekture mreže**

- zadatak komunikacijske mreže je omogućiti razmjenu informacija između uređaja
  - suradnja se postiže kroz obvezivanje strana uključenih u komunikaciju da se pridržavaju skupa pravila (protokola) za komunikaciju
- arhitektura mreže
  - skup slojeva i protokola koji omogućavaju razmjenu informacije između entiteta
  - detalji realizacije i specifikacija sučelja nisu dio arhitekture mreže
- slojevi mreže
  - za svaki sloj definirane su
- usluge sloja
- susučelja sa susjednim slojevima
- protokoli

Usluga je skup osnovnih operacija koje niži sloj pruža višem sloju unutar jednog sustava

#### **43) Što je multipleksiranje, što je TDM, uzrok neučinkovitosti TDM-a**

Multipleksiranje - postupak kojim se većem broju izvora i odredišta omogućava istodobna uporaba iste grane ili veze (link) u mreži. višestruka uporaba prijenosnog medija omogućena je raspodjelom kapaciteta prijenosnog medija na nekoliko načina

- raspodjela po frekvenciji
- raspodjela po vremenu
- raspodjela po kodu
- raspodjela po valnoj duljini
- statistička raspodjela, itd.

- multipleksiranje po vremenu (TDM, Time Division Multiplexing)
  - raspoloživo vrijeme dijeli se na vremenske okvire T (frame), a svaki okvir na manje vremenske odsječke jednakog trajanja
  - svakom paru, jednoj ulaznoj i jednoj izlaznoj grani, dodjeljuje se određeni vremenski odsječak unutar okvira
  - okviri se ponavljaju, a odsječci ciklički izmjenjuju

#### **44) Vrsta komutacije u javnoj tel. mreži? Kojim postupkom se provodi analogno-digitalna? Brzina kanala nakon A/D pretvorbe?**

komutaciju kanala

- u svakom komutacijskom čvoru dolazni govorni kanali se komutiraju u odlazne govorne kanale (privremene veze)
- za vrijeme trajanja poziva mrežni resursi koji se rabe za taj poziv ne mogu se rabiti u druge svrhe

rabi FDM i TDM

- FDM se rabi u prijenosu analognog govornog signala
- TDM se rabi u prijenosu digitalnog govornog signala

analogno-digitalna pretvorba govornih signala se provodi postupkom impulsno-kodne modulacije (PCM, Pulse Code Modulation)

- impulsno-kodna modulacija
  - telefonski signal: analogni signal u frekvencijskom području 300 –3400 Hz
  - ograničenje frekvencijske širine pojasa telefonskog signala provodi se frekvencijske širine pojasa telefonskog signala provodi se na ulazu u lokalnu telefonsku centralu uz pomoć filtra koji guši frekvencije ispod 300 Hz i iznad 3400 Hz
  - širina propusnog pojasa filtra je 3100 Hz
  - filter ima konačnu strminu što znači da gušenje frekvencija izvan propusnog područja filtra nije oštro
  - zbog konačne strmine filtra, uzimanje uzorka provodi se frekvencijom uzorkovanja 8 kHz, tj. svakih 125  $\mu$ s
  - svi vremenski intervali koji se rabe u telefonskom sustavu su višekratnici od 125  $\mu$ s
  - kodiranje uzoraka provodi se s 8 bit/uzorku brzina prijenosa govornog kanala: 8 kHz x 8 bit/uzorku = 64 kbit/s

#### **45) Osnovne razlike TCP/UDP? Nakon kojem sloju TCP/IP referentnog sloja se rabe TCP i UDP? Koji je pogodniji u stvarnom vremenu?**

- transportni sloj TCP/IP referentnog modela
  - osigurava pouzdan i transparentan prijenos paketa između izvora i odredišta (s kraja na kraj mreže)
  - u njemu su definirana dva protokola koji se spajaju od kraja do kraja
  - protokol za upravljanje prijenosom (TCP)
  - protokol za korisničke datagrame (UDP, User Datagram Protocol)
- protokol za upravljanje prijenosom (TCP)
  - pouzdan protokol s uspostavljanjem izravne veze (spojna usluga) koji omogućava prijenos bez pogrešaka u nepromijenjenom redoslijedu
  - početni tok podataka dijeli se na zasebne poruke i svaka se prosljeđuje mrežnom sloju
  - upravlja tokom podataka tako da brzi pošiljatelj ne može zagušiti sporog primatelja velikim brojem poruka



- protokol za korisničke datagrame (UDP, User Datagram Protocol)
- nepouzdan protokol bez uspostavljanja izravne veze i očuvanja redoslijeda datagrama
- namijenjen je aplikacijama koje same (umjesto protokola TCP) uređuju pakete i upravljaju tokom pakete i podataka
- rabi se za aplikacije gdje brzina isporuke i malo kašnjenje ima prednost pred točnošću (prijenos govora ili videosignala)

**46) Opiši koncept upravljanja pristupom prijenosnom mediju u LAN mrežama koji se temelji na višestrukom osluškivanju nosioca i detekcijom sudara (CSMA/CD). Koju vrstu sudara ne može detektirati? Zašto se CSMA detekcijom sudara ne može koristiti u WLAN-u?**

- CSMA/CD
  - mrežna postaja koja želi odašiljati podatke “osluškuje” da li neka druga postaja odašilje podatke i da li je medij zauzet
  - ako je prijenosni medij slobodan, mrežna postaja započinje odašiljati
  - do sudara dolazi kada više postaja istodobno utvrdi da je medij slobodan i započne odašiljanje okvira
  - za vrijeme odašiljanja okvira mrežna postaja “osluškuje” medij, kako bi otkrila da li je došlo do sudara
  - rani sudar – sudar koji postaja detektira za vrijeme dok odašilje okvire
  - mrežna postaja prekida emitiranje okvira i čeka slučajno odabrano vrijeme prije nego započne ponovno odašiljanje
  - u najvećem broju slučajeva istodobno odašiljanje podataka dvaju mrežnih postaja neće se ponoviti
  - kasni sudar – sudar do koga dolazi nakon što je postaja prestala sa slanjem okvira
  - postaja ne može detektirati kasni sudar
- detekcija detekcija nosioca u CSMA postupku u WLAN-u je otežana
- sudare nije moguće detektirati jer prijamnik može primiti isti signal više puta zbog refleksije elektromagnetskog vala od prepreka

**47) Što je modem? Čime je određena teorijska brzina od 35 kbit/sec? Kako je u modemske vezama moguće postići povećanje brzine na 56 kbit/s i u kojem je smjeru moguće ostvariti navedenu brzinu?**

- modem (modulator+demodulator)
  - uređaj za pretvorbu digitalnih podataka, nastalih u računalu, u analogni oblik pogodan za slanje telefonskom linijom i obrnuto
- brzina prijenosa od 35 kbit/s predstavlja teorijsku granicu najveće brzine prijenosa modema, a određena je prosječnom duljinom i kvalitetom telefonskih linija u lokalnoj petlji