

Računalniške komunikacije

2024/25

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)
- as. dr. Areeb Ahmed (2. nadstropje, R2.25, SUJT) -> vaje za tuje študente / labs for foreign students

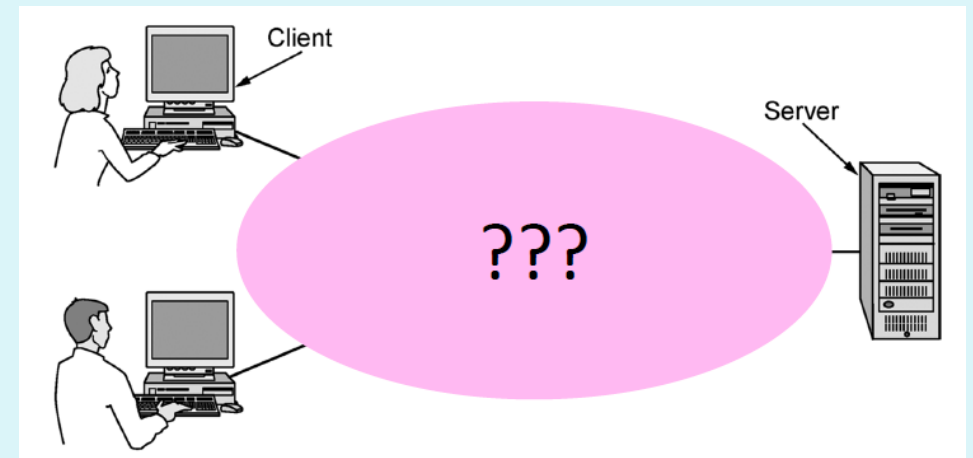
- **Pričetki izvajanj:**

- laboratorijske vaje: 3. 3. 2025
- tutorske vaje: 10. 3. 2025



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?



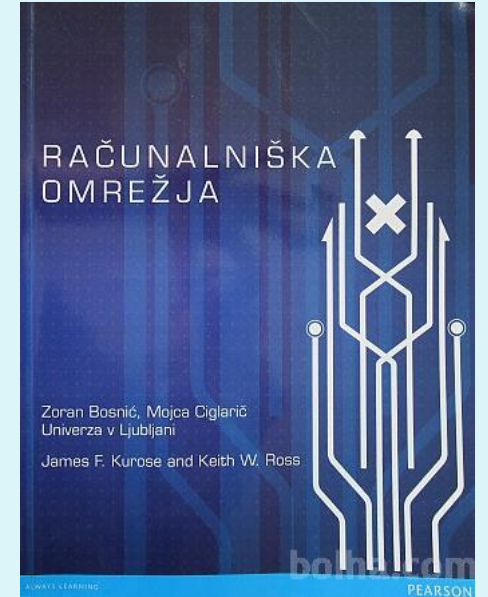
Why learn Martial Arts?

- 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](#)

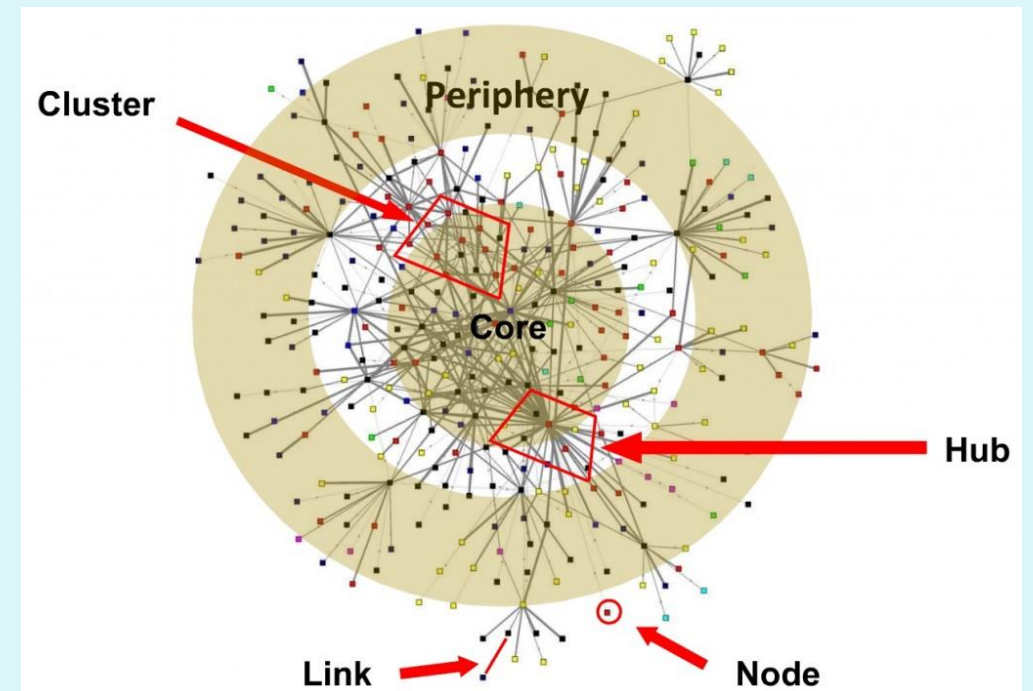
Na kratko:

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 $(\#(\text{LDN}) \geq 9)$



Splošno o omrežjih in terminologija



Omrežje

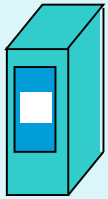
- Kaj je omrežje?
 - **fizična definicija:** *resurs*, ki je zmožen povezovanja velikega števila naprav,
 - **storitvena definicija:** *infrastruktura*, ki nudi storitve (porazdeljenim) aplikacijam
 - www, VoIP, email, igre, P2P, elektronsko poslovanje



Omrežne naprave: klasične in eksotične



PC



strežnik



prenosnik
(brezžični)



mobilne
naprave



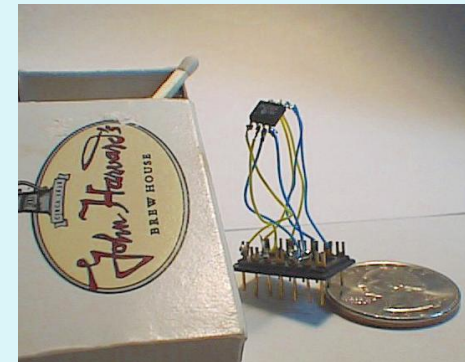
IP okvir za sliko



toaster z vremensko
napovedjo



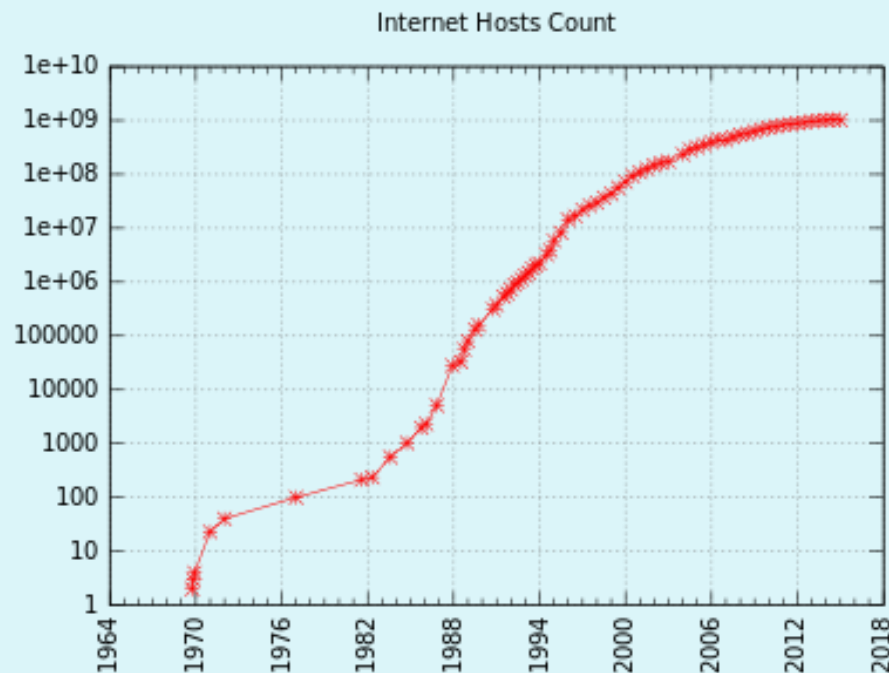
internetna telefonija



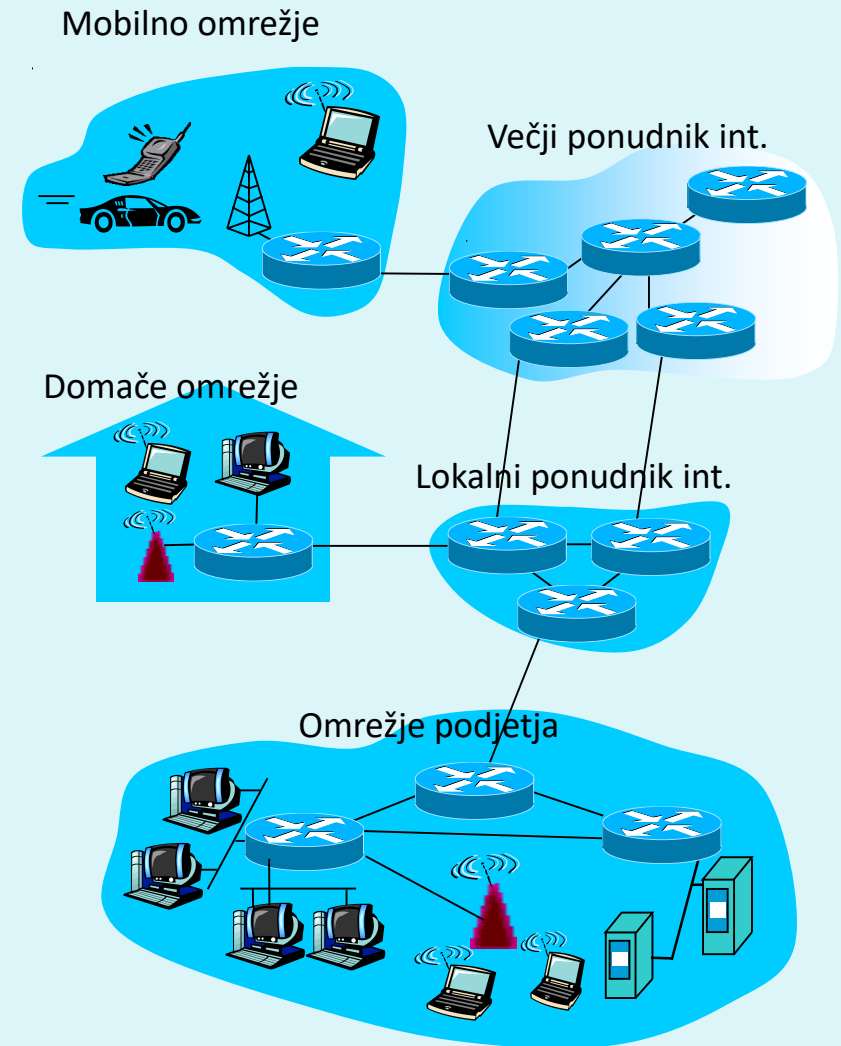
najmanjši spletni
strežnik na svetu

Komponente omrežja

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



vir: Wikipedia, februar 2017

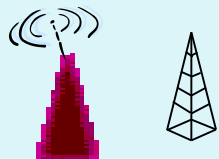


Komponente omrežja

2. jedro omrežja (usmerjevalniki paketov)

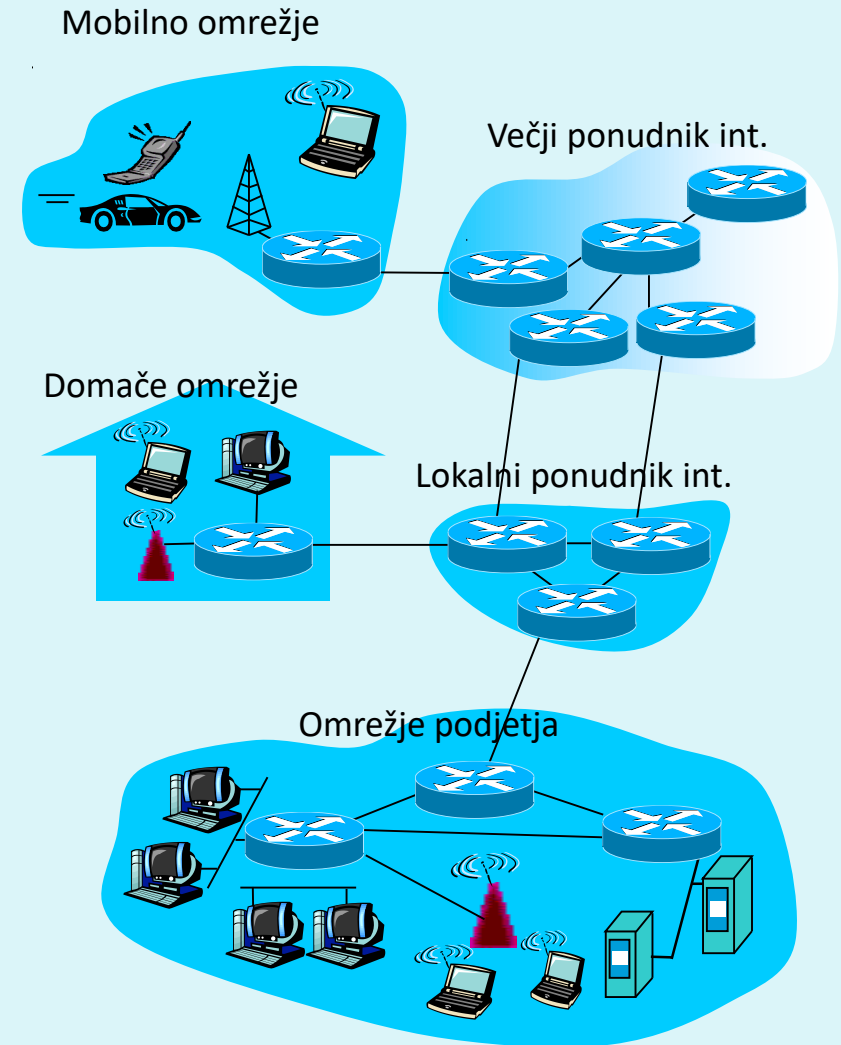


3. komunikacijske povezave (optika, baker, brezžične, ...)



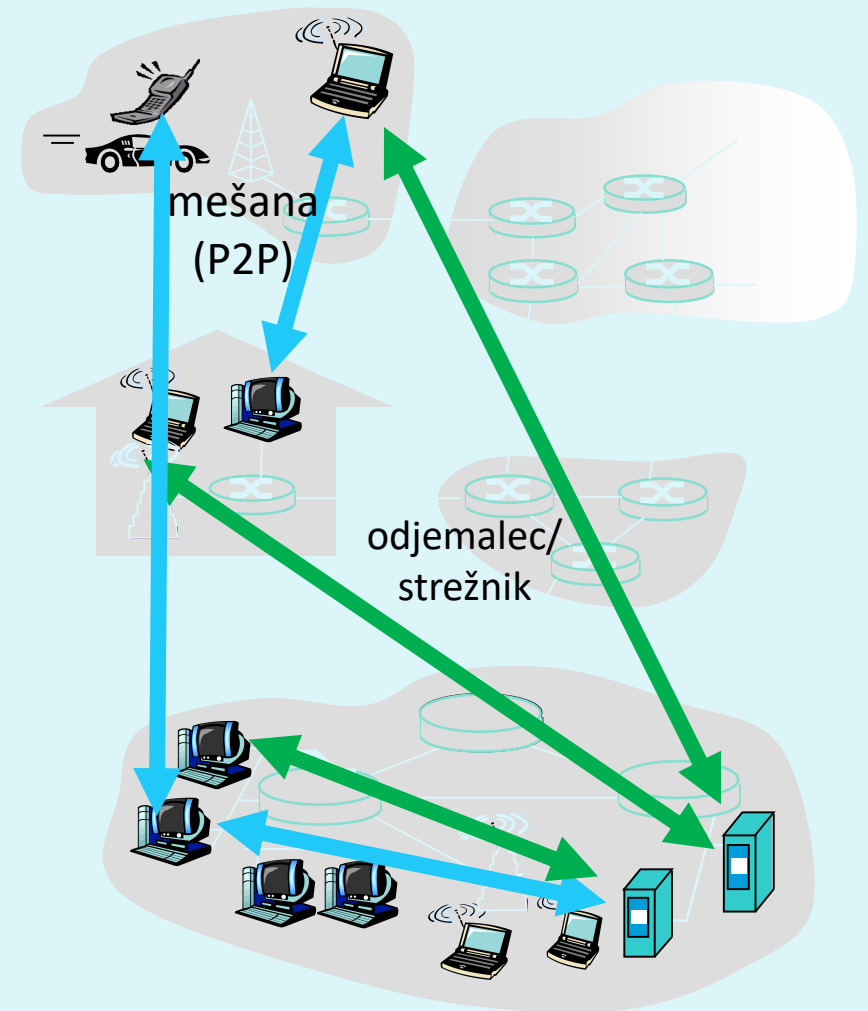
dostopne točke,
bazne postaje

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)



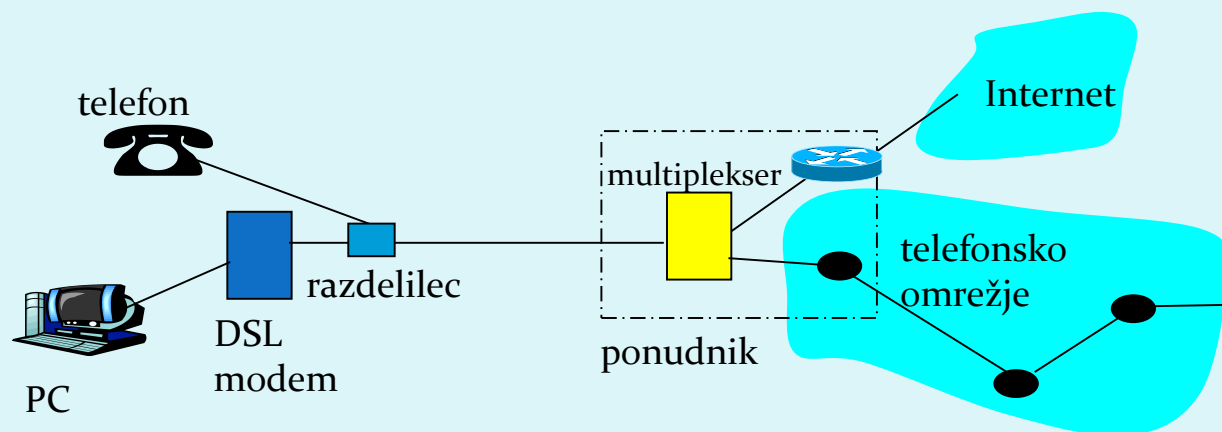
Dostop do omrežja (1/4)

- **modemski/klicni dostop**

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

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

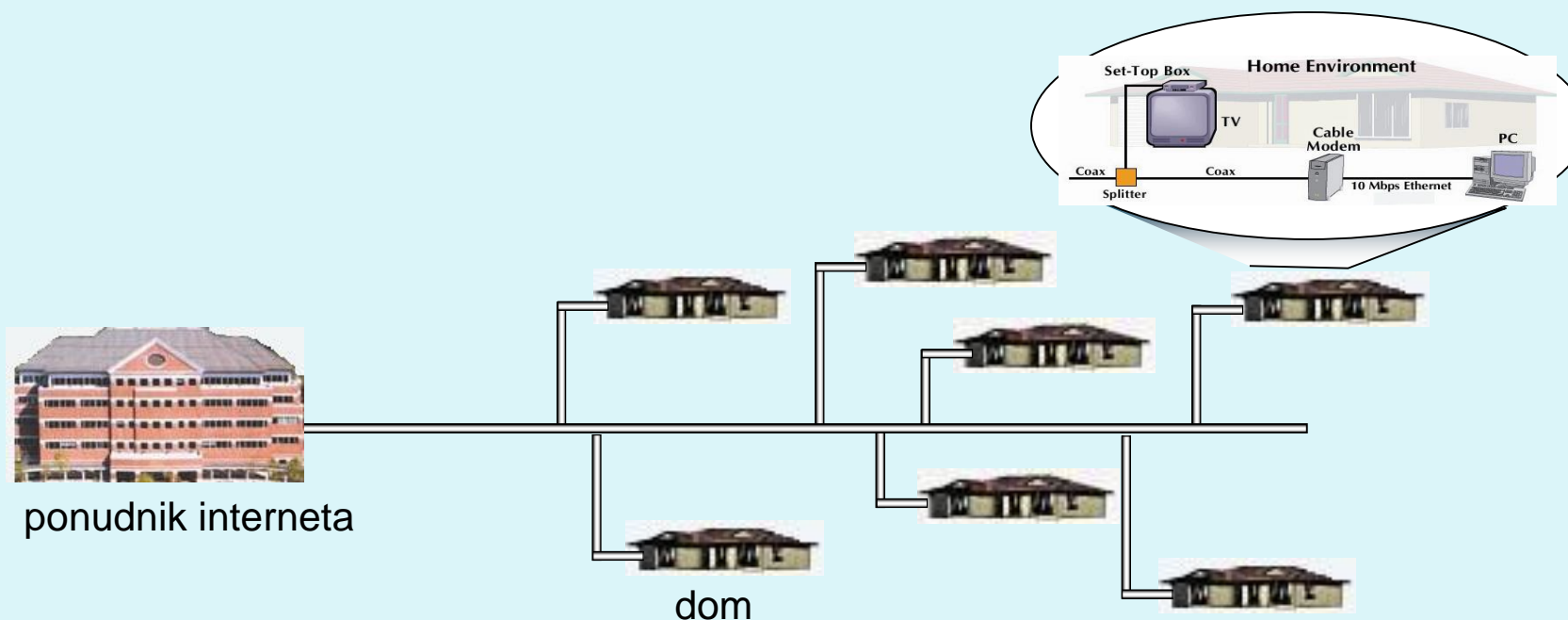
- tudi uporablja telefonsko infrastrukturo (0-4 kHz telefon, 4-50 kHz upstream, 50 kHz - 1 MHz downstream), individualen dostop!
- nekaj 100 Mbps navzven/navznoter (upstream/downstream)



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



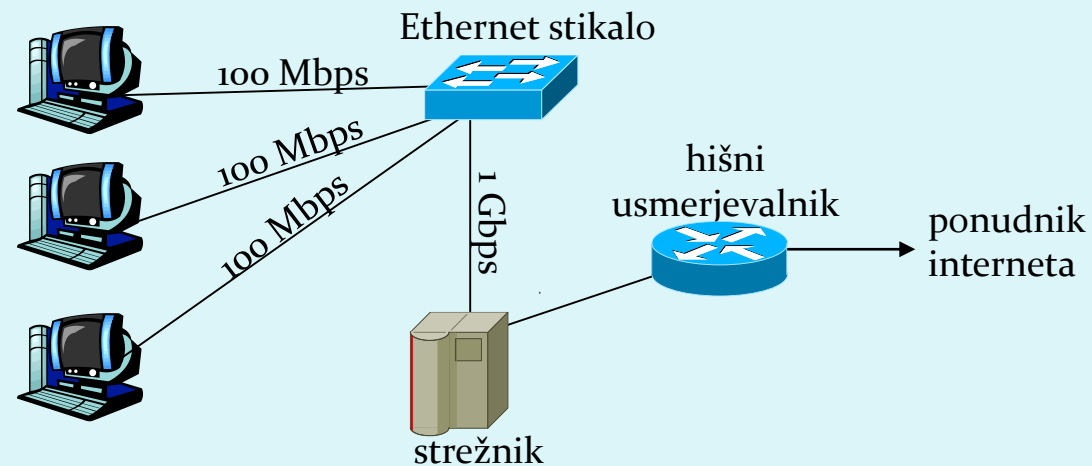
Dostop do omrežja (3/4)

- **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

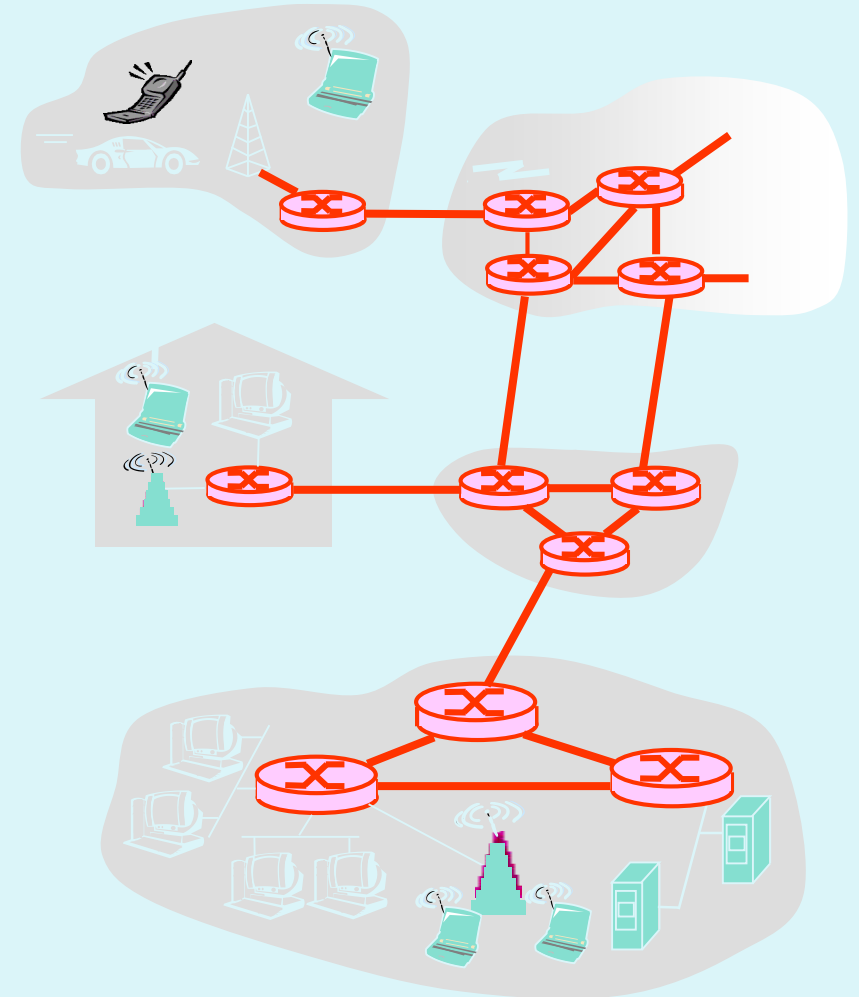
- **3G/4G/LTE/5G**

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



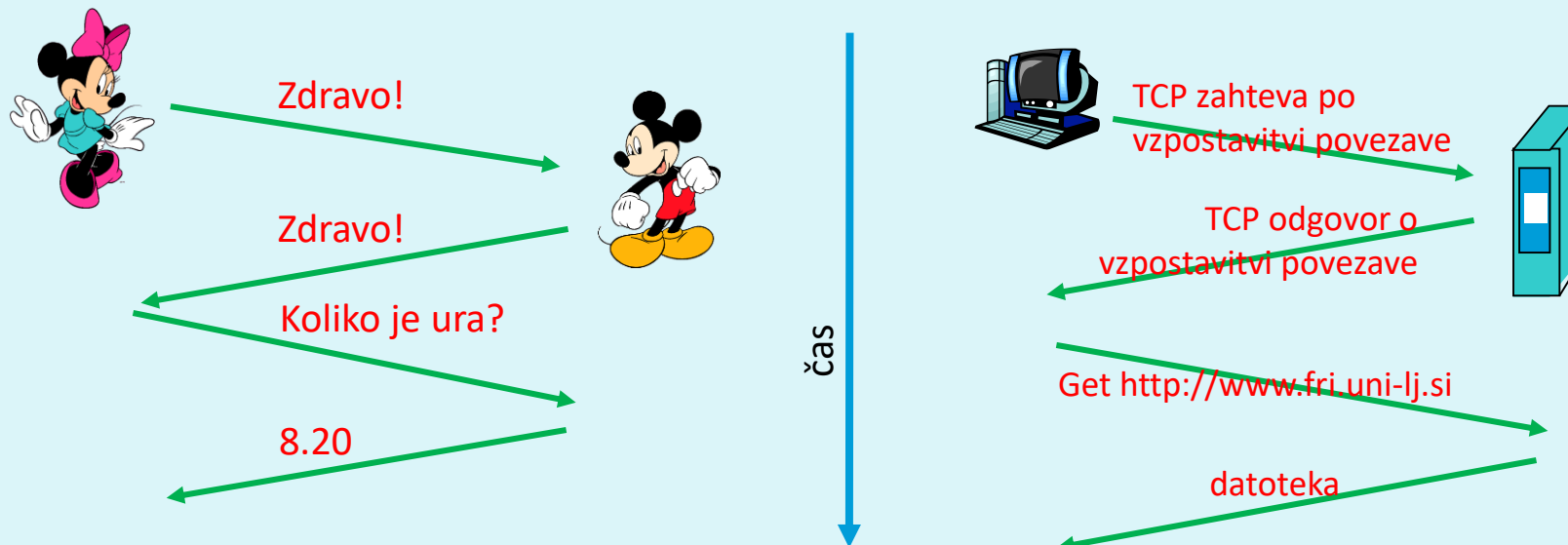
Jedro omrežja

- 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

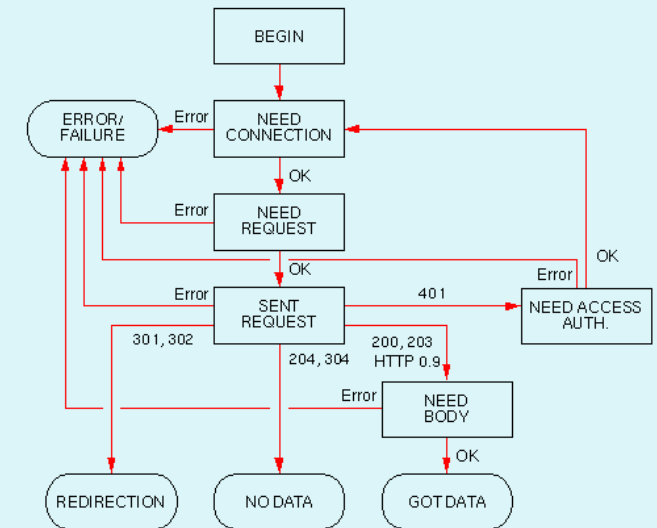
- dogovor o obliki in načinu poteka komunikacije in izmenjave sporočil med dvema ali večimi udeleženci v komunikaciji
- primerjava z analogijo iz realnega sveta:



- 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

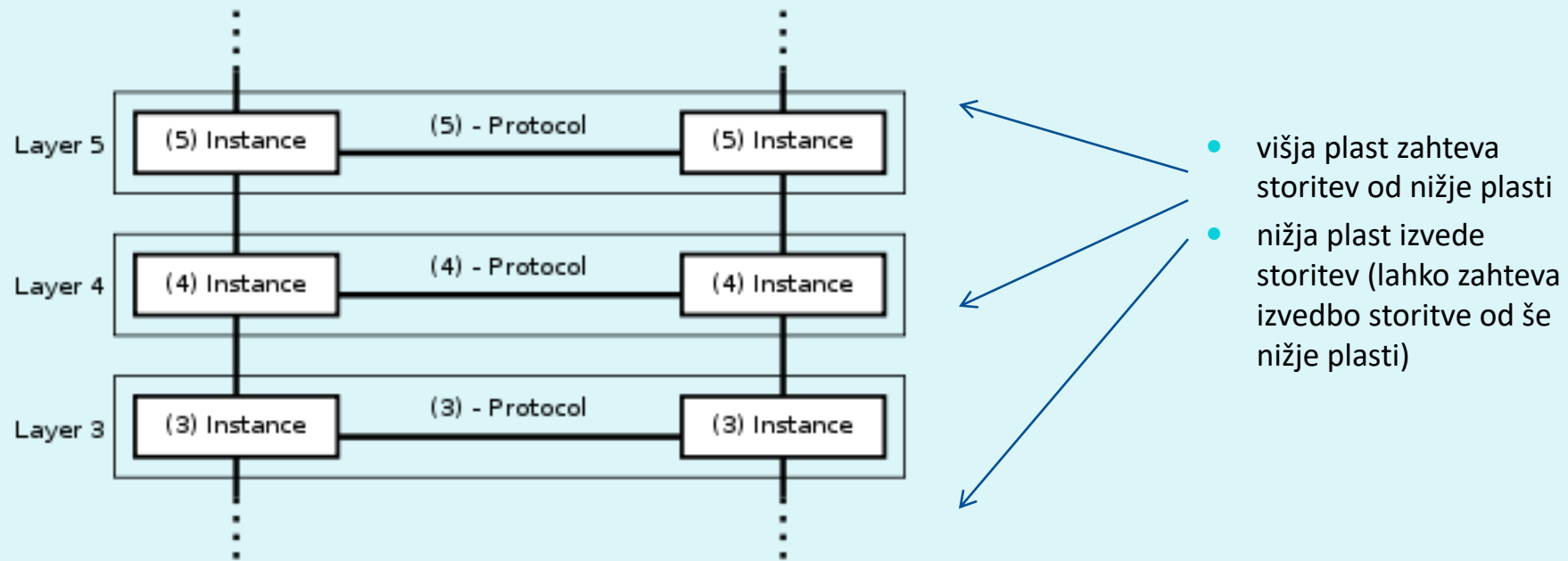


Analogija: potovanje z letalom



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

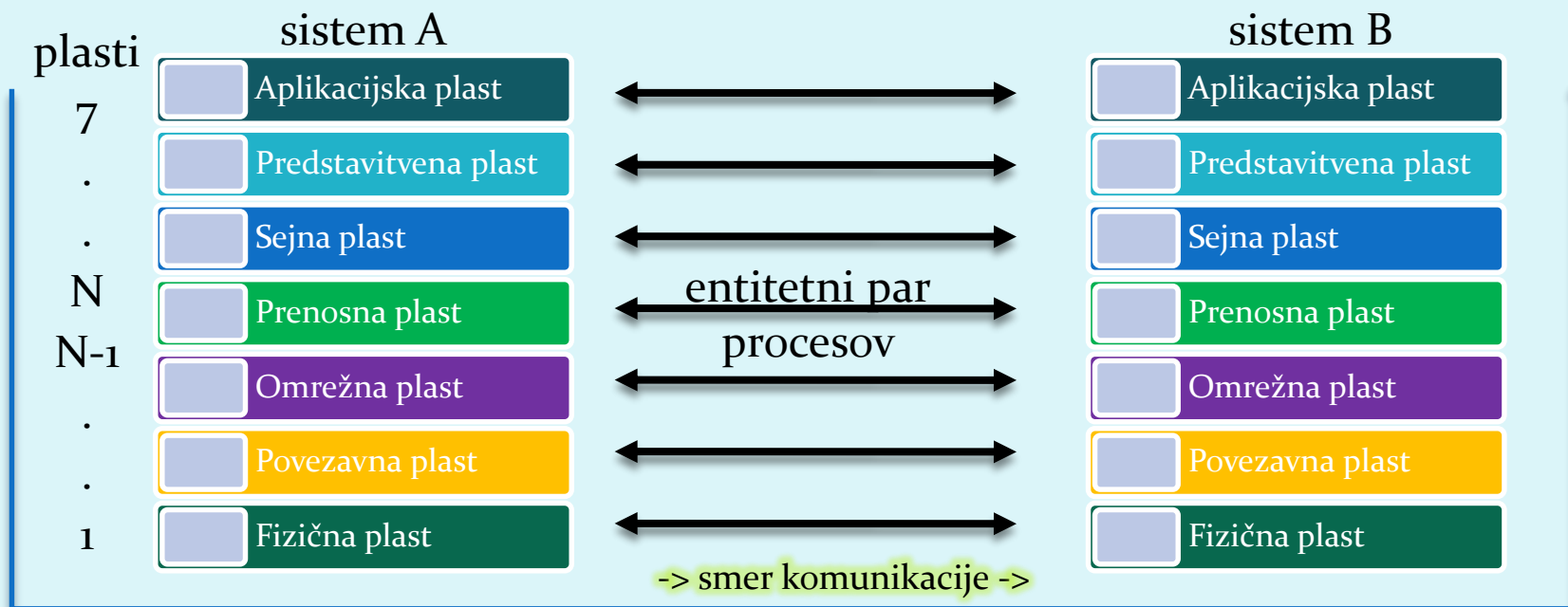
Torej...



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

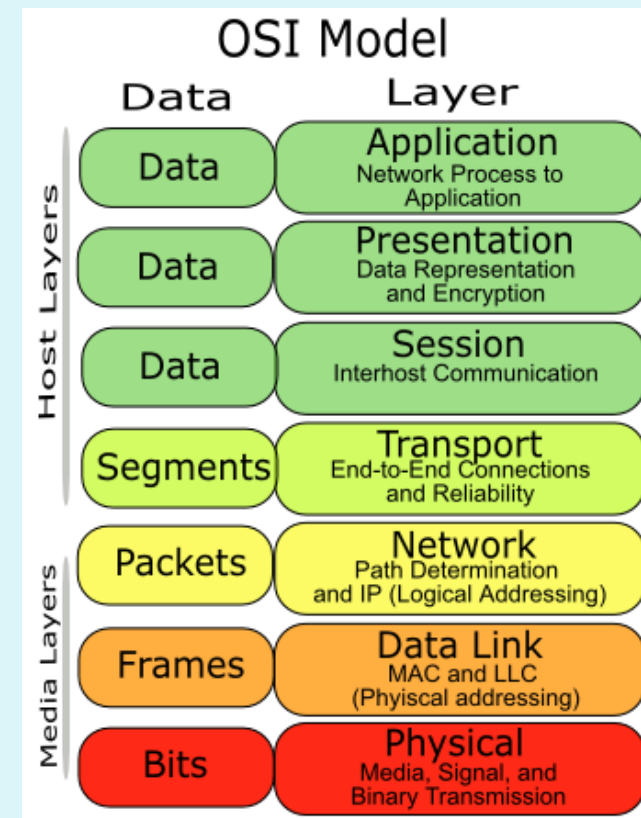
ISO/OSI model

- 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

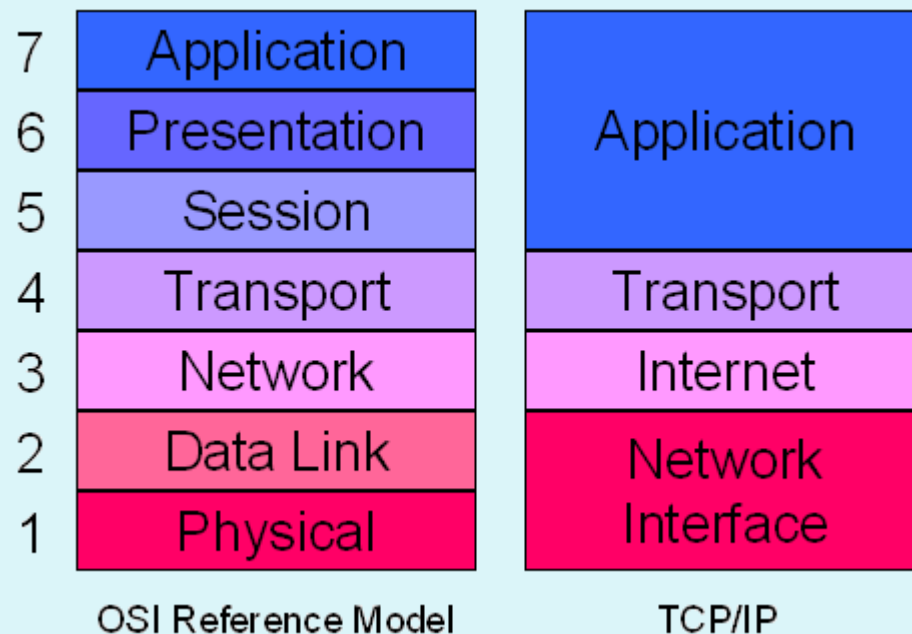


Plasti ISO/OSI modela

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.



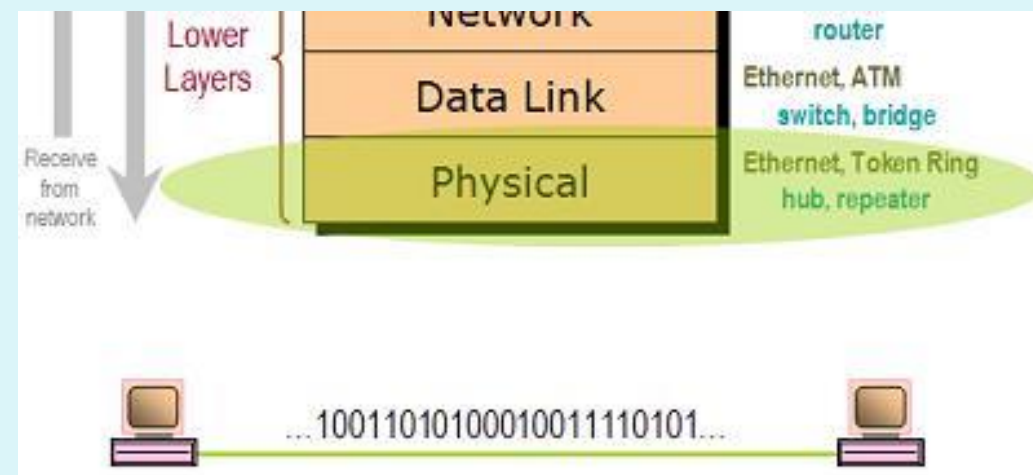
OSI model in model TCP/IP (Internet)



primerjava modelov:

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

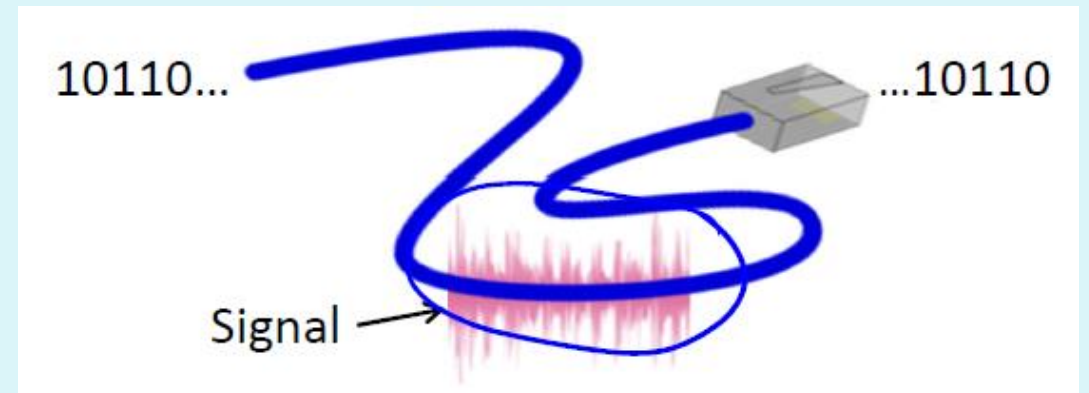
Fizična plast



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)

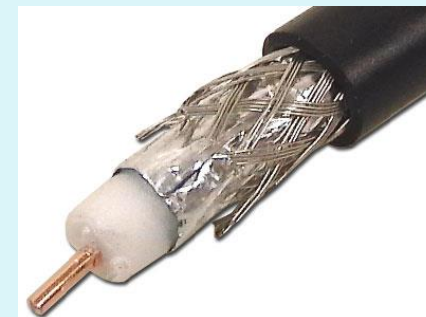
- **zvita parica (unshielded twisted pair, UTP)**

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



- **koaksialni kabel**

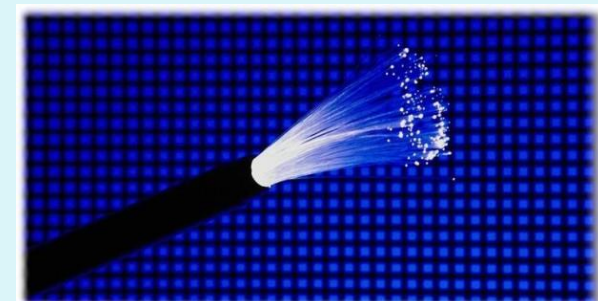
- bakrena žica, izolacija, drugi vodnik, še ena izolacija
- odpornost proti motnjam, ni sevanja
- hitrost do 2 Gbps



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)

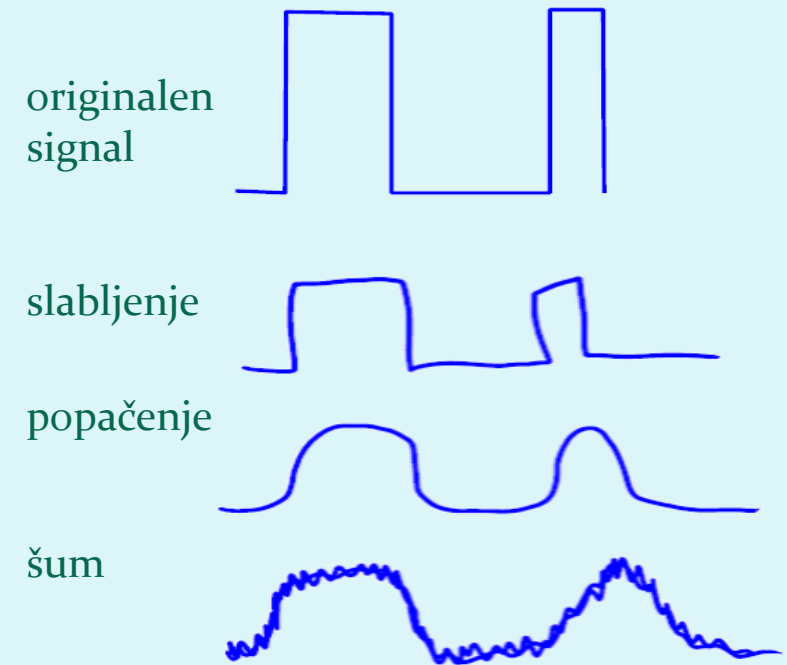
- **brežžične povezave**

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



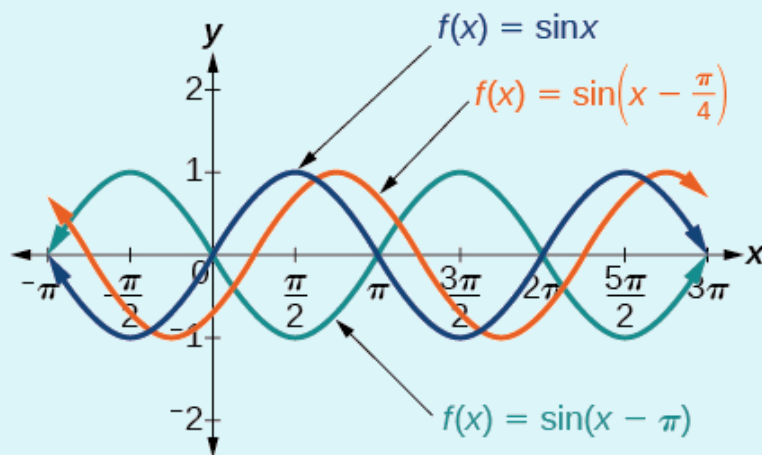
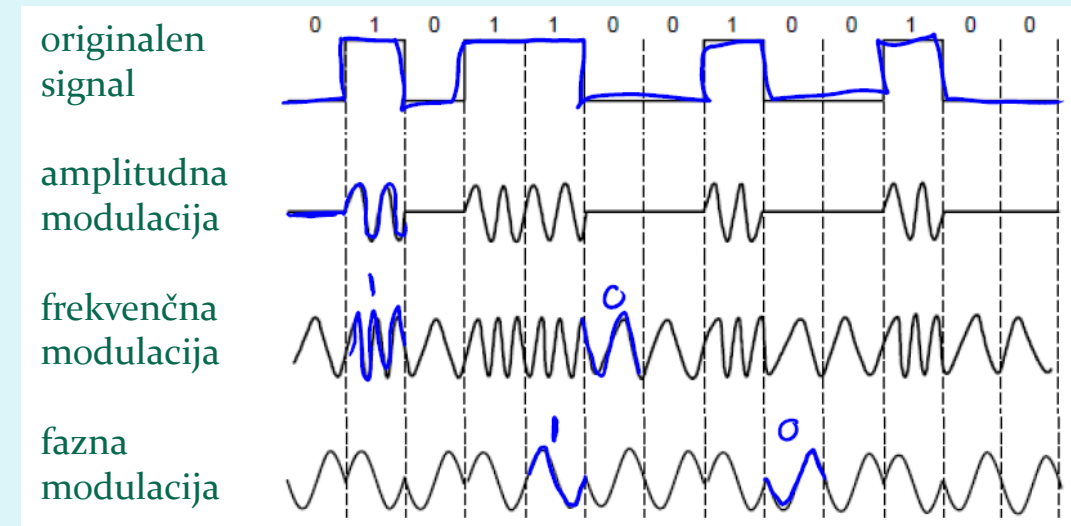
Prenosni medij

- **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

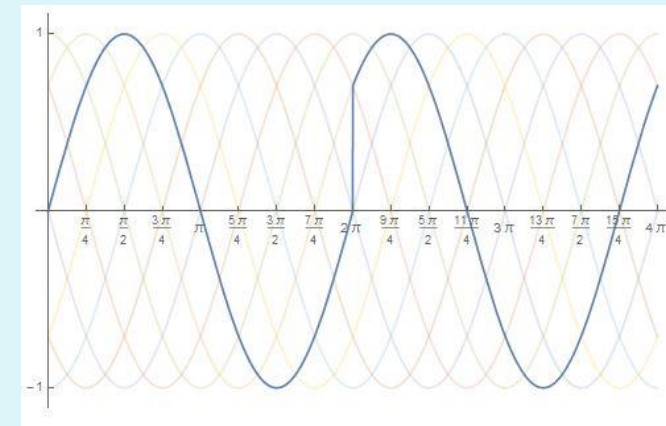
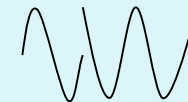
- modulacija: način analognega kodiranja digitalnega signala
- vrste
 - **amplitudna** modulacija (npr. za zvok: glasen pisk=1, tih pisk=0)
 - **frekvenčna** modulacija (npr. za zvok: visok pisk=1, nizek pisk=0)
 - **fazna**: sprememba faze za določen fazni kot pomeni spremembo signala.



180:

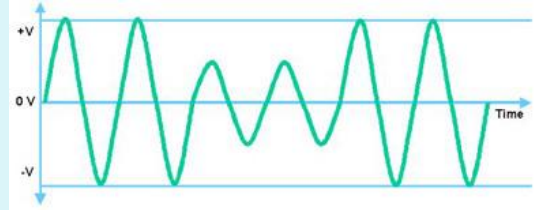


90:

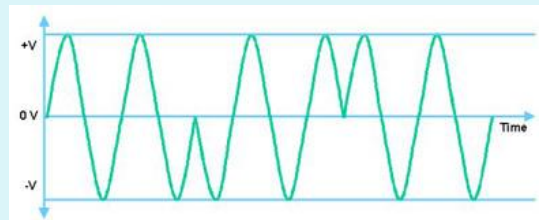


Kvadratna modulacija

- 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



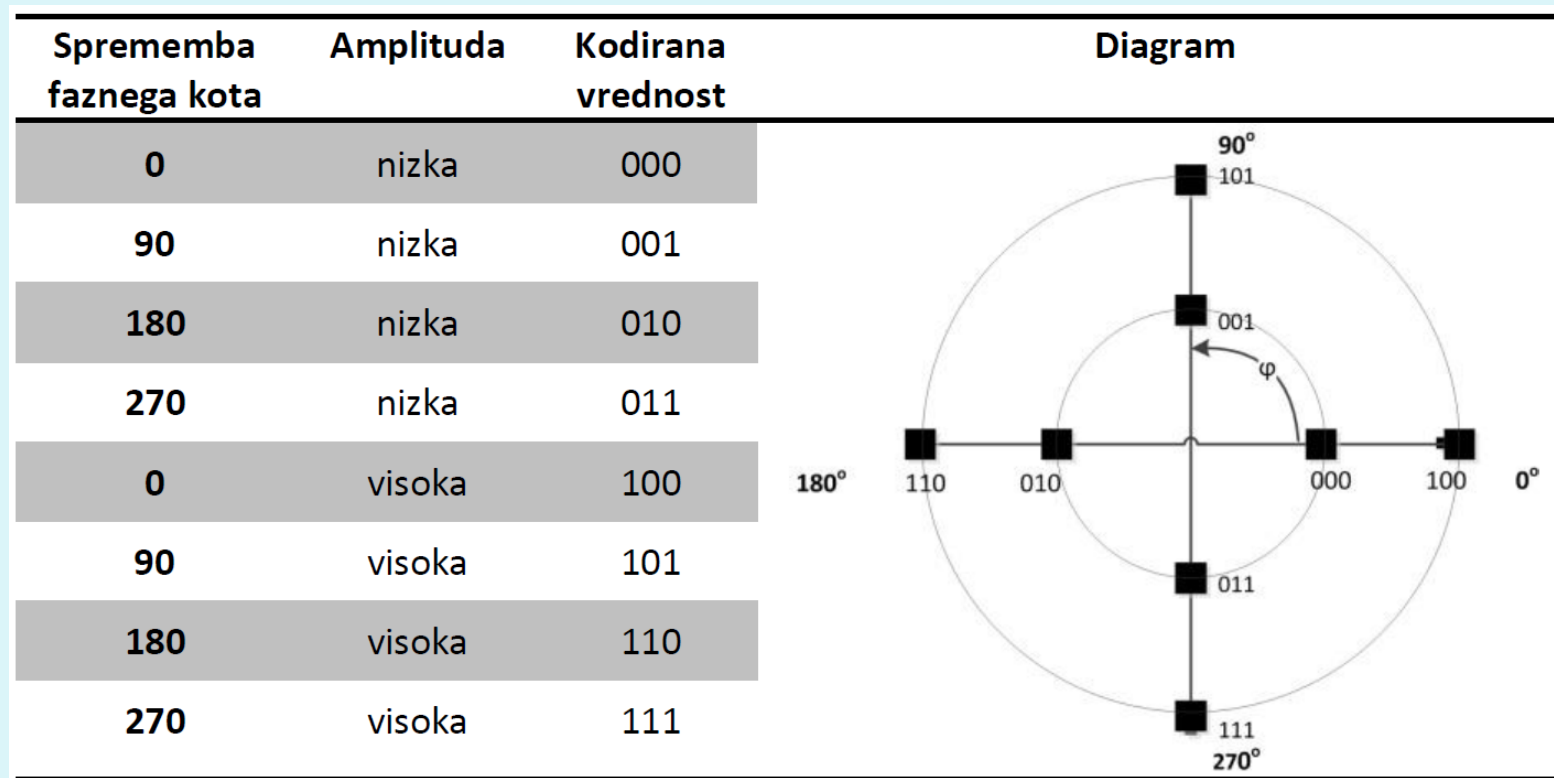
fazna modulacija



kvadratna modulacija

Kvadratna modulacija

- konstelacijski diagram



Naslednja poglavja...

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

