

SADRŽAJ KURSA

- 1. Uvod. Opšti model telekomunikacionog sistema. Vrste prenosa signala.**
2. Medijumi za prenos. Pojam modulacije.
3. Multipleksiranje. Referentni model za povezivanje otvorenih sistema (OSI i TCP/IP)
4. Harmonijska analiza periodičnih signala
5. Analiza aperiodičnih signala i slučajnih signala
6. Prenos signala kroz linearne sisteme. Izobličenja pri prenosu signala
7. Amplitudske modulacije
8. Demodulacija AM signala. Realizacija multipleksa sa frekvencijskom raspodelom kanala
9. Ugaona modulacija. Spektar UM signala
10. FM modulatori. Demodulacija FM signala
11. Slučajni šum. Karakteristike uskopojasnog šuma
12. Uticaj šuma na prenos amplitudski moduliranih signala
13. Uticaj šuma na prenos ugaono moduliranih signala

Organizacija ispita

- Kolokvijum – 35 poena (8. radna sedmica)
- 2 testa u toku semestra - 2×3 poena = 6 poena
- Laboratorijske vježbe - $4 \times 3,5$ poena = 14 poena
- Završni ispit – 45 poena
- **Literatura:**
 - Materijal sa predavanja
 - Praktikum za laboratorijske vježbe
 - Ilija S. Stojanović, “Osnovi telekomunikacija”, Naučna knjiga, 1987
 - S. Haykin, M. Moher, “Introduction to analog & digital communications”, Wiley & Sons, 2nd edition, 2007.
 - M.L. Dukić, “Principi telekomunikacija”, Akademska misao, 2008, Beograd

Termin 1 - Sadržaj

- **Pojam i značaj telekomunikacija**
- Telekomunikacije – istorijski razvoj
- Trendovi u telekomunikacijama
- Model telekomunikacionog sistema
- Vrste prenosa signala

Pojam telekomunikacija

- **Telekomunikacije** (elektronske komunikacije) predstavljaju naučno-stručnu oblast koja se bavi prenosom poruka između dva ili više udaljenih korisnika, obično putem električnih signala.
- Poruke koje treba prenijeti sa jednog mjesta (njihovog izvora) do drugog (mjesta prijema, destinacije) mogu da budu u različitim formama: pisani tekst, govor, muzika, nepokretna i pokretna slika, podaci,...
- Riječ “telekomunikacije” potiče od grčke riječi “**tele**”, što znači **udaljen** (daleko) i latinske riječi “**communicare**”, što znači **komunicirati**
 - Savremena upotreba riječi telekomunikacije potiče iz francuskog jezika, jer je prva pisana upotreba ovog termina zabilježena **1904. godine** od strane francuskog inženjera Edouarda Esaunie-a

Pojam telekomunikacija

- Prema definiciji Međunarodne telekomunikacione unije (ITU – *International Telecommunications Union*), specijalizovane agencije UN-a za oblast informacionih i komunikacionih tehnologija,

telekomunikacije predstavljaju svako emitovanje, prenos ili prijem poruka na daljinu u vidu signala, od izvora informacija do korisnika, korišćenjem žičanih, radio, optičkih ili drugih elektromagnetnih sistema.

- Poruke su sve ono što se u telekomunikacijama prenosi, a informacija koja se prenosi je sadržana u poruci.
- **Signal** predstavlja električni ili elektromagnetni ekvivalent poruke koja se prenosi.

Značaj telekomunikacija

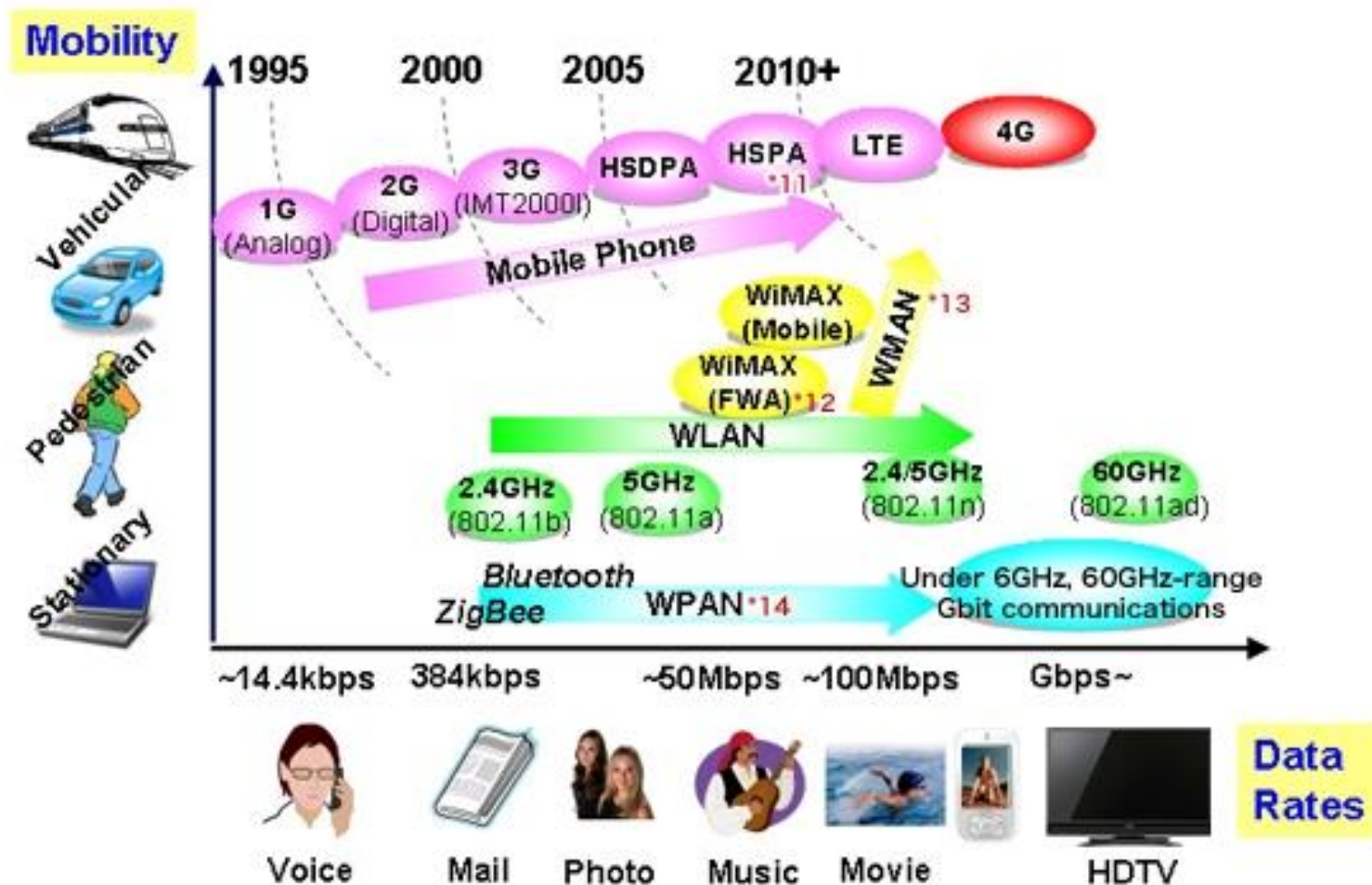
- **Radio, televizija, mobilna telefonija i Internet** su u današnje vrijeme najrasprostranjenija sredstva za telekomunikacije.
- Radio i televizija su telekomunikacioni mediji, koji se uglavnom koriste u komercijalne svrhe. Kao i Internet i ovi mediji predstavljaju sredstva masovne komunikacije.
- Kreiranje mreže sa 4 čvora (projekat ARPAnet) 1969. god. se smatra početkom Interneta.
- Internet je postao mreža svih mreža i dramatično je uticao na razvoj ostalih sredstava komunikacije, prije svega na radio i televiziju, ali i na štampane medije.
 - Mogućnost da pristupate informacijama ili bilo kojim drugim servisima kada vi želite, ali i da sami objavljujete informacije, potpuno je izmijenila koncept masovnih komunikacija
 - Tzv. “killer” aplikacije, koje su doprinijele ekspanziji interneta su www, e-mail, instant messaging, peer2peer file sharing
 - Danas, najveći dio saobraćaja na internetu predstavljaju *streaming* servisi
 - Internet je značajno uticao i na klasične telekomunikacione servise, kao što je govorna telefonija

Značaj telekomunikacija

- **1979. god.** je u Japanu puštena u rad prva mobilna celularna mreža. Nijedan telekomunikacioni sistem nije doživio takvu ekspanziju kao mobilni celularni sistemi
 - Danas broj korisnika mobilne telefonije prevazilazi ukupan broj ljudi na Zemlji
- Prva (1G) i druga generacija (2G) ovih telekomunikacionih sistema su bile namijenjene prevenstveno za prenos govora, a od GPRS (2.5G) mreža, počinju da se koriste i za prenos podataka
- Današnje (4G) mreže se koriste dominatno za prenos podataka
 - Skoro 70% korisnika mobilnih celularnih sistema danas koristi mobilni pristup Internetu
- Može se reći da su mobilne celularne mreže u potpunosti izmijenile savremeni način života i poslovanja

Značaj telekomunikacija

- Od 1980-tih, do danas → **Mobilne komunikacije**.

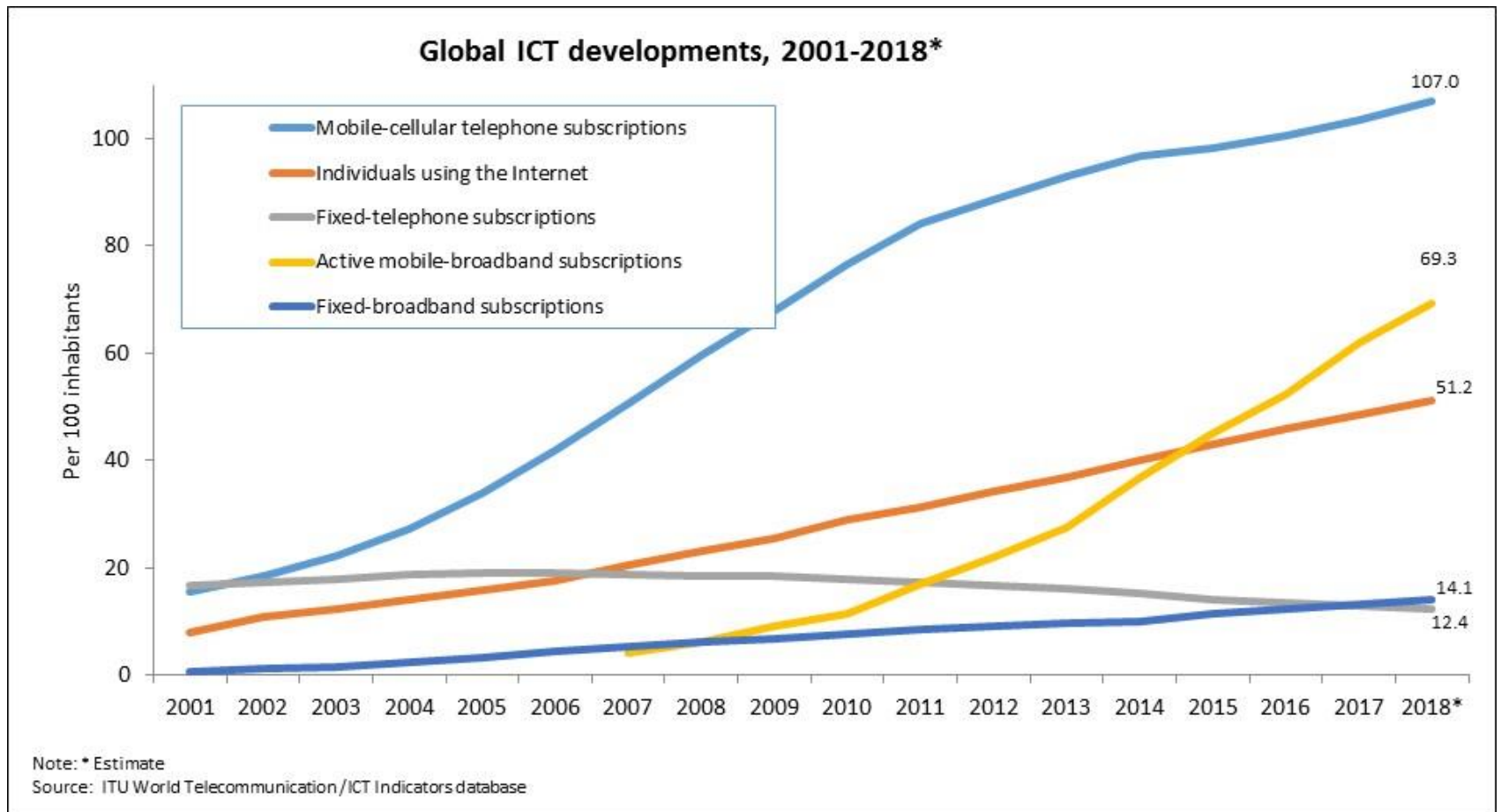


Značaj telekomunikacija

- Telekomunikacije predstavljaju značajan dio moderne ekonomije. Prihod telekomunikacionih kompanija standardno iznosi **oko 5%** ukupnog svjetskog bruto proizvoda.
- Telekomunikacije se ubrajaju u infrastrukturne privredne grane i ulaganja u telekomunikacionu i informacionu infrastrukturu jedan su od glavnih pokretača ekonomskog napretka neke zemlje.
- Za privredu, informaciono-komunikacione tehnologije (ICT – *Information and Communication Technologies*) su sredstvo za modernizaciju i poboljšanje konkurentnosti, a za građane predstavljaju sredstvo za bolji pristup informacijama i poboljšanje kvaliteta života.
- Za društvo, one pružaju nove metode komunikacije i socijalnog dijaloga, doprinose smanjenju socijalnih i geografskih diskriminacija.

Značaj telekomunikacija

- Procjena ITU-a je da je **krajem 2018. god.** bilo **3,9 milijardi** (51,2% svjetske populacije) **korisnika Interneta**
- U Evropi oko 80% populacije koristi Internet



Termin 1 - Sadržaj

- Pojam i značaj telekomunikacija
- **Telekomunikacije – istorijski razvoj**
- Trendovi u telekomunikacijama
- Model telekomunikacionog sistema
- Vrste prenosa signala

Istorijski razvoj

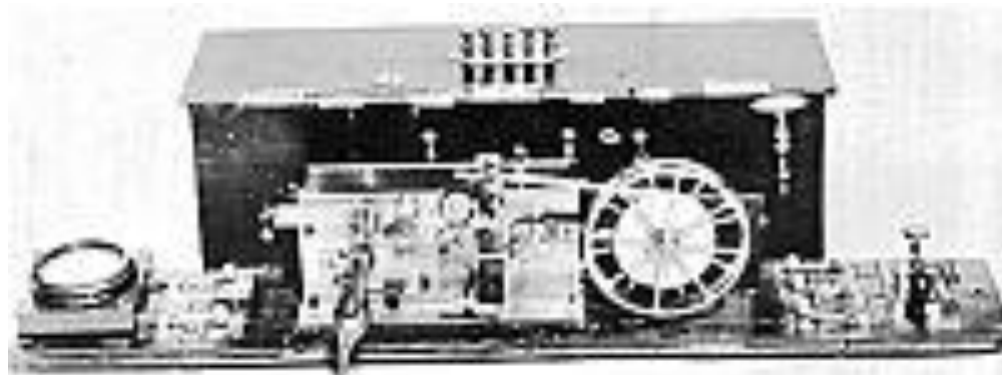
- Potreba za komuniciranjem među ljudima postoji oduvijek, pri čemu su se koristili razni načini kako bi se ostvarila komunikacija na daljinu, odnosno prenijele poruke: paljenje vatre i dimni signali, glasnici, golubovi, bubnjevi, zastave i fiksni sistemi za vizuelnu telegrafiju (semafori) ...

Stanica sistema za vizuelnu telegrafiju



Istorijski razvoj

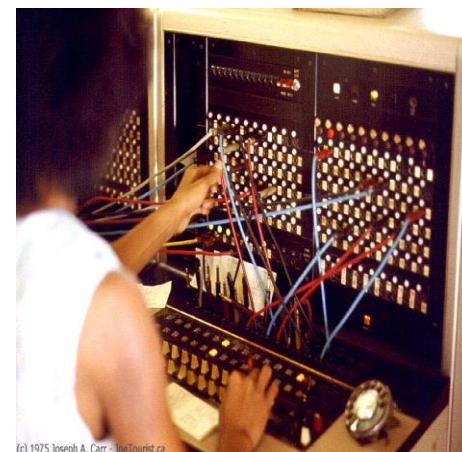
- **24. maj 1844.** god. može se smatrati danom početka elektronskih komunikacija. Tog dana **Morse** je ostvario prvi ***telegrafski prenos*** između Vašingtona i Baltimora.
- Već 1851. godine 50 preduzeća u SAD eksploatisalo je Morseov patent. Iste godine položen je prvi podmorski telegrafski kabl između Francuske i Engleske
- 1866. god. je položen prvi transatlantski kabl između Nove Zemlje i Irske.



Morseov telegraf

Istorijski razvoj

- Savršeniji vid prenosa poruka predstavlja **telefonija** čijim se začetnikom smatra **Graham Bell** (patentiran **1876. god.**). Zvučna energija govora se pretvara u električni signal koji se prenosi do drugog aparata u kome se vrši konverzija električne energije u zvučni signal.
- 1890. god. počinje realizacija telefonskih mreža u čijem su središtu manuelne telefonske centrale.
- Godine 1892. postavljena je prva automatska telefonska centrala.

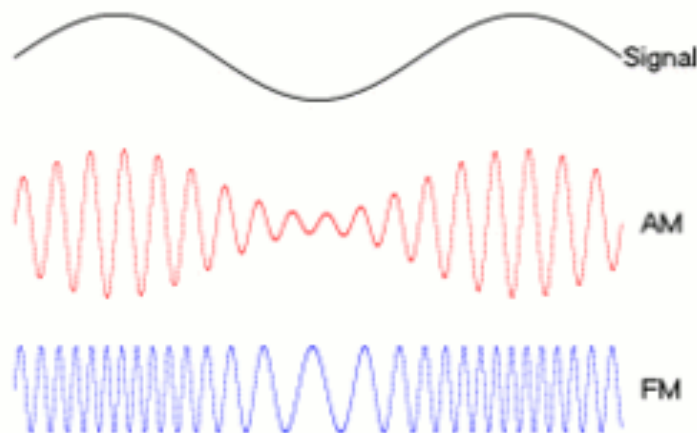


Istorijski razvoj

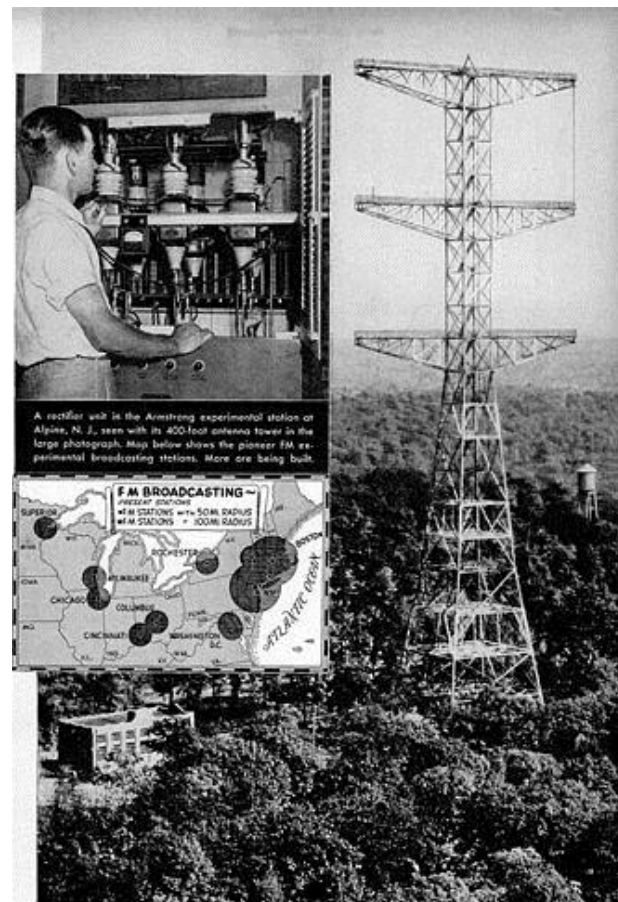
- Neophodnost da izvor poruke i destinacija povežu fizičkom linijom veze predstavljala je ograničenje u stvaranju globalnog sistema komunikacija.
- **1864. god. J. C. Maxwella** (1831-1879) objavljuje teoriju elektromagnetnih talasa kojom je predvidio postojanje radio talasa
- **1887. god. Hertz** je eksperimentalno dokazao postojanje EM talasa
- Ruski fizičar **A. S. Popov** (1859-1906) je **1896.** izveo demonstraciju radio-veze šaljući telegram sadržine "Heinrich Hertz" napisan Morseovom azbukom.
- Iste godine, **G. Marconi** uspješno obavlja eksperiment slanja radio talasa na rastojanje od 2km, na trasi bez optičke vidljivosti. On je prijavio patent za **bežičnu telegrafiju 1896. godine.** 1897. god. Marconi je postavio prvu radio-stanicu u Engleskoj za bežični prenos telegrafskih signala
- **1896. god. i Nikola Tesla** patentira princip radio prenosa. Vrhovni sud SAD je 1943. god poništio Marconi-u pravo na patent za radio prenos
- **1904. godine** je ostvarena prva radio-telegrafska veza na trasi Volujica (Bar)-Italija.

Istorijski razvoj

- Prva radio stanica koje je emitovala vijesti putem radio difuzije počela je sa radom 31. avgusta **1920.** godine u Detroitu.
- **1933.** godine Edwin Armstrong je patentirao **FM radio**



- **27. novembra 1944.** godine, u tek oslobođenom Cetinju, oglasilo se Radio Cetinje, vijestima i izvještajima sa ratišta.



Jedna od prvih FM radio stanica u New Jersey-u. Toranj i danas postoji.

Istorijski razvoj

- **1927. god.** je ostvaren prvi prenos **televizijskog signala** između Njujorka i Vašingtona.
- 1928. god. u SAD-u je demonstriran prvi potpuno elektronski TV sistem

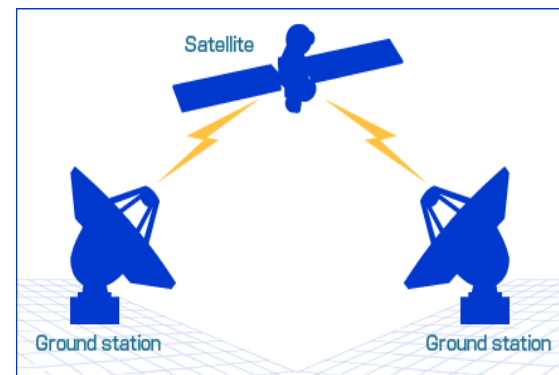


The BAIRD "Televisor" HOME RECEPTION SET

- Prva televizijska slika u Crnoj Gori viđena je **1956.** na Jezerskom vrhu na Lovćenu - program italijanske televizije.
- Kao zvaničan početak rada Televizije Crne Gore, tada Televizije Titograd, uzima se **4. maj 1964.** godine
- **1956. godine** postavljen **prvi telefonski podmorski kabl** između SAD i Engleske kojim se moglo prenijeti istovremeno 36 govornih signala (51 regeneratorska stanica)

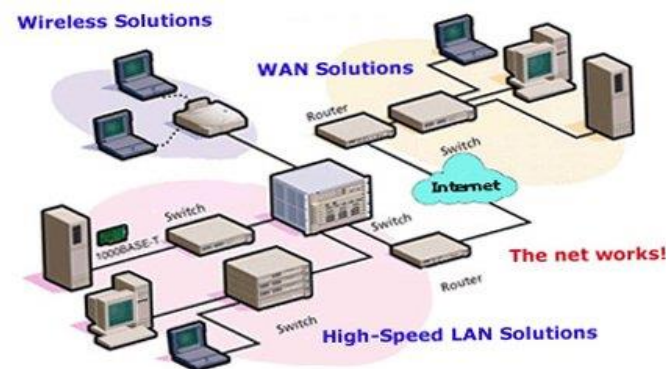
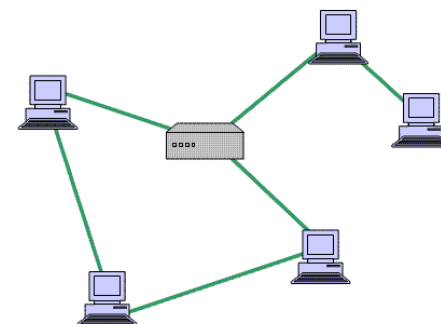
Istorijski razvoj

- U **avgustu 1960.** bio je lansiran prvi telekomunikacioni, ***pasivni satelit*** "Echo 1", a oktobra iste godine prvi ***aktivni satelit*** "Courier IB".
- 1962. god. lansiran je satelit TELSTAR 1 (LEO) sa 60 telefonskih vodova, a omogućio je i prvi interkontinentalni TV prenos
- 1965. god. ostvaren je prvi eksperimentalni prenos TV slike u boji preko satelita.
- Lansiranjem telekomunikacionih satelita otvara se nova era u oblasti telekomunikacija



Istorijski razvoj

- 1960. god. razvoj lasera
- 1965. god. prvi put demonstriran prenos podataka fiber-optičkim kablom (Telefunken Research Labs)
- 1970-tih godina se proizvode prva kabla sa optičkim vlaknima koja imaju zadovoljavajuće malo slabljenje (manje od 20dB/km)
- 1960-tih do 1970-tih god. razvoj računarskih sistema dovodi do potrebe za povezivanjem računara.
- 1969. god. ARPAnet pušten u rad (početak Interneta) a 1972. je ARPA net javno prezentovan na ICC-u
- 1980-1990-tih god. lokalne računarske mreže (LAN) su u širokoj upotrebi. 1990-tih počinje primjena WLAN mreža



Istorijski razvoj

- Druga polovina 20. vijeka donosi intenzivan razvoj ***mobilnih radio komunikacija i optičkih komunikacija***. Prvi pokušaji na tom polju su bili radiofoni (voki-toki), zatim dispečerski sistemi, radio-pejdžing sistemi, mobilni radio-telefonski sistemi koji obezbjeđuju sve što i fiksni telefonski sistemi.



2000
0.02x traffic



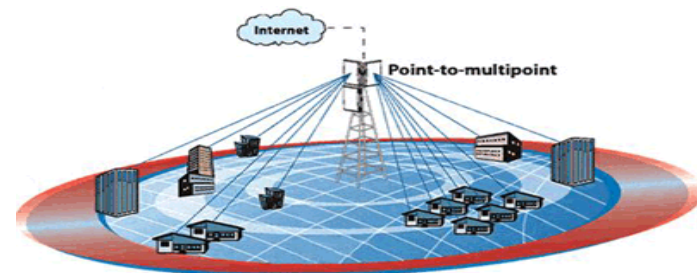
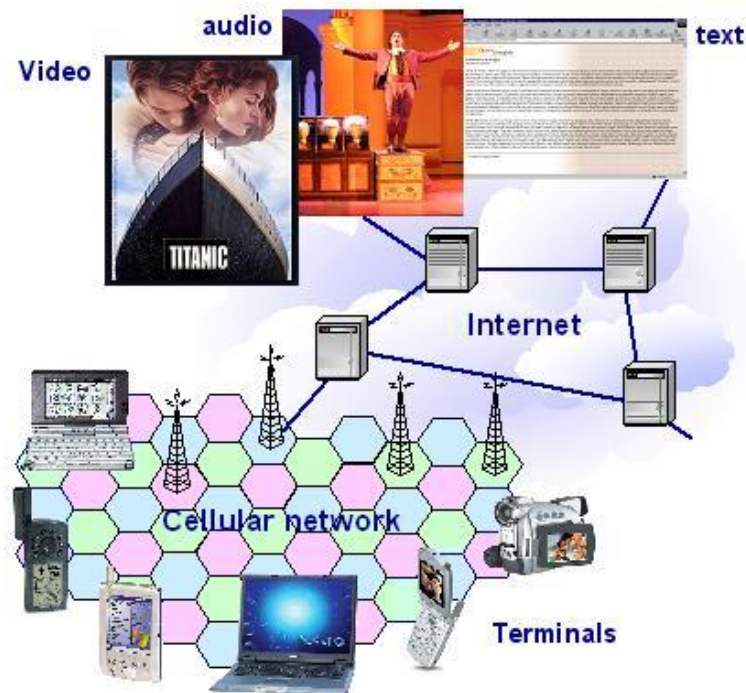
2010
1x traffic



2020
~ 500x traffic

Istorijski razvoj

- **1979. god.** prvi analogni celularni sistem je pušten u Japanu
- **1992. god.** GSM digitalni celularni mobilni sistem je počeo sa upotrebom
- 1993. god. početak razvoja digitalne pretplatničke linije (DSL)
- **1994. god. GPS** – globalni sistem za pozicioniranje je pušten u civilnu upotrebu.
- 1998. god. pušten u rad LEO telekomunikacioni sistem IRIDUM
- 2003. počinje korišćenje 3G celularnih sistema
- Decembra 2009. prva komercijalna LTE (3.9G) mreža je puštena u rad u Oslu, Švedska



Termin 1 - Sadržaj

- Pojam i značaj telekomunikacija
- Telekomunikacije – istorijski razvoj
- **Trendovi u telekomunikacijama**
- Model telekomunikacionog sistema
- Vrste prenosa signala

Trendovi u telekomunikacijama

- Primarni cilj telekomunikacija je bio ostvarivanje komunikacije između ljudi (*Human-to-human communications*)



Trendovi u telekomunikacijama

- *Human-to-human communications*



Trendovi u telekomunikacijama

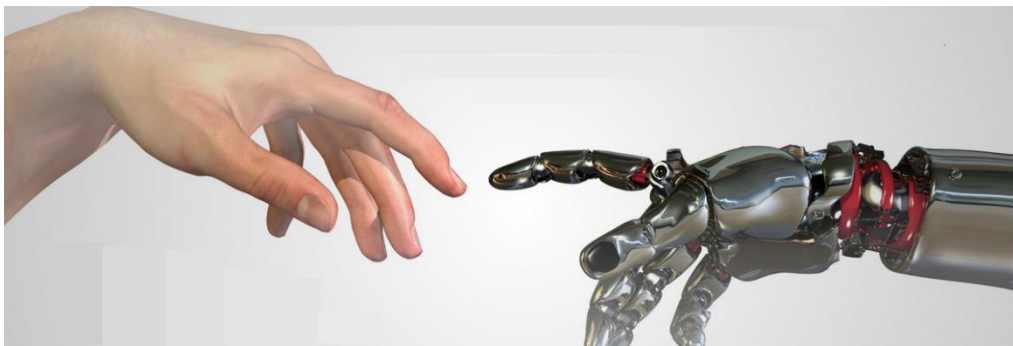
- Može se reći da je **konvergencija** savremenih telekomunikacionih sistema omogućila ostvarivanje komunikacije **bilo gdje, bilo kada i sa bilo kim**, nezavisno od vrste korisničkog terminala.



Sa bilo kim

Trendovi u telekomunikacijama

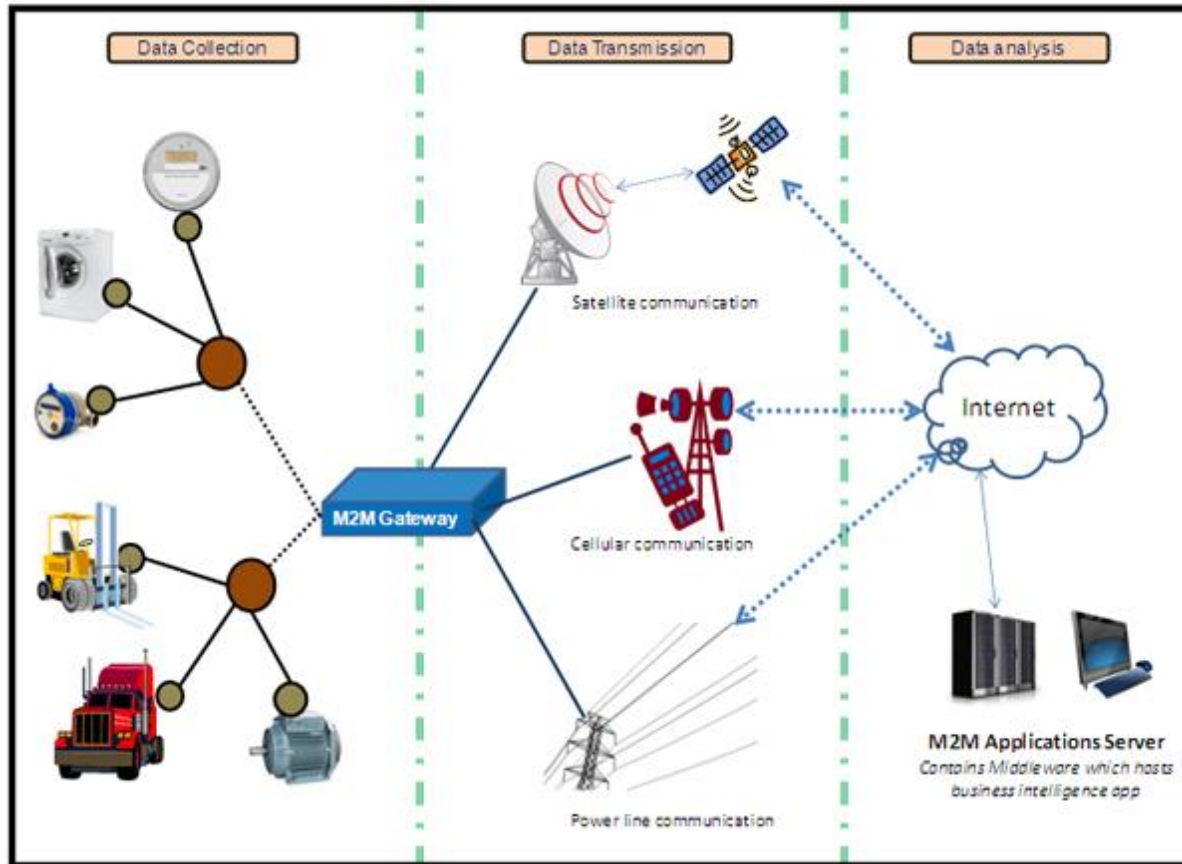
- *Human-to-machine (H2M) communications*



- Podrazumijeva se da se na drugoj strani telekomunikacionog sistema nalazi mašina koja pruža različite tipove servisa ljudima.
- Sa razvojem računarskih tehnologija, a posebno ekspanzijom Interneta, H2M komunikacije dobijaju sve veći značaj

Trendovi u telekomunikacijama

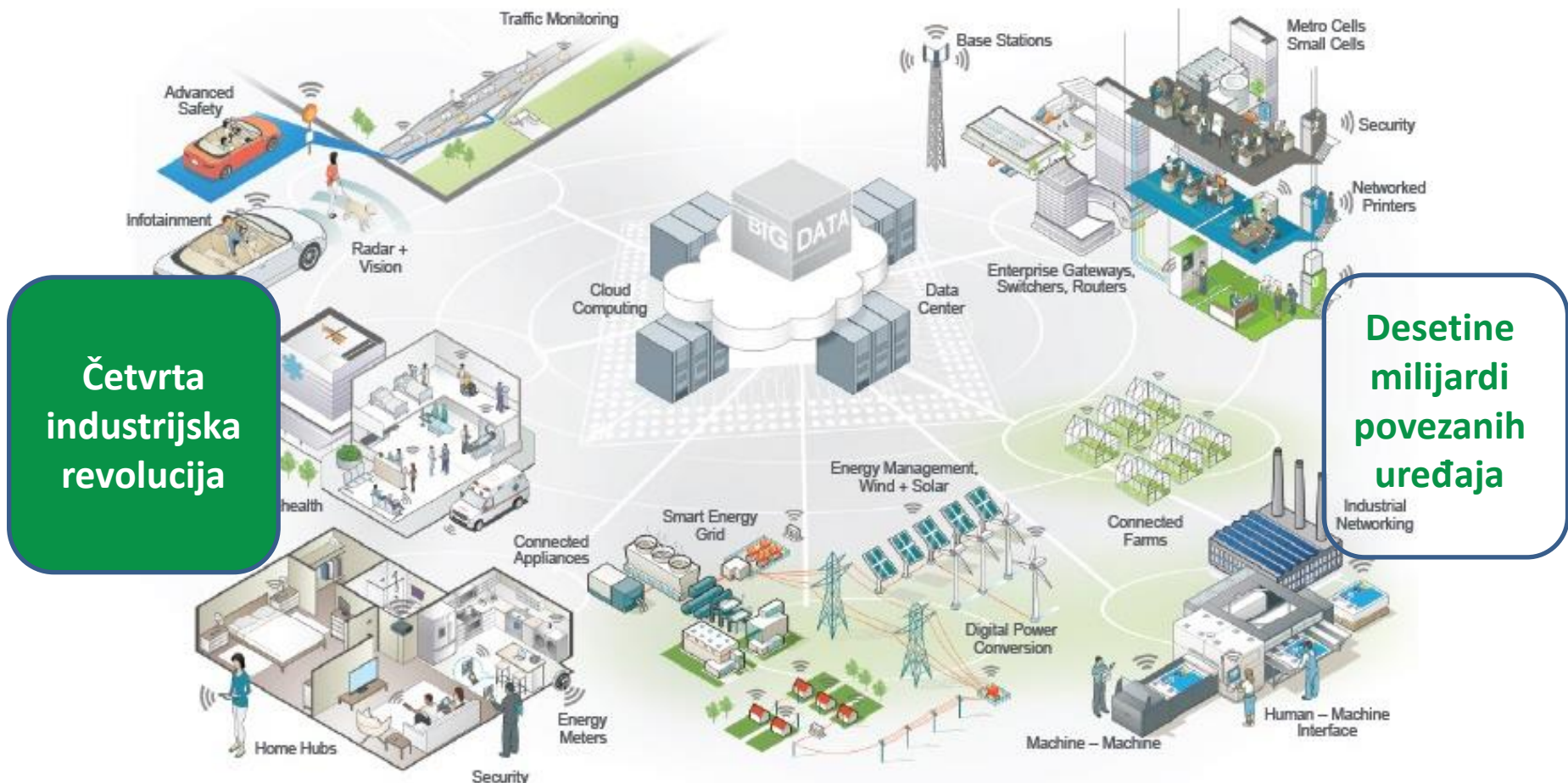
- *Machine-to-machine (M2M) communications*



- M2M komunikacije podrazumijevaju komunikaciju između neke mašine, ili uređaja i udaljenog računara (servera), bez učešća ljudi.

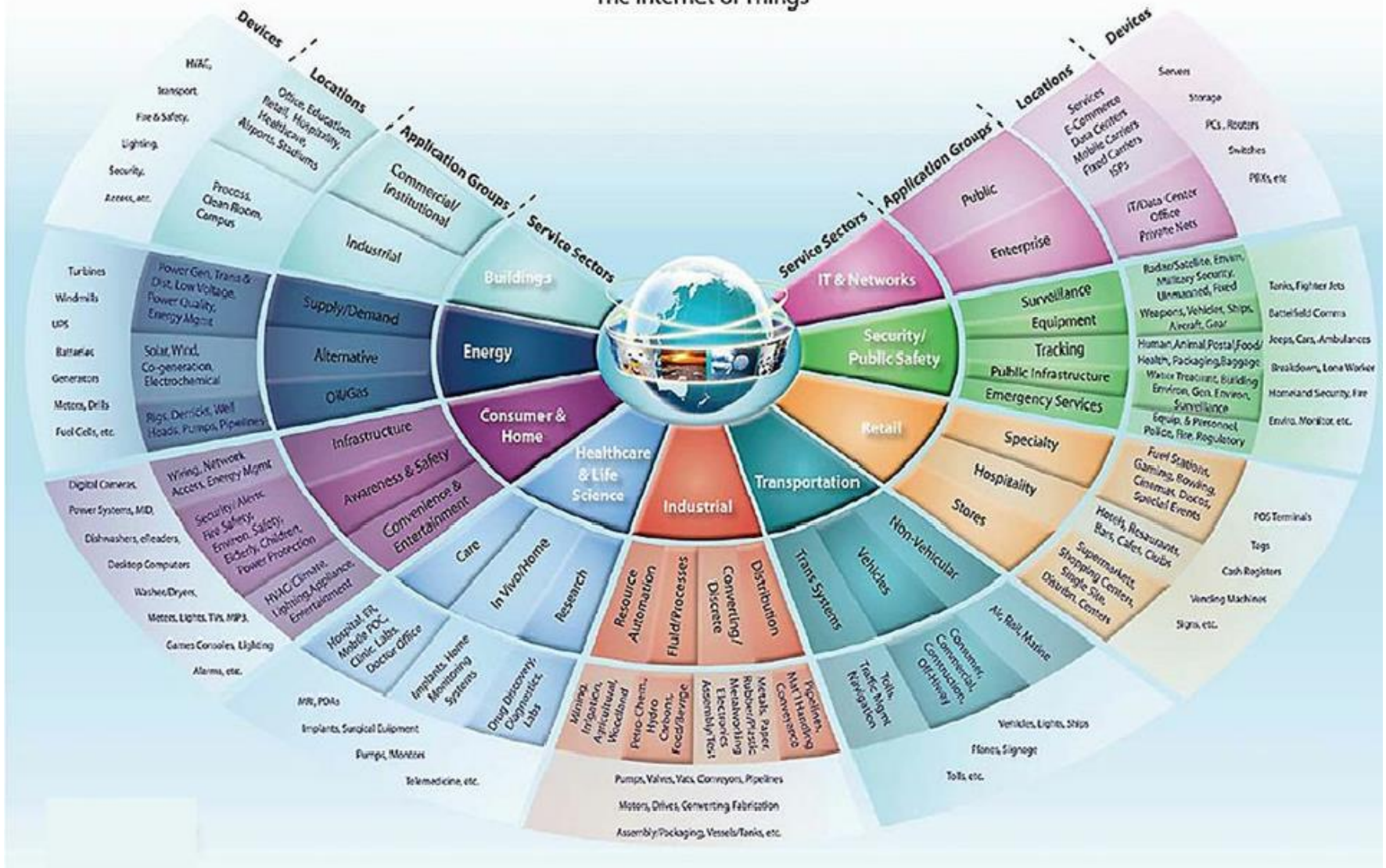
Trendovi u telekomunikacijama

- Internet stvari (**Internet of Things – IoT**)



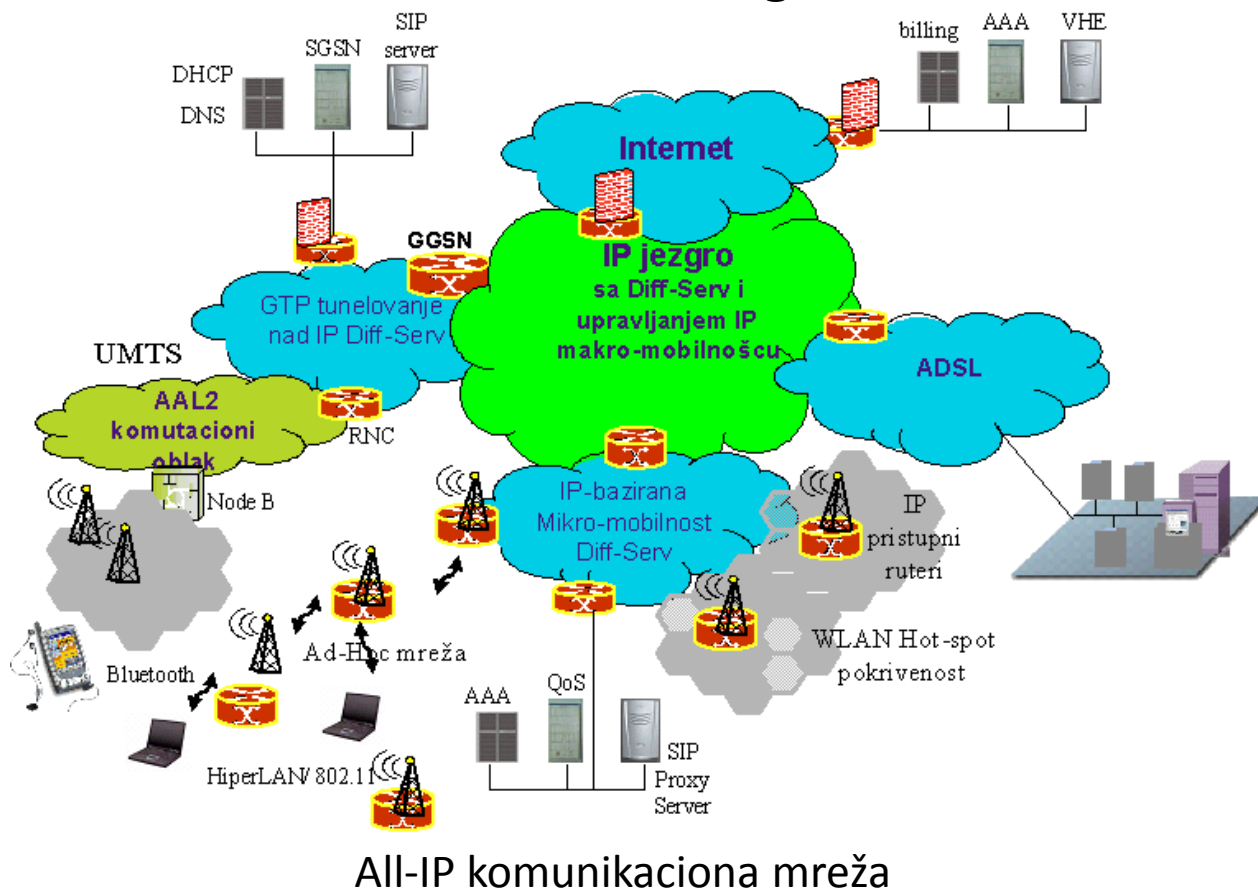
Oblasti primjene IoT

The Internet of Things



Trendovi u telekomunikacijama

- Osnovni trend savremenih telekomunikacija je **konvergencija**, koja podrazumijeva ostvarivanje komunikacije bilo gdje, bilo kad i sa bilo kim, nezavisno od vrste korisničkog terminala.

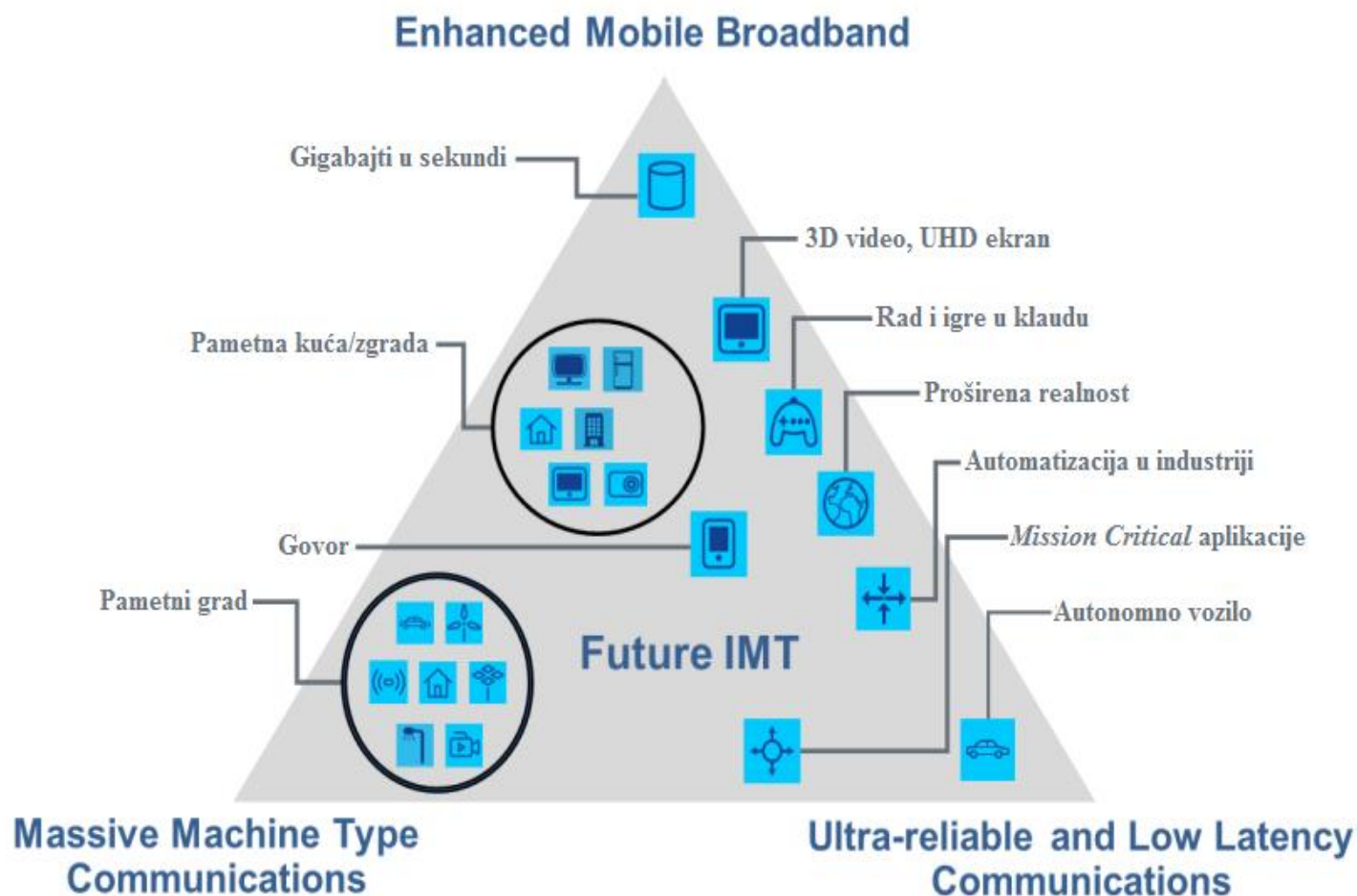


Trendovi u telekomunikacijama – 5G



Vizija 5G servisa

Trendovi u telekomunikacijama – 5G



Kategorije aplikacija za 5G

Termin 1 - Sadržaj

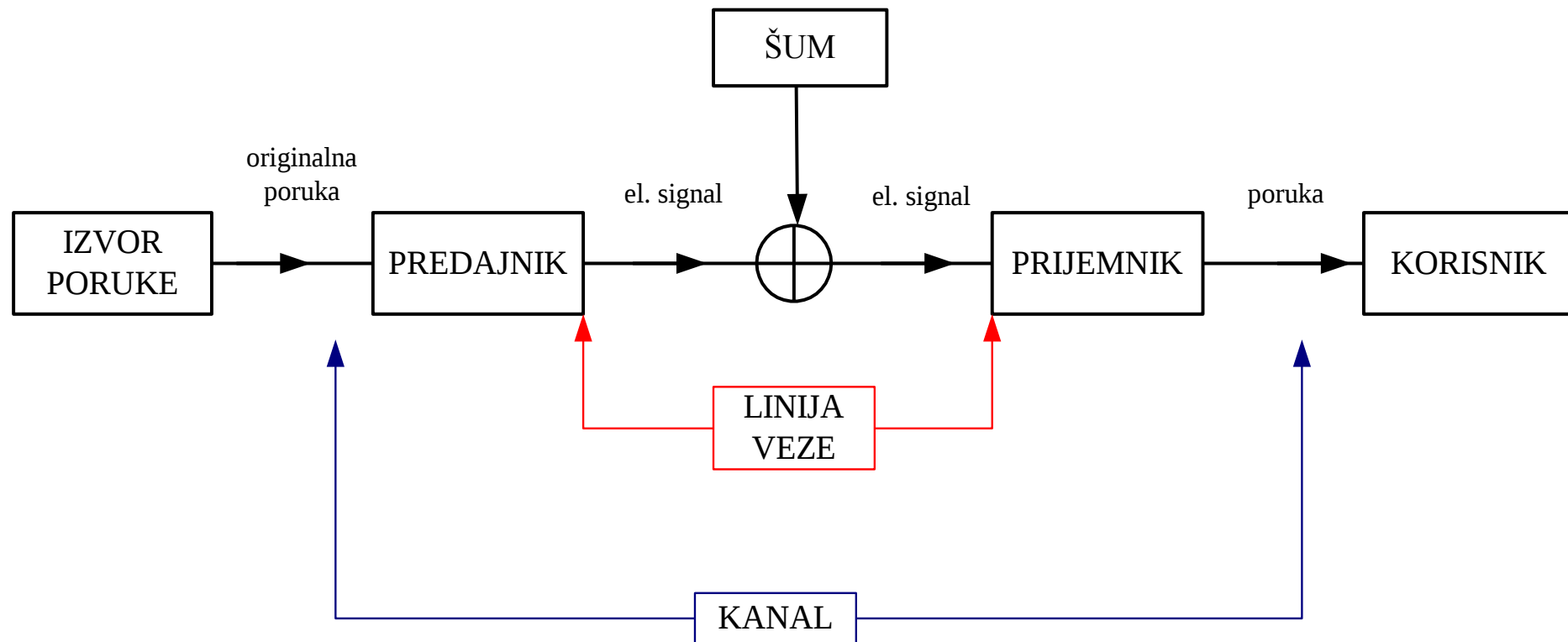
- Pojam i značaj telekomunikacija
- Telekomunikacije – istorijski razvoj
- Trendovi u telekomunikacijama
- **Model telekomunikacionog sistema**
- Vrste prenosa signala

Namjena komunikacionog sistema

- Postupak prenosa poruke se u teoriji komunikacija raščlanjuje na tri koraka:
 1. Formiranje poruke i njeno predstavljanje skupom simbola
 2. Prenos simbola koji predstavljaju poruku, i to sa što je moguće većom tačnošću
 3. Pravilno tumačenje primljene poruke
- Prvi i treći korak spadaju oblast jezičkih, semantičkih ili filozofskih problema, dok je drugi korak tehnički problem.
- Osnovni zadatak telekomunikacionog sistema je da se poruka u vidu signala prenese na udaljeno mjesto, a da pri tome primljeni signal što je moguće više odgovara poslatom signalu.

Model telekomunikacionog sistema

- Jedan od uobičajenih modela za predstavljanje telekomunikacionih sistema je **Shannon**-ov generalni model



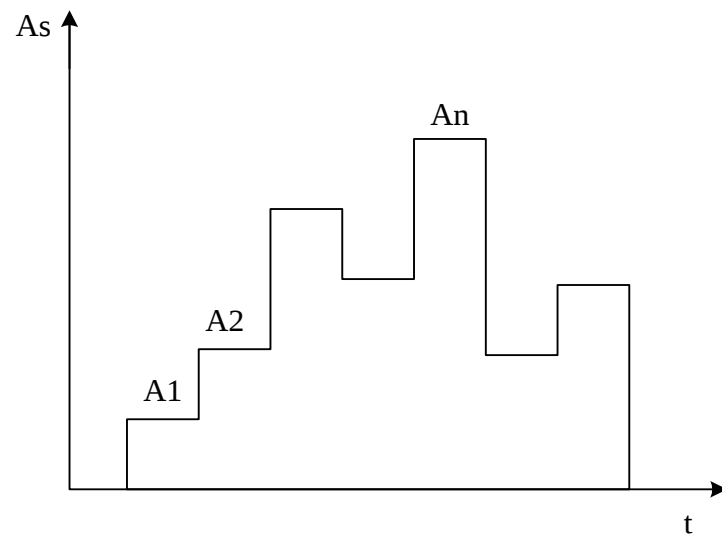
Model komunikacionog sistema

1. **Izvor poruke** – osoba ili uređaj koji generiše poruke (govor, slika, tekst, podaci...) koje treba prenijeti korisniku
2. **Predajnik** - dio telekomunikacionog sistema u kome se vrši konverzija poruke u njen električni ekvivalent koji se naziva električni signal i prilagođenje signala prenosu preko linije veze
3. **Linija veze** (prenosni put, transmisioni medijum) - sredina kroz koju se signal prenosi od predajnika do prijemnika
4. **Šum** - smetnje slučajnog karaktera koje se mogu superponirati sa signalom duž linije veze, i na taj način uticati na oblik signala koji dolazi do prijemnika
5. **Prijemnik** - uređaj koji obavlja operaciju inverznu predajniku: transformiše primljeni signal u poruku što sličniju poslatoj
6. **Korisnik** - osoba, mašina ili objekat kome je poruka namijenjena

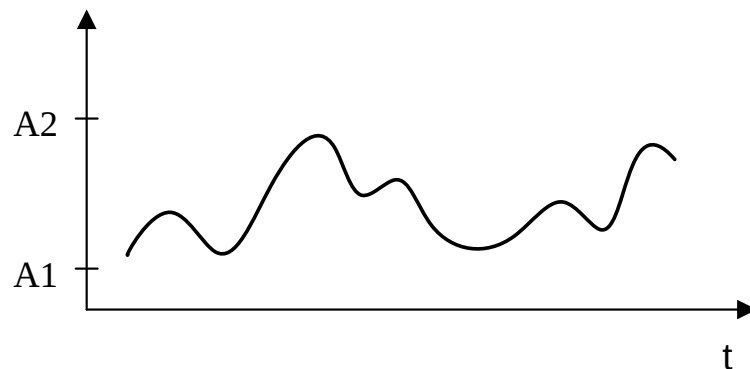
Priroda poruka

- Sve poruke koje šalje neki izvor poruka možemo svrstati u dvije grupe:

1. Diskretne poruke – one koje se pojavljuju kao nizovi odvojenih elemenata koji imaju konačan broj različitih vrijednosti. Ti elementi nazivaju se *simbolima* i pripadaju jednom konačnom skupu zvanom *alfabet*. Primjer ovakvih poruka su poruke koje se prenose u telegrafiji i računarskim komunikacijama.



2. Kontinualne poruke – opisuju se vremenskim funkcijama koje mogu imati sve moguće vrijednosti, koje se nalaze između odredjenih granica. Takve su npr. poruke koje se prenose u telefonskim sistemima ranijih generacija (analogni sistemi).

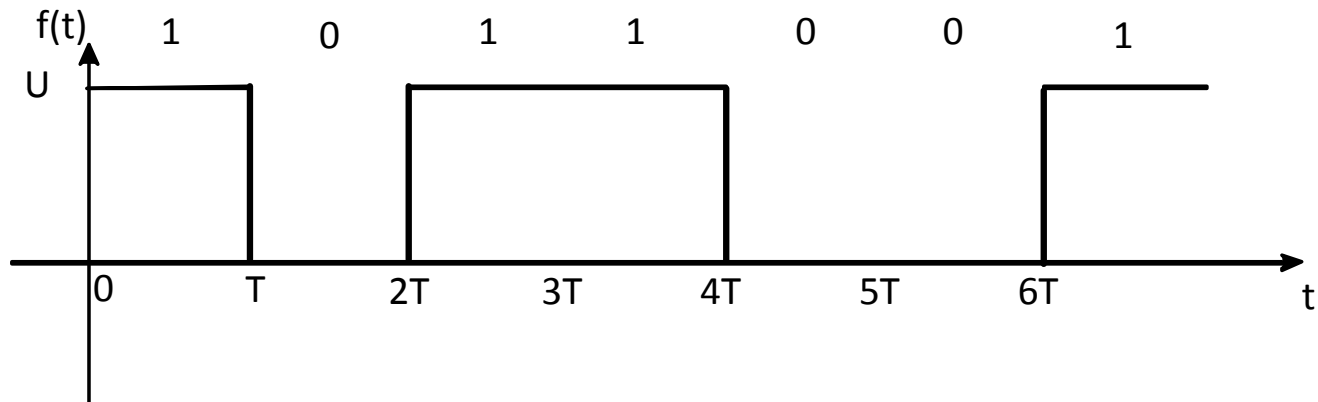


Vrste signala

- U zavisnosti od tipa poruke imamo i dvije vrste signala:

1. Analogne

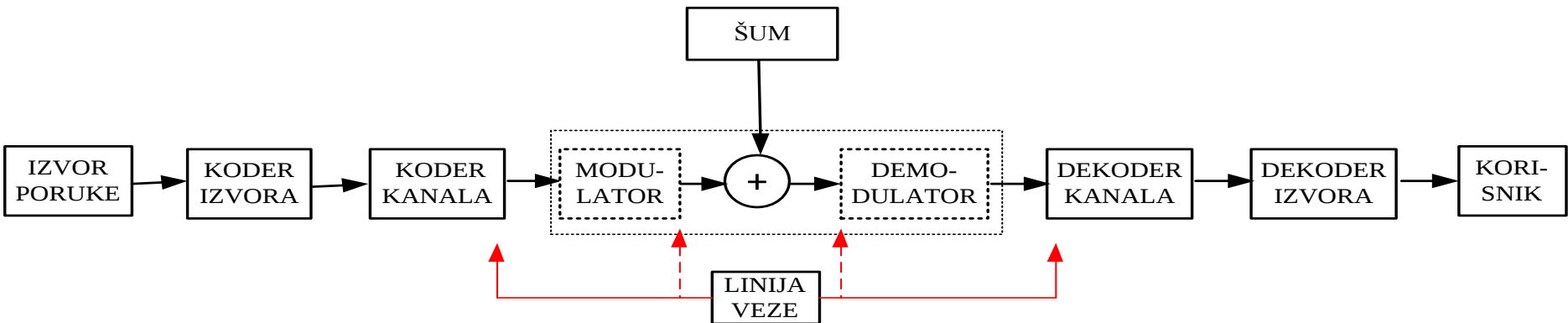
2. Digitalne



Primjer digitalnog binarnog signala

Model komunikacionog sistema

- Nakon Shannon-a, koji je dao opšti model telekomunikacionog sistema, predloženi su i drugi, nešto detaljniji modeli. Za prenos digitalnih signala se može koristiti sledeći model:



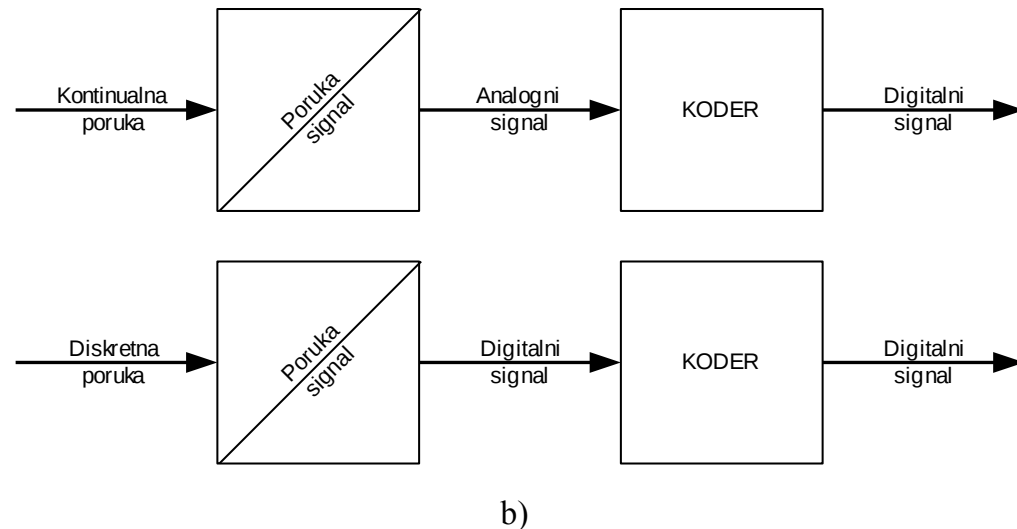
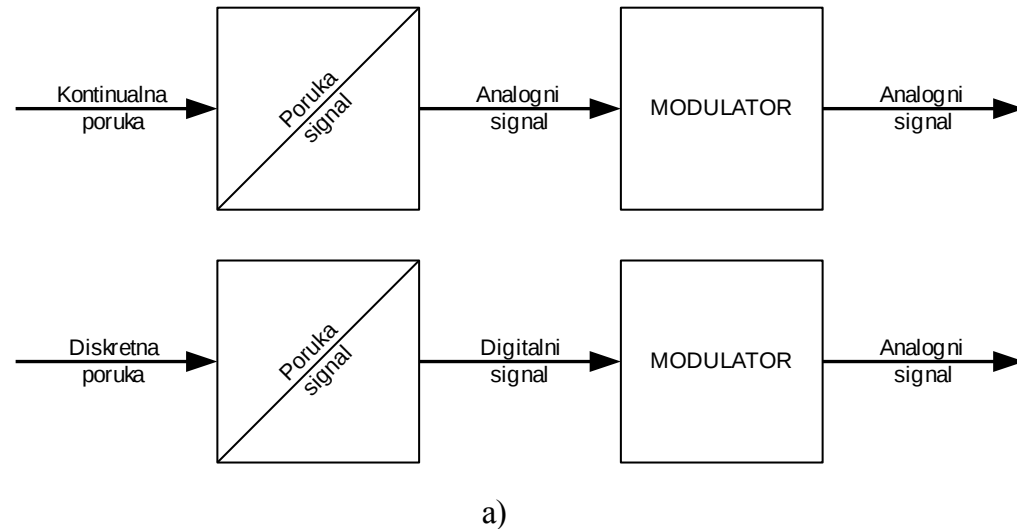
- Koder izvora** – pretvara poruku u odgovarajući kod (niz simbola iz konačnog skupa različitih simbola) na najefikasniji način
- Koder kanala** – zaštitno kodovanje koje dodaje redundantne bite
- Modulator** – obrada signala radi prilagođenja medijumu za prenos
- Demodulator** – proces inverzan postupku modulacije
- Dekoder kanala** – primljeni signal pretvara u kodiranu poruku
- Dekoder izvora** – poruku predstavljenu odgovarajućim kodom prevodi u odgovarajući oblik pogodan za korisnika

Termin 1 - Sadržaj

- Pojam i značaj telekomunikacija
- Telekomunikacije – istorijski razvoj
- Trendovi u telekomunikacijama
- Model telekomunikacionog sistema
- **Vrste prenosa signala**

Vrste prenosa signala

- Analogni signal je moguće pretvoriti u digitalni postupkom **kodiranja** (analogno/digitalna konverzija), dok se postupkom **modulacije** pretvara digitalni signal u analogni.
- U zavisnosti od tipa signala koji se prenosi sistemom, govori se i o dvije vrste prenosa signala: **analogni i digitalni**.



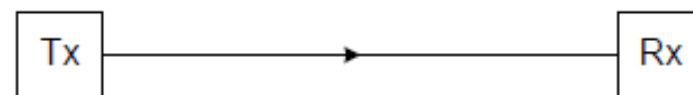
Vrste prenosa

- U zavisnosti od toga da li je moguće na jednoj liniji veze ostvariti istovremenu komunikaciju u oba smjera, razlikujemo sledeće vrste prenosa signala:

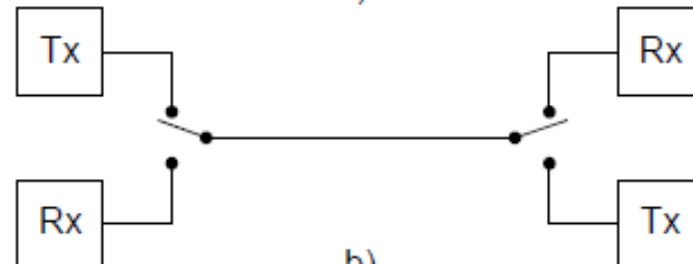
a) **Simplex** (*Simplex*) – prenos signala samo u jednom smjeru (jedna stanica je predajnik, a druga prijemnik)

b) **Polu-duplex** (*Half-duplex*) – Moguć je prenos signala u oba smjera, ali ne istovremeno (kada je jedna stanica predajnik, druga je prijemnik, i obratno)

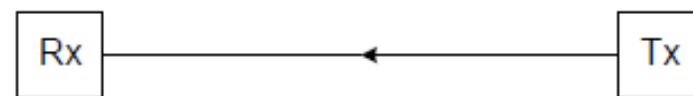
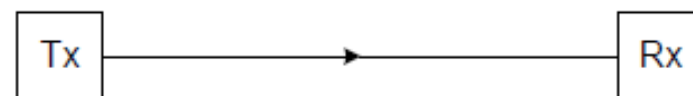
c) **Dupleks** ili **puni dupleks** (*Full-duplex*) – obje stanice mogu istovremeno vršiti i predaju i prijem, koristeći po jedan kanal za svaki smjer prenosa.



a)



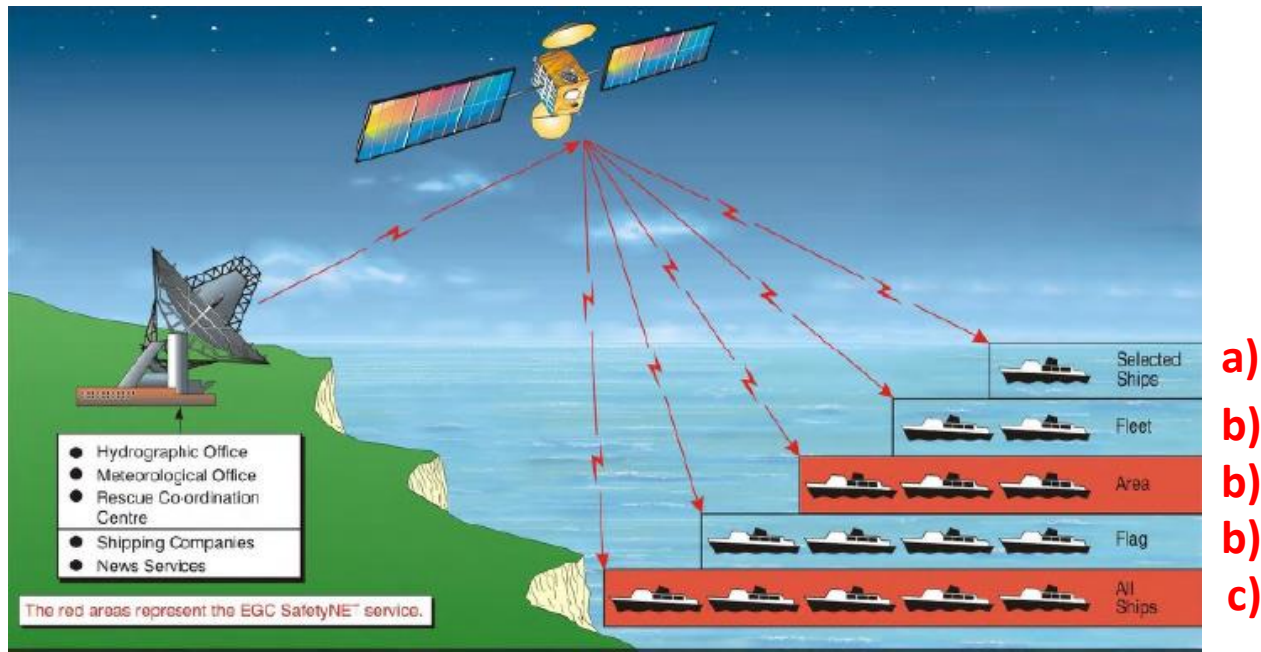
b)



c)

Vrste prenosa

- U zavisnosti od toga kojem broju korisnika (komunikacionih stanica) se šalje poruka, razlikujemo:
 - a) **Prenos od tačke do tačke** (*point-to-point transmission*) – gdje se poruka šalje samo jednom korisniku
 - b) **Prenos prema grupi korisnika** (*multipoint transmission*) – poruka se šalje određenoj grupi korisnika
 - c) **Difuzni prenos** (*Broadcast transmission*) – poruka se šalje svim korisnicima u određenoj mreži ili u određenoj oblasti pokrivanja telekom. sistema



Vrste prenosa

- Kod digitalnih sistema prenosa se može napraviti podjela i u zavisnosti od toga da li se prenos podataka vrši **serijski** (jedan po jedan simbol se prenosi linkom) ili **paralelno** (više simbola se prenosi istovremeno).

