

Elektroničke komunikacije

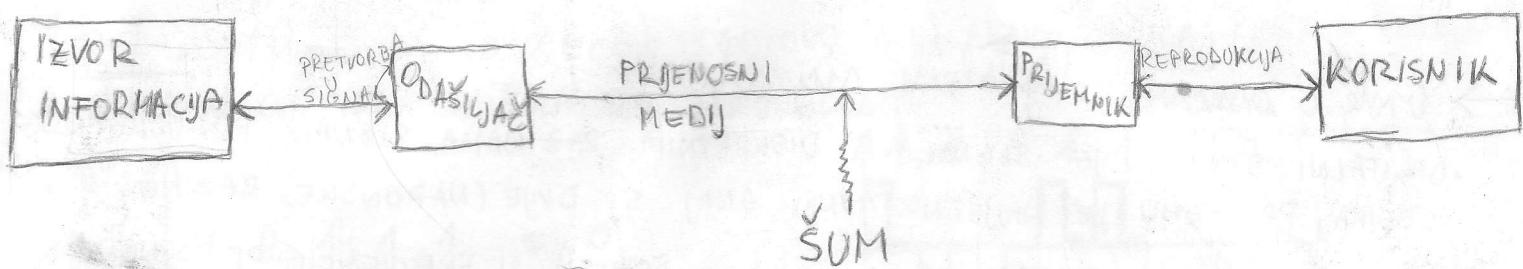
1. predavanje

lu: egzam

1. DIO: Komunikacija, digitalni podaci

→ općenito:

- KOMUNIKACIJA JE PRIJENOS INFORMACIJE (PODATAKA) OD IZVORA PREKO UREĐAJA ZA SLANJE (ODAŠILJACA) TE PRIJENOSNOG MEDIJA DO PRIJEMNIKA (UREĐAJA ZA PRIMANJE) I KORISNIKA
- PRITOM JE U BILO KOJEM DIJELU MOGOĆA GREŠKA, NO UZIMA SE DA ŠUM (NEPREDVIĐIVI) DJELUJE KOD PRIJENOSNOG MEDIJA I OZNAČAVA UTjecaj okoline (PA JE STOGA I STOHALSTičAN)



→ decibeli (dB):

- OMJER NAPONA, SNAGA (NAJČEŠĆE) I LI NEKIH DRUGIH VELIČINA KAKO BI SE ONE LAKše PRIKAZIVALE I SL.

$$\frac{P_2}{P_1} [\text{dB}] = 10 \log \frac{P_2 [\text{W}]}{P_1 [\text{W}]} \quad | \quad \begin{array}{l} \text{dBW} \rightarrow P_1 = 1 \text{ W} \\ \text{dBm} \rightarrow P_1 = 1 \text{ mW} \end{array}$$

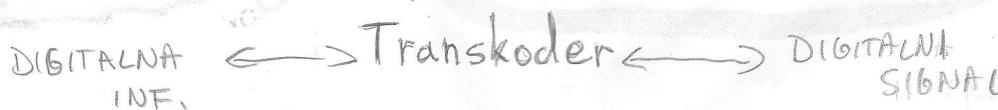
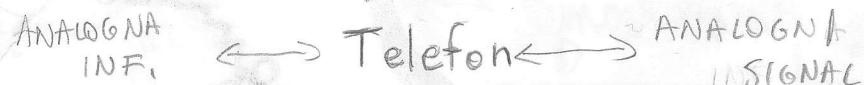
- PROIZVOD SNAGA SE SUODI NA ZBROJ DECIBELA, DIJELENJE NA ODOZIMANJE, AKO SE RADI O OMJERU NAPONA, FORMULA JE:

$$\frac{P_2}{P_1} [\text{dB}] = 10 \log \left[\frac{(U_2^2)}{R} / \left(\frac{U_1^2}{R} \right) \right] = 10 \log \frac{U_2^2}{U_1^2} = 20 \log \frac{U_2 [\text{V}]}{U_1 [\text{V}]} \quad | \quad \begin{array}{l} \text{dBm} \\ \text{dBW} \end{array}$$

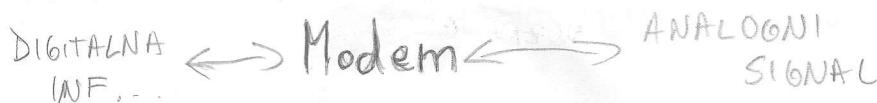
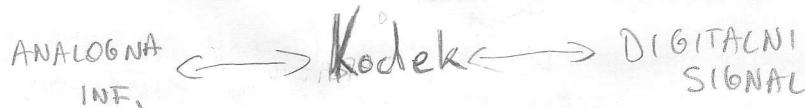
→ oblici signala:

- SIGNAL KOJI SE ŠALJE KOMUNIKACIJSKIM KANALOM (PRIJENOSnim MEDIJEM) MOŽE BITI ANALOGAN, LI DIGITALAN (MOGOĆE SU A/D I D/A KONVERZije)
- PODACI KOJI SE ŠALJU U ODAŠILJACU MOGU KOMPROMIRATI RADI VEĆE BRZINE PRIJENOSA, ČIM JE VEĆA BRZINA POTREBNIJI JE ŠIRI FREKVencijski SPEKTAR (UZ ISTU KOMPRESiju I OSTALE PARAMETRE)

• UREĐAJI koji NE VRŠE A/D ili D/A pretvorbu (ODAŠILJAČI/PRIJEMNIČI):



• UREĐAJI koji VRŠE A/D ili D/A konverziju:



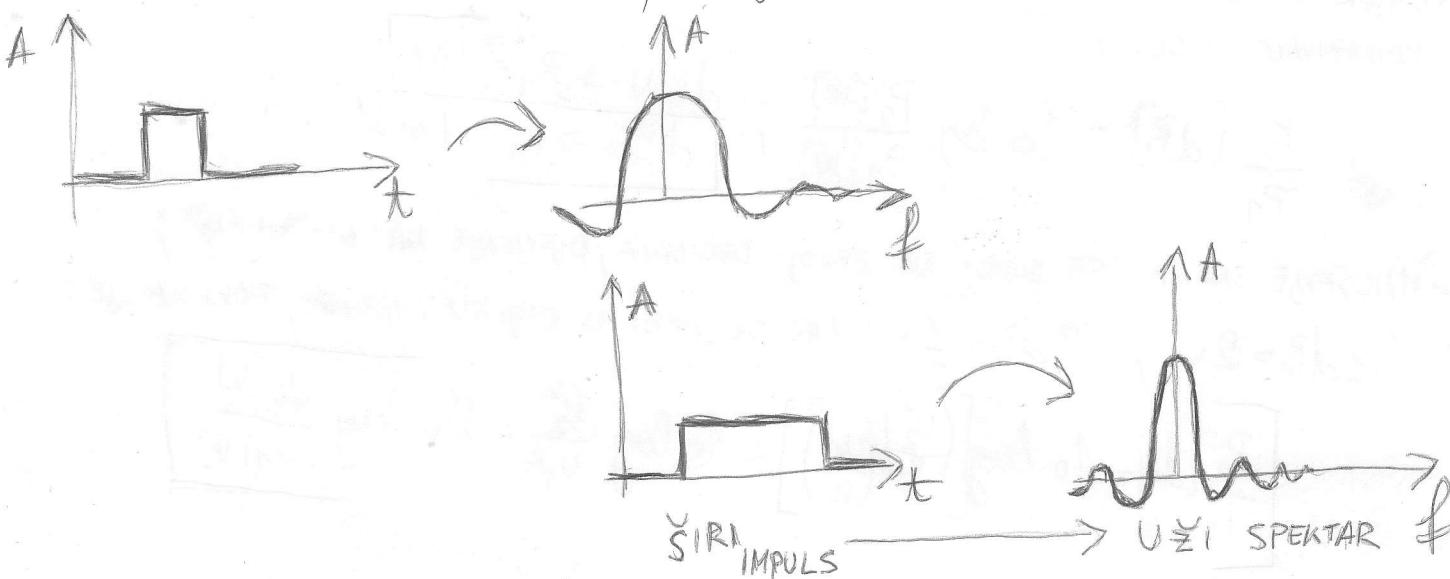
K
A
N
A
L

→ Vrste i osnove digitalnih signala:

• DIGITALNI SIGNAL JE SIGNAL S DISKRETNIM RAZINAMA SIGNALA, PRAVOKUTNOG OBЛИKA, PRI ČEMU JE NAJJEĐNOSTAVNIJI OBЛИK S DVije (NAPONSKE) RАЗИНЕ, "0" I "1"

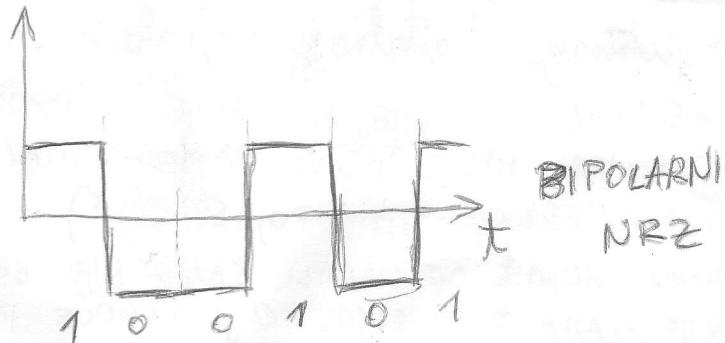
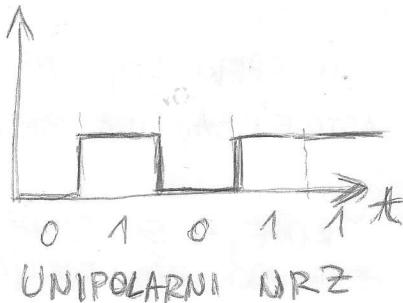
• PRAVOKUTNI OBЛИK SIGNALA U VREMENSKOJ DOMENI, U FREKVUENCIJSKOJ DOMENI PODRIMA OBЛИK ČEŠUJA KOJEMU JE OKOJNICA $\frac{\sin x}{x}$, TE PРОДАМ JE

SIGNAL UŽI U VREM. DOMENI, ŠIRI JE U FREKVUENCIJSKOJ DOMENI I OBРАТНО:



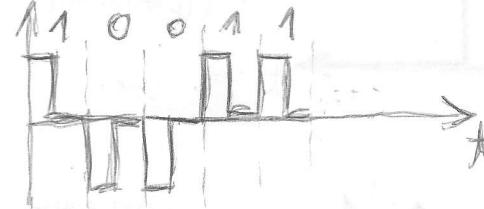
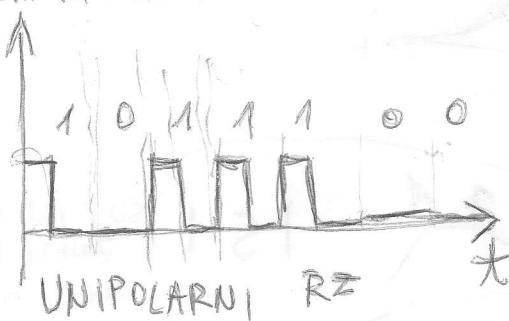
- PRIJE KOMPRESIJE, MODULACIJE I KONAČNOG SLANJA SIGNALA KANALOM, PODACI SE KODIRAJU (PREDOČUJU JEONIM OD KODA)
- SVAKI KODIMA SVOJU PRIMJENU JER SE KODOVI MEĐUSOBNO RAZLIKUJU PO SPEKTRALNIM OBILJEŽJIMA, SREDNJOJ RAZINI SIGNALA I SL.
- BINARNI ZNAK MOŽE BITI PRIDRUŽEN RAZINI ELEKTRIČNOG SIGNALA ILI PROMJENI EL. SIGNALA PRI ČEMU JE BROJ RAZLIČITIH ZNAKOVA (SIMBOLA) PRIRODNA POTENCEJA BROJA 2^m ; NEIN (U NAJJEĐNOSTAVNIJEM SLOCAJU SAMO SU 2 ZNAKA - "0" I "1")

NRZ kod (Non Return to Zero) je najjednostavniji, svaki simbol ima sruju razinu



- NRZ kod ima istosmjernu komponentu (srednja razina) koja se smanjuje bipolarnim oblikom, no postoji problem u sinkronizaciji takta pri dugom nizu istih simbola (jer se nezna gdje je kraj, gdje početak jednog znaka)

- RZ kod (Return to Zero), pogotovo bipolarna inačica, rješava problem dugih nizova istih simbola kod NRZ koda



- ako se u intervalu trajanja simbola razina vraća na nulu, svejedno postoji istosmjerna komponenta (koja je bar dvostruko manja od RZ koda), a i frekvencijski pojas je dvostruko širi

- MANCHESTER kod nema istosmjernu komponentu, nema problema sa sinkronizacijom takta, ali mu je frekv. pojas širi od NRZ (kao i RZ kod)



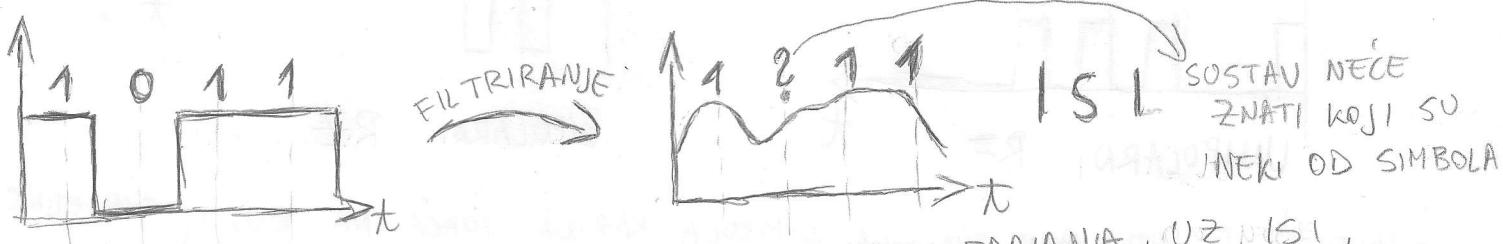
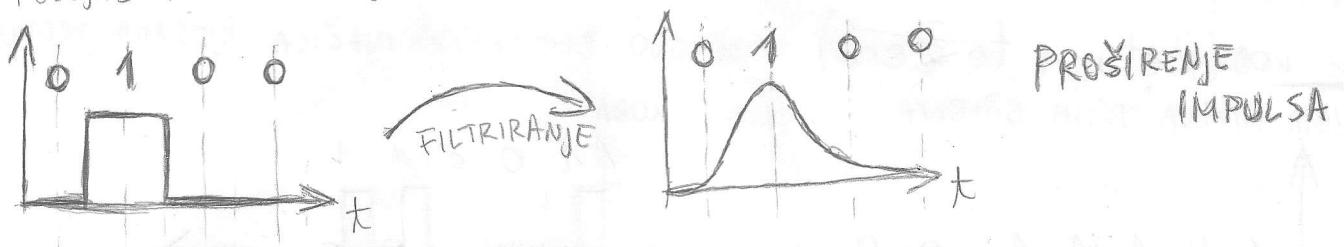
- DIFERENCIJALNO KODIRANI KODOVI - promjena simbola pri određenom naponu :

IZVORNI NIZ	1 1 0 1 0 0 1 1	PRI POJAVI "1" U IZVORNOM, ZNAK SE MIJENJA
DIFER. KODIRANA	"1" 0 1 0 0 1 1 1 0	PRI POJAVI "0" U IZVORNOM, ZNAK SE MIJENJA,
DIFERENC. KODIRANA	"0" 1 0 1 1 0 1 0 0	INAČE OSTAJE ISTI
OBRATITI POZORNOST NA POČETNI ZNAK		

2. DIO: Prijenos (digitalnog) signala

→ filtriranje digitalnog signala:

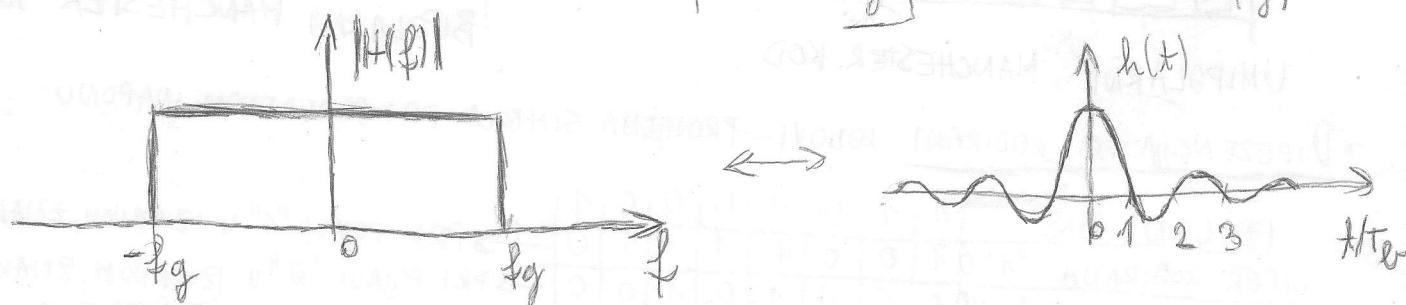
- SIGNAL JE PRIJE MODULACIJE U OSNOVNOM POJASU FREKVENCije, TE PRAVOKUTNI IMPULS (OD KOJEGA SE DIGITAL. SIGNALI SASTOJE) ZAUZIMA BESKONAČNO ŠIROKI FREKVENCIJSKI POJAS ($\frac{1}{\Delta f}$)
- KANAL KOJIM SE SIGNALI ŠALJU Nije BESKONAČNE ŠIRINE, PA SE SIGNALI PRIJE SLANJA FILTRIRAJU. TO JE MOGUĆE JER $\frac{1}{\Delta f}$ PRAVILČKI IMA DOVOJNO NISKE RAZINE KOJE SU NA VELIKIM FREKVENCIJAMA
- POSLJEDICA FILTRIRANJA SO IZOBЛИЧЕЊA SIGNALA (SIGNAL SE U FREKV. DOMENI SUZUJE ŠTO ZNAČI DA SE U VREM. DOMENI ON ŠIRI)
- POSLJEDICA PROŠIRENJA IMPULSA (SIGNALA) JE INTER-SIMBOLNA-INTERFERENCIJA (ISI)



- KAKO SUSTAV ČITAVA IMPULSE NA POLOVICI NJIHOVA TRAJANJA, UZ ISI, NEKI OD NJIH ĆE BITI POGREŠNO ODREĐENI
- IDEALNI FILTAR:

-IMA PRAVOKUTNU FREKV. KARAKTERISTIKU, GRANIČNE FREKV. f_0 , ŠTO ZNAČI DA MU JE VREMENSKA KARAKTERISTIKA OBLIKA $\frac{1}{\Delta t}$ S NULTOČKAMA $0 \text{ k. } \frac{1}{2f_0} = kT_e$

-KAKO SU NULTOČKE U kT_e , MINIMALNA ŠIRINA POJASA POSLUJE MODULACIJE, ODNOSNO BRZINA PRJENOSA SIMBOLA JE $R_N = 2 \cdot f_0$ (JER JE $T_e = \frac{1}{2f_0}$)

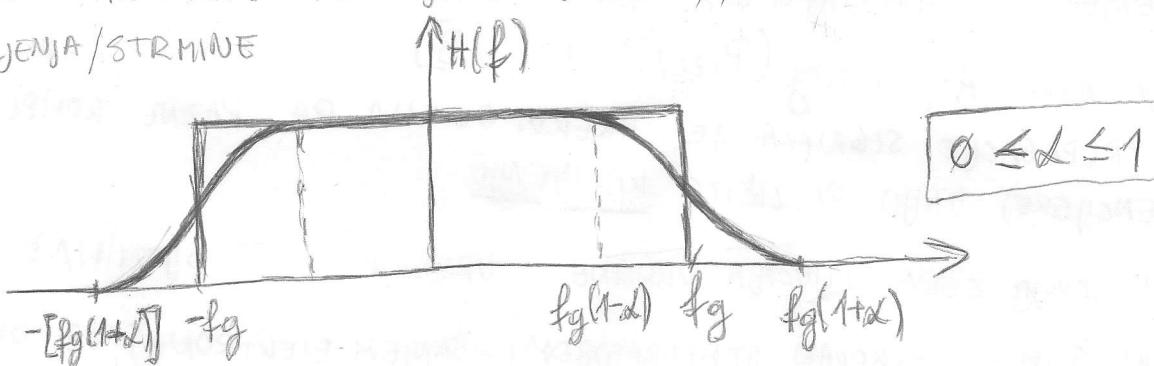


- SPEKTRALNA UČINKOVITOST JE OMJER PRENESENIH BITA U SEKUNDI I ŠIRINE POJASA:

$$R_b/B$$

FILTAR S KOSINUSNIM ZAOBLJENJEM

- REALNA KONSTRUKCIJA IDEALNOG FILTRA JE NEMOGUĆA, PA SE KORISTE ONI REALNO IZVEDIVI, POPUT KOSINUSNOG
- KOSINUSNI FILTAR SE DOBIJE SIMETRIČNIM PROŠIRENjem IDEALNOG, ČIME IZ NYQUISTOVOG TEOREMA IZLAZI DA POLOŽAJ NULTOČKI U VREMENSKOJ DOMENI OSTAJE OČUVAN (DOK JE FREKVENCIJSKI POJAS ŠIRI ZA $\Delta f = f \cdot \alpha$)
- KOD KOSINUSNOG FILTRA OSTVARENi SU ISTI UVJETI ZA ISI (JER POLOŽAJ NULTOČKI VREMENSKE FUNKCIJE OSTAJE ISTI), A α SE NAZIVA FAKTOROM ZAOBLJENJA/STRMINE

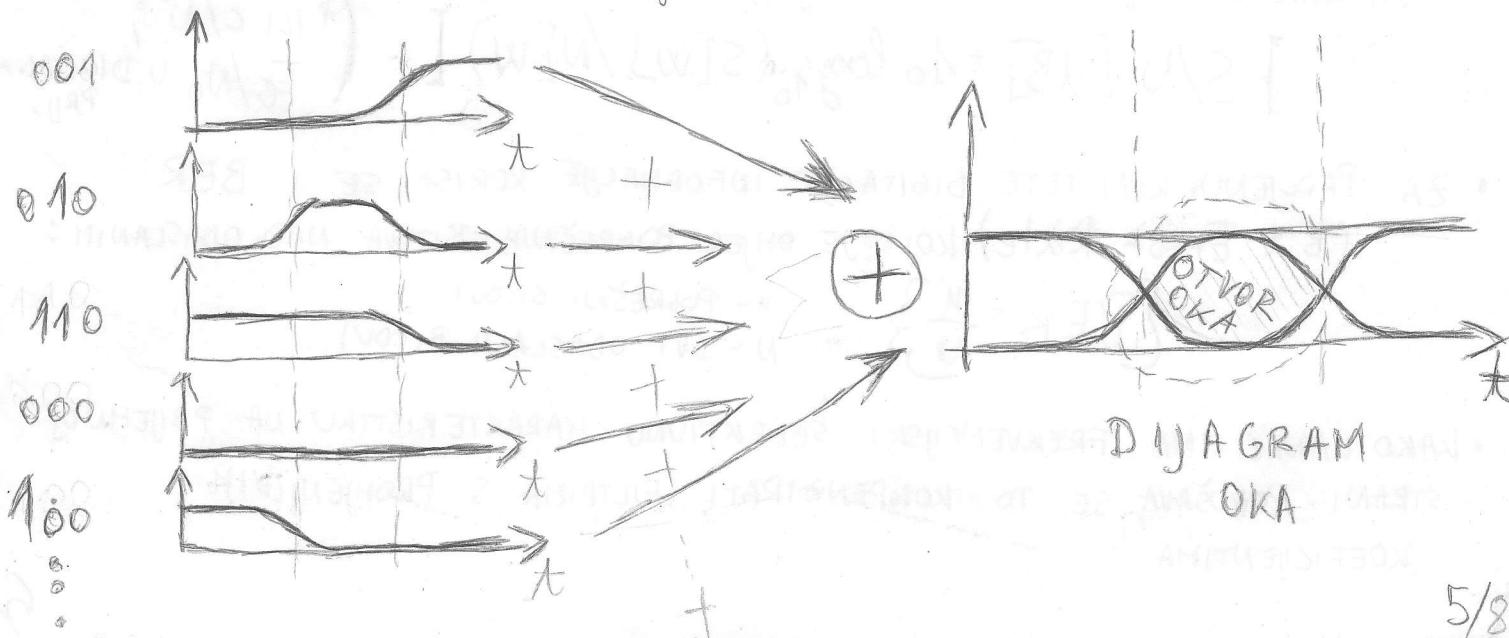


GAUSSOV FILTER:

- IMA OBLIK GAUSSOVOG ZVONA U VREMENSKOJ KARAKTERISTICI PRI ČEMU JE ZVONO TO UŽE I VIŠE ŠTO JE VEĆI UMNOŽAK PARAMETARA: $B \cdot T_0$

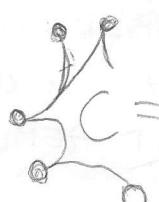
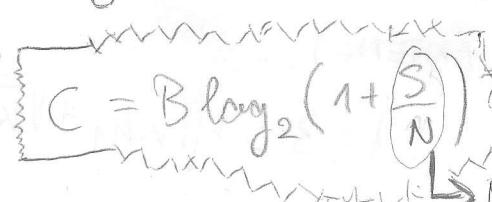
→ dijagram oka:

- NASTAJE PREKLAPANJEM VELIKOG BROJA SIMBOLA NA ISTOM GRĀFU, ČIME SE DOBIVA OBLIK OKA
- PRI IZOBLIČENJU SIMBOLA (ISI) OTVORENOST OKA SE SMANjuje / POMIČE ŠTO SLUŽI ZA PROCJENU IZOBLIČENJA I KVALITETE
- OTVORENOST OKA JE IDEALNO 100%, U REALnim SITUACIJAMA ISI GA SMANjuje PA ZADOVOLJAVA >50%
- POMAK OKA USLJED PODRHTAVANJA OKA
- OKO JE ASIMETRIČNO AKO JE PRIMJENOS NELINEARAN



- smetnje, šum:
- Karakteristika signala se množi s karakteristikom filtra, kanala te karakteristikom prijemnika
 - Frekvencijska karakteristika kanala nije ravna crta, pa su razne frekvencije komponente signala različito prigoseni, imaju različito kašnjenje te ih je superponiran stohastički šum
 - Grušenje signala raste porastom frekvencije, te se izražava u decibelima:
Grušenje: $L = 10 \log(P_{UL}/P_{zL}) = 20 \log(V_{UL}/V_{zL}) [dB]$
 - Pojačanje: $A = 10 \log(P_{zL}/P_{UL}) [dB]$
 - Brzina propagacije signala je frekv. ovisna pa razne komponente (frekvencijske) imaju različito kašnjenje
 - Šum se javlja zbog utjecaja okoline i uređaja, te se dijeli na:
 - termički šum - uzrokovani temperaturom (gibanjem elektrona), iz okoline te samih uređaja za slanje/primanje, ima približno jednoliku rasponjelu duž frekvencijske osi i razina se računa po formuli:
$$P_N = kT B_1 [W] ; \begin{cases} k - \text{BOLTZMANNova konst.} \\ T - \text{temp. u kelvinima} \end{cases}$$
 - širina pojasa u Hz
 - intermodulacijski šum - signali koji se šaju na raznim frekvencijama i u istom kanalu međusobno smetaju
 - preslušavanje - signali koji idu istim prostorom i međusobno smetaju
 - impulsni šum - javlja se uslijed jakih impulsa uzrokovanih grmljavinom i sl.
 - Za moguću reprodukciju signala on mora biti veći od šuma, zato se za kvalitetu signala definira odnos signal/šum:
$$S/N [dB] = 10 \log_{10}(S[W]/N[W]) \quad \left(\begin{array}{l} \# \text{ili C/N} \\ E_b/N_0 \text{ u digital. prij.} \end{array} \right)$$
 - Za procjenu kvalitete digitalne informacije koristi se i BER (Bit Error Rate) koji je omjer pogrešnih bitova nad odaslanim:

$$\{ BER = \frac{n}{N} \} \quad \begin{array}{l} n - \text{pogrešni bitovi} \\ N - \text{svi odaslati bitovi} \end{array}$$
 - Kako kanal ima frekvencijsku selektivnu karakteristiku na prijemnoj strani pokušava se to kompenzirati filtrima s promjenjivim koeficijentima

- kapacitet kanala i usporedba analognog/digit. prijenosa: (T.J. KAPACITET)
- KANAL IMA OGRANIČENO MAKSIMALNU BRZINU PRIJENOSA PODATAKA, ON OVISI O ŠIRINI FREKV., POJASA, RAZINI ŠUMA, BROJU NAPONSKIH RAZINA I MINIMALNOM BER-U
 - NYQUISTOVA FORMULA:  $C = 2B \log_2 M$ ↳ BROJ NAPONSKIH RAZINA
 - SHANNONOVA FORMULA:  $C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$ ↳ NIJE U dB
 - KOD ANALOGNIH SIGNALA KVALITETA NE OVISI O SADRŽAJU, OSJETLJIV JE NA ŠUM, NIJE MOGUĆA REGENERACIJA SIGNALA (PORASTOM UDALJENOSTI KVALITETA SE NEPOVRATNO GUBI)
 - KOD DIGITALNIH SUSTAVA KVALITETA OVISI O SADRŽAJU, ALI SU SIGNALI MANJE OSJETLJIVI NA ŠUM I MOGUĆA JE REGENERACIJA SIGNALA; UREDAJI SU JEFTINJI I BOGE JE ISKORISTEN SPECTAR, MOGUĆE JE ŠIFRIRANJE SIGNALA

3. DIO: Prijenosni mediji

→ upletena parica: 

- SPIRALNO UPLETENI VODIČ KAKO BI SE SMANJILI VANJSKI, MEĐUSOBNI UTJECAJ
- JEFTIN I JEDNOSTAVAN, ALI VELIKO GOŠENJE NA VELEKE UDALJENOSTI

→ koaksijalni kabel: 

- 2 KABELA, TANJI UNUTAR DEĆEG, ŠUPLJEG ? ODVOJENI IZOLATOROM
- PUNO VIŠE SMANJENI VANJSKI UTJECAJI, NO KOMPPLICIRANJI I SKUPLJICI

→ svjetlovod:

- FLEKSIBILAN I JEFTIN, NO KRAJNJI UREDAJI (LASERI) SU SKUPI
- MAЛО GOŠENJE, KORISTI SE NA VEĆE UDALJENOSTI, VELIKE BRZINE
- DVije VRSTE PRISTUPNIH UREBAJA, LED (JEFTINJI I LOŠIJI) I LASER (BOJI, SKUPLJI)
- 2 VRSTE; VIŠEMODNI I JEDNOMODNI

→ radijski prijenos

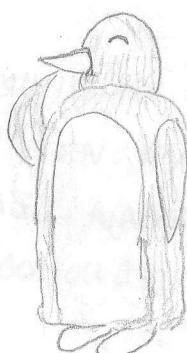
- SIGNAL SE ŠALJE I PRIMA ANTENAMA ELEKTROMAGNETSKIM VALOM Kroz SLOBODNI PROSTOR
- PRIJENOS MOŽE BITI - USMJEREN - OD TOČKE DO TOČKE
- NEUSMJEREN - ODAŠILJAC I PRIMAJU SVI KOJI TO MOGU

- DO 30 MHz EM-VAL SE REFLEKTIRA OD IONOSPERE, ŠTO SE KORISTI U KOMUNIKACIJAMA
- IZNAD 30MHz VAL PROLAZI KROZ IONOSFERU
- PRI JAKO MALIM FREKV. VAL PRATI ZAOBLJENOST ZEMLJE
- ZBOG RAZLIČITIH GUSTOĆI ATMOSFERE VAL SE LOMI PREMA ZEMYI PA BLAGO (VIŠE I LI MANJE) PRATI ZAOBLJENOST ZEMJINE POVRŠINE
- DOMET EM-VALA (2 ANTENE):

$$d = 3.57 \sqrt{kh_1 + kh_2}$$

| $k = 1$ ZA OPTIČKU
VIDJIVOST
 $k = 4/3$ ZA RADIJSKI
HORIZONT
- GUŠENJE EM-VALA VALNE DOLJINE λ (NA UDALJENOSTI d):

$$L = 10 \log \left(\frac{4\pi d^2}{\lambda} \right) [\text{dB}]$$
- GUŠENJE RASTE S UDALJENOSTI I FREKVENCIJOM
- ZBOG VIŠESTAZNOG ŠIRENJA VALA, ISTI VAL MOŽE SAM SEBI SMETATI (REFLEKSIJE)
- OSIM ANTENAMA, EM-VAL SE MOŽE SLATI I SATELITOM
 - GEO - GEOSTACIONARNI, NAJVIŠI I NAJVEĆE KAŠNJENJE, Mali BROJ SATELITA
 - MEO - (Medium) - SREDNJI
 - LEO - (Low) - NAJNIŽI, NAJMANJE KAŠNJENJE, NAJVEĆI POTREBAN BROJ SATELITA
 - za svaku vezu (downlink ili uplink) i dodjelu veza brine se uređaj TRANSPONDER
- WLAN - BEŽIČNI PRIJENOS NA TALU UDALJENOST



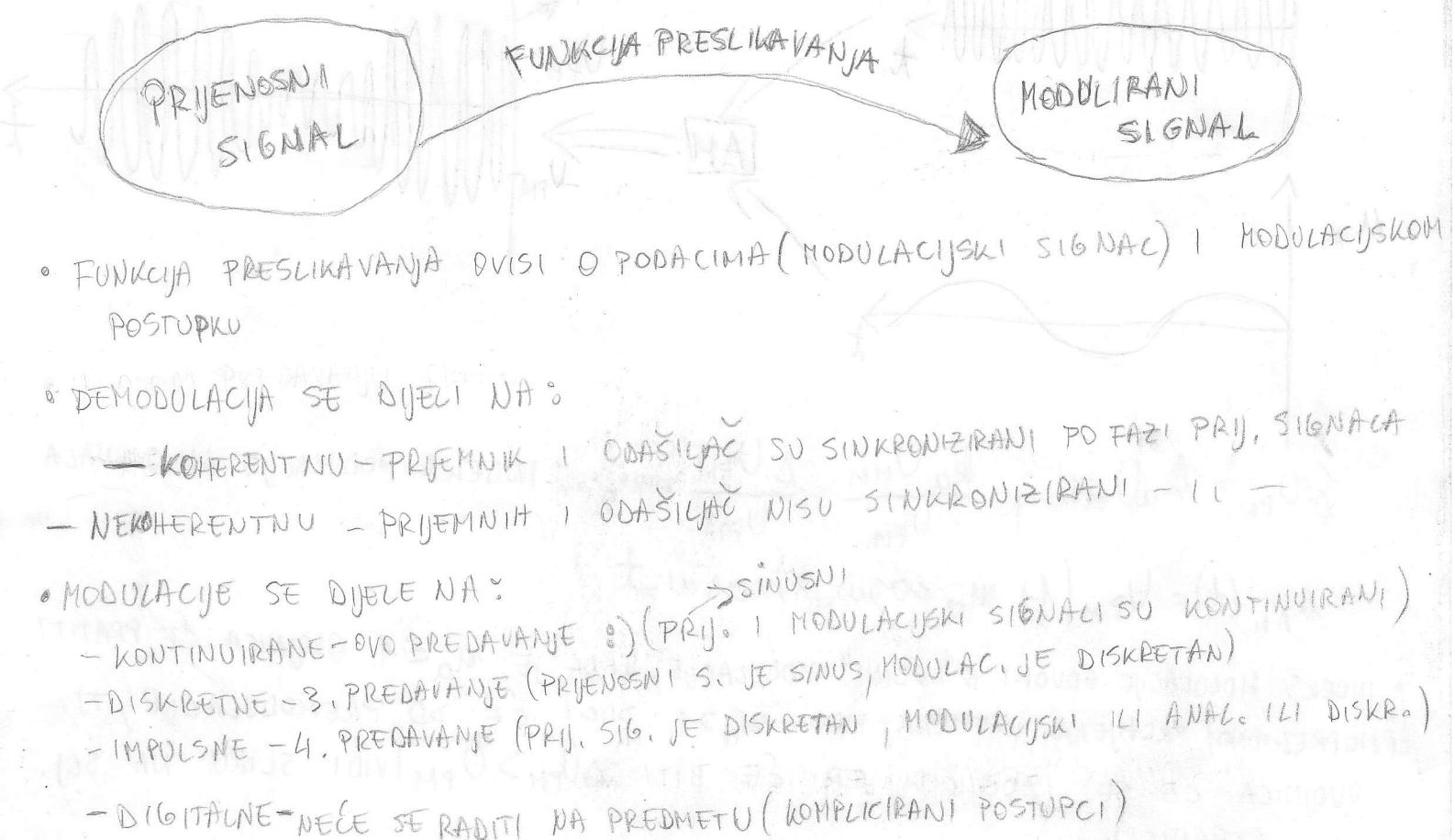
2. predavanje

by: egislav

1. DIO: Općenito i amplitudna modulacija (AM)

» općenito:

- NAKON KODIRANJA, ŠIFRIRANJA I OBRADE PODATAKA, SIGNAL JE PRIJE SLANJA KOMUNIKACIJSKIM KANALOM POTREBNO MODULIRATI I NA PRIJEMNOJ STRANI DEMODULIRATI
- MODULACIJA JE PROMJENA PARAMETARA SIGNALA PRIJE SLANJA (AMPLITUDE, FAZNIH ODНОСА...) ČIME SIGNAL IZ OSNOVNOG POJASA (NIZIH FREKVENCIJA; OD $f_0 - f_g$) PREBACJENO (MODULIRANO) U VIŠI POJAS FREKVENCIJA
- SIGNAL (PODATKE) PRIJE MODULACIJE ZOVEMO MODULACIJSKI SIGNAL I ON UPRAVLJA PROMJENAMA PARAMETARA POMOĆNOG, PRIJENOSNOG SIGNALA
- DRUGIM RIJEČIMA: GENERATOROM SIGNALA GENERIRAMO PRIJENOSNI SIGNAL KOJI U SEBI NE NOSI KORISNU INFORMACIJU; ZATIM MIJENJAMO PARAMETRE PRIJENOSNOG SIGNALA OVISNO O PARAMETRIMA MODULACIJSKOG SIGNALA (KOJI SADRŽI PODATKE), REZULTATNI SIGNAL koji ŠALJEMO KANALOM ZOVE SE MODULIRANI SIGNAL:
- VREDAJI KOJI VRŠE (DE)MODULACIJU, ZOVU SE MODULATORI / DEMODULATORI



AM (Amplitude Modulation):

• AMPLITUDA PRYENOSNOG SIGNALA LINEARNA JE FUNKCIJA MODULACIJSKOG SIGNALA:

PRIJENOSNI SIGNAL: $u_p(t) = U_{PM} \cos(\omega_p t + \phi)$; $U_{PM} = f(u_m(t)) = U_{PM} + k_a u_m(t)$;

ČIME SE DOBIVA AM-SIGNAL

• FAZA JE OVOJE NEBITNA, ONA SE NEĆE MODULIRATI PA MOŽEMO PISATI $\phi = 0$; A MODULACIJSKI SIGNAL FOURIEROVOM ANALIZOM MOŽEMO RASTAVITI NA KOSINUSE RAZNIH FREKVENCIJA (RADI JEDNOSTAVNOSTI PRVO ĆE SE UZETI SAMO JEDAN OD TIH KOSINUSA):

AM-SIGNAL: $u_{AM}(t) = U_{AM} \cos \omega_p t = [U_{PM} + k_a U_{MM} \cos \omega_M t] \cos \omega_p t$

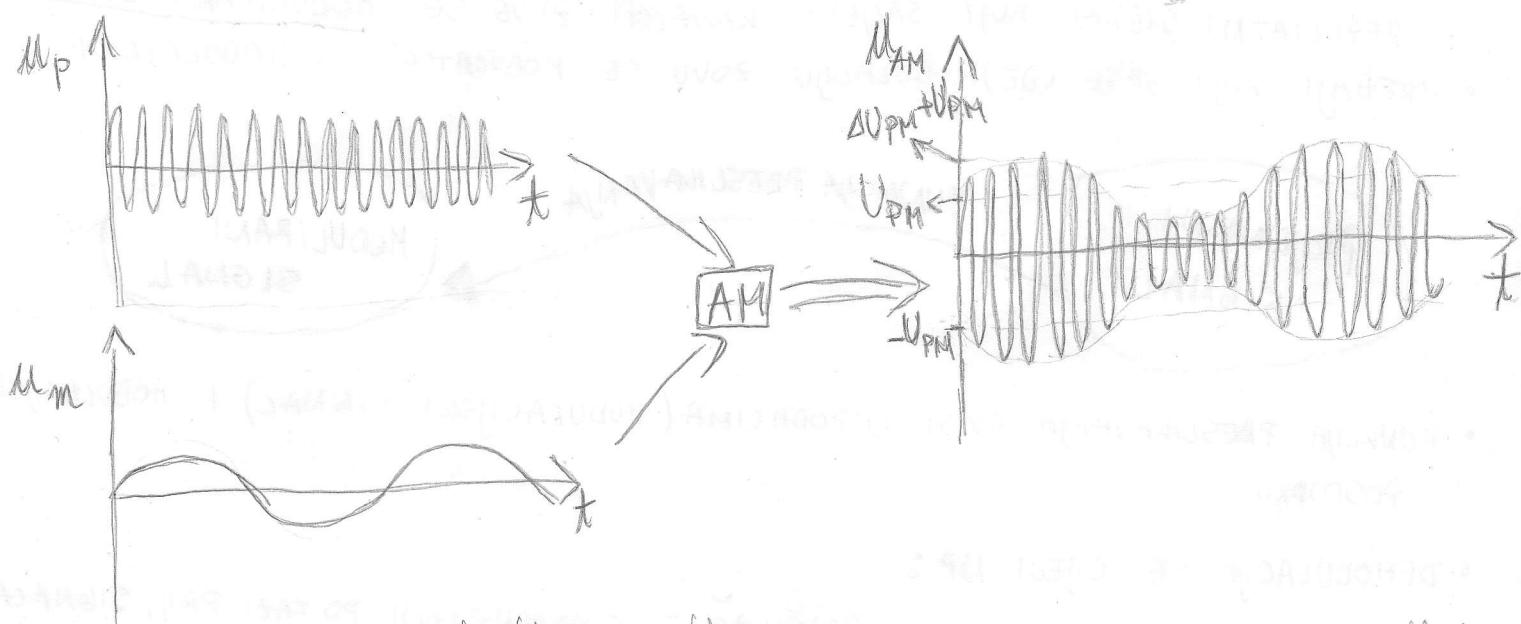
• MAXIMUM, TJ. MINIMUM AMPLITUDE JE PRI $\cos \omega_M t = \pm 1$

$$u_{AM}(t) = U_{PM} \left(1 + \frac{k_a U_{MM} \cos \omega_M t}{U_{PM}} \right) \cos \omega_p t$$

• PRITOM JE PRYENOSNI SIGNAL PUNS VEĆE FREKVENCIJE OD MODULACIJSKOG KAKO BI PREBACILI NEMODULIRANI SIGNAL IZ OSNOVNOG POJASA U POJAS VIŠIH FREKVENCIJA;

$$\omega_p > \omega_M$$

• REZULTAT, AM-SIGNAL JE U MNOŽAK PRIJENOSNOG SIGNALA I LINEARNE FUNKCIJE MODULACIJSKOG

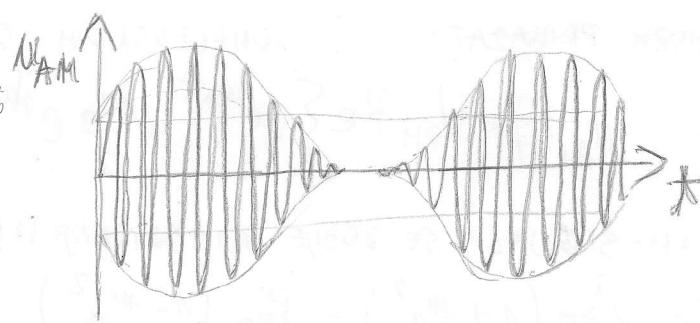


$$\Delta U_{PM} = k_a U_{MM}; \quad \frac{k_a U_{MM}}{U_{PM}} = \frac{\Delta U_{PM}}{U_{PM}} = m_a \dots \text{INDEKS MODULACIJE AM-SIGNALA}$$

$$u_{AM}(t) = U_{PM} \left(1 + m_a \cos \omega_M t \right) \cos \omega_p t$$

• INDEKS MODULACIJE GOVORI O "DUBINI" MODULACIJE, KADA JE $m_a \leq 1$ OVOJNICA ĆE PRATITI (NEPREKIDNO) PROMJENU VREMENA, PRI $m_a > 1$ DOĆI ĆE DO PREMODULACIJE, TJ. OVOJNICA ĆE SE IZOBLIČITI JER ĆE BITI $\Delta U_{PM} > U_{PM}$ (VIDI SLIKU NA SLJ. STRANICI)

PREMODULACIJA:



Izboljšenje
ovojnice

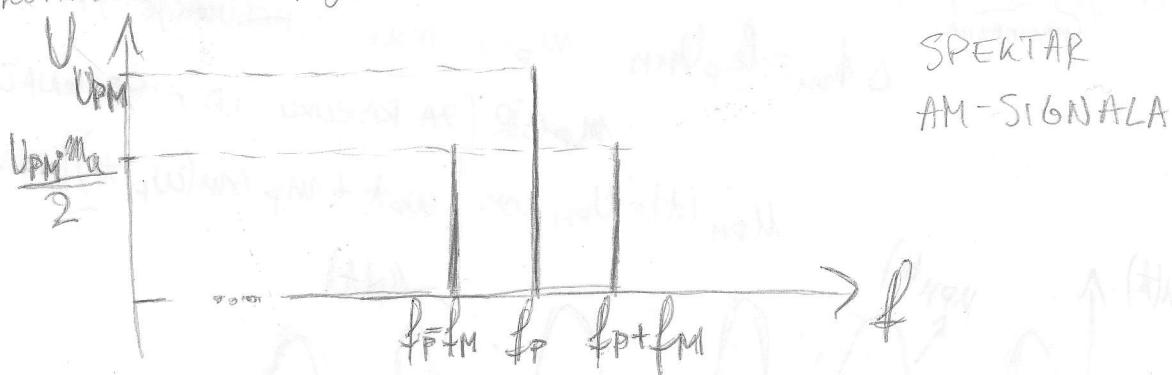
- KORIŠTENJEM FORMULE ZA UMNOŽAK KOSINUSA AM-SIGNAL PREČASI U:

$$u_{AM}(t) = U_{PM} \left[\cos(\omega_p t) + \frac{M_a}{2} \cos(\omega_p t + \omega_m t) + \frac{M_a}{2} \cos(\omega_p t - \omega_m t) \right]$$

- PREBACI LI SE GORNJA FORMULA U FREKVENCIJSKU DOMENU VIDI SE DA SE AM-SIGNAL MODULIRAN KOSINUSOM JEDNE FREKV.(ω_m) SASTOJI OD 3 KOMPONENTE!

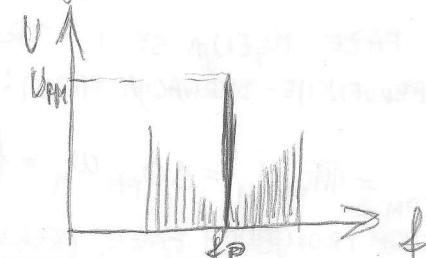
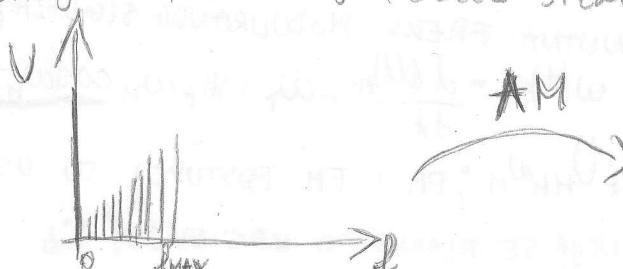
FREKVENCIJA:	$\omega_p - \omega_m$	ω_p	$\omega_p + \omega_m$
AMPLITUDA	$U_{PM} \cdot \frac{M_a}{2}$	U_{PM}	$U_{PM} \cdot \frac{M_a}{2}$

- FREKVENCIJSKA ŠIRINA POJASA JE OČITO: $B = (\omega_p + \omega_m) - (\omega_p - \omega_m) = 2\omega_m$; tj. $2f_m$
- AM JE LINEARNI MODULACIJSKI POSTUPAK JER ČUVA BROJ FREKVENCIJSKIH KOMPONENT, PRIJE I POSLE MODULACIJE ŠIRINA POJASA JE OSTALA ISTA (PRIJE MODULACIJE NIŠMO BROJALI I NEGATIVNE FREKV.KOMP., MODULACIJSKOG SIGNALA KOJE SE POSLJE AM POMIČU NA POZITIVNI DIO OSI PA ONDA I NJIH BROJIMO), ZA RAZLIKU OD PM I FM POSTUPKA GDJE SE PRI MODULACIJI DODAJU NOVE FREKV. KOMPONENTE PA POJAS BODE



$$B_{AM} = 2f_m$$

- AKO SE RADI O REALNOM SLUČAJU, MODULACIJOM KOSINUSIMA (VIŠE OD JEDNE MODULACIJSKE FREKVENCIJE), TADA JE $B_{AM} = 2f_{MAX}$, GDE JE f_{MAX} NAJVIŠA OD MODULACIJSKIH FREKVENCija (IZGLED SPEKTRA JE NA DONJOJ SLICI)



- AM-SIGNAL SE MOŽE PRIKAZATI I U KOMPLEKSНОM OBЛИКУ:
- $$U_{AM}(t) = U_{PM} \operatorname{Re} \left\{ e^{j\omega_p t} + \frac{Ma}{2} e^{j(\omega_p + \omega_m)t} + \frac{Ma}{2} e^{j(\omega_p - \omega_m)t} \right\}$$

- SREDNJA SNAGA AM-SIGNALA SE DOBJE INTEGRIRANJEM (NA OTPORU 'R') PO PERIODI:

$$P_{AM} = \frac{U_{PM}^2}{2R} \left(1 + \frac{Ma^2}{2} \right) = P_{PO} \left(1 + \frac{Ma^2}{2} \right)$$

P_{PO} ... SNAGA PRJENOSNOG SIGNALA (NEMODULIRANOG)

- DEMODULACIJA AM-SIGNALA NA PRJEMNOJ STRANI RADI SE NA 2 NAČINA:

- KOHERENTNI POSTUPAK (RJEŠE) - OSNIVAJ SE NA MNOŽENJU AM-SIGNALA S JEDNIM POMOĆnim SIGNALOM KOJI TREBA BITI ČIM SLIČNIJI IZVORNOM PRJENOSNOM SIGNALU U MODULATORU

- NEKOHERENTNI POSTUPAK - DETEKCIJA OVOJNICE, PRI ČEMU TREBA BITI $f_P \gg f_{FM}$ i $Ma < 1$

2. DIO: Modulacija faze i frekvencije (PM i FM)

PM (Phase Modulation):

- FAZA (RELATIVNA) PRJENOSNOG SIGNALA JE LINEARNA FUNKCIJA MODULACIJSKOG SIGNALA (AMPLITUDA SE NE MJENJA):

$$\phi(t)_{PM} = \phi_0 + k_p u_M(t); \quad \phi_0 = 0 \text{ SER JE IONAKO SVEJEDNO}$$

$$u_{PM}(t) = U_{PM} \cos(\omega_p t + k_p u_M(t))$$

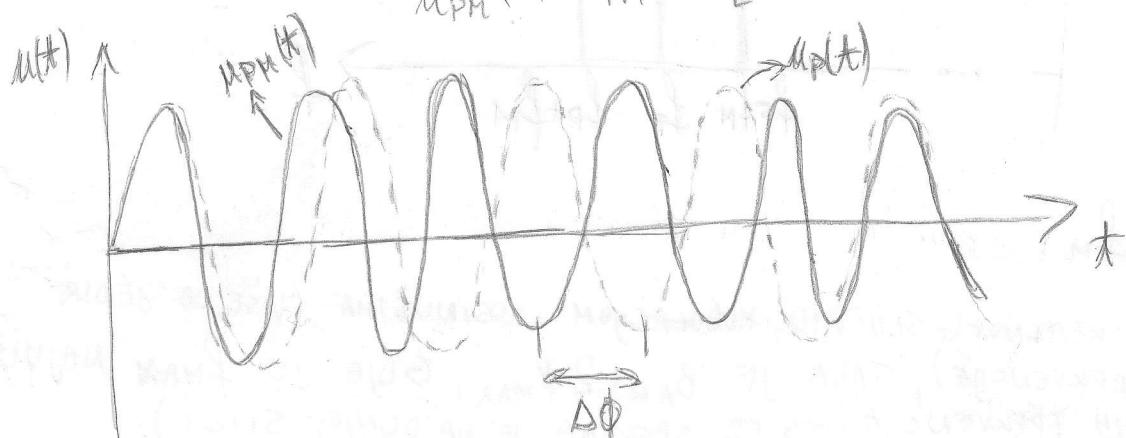
- AKO SE MODULACIJSKI SIGNAL SASTOJI OD KOSINUSA JEDNE FREKVENCE, $u_M(t) = U_{MM} \sin(\omega_m t)$

TADA JE DEVIJACIJA (ODSTUPANJE) FAZE OD PRJENOSNE:

$$\Delta\phi_{PM} = k_p U_{MM} = M_p \dots \text{INDEX MODULACIJE PM-SIGNALA}$$

M_p ERI (ZA RAZIKU OD AM-SIGNALA)

$$u_{PM}(t) = U_{PM} \cos[\omega_p t + M_p \sin(\omega_m t)]$$



- MODULACIJOM FAZE MJENJA SE I TRENUTNA FREKV. MODULIRANOG SIGNALA (JER JE DEFINICIJA FREKVENCije - DERIVACIJA FAZE): $\omega(t)_{PM} = \frac{d\phi(t)_{PM}}{dt} = \omega_p + M_p \omega_m \cos(\omega_m t)$

$$\Delta\omega_{PM} = M_p \omega_m = \Delta\phi_{PM} \omega_m = k_p U_{MM} \omega_m$$

PM I FM POSTUPCI SU USKO POVEZANI, SINUSNOM PROMJENOM FAZE FREKVENCija SE MJENJA PO KOSINUSU!

FM (Frequency Modulation):

- FREKVENCIJA PRYJENOSNOG SIGNALA JE LINEARNA FUNKCIJA MODULACIJSKOG SIGNALA

$$\omega(t)_{FM} = \omega_p + k_F u_M(t)$$

- KAKO JE FREKVENCIJA DERIVACIJA FAZE, TADA JE FAZA FM-SIGNALA INTEGRAL FAZE PO VREMENU:

$$\phi(t)_{FM} = \int_0^t \omega(t)_{FM} dt = \omega_p t + k_F \int_0^t u_M(t) dt$$

- AKO JE MODULACIJSKI SIGNAL KOSINUS JEDNE FREKVENCE, TADA JE JEDNOSTAVNO IZRAČUNATI POTREBNE PARAMETRE:

$$u_M(t) = U_{MM} \cos \omega_M t$$

$$\Delta \omega_{FM} = k_F U_{MM}$$

$$\phi(t)_{FM} = \omega_p t + \frac{k_F}{\omega_M} U_{MM} \sin \omega_M t = \omega_p t + \frac{\Delta \omega_{FM}}{\omega_M} \sin \omega_M t$$

$$\Delta \phi_{FM} = \frac{\Delta \omega_{FM}}{\omega_M} = \frac{k_F U_{MM}}{\omega_M} = M_F \dots \text{indeks modulacije}$$

$$u_{FM}(t) = U_{PM} \cos \left[\omega_p t + M_F \sin(\omega_M t) \right]$$

- MODULACIJOM PO KOSINUSU, FAZA ĆE SE MJENJATI PO SINUSU! OBLIK MODULIRANIH SIGNALA PM I FM JE JEDNAK (AKO JE JEDAN PO KOSINUSU A DRUGI PO SINUSU I OBROTNO), TE IM JE I SPEKTAR JEDNAK (JEDINA RAZLICA JE U DEFINIRANIM INDEKSIMA MODULACIJE I DEVIJACIJAMA FAZE/FREKVENCE)

- AKO JE $m < 0.4$ PRIBLIŽNIM APROKSIMACIJAMA DOBITI ŽE SE 3 SPEKTRALNE KOMPONENTE I KAŽEMO DA SE RADI O USKOPOJASNOJ MODULACIJI ARGUMENTA

FREKVENCija	$f_p - f_M$	f_p	$f_p + f_M$
AMPLITUDA	$(U_{PM} \cdot \frac{m}{2})$	U_{PM}	$U_{PM} \cdot \frac{m}{2}$

(PRI $m < 0.4$ SPEKTAR PM I FM SIGNALA JE JEDNAK JE AM-SIGNALU)

- UKOLIKO JE FAZA MJENJA PO SINUSNOM ZAKONU: $u_{FM} = U_{PM} \cos \left[\omega_p t + m \sin \omega_M t \right]$
- DONJA BOĆNA KOMPONENTA JE BITI NEGATIVNA $\left(-U_{PM} \cdot \frac{m}{2} \right)$ jer je sinus neparna funkcija

- PRI $m > 0.4$ RADI SE O ŠIROKOPOJASNOJ MODULACIJI | SPEKTAR SE NE MOŽE APROKSIMIRATI S 3 KOMPONENTE
 - PRI ŠIROKOPOJASNOJ MODULACIJI SPEKTRALNE KOMPONENTE SE RAČUNAJU S BESELLOVIM RONKCIJAMA I JACOBIEVIM REDOVIMA
 - FREKVENCIJSKI POJAS ĆE PRI $m > 0.4$ BITI OD ŠIROK JER SE JAVLJA BESKONACNO MNOGO BOĆNIH SPEKTRALNIH KOMPONENTI OKO f_p , PA SE PM I FM NAZIVAJU NELINEARNIM MODULACIJAMA (ZA RAZLIKU OD AM)
 - U PRAKSI ONE UDALJENE FREKV. KOMPONENTE SE MOGU ZANEMARITI JER IMaju male amplitude, pa se koristi empirijska formula za $m > 0.4$, zvana CARSONOV PRAVILo, za određivanje širine pojasa:
- $$\boxed{m > 0.4 \Rightarrow B_{PM/FM} \approx 2f_m(m+1)}$$
- OBuhvaćene su spektralne komponente amplituda većih od 10% moduliranog signala tj. snaga većih od 1% ukupne snage moduliranog signala
 - PRI $m < 0.4$ ŠIRINA POJASA JE:
- $$\boxed{m < 0.4 \Rightarrow B_{PM/FM} \approx 2f_m}$$
- AKO SE MODULACIJSKI SIGNAL SASTOJI OD KOSINUSA VIŠE FREKVENCija (s) f_m u formulama se zamjeni s maksimalnom frekvencijom modulacijskog signala \dot{f}_{MAX}
 - KAKO SE KOD PM I FM NE mijenja amplituda prijenosnog signala, snaga moduliranog i prijenosnog (nemoduliranog) signala jednaka je:
- $$P_{PM/FM} = \frac{U_{PM}^2}{2R} = P_p$$
- PM I FM SIGNALI SE DEMODULIRAJU NEKOHERENTNIM POSTUPKOM, MODIFICIRANOM DETEKCIJOM DVOJNICI



Elektroničke komunikacije

3. prenosanje

službeni jezik

1. DIO: ASK (Amplitude-Shift Keying)

→ općenito o diskretnim postupcima:

- DISKRETNÉ MODULACIJE NASTAJU KADA JE MODULACIJSKI SIGNAL DISKRETAN (NIZ JEDINICA I NULA, ODNOŠNO DISKRETNIH RAZINA); PRIJENOSNI S. JE ANALOGAN SIGNALA (AMPLITUDA-ASK)
- PONOVNO SE MIJENJA JEDAN OD PARAMETARA PRIJENOSNOG FREKVENCija-FSK, FAZA-PSK), ILLI VIŠE PARAMETARA POSTUPCI (NPR. QAM)
- BRZINA PRIJENOSA BITA I SIMBOCA (T_s JE TRAJANJE SIMBOCA)?

$$R_s = \frac{1}{T_s} \quad [Bd]$$

$$R_b = R_s \log_2 M$$

$$[bit/s]$$

- POSTUPAK MODULACIJE SE BIRA S OBZIROM NA KOMPLEKSНОST UREĐAJA, VČINKOVITOST SNAGE ILLI SPEKTRALNU VČINKOVITOST (BRZINA S OBZIROM NA POTREBNU ŠIRINU POJASA):
- SPEKTRALNA VČINKOVITOST = $\frac{R_b}{B}$ [bit/s/Hz]

- PRI DEMODULACIJI, DEMODULATOR TREBA ODREDITI O KOJEM SE ZNAKU RADI:
 - HARD-DECISION: SAMO ODLUKA O KOJEM SE ZNAKU RADI
 - SOFT-DECISION: UZ ODLUKU DAJE I VJEROJATNOST TOČNOSTI ODLUKE
- U ANALOGnim SUSTAVIMA KORISTI SE ODНОS SIGNAL-ŠUM KAO POKAZATELj KVALITETE, A U DIGITALnim (DISKRETNIM) SUSTAVIMA ODНОS SNAGE PRIJENOSNOG SIGNALA I ŠUMA U PROMATRANOM FILTRIRANOM PODRUČJU? C/N (Carrier/Noise)
- OSIM ODНОSA C/N, ČEŠĆE SE KORISTI BER KAO POKAZATELj KVALITETE (OMJER KRIVO PRENESENIH BITA I UKUPNOG BROJA BITA)
- KORISTI SE I ODНОS ENERGIJE JEDNOG MODULIRANOG BITA I GUSTOĆE SNAGE ŠUMA (SNAGA ŠUMA U FREKV. ŠIRINI OD 1Hz):

$$\left\{ \frac{E_b}{N_0} = \frac{C}{N} \cdot \frac{R_b}{B} \right\}$$

→ ASK:

- DISKRETNI MODULACIJSKI SIGNAL MODULIRA AMPLITUDU ANALOGNOG PRIJENOSNOG SIGNALA, ŠTO ZNAČI DA JE DVOJNICA PRV. SIGNALA PRAVOKUTNOG OBILKA S DISKRETNIM STANJIMA MODULACIJSKOG S. ASK JE LINEARAN POSTUPAK

A hand-drawn graph showing a periodic wave labeled $u_{ASK}(t)$ plotted against time t . The x-axis is labeled t at the far right end. The wave consists of two distinct parts: a low-frequency oscillation with a period of approximately 4 units, and a superimposed high-frequency oscillation with a period of approximately 1 unit. The amplitude of the high-frequency oscillation varies sinusoidally over the course of one full cycle of the low-frequency oscillation.

MODULACYSKI SIGNAC : ① 1 1 0 1 0

- ASK SE ZOVE I OOK (On-Off-keying), JER JE PRI "0"- MODULACIJSKI. MODULIRANI = NULA, A PRI "1" JE AMPLITUDA MODULIRANOГ MAKSIMALNA

$$MASK(t) = \begin{cases} 0; \text{ MODULACIJSKI JE "0"} \\ U_{PM} \cos \omega_p t; \text{ MODULACIJSKI JE "1"} \end{cases}$$

- OVOJNICA SNAGE U FREKVENCIJSKOJ DOMENI OBILIKA JE $\frac{\sin^2 x}{x^2}$ I TEORIJSKI JE FREKV. POJAS ∞ (S NULTOČKAMA U $\frac{k}{f_a}$)
 - KORISTI SE U PRAKSI NYQUISTOV FILTER ŠIRINE 1.6 fm (fm - FREKUENCIJA MODULACIJSKOG S.), PA JE ŠIRINA FREKV. POJASA?

$$B_{ASK} = 2 \cdot 1.6 f_M = \frac{1.6}{T_0}$$

$$\text{SPEKTRALNA VČINKOVITOST} = \frac{R_B}{B} = \frac{\frac{1}{T_B}}{\frac{1.6}{T_B}} = \frac{1}{1.6} = 0.6 \text{ bit/s/Hz}$$

$$m \mid P_{ASK} \propto \frac{P_{PO}}{2} = \frac{U_{PM}^2}{4R} \text{ km}$$

- ASK 2 4 - ASK SE DEMODULIRA NEKOHE RENTNO (DETEKCIJOM OVOJ NICE) I LI KONTRERENTNO

2. DIO: FSK (Frequency-Shift Keying)

\rightarrow BFSK | GFSK (Binary i Gauss FSK):

- PRI FSK POSTUPKU MODULACIJSKI SIGNAL MODULIRA FREKVENCIJU PRUJENOSNOG SIGNALA, SVAKOJ RAZINI MODULAC. S. ODGOVARA ODREĐENA FREKVENCija
 - MODOLIRANOG SIGNALA; FSK JE NELINEARAN POSTUPAK
 - KOD BFSK DVA SU STANJA FREKVENCije, kod "0" FREKVENCija PRIJ. S. (f_p) SE UMANjuje za Δf ; A kod "1" f_p SE UVEĆAVa za Δf

$$f_{ASK} = \begin{cases} f_p - \Delta f_i & \text{MODULACYJSKI SIGNAL} = "0" \\ f_p + \Delta f_i & \text{MODULACYJSKI SIGNAL} = "1" \end{cases}$$

• INDEKS MODULACIJE JE OMJER DEVIJACIJE FREKVENCYE I MAKSMALNE FREKVENCYE MODULACIJSKOG SIGNALA

$$(M_{FSK} = \frac{\Delta f}{f_m} = 2\Delta f \cdot T_b)$$

- UKOLIKO SE KORISTE 2 OSCILATORA TADA JE MODULACIJU MOGUĆE SAVRŠENO OSTVARITI, PREKAPČANjem S JEDNOGA NA DRUGI (I TAKO MJENJAĆI FREKV.), ALI TADA SU MOGUĆI DISKONTINUITETI U FAZI PRI PROMJENI SIMBOLA MODULACIJSKOG SIGNALA
- AKO SE KORISTI JEDAN OSCILATOR KOJEMU SE MJENJA FREKVENCYA, TADA SU PROMJENE U FAZI KONTINUIRANE (NEMA SKOKOVA USLJED PREKAPČANJA), I RADI SE O CPESKO POSTUPKU (Continuous Phase FSK)
- KONTINUIRANOST FAZE (CPFSK) JE OSIGURANA ZA CJELOBROJNE INDEKSE MODULACIJE (JER JE TADA $\Delta f = k \cdot f_m$)
- UNUTAR INTERVALA JEDNOG BITA FAZA SE PROMJENI ZA $\pm \pi M_{FSK}$ I Z ĐEGA SE OPET VIDI UVJET ZA CPFSK
- ZA ODREĐIVANJE ŠIRINE POJASA KORISTI SE CARSONOV PRAVILO (IZ FM-POSTUPKA): $B_{FSK} \approx 2(\Delta f + f_m) = 2\Delta f + \frac{1}{T_b}$
- GFSK POSTUPAK označava GAUSSOV FILTER ZA OBLIKOVANJE MODULACIJSKOG S.

→ M-FSK:

- ISTO KAO I FSK, SAMO SE KORISTI "M" FREKVENCYA, U SVAKOM INTERVALU, TRAJANJA $T_s = T_b \cdot \log_2 M$ FREKVENCYA M-FSK SIGNALA POPRIMA JEDNU OD M VRJEDNOSTI
- AKO JE RAZMAK DISKRETNIH FREKVENCYA $2\Delta f$, ONDA JE INDEKS M:
 - $M_{M-FSK} = 2\Delta f \cdot T_s$
- AKO JE $2\Delta f = \frac{1}{T_s}$, TADA SU SIMBOLI M-FSK ORTOGONALNI
- FSK POSTUPCI (I BFSK I M-FSK) SE DEMODULIRaju KOHERENTNO ILI NEKOHERENTNO
- CPFSK MODULIRANI SIGNALI (BINARNI) MOGU SE RASTAVITI NA 2 ASK SIGNALA S OBURNUTIM VRJEDNOSTIMA MODULACIJSKIH S. I S FREKVENCYAMA $f_p + \Delta f$ I $f_p - \Delta f$

3.D10 : PSK (Phase-Shift keying)

- PRI DISKRETNoj MODULACIjI FAZE, MODULACIJSKI SIGNAL DISKRETNO MODULIRAN ANALOGNog PRIJENOSENog SIGNALA I FAZA MODULIRANOg SIGNALA (RELATIVNA) POPRIMA JEDNU OD "M" VRJEDONOSTI (M-PSK) :

$$f_M = \left\{ \pi \frac{2n + c}{M} \mid n = 0, 1, 2, \dots, M-1 \right\}$$

6) JE AKO JE "C" FAZA IMA NAJNIZU VRJEDNOST S, A ZA

"c" = 1 FAZI JE DODANO $\frac{\pi}{M}$, TJ. CIJELI JE KOORDINATNI SUSTAV
POMAKNUT ZA $\frac{\pi}{M}$

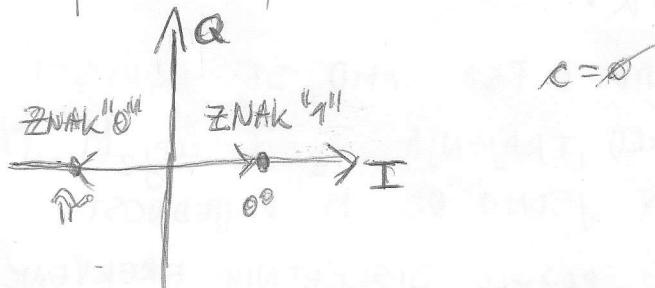
- ## PSK JE LINEARAN MODULACIJSKI POSTUPAK

- SVAKI PSK SIGNAL MOŽE SE PRIKAZATI KAO ZBREJ 2 ASK SIGNALA koji su u kvadraturnom odnosu (zakrenuti u fazi za $\frac{\pi}{2}$), tj. koji su ortogonalni (pa kako je ASK linearan postupak, zbrajanjem 2 ASK SIGNALA opet se dobije linearan s.)

→ BPSK (Binary PSK) :

- $$\bullet n=2; \quad f_{BPSK} = \emptyset \quad \text{or} \quad \{(2A, c=0), (TJ, \frac{\pi}{2}), (2A, c=1)\}$$

- FAZE I AMPLITUDE DISKRETNIH POSTUPAKA CRTAJU SE U DIJAGRAMU STANJA, GDE JE AFSCISA In-phase os, A ORDINATA Quadrature - phase os (I i Q) 



- „OVOJ NICA SNAGE U FREKVENCIJSKOJ DOMENIIMA ISTI OBlik KAO I ASK,

$$\frac{y_m^2 x}{x^2}, \text{ s NOLTOČKAMA } 0 \frac{1}{T_B} (\text{ZA BPSK}), T_J, \frac{1}{T_S} (\text{ZA M-PSK})$$

- SPEKTRALNA VJINKOVITOST PSK. POSTUPANJA JE:

$$\left\{ \frac{R_B}{B} = \frac{R_s \cdot \log_2 M}{\frac{1}{T_s}} = \frac{\frac{V}{T_s} \log_2 M}{\frac{N}{T_s}} = \log_2 M \right\} \text{ (IDEAL NO) } /$$

PA JE 2A BPSK DNA 1bit/s/Hz

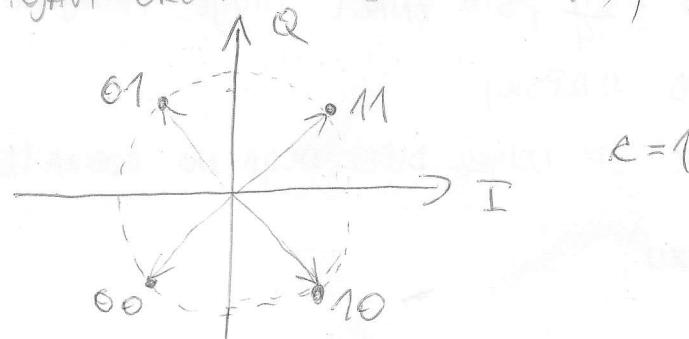
- SAMO DIFERENCIJALNO KODIRANI PSK POSTUPCI SE MOGU DEMODULIRATI NEKOHERENTNO (DIFERENCIJALNO), OSTALI SAMO KOHERENTNOM DEMODULACIJOM

➡ QPSK (Quaternary PSK):

- SASTOJI SE OD 4 SIMBOLA S 4 DISKRETNE RELATIVNE FAZE:

$$f_M = \left\{ 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2} \right\} \text{ ZA } \epsilon=0, \text{ T.J. } f_M = \left\{ -\frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4} \right\} \text{ ZA } \epsilon=1$$

- ZAKON PRIĐUŽIVANJA (OPĆENITO M-PSK SIGNALA) SLJEĐI PRAVILU GRAY-EVA KODA, JER SE ONDA SUSJEDNI SIGNALI RAZLUKUJU SAMO U 1 ZNAKU (ŠTO JE BOYE PRIJE POJAVI GREŠAKA I DEMODULACIJI), DIJAGRAM STANJA JE:



- SPEKTAR QPSK JE DUPLO VJI U ODNOSU NA BPSK; $B = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{2T_b}$, PA JE $\frac{R_b}{B} = 2 \text{ bit/s/Hz}$ (UZ MANJU OTPORNOST NA SMETNJE)
- KAKO SE PSK SIGNALI FILTRIRAJU (JER JE FREKV. POJAS ω), FILTRIRANjem DOLAZI DO TOGA DA AMPLITUDA VIŠE Nije KONSTANTNA (OVOJNICICA PRJENOSNOG SIGNALA), ŠTO SE VIDI PRI PROMJENI SIMBOLA
- PRI PROMJENI SIMBOLA U DIJAMETRALNO SUPROTNI (NPR. $01 \rightarrow 10$) AMPLITUDA SIGNALA SE DRASTIČNO MIJENJA I PROLAZI KROZ NULU, ŠTO JE NEPOVOJNO ZA OČUVANJE AMPLITUDE I (DE)MODULACIJSKE VRĐAJE, OVO SE ISPRAVILA UVODENJEM ØQPSK I $\frac{\pi}{4}$ -QPSK POSTUPAKA

➡ ØQPSK (Offset QPSK):

- KAKO SE QPSK MOŽE RASTAVITI NA I I Q KOMPONENTU, TO SE KORISTI I Q DIO SE U ØQPSK SIGNALU POMIČE ZA $\frac{T_s}{2} = T_b$
- TIME SE POSTIŽE DA PRI PROMJENI FAZE ZA 180° (NAJNEPOVOJNIJI SLUČAJ), SIGNAL POSTEPENO PRELAZI U SUPROTNU STANJE (PRVO SE PROMJENI I DIO PA ZA $\frac{T_s}{2}$ Q DIO, ČIME SE FAZA MIJENJA U 2 STEPENJA (2 puta po 90°)
- AMPLITUDA IMA MANJE OSCILACIJE, A SIGNAL NE PROLAZI KROZ ISHODISTE

→ $\frac{\pi}{4}$ - QPSK :

- 8 JE STANJA FAZE, PRI $\epsilon=0$ I $\epsilon=1$ UKOMPONIRANO U ISTI QPSK POSTUPAK
- PRAVILO JE JEDNOSTAVNO, AKO JE TRENUUTNI SIMBOL V $\epsilon=1$, SLJEDEĆI ĆE BITI PRI $\epsilon=0$ I OBRSNUTO
- TIME SE ONEMOGUĆUJE PROMJENA FAZE ZA $\pm\pi$, MAXIMALNA PROMJENA JE SADA $\pm\frac{3\pi}{4}$; ŠTO ZNAČI MANJE PROMJENE AMPLITUDU (OD QPSK, ALI VEĆE OD ØQPSK)
- $\frac{\pi}{4}$ -QPSK SE UNIJEK DIFERENCIJALNO KODIRA (DIFER. KOD. JE OBJAŠNJENO U NASTAVKU)

→ 8-PSK :

- SVAKOM SIMBOLU SE PRIDRUŽUJE $\log_2 8 = 3$ BITA, 8 JE STANJA FAZE U DJAGRAMU STANJA
- SPEKTAR JE 3 puta oži, pa je $\frac{R_B}{B} = 3 \text{ bit/s/Hz}$, NO POVEĆANA JE

→ koherentno i diferencijalno kodirani PSK :

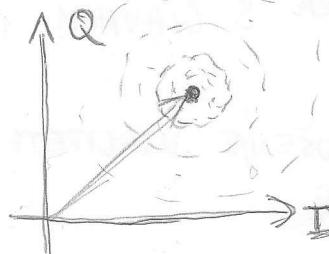
- KOD KOHERENTNOG MODULIRANIH PSK INFORMACIJA SE NALAZI U RELATIVNOJ FAZI MODULIRANOG SIGNALA (ONO ŠTO SE OBJAŠNJAVA DO SADA), KOD DIFERENCIJALNOG, PAK, MODULIRANIH SIGNALA INFORMACIJA JE SADRŽANA U PROMJENI (RELATIVNOJ) FAZE (POTREBA)
- TIME SE UKLANJA ZA REFERENTNIM BITOVIMA/SIGNALOM S KOJIM JE SE RELATIVNA FAZA USPOREDJIVATI, ALI JE VEĆA OSJETLJIVOST NA ŠUM
- DIFERENCIJALNI PSK SE DEMODULIRAJU DIFERENCIJALNO (NEKOHERENTNI POSTUPAK), ŠTO JE GLAVNI RAZLOG UVOĐENJA DIF. POSTUPAKA
- UDŽITI DA JE SVE JEDNO POTREBNO SLATI SINKRONIZACIJSKI SIGNAL koji ĆE ODREDITI POČETAK I KRAJ POJEDINOG SIMBOLA
- KOD DIFERENCIJALNIH POSTUPAKA PROMJENE FAZE PRI SIMBOLIMA JEDNAKE SU APSOLUTnim VRJEDNOSTIMA FAZE KOD KOHERENTNIH POSTUPAKA (NPR. ØQPSK: $00=\pi$, $01=\pi/2$, $11=0$, $10=3\frac{\pi}{2}$) SIMBOLI I PRIPADNE PROMJENE FAZE PRI NJIHOVIM POJAVAMA)
- PROMJENE FAZE KOD $\pi/4$ - DQPSK?

SIMBOL	Af
00	$\pi/4$
01	$-\pi/4$
11	$-3\pi/4$
10	$3\pi/4$

➡ Utjecaj šuma na PSK signale:

ŠUM MIJENJA POLOŽAJ TOČAKA U DIJAGRAMU STANJA (AMPLITUĐU I FAZU), ČIME SE KRUŽNO ŠIRI PODRUČJE POJEDINIH STANJA (AKO JE ŠUM NEKORELIRAN)

- NEĆE DOĆI DO POGREŠKE AKO JE PROMJENA FAZE MANJA OD π/M



- KOD VEĆIH M VEĆA JE VJEROJATNOST POGREŠKE JER SU STANJA U DIJAGRAMU BLIŽA (ČIM VEĆI M KOD M-PSK, VEĆA VJEROJATNOST GREŠKE, ALI I VEĆA SPEKTRALNA UČINKOVITOST)

- PRI VEĆIM M POTREBNI JE VEĆI ODNOS C/N (TJ. E_b/N_0)
- ISTO VRJEDI IZ ZA DPSK U ODNOSU NA PSK (JER SE POGREŠKOM NA JEDNOM SIMBOLU GREŠKA JAVLJA I U SUSJEDNOM SIMBOLU, PA SE VIŠE GRIJEŠI KOD DPSK)

4. DIO: MSK I QAM

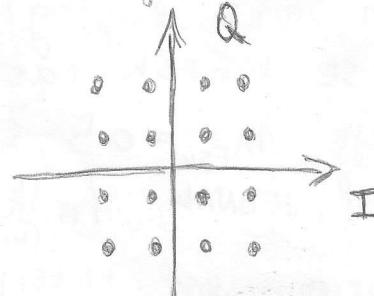
➡ MSK (Minimum-Shift Keying):

- MSK (OZNAČAVA SE I FFSK - Fast FSK) JE POSEBAN SLUČAJ FSK SIGNALA, KADA JE $M_{FSK} = 0.5$, ŠTO ZNAČI DA JE RAZMAK DISKRETNIH FREKVENCIJA, $2\Delta f$, JEDNAK f_m (FREKVENCIJI MODULACIJSKOG SIGNALA)
(MAX.)
- OSIGURANA JE KONTINUIRANOST FAZE JER PROMJENE FREKVENCije NASTUPAJU U NULTOČKAMA MODULIRANOG SIGNALA
- FAZA SE U INTERVALU SIMBOLA FSK POSTUPKA PROMJENI ZA $\pm \pi M_{FSK}$, PA SE FAZA MIJENJA ZA $\pm \pi/2$
- MSK JE KOSINUS ZBROJA, PA AKO SE ON RASTAVI DOBIJE SE ISTI OBLIK KAO I QPSK, TJ. OQPSK
- OQPSK JE ZBROJ 2 ASK SIGNALA (KAO I BILO KOJI PSK), DOK JE MSK ZBROJ 2 BRAM SIGNALA KOJI SU U KVADRATURNOM ODNOSU (PONAK OD $\pi/2$)
- MSK JE POSEBAN SLUČAJ FSK, ALI I OQPSK POSTUPKA, ISTOVREMENO (MSK, T). FFSK JE OQPSK MODULIRAN KOSINUSNIM MODULACIJSKIM SIGNALOM
- KAKO SU PSK POSTUPCI LINEARNI, TAKO JE MSK ISTO LINEARAN POSTUPAK (I AKO JE ISTOVREMENO I POSEBAN SLUČAJ FSK POSTUPKA)
- I I Q KOMPONENTA SU POMAKNUTE (MEĐUSOBNO) ZA T_b (KAO I KOD OQPSK)

- SPEKTRALNI OBLIK JE ISTI KAO I KOD QPSK, $\frac{B}{R_b}$ JE ISTO 2 bit/s/Hz ,
Iako je prva noltička ovojnica snage u frekv. domeni na $\frac{3}{4} T_b$
- MSK SE MOŽE DEMODULIRATI KOHERENTNO ILI NEKOHERENTNO (DIFERENCIJALNO,
JER SE FAZA mijenja za $+\pi$ ili $-\pi$)
- GMSK JE MSK UZ PRIMJENU GAUSSOVA FILTRA S GLAVNOM VARIJABLJOM
NORMIRANOM ŠIRINOM POJASA; $B \cdot T_b$
- GMSSK SMANJUJE ŠIRINU POJASA UZ MALO NARUŠENJE KVALITETE; KADA JE
 $B \cdot T_b = \infty$ DOBIVA SE OBICNI MSK

➡ QAM (Quadrature Amplitude Modulation):

- QAM NASTAJE ISTODOBНОM DISKRETNOM MODULACIJOM AMPLITUDE I FAZE, PA
SE ZOVE HIBRIĐANI MODULACIJSKI POSTUPAK (MODULIRAJU SE 2 KARAKTERISTIKE)
- NASTAJE ZBRAJANJEM 2 ASK SIGNALA S VIŠE AMPLITUDNIH RAZINA
($2 \times L$ -ASK), PA JE QAM LINEARAN POSTUPAK
- $m_{QAM} = I(t) \cos \omega_p t - Q(t) \sin \omega_p t$
- M-QAMIMA SPEKTRALNU UČINKOVITOST $\log_2 M \text{ bit/s/Hz}$
- 4-QAM = QPSK, DOK ZA VEĆE OM VRJEDI M -QAM \neq M-PSK? $M = 2^m$
- DIJAGRAM STANJA 16-QAM:



- ZA VEĆE M, STANJA QAM SIGNALA SU JEDNOCIKO RASPOREĐENA NA KRUGU
(TJ. PROSTORU), BOLJE OD PSK SIGNALA GDJE SU STANJA POREDANA PO
KRUŽNICI (PA SE PORASTOM M STANJA VIŠE PRIBLIŽAVaju NEGOD QAM)
- PORASTOM M RASTE $\frac{R_b}{B}$, ALI I OSJETLJIVOST NA SMETNJE (POTREBAN VEĆI E_b/N_0)
- OBLIKOVANJEM STANJA U HEKSAGONALNI OBLIK (VIŠE NALIK KRUGU), OSJETLJIVOST
NA ŠUM SE SMANJUJE U USPOREDBI S KUADRATNIM OBLIKOM
- QAM SE MOŽE DEMODULIRATI SAMO SINKRONO.
- UTJECAJEM ŠUMA STANJA U DIJAGRAMU SE KRUŽNO ŠIRE (KAO PSK), KORISTI
SE GRAYEV KOD

5. DIO: Usponedba i kvaliteta diskretnih postupaka, sinkronizacija

- NAJVEĆA MOGUĆA SPEKTRALNA UČINKOVITOST (SHANNONOV A GRANICA) JE:

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

SVI DISKRETNI MODULACIJSKI POSTUPCI IMAJU (IDEALNO) MANJU R_b/B OD SHANNONOVE GRANICE

- PORASTOM BROJA SIMBOLA (M), R_b/B RASTE, NS RASTE I OSJETLJIVOST NA ŠUM (POTREBNJI VEĆI C/N ODNOSNO E_b/N_0)
- KAKO ODREĐIVANJE BER-a MOŽE BITI KOMPlicirano, DEFINIRA SE JEDNOSTAVNIJA MJERA, VELIČINA VERZORA POGREŠKE; EVM (Error Vector Magnitude)
- EVM JE JEDNAK MODULU RAZLIKE IDEALNOG POLOŽAJA ODREĐENOG STANJA I VEKTORA STANJA, ĐEJITANOG
- DEFINIRA SE I OMJER POGREŠKE MODULACIJE, MER (Modulation Error Ratio) koji je vezan uz EVM i omjer je snage idealnog i EVM

↳ Sinkronizacija:

- KOD NEKOHERENTNE MODULACIJE POTREBNO JE OBAVITI SINKRONIZACIJU SIMBOLA - ODREDITI POČETAK I KRAJ POJEDINOG INTERVALA SIMBOLA
- KOD KOHERENTNE (DE)MODULACIJE OSIM SINKRONIZACIJE SIMBOLA NUŽNO JE OBAVITI SINKRONIZACIJU NOSIČA - REFERENTNI SIGNAL U DEMODULATORU (STE FREKVENCIJE I FAZE KAO I PRJENOSNI SIGNAL (KTO NJE JEDNOSTAVNO))
- SINKRONIZACIJA SE MOŽE OSTVARITI PERIODIČNIM SLANJEM SINKRONIZIRAJUĆE SEKVENCE (ILI, SPORije) IZDVAJANJEM I USPOREDBOM PODATAKA Iz MODULIRANOG SIGNALA



Elektroničke komunikacije

4. predavanje

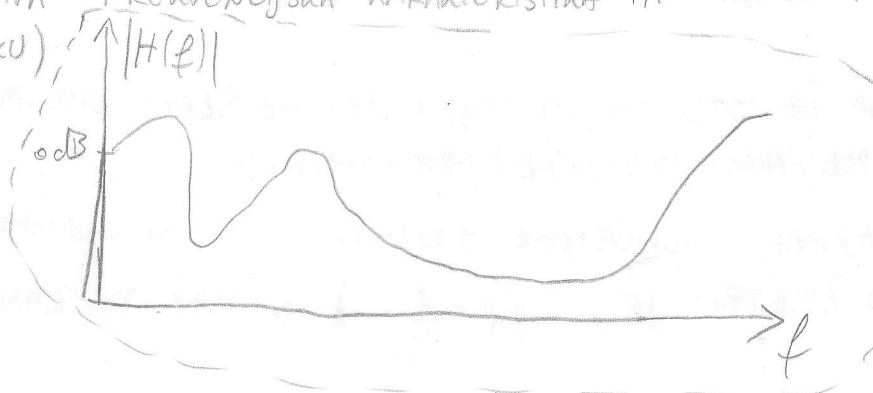
by: egislav

1. DIO:

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex)

»» problem: • ZBOG VIŠESTAZNOG ŠIRENJA RADUJSKOG VALA (ODBYANJE OD PREPREKA),

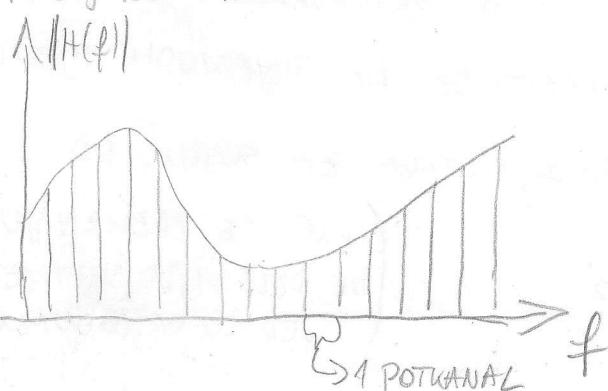
TE SLIČNIH POJAVA FREKVENCISKA KARAKTERISTIKA IMA NAGLE PORASTE I
PADOVE (VIDI Sliku);



- DOLAZI DO SMETNJE MEĐU SIMBOLIMA (ISI) - JER SE PODACI ŠALJU SERIJSKI, JEDNIM KANALOM.

↳ T.J. BITOVIMA

»» rješenje: • PODJELITI KANAL NA POTKANALE koji ĆE BITI DOVOLJNO MALI DA PROMJENE FREKV. KARAKTERISTIKE U NJIMA BUDU DOVOLJNO MALE (VIDI Sliku)



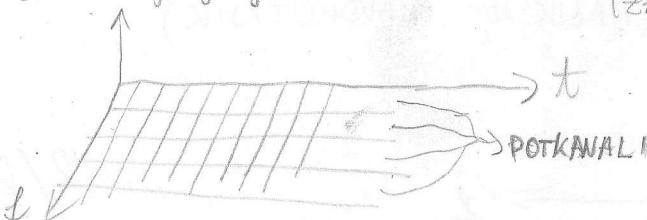
- POTKANALI SE NAPRAVE ORTOGONALNI KAKO SIA NEBI MEDUSOBNO OMETALI (ORTOGONALNI = NEZAVISNI)

- U SAMOM POTKANALU NE JAVLJA U SE VELIKI SKOKOVII, PA NE DOLAZI DO ISI

* ISI = INTER SYMBOL INTERACT ili reč glicno :)

»» Šta je OFDM?: • PODACI KOJI SU PRIJE MODULIRANJA DIGITALIZIRANI, SADA MODULIRAJU SRAKI OD POTKANALA, T.J. SLJED PODATAKA RASPODJELOVUJE SE NA POTKANALE I MODULIRA POJEDINI POTKANAL

- OSIM DJELJENJA FREKV. PODRUČJA, I VRIJEME SE DIJELI, TAKO DA DOBIVAMO MATRICU: (ZATO KAZEMO MULTIPLEKSIRANJE)



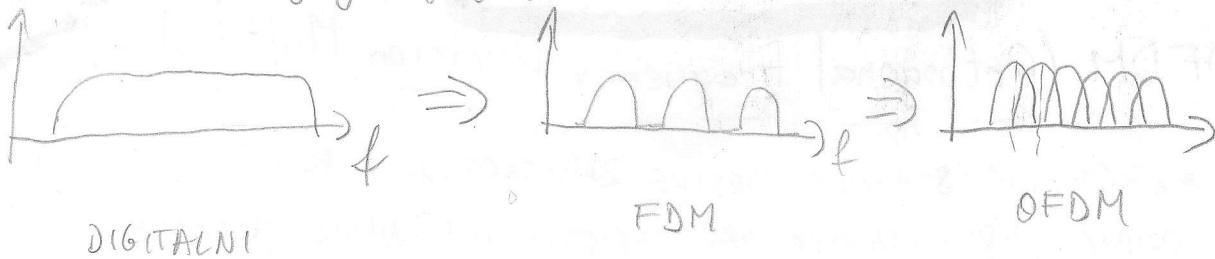
- BRZINA POJEDINOG POTKANALA JE MALA, ALI UKUPNA BRZINA JE VEĆA (MANJE FREKV. PODRUČJE POTKANALA = = MANJA BRZINA)

- ## • POSTUPAK PRVE SLANJA •

INFORMATIJA (ANALOGNA) \rightarrow DIGITALIZIRANE \rightarrow RASPONJERA NA POTKANACE \rightarrow MODULACIJA

- PRIMANJE JE OBRNUTO

- ## • SLIKOVNO OBJAŠNENJE DJELENJA •



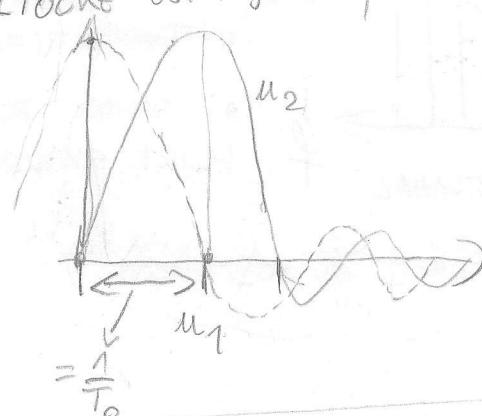
- NOČAVAMO DA UZ ISTU ŠIRINU POJASA MOŽEMO SLATI VIŠE PODATAKA (VEĆE BRZINE),
DOK GOD SU PODNOSIOCI (POTKANALI) ORTOGONALNI
 - POTREBAN RAZMAK PODNOSIOCA (MINIMALAN, I TAJ SE KORISTI) DA SE NE
BI MEDUSOBNO OMETALI JE $\Delta f = \frac{1}{T_0}$ I U TIM TOČKAMA SU

NULTOCKE (MAXIMUM): $\frac{k}{T_0}$; $k \in \mathbb{Z}$

→ zásto?

DULJINE T.

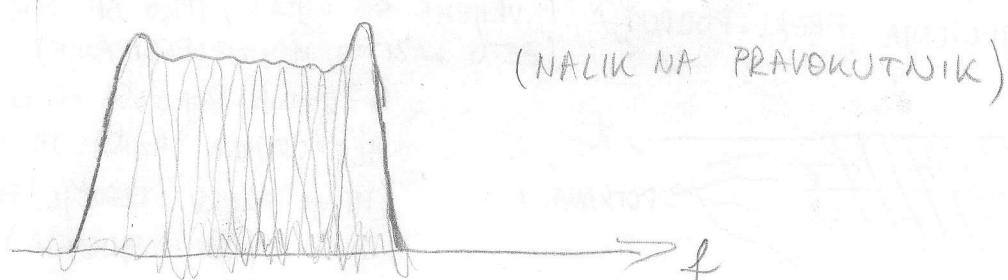
- U VREMENOMENI ONI SU SKUP PRAVOKUTNIKA koji u FREKVENTOMENI izgledaju (tj. slijede oblik) $\frac{m}{T}$; i onda mi čitavamo podatke samo na frekvencijama $\frac{k}{T_0}$ pa moramo paziti da na pojedinom mjestu svih potkanali mogu nultočke osim jednog, i tako za svaku od frekv. (vidi sliku)



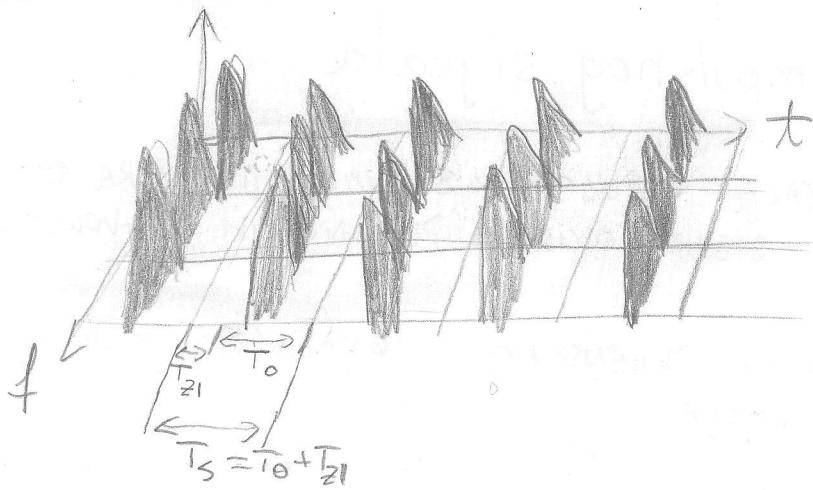
(IAKO SE PREKRIVAJU,
NE DOLAZI DO SMETNJE
JER SU ORTOGONALNI)

- * TRAJANJE VREMENSKOG SJEĆA OFDM MATRICE = T_0 ; ŠIRINA POTKANALA = $\frac{1}{T_0}$

- KONACNI OBLIK OFDM SPEKTRA (KRAJNJI POTKANALI SE NE KORISTE RADI NADVIŠENJA):



» Zastitni interval u OFDM-u:



OPREZ!!

NA SLICI JE SIGNAL PRIKAZAN U FREKV. DOMENI ? U VREM. DOMENI ON IZGLEDA KAO SUM (JERIMA PUNO FREKV. KOMPONENTI)

(U VREM. DOMENI SIGNAL SE DOBI FFT TRANSFORMACIJOM)

- KAKO ODBIJANJEM OD PREPREKA I SL. SIGNAL KASNI SAMO MANJI DIO TRAJANJA T_0 , I TO SE MORA UKLONITI
- OFDM SIMBOL SE PRODUŽUJE ZA TRAJANJE ZASTITNOG INTERVALA, T_{z1}) koji se dobiva preslikavanjem kraja simbola na (tj. prije) početka simbola (tzv. ciklički prefix)
- Za T_{z1} se uzima do $T_0/4$, što znači da ako je najveće kasnjenje manje od $T_{z1} = T_0/4$ neće doći do smetnje

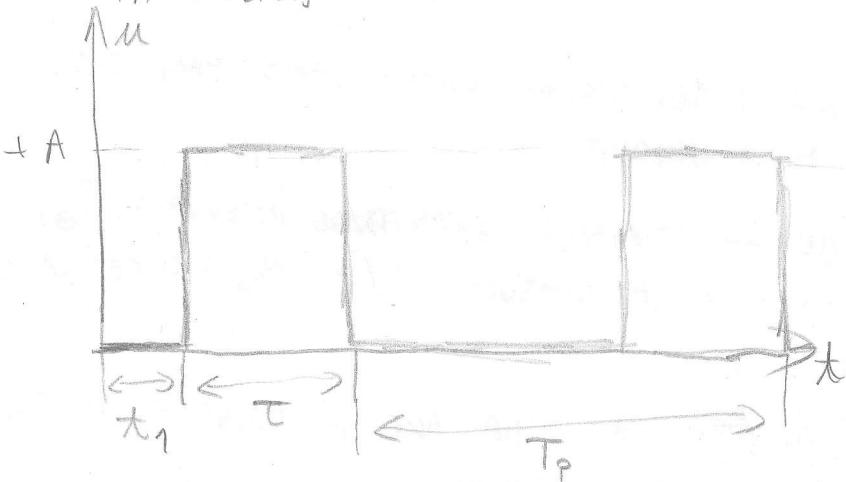
» Pilotski signali, C|OFDM, OFDMA:

- KAKO BI SE POTKANALI SLALI U ISTO VRIJEME NUŽNA JE SINKRONIZACIJA, PA SE KORISTE KAO POMOĆ PILOTSKI SIGNALI KOJI JOŠ I SLUŽE ZA PROVJERU STANJA KANALA
- PILOTSKI SIGNALI SE ŠALJU POTKANALIMA SVAKO-TOLIKO
- KAO ŠTO JE PRVE REČENO, KANAL NA RAZNIM FREKV. DRUKČIJE GUSI SIGNAL, PA DA BI SE IZBJEGLO DA SE SVI PODACI U NEKOM POTKANALU IZGUBE KORISTI POSTUPAK ISPREMIJEŠANJA BITOVA PODATAKA PRIJE SLANJA (OSIM TOGA KORISTE SE I PILOTSKI SIGNALI koji daju podatke o potkanalima, pa se neki od njih ne koriste)
- DOLAZIMO DO POJMA C|OFDM (CODED-OFDM) koji označava sve postupke zaštite u OFDM-u, kao i SAM OFDM
- OFDM SE MOŽE KORISTITI I ZA POSLUŽIVANJE VIŠE KORISNIKA, PRIDIJEGLJUJUĆI SVAKOM KORISNIKU NEKOLIKU POTKANALA, I TADA SE NAZIVA OFDMA (Orthogonal Frequency Division-Multiple Access)
- OFDM SE KORISTI U ADSL-u, WLAN-u, DIGITALNOJ TELEVIZIJI (DVB), ITD.

2. DIO: Modulacija impulsnog signala

»što i kako?«: • KOD MODULACIJE IMPULSNOG SIGNALA MODULIRA SE IMPULSNI SIGNAL, T.J. PRIJENOSNI SIGNAL ODGOVARA PERIODIČNIM PRAVOKUTnim IMPULSIMA

- MIJENJA SE NEKI OD PARAMETRA PRIJENOSNOG SIGNALA (VIDI SLIKU), PA RAZLIKUJEMO 4 MODULACIJE.



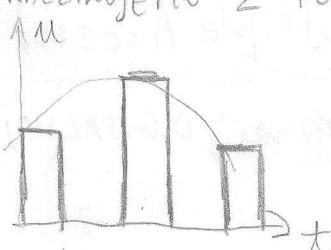
- a) PAM (Pulse Amplitude Modulation) - MODULACIJA AMPLITUDE (A)
- b) PDM/PWM (-II- Duration/Width Modulation) - II- TRAJANJA (τ)
- c) PPM (-II- Position(Phase) -II-) - II- POLOŽAJA/FAZE (τ_1)
- d) PFM (-II- Frequency -II-) - MODULACIJA FREKVENCE ($\frac{1}{T_p}$)

• IMPULSNI PRIJENOSNI SIGNAL MOŽEMO MODULIRATI KONTINUIRANIM I LI DISKRETNIM (DIGITALNIM) MODULACIJSKIM SIGNALOM, S TIM DA UKOLIKO MODULIRAMO KONTINUIRANIM SIGNALOM, PRIJE MODULACIJE GA MORAMO DISKRETIZIRATI (UZORKOVATI) I TO FREKVENCIJOM UZORKOVANJA KOJA JE NAJMAME 2x VEĆA OD NAJVEĆE FREKV. U MODULACIJSKOM SIGNALU (KONTINUIRANOM)

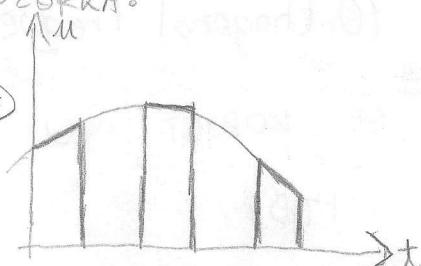
- TRAJANJE UZORKA I IMPULSNOG SIGNALA SE TADA POKLAPAJU!
- DIVISNO O RAZINI UZORAKA MIJENJAMO PARAMETRE IMPULSNOG PRJ. SIGNALA

»d) PAM: • RAZLIKUJEMO 2 POSTUPKA UZIMANJA UZORKA:

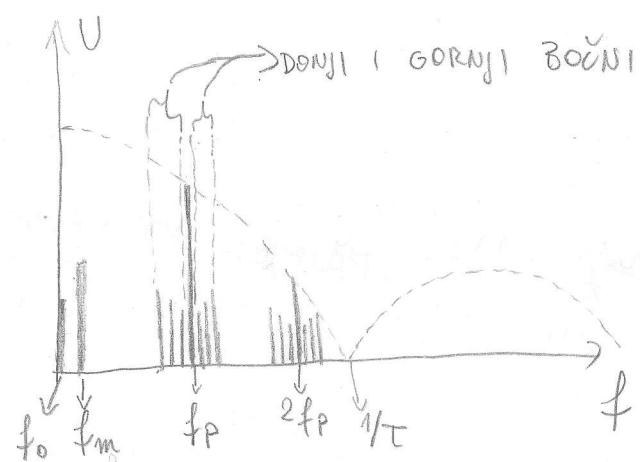
REGULARNI
ili
UNIFORMNI



PRIRODNI =>

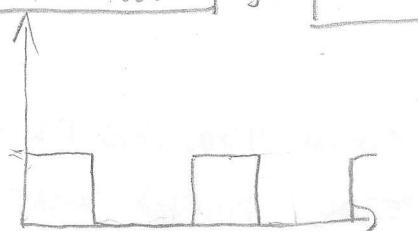


• SPEKTAR PAM:

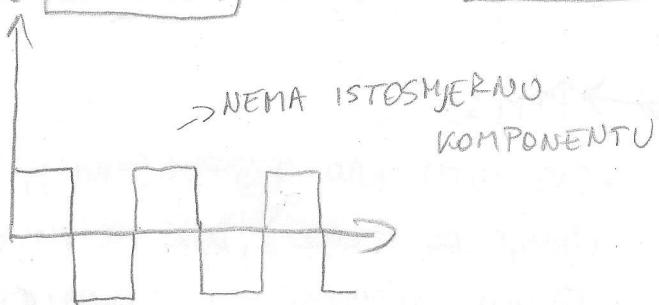


- IMA f_m KOMPONENTU KOJA JE KOMPONENTA MODULACIJSKOG SIGNALA

- f_0 KOMPONENTA JE ISTOSMJERNA KOMPONENTA TE UKOLIKO KORISTIMO UNIPOLARNI IMPULSNI JU IMAMO, AKO KORISTIMO BIPOLARNI IMPULSNI JU NEMAMO



UNIPOLARNI IMP. PRJ. SIGNAL



BIPOLARNI IMP. PRJ. SIGNAL

- DONJI BOČNI POJAS I GORNJI BOČNI POJAS KOD PRIRODNOG UZIMANJA UZORKA SU SIMETRIČNI (S OBZIROM NA f_{fp}), A KOD REGULARNOG/UNIFORMNOG NISU

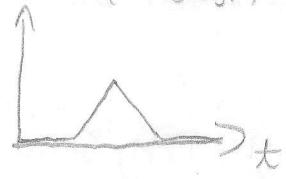
» b) PDM: UZORKAK SE UZIMA PILASTIM OBLIKOM, TE OVISNO O NJEMU MODULIRAMO PREDNU, ZADNU ili OBJE ŠIRINE (TRAJANJA) IMPULSNOG PRJ. SIG.



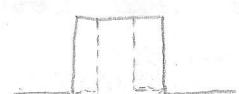
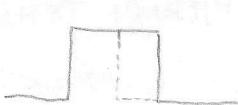
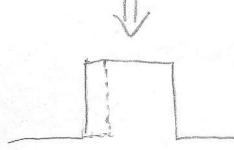
PREDNJI



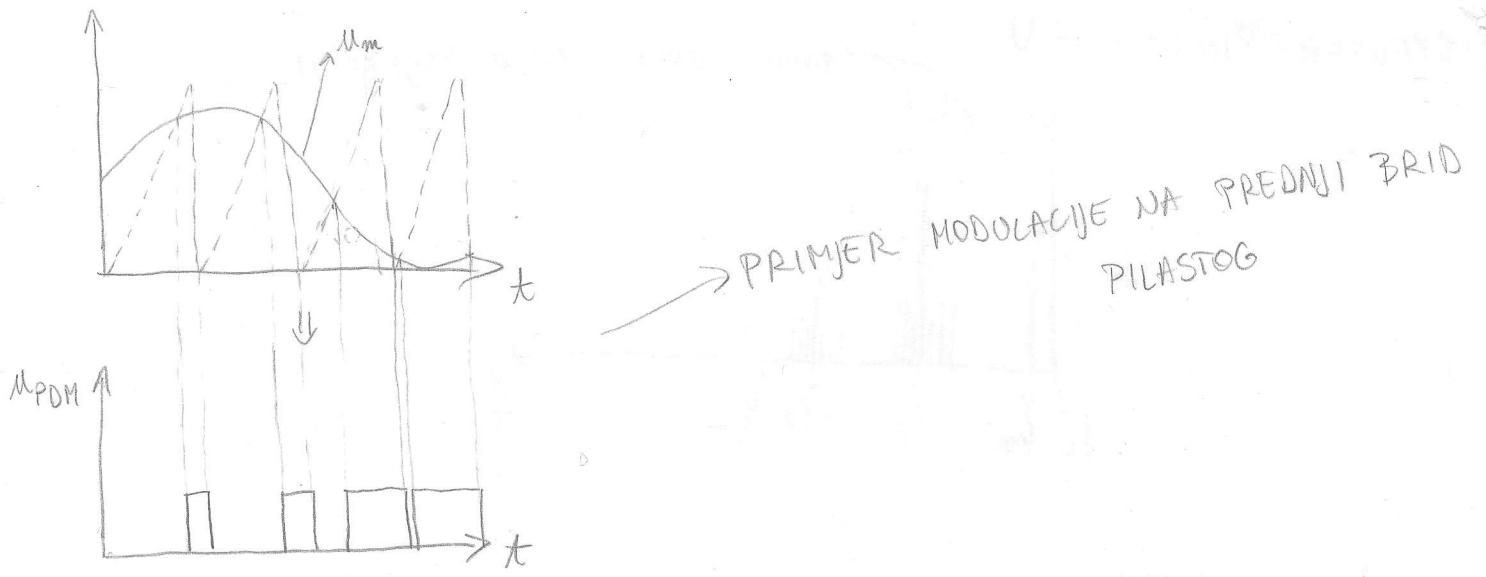
STRAŽNI



OB



- PILASTI SIGNAL USPOREDOJEMO (KOMPARIRAMO) S MODULACIJSKIM I UKOLIKO JE PILASTI VEĆI OD MODULACIJSKOG IMAMO VISOKU RAZINU IMPULSNOG ("1"), INAČE IMAMO NISKU RAZINU IMPULSNOG PRIJENOSNOG S. ("0") (VIDI SLIKU)



- SPEKTAR: ISTO KAO I PAM, IMAMO f_m , f_0 OVISI KO RISTIMO LI UNIPOLARNI / BIPOLARNI

→ PPM:

- SVE ISTO KAO I PDM(PWM), SAMO ŠTO JE ŠIRINA IMPULSNOG FIKSNA (MANJA OD PERIODE), DOK SE NJEGOV POLOŽAJ U PERIODI MIJENJA OVISNO O RAZINI MODULACIJSKOG SIGNALA (ČIM JE VEĆI, KASNIJE U PERIODI DOLAZI IMPULSNI)

- SPEKTAR: SVE ISTO, SAMO ŠTO PPM NEMA f_m (MODULACIJSKU) KOMPONENTU U SPEKTRU!!

- KORISTE SE TAKTI IMPULSI ZA ODNOŠ POLOŽAJA IMPULSA (SINKRONIZACIJU), PA JE RAZVIJEN I DPPM (Differential PPM) KOD KOJEG SE POLOŽAJ IMPULSA MJERI OBZIROM NA PRETHODNI IMPULS (PA Nisu POTREBNI TAKTNI)

→ PFM:

- SLIČNO KAO I PPM, SAMO RAZINA MODULACIJSKOG DIKTIRA BROJ IMPULSA IMPULSNOG U JEDINICI VREMENA
- NE KORISTI SE TAKO ČESTO, U MJERNOJ TEHNICI SE KORISTI

→ USPOREDBA: • PDM i PPM SU NELINEARNI POSTUPCI (PWM)

- PPM NEMA f_m KOMPONENTU U SPEKTRU!



Elektroničke komunikacije

5. prečuvanje

by: egislav

1. Dio: Vrste Mreža:

☞ općenito: • U SLUČAJU VEĆEG BROJA UREDAJA, KAKO NE BI POVEZIVALI SVAKI SA SVAKIM, SPAJAMO IH PREKO MREŽE

- MREŽA SE SASTOJI OD GRANA I ČVOROVĀ; GRANE POVEZUJU ČVOROVE (MEĐUSOBNO) I KORISNIKE SA ČVOROVIMA, A ČVORI SCUŽE ZA GRANANJE, SPAJANJE KORISNIKA NA NJIH (IZVOR I ODREDIŠTE ZOVEMO KRAJNJI ČVOROV), TE PROSLJEĐIVANJE PODATAKA
- OSIM OVIH OSNOVNIH FUNKCIJA ČVOROVI MOGU IMATI JOŠ FUNKCIJA (NPR. PROCESIRANJE, POTHANA, POJAČANJE ...)

☞ podjeli:

- S OBZIROM NA SPAJANJE UREDAJA (KORISNIKA) I ČVOROVA: (VRSTE VEZA!)
 - KOMUTIRANE (JAVNE MREŽE) - ČVOROVI KOMUTIRaju (USMJERAVAJU) INFORMACIJE RAZNIM putevima
 - ZAKUPljENE - PRJENOS UVJEK ISTIM PUTEM koji je STALNO AKTIVAN (NPR. BANKE)
 - NAMJENSKE - ISTO ŠTO I ZAKUPljENE, ALI KORISNICI SU I VLASNICI VEZE

• U ODNOŠU NA NAČIN PRJENOSA PODATAKA:

- KOMUTIRANE - između krajnjih čvorova postoji međučvorovi za usmjerenje
- NEUSMjERENE - nema međučvorova, izvor šalje svim ili grupi čvorova

• S OBZIROM NA NAMJENU:

- JAVNE - KORISNICI - PREPLATNICI
- PRIVATNE - SAMO ZA ODREBENU GRUPU KORISNIKA (NPR. FIRME)

• U ODNOŠU NA IZVEĐBU:

- FIKSNE (TELEFON NPR.)
- POKRETNE (GSM, UMTS ...)

• S OBZIROM NA TOPOLOGIJU (LOGIČKA POVEZIVANJA ČVOROVA):

- POTPUNO POVEZANI - SVI MEĐUSOBNO POVEZANI (POUZDANO ALI SKUPO)
- STABLO - JEDNOSTAVNO, RIZIK OD KVARA GLAVNIH ČVOROVA
- SABIRNICA - SVI KORISTE ISTI MEDIJ, NEMA MEĐUČVOROVA (NEPOUZDANO)
- PRSTEN - ČVOROVI POVEZANI U PETLJU (OSETLJIVO NA KVARE!) 1/8
- ZVIJEZDA - SVI ČVOROVI POVEZANI NA JEDAN CENTRALNI (LAKO OTKRIVANJE KVARA)

• U ODNOŠU NA SMJER PRIMJENOSA: (VAŽNO!)

- JEDNOSMJERNE (SIMPLEX) - MOGUĆE SLATI SAMO OD IZVORA DO ODREDIŠTA
 - POLUDVOSMJERNE (HALF-DUPLEX) - MOŽE U OBА SMJERA, ALI NE ISTODOBНО
 - DVOSMJERNE (DUPLEX) - MOŽE U OBА SMJERA ISTODOBНО
- REALIZACIJA TDD (TIME DIVISION DUPLEX), FDD (FREQ. H-) } FDD SE RABI
U HRV
- U ODNOŠU NA VELIČINU: (AREA NETWORK, AN)

- OSOBNE (PAN - Personal) - SLUŽI JEDNOJ OSOBI
- LOKALNE (LAN - Local) - VIŠE MJIH, NPR. FIRME (TOPOLOGIJE SABIRNICЕ)
- GRADSKЕ (MAN - Metropolitan)
- REGIONALNE / ŠIROKE (WAN - Wide)

→ komutacija paketa i komutacija kanala:

- ZADNA I NAJAVAŽNJA PODJELA MREŽA JE S OBZIROM NA POSTUPAK KOMUTACIJE, TE RAZLIKUJEMO 2 (TJ. 3) VRSTE:

a) KOMUTACIJA KANALA

b) KOMUTACIJA PAKETA

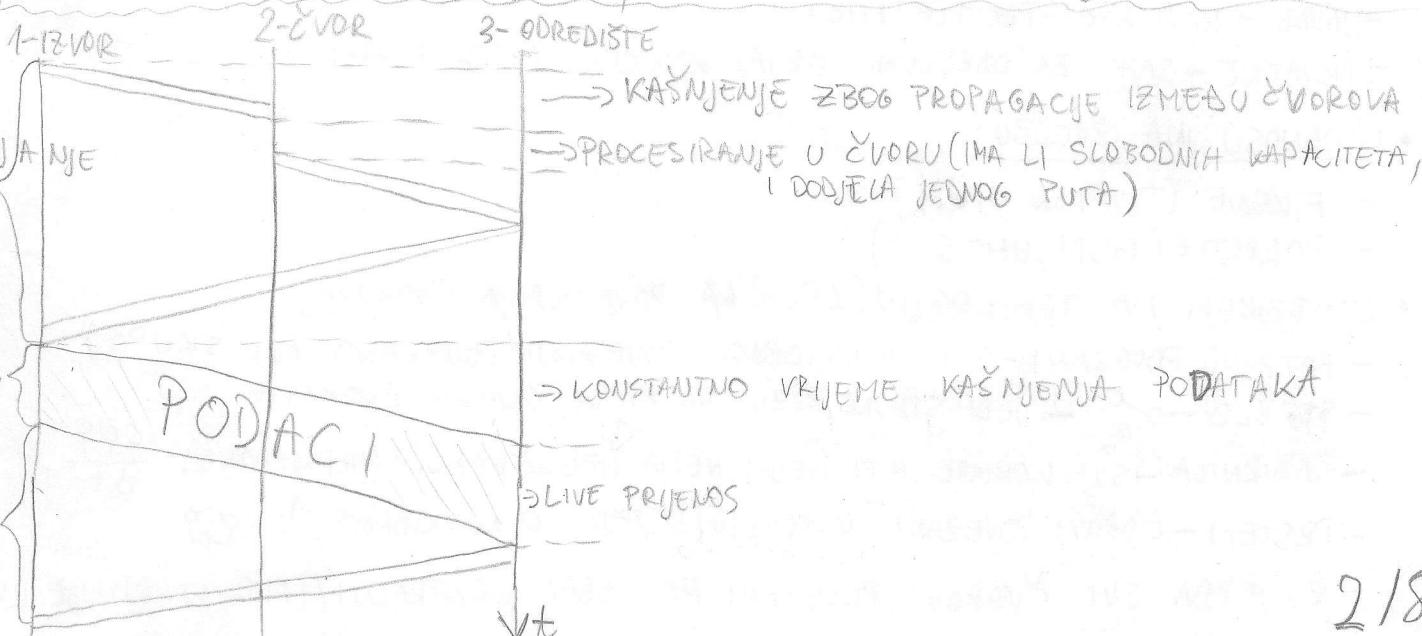
→ b₁) KOMUTACIJA DATAGRAMA

→ b₂) KOMUTACIJA VIRTUALNIM KANALIMA

• a) KOMUTACIJA KANALA: (NPR. TELEFON)

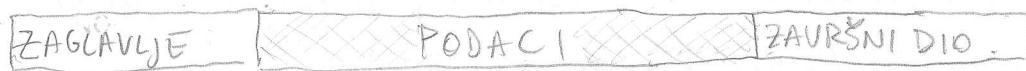
- IZVOR ŠALJE ZAHTEV ZA VEZOM, TE UKOLIKO IMA KAPACITET U MREŽI, ODREDIŠTE POTVRDUJE (ILI ODBACUJE) ZAHTEVI I USPOSTAVLJA SE FIXNI PUT PODATAKA KOJI SE PREKIDA KADA IZVOR TAKO KAŽE (ILI ODREDIŠTE)
- USPOSTAVA I RASKID VEZE UNOSI KAŠNJENJE, NO JEDNOM KADA JE VEZA USPOSTAVljENA, BRZINA PRIMJENOSA JE KONSTANTNA (KAPACITETI ZA TU VEZU SU ZAUZETI I DRUGI IZVORI NEMOGU KORISTITI TE KAPACITETE), I SVI PODACI IDU ISTIM PUTEM

- OMOGUĆAVA LIVE PRIMJENOS, NO ZAOZIMA FIKSNE KAPACITETE KOJE DRUGI IZVORI GUNDA NEMOGU KORISTITI, TE NJE EKONOMIČNO AKO SU KAPACITETI ZAUZETI, A IZVOR IH NE KORISTI U CJELOSTI, ILI NE KORISTI CIJETO VRIJEME



b₁) KOMUTACIJA DATAGRAMA : (UPR. INTERNET)

- PODACI SE U IZVORU CIJEPAJU NA PAKETE KOJIMA SE DODAJU ZAGLAVJA I ZAVRŠNI DJELOVI U KOJIMA PIŠU REDNI BROJEVI I ADRESA (TE MOŽDA ZAŠTITA)



- PODACI IDU NEOVISnim putevima koje određuje pojedini čvor, ovisno o zauzetim kapacitetima, te nema uspostave i raskida veze, jedino kašnjenje je ono između i u čvorovima

- KAŠNENJE OVISI O STANJU MREŽE, JER ČVOROVI ČEKaju SA SLANjem AKO SU SVI putevi zauzeti; kašnjenje se smanjuje smanjivanjem paketa (ali tada smanjujemo omjer podataka naprema zaglavju - nekorisnim bitovima), te porastom kapaciteta

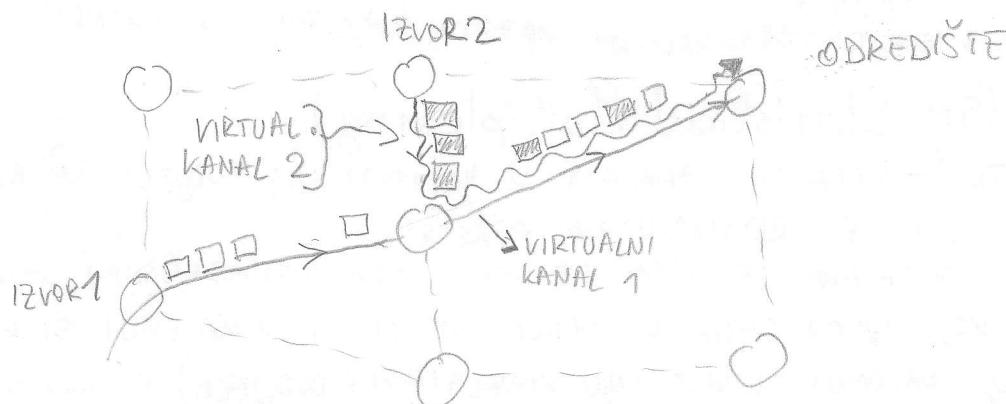
- NEDOSTACI SU PRIJENOS NEKORISNIH BITOVA (ZAGLAVLJA) I DOLAZAK SLUĐNIH PAKETA U RAZLIČITO VRIJEME NA ODREDIŠTE (ISPREMJEŠANje PAKETA)

b₂) KOMUTACIJA PAKETA VIRTUALnim KANALIMA :

- ISTO SLANje PAKETA, SAMO ŠTO SE PRIJE SLANJA USPOSTAVLJAU VIRTUALNI KANALI IZMEĐU IZVORA I ODREDIŠTA, ŠTO OSIGURAVA PRIJEM PODATAKA U ISTOM REDOSLJEDU

- ISTIM PUTEM MOGU SE SLATI PAKETI IZ VIŠE IZVORA (KAPACITETI Nisu FIKSNO ZAUZETI)

- KAŠNENJE ZBOG USPOSTAVE I RASKIDA VEZE, ALI TJEKOM SLANJA KAPACITETI SE DIJELE (ISTO JE MOGOĆE ZAGUŠENje)



• ZA OZNAKU KVALITETE MREŽE S KOMUTACIJOM KANALA KORISTI SE VJEROJATNOST USPOSTAVE VEZE (a)

• ZA OZNAKU KVALITETE MREŽE S KOMUTACIJOM PAKETA (b₁, b₂) RABI SE SREDNJE KAŠNENJE PAKETA



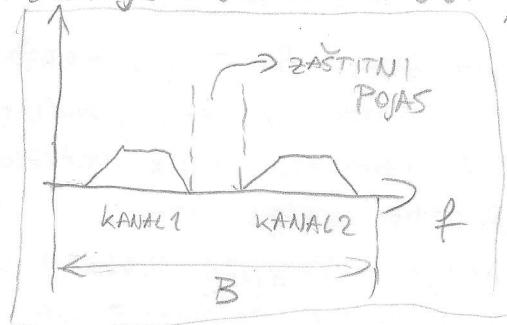
2.DIO: Tehnike multipleksiranja (DM-Division Multiplex):

- KAKO BI VIŠE KORISNIKA, TJ. IZVORA MOGLO KORISTITI ISTU GRANU, TJ. PRIMJENOSA MEDJU ISTODOBNO, MORAMO IH MULTIPLESIRATI, TJ. PODJELITI KANAL

- a) Po frekvenciji (FDM-Frequency DM):

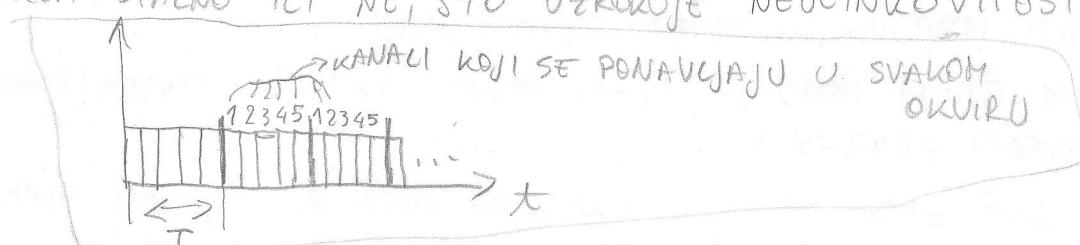
- RASPOLOŽIVI POJAS FREKVENCIJA, B , DILEZI SE NA DJELOVE-KANALE, SVAKOM KANALU NJEGOV DIO POJASA, A IZMEĐU KANALA JE ZASTITNI POJAS, KOJI UJEDNO I UZROKUJE NEUČINKOVITOST, JER DJELOVE POJASA NE KORISTIMO!

(B)



- b) Po vremenu (TDM-Time DM)

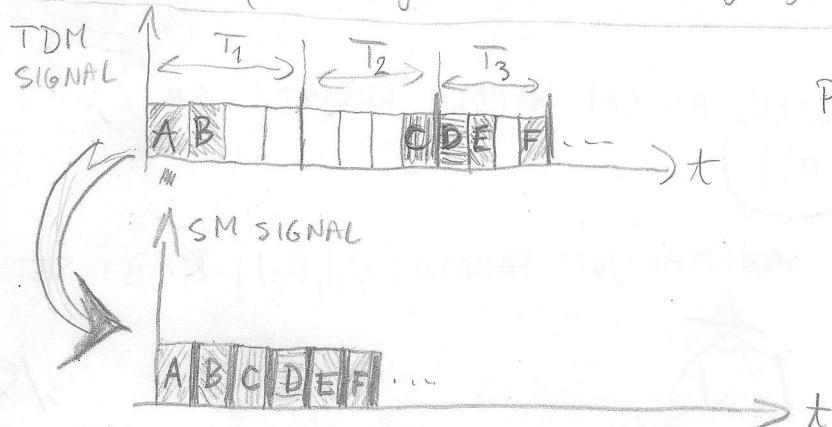
- VRIJEME SE DIJELI NA OKVIRE T , KOJI SE ONDA DALJE DIJELI NA VREMENSKE ODSJEĆKE JEDNAKOG TRAJANJA ZA SVAKOG KORISNIKA
- ODSJEĆCI SE FIXNO DODJELJUJU, NEOVISNO ŠALJU LI SE PODACI NEKIM ODSJEĆKOM STALNO ILI NE, ŠTO UZROKUJE NEUČINKOVITOST



- KOLIKO PUTA PODJELIMO OKVIR, TOliko moramo uvećati brzinu kako bi kanali slali svojom originalnom brzinom (više bita u sekundi)

- c) Statističko (SM-Statistical Multiplexing)

- UNAPRIJEĐENI TDM - KADA SE KANALIMA U VREMENSKOJ PODJELI NEŠALJU PODACI ONI KANALI IZA NJIH SE PRESLIKAVU NA PRAZNE
- SVAKOM PAKETU PODATAKA SE DODA ADRESA IZVORA (REDUNDANCIJA), KAKO BI SE ZNALO KOJI IZVOR ŠALJE U NEKOM OD ODSJEĆAKA (VIDI SLIKU)
- SM I TDM SU ANALOGNI KOMUTIRANJU KANALA (FIXNA DODJELA) I KOMUTIRANJU PAKETA (DODAVANJE ADRESE I SLANJE JEDAN ZA DRUGIM)



PRAZNI KANALI SE PREBRİŞU SA PONIMA, ODSJEĆCIMA SE DODAJE ADRESA (□) KAKO BI SE ZNALO IZ KOJEG IZVORA DOLAZE, RJEŠAVA SE PROBLEM PRAZNIH KANALA (KADA NE ŠALJU ØP)

- d) PO VALNOJ DULJINI (WDM-Wavelength Division Multiplexing):
 - KORISTI SE KAO OZNAKA U OPTIKIM SUSTAVIMA, IDENTIČNA FDM ($\lambda = \frac{c}{f}$)
 - VEĆA JE ŠIRINA POJASA (U THz), I KORISTE SE ONE FREKV. KOJE IMAJU MANJE GOŠENJE
 - RAZLIKUJEMO GUSTI (DWDM-Dense WDM) I RIJETKI (CWDM-Coarse WDM)

- e) PO KODU:

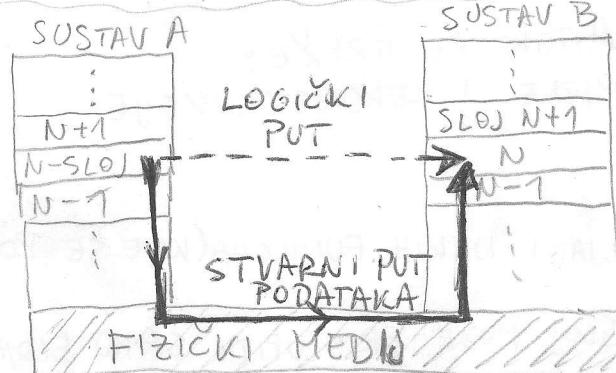
- SVAKOM KORISNIKU NJEGOV KOD (GSM NBR.), BIT ĆE OBJAŠNJENO KASNIJE 

3. DIO : Slojevi i Referentni modeli mreža:

→ slojevi :

- ZA KOMUNICIROMANJE IZMEĐU UREDAJA U MREŽI POTREBAN JE SKUP PRAVILA KOJIMA ĆE SE SLATI INFORMACIJE
- RADI POJEDNOSTAVLJENJA OVOG TEŠKOG PROBLEMA SUSTAVI (UREDAJI, RAČUNALA...) SE DJELE NA SLOJEVE KOJI PREDSTAVLJAJU APSTRAKCIJSKE RAZINE
- SLOJEVI SE DJELE NA VIŠE I NIŽE(HYERARHIJSKI), S TIM DA VIŠI SLOJ NE ZANIMA IMPLEMENTACIJA FUNKCIJA NIŽEG SLOJA, DOK JON OBAVLJA SVOJU FUNKCIJU
- 2 RAVNOPRAVNA SLOJA U RAZLIČITIM SUSTAVIMA KOMUNICIROJU PROTOKOLIMA, DOK U JEDNOM SUSTAVU SLOJEVI MEĐUSOBNO KOMUNICIROJU PREKO SOČEĆJA (SLOJ MOŽE SAMO KOMUNICIJATI SA SLOJEVIMA DO SEBE, PREKO SUČEĆJA SA NEPOSREDNO NIŽIM, ILI DATI USLUGU NEPOSREDNO VIŠEM)
- POJEDINI SLOJ NE ZANIMAJU REALIZACIJE SLOJEVA ISPOD NJEGA !!
- NAJVIŠI SLOJ JE APLIKACIJSKI SLOJ, NAJNIŽI FIZIČKI, ISPOD KOJEGA JE SAM FIZIČKI MEDIJ KOJIM PODACI STVARNO PUTUJU(FIZ. MEDIJ Nije SLOJ)
- USLUGE IZMEĐU SLOJEVA SE OBAVLJAJU DIREKTNO, DOK KOD KORIŠTENJA PROTOKOLA, KOMUNIKACIJA NE IDE DIREKTNO NEGOT SLOJ PRVOG SUSTAVA POSLJE PODATKE SLOJU ISPOD SEBE, I TAKO DO FIZ. MEDJA, KOJIM ONDA PUTUJU PODACI I DOLAZE DO DRUGOG SUSTAVA GDJE SE DOGADA OBRNUTA STRAR, PODACI IDU SA NIŽIH SLOJEVA DO EKVIVALENTNOG SLOJA U DRUGOM SUSTAVU (VIDI SLIKU)

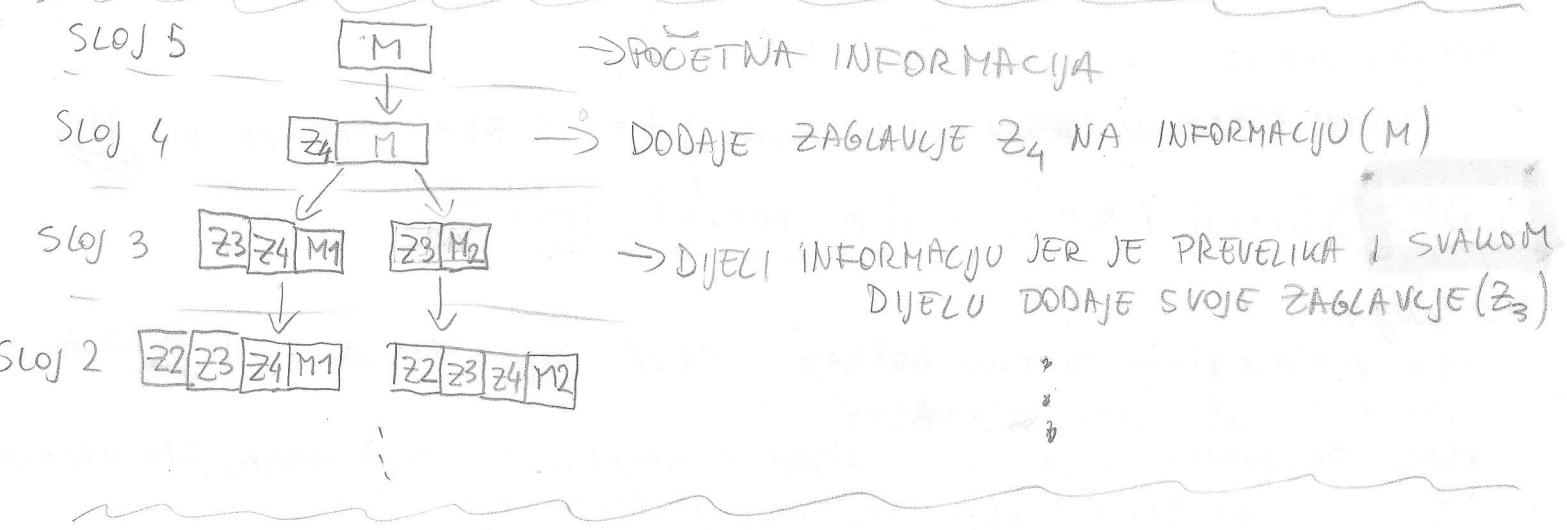
PROTOKOL :



SKUP PROTOKOLA KOJE KORISTI NEKI SUSTAV ZOVE SE PROTOKOLNI STOG(SLOŽAJ)

PROTOKOLNE

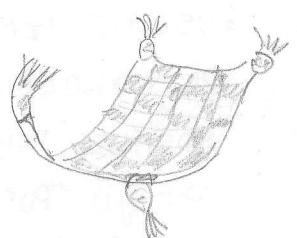
- SLOJENI KORISTE JEDINICE PODATAKA ZVANE PDU (Protocol Data Unit), PA SLOJ N KORISTI JEDINICU NAZIVA N-PDU • PDU SE SASTOJI OD ZAGLAVJA I JEDINICE PODATAKA USLOGE SDU (Service DU)
- SLANjem PROTOKOLA SVAKI NIŽI SLOJ DODAJE SVOJE ZAGLAVJE I EVENTUALNO DJELI SDU UKOLIKO NE PODRŽAVA TAKO VELIKU DUŽINU PODATAKA (VIDI Sliku)



- FUNKCIJE KOJE MORA OBAVLJATI SVAKI SLOJ:
 - RASPOZNAVANJE POŠTJATELA OD PRIMATELA (ADRESIRANJE)
 - ODREĐIVANJE PRAVILA PRIJENOSA
- FUNKCIJE KOJE MOŽE OBAVLJATI SLOJ:
 - UPRAVLJANJE POGREŠKAMA
 - ODRŽAVANJE ISPRAVNOG REDOSLUJEDA PAKETA (U MREŽAMA S KOMUTACIJOM PAKETA)
 - UPRAVLJANJE TOKOM PODATAKA
 - UPRAVLJANJE DUŽINOM PAKETA
 - MULTIPLEKSIRANJE/DEMUX
ITD.

- SLOJ MOŽE SLOJU IZNAD SEBE DATI:

- SPOJNE USLUGE (USPOSTAVLJANJE KANALA PRI PRIJENOSU)
 - NESPOJNE USLUGE (KOMUTACIJA PAKETIMA)
- USLUGE S POTVRDOM PRIJEMA
 - USLUGE BEZ POTVRDE PRIJEMA



- PREDNOSTI SLOJEVITE ARHITEKTURE MREZE:

- LAKO PROJEKTIRANJE, PROMJENE I REKONSTRUKCIJE

- NEDOSTACI:

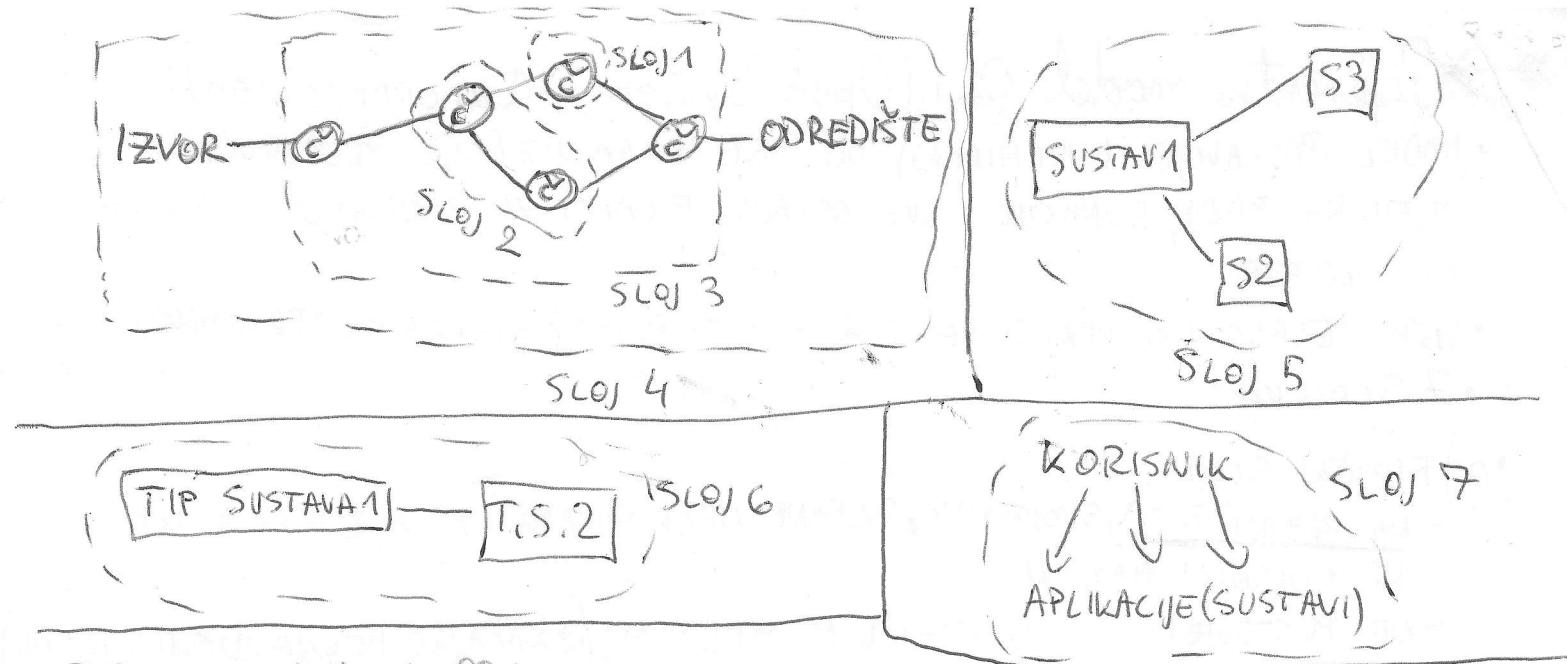
- REDUNDANDNOST ZAGLAVJA I NEKIH FUNKCIJA (KOJE SE PONAVLJAJU NA SLOJEVIMA)
- OGRANIČENOST PRISTUPA - SLOJ MOŽE PRISTUPITI SAMO SLOJEVIMA DO SEBE

(NEPOSREDNO)

Referentni model OSI (Open System Interconnection):

- MODEL POSTAVLJEN (NORMIRAN) OD ISO ORGANIZACIJE, PREPORUČA DEFINIRA BROJ, FUNKCIJE I SVE OSTALO VEZANO ZA RAZDJELOVANJE SUSTAVA NA SLOJEVE
- VIŠE TEORIJSKI, U PRAKSI SE KORISTI TCP/IP (INTERNETSKI) PROTOKOL
- 7 SLOJEVA:
 - a) Fizički sloj:
 - NA RAZINI BITA, SVOJSTVIMA, SKUPINE (NEGRUPIRANE) BITA, SUČELJE NA PRIJENOSNIM MEDIJU
 - NE POISTOVJEĆIVATI S FIZIČKIM MEDIJEM! (ZNAČAJKE MEDIJA Nisu njegov DIO)
 - b) Sloj podatkovne veze:
 - PRENOŠI OKVIRE PODATAKA IZMEĐU 2 SUSJEDNA ČVORA
 - USLUGE KOJE PRUŽA MREŽNOM SLOJU SU SPOJNE/NEspojne, s/bEZ POTURJE PRIJEMA
 - UPRAVljANje POGREŠkAMA.
 - c) Mrežni sloj:
 - SLOJ PODATKOVNE VEZE JE SAMO IZMEĐU 2 SUSJEDNA ČVORA, AKO IZMEĐU IZVORA I ODREDIŠTAIMA MEĐUČVOROVA, AKTIVIRA SE MREŽNI S.
 - USMjERAVA PAKETE PODATAKA
 - UPRAVljANje POGREŠkAMA, TOKOM.
 - d) Transportni sloj:
 - PRJENOS PODATAKA OD IZVORA DO ODREDIŠTA (S KRAJA NA KRAJ)
 - UPR. GREŠkAMA, TOKOM.
 - e) Sloj sjednice:
 - KOMUNIKACIJA IZMEĐU SUSTAVA; USPOSTAVLJA/RASKIDA VEZE.
 - f) Prezentacijski sloj:
 - UKLANJA RAZLIKE I TIPOVE U KOMUNIKACIJI IZMEĐU SUSTAVA (APLIKACIJA)
 - g) Aplikacijski sloj:
 - KOMUNIKACIJA IZMEĐU KORISNIKA I OSI SUSTAVA (USLUGE KORIŠNICKIMA)
- PROTOKOLI 1-3 MOGU MEĐUSOBNO KOMUNICIRATI (NA SLIČNIM SU RAZINAMA),
DOK PROTOKOLI SLOJEVA 4-7 KOMUNICIRAJU SAMO SA SEBİ RAUNOPRavnim
SLOJEVIMA





- DOPRINOSI MODELA OSI:
 - LAKE PREPRAVNE, JEDNOSTAVNO DEFINIRANE USLUGE, SPOJNE, PROTOKOLI
- KRITIKE:
 - SLOŽEN MODEL, FUNKCIJE SE PONAVLJAJU, PREKASNO SE POJAVIO KAD SE TCP/IP VEĆ KORISTIO | VAŽNO: TRANSPORTNI SLOJ PODRŽAVA SAMO SPOJNE USLUGE...

→ Referentni model TCP/IP (Transmission Control/Internet Protocol):

- 4 SLOJA: 1. ODGOVARA 7., 6. i DJELOU 5. KOD OSI; 3. ODGOVARA 4. I DJELOU 5. KOD OSI; 2. JE ANALOGANA OSI-MODELU, 1. JE SKUP 1. i 2. KOD OSI MODELA

4.	APLIKACIJSKI SLOJ
3.	TRANSPORTNI (TCP/UDP)
2.	MREŽNI (IP)
1.	SLOJ PRISTUPA MREŽI

- 1) SLOJ PRISTUPA MREŽI:
 - NIJE POSEBNO DEFINIRAN I MOŽE SE MUENJATI
- 2) MREŽNI (INTERNETSKI) SLOJ:
 - TEMEJI SE NA IP, USMJERAVA PAKETE, ADRESIRA...

- 3) TRANSPORTNI SLOJ:
 - S KRAJA NA KRAJ, DEFINIRA TCP I UDP (User Datagram Protocol)
 - TCP SLUŽI ZA SPOJNE USLUGE, POUZDAN JE; DOK UDP SLUŽI ZA NESPOJNE USLUGE, I MANJE JE POUZDAN, KORISTE GA APLIKACIJE KOJE SAME UPRAVLJAU PODATAKA, BRŽI JE

- 4) APLIKACIJSKI SLOJ:
 - SADRŽI RAZNE SUSTAVNE I KORISNIČKE PROTOKOLE (HTTP, DNS...)
- KORISNIK VIDI ZADNJA 2 (KOD OSI MODELA ZADNJA 4) SLOJA

- DOPRINOSI TCP/IP MODELA:
 - JEDNOSTAVAN, PRILAGODEN, SAORŽAVA I NESPOJNE USLUGE U TRANSPORTNOM SLOJU
- KRITIKE:
 - NIJE OPĆENIT, TEŠKO JE PRILAGODLJIV I NEMA JASNO DEFINIRANE NEKE STVARI

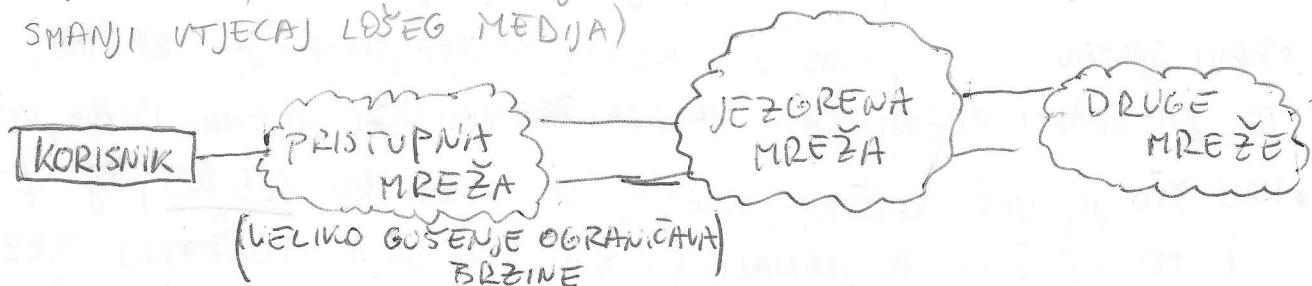
Elektroničke Komunikacije

6. predavanje

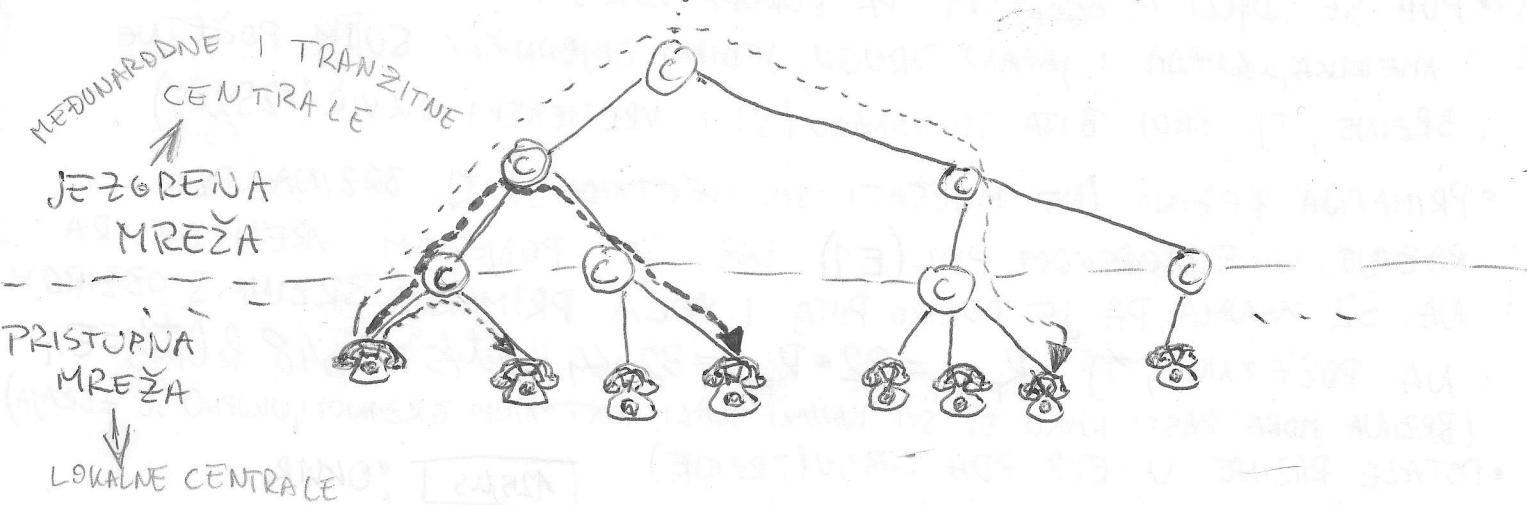
lužegistov

1. DIO: Telefonska Mreža:

- SLUŽI ZA PRIJENOS GOVORA I PODATAKA, PRIČEMU KOMUNICIRAJU PREKO MREŽNIH CENTRALA KORISNICI MEDUSOBNO
- RABI KOMUTACIJU KANALA I FDM U PRIJENOSU ANALOGNOG GOVORA, A TDM U PRIJENOSU DIGITALNOG
- DJEJI SE NA PRISTUPNU MREŽU (PRISTUP KORISNIKA GLAVNOJ MREŽI) I NA JEZGRENU; PRIČEMU JE NAJSLABIJA KARIKA PRISTUPNA MREŽA, JER KORISTI ZASTARJELE UPLETENE PARICE KOJE IMaju VELIKO GUŠENJE, T.J. MALE BRZINE (PA SE NASTOJE ZAMJENITI OPTIKOM DA SE UBRZA RAD, ALI TO JE SKUPO, PA SE POKUŠAVAJU RAZNI POSTUPCI MODULACIJE ITD. DA SE SMANJI UTJECAJ LĐŠEG MEDIJA)



- TEL. MREŽA JE U OBLIKU STABLA (HIERARHIJSKA), PA DA BI KORISNIK DOŠAO DO DRUGIH IDE PREKO VIŠIH RAZINA KAKO UDALJENOST RASTE...

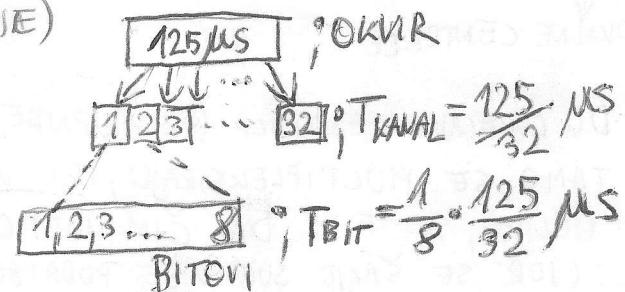


- DO LOKALNIH CENTRALA (PRISTUPNA MREŽA) KORISTE SE ANALOGNI SIGNALI, TAMO SE MULTIPLEXIRAJU, PRETVARAJU U DIGITALNE I ŠALJU DALJE U DIG. OBLIKU, S TIM DA ČIM IDEMO NA VIŠU RAZINU POTREBNE SU VEĆE BRZINE (JER SE ŠALJE SVE VIŠE PODATAKA ISTIM POTOM!)
- IZNAD RAZINE LOKALNIH CENTRALA, CENTRALE SE MOGU I MEDUSOBNO IZRAVNO SPAJATI, NE KORISTEĆI VIŠE RAZINE (TRANZITNE CENTRALE)

- PRI ANALOGNO-DIGITALNOJ PRETVORBI U LOKALNIM CENTRALAMA KORISTI SE PCM (Pulse Code Modulation) S PERIODOM OD $125\text{ }\mu\text{s}$, TJ. FREKVENCIJE 8 kHz
- KADA SMO DIGITALIZIRALI SIGNALE, MORAMO IH MULTIPLEXIRATI, PRI ČEMU KORISTIMO TDM; DA BI KORISTILI TDM, NUŽNA JE SINKRONIZACIJA SIGNALA KOJI DOLAZE IZ RAZNIH IZVORA (TAKTNI IMPULSI)
- S OBZIROM NA NAČIN SINKRONIZIRANJA MREŽE DIJELOMO NA:
 - PLEZIOKRONE - KAŽEMO DA SU TAKTNI IMPULSI ASINKRONI JER IAKO KORISTE ISTU FREKV., DOZVOJENO JE ODSTUPANJE ZA NEKI Δf (PRIBUŽNO ASINKRONE!) = PLEZIOKRONE
 - SINKRONE - TAKTNI IMPULSI KORISTE JEDNU TE ISTU FREKVENCIJU, PRI ČEMU SE SVI UREĐAJI MOGU SINCR. NA JEDAN (ZAVISNO - TOPOLOGIJA ZVIJEZDE), ILI UZAJAMNO, MEĐUSOBNIM SINKRONIZIRANJEM SVIH NA JEDNU FREKV. (MALO KOMPPLICIRANJE) 

→ Plesiokrana digitalna hijerarhija, PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- PRVI SUSTAV ZA PRIJENOS DIGITALNOG GOVORA, PROPISUJE RAZINE U TDM-u, TE ZA SVAKU RAZINU BROJ KANALA, BRZINE (NIŽE RAZINE MANJE, VIŠE-VIŠE)
- KAO ŠTO JE VEĆ REČENO, KORISTI SE OKVR OD $125\text{ }\mu\text{s}$, tj. $f=8\text{ kHz}$, I TO 8 BITA PO KANALU (OKSET), ŠTO DAJE POČETNU BRZINU OD $8\text{ kHz} \times 8\text{ bit/s} = 64\text{ kbit/s}$
- PDH SE DJELI GEOGRAFSKI PA EUROPA KORISTI JEDNU VERZIJU, A AMERIKA, KANADA I JAPAN DRUGU, JEDINO ZAJEDNIČKO SUTIM POČETNE BRZINE, TJ. BROJ BITA PO KANALU (8) I VREMENSKI OKVIR ($125\text{ }\mu\text{s}$)
- PRIMARNA BRZINA (NE MIJEŠATI SA POČETNOM!), tj. BRZINA PRVE RAZINE, U EUROPSKOM PDH (E1) DOBI SE PODJELOM VREM. OKVIRA NA 32 KANALA, PA JE TOLIKO PUTA I VEĆA PRIMARNA BRZINA S OBZIROM NA POČETNU; TJ. $R_{\text{PRIM.}} = 32 \cdot R_{\text{POC.}} = 32 \cdot 64\text{ kbit/s} = 2048\text{ kbit/s} = E_1$ (BRZINA MORA RASTI KAKO BI SVI KANALI SLALI POČETNOM BRZINOM, UKUPNO SE ZBRAJA)
- OSTALE RAZINE U EUR. PDH DOBJU (BRZINE) SE MNÖŽENJEM PRETHODNIH (BRZINA) RAZINA S 4 I DODAVANJEM UPRAVLJAČKIH BITOVA (E2, E3, E4...)
- OKVIRI SE ORGANIZIRAJU U MULTIOKVIRE I KAO TAKVI SINKRONIZIRAJU



- PRIMARNA BRZINA U AMERIČKOM PDH DOBIJE SE PODJELOM OKVIRA NA 24 KANALA (S PO 8 BITA) I 1 UPRAVЉАЧКИ BIT
 $((24 \times 8) + 1) \cdot 8 \text{ kHz} = 1544 \text{ kbit/s } (T_1) = (24 + \frac{1}{8}) 64 \text{ kHz}$
- OSTALE BRŽINE DOBE SE MNOŽENjem PRETHODNIH S RAZNIM Koefficijentima i dodavanjem signalizacijskih itd. bitova ($T_2, T_3, T_4 \dots$)

- PDH JE DOSTA JEDNOSTAVNA, ALIIMA BROJNE NEDOSTATKE, POPUT POTREBE DODAVANJA UPRAVЉАЧKIH BITOVA NA SVAKOJ RAZINI, RAZLICITE EUR. I AMERIČKE INACICE, RAZVOJ STAO NA NEKOJ GRANIČNOJ BRZINI...

→ liskovana digitalna hijerarhija, SDH (Synchronous DH):

- NASLIJEDILA I ISPRAVILA NEDOSTATKE PDH, OMOGUĆUJE VEĆE RAZINE BRZINE (svjetlovod), te inkorporira PDH, spaja europsku i amer. inacicu
- PRVA SINKRONA OPTICKA MREŽA JE SONET (Synchronous Optical Network), a danas su SONET i SDH SINONIMI

- NAJNIŽA RAZINA (NULTA)IMA OZNAKU STM-0, TJ. STS-1; PRVA RAZINA JE STM-1, TJ. STS-3, A SJEDECHE RAZINE DOBE SE MNOŽENjem OSNOVNE (PRVE, STM-1) SA NJ, PRI ČEMU JE N VIŠEKRATNIK OD 3, A OZNAKE SU STM-(N/3); TJ. STS-N

- OSNOVNA (STM-1, STS-3) RAZINA IMA BRZINU PRJENOSA:
 $2430 \text{ SIMBOLA/OKVIRU} \times 8 \text{ BIT/SIMBOL} \times 8 \text{ kHz} = 155.52 \text{ Mbit/s}$
 JEDINA NOVA BROJKA ↓ OKVIR

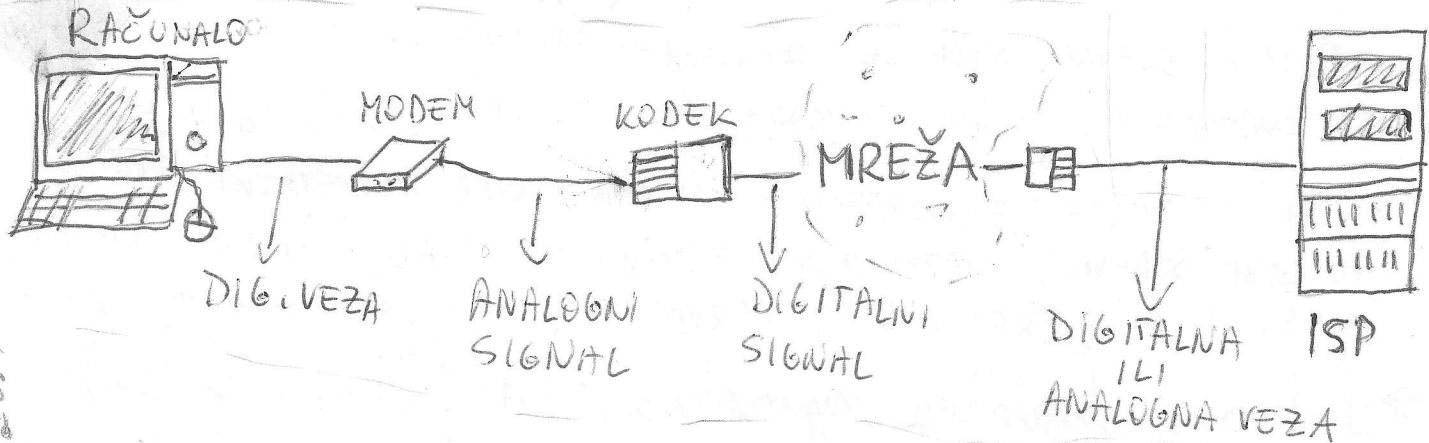
- SDH PODRŽAVA PDH SVIH VERZIJA, ZA STO KORISTI TZV SPREMINIKE
- CIJELI OKVIR, BRZINE 155.52 Mbit/s DIJELI SE NA ZAGLAVLJE I PODATKE
- SDH SUSTAV SASTOJI SE OD TERMINALNIH MUX-ova (KRAJNJI ČVOROVI), AD-MUX-ova, DIGITALNIH PRESPOJnika i REGENERATORA (OBNALJAJU SIGNAL)

2. DIO: Modemi i DSL:

→ Modemi:

- JAVLJA SE POTREBA ZA POVEZIVANJEM RAČUNALA PUTEM TELEFONSKE VEZE, PA SE UVODI UREĐAJ ZVAN MODEM (MODULATOR+DEMODULATOR), KOJI PROVODI A/D PRETVORBU (U DOLAZNOM SMJERU) I D/A PRETVORBU (U ODLAZNOM SMJERU); IMA OGRANIČENI DOMET DO CENTRALE I BRZINE

- ANALOGNI SIGNAL KOJI ŠAYE MODEM U MREŽU U LOKALNIM CENTRALAMA SE PONOVNO PRETVARA U DIGITALNI SIGNAL JER ON IMA MANJE GUŠENJE, I TO POMOĆU KODEKA (VIDI SLIKU)

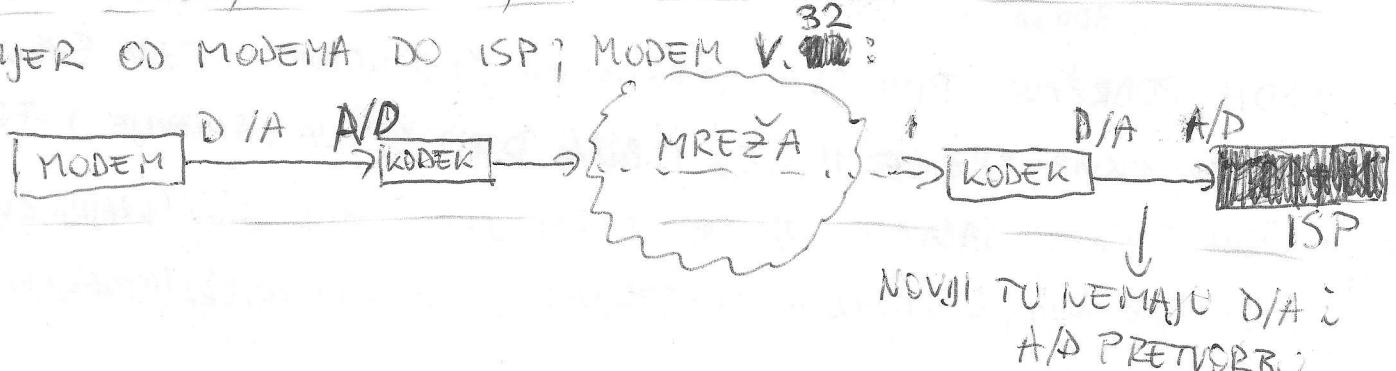


- RADI MANJEG GUŠENJA MREŽOM SE ŠALJU DIGITALNI PODACI, DOK
I OMETANJA

IZMEĐU ISP-a (Internet Service Provider) i MREŽE VEZA MOŽE BITI ANALOGNA ILI DIGITALNA (DIGITALNO BOJE, BRŽE)

- U MODEMIMA SE KORISTE NAPREDNI MODULACIJSKI POSTUPCI I KOMPRESIJE KAKO BI SE POVEĆALA BRŽINA I RAZLIKUJEMO 2 GRUPE MODEMA, STARIJE (V.21 - V.34...) KOJI U VEZI IZMEĐU ISP-a I MREŽE KORISTE ANALOGNU VEZU (PA SE SIGNAL MORA 2 PUTA PRETVARATI - 2D/A i 2A/D), I NOVIJE (V.90...) KOJI U VEZI ISP-a I MREŽE KORISTE DIGITALNU VEZU (POTREBNA SAMO JEDNA D/A i A/D PRETVORBA) (VIDI SLIKU)

SMJER OD MODEMA DO ISP; MODEM V.³²:



- RAZVOJ MODEMA PRESTAJE S BRZINAMA 56 kbit/s (DOWNLOAD)

→ DSL (Digital Subscriber Line):

- POREČAVA BRZINE GDJE SU MODEMI STALI POVEĆANJEM FREKV. POJASA (B) I DOVOĐENJEM OPTIČKIH KABELA BLIŽE KORISNICIMA (SMANJUJE ŠUM, POVEĆAVA S/N ODNOS); ŠTO SLJEDI IZ FORMULE ZA KAPACITET KANALA?

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

• OMOGUĆAVA ISTODOBNI PRIJENOS GOVORA I PODATAKA (ŠTO MODEM NIJE MOGAO)

• DSL TEHNOLOGIJE POČINJU RAZVOJ ISDN-om, NAKON ČEGA SE DIJELE NA SIMETRIČNE (JEDNAKA BRZINA DOWNLOAD-a i UPLOAD-a), TJ. HDSL (High DSL), MSDSL (Multirate Symmetric DSL) I NA ASIMETRIČNE (VEĆE DOLAZNE OD ODLAZNIH BRZINA, JER U PRAKSI VIŠE PRIMAMO PODATAKA NEGOD ŠALJEMO) - ADSL (Asymmetric DSL) I VDSL (Very High DSL)

• IAKO SE ISDN VIŠE NE KORISTI (KORISTI SE U RIJETKIM SLUČAJEVIMA), ZNAČAJAN JE JER JE PRVI ODVOJIO GOVOR OD PODATAKA I OMOGUĆIO NJIHOVO ISTOVREMENO SLANJE;IMA 2 SUČELJA, BRI (Basic Rate Interface) - ZA KUĆANSTVA I PRI (Primary RI) - ZA POSLOVNE KORISNIKE

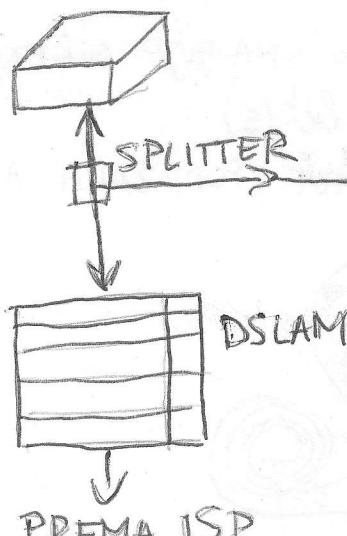
→ **ADSL:** BRZINE SU OGRANIČENE S UDALJENOSĆU KORISNIKA OD CENTRALE (DULJINOM UPLETENE PARICE) - PORASTOM DULJINE GUŠENJE RASTE, A BRZINE PADAJU (MAX. DOMET JE OKO 5 km)

• NA KORISNIČKOJ STRANI I U CENTRALI KORISTI SE RAZDJELNIK (Splitter) koji odvaja GOVOR OD PODATAKA I TO NISKOPROPUSNIM FILTROM GOVOR (0-4 kHz) I VISOKOFREKVENCJSKIM FILTROM PODATKE

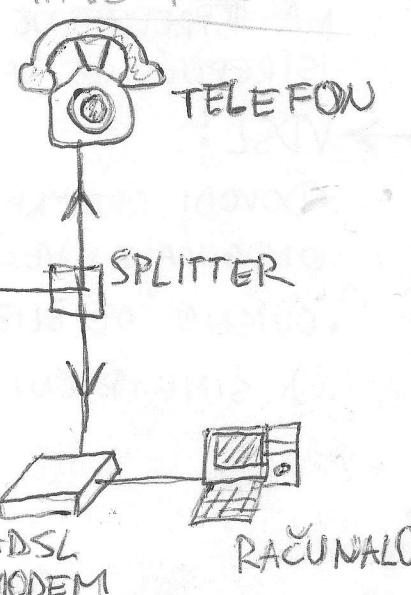
• KOD KORISNIKA NA Splitter se SPAJaju ADSL MODEM I TELEFON, A U CENTRALI TELEFONSKA CENTRALA (GOVOR) I DSLAM (DSL Access Multiplexer) - PODATKOVNI MULTIPLEXOR (VIDI Sliku)

• KORISNIK SE NA LINIJU SPAJA NID-om (Network Interface Device)

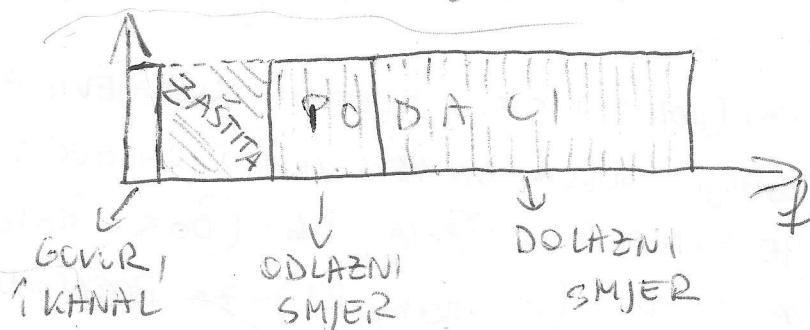
TEL. CENTRALA



TELEFON



- KORISTI SE OFDM ZA PODJELU FREKV. PODRUČJA, S TIM DA SE ODLAZNOM SMJERU DAJU KANALI NA NIŽIM FREKV. (JER JE NA NJIMA MANJE GUŠENJE, KOJE NAM JE POTREBNO JER SU ODLAZNE SNAGE MANJE - ČIME S/N OSTAJE ISTI), A ODLAZNOM KANALI NA VIŠIM FREKVENCIJAMA; OSIM TOGA NA NAJNIŽOJ FREKVENCIJI JE GOVORNI KANAL, A ODLAZNI SMJER ZAUZIMA MANJE KANALA OD DOLAZNIH - JER PRIVATNI KORISNICI VIŠE DOWNLOAD-aju, PA IM TE BRŽINE TREBAJU BITI VEĆE (VIDI SLIKU)



→ IZMEAU GOVORA I PODATAKA JE ZAŠTITNI POJAS (DA SI NE SMETAJU, A RADI NE IDEALNOG FILTRA)

- U KANALIMA SE KORISTI QAM S 0-15 bit/simbol, BRŽINOM 4000 Bd PA JE UKUPNA BRŽINA U NEKOM SMJERU: $R = N_{\text{KANALA}} \cdot (0-15) \cdot 4000$
- POMOĆU PILOTSKIH SIGNALA PROVERAVAJU SE KANALI PA SE NEKIM KANALIMA ŠALJE VIŠE, A NEKIMA MANJE PODATAKA
- KORISTE SE 2 NORME:
 - G.DMT } JEDINA RAZLICA JE ŽTO G.LITE KORISTI $2 \times$ MANJE FREKV.
 - G.LITE } PODRUČJE (I STOGA $2 \times$ MANJE BRŽINE)
- VREMENSKI OKVIRI ($T=250 \mu\text{s} = \frac{1}{4000 \text{ Bd}}$) SU PODIJELjeni NA PODATKE ZA BRZI PRIJENOS S OBGOVARAJUCIM ZAŠTITnim BITOVIMA (ZA LIVE PRIJENOSE) I NA ISPREPLETENE PODATKE S MANJE ZAŠTITNIH BITOUA (ZA INTERNET, ISPREPLIĆU SE DA BI SE UKLONILA SKUPNA GREŠKA, ALI TO UNOSI KAŠNjenje)

→ VDSL:

- DOVODI OPTICKI KABEL BLIZU KORISNIKA, ŽTO SMANjuje GUŠENJE I OMOGUĆAVA VEĆE BRŽINE (ČAK DO 100 Mbit/s)
- OVISNO O BLIZINI OPTIKE,IMA RAZNE NAZIVE; PODRŽAVA ASIMETRIČNI I SIMETRIČNI PRIJENOS



Elektroničke komunikacije

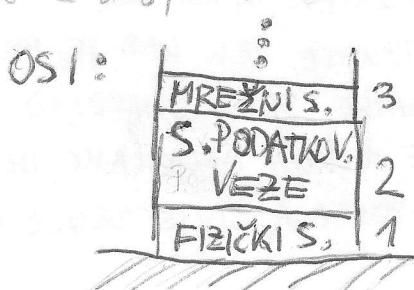
F. Pređavanje

by: egišlav

1. DIO: LAN; Ethernet (FIXNI)

→ općenito:

- Local Area Network (LAN) su mreže koje se koriste za povezivanje uređaja na manjem području, npr. na fakusu, a odlikuju ih velike brzine prijenosa, malo 'BER' i sl.
- LAN ima nekoliko vrsta prijenosa, unicast - pojedini paket se šalje prema 1 korisniku (adresi), multicast - skupini korisnika, ili broadcast - svim korisnicima u mreži
- Svi podaci se šaju jednim medijem, u obliku okvira PROMJENJIVIH VELIČINA, i nije potrebno koristiti usmjeravanje paketa u čvorovima, već samo adresiranje
- IEEE norme provedene su brojevima. 802.3 (Ethernet) i 802.11 (WLAN)
- IEEE norme se od nose na prva dva sloja u 'OSI' modelu, s tim da je 2. sloj, sloj podatkovne veze podjeljen na 2 podsloja, 'MAC' i 'LLC' (VIDI SLIKU!)



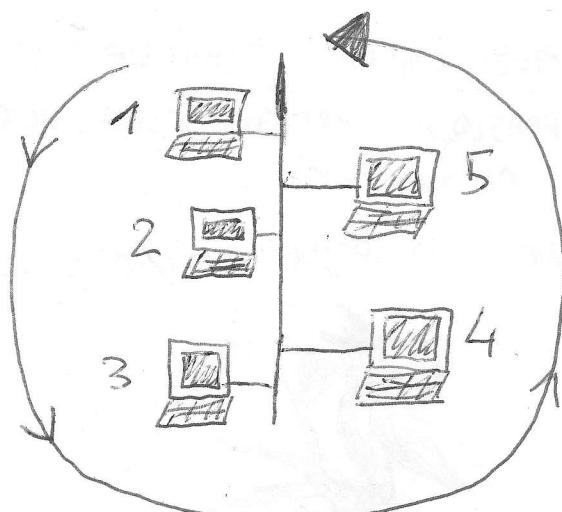
→ LLC (Logical Link Control):

- JEDNAKO DEFINIRAN za sve LAN mreže (FIKSNE i RADIJUSKE-WLAN), služi kao sučajev između MAC podsljaja i mrežnog sljaja, neovisan o fizičkom sljaju ili mediju (parika, optika, prostor ...)
- Izveden programski i nudi spojne i nespojne uslove s ili bez potvrde primjera okvira
- Slanje podataka među postajama



MAC (Medium Access Control):

- PROVODI DOBJELU FIZIČKOG MEDIJA POSTAJI, TE JE ZA SVAKI MENJ DEFINIRAN DRUGI, ODGOVARAJUĆI, MAC PODSLOJ
- KAKO SLUŽI ZA UPRAVLJANJE PRISTUPOM PRIJENOSNOM MEDIJU, KORISTI 2 NAČINA ZA TO : - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect)
 - token passing ;
- KAKO BI VIŠE KORISNIKA KORISTILO ISTI MEDIJ
- CSMA/CD JE VIŠESTRUKI PRISTUP OSLUŠKIVANJEM NOSIOCA I DETEKCIJOM SUDARA, ŠTO ZNAČI DA MREŽNA POSTAJA OSLUŠKUJE NOSIOC, I KADA JE MEDIJ SLOBODAN POČINJE SLATI PODATKE, TE DO SUDARA MOŽE DOĆI AKO VIŠE POSTAJA ISTOVREMENO POČNE SLATI I TADA RAZLIKUJEMO 2 TIPOA SUDARA; JER POSTAJA KIJEKOM SLANJA OSLUŠKUJE MEDIJ:
 - RANI SUDAR → POSTAJA DETEKTIRA SUDAR KIJEKOM SLANJA I STAJE SA SLANJEM OKVIRA I POČINJE PONOVNO SLATI POSUJE NEKOG PERIODA (TRAJANJA) KOJE JE SLUČAJNO ODABRANO, PA KAŽEMO DA CSMA/CDIMA STOHALSTIČKO (SLUČAJNO) KAŠNJENJE
 - KASNI SUDAR → DO SUDARA DOČASI NAKON ŠTO JE POSTAJA PRESTALA SLATI OKVIRE, I DVAJ TP SUDARA SE NE MOŽE DETEKTIRATI
- token passing (UPRAVLJANJE PRISTUPOM PRIJENOSNOM MEDIJU PROSLJEDIVANJE PRISTUPNE RIJEĆI) - DETERMINISTIČKA LATENCIJA (MOGUĆE ODREDITI KAŠNJENJE) - MREŽA MORA LOGIČKI FORMIRATI PRSTEN, NAKON ČEGA MREŽOM KRUŽI token, pojedina postaja može slati pakete tek kad je pristupna riječ došla do nje, s tim da može slati podatke samo unaprijed određenim periodom trajanja nakon čega šalje token dalje (ako nema što za slati, odmah ga proslijeduje); kada jedna postaja šalje druge čekaju
- OBLIKOVANJE LOGIČKE TOPOLOGIJE PRSTENA NA PRIMJERU FIZIČKE TOPOLOGIJE SABIRNICЕ:



NAKON ZADNE POSTAJE (5),
SLIJEĐI OPET PRVA (1),
PA SE FORMIRAJE SLANJE PODATAKA
U KRUG (PRSTEN TOPOLOGIJA) (2)

→ Ethernet inačice i okviri:

- VIŠE OD 90% RAČUNALA KORISTI ETHERNET KAO GLAVNU FIXNU LAN I WLAN TEHNOLOGIJU, PA KADA PRIČAMO O LAN-U, PRIČAMO O ETHERNETU!
- PRVA PODJELA ETHERNETA (FIKSNOG) JE S OBZIROM NA FIZIČKI MEDIJ, PA IMAMO RAZLIČITO OZNAČAVANJE INAČICA:

$$10^x + \frac{\text{BASE}}{\text{BROAD}} + w + z = 10^x \cdot \frac{\text{BASE} \cdot w \cdot z}{\text{BROAD}}$$

► BRŽINA PRIJENOSA PODATAKA (1 Mbit/s, 100 Mbit/s ...)

BASE/BROAD → PRIJENOS U OSNOVНОM (BASE) ILI ŠIROKOM POJASU (BROAD)

w → OZNAKA PRIJENOSNOG MEDIJA, AKO NE PIŠE NIŠTA, TADA JE TO KOAKSIJALAC (T - TWISTED PAIR; FIL, S, X - OPTIČKI KABEL)

z → NAJVEĆA MOGOĆA DULJINA KABELA (U km)

NPR.: $1000 \cdot \text{BASE-LX-10} \Rightarrow 1000 \text{ Mbit/s, OSNOVNI POJAS, OPTIKA, MAX. } 10 \text{ km}$

- ETHERNET KORISTI CSMA/CD U MAC PODSLOJU, A DRUGA PODJELA JE S OBZIROM NA TO KOJU INAČICU OKVIRA ETHERNET KORISTI (STARJI PREMA NOVIJEM):
 - ETHERNET I → ETHERNET II → ETHERNET 802.3
- IZGLED OBЛИKA OKVIRA U MAC PODSLOJU JE NAPREDOVAO, TE POSTOJE SITNE IZMJENE S ETHERNET II → 802.3, OPĆENITI OBЛИK JE NA SLICI:

PREAMBULA (8/7+1 OKTET)	MAC ADRESA ODREĐIŠTA (6 OKTETA)	MAC ADRESA IZVORA (6 OKTETA)	DULJINA VRSTA (2 OKTETA)	PODACI (46-1500 OKTETA)	FCS (4 OKTETA)
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	----------------------------	-------------------

- PREAMBULA SLUŽI ZA SINKRONIZACIJU IZVORA/ODREĐIŠTA; DULJINA (VRSTA) ODREĐUJE DULJINU (ILI VRSTU) OKVIRA; PODACI IMAJU ODREĐENU NAJMANJU DULJINU, KOJA SE POPUNI DO 46 OKTETA AKO JE MANJE; FCS JE ZAŠTITA I KODIRANJE PODATAKA (Frame Check Sum)

- SVAKO RAČUNALOIMA JEDINSTVENU MAC ADRESU kojom je adresirano (2⁴⁸ kombinacija) i koju PROIZVODAČ upisuje u njega.

→ Ethernet uređaji:

- UREĐAJE DJELIMO S OBZIROM NA POZICIJU U MREŽI I FUNKCIJU:
 - KRAJNJI UREĐAJI → IZVORI ILI ODREĐIŠTA PODATAKA
 - UREĐAJI ZA PRIJENOS PODATAKA → SAMO PROSLJEDUJU PODATKE I POVEZUJU UREĐAJE

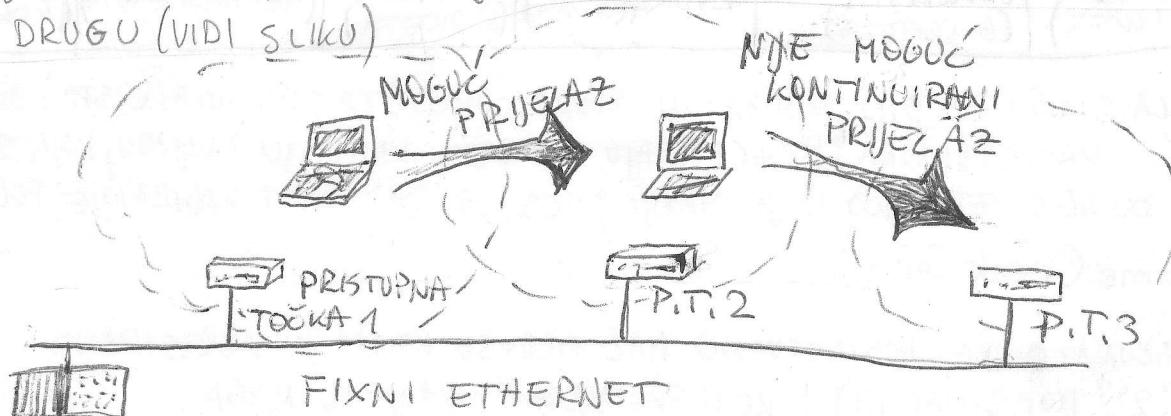
• UREĐAJI:

- OBNAVLJAC (REPETITOR) - OBNAVLJA SIGNAL ZA DALJE SLANJE
- PARIČNI OBNAVLJAC - ISTA STVAR, S TIM DA JE PARIČNI NAPREDNJIJ, IMA NEKE DODATNE FUNKCIJE, POVEZUJE POSTAJE U MREŽU
- MOST - POVEZUJE VIŠE MREŽA ZAJEDNO, OBNAVLJA SIGNAL, (JOŠ NEKE FUNKCIJE)
- KOMUTATOR - SLIČNO MOSTU, SAMO BRŽI, BOLJI I SKUPLJI
- USMjerivač (ROUTER) - KRAJNJA VEZA MREŽE (LANA) S OKOLINOM (DRUGIM MREŽAMA)

2. DIJEL: WLAN (Wireless LAN)

→ općenito:

- RADJSKE LOKALNE MREŽE (WLAN) SE KORISTE SLOBODnim PROSTOROM KAO MEDJEM PROPAGIRAJUCI ELEKTROMAGNETSKE VALOVE U RADUJSKOM ILI INFRACRVENOM (JAKO RJEŠTVO) SPEKTRU
- WLAN KORISTI NEKOliko FREKVENTUJSKIH PODRUČJA, NELICENCIrano (OKO 2.5 GHz), ZA KOJE NIJE POTREBNA DOZVOLA, I LICENCIrana (OKO 5, 5.5 i 17 GHz) ZA KOJE SU POTREBNE DOZVOLE
- DVJE SU TEMELjNE SKUPINE NORMI ZA WLAN, HiperLAN (NE OBRAĐUjEMO => IEEE 802.11 (OBRAĐUjEMO => IEEE 802.11)
- RAČUNALA MOGU KORISTITI WLAN BEZ PRISTUPNE TOČKE, ZA MEĐUSOBNO POVEZIVANje, ILI MOGU KORISTITI PRISTUPNE TOČKE ZA POVEZIVANje S FIKSnim ETHERNETOM, PRITOM PAZEĆI DA UKOLIKO SE KORISTI VIŠE PRISTUPnih TOČKI MORAMO PAZITI DA NAM JE OMOGUĆEN KONTINuiran PRIJELAZ RAČUNALA IZ PODRUČJA POKRIVA NJA JEDNE PRISTUPNE TOČKE U DRUGU (VIDI SLIKU)



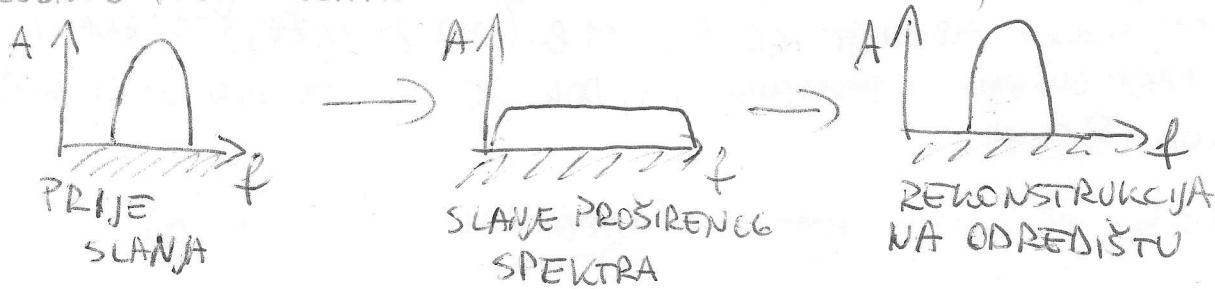
- LLC PODSLoj JE ZAJEDNIČKI ZA SVE VRSTE WLAN-a (KAO I kod ETHERNETA), MAC PODSLOJI IMaju JEDNAKЕ FUNKCIJE, IAKO SVAKA OD 5 VRSTI FIZIČkog SLOJA IMA VLASTITI MAC PODSLoj
- MAC PODSLoj KORISTI CSMA/CA (Collision Avoidance) - IZbjEGAVANje, A NE DETEKCIju SUDARA (JER TO NEMOže U SLOBODNOM PROSTORU); ŠALJE ZAHTEV ZA SLANjem ODREDišTU ČEKa. Dok NE DOBiJE POTVRDU ZA SLANjem (AKO NE DOBiJE, ČEKa PA PONOVno ŠALJE ZAHTEV)

• U WLANU FIZIČKI SLOJEVI SE RAZLIKUJU TE IMAMO 5 VRSTI, REDOM PO NAPREDNOSTI I OTKRICO:

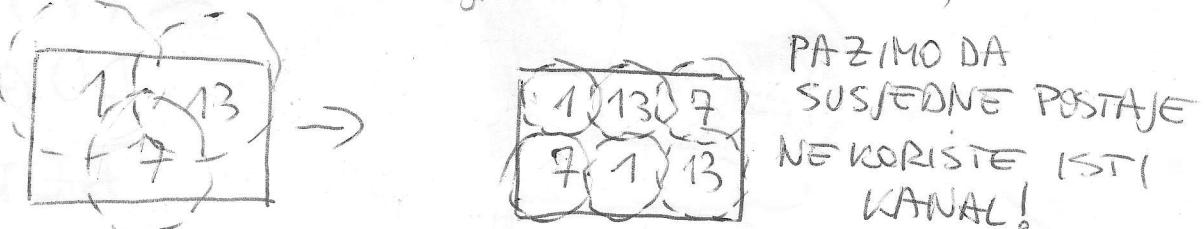
- DSSS } PRIMENOS UZ PROŠIRENE POJASA
- FHSS }
- 802.11b }
- 802.11a } OFDM
- 802.11g }

→ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum):

- IZ FORMULE $c = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$ UZ JEDNAK KAPACITET KANALA VIDIMO DA NAM JE UZ PROŠIRENE POJASA (B) POTREBAN MANJI S/N
- KORISTIMO PRI PRIMENOSU PUNO ŠIRI POJAS OD POTREBNOG; TJ. PRJEV SLANJA PROŠIRIMO FREKV. POJAS NIZOM OD 11 CHRPNH IMPULSA KOJI SU USKL V VREM. DOMENI (ZNAČI ŠIROKI U FREKV.), TAKO ŠALJEMO I NA ODREDIŠTU PET VRAĆAMO U IZVORNII OBLIK (VIDI SLIKU)



- U ŽELJENOM FREKV. PODRUČJU DSSS-a IMAMO VIŠE KANALA NA RASPOLAGANJU, ALI SE ONI PREKLAPAJU PA IZ NA NEKOM PODRUČJU KORISTIMO MAT. 3
- SVAKA PRISTUPNA POSTAJAIMA SVOJ KANAL, PODRUČJA POKRIVANJA POJEDINIH POSTAJA SE TREBAJU POKLAPATI, A BOJU POKRIVENOST POSTIŽEMO KORIŠTENJEM VIŠE POSTAJA MANJIH SAGA (SLIKA)



→ FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum):

- RJEŠAVA PROBLEM MAЛОG BROJA MOGUĆIH POSTAJA U SUSJEDSTVU KAO KOD DSSS-a, KORIŠTENJEM PUNO VEĆEG BROJA KANALA NA TAKOBR PROŠIRENOM FREKVENCIJSKOM POJASU (SPEKTRU)
- SVAKA POSTAJA GENERIRA PSEUDOSLUČAJNI Slijed koji DEFINIRA BROJ KANALA, I TADA POSTAJA SKAČE S KANALA NA KANAL U VREMENIU, NE ZADRŽAVAJUĆI SE NA JEDNOM PREDUGO, I KORISTECI NEKI MINIMALNI RAZMAK IZMEĐU Slijednih kanala (NE SMJU BITI PREBLIZU)

POREĆAN BROJ POSTAJA U SUSJEĐSTVU, A VJEROJATNOST DA SUSJEĐNE
POSTAJE SKOČE NA ISTO FREKV. PODRUČJE (KANAL) JE JAKO MALA

→ 802.11 b:

- SLIČAN DSSS-u, S TIM DA KORISTI 8-CHIPNE IMPULSE, PA JE
BRZINA S OBZIROM NA DSSS POVEĆANA $11/8 = 1,375$ PUTA (MANJI JE
FAKTOR PROŠIRENJA POJASA, PA SU POTREBNE VEĆE BRZINE)
- U NJEMU JE INTEGRIRAN I DSSS (PODRŽAVA I NEGOVE BRZINE)

→ 802.11 a:

- KORISTI DRUGO FREKV. PODRUČJE OD 802.11 b, TE KORISTI 8, A
NE 3 KANALA
- OSIM TOGA KORISTI OFOM POSTUPAK PA SU BRZINE VIŠESTRUKO
VEĆE

→ 802.11g:

- KORISTI FREKV. PODRUČJE OD 802.11 b (JER JE NIŽE, ŠTO ZNAČI DA
IMA MANJE GUŠENJE I POVOĆNije JE), DOK JE SRE OSTALO JEDNAKO KAO
I KOD 802.11a
- PODRŽAVA PRETHODNE POSTUPKE (INTEGRIRANI SU U NJEGA)



Elektroničke komunikacije

8. predavanje

by: egistar

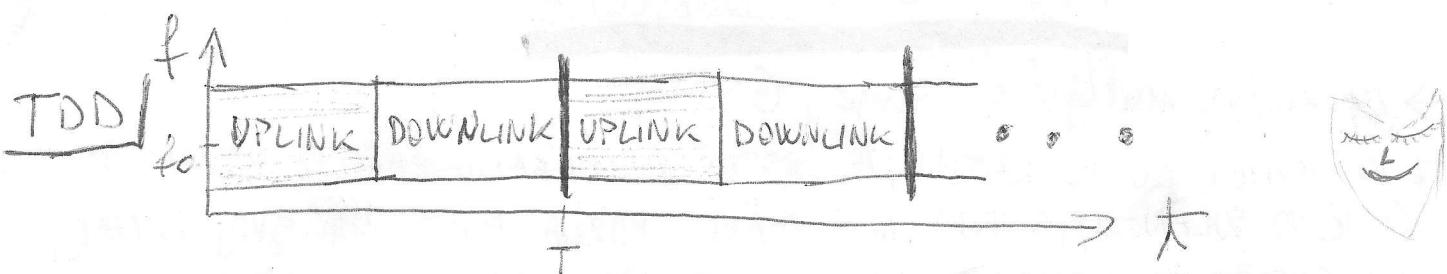
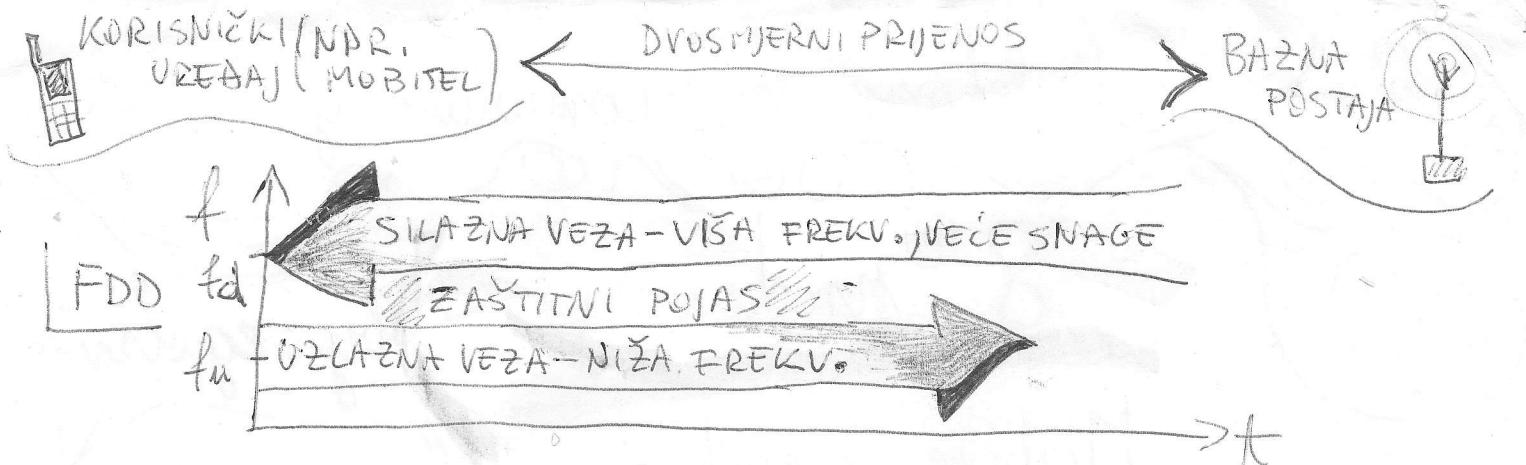
Mobilne komunikacije

→ općenito, multipleksiranje, GSM:

- KORISNICI SU POKRETNI, A SUSTAV JE ORGANIZIRAN U BAZNE POSTAJE (SLIČNO WLAN-u), S TIM DA SVAKA BAZNA POST. IMA SVOJ KANAL, DA SUSJEDNE POSTAJE NE KORISTE ISTI KANAL, ALI ISTO TAKO DA JIM SE PODRUČJA POKRIVANJA PREKLAPAJU KAKO BI BIO OMOGUĆEN KONTINUIRAN PRJELAZ KORISNIKA IZ PODRUČJA JEDNE B.P. U DRUGU
- PODRUČJA POKRIVANJA JEDNE B.P. NAZIVAMO ĆELIJA, A SKUP ĆELIJA KOJI SU ISKORIŠTENI SVI KANALI - GROZD (VIDI SLIKU!)

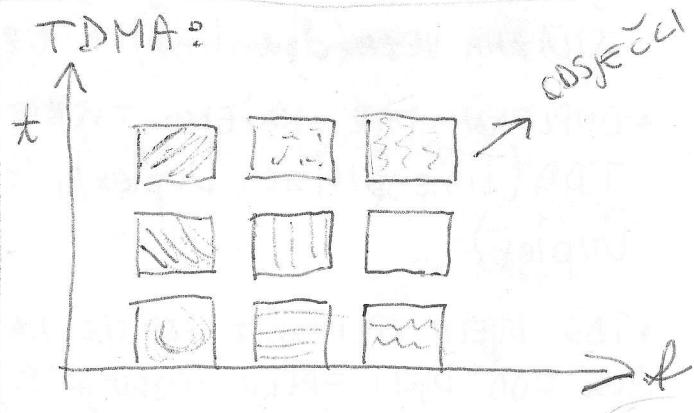
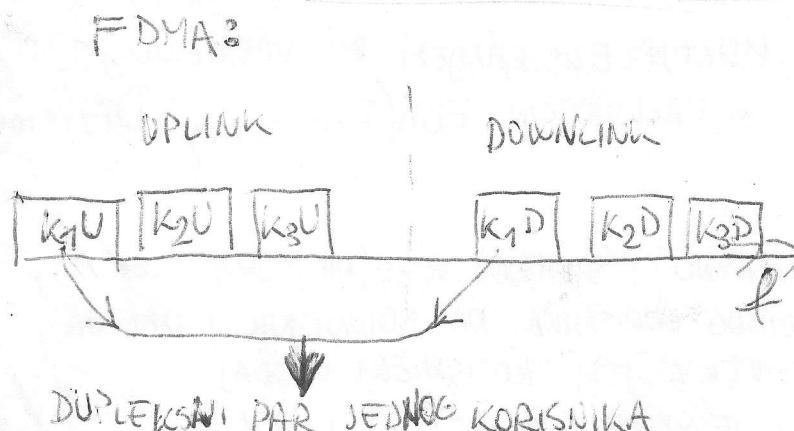


- KAKO POJEDINI KORISNIČKI UREĐAJ (MOBITEC NPr.) MORA SLATI I PRIMATI PODATKE (I GOVOR) NUŽNO JE MULTIPLEKSIRANJE KANALA ZA POJEDINI UREĐAJ, S TIM DA KAŽEMO DA JE OVO DUPLEKSNO MULTIPLEKSIRANJE JER SILAZNA VEZA (downlink) I UZLAZNA VEZA (uplink) TVORE DUPLEXNI PAR:
- DUPLEXNI PAR MOŽEMO TVORITI MULTIPLEKSIRANJEM PO VREMENU, TDD (Time Division Duplex), ILI PO FREKVENCIJI, FDD (Frequency Division Duplex)
- TDD DIJELI VREMENSKE PERIODE NA UZLAZNU I SILAZNU VEZU (NA JEDNOJ FREKV.), DOK FDD DIJELI FREKV. PODRUČJE POJEDINOG KORISNIKA NA DOWNLINK I UPLINK, S TIM DA JE UPLINK NA NIŽOJ FREKV. JER KORISNIČKI UREĐAJ KORISTI MANJE SNAGE, A NA NIŽIM FREKV. JE MANJE GUŠENJE (KAO I DSL)



- OSIM ŠTO POJEDINOM KORISNIKU MORAMO OMOGUĆITI DOWNLINK I UPLINK, PA PROVODIMO MULTIPLEXIRANJE I TVORIMO DUPLEX-PAROVE, MORAMO OMOGUĆITI DA SE ISTIM KANALOM KORISTI VIŠE KORISNIKA, PA JE NUŽNO I MULTIPLEX PO BROJU KORISNIKA (Multiple Access)
- IMAMO 3 INAČICE PRISTUPANJA VIŠE KORISNIKA; FDMA, TDMA, CDMA
- FDMA (Frequency Division MA) → DODIJELJENI DUPLEXI FREKVENCija SE DIJELE NA KORISNIKE (FREKVencijska podjela), SVAKOM KORISNIKU NJEGOV DUPLEXNI PAR
- TDMA (Time Division MA) → Nije čisto dijeljenje vremena, već se i frekvencijski dijeli, tvori se matrica i svaki korisnik ima svoj odsječak (vrijeme-frekvencija)

- CDMA (Code Division MA) → korisnici koriste isto frekvencijsko područje (pojas), a digitalne informacije se moduliraju uz upotrebu kodova, po principu svakom korisniku njegov kod, pa se tako odvajaju podaci za svakog korisnika; osim toga koristi se i proširenje spektra (kao kod WLAN DSSS-a)



DUPLEXNI PAR JEDNOG KORISNIKA

2/3

• 3 GENERACIJE RAZVOJA MOBILNIH KOMUNIKACIJA:

- 1G \rightarrow FDMA TEHNOLOGIJA FM MODULACIJA

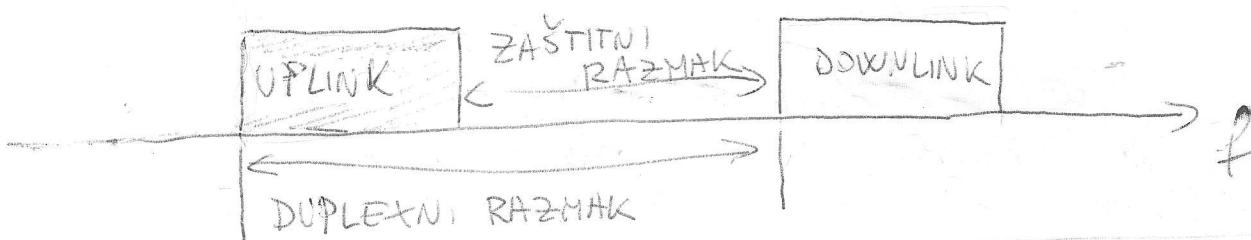
- 2G \rightarrow GSM (Global System for Mobile communications) -

VEĆE BRZINE, FDMA/TDMA TEHNOLOGIJA S GMSK MODULACIJOM;
S TIM DA SE VRIJEME DIJELE NA 8 ODSJEĆAKA, PA JE UKUPAN
MAXIMALNI BROJ ISTOVREMENIH POŽIVA NA NEKOM PODRUČJU:

$$\boxed{\text{BROJ ĆELIJA} \times \text{BROJ FREKV. PO ĆELIJI} \times 8}$$

- 3G - UMTS \rightarrow WCDMA TEHNOLOGIJA (Wide COMA) uz TDD ili FDD;
JOS VEĆE BRZINE

- ONO ŠTO JE VAŽNO JE DA KOD SVAKOG SUSTAVA (OSIM PRVIT GENERACIJA GSM-a) BRZINE PADAJU S POVEĆANjem MOBILNOSTI KORISNIKA I PODRUČJEM POKRIVANJA
- DEFINIRA SE ZAŠTITNI RAZMAK KAO RAZMAK IZMEĐU KRAJA UPLINKA I DOWNLINKA, TE DUPLEXNI RAZMAK - IZMEĐU DUPLEXNIH PAROVA POJEDINIH KORISNIKA (ZNAĐI NPR. IZMEĐU POČETKA UPLINKA I DOWNLINKA) (VIDI Sliku :)



- BOJA POKRIVENOST I POVEĆANJE BROJA KORISNIKA SE KAO I KOD WLAN-a OSTVARUJE SMANJENJEM SNAGE I POVEĆANJEM BROJA POSTAJA

➤ Propisi:

- PUNO JE PROPISA I ZAKONA TE NORMI VEZANO UZ ELEKTRONIČKE KOMUNIKACIJE, A DIJELE SE NA:
 - PROPISI TEHNIČKE VRSTE \rightarrow PRIMJENA NIJE OBAVEZNA, ALI JE KORISNA I POŽELJNA
 - PROPISI ADMINISTRATIVNE VRSTE \rightarrow PRIMJENA JE OBAVEZNA I ZAKONSKO REGULIRANA
- MNOGO JE VLADINIH I SVJETSKIH ORGANIZACIJA KOJE SE BAWE PROPISIMA U ELEKTR. KOMUNIKACIJAMA, A NJIJAVAŽNIJA JE ITU (International Telecommunication Union)

