1)ciklus

teorija

Analogna informacija **kodekom** digitalna, obrat **modemom** Ljudski slušni sustav -20 Hz do 20 kHz - Govor - od 100 Hz do 7 kHz

- U telefonskom sustavu je širina pojasa signala govora ograničena na područje od 300 Hz do 3400 Hz, S/N je 30-40 dB

- U reprodukciji glazbe CD kvalitete radi se frekvencijsko područje do 22 kHz, S/N je 90 dB - FM 40 - 15 000 Hz - TV – 625 linija, B je 5 MHz

- **NRZ-kod** → „0“ predočena niskom razinom pravokutnog signala; „1“ visokom (unipolarni – od 0 prema +oo; odnosno „0“ prikazana nulom; bipolarni

- **RZ-kod** → olakšava problem sinkronizacije; unipolarni - „0“ prikazana niskom „1“ visokom razinom pravokutnog signala u prvoj polovici intervala

-**Manchester kod** → „1“ porastom u visokoj razini, „0“ smanjenjem u niskoj razini; nema istosmjernu komponentu; nema taktnih impulsa;

-**M-arni linijski kodovi** → M diskretnih razina; M=2^w w=log2 M **Parena parica >**  **Koaksijalni kabel >** **Svjetlovod**

**-Pravokutni impuls** zauzima pojas frekvencija beskonačne širine; ali je prijenosni kanal konačne širine ,zato ograničavamo digitalni signal filtracijom

-**Idealni niskopropusni filtar** – pravokutna frekvencijska karakteristika; granična frekvencija (nwmoguca ali postoji– s kosinusnim zaobljenjem)

-**Nyquistov teorem-**  idealni filtar granične frekvencije 𝑓𝑔 omoguduje prijenos 2𝑓𝑔 simbola u sekundi bez smetnji među njima (- Najviša teorijski ostvariva **spektralna učinkovitost** prijenosa iznosi 2 bit/s/Hz - U praksi : α < 0,4 ; a prigušenje: 35 dB na 𝑓𝑔(1+𝛼) B=1.4f, učink=1.43

**Gaussov niskopropusni filtar** → normirana širina pojasa filtra je 𝐵∙𝑇𝑠, odnosno 𝐵∙𝑇𝑏 u binarnih signala

- **Dijagram oka** → nastaje preklapanjem velikog broja intervala bita (simbola) jedan preko drugoga

>>prijenosna funkcija optimalnog filtra odgovara konjugirano kompleksnoj funkciji Fourierove transformacije signala ulaznog impulsa.

**Modulacijski postupci** - Demodulacijski postupci mogu biti koherentni (PM, manje kompleksni, lošijih svojstava) i nekoherenti (AM – detekcija ovojnica (vršno ispravljanje), FM – demodulatorom (frekvencijski diskriminator) ili direktno - PLLom)

**AM** - Kad je indeks modulacije (ma) manji ili jednak 1 -> ovojnica moduliranog signala točno prati valni oblik modulacijskog signala

- Kad je indeks modulacije (ma) vedi od 1 -> nastaje premodulacija (ovojnica je izobličena)

- **Parsevalov zakon** -> srednja snaga nekog složenog signala je jednaka zbroju srednjih snaga njegovih spektralnih komponenata

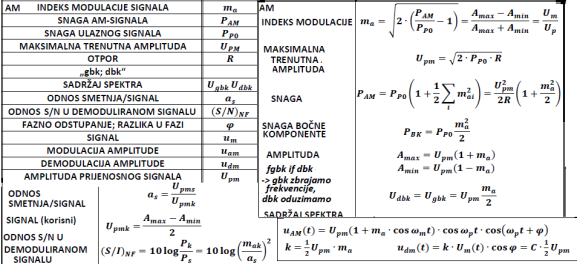
**PM i FM** - Kad je m < 0,4 -> cos(msinWt) je približno 1, a sin(msinWt) je priblizno msinWt - **Kod FMa amplituda demoduliranog šuma linearno raste porastom frekvencije** - Omjer signal/šum se može povedati **akcentuacijom** prije modulacije i **deakcentuacijom** nakon demodulacije signala.

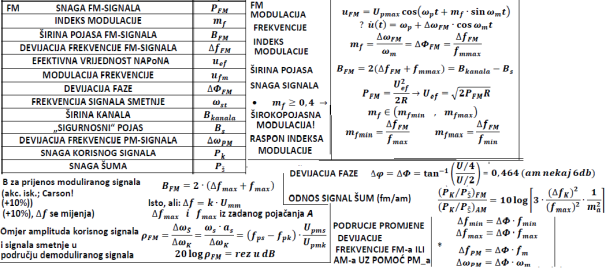
- Za privatne FM mreže karakteristika akcentuacije s konstantnim nagibom +d dB/oktava, tj. +20 dB/dekada

- Deakcentuacijom se uklanjaju unesena linearna izobličenja modulacijskog signala / akcentu.- se linearno izobličuje signal

Dakle AM i FM ne zahtijevaju koherenciju (ali mogu biti koherentni), a PM zahtijeva koherenciju.

zadaci





2 ciklus

zadaci

>>>1. Digitalni podaci brzine Rs=1200 bit/s prenose se pomoću BFSK-modema analognim telefonskim kanalom koji omogućuje prijenos govornog signala u pojasu od 300 Hz do 3400 Hz. Znaku "0" pridružena je diskretna frekvencija od f0=1300 Hz, a znaku "1" frekvencija f1=2100 Hz.

Potrebno je odrediti: 1.Frekvenciju prijenosnog signala! dp=(f0+f1)/2=1700Hz 2.Veličinu devijacije frekvencije! dff=(f1-f2)/2=400Hz

3.Veličinu indeksa modulacije! mf=df/fm=df\*Tm=2\*df\*Tb=2\*df/Rb=0,67

4.Granične frekvencije zauzetog pojasa frekvencija unutar govornog kanala! Bfsk~2(df+fm)=2df+1/Tb=2kHz fd,g=fp-+B/2

>>>2. Modulacijski postupak QPSK koristi se za prijenos podataka brzinom 8,448 Mbit/s. Prijenosna frekvencija iznosi 2,4 GHz. Potrebno je odrediti granice pojasa frekvencija što ga zauzima QPSK-signal kad se za filtriranje modulacijskog signala koristi, 1. idealni Nyquistov filtar, Bn=1/Ts=1/2Tb=Rb/2=4.49 MHZ

2. filtar s kosinusnim zaobljenjem faktora zaobljenja u iznosu od L=0,3! B=Bn(1+L)=5,49 MHz

>> 3. Analizatorom spektra izmjeren je spektar snage idealnoga 8-PSK signala prema slici

Kolika je brzina prijenosa bita? 1. Ts=3Tb 1/Ts=2400-2388=12MHz Rb=1/Tb=3/Ts=3\*12MHz=36Mb/s

Kolika je spektralna učinkovitost postupka ako se upotrijebi filtar sa kosinusnim zaobljenjem i faktorom zaobljenja od 0,25. max Rb/B=log2(8) Rb/B=(max Rb/B) / (1+L) =2.4 bit/s/Hz

>>>4. Digitalni podaci prenose se brzinom od Rb=19200 bit/s koristeći modulacijski postupak QPSK i kosinusni filtar s faktorom zaobljenja 0,5. Snaga moduliranog signala na ulazu u prijamnik iznosi c=1 nW, a gustoća snage šuma je N0=6·10^-15 Ws.

1.Koliki je omjer snaga signala i šuma u pojasu moduliranog signala? C/N=db=log C/N? Bn=1/Ts=Rs=Rb/2=9,6kHz B=Bn(L+1)=14,4kHz N=N0\*B=86,4pW C/N=10,65dB 2.Koliki je omjer energije simbola i gustoće snage šuma? Es=C\*Ts=C\*2/Rb=1,04\*10^-13

>>>> 5. Komunikacijskim sustavom, koji koristi diferencijalni BPSK-postupak, prenose se podaci brzinom od Rb=2,048 Mbit/s. Gustoća snage šuma u prijenosnom kanalu iznosi N0=4·10^-15 Ws. Kolika mora biti izlazna snaga odašiljača da se ostvari vjerojatnost pogreške od pe=10^-5, ako do prijamnika snaga signala priguši A=90 dB. e^(Eb/N0)=1/2pe => Eb/N0=ln(1/2pe) Cr=Eb/Tb=Eb\*Rb=8,86\*10^-8 C=Cr\*10^9

>>>> 7. Komunikacijskim sustavom potrebno je prenijeti podatke brzine Rb=140 Mbit/s kanalom širine pojasa B=30 MHz. Faktor zaobljenja kosinusnog filtra iznosi L=0,25. Potrebno je odabrati modulacijski postupak kojim se postiže najveća otpornost na šum.

B=Bn(1+L) => Bn=B/(1+L)=24MHz=Rs n=Rb/Rs=140/24=5.83~6bit/simbol modul stanja 2^6=64 najbolji 64 qam-veci razmak, manji šum

>>>11. Parametri COFDM postupka za digitalnu zemaljsku televiziju (DVB-T,) za tzv. «8k» inačicu su kako sljedi: •trajanje simbola moduliranog signala u potkanalu iznosi T0 = 896 µs, •trajanje zaštitnog intervala iznosi T0/4, •koristi se 6817 podnosilaca i modulacijski postupak 16-QAM.

1.Koliko je trajanje zaštitnog intervala? Tz1=T0/4=224\*10^-6s 2.Koliki je broj bita pridružen svakom OFDM-simbolu? broj bita/OFDM= 4\*6814=27268

3.Kolika je bruto brzina prijenosa bita? Tofom=T0+Tz1=1.12; 27268:1.12=X:1000 => x=24.346 Mbit

4.Koliki je frekvencijski razmak OFDM-podnosilaca? df=1/T0=116 Hz 5.Kolika je ukupna širina pojasa OFDM-signala? Bofdm=N\*df=7.61 MHz

>>>Zaštitni iterval u OFDMu služi za smanjeje vje.pogreške usljed smetnji nastalih višestručnim širenjem signala

>>>Potrebno odrediti frekvenciju ofdma 24 potkanala ako je trajanje 1 simbola 10μs a trajanje zaštite 2 μs Ts=T0+Tz =>T0=Tz-Ts=8 μs f=1/T0

>>>digitalni signal brzine Rb=270kbit/s u 8PSK, širina pojasa je ograničena Nys filterom; B=? Ts=3Tb, Tb=1/Rb Bn=1/Ts=Rb/3=90

>>> na smetnje najotporniji QPSK=BPSK=4-qam >>>nedostatak paketa naprema kanalu je kašnjeje u realnom vremenu

>>>na kojem se razmaku nalaze difk f. Msk signala brzine Rb=9600 2df=f1-f0=1/Tb=Rb/2 =4800

>>>neučinkovitosft FDM uzrokovana je ubacivanjem zaštitnog pojasa između susjednih kanala u frekvenciskom sprektu

>>> Dig podaci brzie Rb=200kHz se uz pomoć frekvencija f,f2,f3,f4 koliki je ideks modulacije? m=df/fm=df\*Tm=2df\*Tb=2(f1-f0)\*1/Rb=2

>>>4FSK sa diskretnim stanjima 1000,1600,2200,2800Hz kod koje frek signaali biti ortogonalni? 2\*df=1/Ts Rs=1/Ts=2\*df=600\*2=1200

BRZINA PRIJENOSA BITA 𝑹𝒃=𝒏∙𝑹𝒃𝒓 𝒃𝒑𝒔 n-broj kanala, Rbr-brzina 1 kanala PERIOD Tb=1/Rb

(teorijska) MINIMALNA ŠIRINA POJASA (idealnog i Nyquistovog filtra) Bn=Rb/2=1/2Tb[Hz] u podruciju modulacije Rb=Bn

REALNA ŠIRINA POJASA B=Bn(1+L) L-faktor zaobljenja L=-B/Bn+1 PO II Nyq. teoremu Bn s nalazi na polovici frekvenciskog spektra Gn=(f1-f2)/2

SPEKTRALANA UČINKOVITOST Rb/B [bps] GUŠENJE SIGNALA L=10 log (Piz/Pul)

POJAČANJE SIGNALA A [dD] P[10x=+-10dB, 2x=+-3dV] A[10x=+-20dB,3x=6dB] BOLTZMMANOVA KONSTANTA 𝒌𝑩=𝟏,𝟑𝟖𝟎𝟔∙𝟏𝟎−𝟐𝟑𝑱/𝑲

KAPACITÄT 𝑪 Cmax=Rbmax=2B Realni C=2B\*log2 (M) M-diskretne razine C=2B\*log (1+S/N) S/N nije u dB, ako je dB onda 10^(X/10)

BROJ BITOVA PO UZORKU 𝒏𝒃=𝐥𝐨𝐠𝟐(𝒏𝒒+𝟏) FREKVENCIJA UZORAKA ANALOGNOG SIGNALA fanal=Rb/nb=2\*f

GUSTODA SNAGE TERMIČKOG ŠUMA N0=Pn/B=k\*T SNAGA TERMIČKOG ŠUMA 𝑵=𝒌𝑩𝑻 𝑾 ; 𝑵=𝐥𝐨𝐠𝒌+𝐥𝐨𝐠𝑻+𝐥𝐨𝐠𝑩 [𝒅𝑩]

BROJ MOGUDIH RAZINA KVANTIZACIJE 𝒏𝒒 [𝒃𝒊𝒕/𝒖𝒛𝒐𝒓𝒂𝒌] BROJ BITOVA PO UZORKU 𝒏𝒃 [𝒃𝒊𝒕/𝒖𝒛𝒐𝒓𝒂𝒌] nb=log2 (nq) + 1

Pulse Amplitude Modulation),– modulacija trajanja impulsa (PDM, Pulse Duration Modulation),- modulacija širine impulsa (PWM, Pulse Width Modulation),– modulacija položaja (faze) impulsa (PPM, Pulse Position (Phase)

– modulacija frekvencije impulsa (PFM, Pulse Frequency Modulation).

Teorija

-više simbola->veća djelotvornost prijenosa • Brzina prijenosa bita jednaka je: Rb = RS log2 M [bit/s], M – broj simbola. • U binarnim M = 2, RS = Rb.

Nyquistovi filtri s kosinusno zaobljenom karakteristikom (C/N, Carrier/Noise). Eb/N0, Eb=C\*Tb=C\*1/Rb, N0=N/B, Eb/N0=C\*B/(N\*Rb)

• Uporabom filtra sa kosinusno zaobljenom karakteristikom uz = 0,3 npr. izlazi spektralna učinkovitost od oko f1/1,3 = 0,77 bit/s/Hz.

ASk- teoretski zauzima bbeskonačni pojas frekvencija, u praksi Gask je konačan B=2\*1,6fm=1,6Tb >s0=0, s1=Up\*cos(2pi\*fp\*t) fm=1/Tb

FSK f0=fp-df, f1=fp+df signala odgovaraju sinusnim titrajima različitih diskretnih frekvencija. , m=df/fm=dm\*Tm=2\*df\*Tb

Za određivanje približne širine pojasa može poslužiti Carsonovo pravilo iz FM-postupka, Bfsk~2(df+fm)=2df+1/Tm

GFSK-gaus. filtar -> modulaciski signal postaje kont funkcija vremena -> Primjene WLAN, Plavi karijes

MFSK- Modulacijski postupci M-FSK (M-ary FSK) koriste M simbola, odnosno M frekvencija. • Svakom simbolu pridružuje se (log2M) bita.

• U svakom intervalu signaliziranja trajanja TS (TS = Tb·log2 M) • o razmaknute za 2·Δf, indeks modulacije, m=2df\*Ts 1/TS, fi=ki/Ts 2df=1/Ts

PSK • Simboli PSK-signala odgovaraju sinusnim titrajima jednake frekvencije, arazličitih relativnih faza. fi={pi\*(2n+c)/M , n=1,2,3} c=0,1

BPSK-Kod binarne diskretne modulacije faze (BPSK, Binary Phase Shift Keying) dva su moguća stanja relativne faze moduliranog signala.

• Alternativni naziv 􀁊 dvofazna PSK ili 2-PSK. -spektrala obilježa jednaka kao za ASK, max teo B=1/Tb u praksi (0,77-0,67) velika otpornost na šum

QPSK-fm=(0,pi/2,pi,3pi/2) M=4 simbola svakiu 2 bita (ona kružnica...) -spektar max Rb/B=2bit/s/Hz

OQPSK-diskretna mod. faze s vremenskim pomakom jednog znaka, smajuje se promjena amplitude pi/4QPSK-isto samo je zakrenuto za pi/4

Faza CQPSK-signala mjenja se [00]=pi, [01]=pi/2 [11]=0 [10]=3pi/2

Faza DE-QPSK-signala mjenja se tako da ako imamo 11-se ne mjenja, ako imamo[01][10] mjenja se za +-pi/2 a za[00] +pi

MSK Modulacijski postupak s minimalnim razmakom frekvencija > zapravo specijalni slučaj OQRSK f1-f0=2df=1/(2Tb)=Rb/2 f0,1=fp+-1/(4Tb)

• Konstantnost amplitude i dobra spektralna obilježja osobitosti su MSK-signala. GMSK-gausova-dodatno smanjuje B, a neznatno kvari otpor na šum

QAM--simboli se nalaze na rešetki # mjenja im se faza i amplituda, visoka je učinkovitos ali manja otpornost na šum -učinkovitost log 2 tj -

Karakteristike signala: BPSK,QPSK imaju različite C/N ali isti Eb/N0 QAM- veća učinkovitost snage

M-FSK povećanjem M, smanjuje se spektar učinkovitosti M->besk. Eb/N0=-1,59Db-Shannova granica

4)) Frekvencijski multipleks ortogonalnih podnosilaca OFDM Dopušta se određeno preklapanje potkanala. temeljne frekvencije f0. df=1/T0=f0

.OFDM tretira polazne QPSK ili QAM-simbole kao komponente u frekvencijskom području budući su to ulazni parametri za IFFT

Zbog osobina IFFT-postupka ulaz u IFFT-algoritam potencija od broja 2,dakle da je on oblika 2^n. te frekvencija je fp=(a+(N-1)/2)\*f0

• OFDM je otporniji na uskopojasne smetnje od sustava s jednim nosiocem. >>>impulsni modulacijski postupci:– modulacija amplitude impulsa (PAM,

ISPITI 07,08,09

1. pri PPM modulaciji, korekcija amplitude se provodi (pift/sinpift,) 2. Pri sinusnoj modulaciji u FM postupku, ovojnica je ( konstantna )

3. Uz zadanu vjerojatnost pogreške bita i poznatu brzinu prijenosa u kB/s, odrediti broj pogrešaka u jednom satu. N=Rb\*t\*BER

4. Prednost TCP/IP je...(mogućnost spojnih i nespojnih usluga u transportnom sloju)

5. Kolika je spektralna učinkovitost u osnovnom pojasu frekvencija uz zaobljenje karakteristike od 0.25(, 1.6 bit/s/Hz,)

6. Za prijenos s kraja na kraj mreže ....... (transportni sloj,) 7.Kolko se bita po simbolu prenosi pi/4 DQPSK postupkom(2)

8. Što komutira u javnoj komutiranoj telefonskoj mreži( kanali,) 9. OFDM signal sa 24 kanala zadan je slikom i koristi se 8-PSK modulacija, Rb'=3Rs ( nultočke su na k MHz, k € Z) Mislim da se tražilo koliko Mbita/s (72,) Rs=1/To Rb=Rb'\*24,

10. Minimalni red IFFT za 48 kanala i QPSK(?) podmodulaciju OFDM (,64,) 11. Maksimalna spektralna učinkovitost 256-QAM-a je ( 8 bit/s/Hz)

12. Pleizokrona, traže se osnovne brzine (1544 kbit/s za US, 2048 kbit/s za EU)

13. Zadan je amplitudni spektar amplitudno moduliranog signala, traži se ma(indeks modulacije))

14. Što je protokol N-tog sloja (treba zaokružiti ispravnu definiciju)

15. Najbitnija razlika između 811.a i 811.g frekvencijsko područje), 16. Za GSM mrežu, veći maksimalni broj poziv može se ostvariti( smanjenje ćelija)

17. Zaokružiti točnu tvrdnju u vezi ADSL-a( točna je bila da se odlaznim dodjeljuje niže frekvencijsko područje jer je tu manji utjecaj šuma)

18. Što se u OSI odnosi na LAN( fizički i podatkovni sloj) 19.zadan je signal traži se vrsta (Non-Return to Zero, Return to Zero, Manchester, ništa od navedenog) 20. nacrtan je dijagram oka, i pita te što je na slici( hint:dijagram oka)

1) kod kojeg medija je najmanje gusenje na 1 km (svjetlovod,) 3) kako se mijenja amplituda suma pri FM modulaciji(raste lin. s frekvencijom,.)

4) koji slojevi se koriste kod LAN-a - fizički i podatkovni sloj 5) temeljna razlika izmedju wlan 802.11g i 802.11a – frekvencijski pojas

6) zadano ukupno trajanje OFDM simbola Tuk= (1120 mikrosek), broj podnosilaca np (6817), u svakom kanalu signal se modulira s 16-QAM,M=16, širina pojasa 8MHz, kolika je spektralna ucinkovitost (3 bit/s/Hz) 16qam->Rb=4Rs=4bit/simb N=np\*log2(M) spektralna ucinkovitost Rb/B=...

7) u idealnim uvjetima kod kojeg tipa modulacije dolazi do promjene amplitude moduliranog signala (ponuđeno je mislim 256-QAM, pi/4 PSK,MSK,DQPSK) - 256 QAM ,jer kod njega se jedino modulira po amplitudi, ovo drugo je bilo ili po frek ili po fazi

8) zbog cega se kod WLAN-a koristi prosirenje frekvencijskog pojasa – smanjivanje mogućnosti da pukne veza zbog smetnji, ili nešto tako slično

9) cemu sluzi Gaussov filtar kod GMSK modulacije (smanjenju sirine pojasa)

11) isto lagan zadatak (samo je bio glupo zadan), snaga AM signala je Pam=132 W, dubina modulacije m=80%, treba izracunat P0

12) signal je kvantiziran u 256 razina i prenosi se kvaternarnim linijskim kodom, koristi se filtar s faktorom zaobljenja 0.5, signal se prenosi u pojasu sirine 12 kHz, izr. Rb (32 kbit/s)

13) ADSL, zapamtiti da se u odlaznom smjeru signal prenosi na nizim frekvencijama zbog manjeg gusenja

14) sto je usluga? (bitno da je nizi sloj pruza visem sloju)

15) umjesto postupka 16-QAM pri modulaciji se koristi 64-QAM,sto je potrebno uciniti da se zadrzi ista vjero pogreske bita (povecati snagu na ulazu)

16) koji uredjaj se koristi za povezivanje LAN i WAN mreza i nalazi se na samom kraju mreze (usmjerivac (router))

17) kod nekoherentnih postupaka demodulacije potrebno je: sinkronizacija simbola i obnova takta)

18) kod telefonske mreze odvija se komutacija cega (kanala)...

19) modulacijski signal je signal koji: (nosi informaciju) 20) sto se koristi kod stvaranja OFDM simbola (IFFT)

21) kod TDM-a (multipleksiranja po vremenu) nedostatak je: (fiksna dodjela vremenskih odsjecaka pojedinom kanalu)

22) koristenjem statistickog multipleksiranja postize se: (bolje iskoristenje kapaciteta kanala)

23) kod mobilne telefonske mreze celije koje odasilju na istim frekvencijama smjestaju se tako da budu prostorno dovoljno udaljene jedne od drugih

-10dB, 40V, 3bit/s/Hz, 130MHz(za ovaj nisam siguran), 2us i 500kbit/s - decibel je logaritamski omjer 2 velicine

- LAN korisit prva 2 sloja onog sustava za prijenos podataka (fizicki i podatkovni sloj)

- linearno raste napon šuma kod FM signala - modulator(ulaz dig, izlaz analog)

- protokol N-tog sloja, jel se to mora opet pisati..? - ADSL : brzi dolazni od odlaznog

- WLAN prosirenje frek podrucja zbog eventualnog slabljeg signala i smetnji i svega ikada ičega

- Frekvencijsko moduliranje nedostaci: moraju se osigurati slobodni međukanali zbog zaštite od mješanja frekvencija

- 4 diskretne razine - m ide od 0 do beskonačno (po teoriji) - 8bit/s/Hz,

- vise od 8, 224 Mbit/s il kolko vec.. - GSM 3x9x8 (neznam cemu ova osmica al tako mi rekose..) - mrezni sloj je isti za sve

**3ciklus jako skraceno**

**Javna komutirana mreža (PSTN): Telefonska mreža** Rabi FDM (za prijenos anal signala) i TDM (digitalnih) Prijenosni medij: upletena parica

ITU-T **impulsno-kodne modulacije (PCM)** ograničava frekvencije na period 300-3400Hz, uzorkovanje svakih 125μs Brzina prijenosa 64 k bit/s.

**Vremensko multipleksiranje govornih kanala (TDM)** Digitalnim signalima upravljaju generatori taktnih impulsa.

Vremensko multipleksiranje može biti: Asinkrono – odstupanja ne veća od Δf – PLEZIOKRONA Sinkrono – svi taktni impulsi su iste frekvencije

**Pleziokrona digitalna hierarhija (PDH)** Prvi sustav za digitalni govor, veća kvaliteta prijenosa, rabi multipleksiranje ''bit po bit'', Razine prijenosa

ITU-T G.702 – hjierarhija definirana ovom preporukom Početna brzina bila 64 k bit/s, a multipleksiranje moguće samo među susjednim razinama.

**Nedostaci PDH:** složen postupak pretvorbi ako su različite hierarhije, (de)multipleksiranje moguće samo kod susjednih razina prijenosa, 139 Mbit/s.

**Sinkrona digitalna hierarhija (SDH)** Nasljedila PDH i ispravila nedostatke, koristi izravno sinkrono multipleksiranje, koristi **svjetlovod** (velike brzine), omogućuje uvođenje širokopojasnih usluga, prva sinkrona optička mreža (SONET), brzina prijenosa 155,5 Mbit/s

**STM-1** 8000 okvira u sekundi, brzina 155,5 Mbit/s, okvir počinje sa F i dijeli se na zaglavlje sekcije i virtualni spremnik za podatke..

Komponente SDH sustava: **terminalni multipleksor** (TM) – **AD multipleksori** (ADM) **Digitalni prospojnici** (DXC) **Regeneratori** – obnavljaju.

**Telefonske modemske veze**. Modem (modulator+demodulator) – pretvara digitalne u analogne podatke (1000-2000Hz).

**Modemske veze** Radi veće brzine prijenosa u modemu se rabe hibridni modulacijski postupci, novije i kompresija. Primjeri modema: V.21 – 300 bit/s, BFSK modulacija, V.22 – 1200 bit/s, QPSK modulacija, V.22 bis – 2400 bit/s, 16-QAM modulacija... V.34 – 33,6 k bit/s . 35 k bit/s – teoretska granica, analogni signal iz modema dva puta prolazi kroz lokalnu liniju (digitalno - brže), nove vrste modema V.92 – 56/48 k bit/s.

**Digitalne pretplatničke linije (DSL)** Povećavaju brzinu prijenosa u pristupnoj telefonskoj mreži iznad 56 k bit/s,

DSL: ISDN (160 k bit/s), HDSL (rabi dvije ili tri telefonske parice, oko 3km), HDSL2 (brži, dvosmjeran, QAM, 4km), MDSL (simetrična pretplatnička linija, 1 parica), ADSL (asimetrična brzina prijenosa, prema : 1,5 – 9 Mbit/s, od : 16 – 640 k bit/s, rabi OFDMT,5km, Za dolazni smjer vrijedi: brzina ↑, snaga↑, frekvencija↑, a za odlazni smjer: brzina↓, snaga ↓, **šum**↑, frekvencija↓, gušenje↓.), norme: **G.DMT** (ITU-T G.992.1) – ima spliter, OFDM modulacija, Za dolazni smjer: 138 – 1104 kHz, odlazni: 26- 138 kHz, ima 256 potkanala širine 4321 Hz, 0 - za govor, 1 – 5 je ne rabe (rupa za odvajanje), 250 kanla (2 za upravljanje i 248 za podatke). Davatelj usluga određuje koliko potkanla se rabi za prijenos prema centrali a koliko prema korisniku. Unutar svakog potkanala rabi se QAM modulacijski postupak sa 0-15 bit/simbol, 4000 Bd. **G.Lite** (ITU-T G.992.2) – ima mikrofilter, OFDM modulacija, dolazni smjer: 138 – 578 kHz, odlazni: 26 - 138 kHz, ima 134 potkanala širine 4321 Hz, 0 - za govor, 127 za podatke: 25 za dolazni smjer 102 za odlazni. Brzina prema korisniku: 1,5 Mbit/s a od korisnika 512 k bit/s.

**Format okvira i superokvira** Superokvir: 68 okvira za podatke + 1 sinkronizirani okvir (šalje svakih 17ms) – sastoji se od podataka iz). Sinkronizacijski okvir (SYNC) dodaje OFDM modulator za određivanje granica superokvira, iza slijede 0 i 1 (upravljanje greškama i nadzor), ima 60x4000 okvira ADSL2 **–** veća djelotvornost mo postupka, veća brzina RE ADSL2 – povećan domet, povećanje snage i B, ADSL2+ ima veću brzina

**VDSL –** rabi se u pristupnim mrežama gdje je optički kabel doveden u lokalnu petlju (FITL), VDSL2 – 100 Mbit/s u oba smjera, 300m.

**Lokalne mreže (LAN)**Pokrivaju malo područje, služe za povezivanje radnih postaja, osobnih računala, pisača (u uredima se koriste, susjednim zgradama). Glavna obilježja: visoka brzina prijenosa, malo kašnjenje, mali BER. Prednosti: Razmjena podataka unutar mreže i iste programske podrške. Način prijenosa: **1**. **Jednosmjerni (unicast)** – paket se šalje od čvora izvora do odredišnog -adresiranje,

**2**. **Istodobni prijenos do skupine mrežnih čvorova (multicast)** – izvorišni čvor adresira paket za više čvorova

**3**. **Istodobni prijenos do svih mrežnih čvorova (broadcast)** – izvorišni čvor adresira paket za sve čvorove.

Osnovne topologije: sabirnica (bus), prsten (ring), zvijezda (star), stablo (tree). **Normiranje** je provedeno IEEE 802 normama (odnose se na LAN i MAN mreže). Od IEEE 802. 1 - IEEE 802. 22 norme (s time da su 2 i 5 neaktivne).

**Ethernet** Definiran IEEE 802.3 normom. Glavna LAN tehnologija. Fizički sloj sačinjavaju: zajednički medij na koji su spojene sve mrežne postaje i mrežni uređaji. Mrežni uređaji se dijele u dvije klase:Mrežne postaje ili podatkovni krajnji uređaji (DTE) – uređaji koji su izvor i odredište podataka

Uređaji za prijenos pod (DCE) –i koji prosljeđuju pakete podataka –uređaji: obnavljači (repeaters), komutatori (switches) i usmjerivači (routers).

**Inačice Etherneta**: 1XXXBYYYYZ. 1XXX – brzina prijenosa (10 Mbit/s-kabeli, 100 Mbit/s-parica, 1000 Mbit/s-svjetlovodi), BYYYY – način prijenosa MAC adresa odredišta (6 okteta - 48 bita), 47.bit – 0/1 (adresa krajnjeg/skupine uređaja). Preambula označava početak okvira i služi za sinkronizaciju, Vrsta određuje protokol višeg sloja, podatci: 46 – 1500 okteta, FCS provjerava ispravnost okvira.

**Kako odrediti koji je okvir**: 1536 (vrsta) =< VRSTA**/**DULJINA < 1500 (duljina).

Obnavljač: povezuje 2 ili više mrežna segmenta, rabi koaksijalni kabel za sabirnice, pojačave sve signale koje prima od 1 mrežnog segmenta,.

Most: **MAC most**-povezuje istovrsne lokalne mreže, radi na podsloju sloja podatkovne veze, dok **Mješoviti most** povezje sve vrste mreža i radi na oba podsloja podatkovne veze. Funkcije: most prenosi okvire iz jedne mreže u drugu ako su okviri ispravno oblikovani, više kasni nego obnavljač, može raditi sa mrežama različitih brzina, razdvaja domene sudara, formira MAC tablicu za upisivanje adresa, uči topologiju.

LAN komutator: iste funkcije kao i most samo sa više priključaka, brži je od mosta jer su mu funkcije prosljeđivanja hardverske, sve mreže ga danas rabe, razdvaja sudare, povezuje sa dvije parice, ima tablicu okvira sa MAC adresama, uči topologiju-komutatori razmjenjuju te informacije.

Usmjerivač: povezuje više LAN mreža u cjelinu ili povezuje LAN mreže sa WAN mrežama.

**Radijske lokalne mreže** WLAN mreže. prijenos u infracrvenom dijelu spektra **(850-950 nm)** i radijski prijenos (plaća).

Nelicencirana (ISM) frekvencijska područja: 2400 – 2483 M Hz (RLAN), 5725 – 5925 MHz.

Licencirana područja (Hrvatska): 5150 – 5350 MHz (zatvoreni prostori, na 200 mW), 5470 – 5725 MHz (zatvoreni i otvoreni prostori, 1 W)

17,1 – 17,3 GHz (zatvoreni i otvoreni prostori, 100 mW)Dvije temeljne skupine normi za WLAN: IEEE 802.11: **2,4 – 5 GHz** i HiperLAN: **5 GHz**

**Funkcije pristupne točke**: povezivanje WLAN mreže sa fiksnom (prima, pohranjuje i odašilje podatke među mrežama, jednom kad je povezana djeluje kao most). Uspostavlja komunikaciju sa mrežnim postajama koje su u dometu radijskih valova. Temeljne arhitekture WLAN-a: bez pristupne točke (neovisni) i sa pristupnom točkom (infrastrukturni).

**WLAN bez pristupne točke** – nastaje proizvoljnim povezivanjem radijskih postaja, dva ili više računala sa mrežnim karticama mogu uspostaviti vezu ako su u dometu radio valova. Ovo se u normi IEEE 802.11 naziva neovisni skup osnovne usluge (IBSS). Mreža je fleksibilna i jefina ne treba upravlj

**WLAN sa pristupnom točkom –** ako se koristi bar jedna točka onda je to infrastrukturna topologija u kojoj pristupna točka provodi sinkronizaciju i koordinaciju, prosljeđuje okvire i povezuje WLAN i fiksu LAN mrežu. Ovo se u normi IEEE 802.11 naziva infrastrukturni skup osnovne usluge (BSS –

3 tehnike prijenosa u fizičkom sloju: 1. Prijenos u infracrvenom području 2. Prijenos uz proširenje pojasa izravnim slijedom (DSSS)

3. Prijenos uz proširenje pojasa skakanjem frekvencije (FHSS) FHSS i DSSS rade u ISM području oko 2,4 GHz uz brzine oko 2 Mbit/s.

Uvedeni dodatci normi. **a)** frekvencijsko područje od 5 GHz, brzina 54 Mbit/s, fizički sloj koristi OFDM tehniku i

**b)** područje od **2,4 GHz**, brzina 11 Mbit/s, fizički sloj koristi DSSS uz visoke brzine (HR-DSSS) **g)** sve isto kao pod (a) samo koristi frekvenciju od (b)

**Višestruki pristup**1. **frekvencijskom raspodjelom** (FDMA)2. **vremenskom raspodjelom** (TDMA) 3. **kodnom raspodjelom** (CDMA)

**ATM mreže** Mreže sa asinkronim načinom prijenosa, ATM omogućava primjenu statističkog multipleksiranja bolje iskorištenje kapaciteta (> TDM

**Sučelja u ATM mreži**

**UNI** – sučelje između krajnjih ATM uređaja i ATM mreže (postoje javni i privatni)

**NNI** – sučelje između ATM komutatora (postoje javni i privatni)

**B-ICI** – suečlje između ATM mreža različitih operatora

**Referentini model protokola B-ISDN mreže**

B-ISDN PRM opisuje protokolni složaj ATM mreže, definiran od strane ITU-T, sastoji se od 3 sloja: 1. fiziči sloj, 2. ATM sloj (predstavlja donji dio sloja podatkovne veze),3. AAL sloj

**Ćelijski sustav**

Javni mobilni komunikacijski sustavi su ćelijske vrste. Bazna postaja (BS) sadrži odašiljače i prijamnike i uređaje za povezivanje na jezgrenu mrežu. Ćeliju bazna postaja pokriva radijskim signalom. Oblik (krug, šesterokut) i veličina ćelije ovise o frekvencijskom području, dijagramu zračenja antenskog sustava i izračenoj snazi bazne postaje. Radijski signal ima domet do 30km, a u mobilnim komunikacijama je domet do nekoliko km.

Za pokrivanje većih područja rabi se više baznih postaja. **Rubna se područja susjednih ćelija poklapaju** (omogućena kontinuirana komunikacija i prekapčanje veze). Ćelijskom sustavu ograničenje pruža istokanalna smetnja – javlja se između ćelija na istoj frekvenciji. Radi povećanja kapaciteta sustava snaga baznih postaja se ograničava. **Grozd ćelija** je skup ćelija gdje su iskorišteni svi raspoloživi kanali. Zadatak ćelijskog planiranja je dodjeliti kanale ćelijama u grozdu te grozdovimapokriti područje tako da razmak ćelija sa istim kanalom bude velik.

**Dvosmjerni (dupleksni) prijenos**

Omogućava kontinuiranu i istodobnu komunikaciju u silznoj vezi (DL) od bazne postaje prema korisniku i ulaznoj vezi od korisnika prema bazi. U realizaciji ovog prijenosa rane se 2 pristupa:

**Frekvencijski dupleks (FDD)** – silazna i uzlazna veza su odvojene frekvencijski (2 bloka),

**Vremenski dupleks (TDD)** – uzlazna i silazna veza su odijeljenje u vremenu (1 blok).