

Osnovi telekomunikacija

Prof.dr Igor Radusinović

igorr@ucg.ac.me

Prof.dr Enis Kočan

enisk@ucg.ac.me

dr Slavica Tomović

slavicat@ucg.ac.me

O čemu se radi?

- ❑ Telekomunikacije predstavljaju svako emitovanje, prenos ili prijem poruka (govor, tekst, slika, muzika, video,...) u vidu električnog signala, optičkog signala ili elektromagnetnog talasa.
- ❑ Cilj telekomunikacija je tačan prenos poruke. Smisao i posledice primljene poruke nijesu problemi kojima se bave telekomunikacije.
- ❑ Telekomunikacije su jedna od najvažniji infrastruktura savremenog društva.
- ❑ Osnovi telekomunikacija su početni kurs posvećen sticanju osnovnih znanja iz oblasti telekomunikacija, ali i informacionokomunikacionih tehnologija u širem smislu
- ❑ Radi se o oblasti bez koje se ne može zamisliti budući angažman inženjera.
- ❑ Potrebno je odgovarajuće znanje iz matematike.
- ❑ **Sve informacije o ispitu će biti dostupne u formi prezentacija na zvaničnoj Web stranici predmeta**
- ❑ Materija ima nastavak u kursevima na osnovnim, master i doktorskim studijama

Kako se obavlja prenos poruke?

Preporučena literatura

- ❑ Materijal sa predavanja
- ❑ Praktikum za laboratorijske vježbe
- ❑ M.L. Dukić, "Principi telekomunikacija", Akademska misao, 2008, Beograd
- ❑ Ali Grami, "Digital Communications", Elsevier, 2016.
- ❑ Ilija S. Stojanović, "Osnovi telekomunikacija", Naučna knjiga, 1987
- ❑ S. Haykin, M. Moher, "Introduction to analog & digital communications", Wiley & Sons, 2nd edition, 2007.
- ❑ Dodatne informacije je moguće pronaći u velikom broju knjiga, članaka i naravno na Internetu

Pregled kursa

□ Način polaganja:

	<u>% ocjene</u>
□ Kolokvijum	50
○ Teorijski dio	30
○ Zadaci	20
○ Laboratorija	?
□ Završni ispit	50
○ Teorijski dio	30
○ Zadaci	20
○ Laboratorija	?
□ Pitalice	5

Pregled kursa: (ECTS katalog)

Pripremne nedjelje	Priprema i upis semestra
I nedjelja 15.02.	Uvod
II nedjelja 22.02.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa (Klasifikacija, operacije, analiza ,...)
III nedjelja 01.03.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa (Harm. analiza neperiodičnih signala)
IV nedjelja 08.03.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa (Sistemi prenosa)
V nedjelja 15.03.	Analogno digitalna konverzija (Odabiranje, Kvantizacija,...)
VI nedjelja 22.03.	ISI. Dijagram oka. Transferzalni filter
VII nedjelja 29.03.	KOLOKVIJUM
VIII nedjelja 05.04	Pojam modulacije. Modulacije sa sinusoidalnim nosiocem.
IX nedjelja 12.04.	IKM. Digitalne modulacije.
X nedjelja 19.04	Vjerovatnoća. Slučajna promjenljiva. Slučajni procesi.
XI nedjelja 26.04.	Šum (osnovni opseg, kvantizacija, modulisani signal).
XII nedjelja 03.05.?	Teorija informacija
XIII nedjelja 10.05	Uvod u telekomunikacione mreže (Uvod. Prenosni medijumi. Multipleksi. Nivo linka.)
XIV nedjelja 17.05.	Uvod u telekomunikacione mreže (Komutacija. Internet)
XV nedjelja 24.05.	Uvod u telekomunikacione mreže (Celularne mreže. 4G)
XVI nedjelja	ZAVRŠNI ISPIT
Završna nedjelja	
XVIII-XXI nedj.	

Pregled kurseva :

Pitalice ??????????

- ❑ Pismene provjere pređenog gradiva koje imaju za cilj ocjenjivanje redovnosti praćenja i rada tokom godine
- ❑ Sadržaće pitanja na koja se odgovara zaokruživanjem, kratkim odgovorima ili crtanjem slike
- ❑ Rade se po 10 minuta
- ❑ Neće biti najavljivane, nadoknađivane ili popravljane!

Pitanja, komentari, ... ???

Uvod u telekomunikacije

Sadržaj

- ❑ Pojam telekomunikacija
- ❑ Model telekomunikacionog sistema
- ❑ Klasifikacija signala
- ❑ Principi prenosa signala
- ❑ Kratka istorija telekomunikacija
- ❑ Telekomunikacije danas i „sjutra“

Pojam telekomunikacija

- ❑ Telekomunikacije (elektronske komunikacije) omogućavaju prenos poruka između dva ili više udaljenih korisnika, putem električnih (optičkih) signala ili elektromagnetnih talasa.
- ❑ Poruke koje treba prenijeti sa jednog mjesta (njihovog izvora) do drugog (mjesta prijema, destinacije) mogu biti u različitim formama: tekst, govor, muzika, slika, video, 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 Esauie-a

Pojam telekomunikacija

- Prema definiciji Međunarodne telekomunikacione unije (ITU - *International Telecommunications Union*),

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

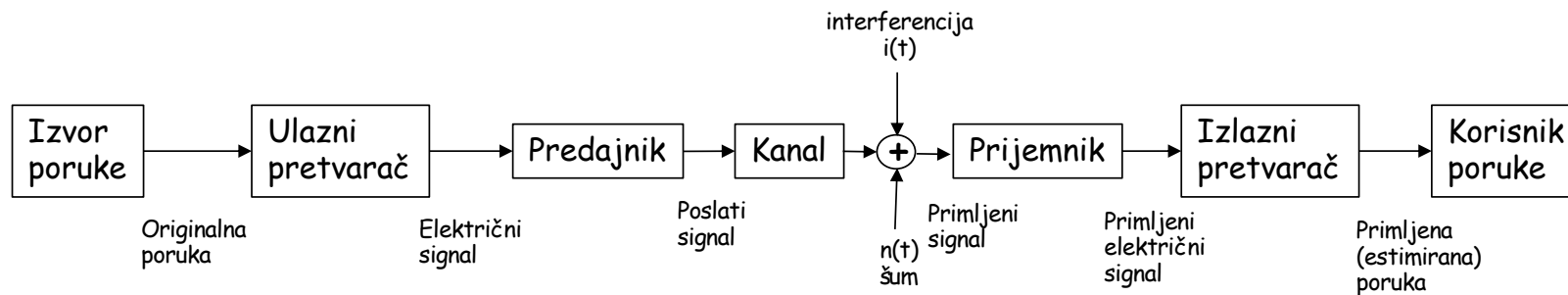
- **Poruke** su sve ono što se u telekomunikacijama prenosi, a **informacija** koja se prenosi je sadržana u poruci.
- **Signal** predstavlja električni ili elektromagnetni ekvivalent poruke koja se prenosi.

Model telekomunikacionog sistema

- Postupak prenosa poruke se u teoriji komunikacija raščlanjuje na tri koraka:
 - Formiranje poruke i njeno predstavljanje skupom **simbola**
 - **Prenos simbola** koji predstavljaju poruku, i to sa **što je moguće većom tačnošću**
 - 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.

Zašto?

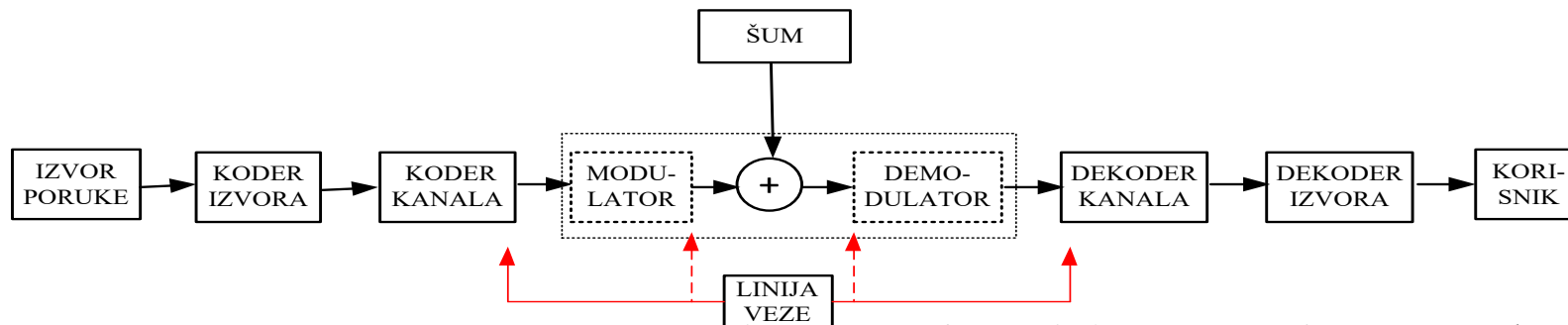
Model telekomunikacionog sistema (Shannon)



1. Izvor poruke (osoba ili uređaj) - generiše poruke (govor, slika, video, tekst, podaci...) koje treba prenijeti korisniku
2. Ulazni pretvarač - pretvara poruke u električni signal
3. Predajnik - dio telekomunikacionog sistema u kome se vrši konverzija poruke u njen električni (elektromagnetni) ekvivalent, odnosno signal, i prilagođenje signala prenosu preko linije veze (**modulacije i kodiranja**).
4. **Kanal** (linija veze, prenosni put, transmisioni medijum) - sredina kroz koju se signal prenosi od predajnika do prijemnika (bakarna upredena parica, koaksijalni kabal, optičko vlakno ili slobodni prostor).
5. **Šum** - smetnje slučajnog karaktera koje se mogu superponirati sa signalom u kanalu, i na taj način uticati na oblik signala na ulazu prijemnika. Kriterijum za procjenu kvaliteta prenosa je odnos **Snaga_signala/Snaga_šuma**
6. **Interferencija** - smetnje koje nijesu slučajnog karaktera i superponiraju se signalu u kanalu, i na taj način utiču na ispravnost prenosa poruke
7. Prijemnik - uređaj koji obavlja operaciju inverznu predajniku: transformiše primljeni signal u električni signal
8. Izlazni pretvarač - pretvara primljeni električni signal u primljenu (estimiranu) poruku
9. Korisnik - osoba, mašina ili objekat kome je poruka namijenjena

Model telekomunikacionog 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:

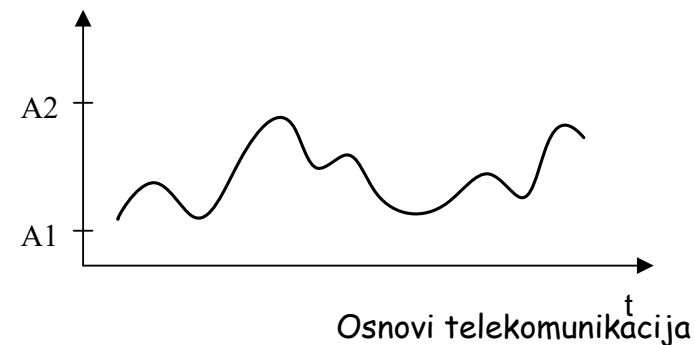
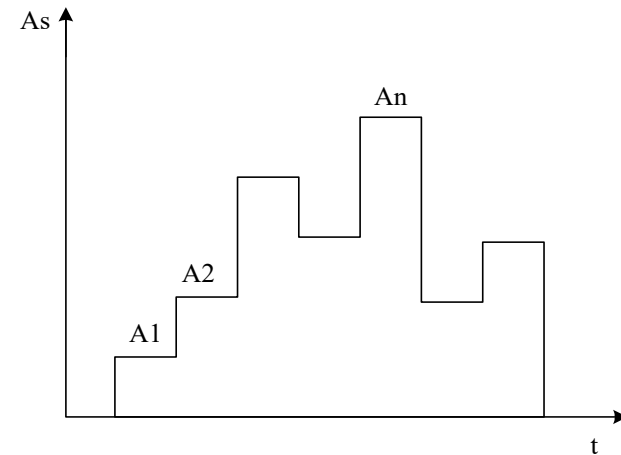


1. **Koder izvora** - pretvara poruku u odgovarajući kod (niz simbola iz konačnog skupa različitih simbola) na najefikasniji način
2. **Koder kanala** - izvršava zaštitno kodiranje dodavanjem redundantnih bita
3. **Modulator** - obrađuje signal radi prilagođenja medijumu za prenos
4. **Demodulator** - obavlja proces inverzan obradi signala koju obavlja modulator
5. **Dekoder kanala** - primljeni signal pretvara u kodiranu poruku
6. **Dekoder izvora** - poruku predstavljenu odgovarajućim kodom prevodi u odgovarajući oblik pogodan za korisnika

Model telekomunikacionog sistema

Sve poruke koje šalje neki izvor poruka mogu se svrstati u dvije grupe:

1. **Diskretne poruke** - se pojavljuju kao nizovi odvojenih elemenata koji imaju konačan broj različitih vrijednosti. Tim vrijednostima odgovaraju simboli koji 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 vrijednosti iz skupa koji nema konačan broj elemenata, koje se nalaze između odredjenih granica. Takve su npr. poruke koje se prenose u telefonskim sistemima ranijih generacija (analogni sistemi).



Klasifikacija signala

Poruke i signali u koje se one transformišu se mogu posmatrati u domenu

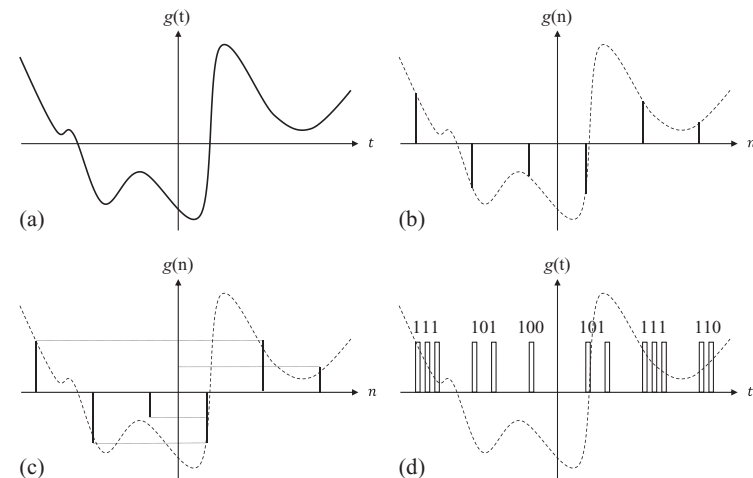
- ❑ vrijednosti
- ❑ vremena

Poruke i signali se dijele na dvije grupe:

- ❑ kontinualne
- ❑ diskretne.

Shodno ovoj podjeli postoje i dvije vrste prenosa:

- ❑ analogni
- ❑ digitalni prenos.



Klasifikacija signala

Primjeri?

Signal $u(t)$ (napon na otporniku nominalne otpornosti 1Ω) može biti signal:

- ❑ **Konačne energije E** ($0 < E < \infty$), gdje je $E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |u(t)|^2 dt$
- ❑ **Konačne snage P** ($0 < P < \infty$), gdje je $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |u(t)|^2 dt$
- ❑ Koji ne spada u prethodne dvije kategorije
 - signal $u(t) = |t|^{-\frac{1}{4}}$ ima beskonačnu energiju i snagu jednaku nuli

Prethodne prve dvije karakteristike su isključive,

- ❑ signal konačne energije ima snagu jednaku nuli,
- ❑ signal konačne snage ima beskonačnu energiju

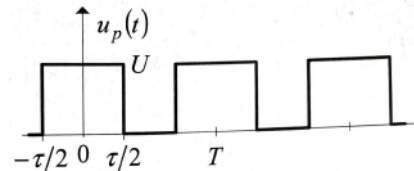
Klasifikacija signala

Signali se mogu podijeliti i na :

□ **Determinističke signale** koji se mogu predstaviti u vidu neke vremenske funkcije

○ **Periodični signal**

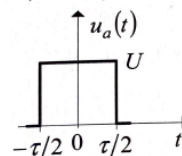
• na primjer $u_p(t) = \begin{cases} U, & kT - \frac{\tau}{2} < t < kT + \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{ostalo } t \end{cases}$



$u_p(t) = u_p(t + T)$,
gdje je T perioda

○ **Aperiodični signal**

• na primjer $u_a(t) = \begin{cases} U, & -\frac{\tau}{2} < t < \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{ostalo } t \end{cases}$

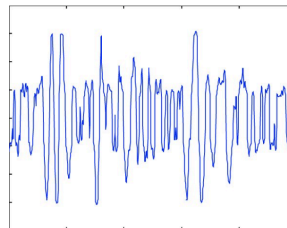


Još primjera?

□ **Slučajne signale** koji se ne mogu podesno predstaviti u vidu neke vremenske funkcije.

○ Opisuju se statističkim parametrima (srednja vrijednost, srednja kvadratna vrijednost,...)

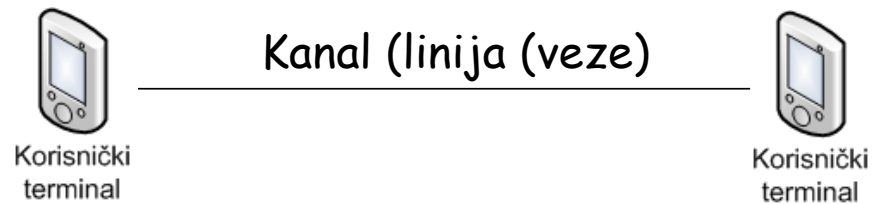
○ Primjer je **termički šum**



Šta bi ovo moglo da bude u praksi?

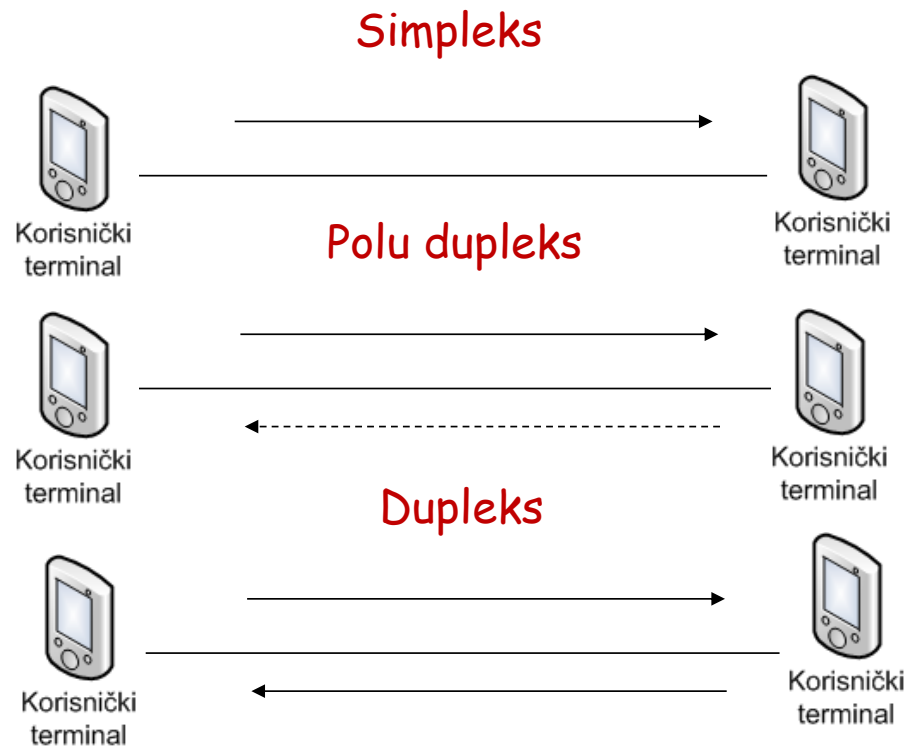
Principi prenosa signala

Povezivanje od tačke do tačke (**point-to-point**)



Principi prenosa signala

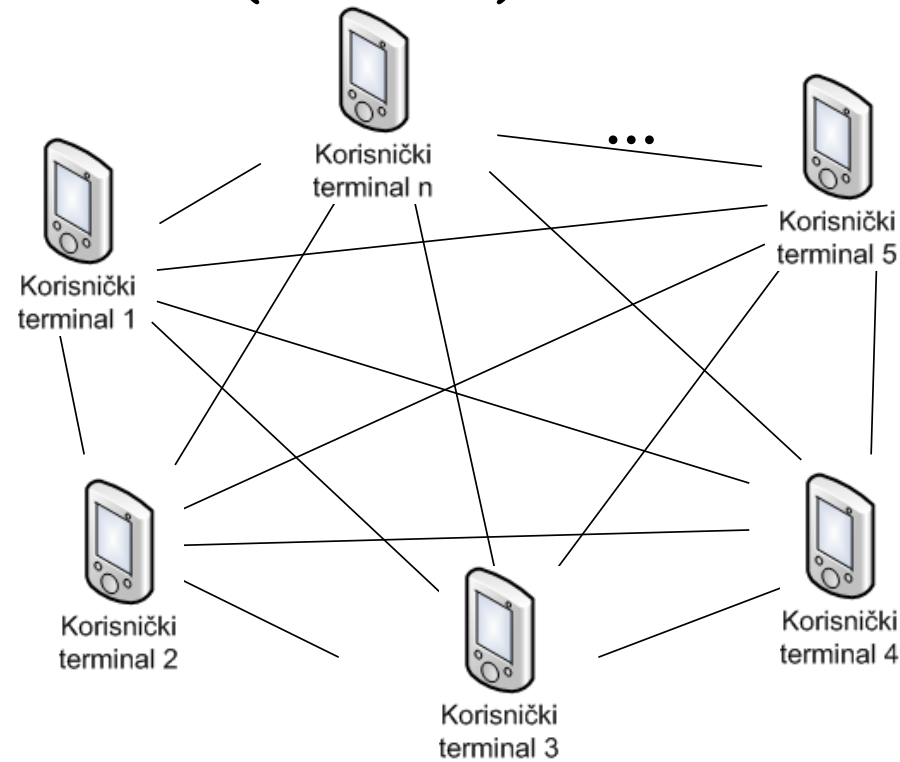
- Jednosmjerna komunikaciju (simpleks).
- Dvosmjernu komunikaciju
 - polu dupleks
 - dupleks.



Primjeri?

Principi prenosa signala

Potpuno povezana mreža (*full mesh*)

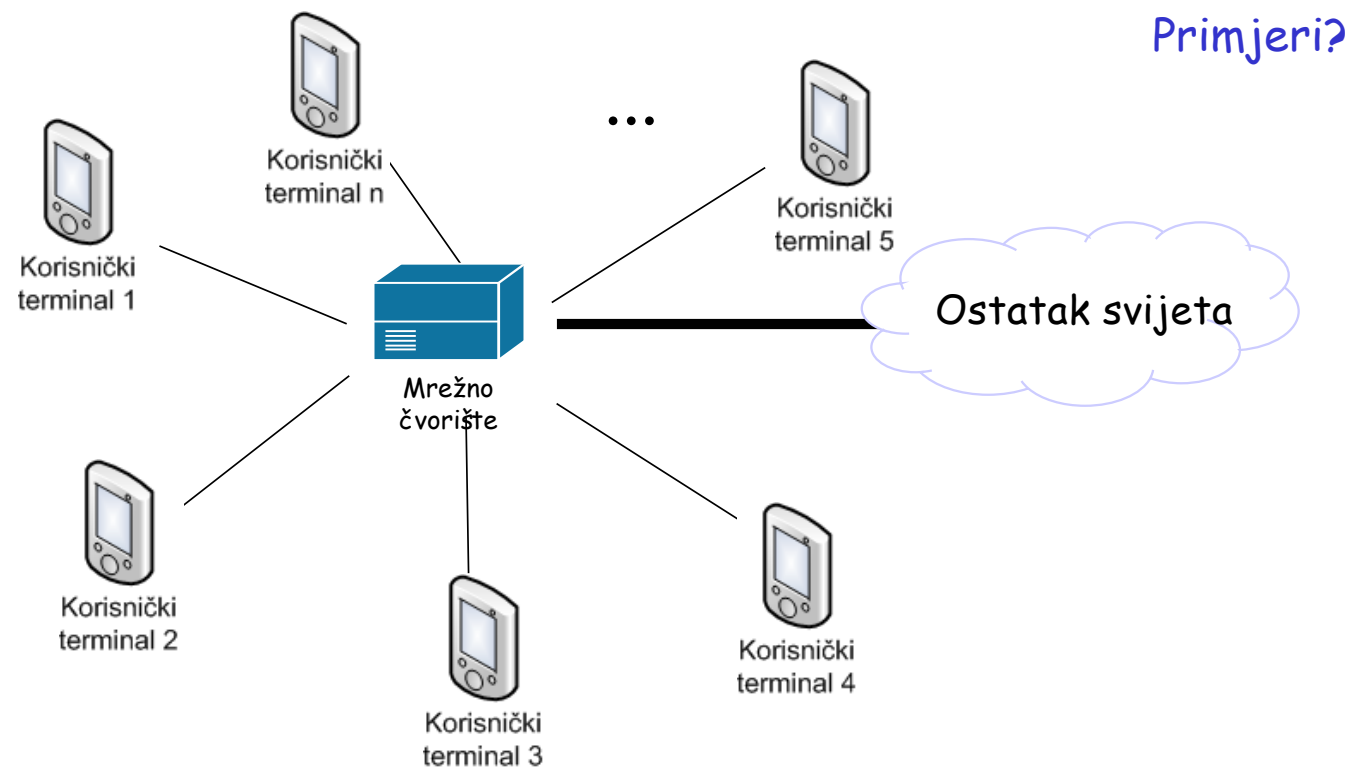


Problem?

Ovako danas funkcionišu *broadcast* mreže!!

Principi prenosa signala

Mrežno čvorište



Principi prenosa signala

Ekosistem telekomunikacione mreže



Principi prenosa signala

Struktura telekomunikacione mreže

- ❑ Oprema (hardware & software)
- ❑ Infrastruktura (kanalizacija, stubovi, energetske instalacije, kablovi, objekti,...

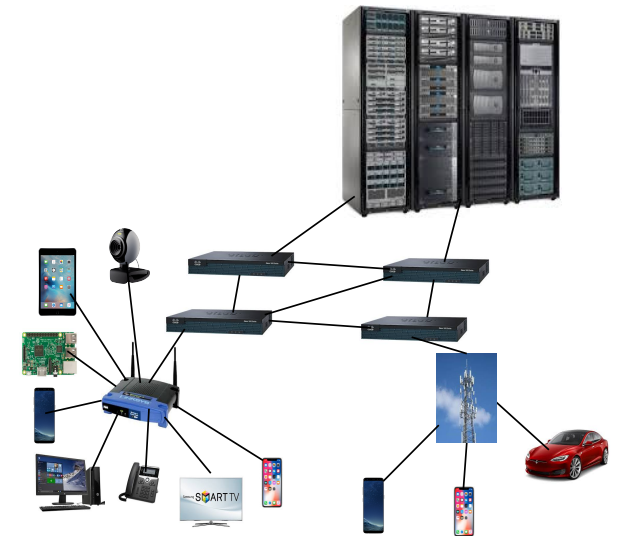


Principi prenosa signala

Elementi telekomunikacione mreže:

- ❑ **Korisnički terminali** (osiguravaju pristup korisnika telekomunikacionoj mreži)
- ❑ **Telekomunikaciona pristupna mreža** (osiguravaju povezivanje terminala na mrežno čvorište)
- ❑ **Mrežna čvorišta** (prosleđivanje informacije sa ulaza na izlaza i povezivanje sa drugim mrežnim čvorištima)
- ❑ **Prenosni sistemi** (povezivanje mrežnih čvorišta)
- ❑ **Server** (osiguravaju servise i sadržaje)
- ❑ **Storage** (osiguravaju memorijski prostor za čuvanje podataka)

Primjeri?

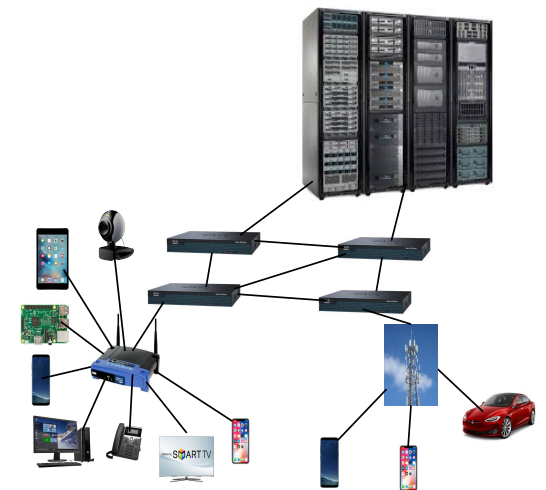


Principi prenosa signala

Struktura telekomunikacione mreže:

- ❑ **Ivica telekomunikacione mreže** (korisnički terminali)
- ❑ **Telekomunikaciona pristupna mreža** (obezbjeđuju pristup terminala mrežnom čvorištu)
- ❑ **Transportna telekomunikaciona mreža** (međupovezana mrežna čvorišta)
- ❑ **Mreža Data Centra** (međupovezani serveri i storage)

Primjeri?



Principi prenosa signala

Podjela telekomunikacionih mreža prema principu realizacije načina prosleđivanja informacije:

1. **Broadcast**
2. **Komutirane**
 1. **Komutacija kola**
 2. **Komutacija na principu uskladišti i proslijedi**
 1. Komutacija poruka (telegrafija)
 2. Komutacija paketa (Internet)
 3. Komutacija tokova (MPLS, SDN)

Kratka istorija telekomunikacija

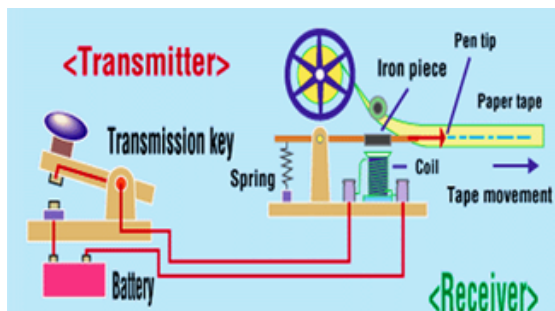
- Potreba za komuniciranjem među ljudima postoji oduvijek, pri čemu su se koristili razni načini kako bi se ostvarila komunikacija na daljinu, odnosno prenijele poruke: paljenje vatre i dimni signali, glasnici, golubovi, bubnjevi, zastave i fiksni sistemi za vizuelnu telegrafiju (semafori) ...



Stanica sistema za vizuelnu telegrafiju

Kratka istorija telekomunikacija

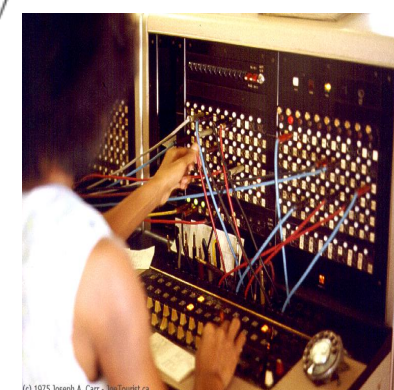
- 24. maj 1844. god. može se smatrati danom početka elektronskih komunikacija. Tog dana **Morse** je ostvario prvi **telegrafski prenos** između Vašingtona i Baltimora.
- Već 1851. godine 50 preduzeća u SAD eksploatisalo je Morseov patent. Iste godine položen je prvi podmorski telegrafski kabal između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



Morzeov telegraf

Kratka istorija telekomunikacija

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

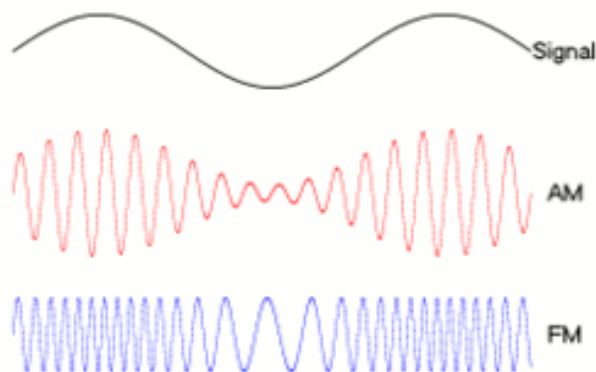


Kratka istorija telekomunikacija

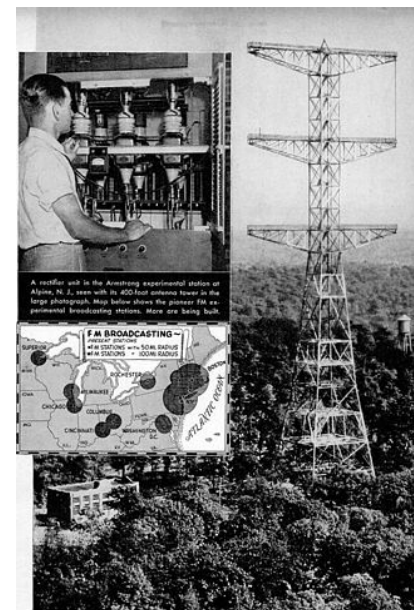
- Neophodnost da se izvor poruke i destinacija povežu fizičkom linijom veze predstavljala je ograničenje u stvaranju globalnog sistema komunikacija.
- 1864. god. **J. C. Maxwell** (1831-1879) objavljuje **teoriju elektromagnetnih talasa** kojom je predvidio postojanje radio talasa
- 1887. god. Hertz je eksperimentalno dokazao postojanje elektromagnetnih 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. Marconi je 1897. godine 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 Marconijevo pravo na patent za radio prenos
- 1904. godine je ostvarena **prva radio-telegrafska veza u Crnoj Gori** na trasi Volujica (Bar)-Italija.

Kratka istorija telekomunikacija

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



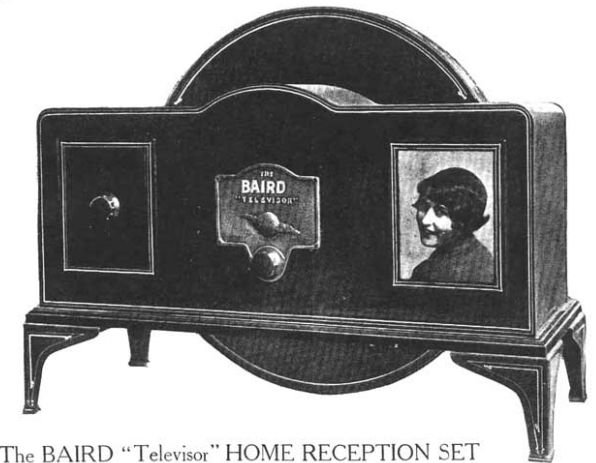
- 27. novembra 1944. godine, u tek oslobođenom Cetinju, oglasilo se **Radio Cetinje**, vijestima i izvještajima sa ratišta.



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

Kratka istorija telekomunikacija

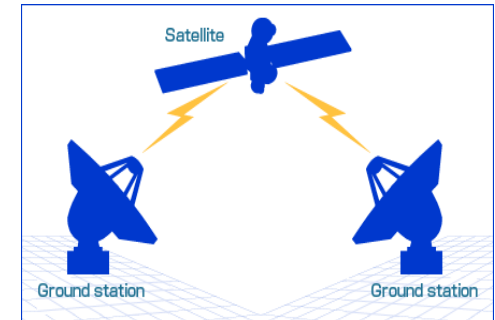
- ❑ 1927. god. je ostvaren prvi prenos **televizijskog signala** između Njujorka i Vašingtona.
- ❑ 1928. god. u SAD-u je demonstriran prvi potpuno elektronski TV sistem
- ❑ **Prva televizijska slika (program italijanske televizije) u Crnoj Gori** viđena je 1956. na Jezerskom vrhu na Lovćenu.
- ❑ Kao 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)



The BAIRD "Televisor" HOME RECEPTION SET

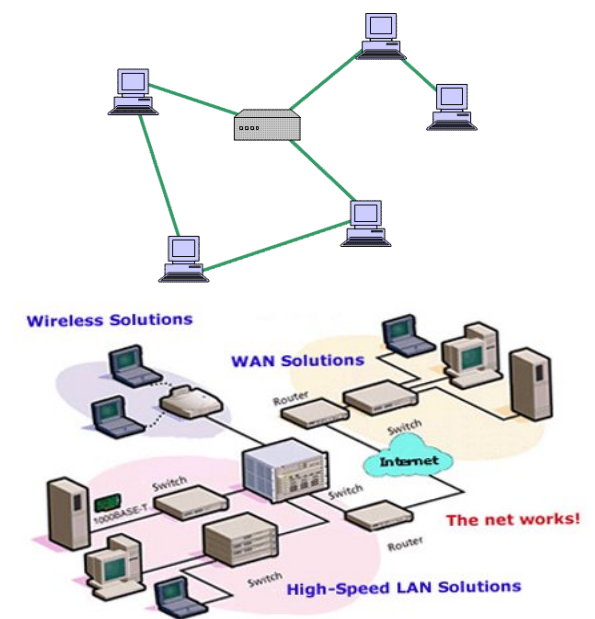
Kratka istorija telekomunikacija

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



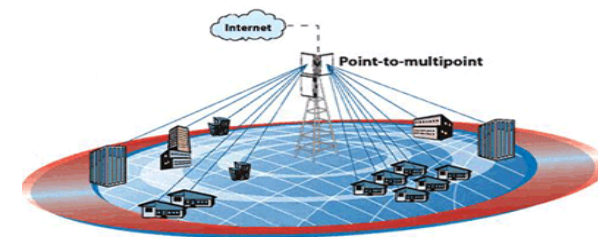
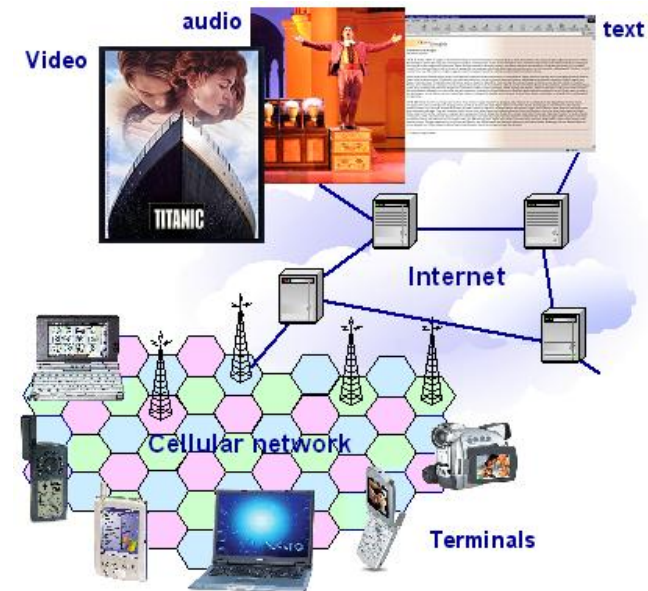
Kratka istorija telekomunikacija

- ❑ **Laser** je razvijen 1960. godine
- ❑ Prvi put je 1965. godine demonstriran prenos podataka **optičkim kablom** (Telefunken Research Labs)
- ❑ 1970-tih godina su **proizvedeni prvi kablovi sa optičkim vlaknima koja imaju zadovoljavajuće nisko slabljenje** (manje od 20dB/km)
- ❑ Tokom 1960-tih i 1970-tih razvijani su **računarski sistemi i tehnologije za njihovo povezivanje i umrežavanje**.
- ❑ **ARPAnet** (preteča Interneta) je pušten u rad 1969. godine, a 1972. godine je javno prezentovan.
- ❑ Tokom 1980-tih razvijan je koncept **lokalne računarske mreže** (LAN) koji je 1990-tih počeo masovno da se primjenjuje.
- ❑ Tokom 1990-tih počinje primjena **bežičnih lokalnih računarskih mreža** (WLAN) mreža



Kratka istorija telekomunikacija

- ❑ Prvi **analogni celularni mobilni sistem** je pušten 1979. godine u Japanu
- ❑ **GSM digitalni celularni mobilni sistem** je počeo sa upotrebom 1992. godine.
- ❑ Razvoj **digitalne pretplatničke linije (DSL)** počinje 1993. godine
- ❑ **Globalni sistem za pozicioniranje (GPS)** je pušten u civilnu upotrebu 1994. godine
- ❑ Tokom 1998. godine pušten u rad **LEO** telekomunikacioni sistem IRIDUM
- ❑ Korišćenje **3G** mobilnih celularnih sistema (UMTS) počinje 2003. godine
- ❑ Decembra 2009. počela je sa radom prva komercijalna **3.9G** mobilna celularna mreža (LTE) mreža u Oslu, Švedska
- ❑ Aprila 2019. puštena je prva komercijalna **5G** mobilna celularna mreža (Južna Koreja)



Kratka istorija telekomunikacija

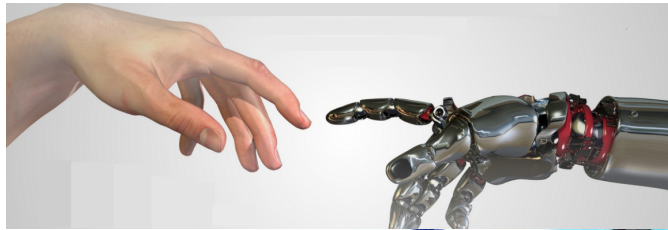
- ❑ Microsoft je osnovan 1975. godine
- ❑ Apple je osnovan 1976. godine
- ❑ **WWW** je definisan 1989. godine.
- ❑ Amazon je osnovan 1994. godine.
- ❑ Google je osnovan 1998. godine.
- ❑ Facebook je počeo da radi 2004. godine.
- ❑ Twitter je počeo da radi 2006. godine.
- ❑ iPhone se pojavljuje na tržištu u junu 2007. godine.
- ❑ Android operativni sistem je predstavljen je novembra 2007. godine.
- ❑ Bitcoin je počeo da se mine-je januara 2009. godine.
- ❑ Viber je osnovan 2010. godine.
- ❑ Zoom je pokrenut 2013. godine.
- ❑ TicToc je startovao 2016. godine.

Još neki kandidat za istoriju?



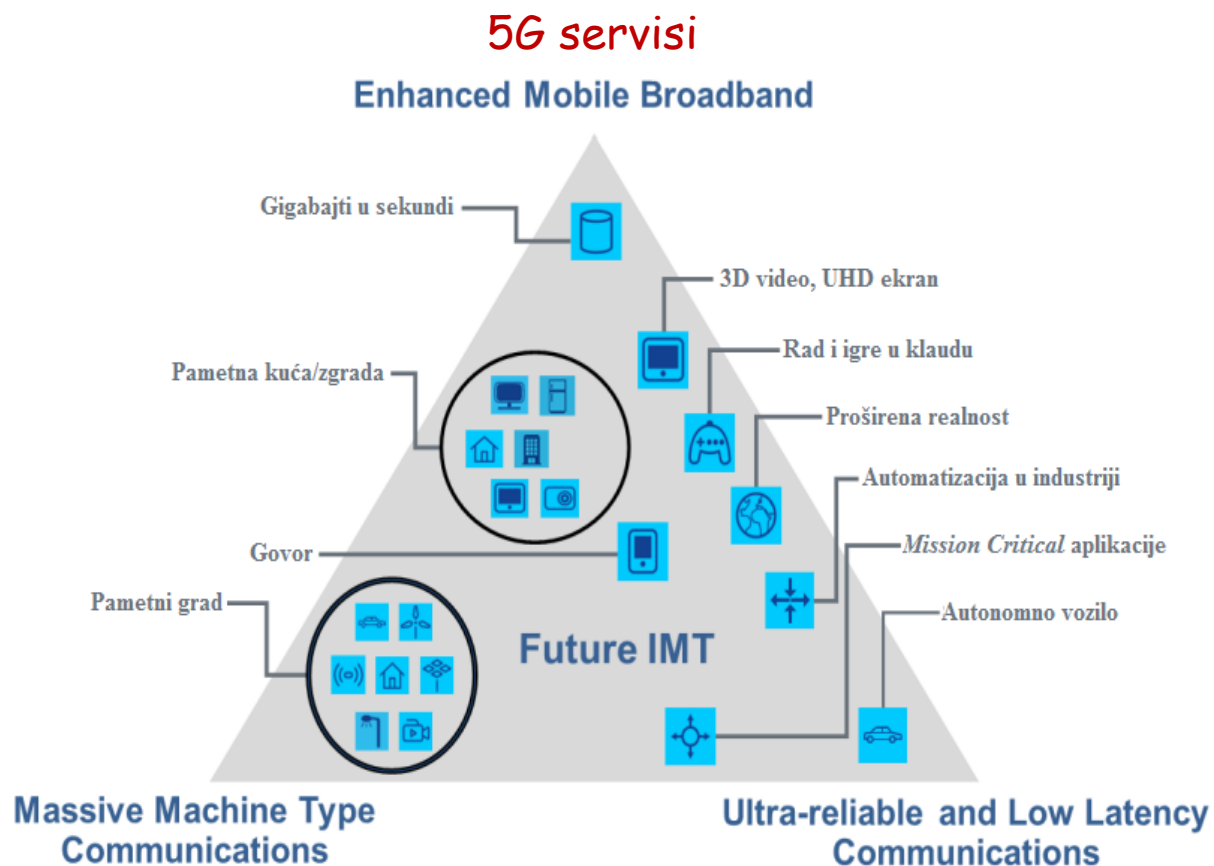
Telekomunikacije danas i „sjutra“

- Primarni cilj telekomunikacija je do skora dominantno bio ostvarivanje komunikacije između ljudi (*Human-to-Human*)
- Konvergencija savremenih telekomunikacionih sistema je, uz razvoj mobilnih celularnih sistema, omogućila komunikaciju bilo gdje, bilo kada i sa bilo kim, nezavisno od vrste korisničkog terminala.
- Budućnost telekomunikacija je u komunikaciji između ljudi i mašina (*Human-to-Machine*), kao i međusobnoj komunikaciji između mašina (*Machine-to-Machine*),



Osnovi telekomunikacija

Telekomunikacije danas i „sjutra“

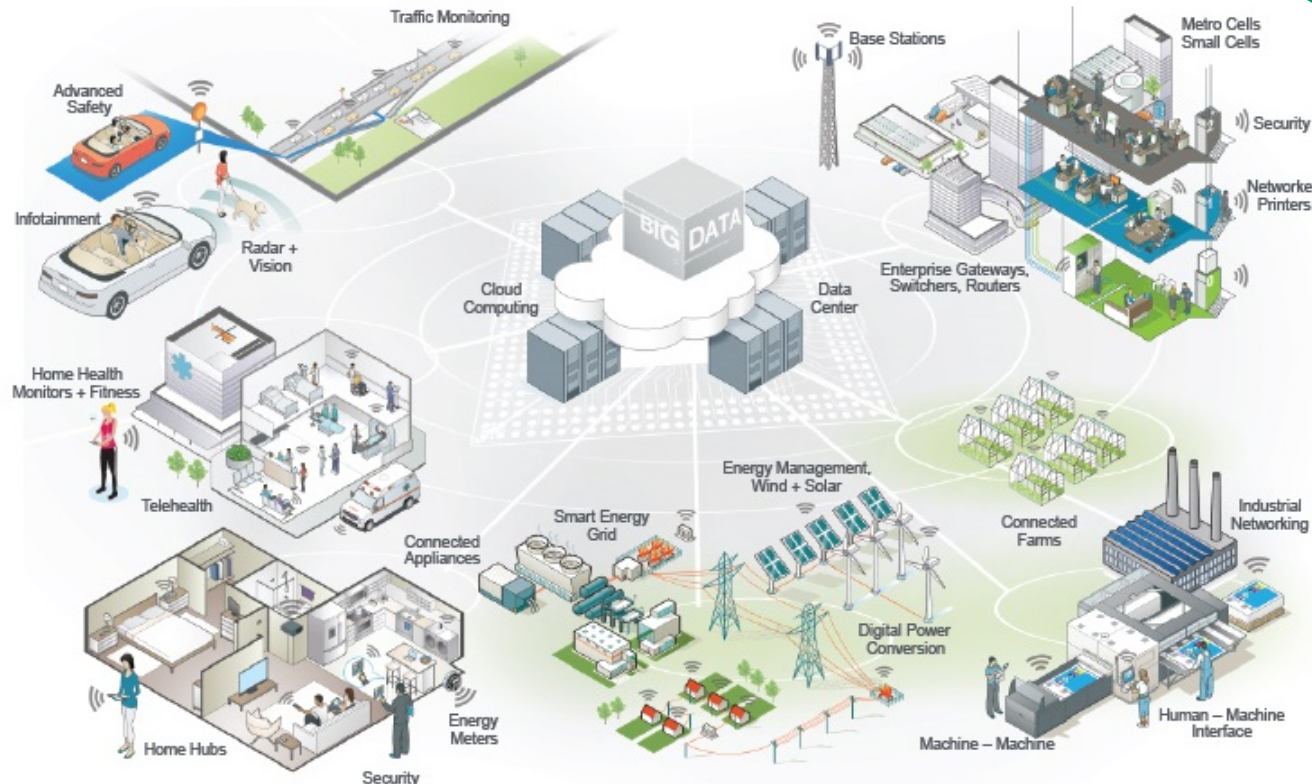


Telekomunikacije danas i „sjutra“

Internet stvari (*Internet of Things - IoT*)

Desetine milijardi povezanih uređaja

Četvrta industrijska revolucija



Digitalna transformacija društva

Oblasti primjene IoT

