

# Računalniške komunikacije

2023/24

uvod v predmet  
fizična plast

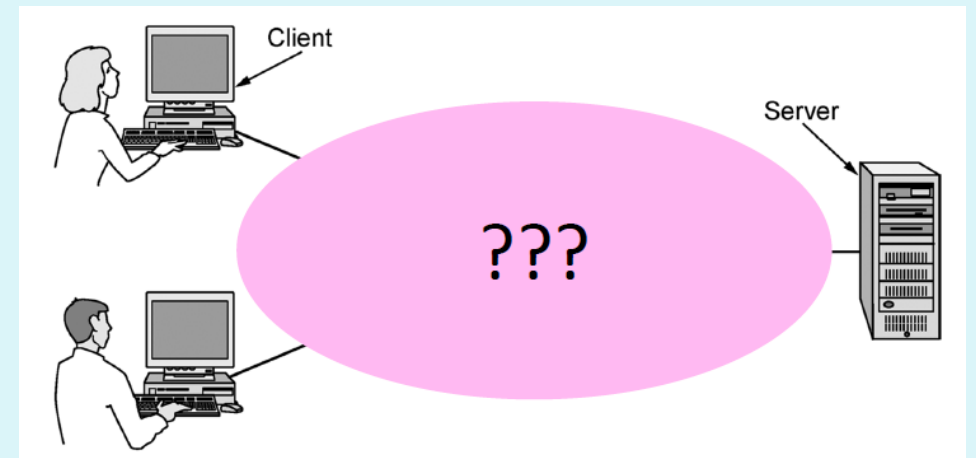
# Računalniške komunikacije

- **Računalniške komunikacije:**
  - 3 ure predavanj, 2 uri laboratorijskih vaj tedensko
  - vse informacije -> [UČILNICA](#)
- **Izvajalci:**
  - prof. dr. Zoran Bosnić (2. nadstropje, kabinet R2.17)
  - as. dr. Matjaž Pančur (3. nadstropje R3.72, LRK)
  - doc. dr. Aleš Jaklič (2. nadstropje, R2.33, LRV)
  - as. dr. Jure Tuta (zunanji, e-mail)
- **Pričetki izvajanj:**
  - laboratorijske vaje: 4. 3. 2024
  - tutorske vaje: 11. 3. 2024



# Vsebina predmeta

- računalniška omrežja (elementi, vrste, topologije)
- arhitektura komunikacijskega sistema (komunikacijski model)
- Internet, sodobna omrežja (Ethernet, TCP, IP, ...)
- aplikacijski protokoli (HTTP, DHCP, POP3, FTP, DNS, ...)
- kriptografija
- omrežna varnost



# Zakaj se učiti računalniških komunikacij?

- poznavanje vsakodnevnih orodij, tehnologij in protokolov: TCP/IP, DNS, HTTP, NAT, VPN, ...
- poznavanje principov sodobnih tehnologij
- radovednost?



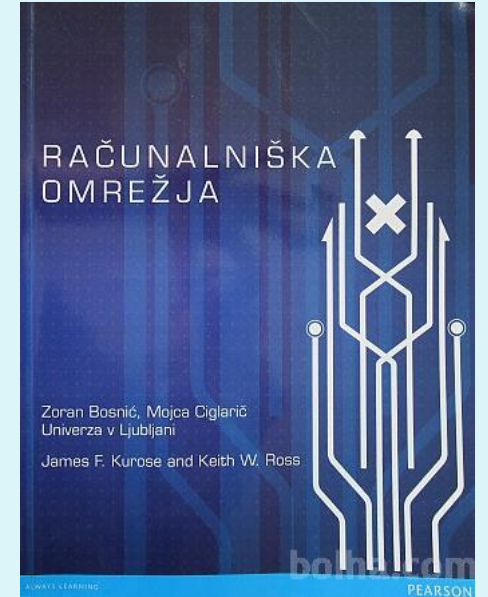
## Why learn Martial Arts?

- RESPECT
- DISCIPLINE
- SELF MOTIVATION
- COMMITMENT
- SELF-DEFENSE
- SELF-CONTROL
- PERSEVERANCE
- CONFIDENCE
- PHYSICAL FITNESS
- MENTAL FITNESS
- FAMILY UNITY

# Literatura

- **osnovna literatura:**

- Z. Bosnić, M. Ciglarič: Računalniške komunikacije, učbenik (delovna verzija), 2023, PDF na učilnici.



- **dodatna literatura:**

- Z. Bosnić, M. Ciglarič, J. F. Kurose, K. W. Ross: Računalniška omrežja. Pearson, 2015.
- J. F. Kurose, K. W. Ross: Computer Networking, 5th edition, Addison-Wesley, 2010.
- A. S. Tanenbaum, D. J. Wetherall: Computer Networks. Pearson, 2011.
- T. Vidmar: Informacijsko-komunikacijski sistem. Založba Pasadena, 2002.

# Obveznosti predmeta

**Podrobnosti na učilnici:** [Podatki o predmetu, obveznosti in literature](#)

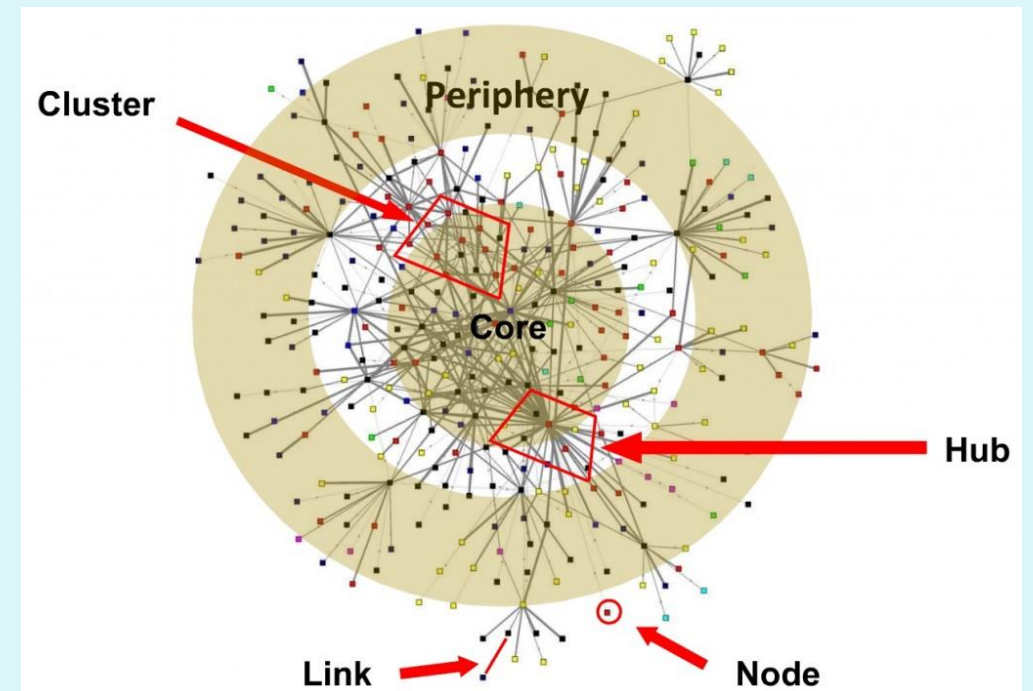
Na kratko:

1. **sprotno delo:** opravljene laboratorijske vaje (potrebno opraviti vsaj 9 od 11 nalog) – LDNx
2. **končni izpit (pisni/ustni) - IZP**
3. **dodatni neobvezni kvizi:** 5-6 kvizov za sprotno utrjevanje znanja - Kx  
(niso pogoj za opravljanje predmeta, se ne vrednotijo za končno oceno)
4. **bonus:** 11 rešenih laboratorijskih vaj -> +10% na izpitu

**Končna ocena predmeta:** ocena IZP, če  $(\#(LDN) \geq 9)$



# Splošno o omrežjih in terminologija



# Omrežje

- Kaj je omrežje?
  - **fizična definicija:** *resurs*, ki je zmožen povezovanja velikega števila naprav,
  - **storitvena definicija:** *infrastruktura*, ki nudi storitve (porazdeljenim) aplikacijam
    - www, VoIP, email, igre, P2P, elektronsko poslovanje

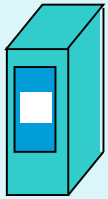




# Omrežne naprave: klasične in eksotične



PC



strežnik



prenosnik  
(brezžični)



mobilne  
naprave



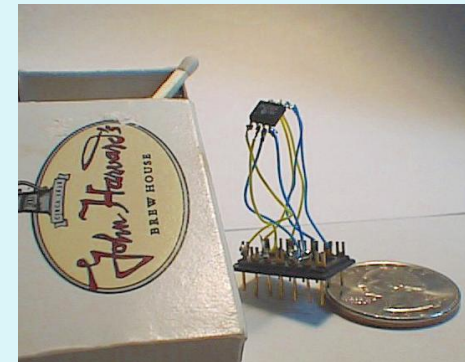
IP okvir za sliko



toaster z vremensko  
napovedjo



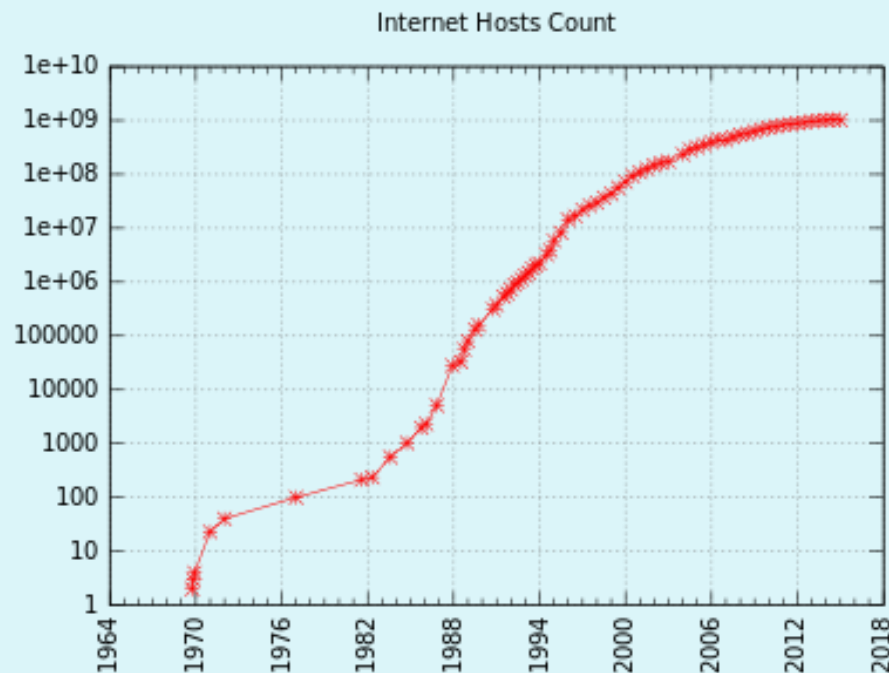
internetna telefonija



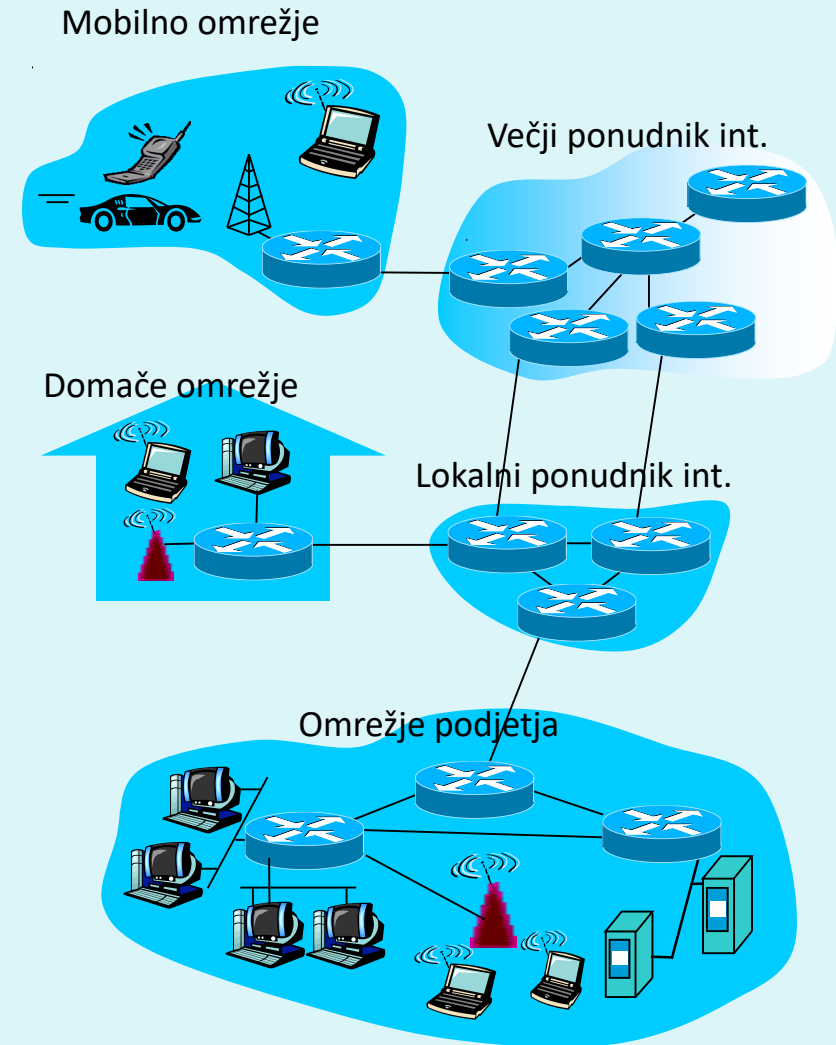
najmanjši spletni  
strežnik na svetu

# Komponente omrežja

1. **končni sistemi** (odjemalci in strežniki, ki uporabljajo **omrežne aplikacije**), cca. 900 mio naprav (leto 2016)



vir: Wikipedia, februar 2017

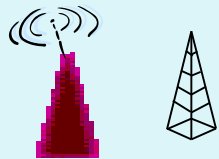


# Komponente omrežja

## 2. jedro omrežja (usmerjevalniki paketov)

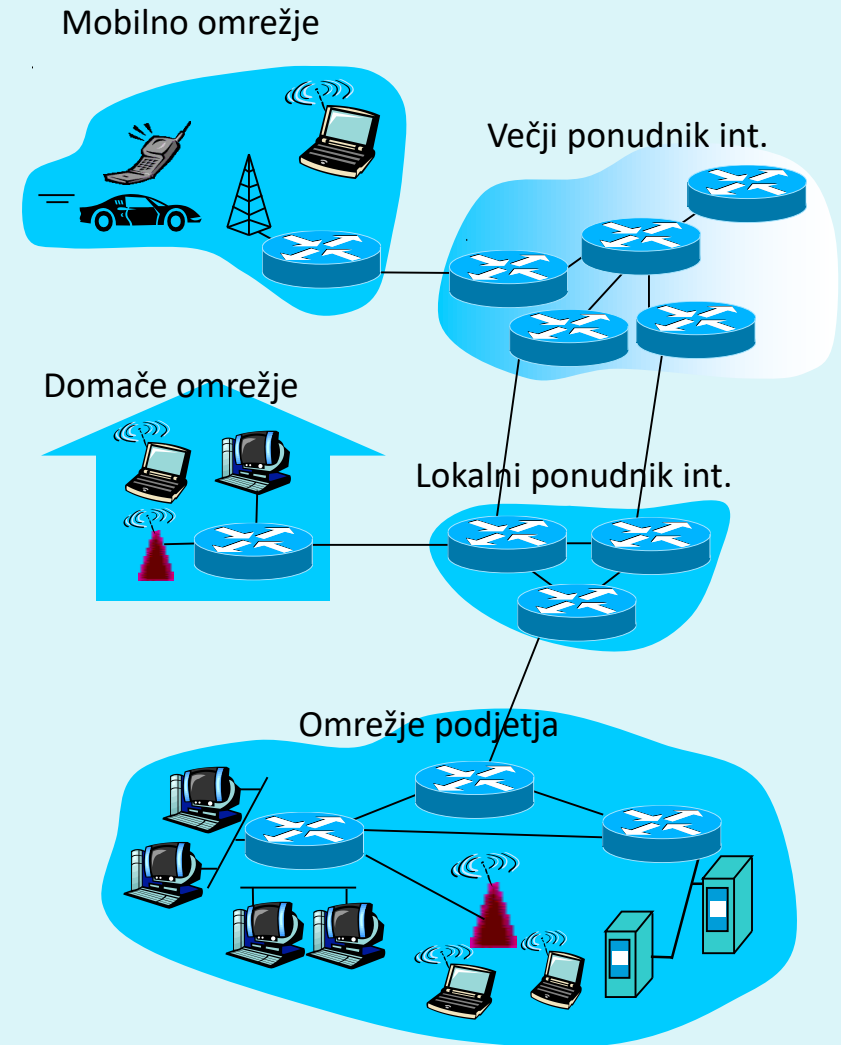


## 3. komunikacijske povezave (optika, baker, brezžične, ...)



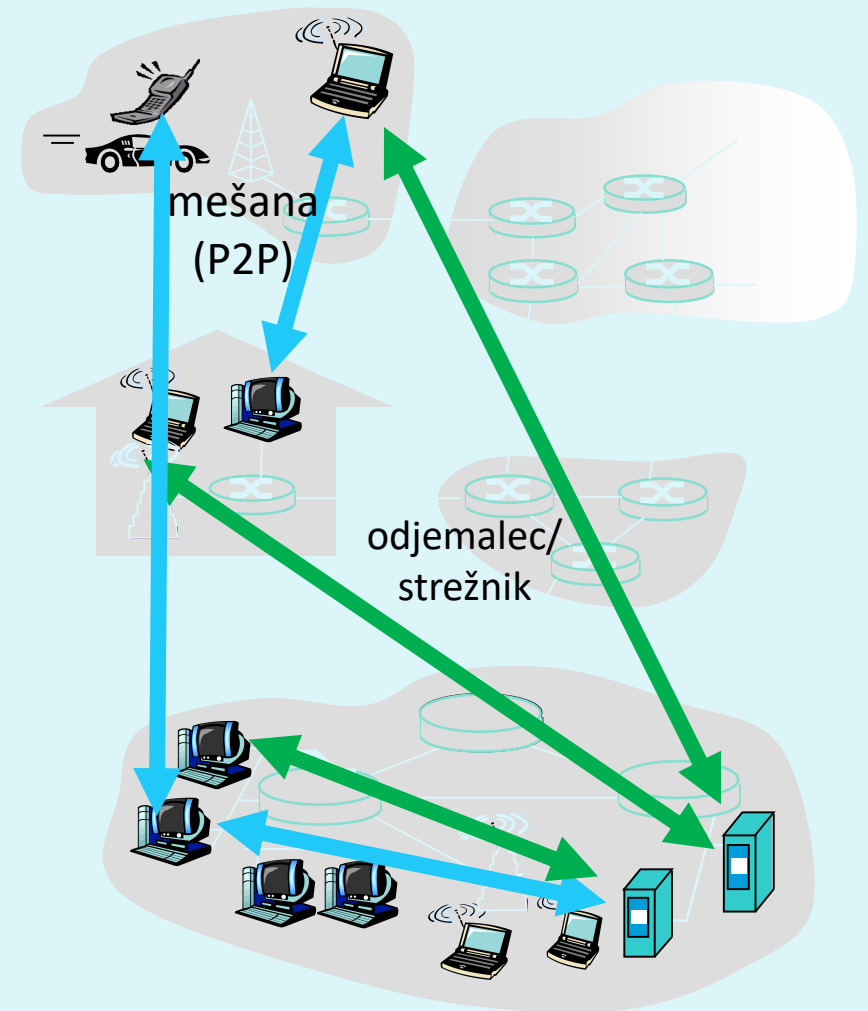
dostopne točke,  
bazne postaje

ožičene povezave



# Končni sistemi

- **udeleženci v omrežju:** namizni računalniki, strežniki, mobilni računalniki
- vloge v omrežju glede na storitve: vloga **odjemalca**, **strežnika** ali **mešana (P2P)**
- končni sistemi morajo dostopati do omrežja:
  - klicni dostop (56 kbps)
  - DSL
  - kabelski dostop
  - optični dostop (FTTH - Fiber To The Home)
  - Ethernet
  - brezžični dostop (Wide-Area Wireless)



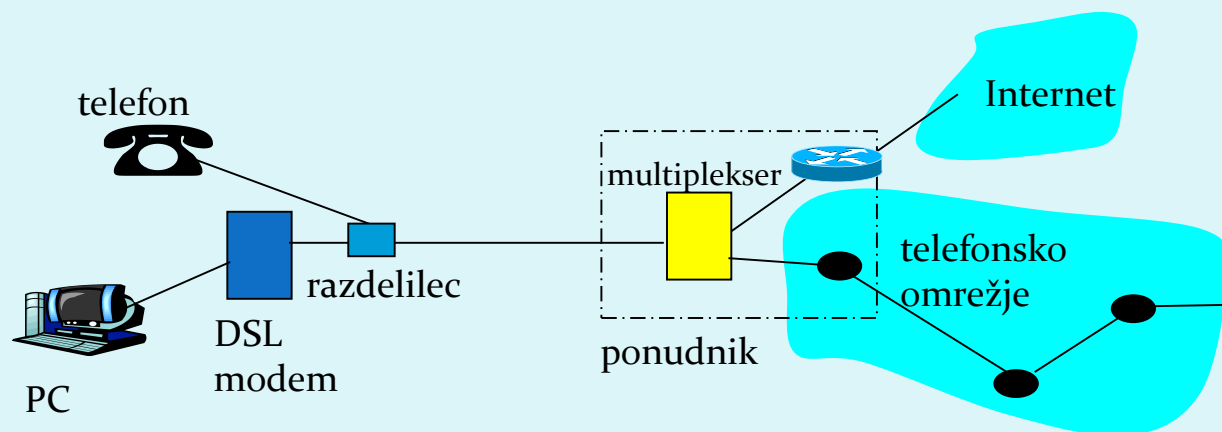
# Dostop do omrežja (1/4)

- **modemski/klicni dostop**

- počasen, 56 kbps, preko telefonskega omrežja,
- zasedenost telefona med uporabo

- **DSL (Digital Subscriber Line) dostop**

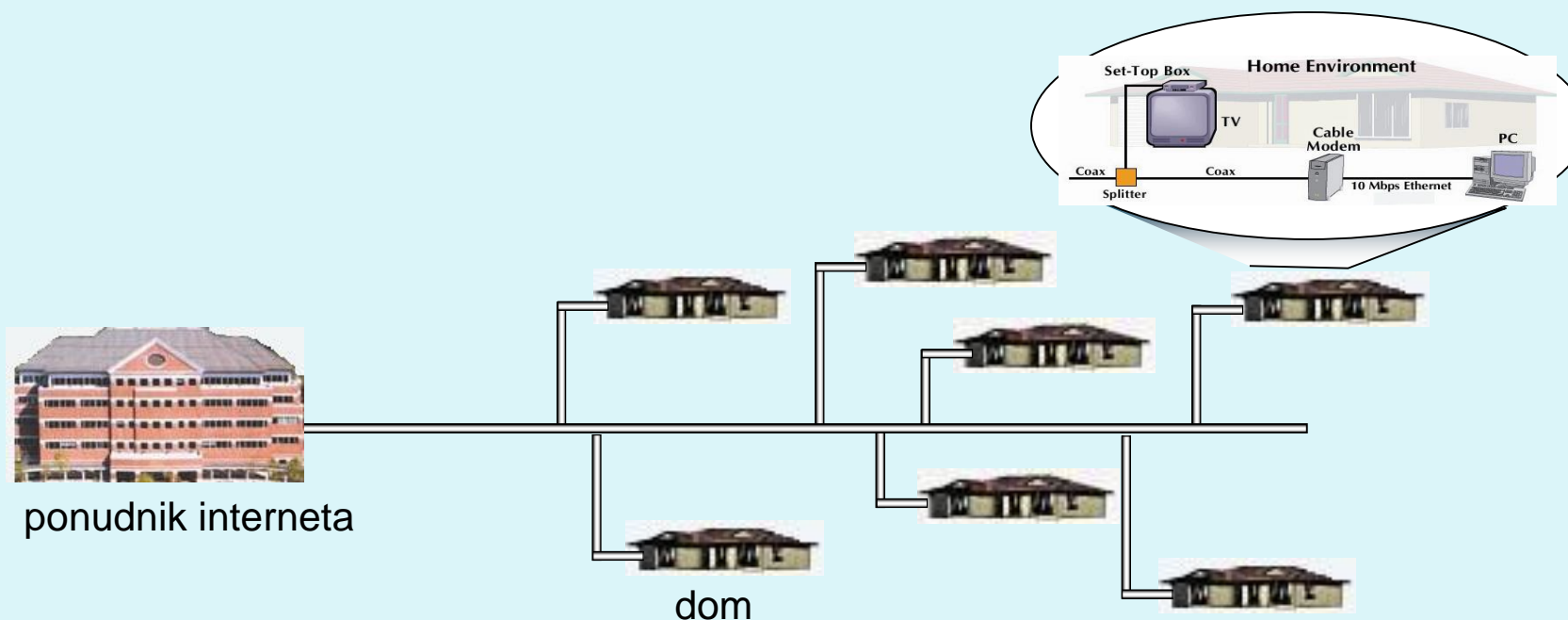
- tudi uporablja telefonsko infrastrukturo (0-4 kHz telefon, 4-50 kHz upstream, 50 kHz - 1 MHz downstream), individualen dostop!
- nekaj 100 Mbps navzven/navznoter (upstream/downstream)



# Dostop do omrežja (2/4)

- **kabelski dostop**

- uporablja TV infrastrukturo, ne telefonske
- več odjemalcev si deli dostop do skupnega vozlišča
- npr. 120 Mbps navznoter, 10 Mbps navzven



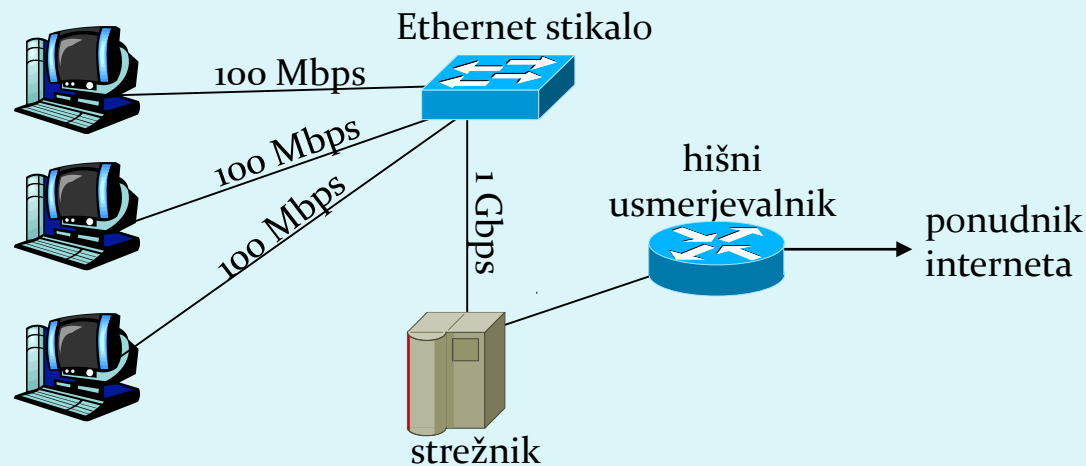
# Dostop do omrežja (3/4)

- **FTTH (optičen) dostop**

- optična povezava od ponudnika do doma ("skoraj" direktno, zagotovljena hitrost prenosa)
- visoke hitrosti prenosov: nekaj 10/100 Mbps (npr. 100/100 Mbps)

- **Ethernet**

- običajno na javnih zavodih, univerzah, ...
- priklop preko ethernet stikala
- 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps, 100 Gbps Ethernet, ...



# Dostop do omrežja (4/4)

- **WiFi**

- (deljen in neusmerjen medij!)
- 802.11b/g (WiFi): 11 ali 54 Mbps
- 802.11n/ac/ax (WiFi, v razvoju): 600 Mbps, 1300 Mbps, 10 Gbps

- **3G/4G/LTE/5G**

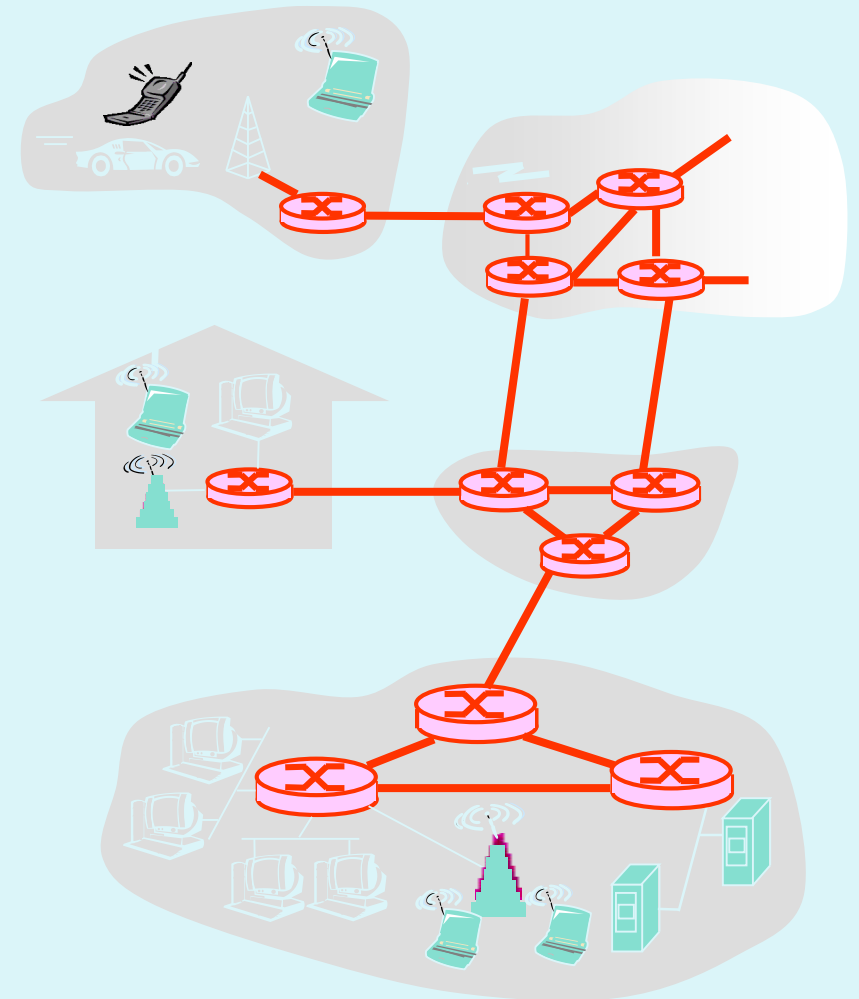
- uporaba central mobilnih operaterjev
- ~2 Mbps (3G)\*, 100 Mbps – 1 Gbps(4G)\*
- 5G (1 - 10Gbps)





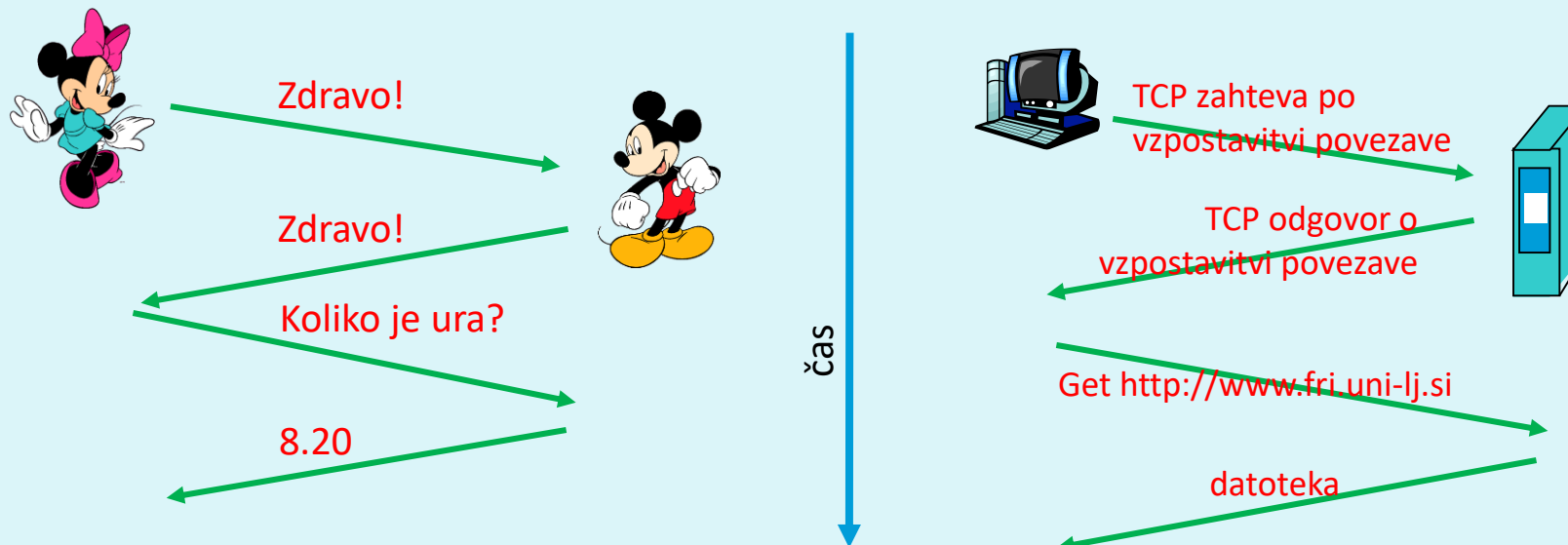
# Jedro omrežja

- mreža povezanih usmerjevalnikov
- kako poteka komunikacija?
  - **povezan način** (circuit switching): namenska povezava za vsak prenos (npr. telefonski klic). Faze: vzpostavitev zveze, prenos podatkov, rušenje zveze.
  - **nepovezan način** (packet switching): prenos podatkov "po kosih":
    - analogija: prevoz robe iz tovarne s tovornjaki, od katerih vsak potuje po svoji poti
    - omogoča uporabo omrežja več uporabnikom hkrati
    - enostavnejše, potrebni pa dodatni protokoli (iskanje poti, potrjevanje, ...)



# Protokol

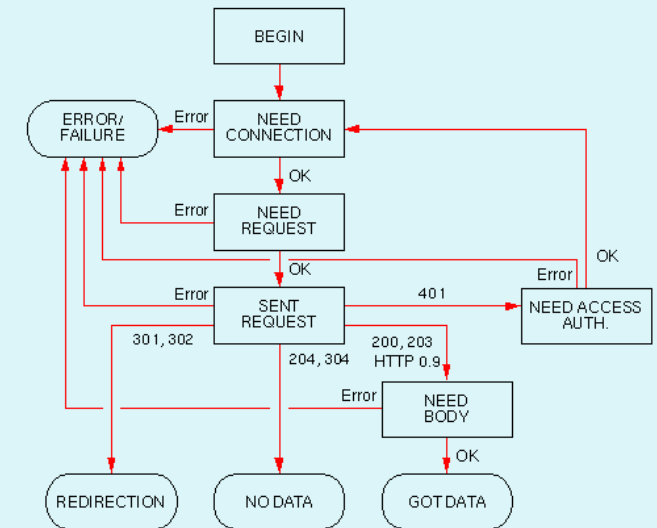
- dogovor o obliki in načinu poteka komunikacije in izmenjave sporočil med dvema ali večimi udeleženci v komunikaciji
- primerjava z analogijo iz realnega sveta:



- težava v komunikaciji: obe strani ne govorita enakega jezika
- drugi primeri protokolov iz realnega sveta?

# Protokol

- "višjenivojski": TCP, IP, HTTP, FTP, SMTP, POP3, BitTorrent, ...
- "nižjenivojski": zaporedje bitov, kontrola zasičenja, kontrola toka, način potovanja paketa po omrežju itd.
- splošno uporabnost protokolov zagotovimo s standardizacijo:
  - IETF (Internet Engineering Task Force)
    - standardi v obliki dokumentov RFC (Request For Comments), trenutno jih je več kot 5000
  - drugi subjekti za standardizacijo (IEEE 802 itd.)



Internet Engineering  
Task Force  
Standards organization



Institute of Electrical  
and Electronics  
Engineers



# Omrežne storitve in plasti

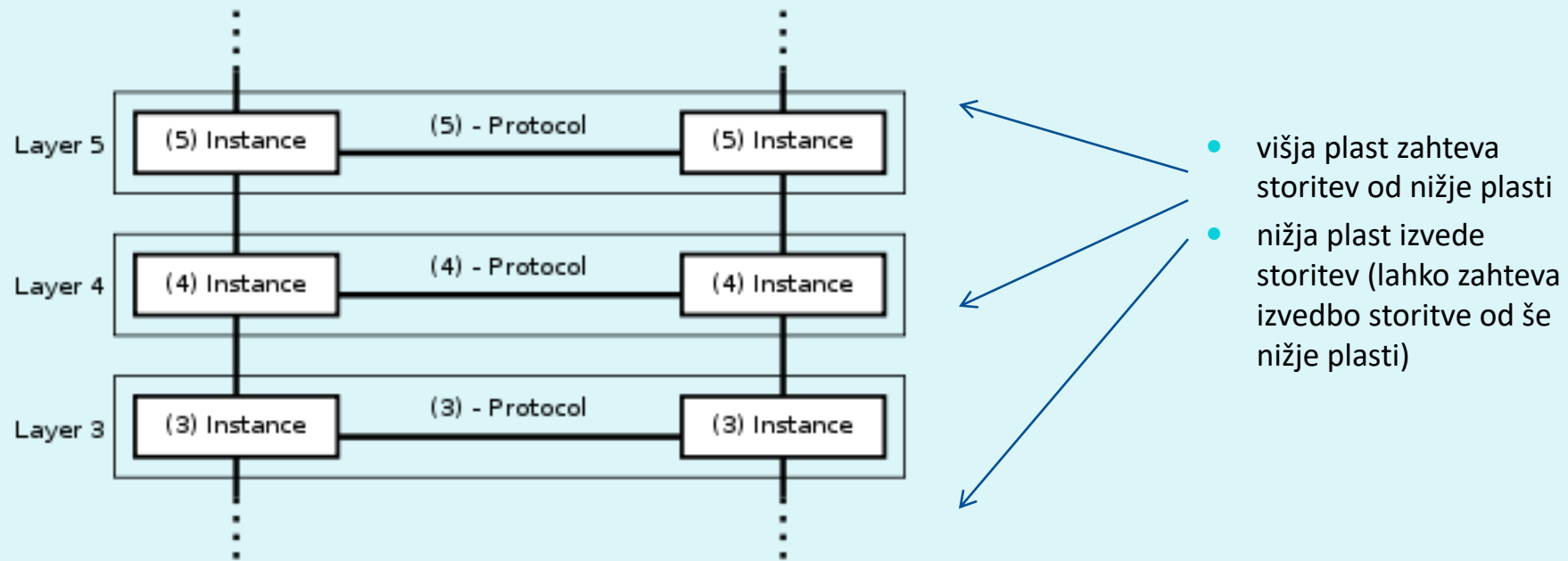


# Analogija: potovanje z letalom



- vsaka plast ima svoje "protokole", ki so specifični za storitve, ki jih plast zagotavlja

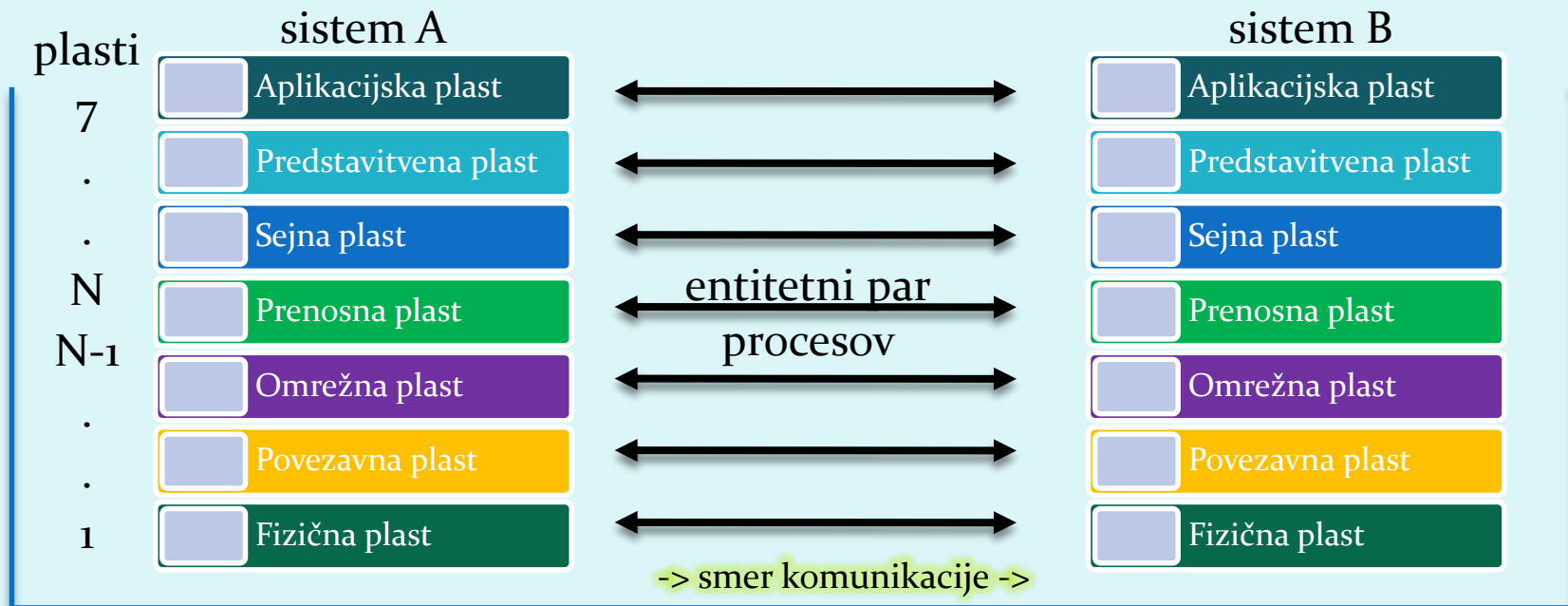
# Torej...



- protokol = jezik, s katerim se pogovarja istoležni par procesov
- zakaj plasti?
  - sistematična zasnova zgradbe sistema
  - sprememba implementacije dela sistema je neodvisna od ostalega sistema

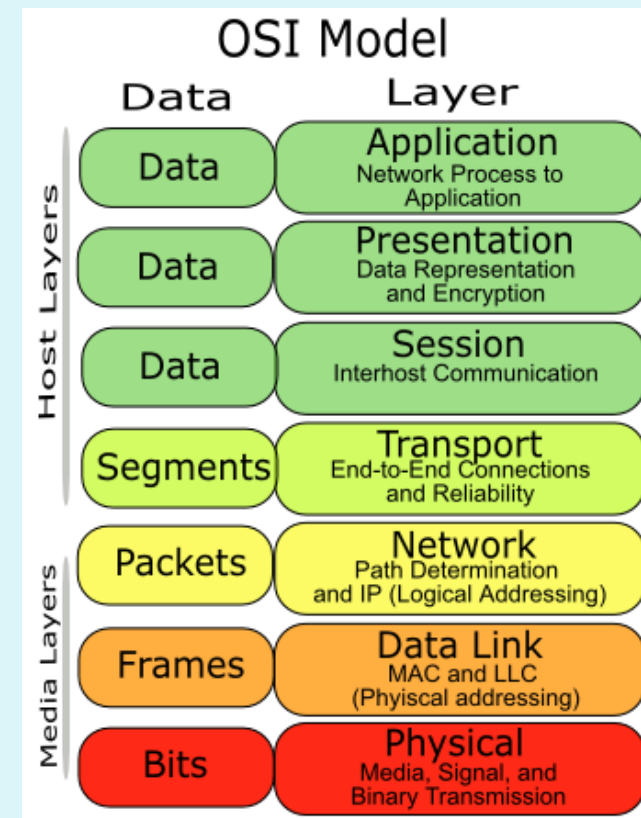
# ISO/OSI model

- 7 plasti, ki definirajo sklope sorodnih funkcij komunikacijskega sistema
- plast N nudi storitve (*streže*) plasti N+1
- plast N zahteva storitve (*odjema*) od plasti N-1,
- protokol: pravila komuniciranja med istoležnima procesoma,
- entitetni par: par procesov, ki komunicira na isti plasti



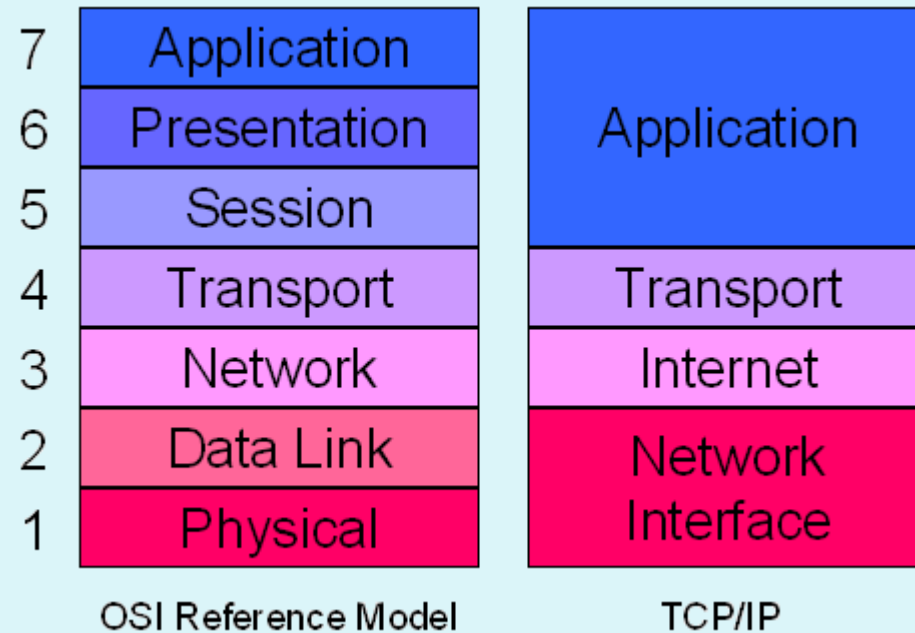
# Plasti ISO/OSI modela

1. **fizična:** prenos bitov po komunikacijskem kanalu (kodiranje, multipleksiranje)
2. **povezavna:** okvirjanje bitov, kontrola pretoka, popravljanje napak, asinhrona/sinhrona komunikacija
3. **omrežna:** usmerjanje, posredovanje, izogibanje zamašitvam
4. **transportna:** zanesljivost prenosa, učinkovitost
5. **sejna:** logično povezovanje procesov znotraj aplikacij (aplikacijsko multipleksiranje, pogosto implementirano v aplikaciji)
6. **predstavitvena:** kodiranje podatkov, kompresija, sintaksa
7. **aplikacijska:** podatki aplikacije, storitve HTTP, SMTP itd.





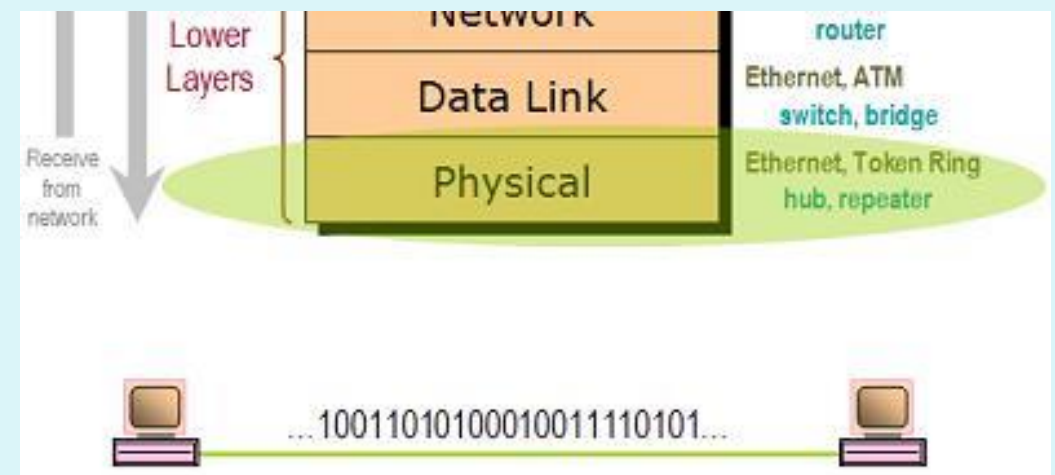
# OSI model in model TCP/IP (Internet)



primerjava modelov:

- ISO OSI: **de iure**, teoretičen, sistematičen, pomanjkanje implemetacij (izdelkov),
- TCP/IP: **de facto**, prilagodljiv, nesistematičen, fleksibilen, veliko izdelkov

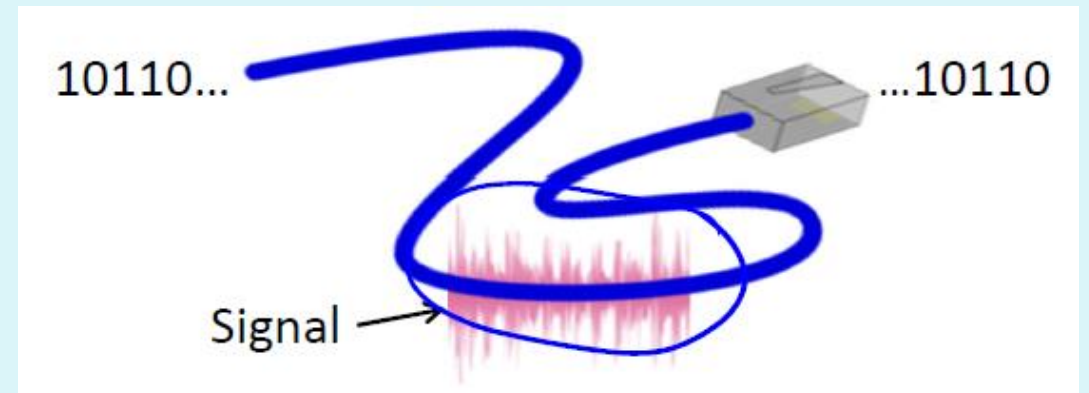
# Fizična plast



# Fizična plast

## Naloge:

1. kodiranje bitov z neko fizikalno veličino (signalom) za prenos po mediju (baker, optika, radijski, IR, ...)
2. prenos posameznih bitov v analogni ali digitalni obliki
3. prenos celotnega signala (zaporedja bitov po mediju)
4. pretvorba signala v obliko, ki je primerna za prenos po mediju



# Prenosni sistem in kanal



- **prenosni medij:** naprava, ki omogoča **razširjanje valovanja** (elektromagnetno, radijsko, svetloba, IR)
- **prenosni sistem** uporablja **prenosni kanal:** napravo, ki lahko prenese bite (okvir) po mediju
- možne **lastnosti** prenosnega kanala:
  - **smer:** dvosmeren (sočasno ali izmenično), enosmeren
  - **zaporednost:** serijski (bit za bitom), paralelni (več bitov hkrati)
  - **število točk:** dvotočkovni, skupinski

# Prenosni mediji (1/3)

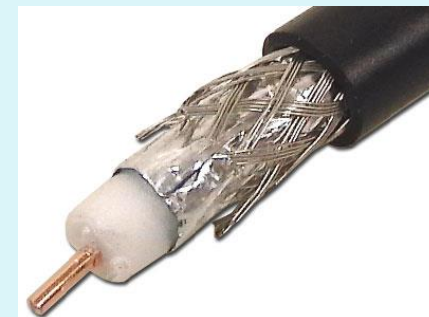
- **zvita parica (unshielded twisted pair, UTP)**

- dve vzporedni izolirani bakreni žici, par žic predstavlja povezavo
- zvita: manj interferenc, presluha ipd.
- 10 Gbps na krajše razdalje (lokalna omrežja)



- **koaksialni kabel**

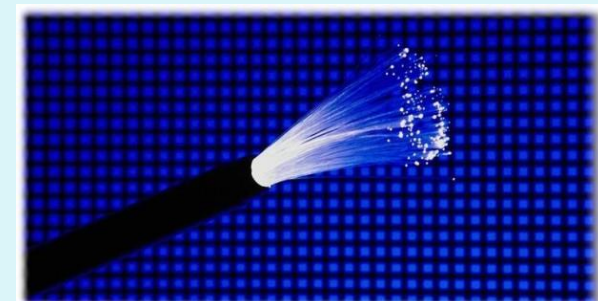
- bakrena žica, izolacija, drugi vodnik, še ena izolacija
- odpornost proti motnjam, ni sevanja
- hitrost do 2 Gbps



# Prenosni mediji (2/3)

- **optično vlakno**

- mehanska občutljivost, zahtevno spajanje (težavno prisluškovanje!)
- do 100 km brez ponavljalnikov, hitrost do Tbps
- WDM (Wavelength Division Multiplexing): za prenos več signalov po enem vlaknu uporabimo več valovnih dolžin (barv) svetlobe
- v začetku le omrežne hrbtenice, danes tudi domače povezave (FTTH)



# Prenosni mediji (3/3)

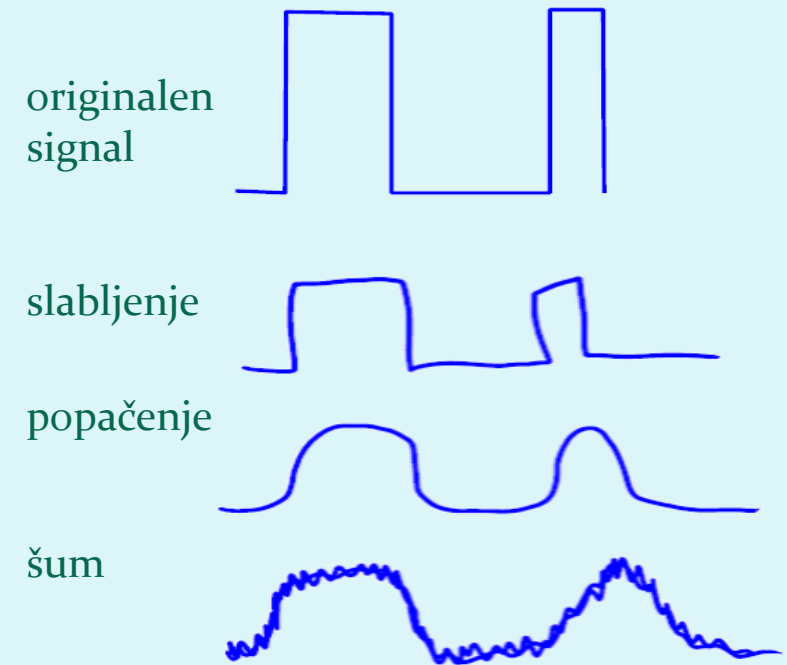
- **brežžične povezave**

- radijske (WLAN, Bluetooth, GSM, ...)
- mikrovalovne (usmerjene)
- IR (majhne razdalje)
- satelitske (velike razdalje): Iridium, Thuraya, GPS, Galileo ...



# Prenosni medij

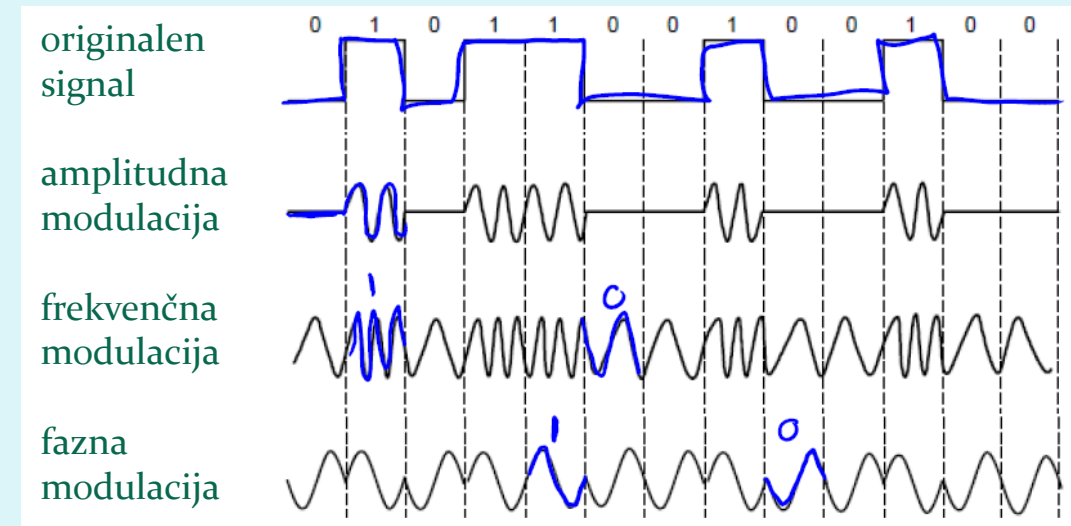
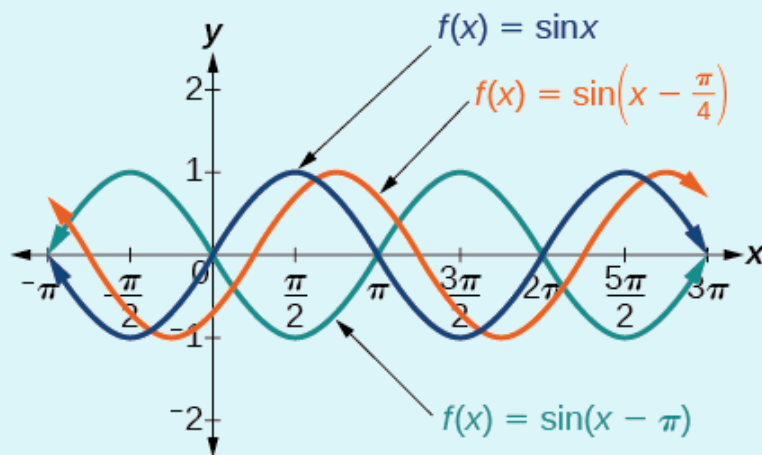
- **frekvenčna karakteristika**: kakšne frekvence lahko medij prenese
  - Govor: 300 do 7000 Hz
  - Telefonski kanal: 500 do 3600 Hz
  - Hi-fi oprema: 100 do 20.000 Hz
- sprememba signala na mediju:  
posledica fizikalnih vplivov  
in omejitev



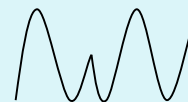


# Modulacija

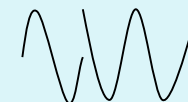
- modulacija: način analognega kodiranja digitalnega signala
- vrste
  - **amplitudna** modulacija (npr. za zvok: glasen pisk=1, tih pisk=0)
  - **frekvenčna** modulacija (npr. za zvok: visok pisk=1, nizek pisk=0)
  - **fazna**: sprememba faze za določen fazni kot pomeni spremembo signala.



180:

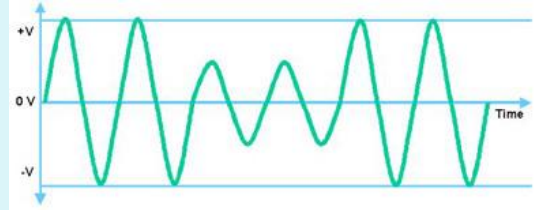


90:

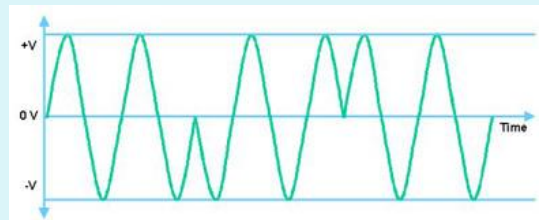


# Kvadratna modulacija

- kombinacija **amplitudne** in **fazne**
- več nivojev amplitude
- 4 fazni koti (0, 90, 180, 270 stopinj)
- posamezna sprememba signala (amplitude in faze) lahko v praksi označuje skupino 3 do 6 bitov



*amplitudna modulacija*



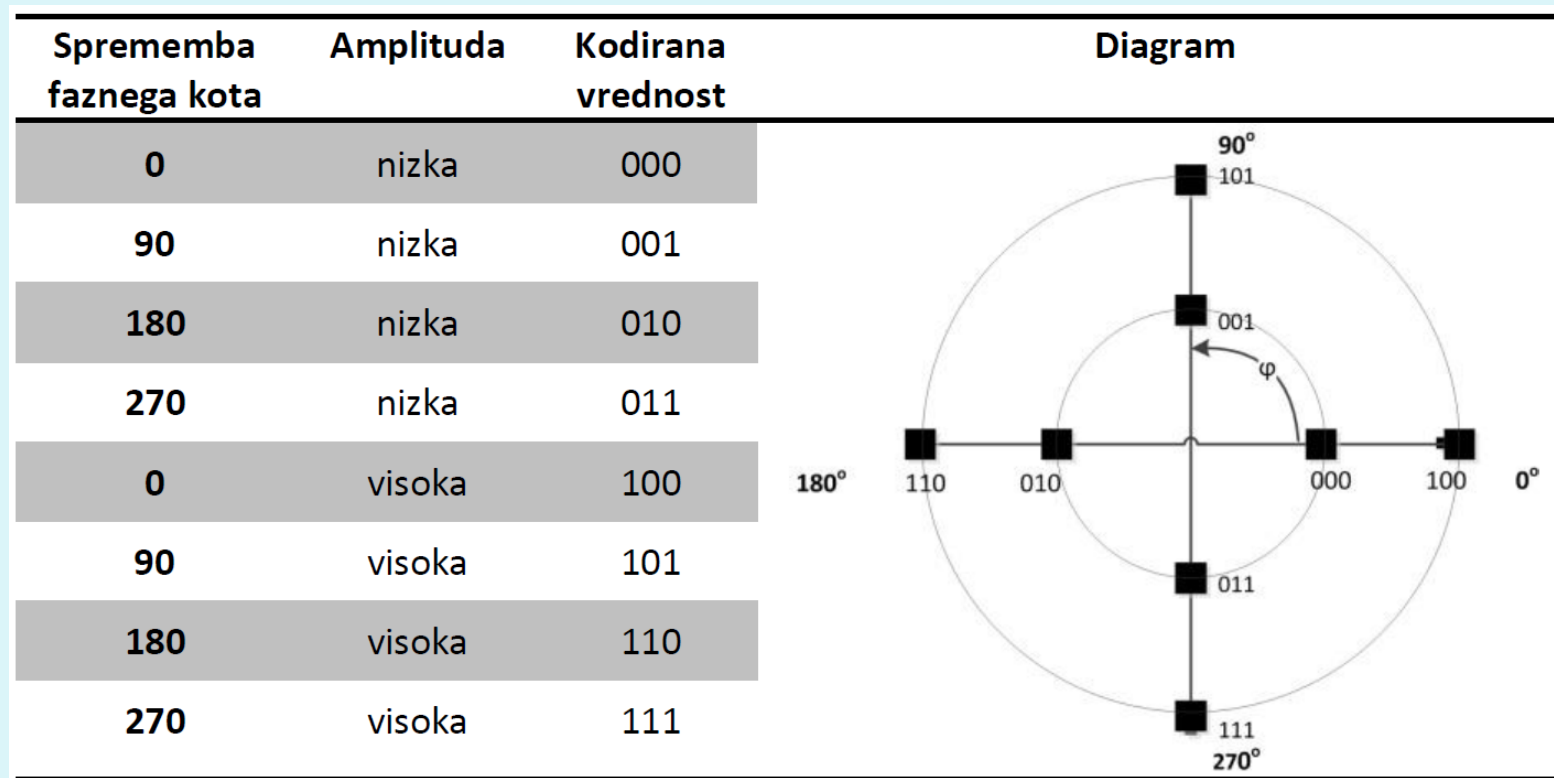
*fazna modulacija*



*kvadratna modulacija*

# Kvadratna modulacija

- konstelacijski diagram



# Naslednja poglavja...

- povezavna plast
  - zaznavanje in odpravljanje napak
  - protokoli za dostop do skupinskega medija
  - naslavljanje
  - Ethernet

