

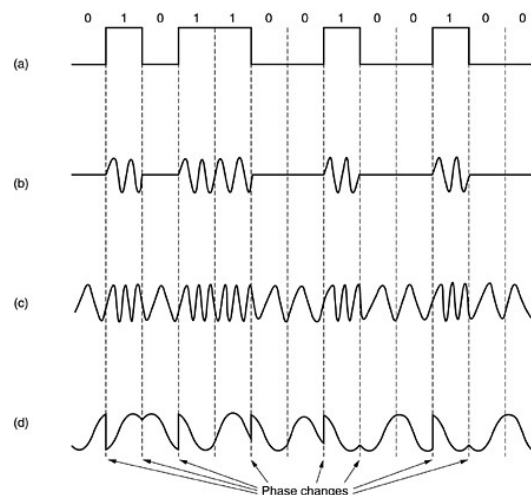
Računarske mreže i mrežne tehnologije

3. termin

1. Modemi

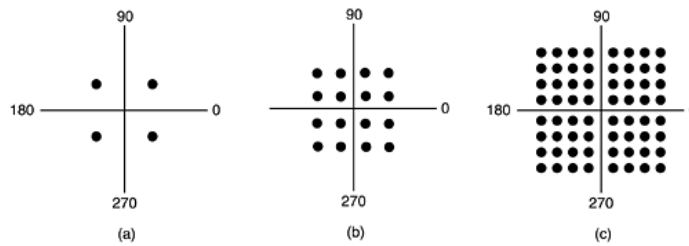
- **Pravougaoni signali su usled veoma širokog frekventnog opsega jako podložni izobličavanju**, jer različiti harmonici različito slabe. Zato je slanje jednosmernih nepogodno, osim malom brzinom i na mala rastojanja.
- Da bi se ovi problemi prevazišli, signal se šalje preko **nosećeg talasa oblika sinusoide**, tj. naizmeničnom strujom, **koji se moduliše** signalom koji nosi podatke.
- U zavisnosti od talasnog atributa koji se moduliše, postoje tri vrste modulacije:
 - **amplitudna modulacija**
 - **frekventna modulacija**
 - **fazna modulacija**

Figure 2-24. (a) A binary signal. (b) Amplitude modulation. (c) Frequency modulation. (d) Phase modulation.



- **Modem (skraćeno od modulator/demodulator)** je uređaj koji prihvata niz bitova kao ulazne podatke i generiše noseći talas modulisan pomoću jedne ili više gorepomenutih metoda, ili obratno - noseći talas pretvara u niz bitova.
- Nikvistova teorema tvrdi da uz savršenu liniju frekventnog opsega 3000Hz nema smisla uzorkovati više od 6000 puta u sekundi. U praksi, svi **modemi uzorkuju brzinom od 2400 puta u sekundi, i trude se da jednim uzorkom zahvate što više bitova.**
- Jedinica za broj uzoraka u sekundi je **baud**, a tokom svakog bauda šalje se jedan **simbol**. Na primer, ako se koriste **naponi od 0, 1, 2 i 3 volta**, svaki simbol sadrži **2 bita**, pa se na taj način, linijom prenosi 4800 bps.
- Slično, i kada signal sadrži 4 fazna pomaka (45, 135, 225 i 315 stepeni), ponovo se dobija 2 bita, tj. 4800 bps (**QPSK - Quadrature Phase Shift Keying**).
- Noviji modemi koriste kombinaciju amplitudne i fazne modulacije (**QAM - Quadrature Amplitude Modulation**), čiji je grafički reprezent **konstelacioni dijagram**.

Figure 2-25. (a) QPSK. (b) QAM-16. (c) QAM-64.



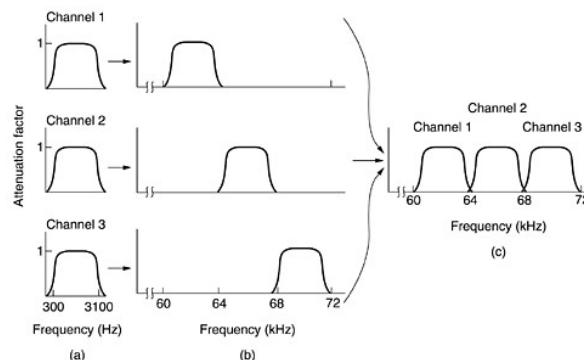
2. Multipleksiranje

- **Sistemi za multipleksiranje u telefoniji** služe za istovremeno prenošenje više razgovora istim vodom (optičkim kablom, bakarnom žicom, bežično...)
- Sistemi multipleksiranja mogu se grubo podeliti u dve kategorije:
 - multipleksiranje podelom frekvencije (**FDM** - Frequency Division Multiplexing)
 - multipleksiranje podelom vremena (**TDM** - Time Division Multiplexing)

2.1 Multipleksiranje podelom frekvencije

- U **multipleksiranju podelom frekvencije (FDM)**, spektar frekvencija se deli na područja pri čemu se svakom pretplatniku dodeljuje na korišćenje jednom pretplatniku.
- Elementarni primer FDM-a je podela radio frekvencija radio stanicama u radio-difuziji.
- Kada se radi o sistemu telefonije, na slici je prikazan primer multipleksiranja 3 govorna kanala **FDM** sistemom:

Figure 2-31. Frequency division multiplexing. (a) The original bandwidths. (b) The bandwidths raised in frequency. (c) The multiplexed channel.



- Iako je širina svakog govornog kanala 3100Hz, svakom se kanalu dodeljuje po 4000Hz kako bi se dobro razdvojili.

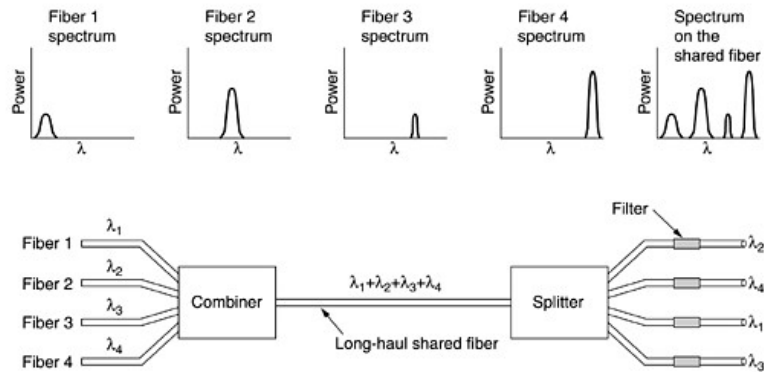
2.2 Multipleksiranje podelom talasne dužine

- **WDM (Wavelength Division Multiplexing)** je podvarijanta FDM-a koja se primenjuje u optičkim mrežama.
- Osnovni princip WDM-a je prikazan na slici. Primera radi, četiri vlakna, svako sa različitom

talasnom dužinom, **kombinuju se u jedinstveno vlakno** koje kombinovani signal prenosi do odredišta.

- Na kraju kombinovanog optičkog vlakna nalaze se četiri vlakna sa sa **specijalnim difrakcionim rešetkama** koje kombinovani signal ponovo razdvajaju na komponente.

Figure 2-32. Wavelength division multiplexing.

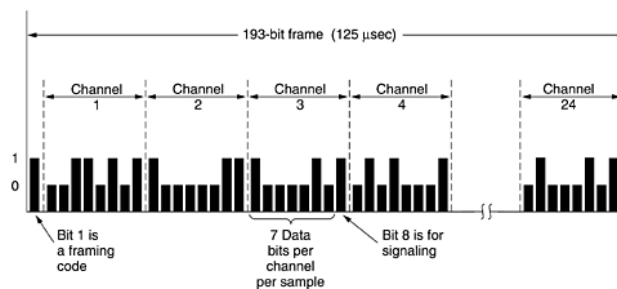


- Jedina razlika u odnosu na električnu varijantu FDM-a je optička tehnologija koja se koristi na početku i na kraju fiber vlakna.

2.3 Multipleksiranje podelom vremena

- **FDM i njegova podvarijanta WDM su tehnologije analognog tipa**, dok je većina telefonskih sistema današnjice digitalnog tipa.
- Nasuprot tome, tehnologija **TDM (Time Division Multiplexing)** se u potpunosti može realizovati digitalnim komponentama
- Pošto su govorni kanali u telefoniji analogni, potrebno je naulazu u sistem realizovati prevođenje glasa uz pomoć **kodeka (koder/dekoder)**.
- Tehnologija **PCM (Pulse Code Modulation)** čini srce današnje telefonije, a zasniva se na kodiranju analognog signala frekvencijom 8000Hz (2x4000Hz, Niquist) - 125μs po uzorku, pri čemu svaki uzorak ima 8 bita, tj. ukupno $2^8=256$ diskretnih nivoa.
- U Americi i Japanu se za multipleksiranje koristi tehnologija tzv. **T1 nosioca**, koji sadrži 24 međusobno multipleksirana govorna kanala.

Figure 2-33. The T1 carrier (1.544 Mbps).



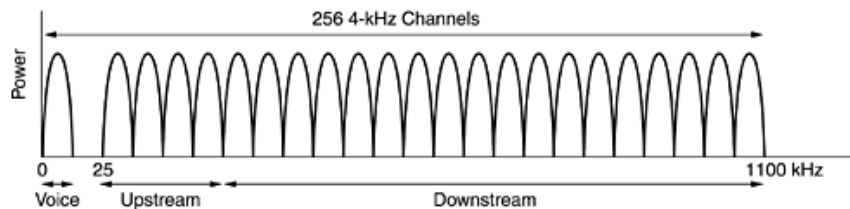
- Svaki kanal u tok unosi 7 bitova podataka i jedan kontrolni bit, što daje brzinu od 1.544 Mbps. Na početku okvira postoji bit za označavanje, koji se menja kao 10101010....
- T1 nosioci se dalje, istom tehnologijom multipleksiraju u T2, T3 i T4 nosioce daleko većeg

kapaciteta.

3. ADSL servis

- Rad ADSL linije u diskretnom višetonskom sistemu modulacije (**DMT**) prikazan jena slici:

Figure 2-28. Operation of ADSL using discrete multitone modulation.

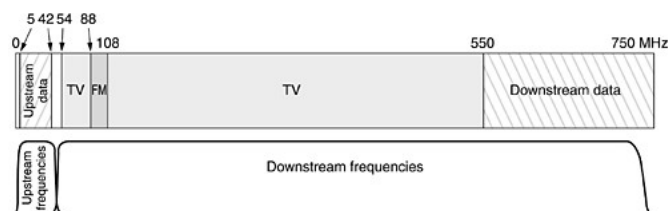


- Slika pokazuje podelu frekventnog domena od 1.1MHz koliko UTP kabl kategorije 3 standardno propušta.
- Svaki kanal koristi tehniku QAM sa do 15 bitova po baudu na 4000 bauda.
- Obično se **veći broj kanala rezerviša za prenos podataka ka korisniku**, a manji broj ka centrali. Standardi dozvoljavaju brzine čak do 8 Mbps ka korisniku i 1 Mbps ka centrali.
- **ADSL modem** je, praktično, analogan paralelnom skupu od 250 QAM modema koji rade na različitim frekvencijama.

4. Kablovski internet servis

- Kao fizički medij za prenos signala kablovske televizije koristi se **koaksijalni kabl**, sa frekventnim opsegom čak do 750MHz. Na slici je data tipičan frekventni spektar:

Figure 2-48. Frequency allocation in a typical cable TV system used for Internet access.



- Tipična širina kanala zajedno sa zaštitnom marginom je 6MHz, dok se modulacija kanala ka korisniku odvija QAM-64 (36Mbps ukupno, 27Mbps čistih korisničkih podataka) ili sa kvalitetnim kablom QAM-256 (39Mbps) shemom. Dakle, **za prenos podataka u jednom smeru se koristi jedan TV kanal**.
- Konzervativniji sistemi sa nedovoljnim kvalitetom linija koriste QPSK modulaciju koja daje 2 bita po baudu.