

# DIGITALNI KOMUNIKACIONI SISTEMI

Milan Vukašinić  
mrvukasinovic@gmail.com

# DIGITALNI KOMUNIKACIONI SISTEMI

## Vežba 1

Uvod u komunikacione sisteme i pojam informacije



# Pojam komunikacija

- Pojam komuniciranja aktuelan je koliko i čovečanstvo, ali savremeni komunikacioni sistemi, koji su predmet ovog izučavanja, datiraju od pedesetih godina dvadesetog veka; odnosno sa prvim Shannon-ovim (*Claude Shannon*) radovima u oblasti teorije informacija
- Fenomen komunikacija može se shvatiti kao kompleksni skup procesa i tehnologija, pomoću kojih se neki smisleni sadržaj, odnosno poruka, prenosi ili ekstrahuje iz neke informacije
- Telekomunikacije su svako emitovanje, prenos ili prijem poruka (govor, zvuk, tekst, slika, video, podaci...) u vidu signala korišćenjem žičnih, radio, optičkih ili drugih elektromagnetnih sistema.



# Pojam komunikacija

- Shannon-ov model telekomunikacionog sistema sastoji se od šest elemenata: izvor informacije, predajnik, komunikacioni kanal, izvor šuma, prijemnik i odredište
- Suština komunikacija je u rešavanju sledeća tri problema:
  1. koliko tačno se simboli komunikacije mogu preneti
  2. koliko precizno ti simboli prenose smisao poruke
  3. koliko uspešno je primljena poruka uticala na željeno ponašanje, tj. odziv slušaoca

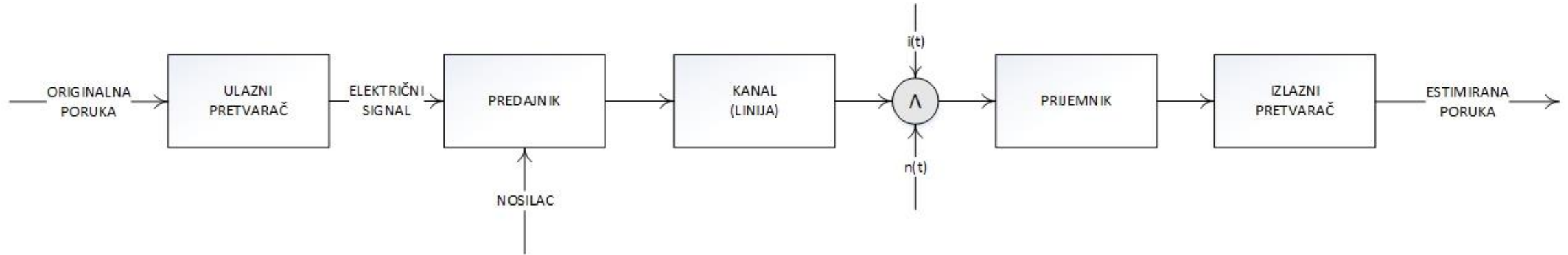


# Pojam komunikacija

- Prvo pitanje spada u domen tehnike. Svaka poruka se sastoji od simbola pa se ovo pitanje odnosi na tačnost kojom su simboli preneti od onoga ko poruku šalje do onoga ko poruku prima.
- Značenje i smisao su semantički problem (semantika je grana filozofije koja se bavi proučavanjem smisla reči) i neće biti predmet izučavanja
- Treće pitanje će biti od interesa samo u mehaničkom domenu komunikacionog problema (pored toga postoje i psihološki, estetski, emocionalni i mnogi drugi aspekti)



# Model komunikacionog sistema



- Originalne poruke mogu biti u bilo kakvim vidovima (govor, muzika, brojevi, slike, video...) pa je uloga **ulaznog pretvarača** da taj oblik poruke prenese u električni signal. Primer je mikrofoni koji zvučni pritisak pretvara u električni signal promenljive amplitude
- **Izlazni pretvarač** je uređaj koji primljenu poruku iz električnog signala pretvara u izvorni oblik
- Sve između je komunikacioni kanal



# Model komunikacionog sistema

- **Predajnik** prilagođava električni signal kanalu kroz proces modulacije, korišćenjem pomoćnog signala, nosioca. Modulacija je promena parametara nosioca u skladu sa promenama signala poruke. Razlozi za modulaciju su:
  - translacija učestanosti u opseg gde je signal pogodan za emitovanje
  - smanjenje uticaja ometajućih signala
  - multipleksiranje i višestruki pristup
  - prilagođavanje tehničko-tehnološkim mogućnostima sistema za prenos



# Model komunikacionog sistema

- Postoji mnogo oblika telekomunikacionih **kanala** ili linija veza, tipični primeri su radio kanal sa površinskim i jonosferskim prostiranjem, telekomunikacioni kabal, optičko vlakno..
- Osnovne karakteristike kanala su izobličenje signala kao posledica konačne širine korišćenog opsega učestanosti, nelinearnosti sklopova u sistemu, prisustvo interferencije (uticaj drugih signala na posmatrani signal)
- Uticaj šuma je predstavljen veličinom  $n(t)$  a uticaj interferencije je prikazan veličinom  $i(t)$

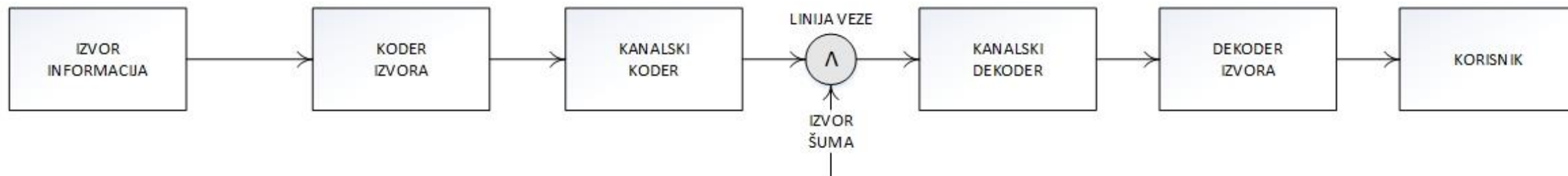


# Model komunikacionog sistema

- Osnovna funkcija **prijemnika** je izdvajanje korisnog signala iz šuma i interferencije, i njegovo pojačavanje.
- Dva različita primera prijemnika su:
  - komercijalni radio-prijemnik gde je nivo signala na ulazu -60 dBm ( $10^{-9}$  W )
  - prijemnik zemaljske stanice za komunikaciju sa kosmičkom sondom *Pioneer 10* (protok 16 b/s) gde je nivo signala na ulazu -178,5 dBm ( $1,29 \times 10^{-21}$  W)



# Detaljniji model komunikacionog sistema



- Unošenjem u model **kodera izvora** ima dvostruki cilj: prvo da se istakne opisana koncepcija strukture izvora prema kojoj on generiše neku poruku iz skupa mogućih poruka; drugi, da je zahvaljujući takvoj zamisli, moguće bilo koju od poruka predstaviti nizom *simbola* koji su odabrani iz jednog konačnog skupa različitih simbola. Skup simbola naziva se alfabet.
- Prevođenje poruka iz jednog oblika u drugi naziva se *kodiranje* a pravilo po kome se to obavlja naziva se *kodom*.



# Detaljniji model komunikacionog sistema

- **Dekoder izvora** postoji da bi se pokazala reverzibilnost u opisanom postupku kodiranja.
- Pravi smisao uvođenja koda i dekoda nalazi se u samoj prirodi fenomena komuniciranja, tj. da li reprodukovana poruka mora da bude idelano verna ili ne. Najbolji primer za to je prenos televizijskog signala: izvorna poruka tj. HD signal ima *bitrate* 1,5 Gbps dok poruka na prijemu ima *bitrate* 10 Mbps (više od 150 puta manji *bitrate*).
- Kriterijum prihvatljivosti je definisan na osnovu osobina ljudskog oka, ali pošto se na ovom principu zasnivaju svi televizijski sistemi definitivno ovo jeste opšte prihvaćen metod. Iako poruka nije idealno verno preneti zadovoljeni su vrednosni uslovi za korisnika



# Detaljniji model komunikacionog sistema

- **Kanalski koder i dekoder**, zajedno sa linijom veze obrazuju kanal.
- Koder kanala pretvara koderom izvora kodiranu poruku u signal. Poruka se u vidu signala prenosi do kanalskog dekodera. Kanal je medijum koji se ogleda uvek prisutnim šumom i zbog njega nismo uvek u stanju da na osnovu primljenog signala jednoznačno odredimo koju je poruku, od svih mogućih poruka, poslao izvor.
- Osnovna uloga kanalskog koder je da kodiranu poruku pretvori u signal takvog oblika koji će obezbediti da bude minimalna greška u donošenju odluke na mestu prijema o tome koja je poruka od mogućih bila poslata. Prema tome, osobina kanalskog koder i dekodera je da prilagode signal osobinama kanala.



# Pojam informacije

- Pretpostavimo da je reč o nekom događaju. Neka je njegova realizacija neizvesna i nije nam odranije poznata. Kada se taj događaj desi i kada o njemu saznamo, intuitivno smatramo da smo primili ili stekli neku informaciju.
- Pre nego što se događaj desi, posmatrač o ishodu rasuđuje i na osnovu pretpostavki formuliše svoje očekivanje o ovakvom ili onakovom ishodu.
- Da bi definisali pojam informacije, bez korišćenja matematičkog aparata, moramo razmotriti pojmove događaj, neizvesnost, očekivanje, pretpostavke...



# Pojam informacije

- Ako nam neko kaže da će kod nas u avgustu pasti sneg, i kad bi zaista tako bilo, a za što je verovatnoća vrlo mala, dobijena informacija bi bila vrlo velika. Naprotiv, ako nam neko kaže da će u januaru kod nas padati sneg, primljena informacija bi bila mala jer takav događaj se normalno očekuje i verovatnoća da se on desi je velika.
- Informacije se predstavljaju funkcionalnom zavisnošću od verovarnosti pod uslovom da informacija raste kako verovatnoća za taj događaj opada, i obrnuto. Kako informacija eliminiše prethodnu neizvesnost, onda bi manjoj verovatnoći odgovarala veća neizvesnost, s tim da je manje i očekivanje.
- Vidimo da informacije nisu međusobno jednake tj. da postoje veće i manje informacije, pa je potrebno naći način da se one međusobno mere i porede.



# Pojam informacije

- U našem modelu komunikacionog sistema izvor poruka šalje jednu poruku iz skupa mogućih poruka. Neizvesnost korisnika kome je poruka poslata odnosi se samo na neznanje o tome koja će od poruka biti izabrana i poslata (na sadržaj i smisao ne obraćamo pažnju). Prema tome, dobijena informacija eliminiše neizvesnost izbora.
- Očigledno je da, ukoliko je mogućnost izbora veća, naše prethodno neznanje i neizvesnost o izboru su veći, pa je time i stečena informacija veća.
- Zaključujemo da informacija predstavlja nečiji stepen slobode u izboru poruke iz skupa mogućih poruka. Na ovom principu zasniva se teorija komuniciranja.



# Količina informacije

- Zamislimo događaj tj. jednostavno pitanje (*da li su vežbe zanimljive?*) koje ima samo dva odgovora: *da* i *ne*, i ako umesto odgovora da predajnik šalje 1 a umesto odgovora ne predajnik šalje 0. Ako onaj ko bira poruku ima slobodu u izboru, kažemo da je poslata osnovna ili jedinična količina informacije (predajnik se može poistovetiti sa *jednim* releom koji ima samo dva položaja kotve).

- Količina informacije se dobija na sledeći način:

$$I = \log_{(2)} 2^1 = ld 2^1 = ld 2 = 1$$

- Kolika je količina informacija za sistem koji ima 8 mogućih poruka?

$$I = \log_{(2)} 8 = ld 8 = ld 2^3 = 3$$

- Jedinica za količinu informacija je *bit* (zvanično je *Shannon*)

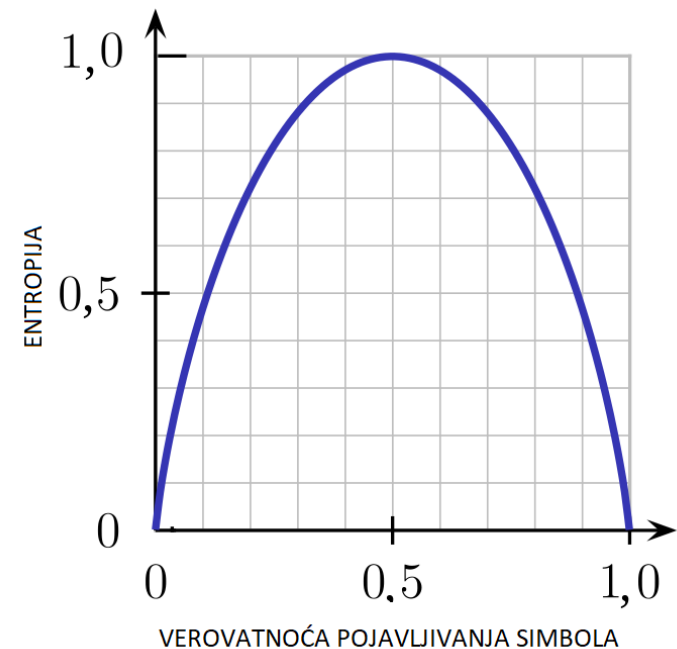


# Entropija

- Srednja količina informacije koju izvor emituje (po jednom simbolu) naziva se *entropija*, i definisana je kao:

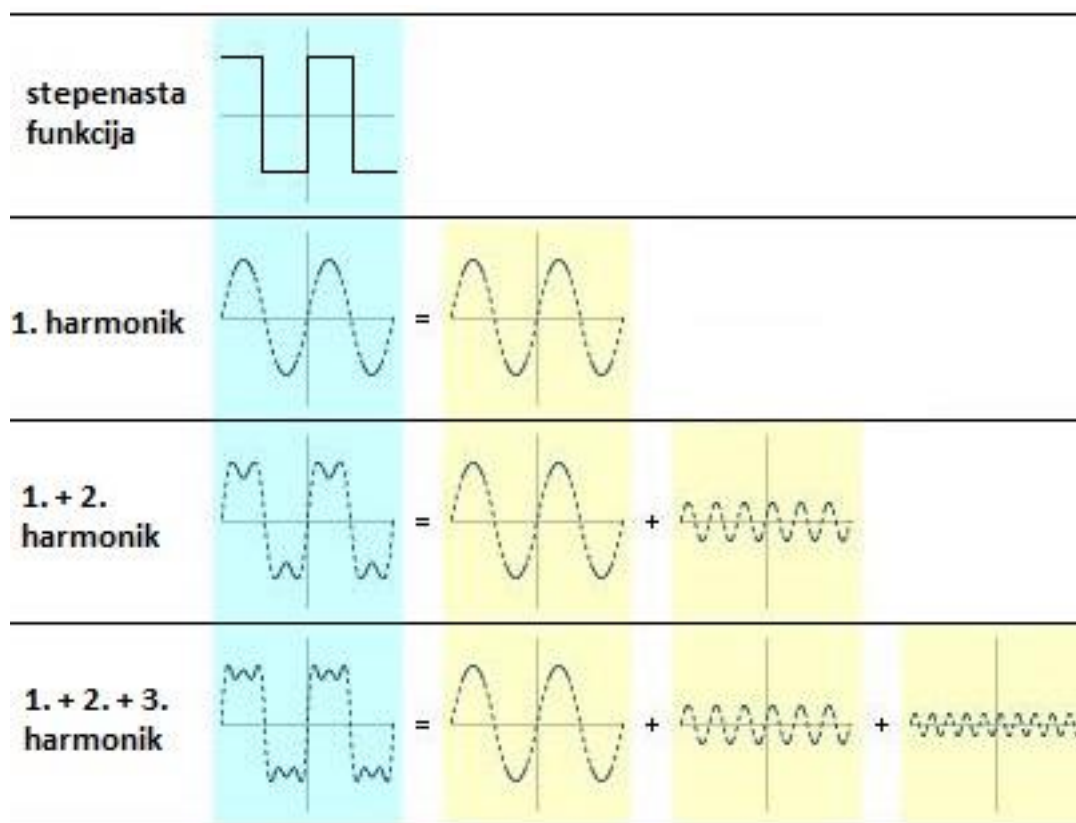
$$H = \sum_{k=0}^{K-1} P_k \lg [1/P_k]$$

- $k$  je redni broj simbola umanjen za 1, a  $P_k$  je verovatnoća pojavljivanja tog simbola
- Na slici je prikazana entropija binarnog izvora (mogu biti poslata samo dva simbola, npr. 0 i 1)
- Zaključujemo da je entropija mera neizvesnosti izvora



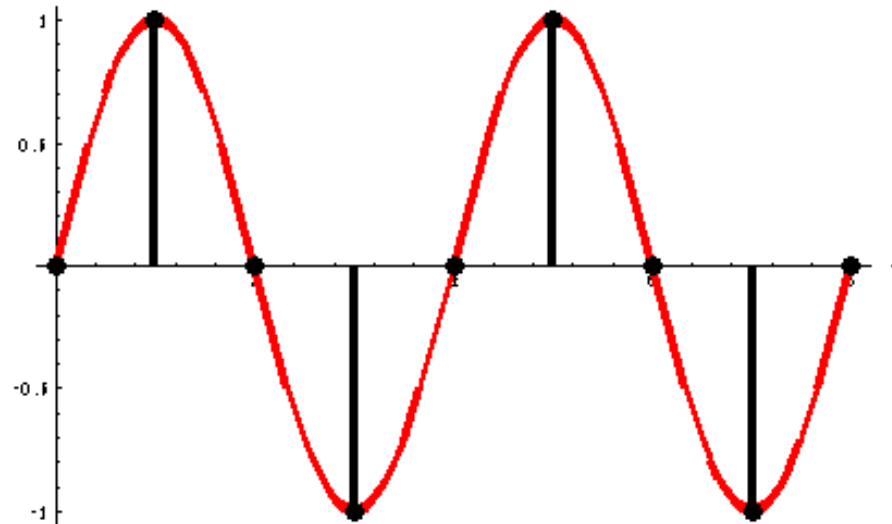
# Furijeova analiza

- Početkom 19. veka francuski matematičar Žan-Baptist Furije dokazao je da se svaka normalna periodična funkcija može predstaviti kao zbir (možda beskonačnog) broja sinusnih i kosinusnih funkcija.



# Nikvistova teorema odabiranja

- U prvoj polovini 20. veka Hari Nikvist je dokazao da se vremenski kontinualan signal ograničenog spectra može opisati diskretnim odbircima ako je učestanost odabiranja najmanje dva puta veća od širine spektra signala tj. najmanje dva puta veća od frekvencije najvišeg harmonika signala. Nikvistova teorema je osnova digitalizacije (*sampling-a*)



# Nikvistova jednačina

- Maksimalna brzina prenosa kroz kanal bez šuma definisana je na sledeći način

$$V_{\max} = 2 B \log_2 V$$

$V_{\max}$  – maksimalna brzina prenosa kroz kanal bez šuma [b/s]

$B$  – propusni opseg kanala [Hz]

$V$  – broj nivoa za signaliziranje

- Broj simbola u sekundi naziva se brzina u bodima (*baud rate*)
- Brzina prenosa [b/s] = [broj simbola/s] · [broj bitova/simbol]



# Šenonova jednačina

- Maksimalna brzina prenosa kroz kanal sa šumom definisana je na sledeći način

$$V_{\max} = B \log_2(1 + S/N)$$

$V_{\max}$  – maksimalna brzina prenosa kroz kanal sa šumom [b/s]

$B$  – propusni opseg kanala [Hz]

$S/N$  – odnos signal šum

- U jednačini se ne koristi odnos signal šum u dB iako je to standardna oznaka

$$S/N [dB] = 10 \log_{10} \frac{S}{N}$$

gde je  $S$  snaga signala [W] a  $N$  snaga šuma [W]



# Pitanja

