

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
- ❑ 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>Rad</u>	<u>broj</u>	<u>% ocjene</u>
□ Kolokvijum		50%
○ Teorijski dio		25
○ Zadaci		15%
○ Laboratorija		10%
□ Završni ispit		50%
○ Teorijski dio		25
○ Zadaci		15%
○ Laboratorija		10%
□ Pitalice	5	10%

Pregled kursa: (ECTS katalog)

Pripremne nedjelje	Priprema i upis semestra
I nedjelja 10.02.	Uvod
II nedjelja 17.02.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa 1 (Klasifikacija, operacije, analiza ,...)
III nedjelja 24.02.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa 2 (Harm. analiza neperiodičnih signala)
IV nedjelja 02.03.	Signali, spektralna analiza i sistemi prenosa 3 (Sistemi prenosa)
V nedjelja 09.03.	Analogno digitalna konverzija (Odabiranje, Kvantizacija,...)
VI nedjelja 16.03.	ISI. Dijagram oka. Transferzalni filter
VII nedjelja 23.03.	KOLOKVIJUM
VIII nedjelja 30.03	Pojam modulacije. Modulacije sa sinusoidalnim nosiocem.
IX nedjelja 06.04.	IKM. Digitalne modulacije.
X nedjelja 13.04	Vjerovatnoća. Slučajna promjenljiva. Slučajni procesi.
XI nedjelja 20.04.	Šum (osnovni opseg, kvantizacija, modulirani signal).
XII nedjelja 27.04.	Teorija informacija
XIII nedjelja 04.05	Telekomunikaciona mreža (Uvod. Prenosni medijumi. Multipleksi. Nivo linka.)
XIV nedjelja 11.05.	Telekomunikaciona mreža (Komutacija. Internet)
XV nedjelja 18.05.	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 i elektromagnetnih talasa.
- Poruke koje treba prenijeti sa jednog mjesta (njegovog 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 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.

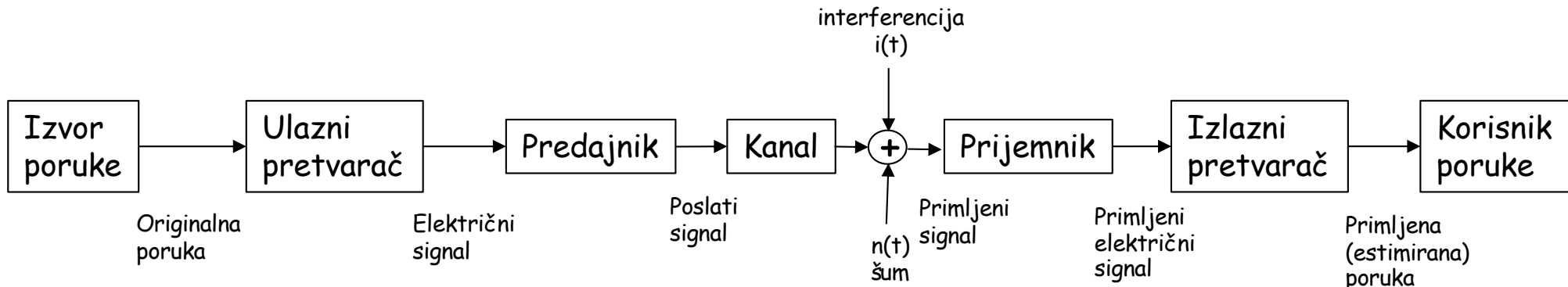
- Poruke su sve ono što se u telekomunikacijama prenosi, a informacija koja se prenosi je sadržana u poruci.
- **Signal** predstavlja električni ili elektromagnetni ekvivalent poruke koja se prenosi.

Šta je sa smislom poruke ili posledicom njenog prenosa?

Model telekomunikacionog 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. **Zašto?**

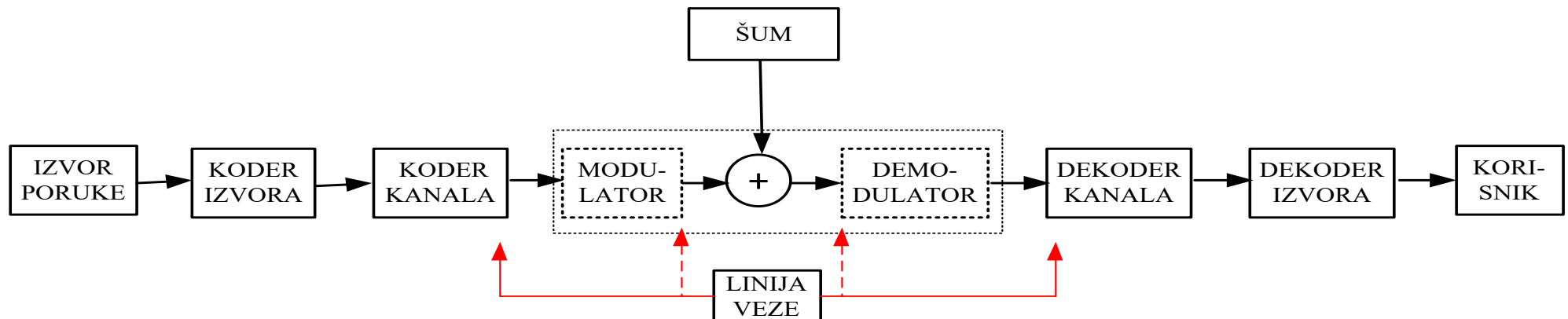
Model telekomunikacionog sistema



1. Izvor poruke - osoba ili uređaj koji generiše poruke (govor, slika, 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 koji se naziva signal i prilagođenje signala prenosu preko linije veze. U predajniku se obavljaju funkcije modulacije i kodiranja.
4. Kanala (linija veze, prenosni put, transmisioni medijum) - sredina kroz koju se signal prenosi od predajnika do prijemnika poput bakarne upredene parice, koaksijalnog kabla, optičkog vlakna ili slobodnog prostora.
5. Šum - smetnje slučajnog karaktera koje se mogu superponirati sa signalom u kanalu, i na taj način uticati na oblik signala koji dolazi do prijemnika. Kriterijum za procjenu kvaliteta prenosa je odnos Signal/Šum
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:

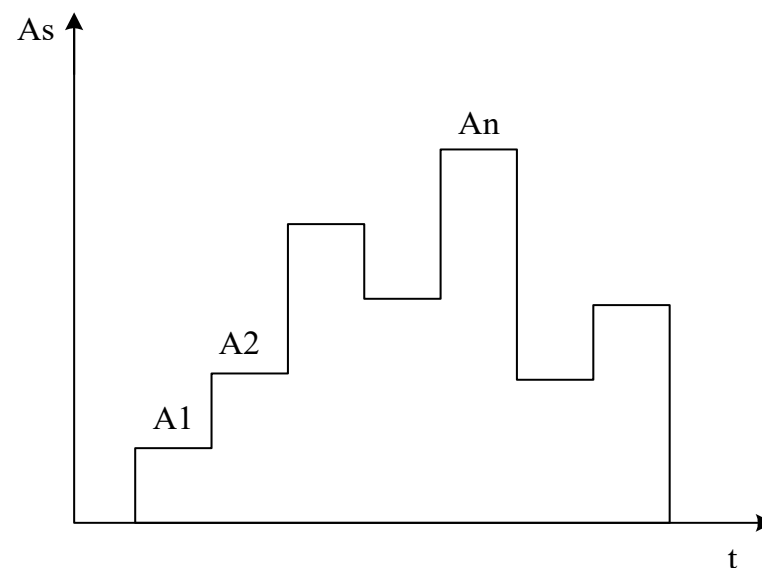


1. Koder izvora - pretvara poruku u odgovarajući kod (niz simbola iz konačnog skupa različitih simbola) na najefikasniji način
2. Koder kanala - zaštitno kodovanje koje dodaje redundantne bite
3. Modulator - obrada signala radi prilagođenja medijumu za prenos
4. Demodulator - proces inverzan postupku modulacije
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. 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 vrijednosti iz skupa koji nema konačan broj elemenata, koje se nalaze između određenih granica. Takve su npr. poruke koje se prenose u telefonskim sistemima ranijih generacija (analogni sistemi).



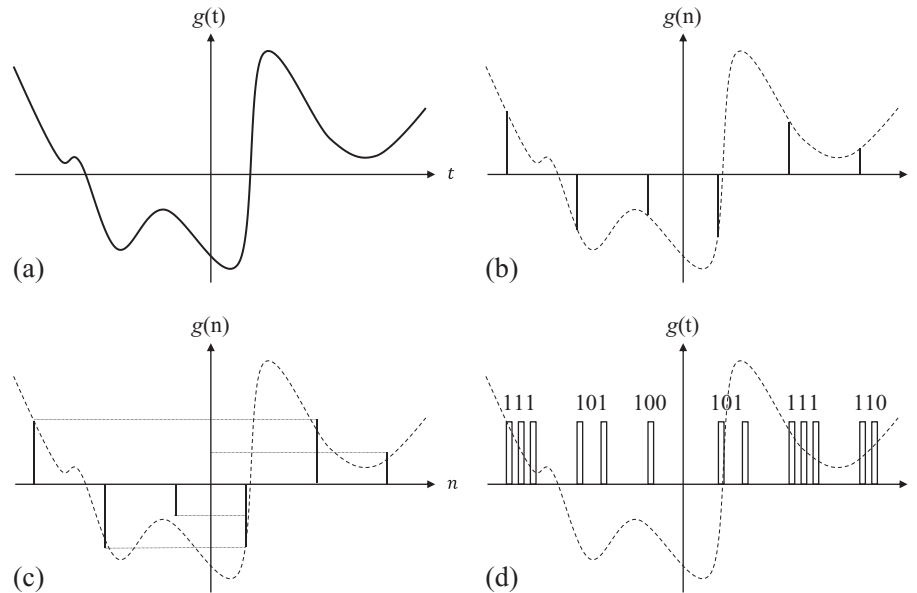
Klasifikacija signala

Poruke i signali u koje se one transformišu uslovno se dijele na dvije grupe:

- kontinualne i
- diskretne.

Shodno ovoj podjeli postoje i dvije vrste prenosa:

- analogni i
- digitalni prenos.



Klasifikacija signala

Primjeri?

Signali se mogu podijeliti i na signale:

- Konačne energije ($0 < E < \infty$) pri čemu je $E = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T}^T |u(t)|^2 dt$
- Konačne snage ($0 < P < \infty$) pri čemu je $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |u(t)|^2 dt$ ako je $u(t)$ napon na otporniku nominalne otpornosti 1Ω
- Pri tome prethodne dvije karakteristike su isključive,
 - signal konačne energije ima snagu jednaku nuli,
 - signal konačne snage ima beskonačnu energiju
- Signale koji ne spadaju u ove dvije kategorije,
 - npr signal $u(t) = |t|^{-\frac{1}{4}}$ ima beskonačnu energiju i snagu jednaku nuli

Klasifikacija signala

Signali se mogu podijeliti i na :

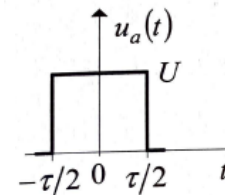
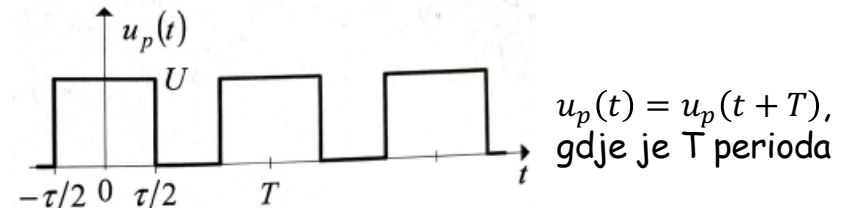
□ Determinističke signale koji se mogu predstaviti u vidu neke vremenske funkcije

○ Periodični signal

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

○ Aperiodični signal

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

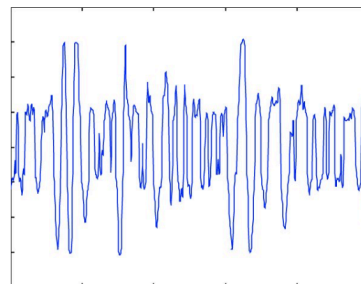


Još primjera?

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

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

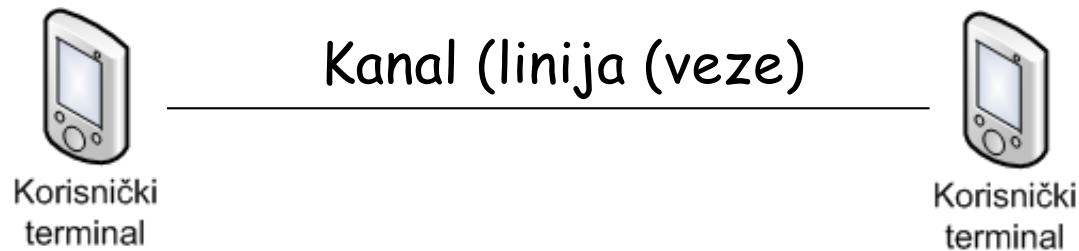
○ Primjer je termički šum



Šta bi ovo moglo da bude u praksi?

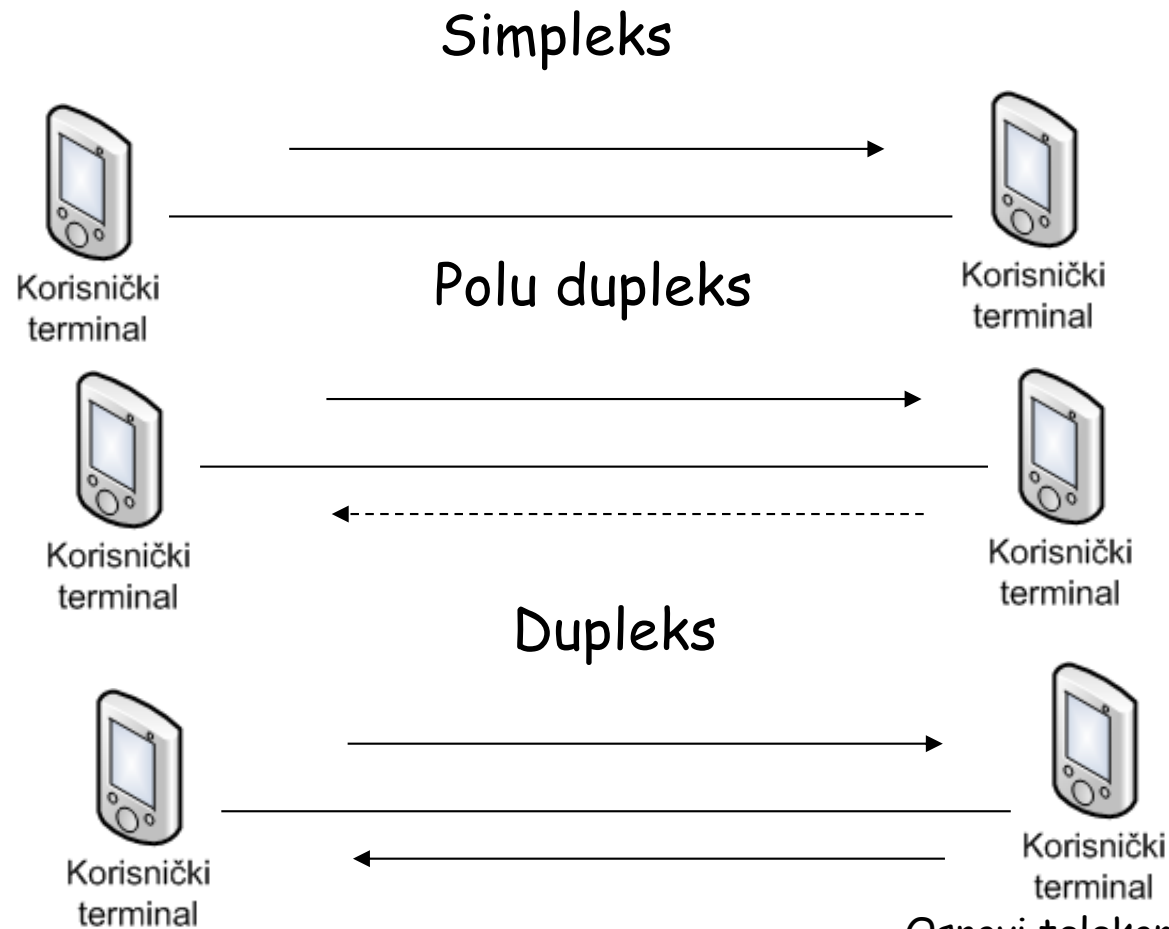
Principi prenosa signala

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



Principi prenosa signala

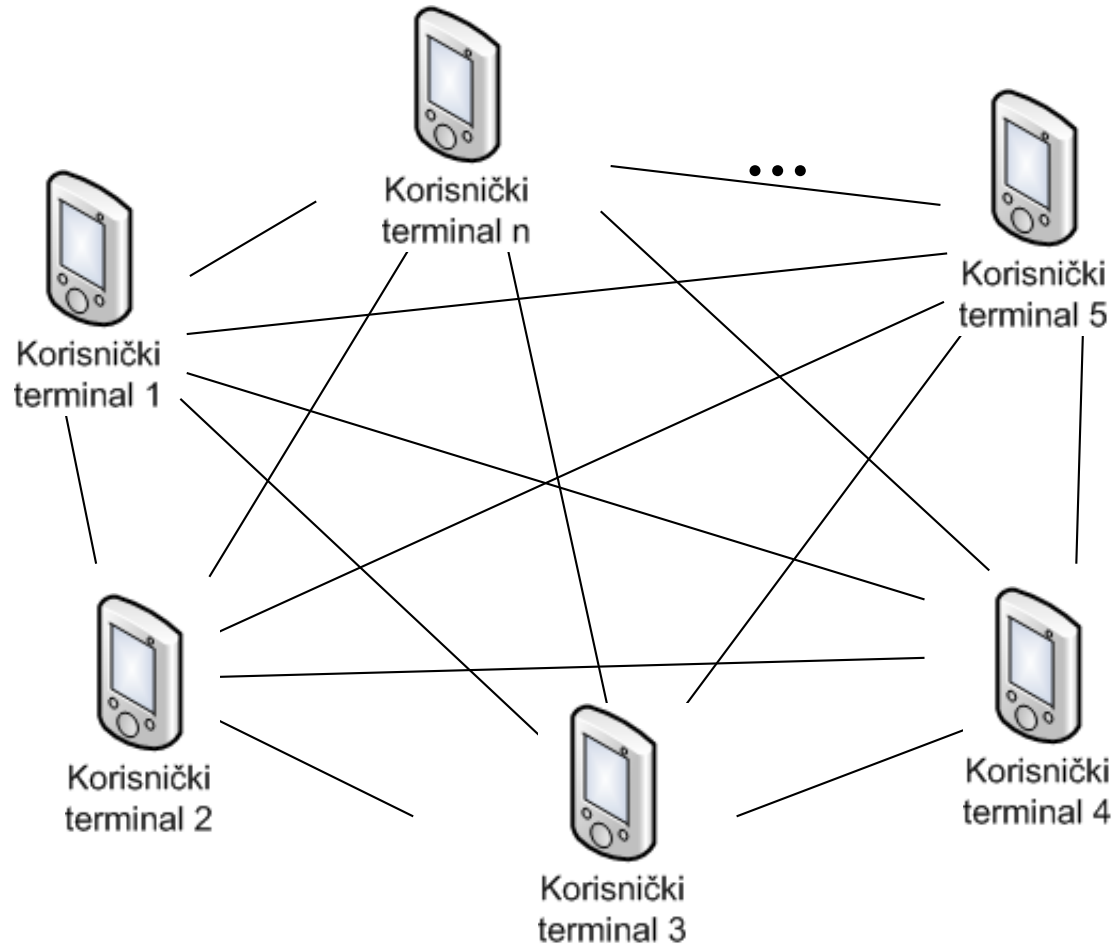
- ❑ Jednosmjerna komunikaciju (simpleks).
- ❑ Dvosmjernu komunikaciju (polu dupleks i dupleks).



Primjeri?

Principi prenosa signala

Full mesh

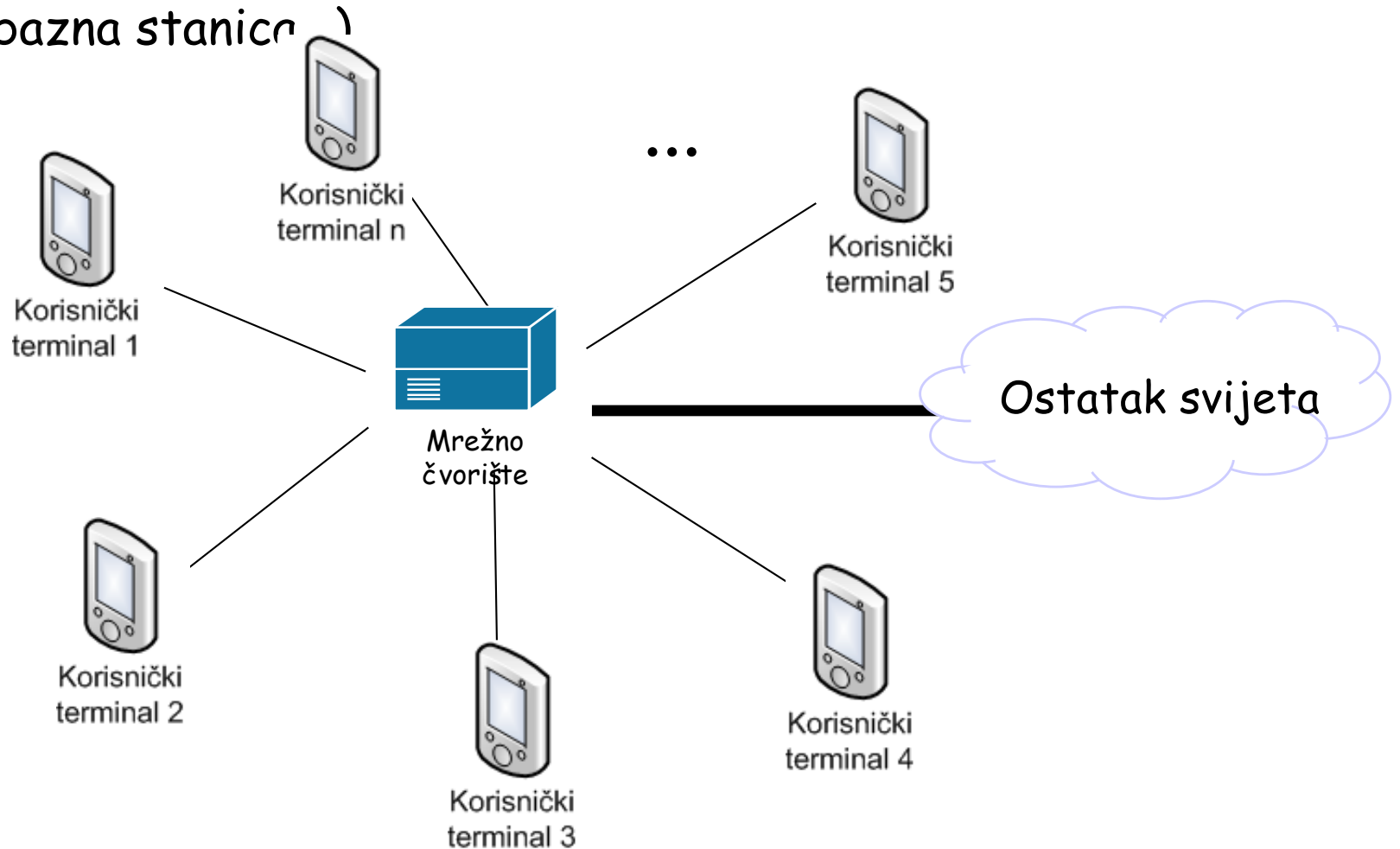


Problem?

Ovako danas funkcionišu *broadcast* mreže!!

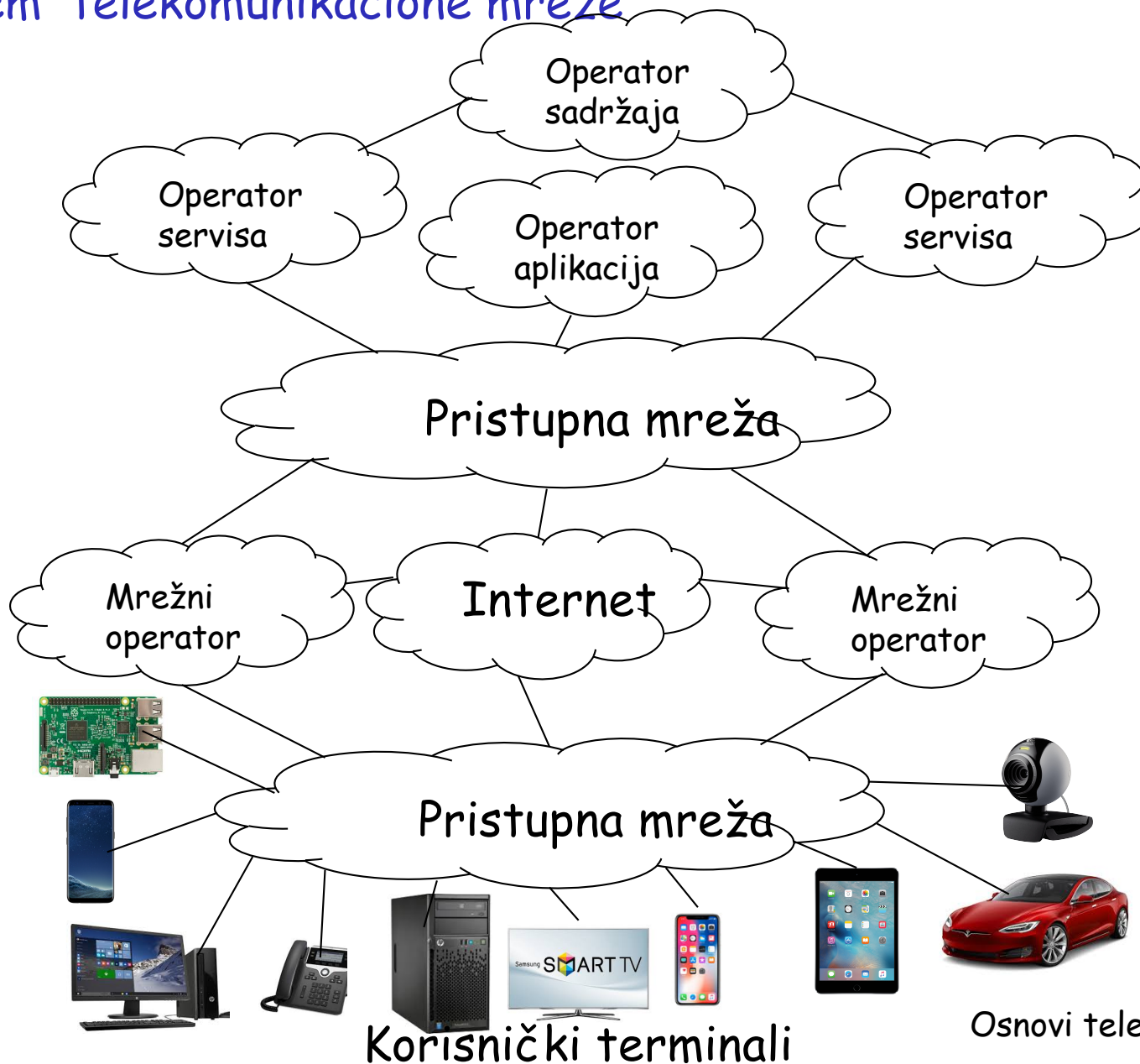
Principi prenosa signala

Mrežno čvorište : (multiplexer, komutacioni sistem, ruter, access point, bazna stanica)



Principi prenosa signala

Ekosistem telekomunikacione mreže



Principi prenosa signala

Struktura telekomunikacione mreže?

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



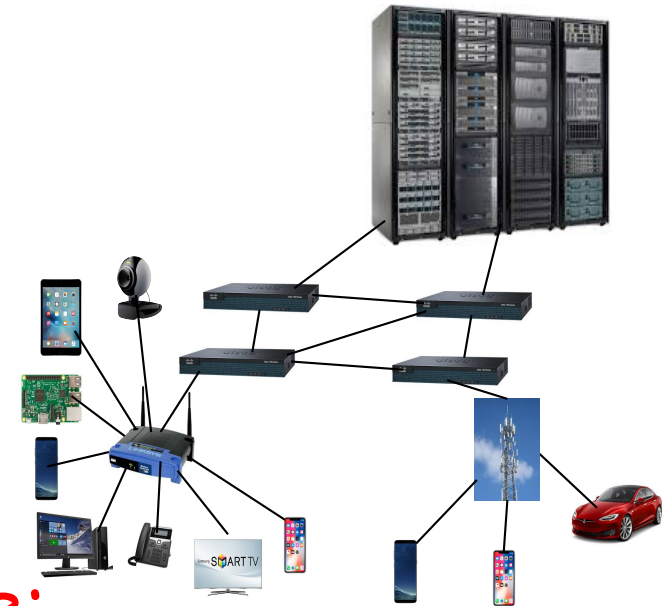
Principi prenosa signala



Elementi telekomunikacione mreže:

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

Principi prenosa signala



Struktura telekomunikacione mreže:

- ❑ Ivice 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)

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

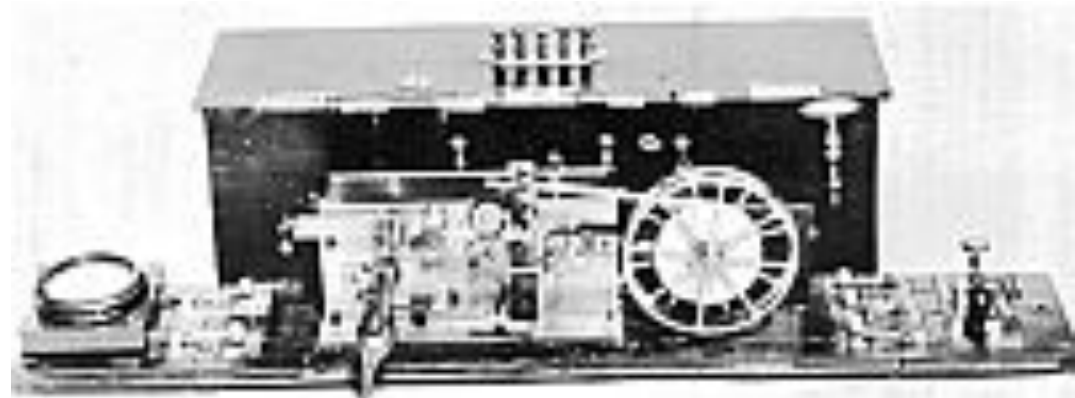
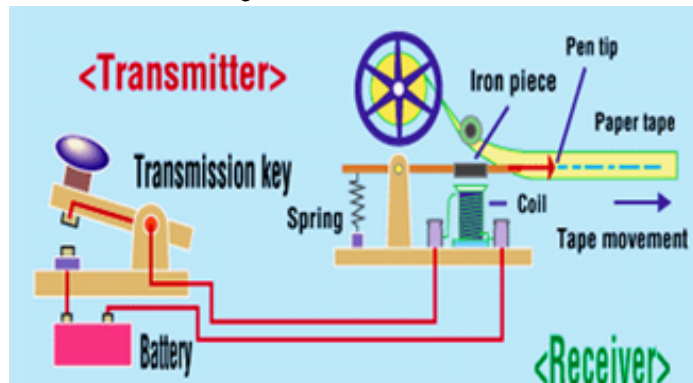
- Potreba za komuniciranjem među ljudima postoji oduvijek, pri čemu su se koristili razni načini kako bi se ostvarila komunikacija na daljinu, odnosno prenijele poruke: paljenje vatre i dimni signali, glasnici, golubovi, bubnjevi, zastave i fiksni sistemi za vizuelnu telegrafiju (semafori) ...



Stanica sistema za vizuelnu telegrafiju

Kratka istorija telekomunikacija

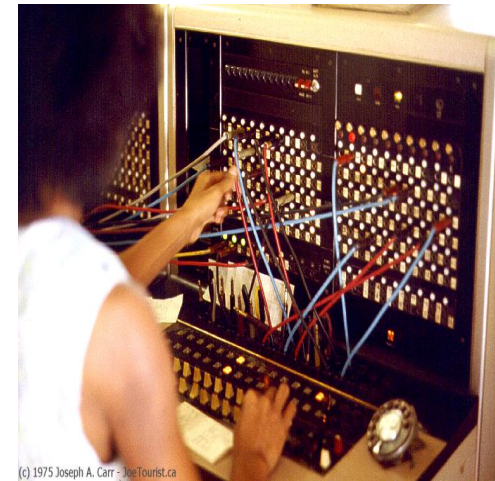
- ❑ **24. maj 1844.** god. može se smatrati danom početka elektronskih komunikacija. Tog dana **Morse** je ostvario prvi *telegrafski prenos* između Vašingtona i Baltimora.
- ❑ Već 1851. godine 50 preduzeća u SAD eksploatisalo je Morseov patent. Iste godine položen je prvi podmorski telegrafski kabl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



Morseov telegraf

Kratka istorija telekomunikacija

- 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.

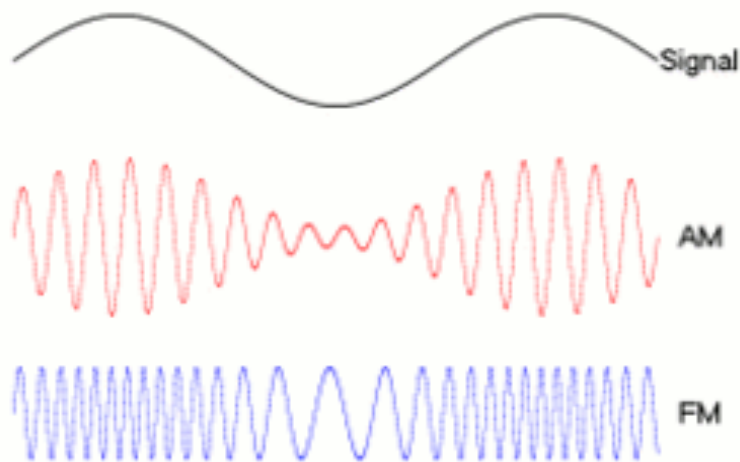


Kratka istorija telekomunikacija

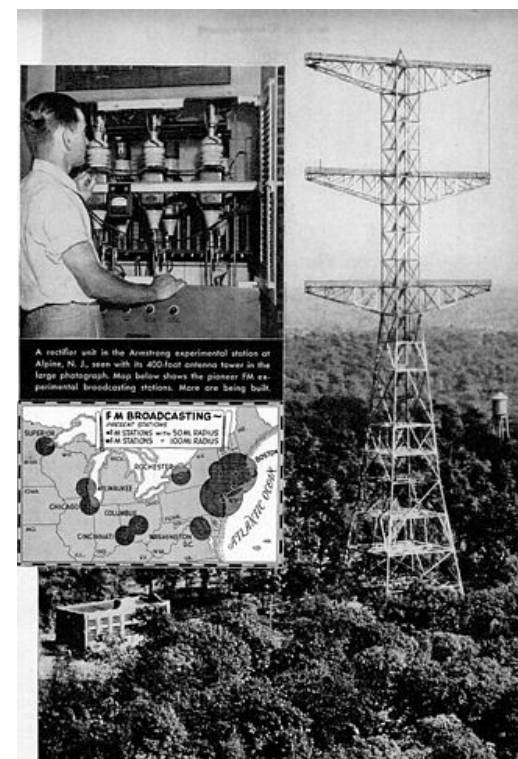
- Neophodnost da se izvor poruke i destinacija povežu fizičkom linijom veze predstavljala je ograničenje u stvaranju globalnog sistema komunikacija.
- 1864. god. J. C. Maxwell (1831-1879) objavljuje teoriju elektromagnetnih talasa kojom je prevideo postojanje radio talasa
- 1887. god. Hertz je eksperimentalno 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.

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



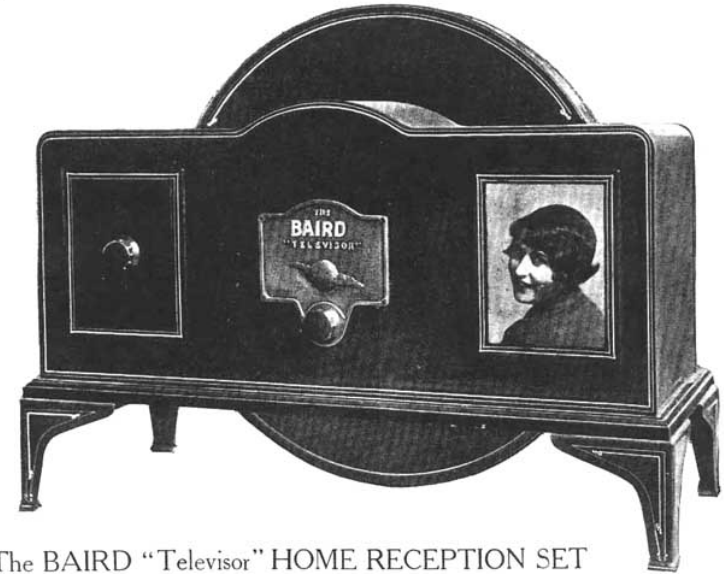
- 27. novembra 1944. godine, u tek oslobođenom Cetinju, oglasilo se Radio Cetinje, vijestima i izvještajima sa ratišta.



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

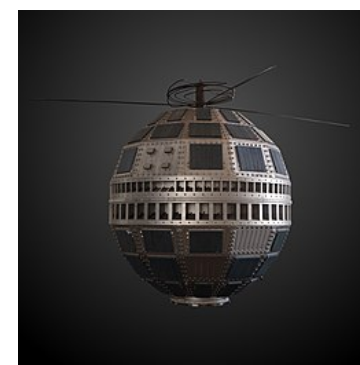
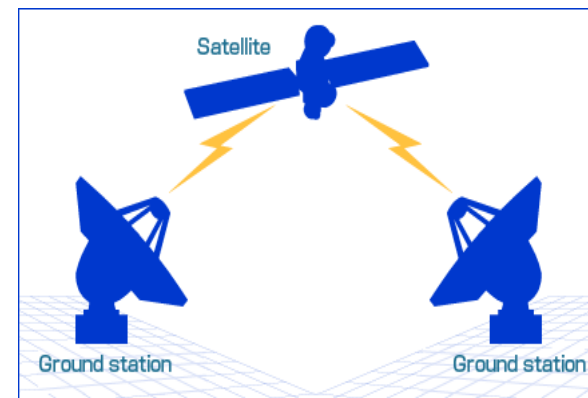


The BAIRD "Televisor" HOME RECEPTION SET

- 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)

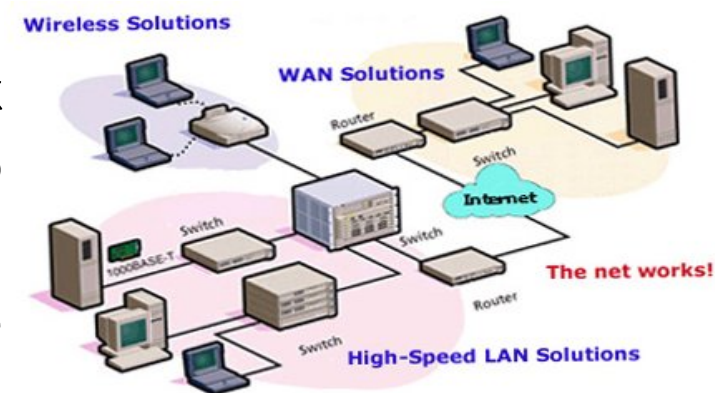
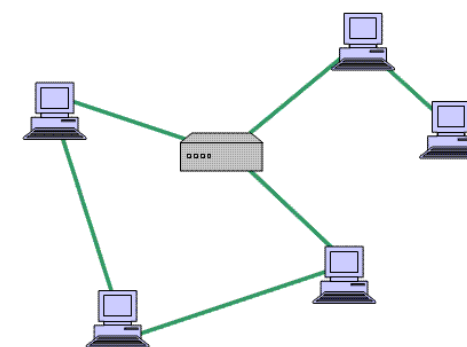
Kratka istorija telekomunikacija

- U avgustu 1960. lansiran je 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



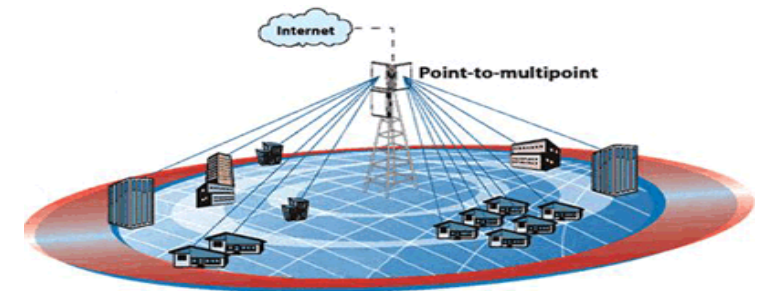
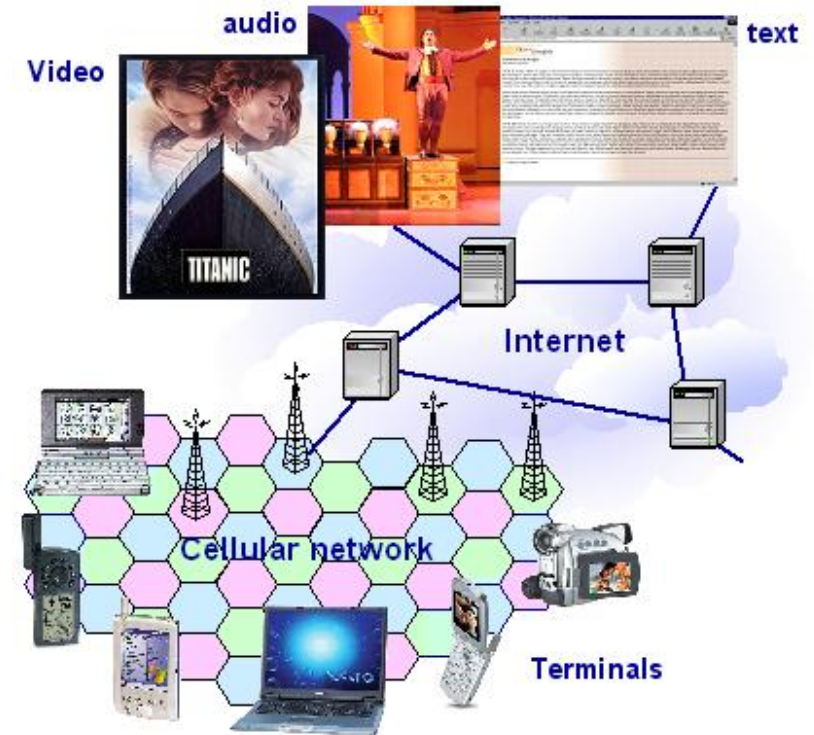
Kratka istorija telekomunikacija

- 1960. god. Je razvijen lasera
- 1965. god. prvi put 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)
- 1960-tih do 1970-tih god. razvoj računarskih sistema dovodi do potrebe za povezivanjem i umrežavanjem računara.
- 1969. god. ARPAnet je pušten u rad (početak Interneta) a 1972. je ARPAnet javno prezentovan.
- 1980-1990-tih god. lokalne računarske mreže (LAN) su u širokoj upotrebi. 1990-tih počinje primjena WLAN mreža



Kratka istorija telekomunikacija

- 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

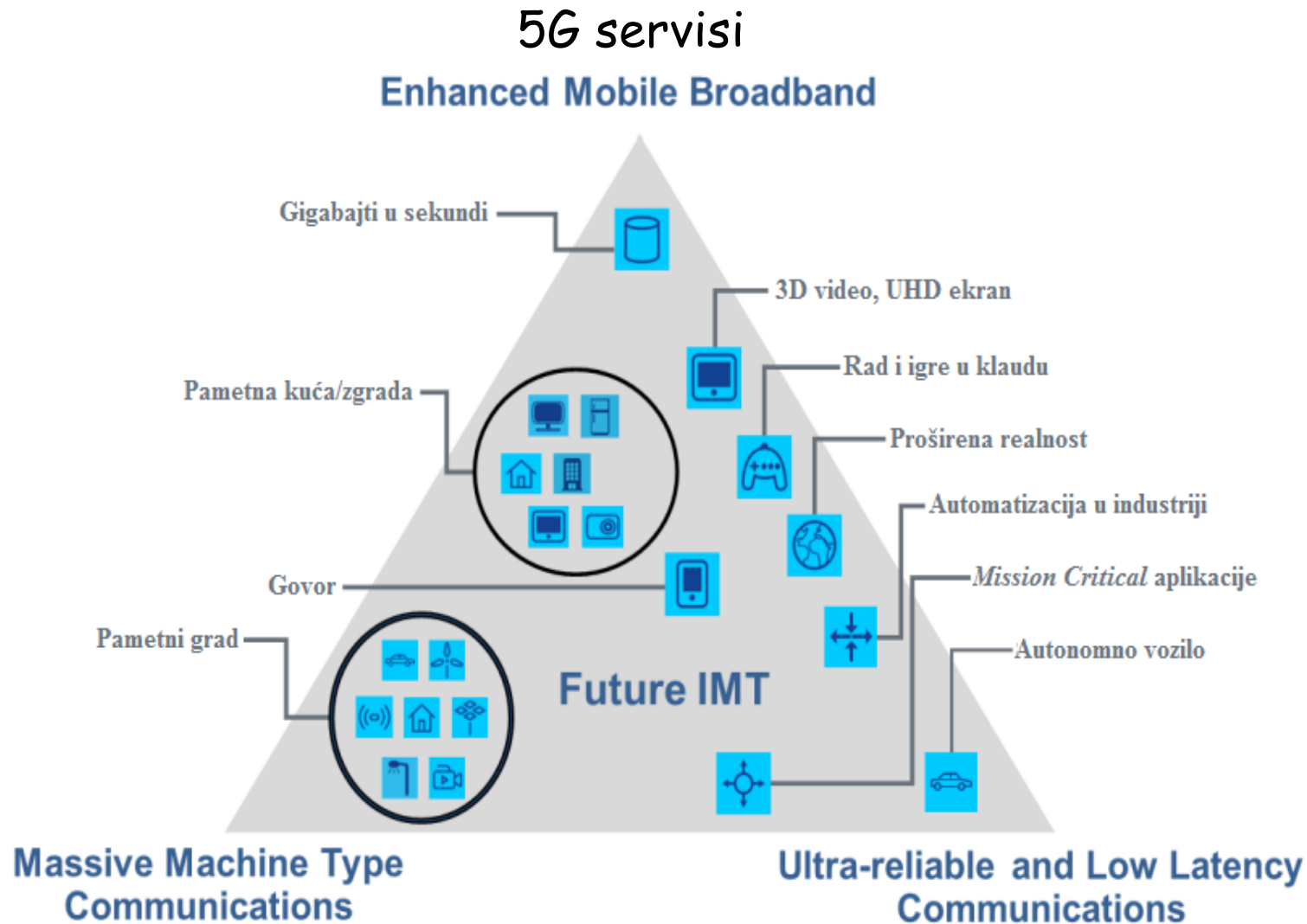


Telekomunikacije danas i „sjutra“

- Primarni cilj telekomunikacija je do skora dominantno bio ostvarivanje komunikacije između ljudi (*Human-to-human*)
- Danas smo svedoci konvergencije savremenih telekomunikacionih sistema koja je omogućila ostvarivanje komunikacije 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*),

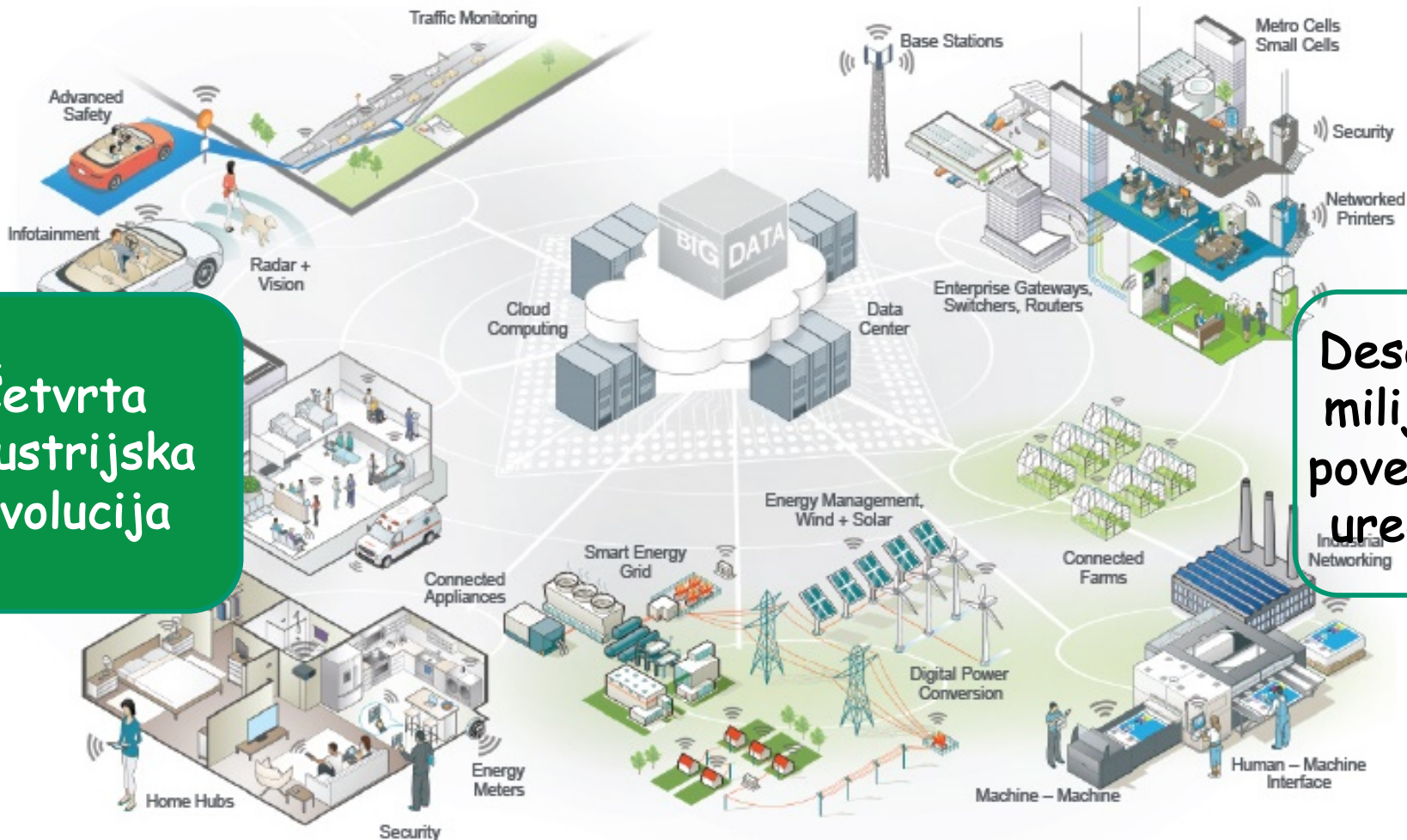


Telekomunikacije danas i „sjutra“



Telekomunikacije danas i „sjutra“

□ Internet stvari (Internet of Things - IoT)



Četvrta
industrijska
revolucija

Desetine
milijardi
povezanih
uređaja

Oblasti primjene IoT

The Internet of Things

