

MREŽNI MODELI I TOPOLOGIJE

Predmet: Računarske mreže

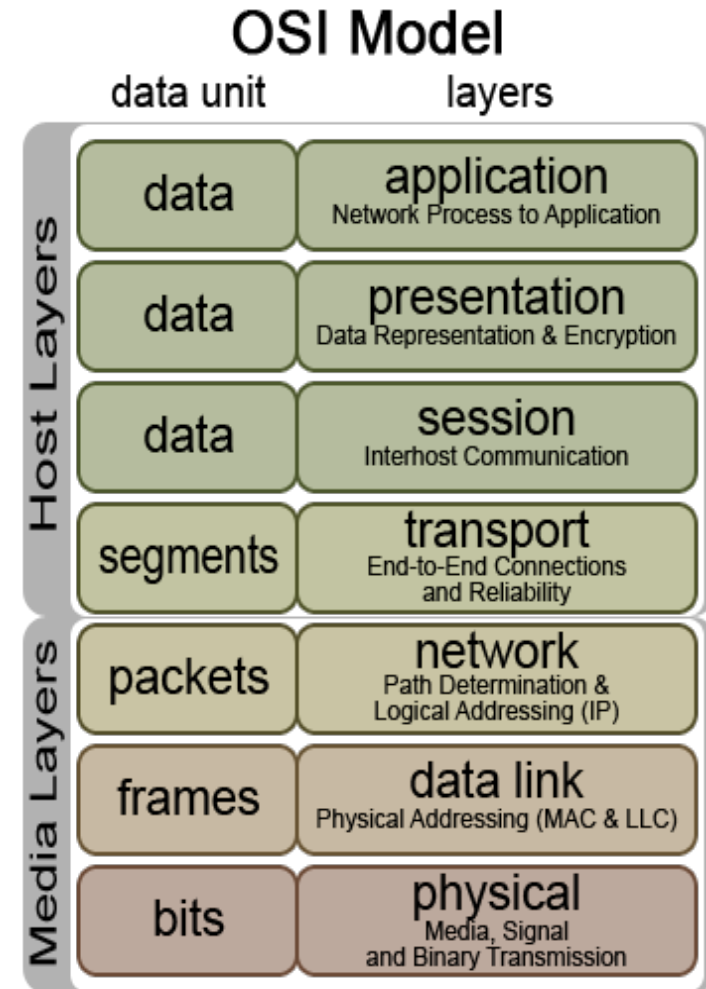
Predavač: dr Dušan Stefanović

ISO – ORGANIZACIJA ZA STANDARDIZACIJU



ISO - International Organization for Standardization

- Najveća svetska organizacija za standardizaciju proizvoda i servisa različite namene
- Najpoznatiji su po OSI (Open System Interconnection) mrežnom modelu



SLOJEVI U MREŽNOM MODELU

Slojevita struktura mrežnog modela omogućava da se složen proces razloži na manje delove

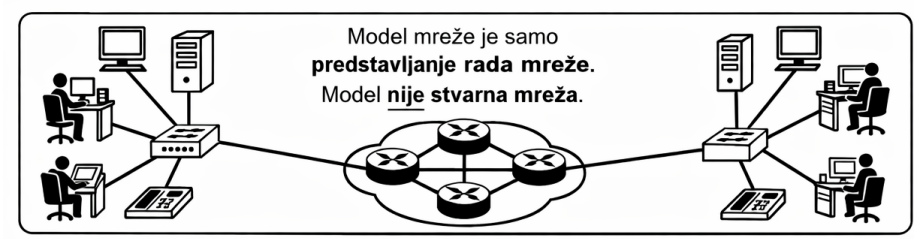
Na svakom sloju su definisani precizni zadaci

Svaki sloj obezbeđuje uslugu nivou iznad njega

Promena tehnologije na jednom sloju neće uticati na ostale slojeve

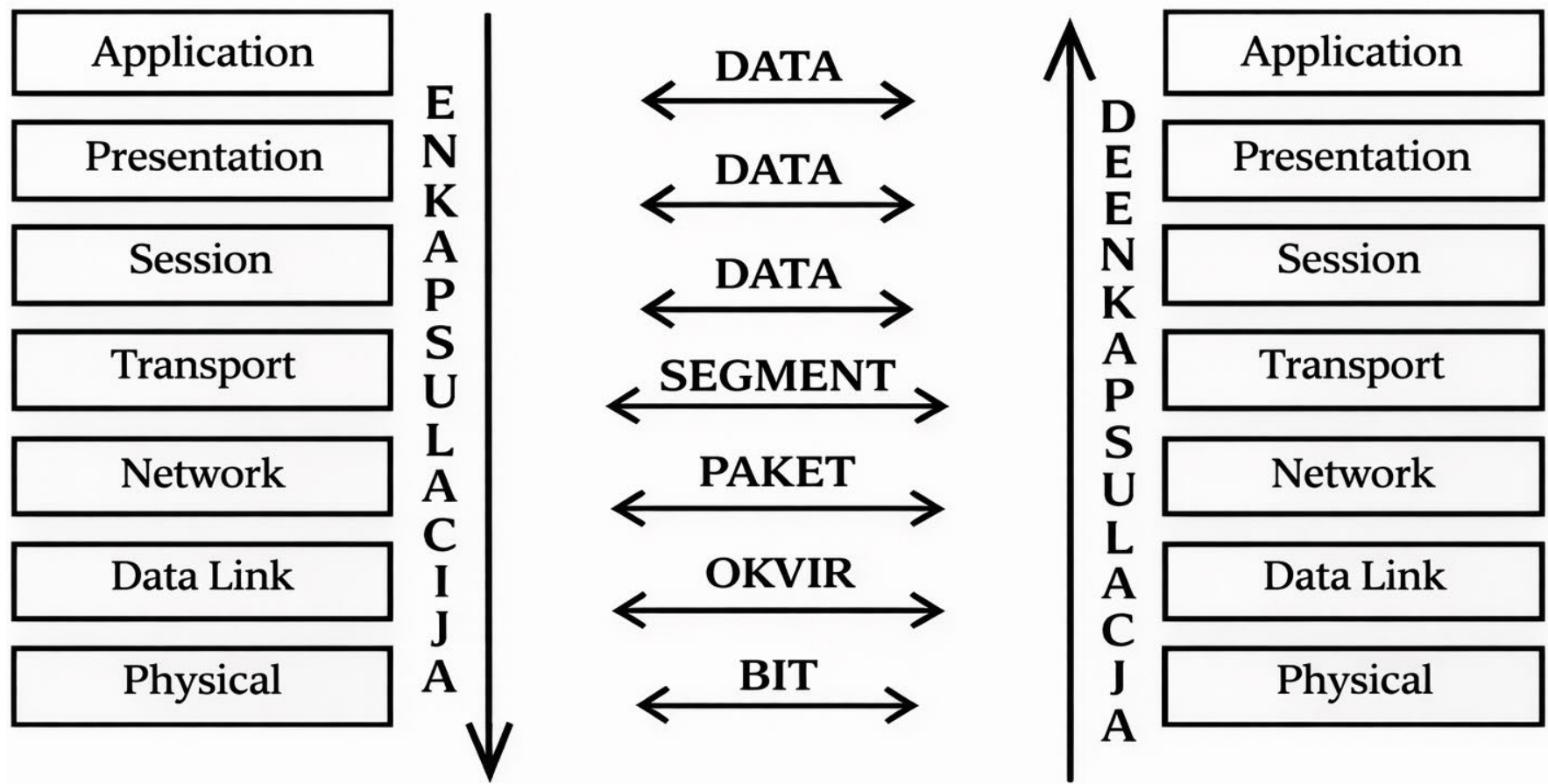
Implementacija novih servisa i tehnologije je skalabilna tj. lako se može nadograditi

Rešavanje problema je znatno olakšano kod ovakvih modela

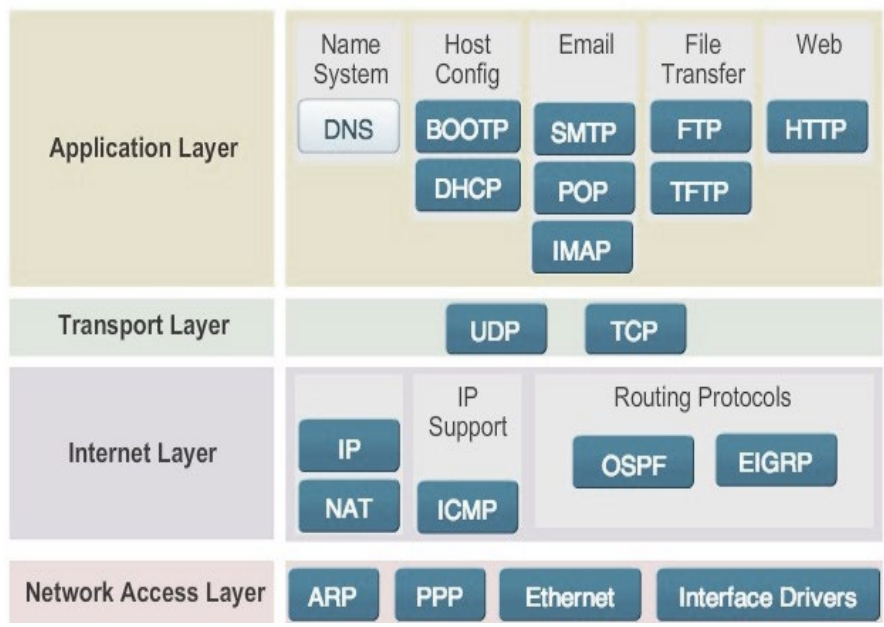


OSI Model	TCP/IP Protokolni Sloj	TCP/IP Model
Aplikacioni	HTTP, DNS, DHCP, FTP	Aplikacioni
Prezentacioni		Transportni
Sesioni	TCP, UDP	Internet
Transportni	IPv4, IPv6, ICMPv4, ICMPv6	Pristup mreži
Mrežni	PPP, Frame Relay, Ethernet	
Sloj veze podataka		
Fizicki		

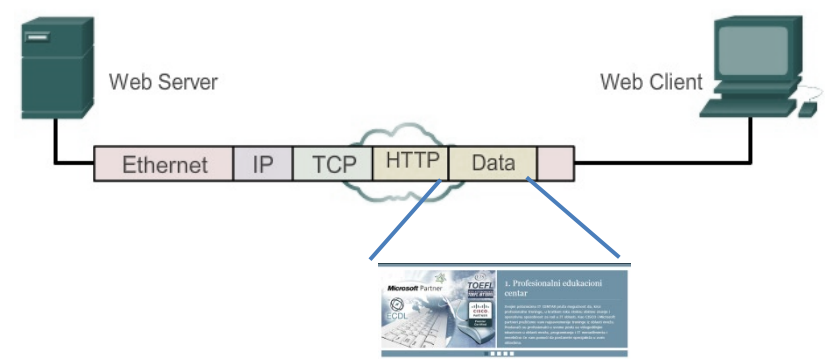
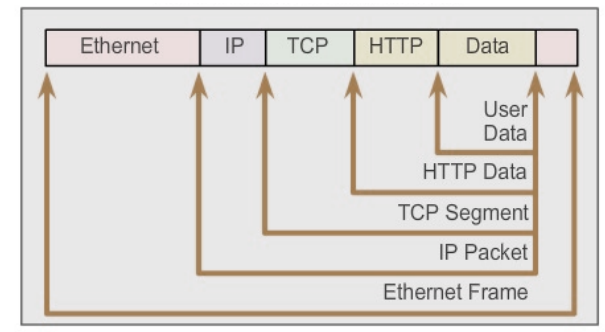
SLOJEVI U MREŽNOM MODELU



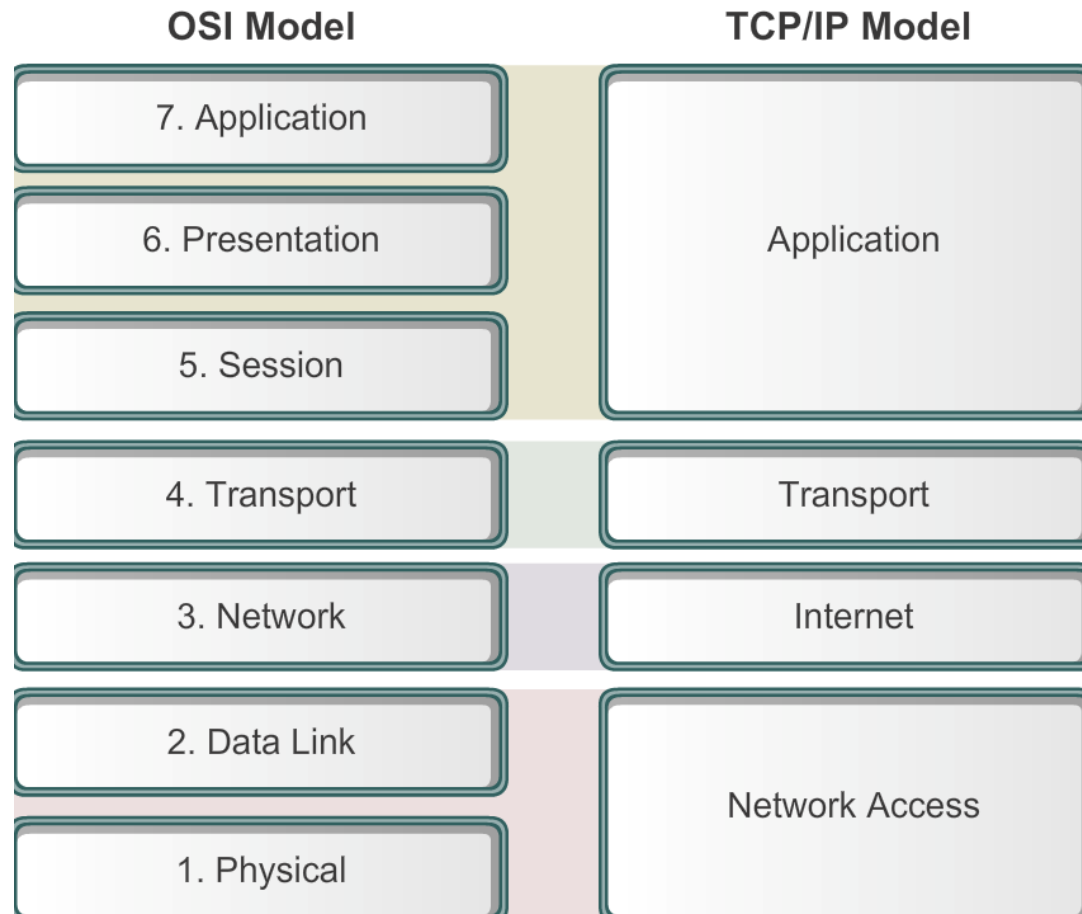
TCP/IP PROTOKOLSKI STEK



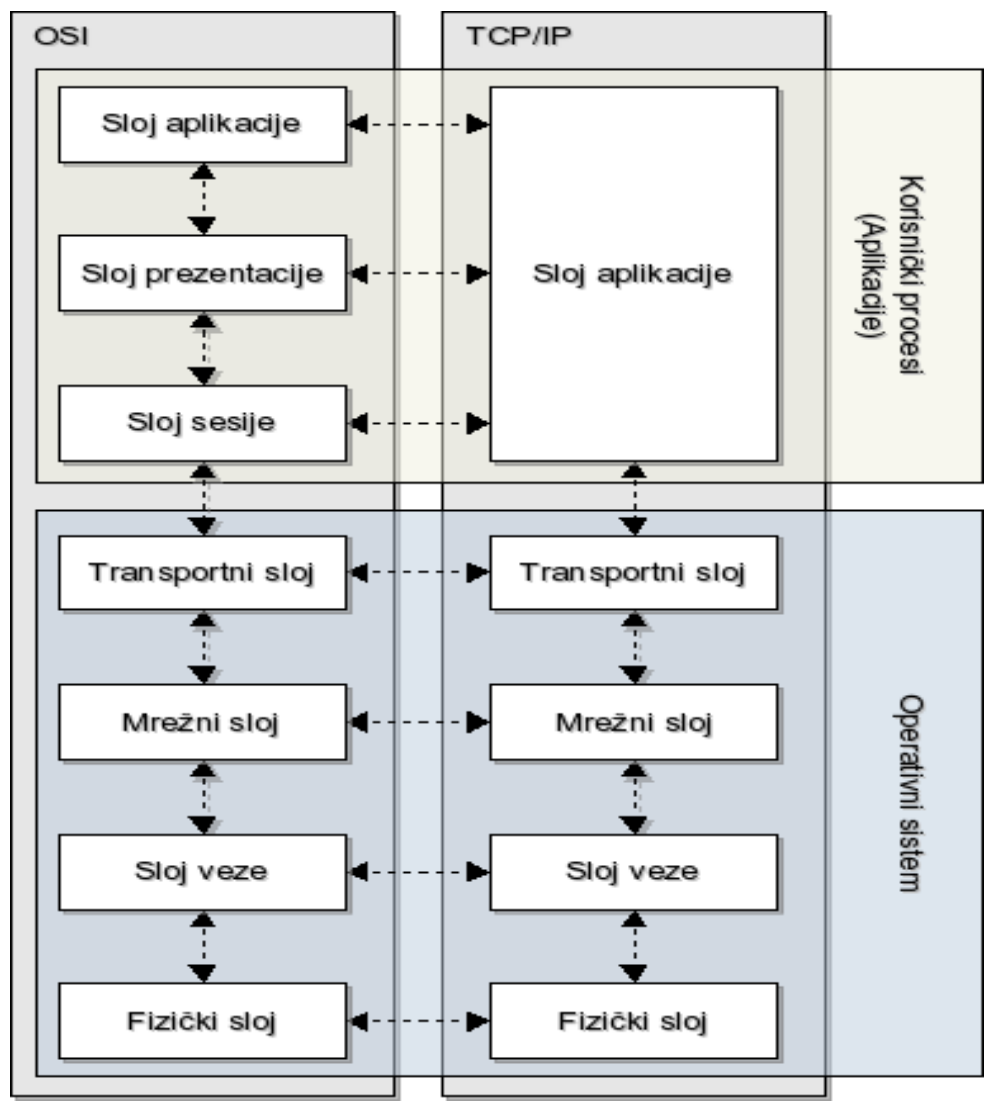
ENKAPSULACIJA PROTOKOLA



KOMPARACIJA OSI/TCP-IP MREŽNIH MODELA



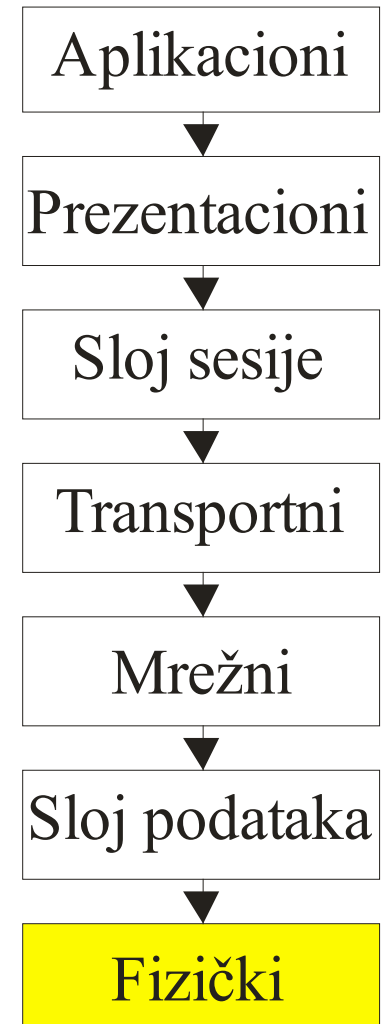
SLOJEVI U MREŽNOM MODELU



OSOBINE FIZIČKOG SLOJA

Omogućava prenos digitalnih podataka (nula i jedinica) preko komunikacionog kanala

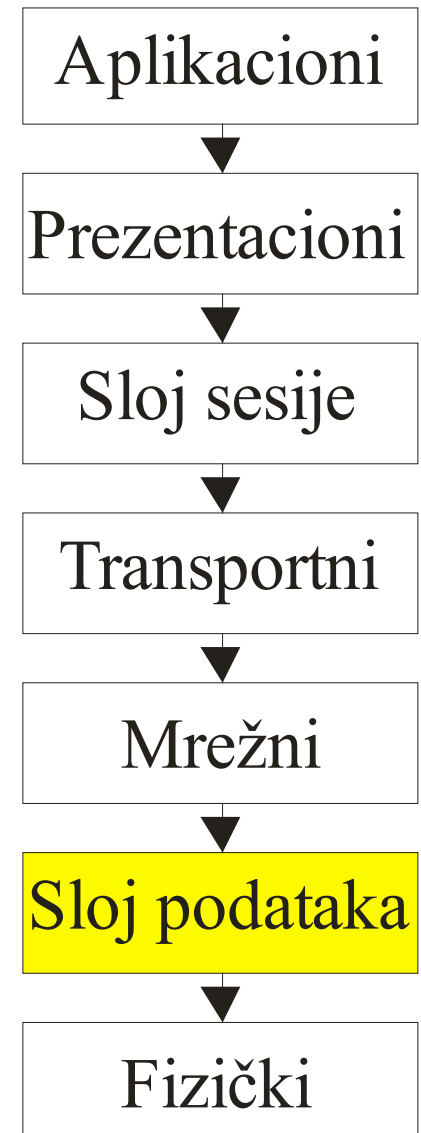
- Sastoji se od
 - **mehaničke komponente** - definišu tipove kablova, konektora i raspored pinova.
 - **električne komponente** - definišu slabljenje signala, tip linijskog koda, maksimalni domet, karakteristike elektromagnetnih ili svetlosnih signala, itd.
 - **proceduralne komponente** - određuje redosled signala kojima se definišu određene operacije
 - **funkcionalne komponente** - određuju značenje pojedinih pinova i signala koji se najčešće dele na:
 - signale podataka** (*data*): predajni (*transmit*) i prijemni (*receive*),
 - upravljačke signale** i **sinhronizacione signale**



OSOBINE SLOJA VEZE

Osnovni zadatak ovog sloja je da kreira frejm koji je prilagođen za dati prenosni medijum

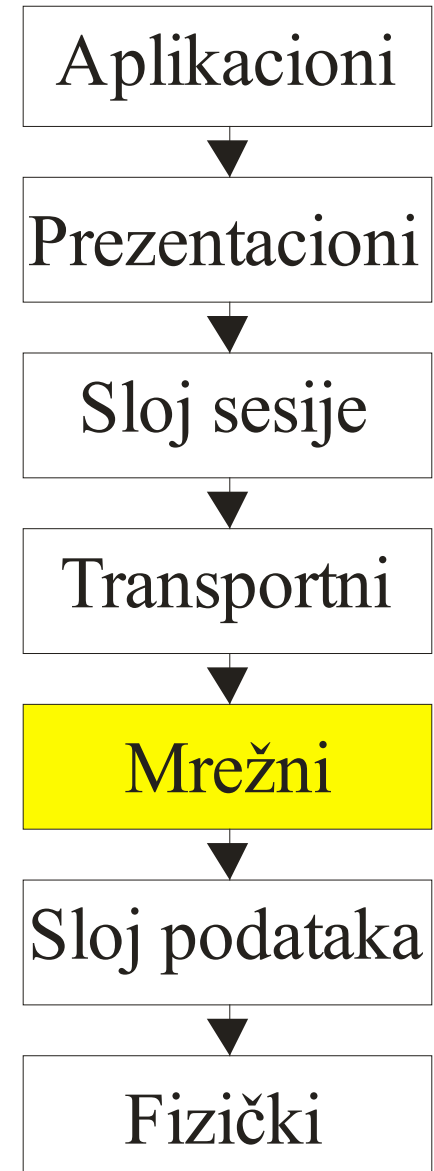
- **Upravlja** pristupom medijumu,
- **Uokviravanje** - podrazumeva organizovanje binarnih podataka u grupe (tj. pakete bitova - okviri),
- **Adresiranje** omogućuje da se odredi odredišni čvor kome su podaci poslati.
- **Kontrola grešaka** omogućuje otkrivanje grešaka
- Vrlo često se sloj veze podataka deli na dva podsloja:
 1. sloj za kontrolu pristupa medijumu (**MAC – Media Access Control**)
 2. sloj za kontrolu logičke veze (**LLC – Logical Link Control**)



OSOBINE MREŽNOG SLOJA

Ukoliko želimo da komuniciramo sa računarom koji nije u našoj lokalnoj mreži potreban je i mrežni sloj

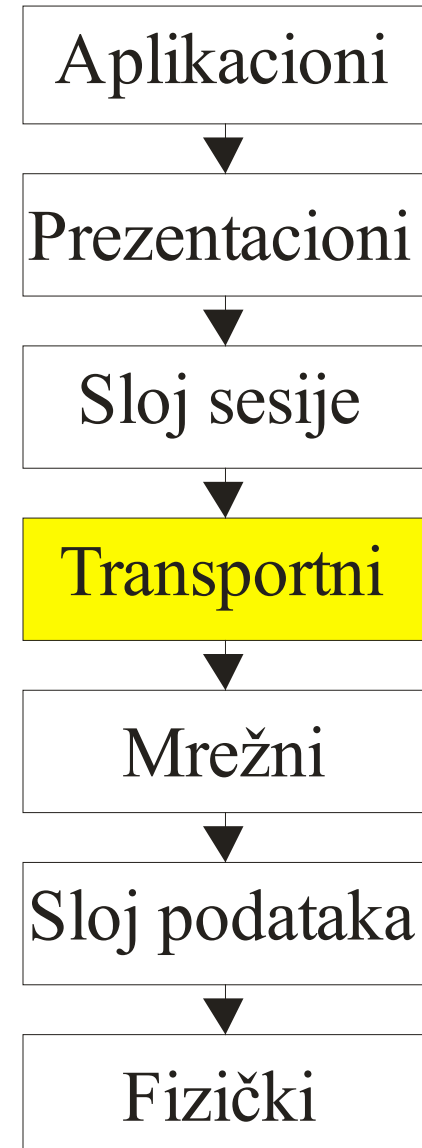
- **jedinstveno i hijerarhijsko** adresiranje svih čvorova
- **utvrđuje rute**
- **nalaženje optimalnog puta** do odredišta
- Mrežna adresa je numerička i ona zavisi od protokola mrežnog nivoa koji se koristi.
- Hijerarhijska struktura adrese omogućuje rutiranje paketa koji su osnovne jedinice podataka
- Mrežni sloj „daje sve od sebe“ da paket stigne do odredišta, ali nema načina da to proveri.
- Drugi veliki problem koji ovaj sloj ne može da reši je kako odvojiti pakete različitih aplikacija.



OSOBINE TRANSPORTNOG SLOJA

Zadužen je za kontrolu prenosa podataka

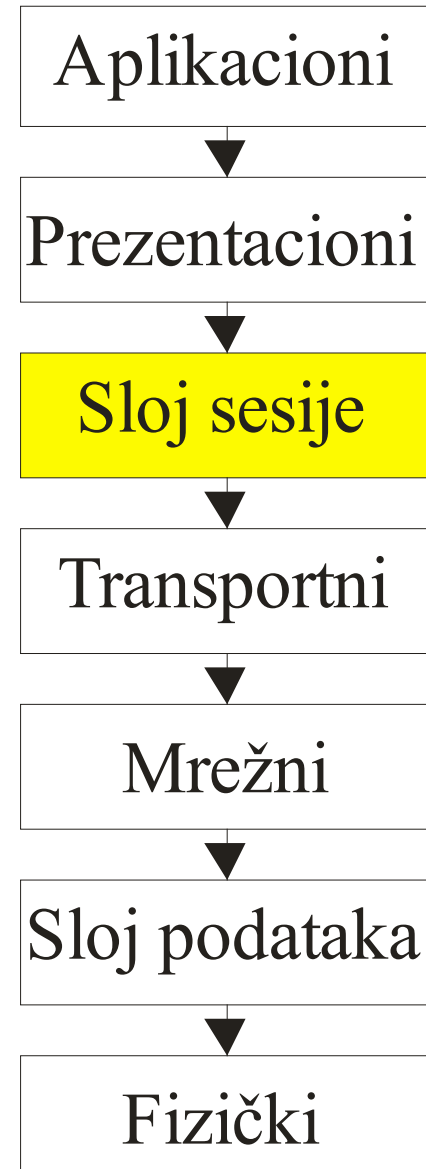
- obezbeđuje aplikacijama da preko zajedničkog mrežnog sloja mogu da komuniciraju, uvođenjem 16 bitnog celog broja - **porta**
- **segmentira** (podeli) podatke na manje celine,
- obezbeđuje **kontrolu toka podataka**.
- Ako dođe do oštećenja ili gubitaka segmenata, vrši se retransmisija (ponovno slanje)



OSOBINE SLOJA SESIJE

Upravlja „dijalogom“ između učesnika u komunikaciji.

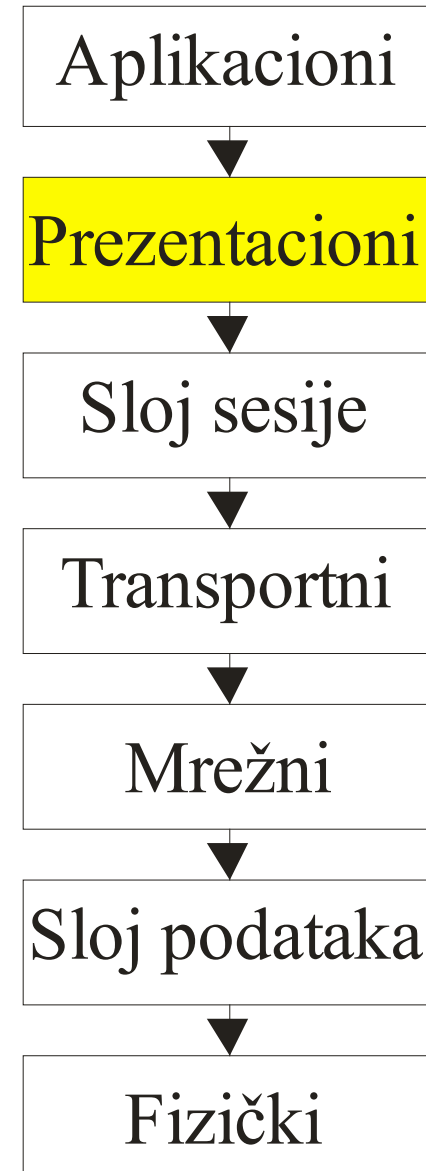
- Ovaj sloj učestvuje u **formiranju, upravljanju i raskidanju sesije**.
- Prema smeru toka podataka, komunikacija može biti:
 - Simpleks (*simplex*) - samo u jednom smeru
 - Poludupleks (*half-duplex*) - oba smera ali ne istovremeno
 - Dupleks (*full-duplex*) - potpuno dvosmerna komunikacija između računara.



OSOBINE SLOJA PREZENTACIJE

Ima zadatak da standardizuje zapis podataka kako bi bio razumljiv obema stranama u komunikaciji.

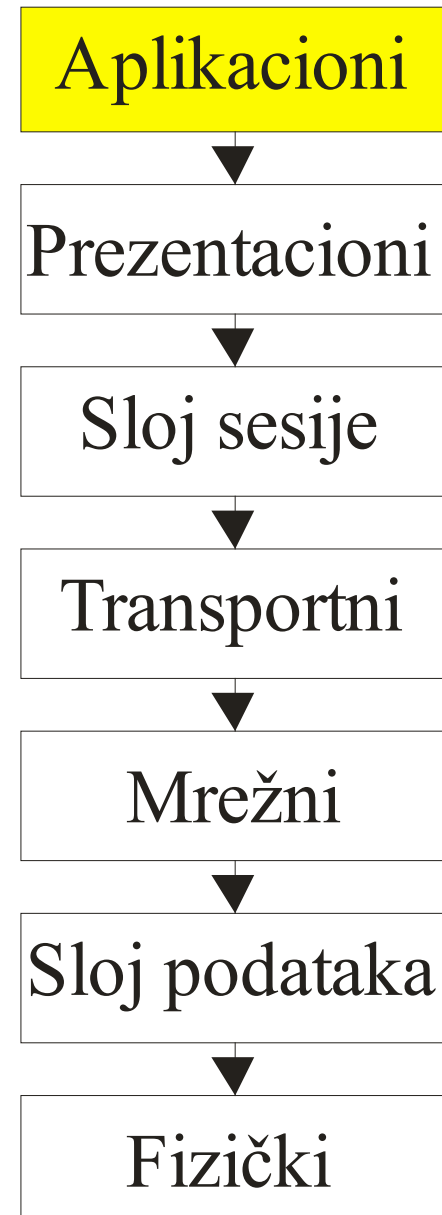
- da standardizuje format zapisa podataka tj. da prevodi različite formate podataka i njih prikazuje korisniku
- vodi računa o sintaksi i semantici prenošenih podataka informacija
- da kompresuje podatke – smanjuje količinu podataka za slanje između računara
- da šifruje podatke - podrazumeva se zamena originalnih kodnih sekvenci drugim kodnim sekvencama.



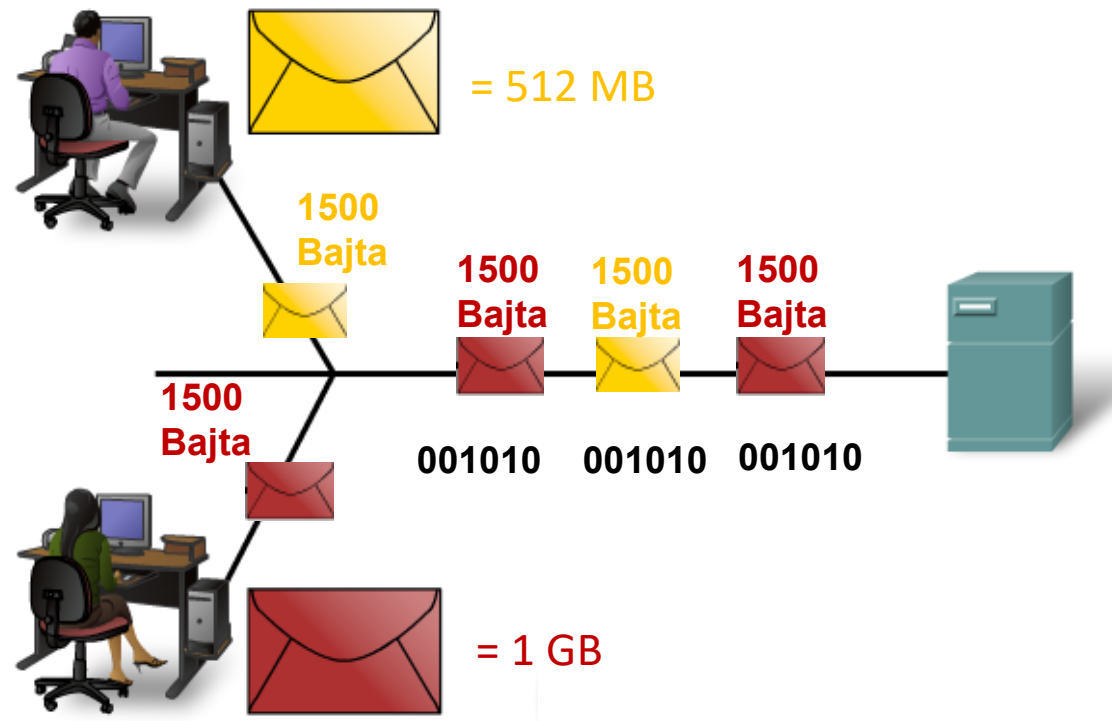
OSOBINE SLOJA APLIKACIJE

Definiše usluge i protokole po kojima komuniciraju mrežni aplikacijski programi.

- Najviši sloj u OSI modelu i on direktno komunicira sa korisničkim aplikacijama i predstavlja njihov interfejs ka mreži.
- Ovaj sloj nudi standardne „servise“ krajnjim korisnicima
- Obezbeđuje elek.poštu, transfer fajlova i druge korisničke servise.



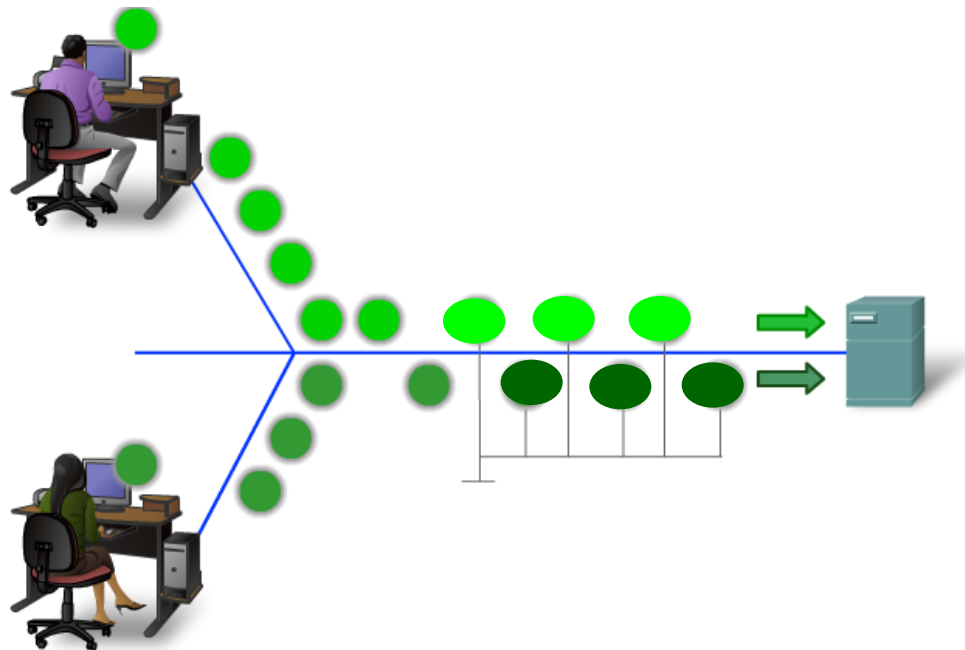
NAČIN SLANJA PORUKA KROZ MREŽU SEGMENTACIJA



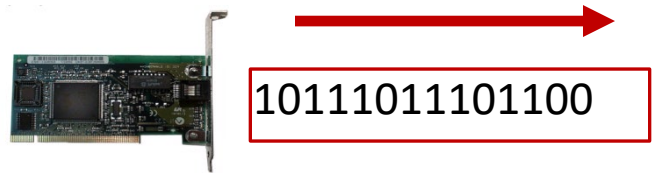
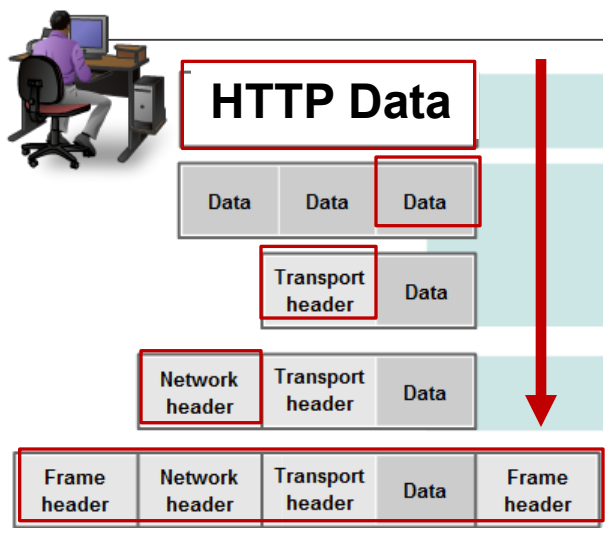
NEDOSTACI SEGMENTACIJE

Segmentacija poruka dodaje nivo kompleksnosti

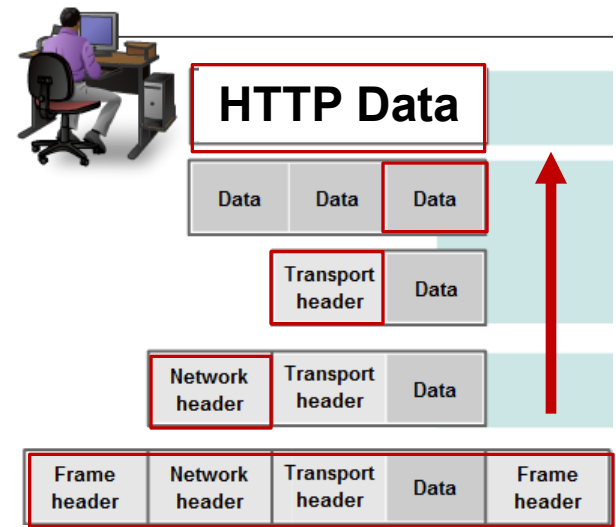
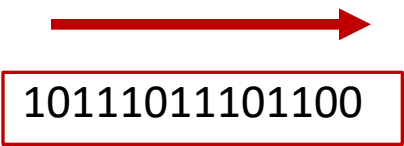
- Svaki segment iste poruke je neophodno označiti labelom
- Segmenti iste poruke na odredište mogu da stignu različitim redosledom



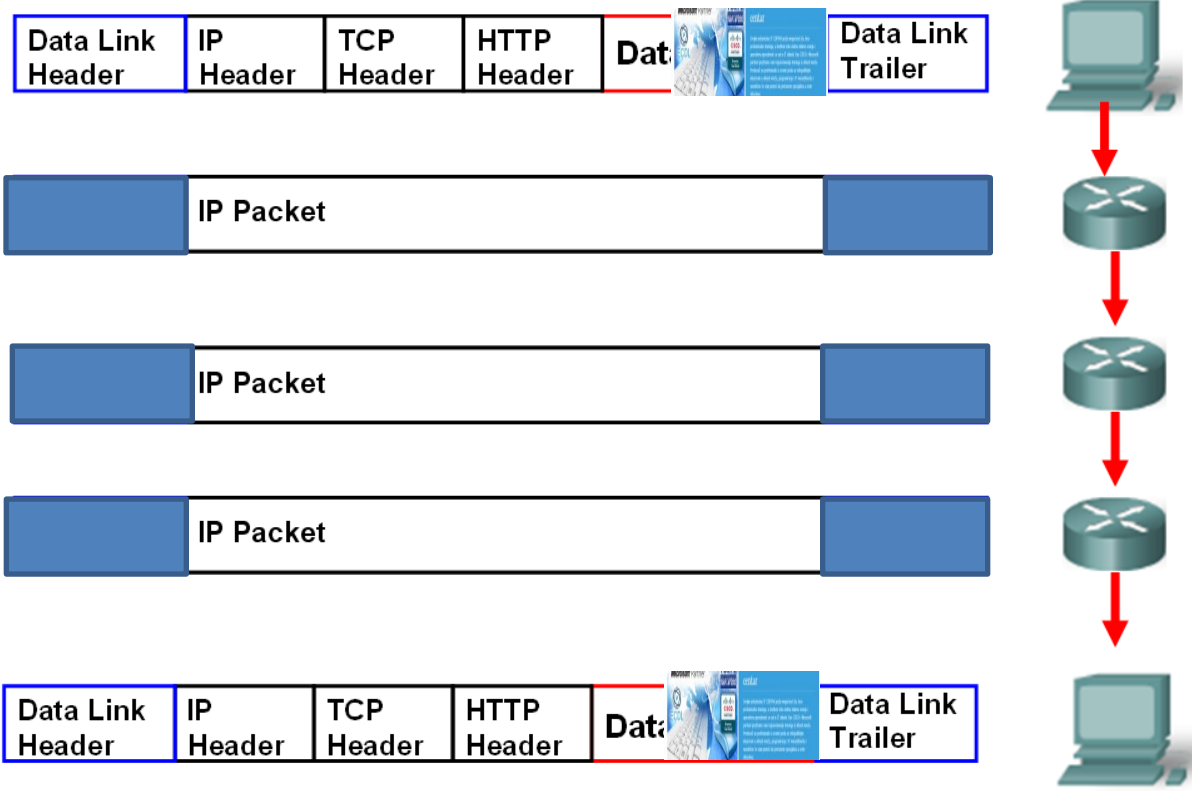
ENKAPSULACIJA PORUKE



DEKAPSULACIJA PORUKE



FOKUS NA *DATA LINK LAYER*



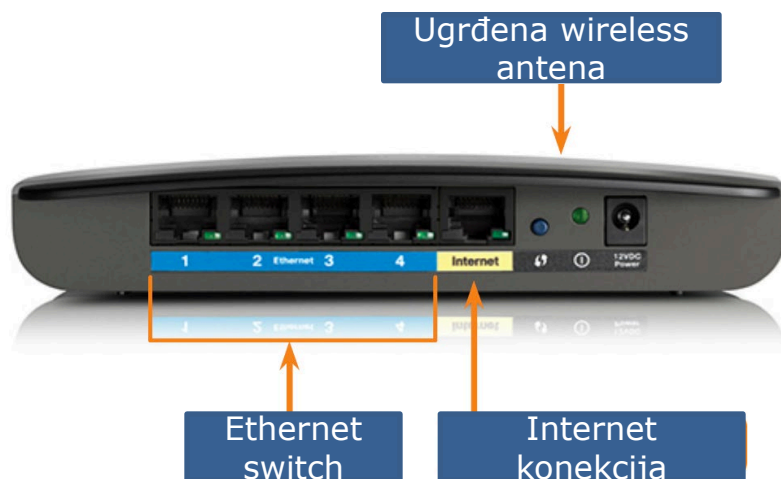
Na putu od izvoda do odredista menjaju se samo parametri sloja 2, parametri na ostalim slojevima se ne menjaju

POVEZIVANJE UREĐAJA NA MREŽU

Fizička konekcija na prenosni medijum se može ostvariti:

- putem kabla
- bežično putem radio talasa (RF)

- Switch i Wireless AP (Access Point) su dva različita uređaja
- U kućnoj varijanti najčešće se koriste ISR (Integrated Service Routers) ruteri

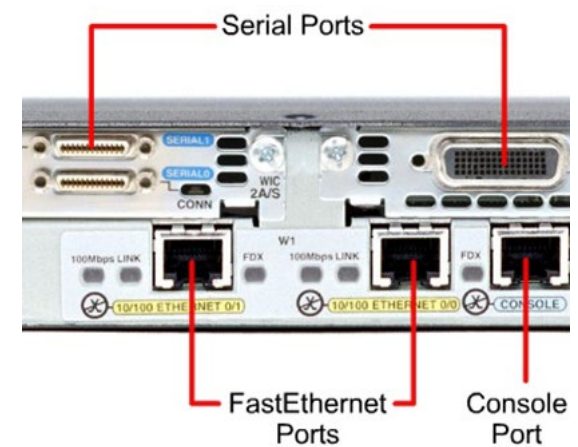


MREŽNI ADAPTERI

NIC (Network Interface Card) povezuje računar na mrežu

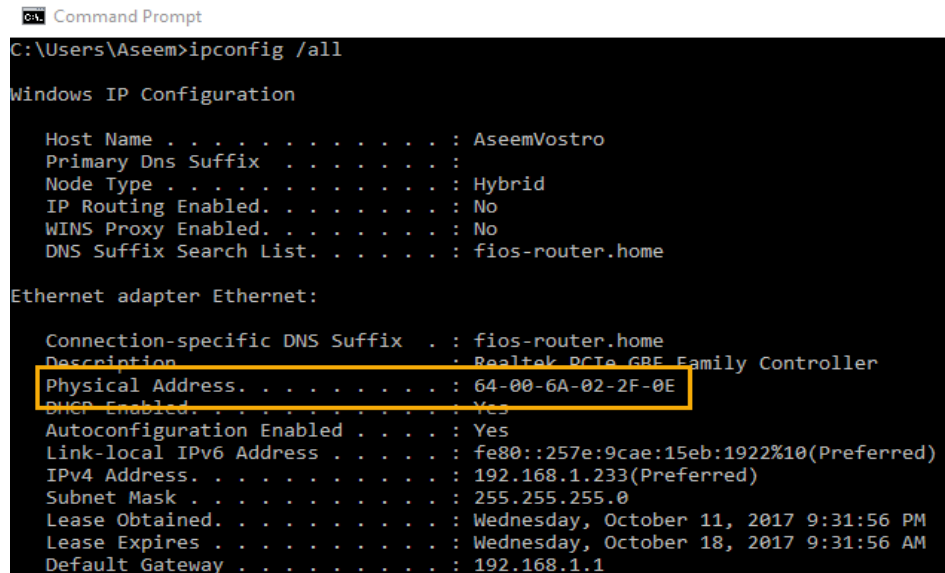
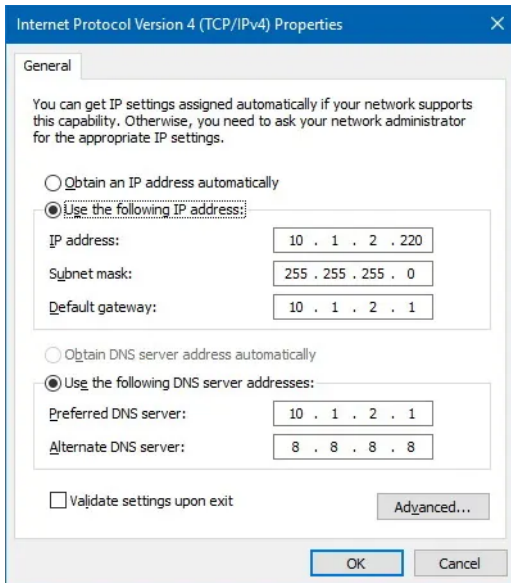
Mrežni adapter se može koristiti za povezivanje na žičanu mrežu (Wired network adapter) ili na bežičnu mrežu (Wireless Network adapter)

Wireless mrežni adapter Wired mrežni adapter Mrežni adapteri na ruteru



OSNOVE MAC ADRESA – IP ADRESA - PORT

IP Adresa	MAC Adresa
32 bitna	48 bitna
Predstavlja se u <i>dot decimal</i> notaciji	Predstavlja se u heksadecimalnoj notaciji
Ruteri prosleđuju pakete na osnovu IP adresa	Svičevi prosleđuju podatke na osnovu MAC adresa
Lokacija osobe (logička adresa)	Ime osobe (fizička adresa)
Primer IP: 212.123.5.1	Primer MAC:70-F1-84-00-ED-FA



OSNOVE MAC ADRESA – IP ADRESA - PORT

ADRESA PORTA

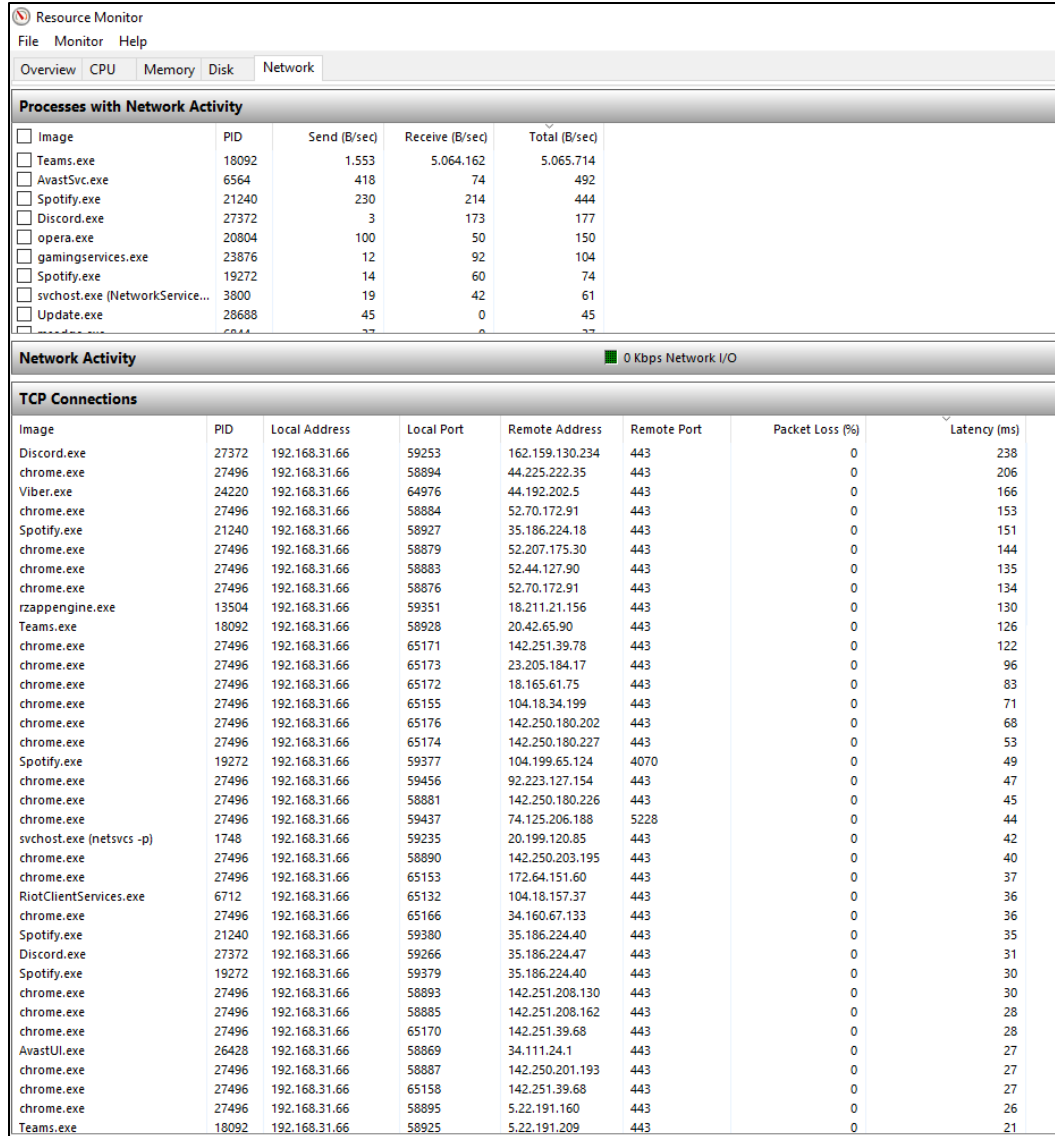
Identifikacija procesa na čvoru (instanca Web browser-a, instanca email klijenta,...)

Podaci se primaju ili šalju između procesa

Port je komunikacioni (endpoint)

Port je 16 bitni (0 – 65535)

Primer: resource monitor (resmon)



The screenshot shows the Windows Resource Monitor application with the Network tab selected. It displays two tables: 'Processes with Network Activity' and 'TCP Connections'.

Processes with Network Activity

Process	PID	Send (B/sec)	Receive (B/sec)	Total (B/sec)
Image				
Teams.exe	18092	1,553	5,064,162	5,065,714
AvastSvc.exe	6564	418	74	492
Spotify.exe	21240	230	214	444
Discord.exe	27372	3	173	177
opera.exe	20804	100	50	150
gamingservices.exe	23876	12	92	104
Spotify.exe	19272	14	60	74
svchost.exe (NetworkService...)	3800	19	42	61
Update.exe	28688	45	0	45

Network Activity (0 Kbps Network I/O)

TCP Connections

Process	PID	Local Address	Local Port	Remote Address	Remote Port	Packet Loss (%)	Latency (ms)
Discord.exe	27372	192.168.31.66	59253	162.159.130.234	443	0	238
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58894	44.225.222.35	443	0	206
Viber.exe	24220	192.168.31.66	64976	44.192.202.5	443	0	166
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58884	52.70.172.91	443	0	153
Spotify.exe	21240	192.168.31.66	58927	35.186.224.18	443	0	151
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58879	52.207.175.30	443	0	144
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58883	52.44.127.90	443	0	135
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58876	52.70.172.91	443	0	134
rzappengine.exe	13504	192.168.31.66	59351	18.211.21.156	443	0	130
Teams.exe	18092	192.168.31.66	58928	20.42.65.90	443	0	126
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65171	142.251.39.78	443	0	122
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65173	23.205.184.17	443	0	96
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65172	18.165.61.75	443	0	83
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65155	104.18.34.199	443	0	71
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65176	142.250.180.202	443	0	68
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65174	142.250.180.227	443	0	53
Spotify.exe	19272	192.168.31.66	59377	104.199.65.124	4070	0	49
chrome.exe	27496	192.168.31.66	59456	92.223.127.154	443	0	47
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58881	142.250.180.226	443	0	45
chrome.exe	27496	192.168.31.66	59437	74.125.206.188	5228	0	44
svchost.exe (netsvc -p)	1748	192.168.31.66	59235	20.199.120.85	443	0	42
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58890	142.250.203.195	443	0	40
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65153	172.64.151.60	443	0	37
RiotClientServices.exe	6712	192.168.31.66	65132	104.18.157.37	443	0	36
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65166	34.160.67.133	443	0	36
Spotify.exe	21240	192.168.31.66	59380	35.186.224.40	443	0	35
Discord.exe	27372	192.168.31.66	59266	35.186.224.47	443	0	31
Spotify.exe	19272	192.168.31.66	59379	35.186.224.40	443	0	30
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58893	142.251.208.130	443	0	30
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58885	142.251.208.162	443	0	28
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65170	142.251.39.68	443	0	28
AvastUI.exe	26428	192.168.31.66	58869	34.111.24.1	443	0	27
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58887	142.250.201.193	443	0	27
chrome.exe	27496	192.168.31.66	65158	142.251.39.68	443	0	27
chrome.exe	27496	192.168.31.66	58895	5.22.191.160	443	0	26
Teams.exe	18092	192.168.31.66	58925	5.22.191.209	443	0	21

OSNOVE

MAC ADRESA – IP ADRESA - PORT

Dolazak do grada = Dolazak do željene mreže (IP adresa)

Dolazak do zgrade = Dolazak do željenog host-a (MAC Adresa)

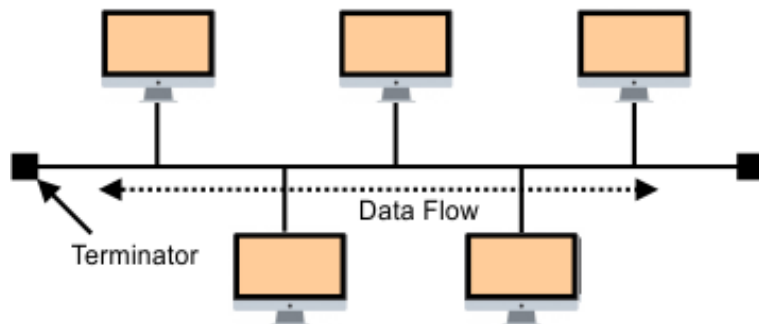
Dolazak do željene osobe = Dolazak do procesa (Port Adresa)

MREŽNE TOPOLOGIJE

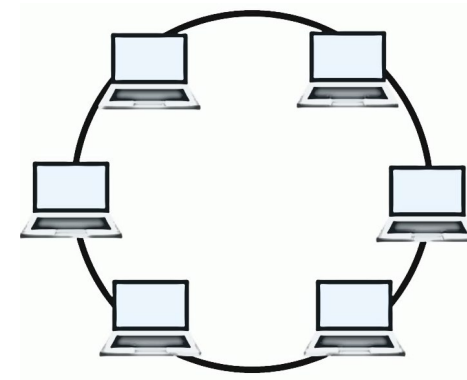
Termin **mrežna topologija** odnosi se na fizičko uređenje ili raspored računara, kablova i drugih komponenti mreže

Prednosti	Nedostaci
Jedan kabl – manja cena	Upravljanje pristupom medijumu
Otkaz čvora ne utiče na rad ostalih čvorova	Otkaz na linku utiče da cela mreža ne funkcioniše
Privremeno rešenje	Ograničena dužina kabla

Prednosti	Nedostaci
Bolje performasne od bus topologije	Otkaz čvora ili linka izazvaće pad cele mreže
Svi čvorovi imaju podjednak pristup mreži	Veće opterećenje na mreži dovešće do slabijih performansi
Nema koalizije	Dodavanje, premeštanje ili uklanjanje uređaja utiče na rad mreže



Topologija magistrale (bus)



Topologija prstena (ring)

BUS vs RING

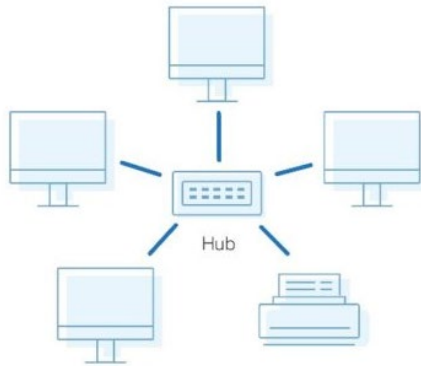
Karakteristika	Bus	Ring
Cena	Niska	Srednja
Kolizije	Da	Ne
Pouzdanost	Niska	Srednja
Skalabilnost	Loša	Ograničena
Otkaz jednog čvora	Ne utiče	Može srušiti mrežu
Otkaz kabela	Ruši mrežu	Ruši mrežu

Bus = jedna ulica 🚗 → svi koriste isti put → gužva i sudari (kolizije)

Ring = kružni tok 🔄 → svako dolazi na red → nema sudara, ali ako neko stane → blokada

MREŽNE TOPOLOGIJE

Prednosti	Nedostaci
Jednostavna implementacija	Postoji tzv. single point of failure (visoka zavisnost od centralnog uređaja)
Centralizovana administracija	Usko grlo zbog opterećenja switch/hub
Skalabilna	Veća cena usled dodatne komponente switch/hub
Izolacija uređaja u slučaju prekida	Zahteva više kablova



Topologija zvezde (star)



Proširena topologija zvezde

TOPOLOGIJA ZVEZDE

Prednosti

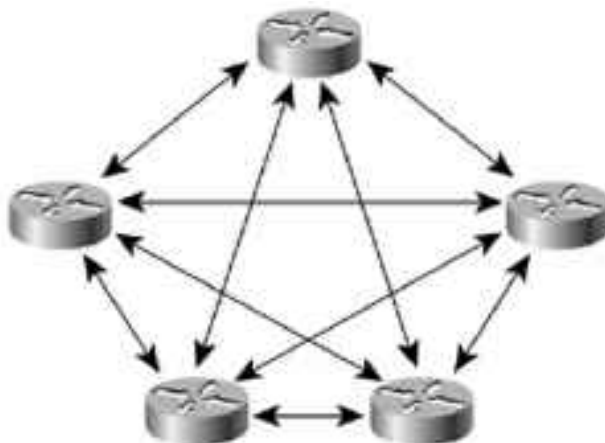
- Jednostavna implementacija i konfiguracija
- Centralizovana administracija i kontrola mreže
- Lako dodavanje novih uređaja (dobra skalabilnost)
- Kvar jednog uređaja ili kabla ne utiče na ostale
- Jednostavno otkrivanje i rešavanje problema
- Bolje performanse u odnosu na bus topologiju

Nedostaci

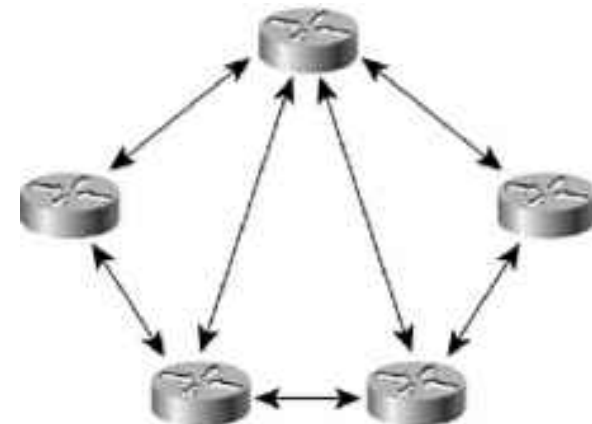
- Postoji single point of failure (centralni uređaj)
 - Moguće usko grlo (bottleneck) na switch/hub-u
 - Veći troškovi (switch + više kablova)
 - Zavisnost svih uređaja od centralnog čvora
 - Potrebna veća količina kablova
 - U velikim mrežama može doći do zagušenja centralnog uređaja
-

MREŽNE TOPOLOGIJE

Prednosti	Nedostaci
Otporna na otkaze linkova	Skupa i nepraktična za velike mreže
Pouzdana	Potreban je mrežni adapter za svaku vezu
Velika brzina	Veliki broj kablova i mrežnih adaptera
Nisu potrebni posrednički uređaji	Nepraktična za velika rastojanja
Nema koalizija – point to point veza	



Full Mesh topologija



Partial Mesh topologija

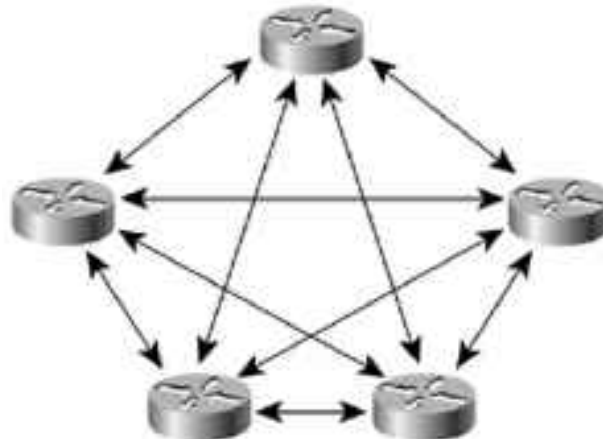
FULL MESH TOPOLOGIJA

Prednosti

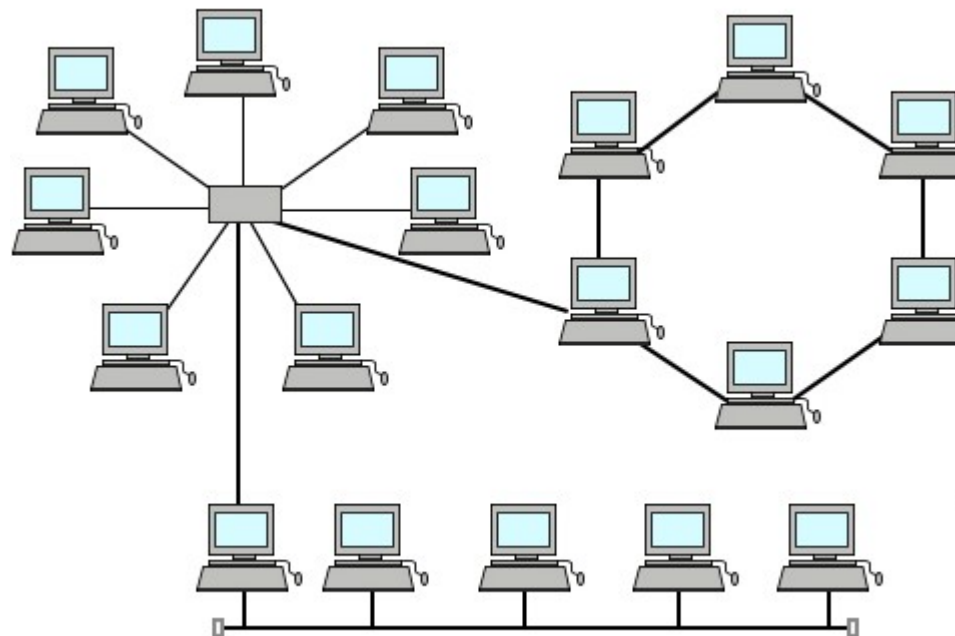
- Visoka odpornost na otkaze (više alternativnih puteva)
- Veoma pouzdana komunikacija
- Visoke performanse i brzina (direktne veze)
- Nema kolizija (point-to-point veze)
- Nisu potrebni centralni uređaji
- Bezbednija komunikacija (manje deljenja resursa)
- Redundantni putevi omogućavaju kontinuitet rada

Nedostaci

- Veoma skupa implementacija
- Veliki broj kablova
- Potreban veliki broj mrežnih adaptera
- Kompleksna instalacija i održavanje
- Teško skaliranje kod full mesh-a
- Nepraktična za velike mreže
- Teško upravljanje velikim brojem veza

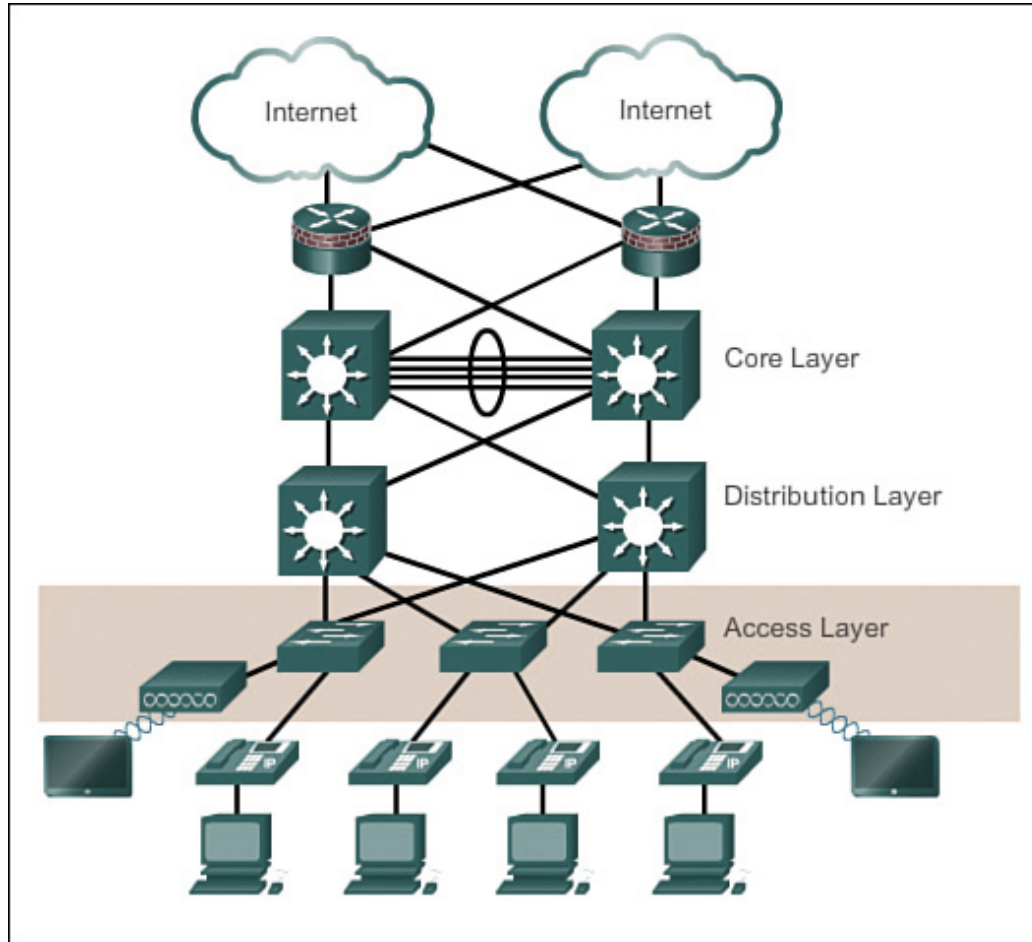


MREŽNE TOPOLOGIJE

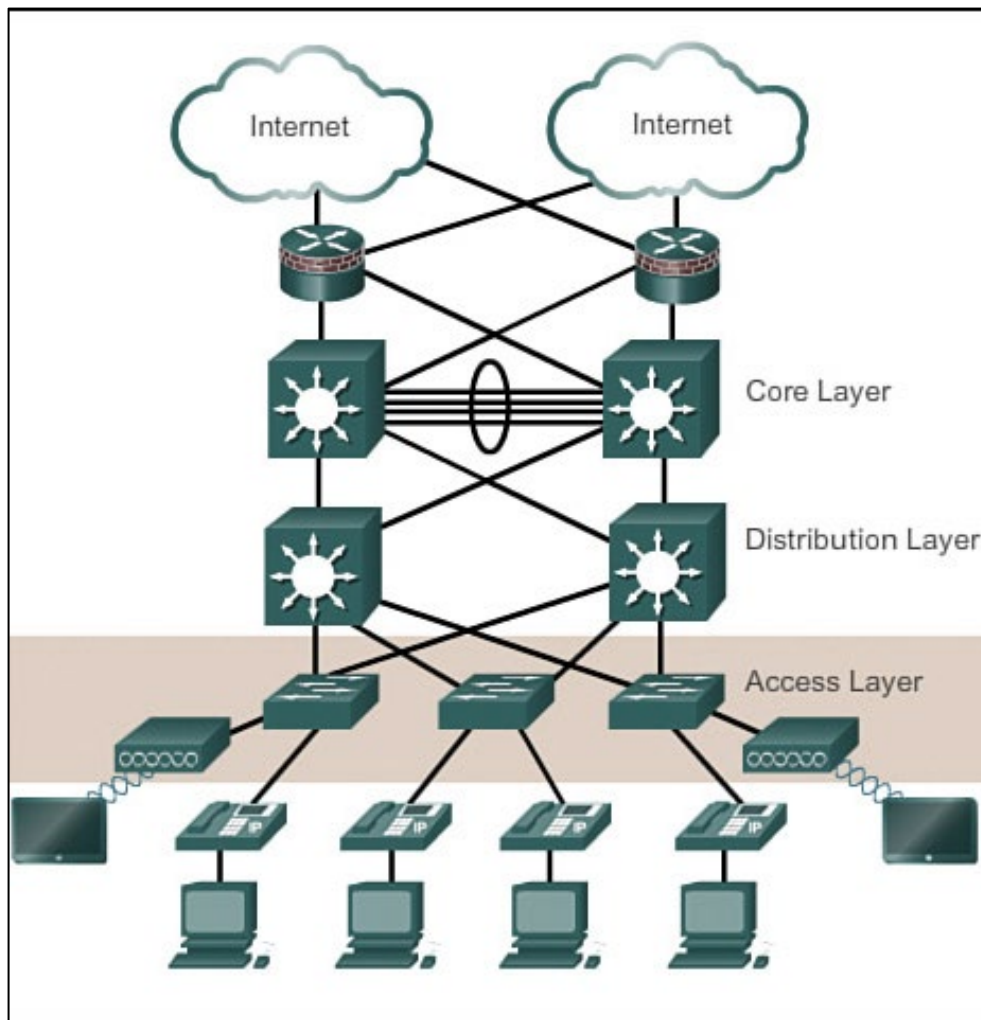


Hibridna topologija

PRIMER TROSLOJNE TOPOLOGIJE



Troslojna topologija



Uloga Core Sloja:

- 1) Brzo prosleđivanje
- 2) Povezuje sve delove mreže

⚡ Karakteristike:

- 1) Visoka brzina (10G/40G/100G)
- 2) Redundantni linkovi (duple veze)
- 3) Minimalna obrada (fokus na brzini)



Uloga Distributivnog Sloja:

- 1) Kontrola i upravljanje saobraćajem
- 2) Primena politika (ACL, QoS)
- 3) Routing između VLAN-ova

⚡ Karakteristike:

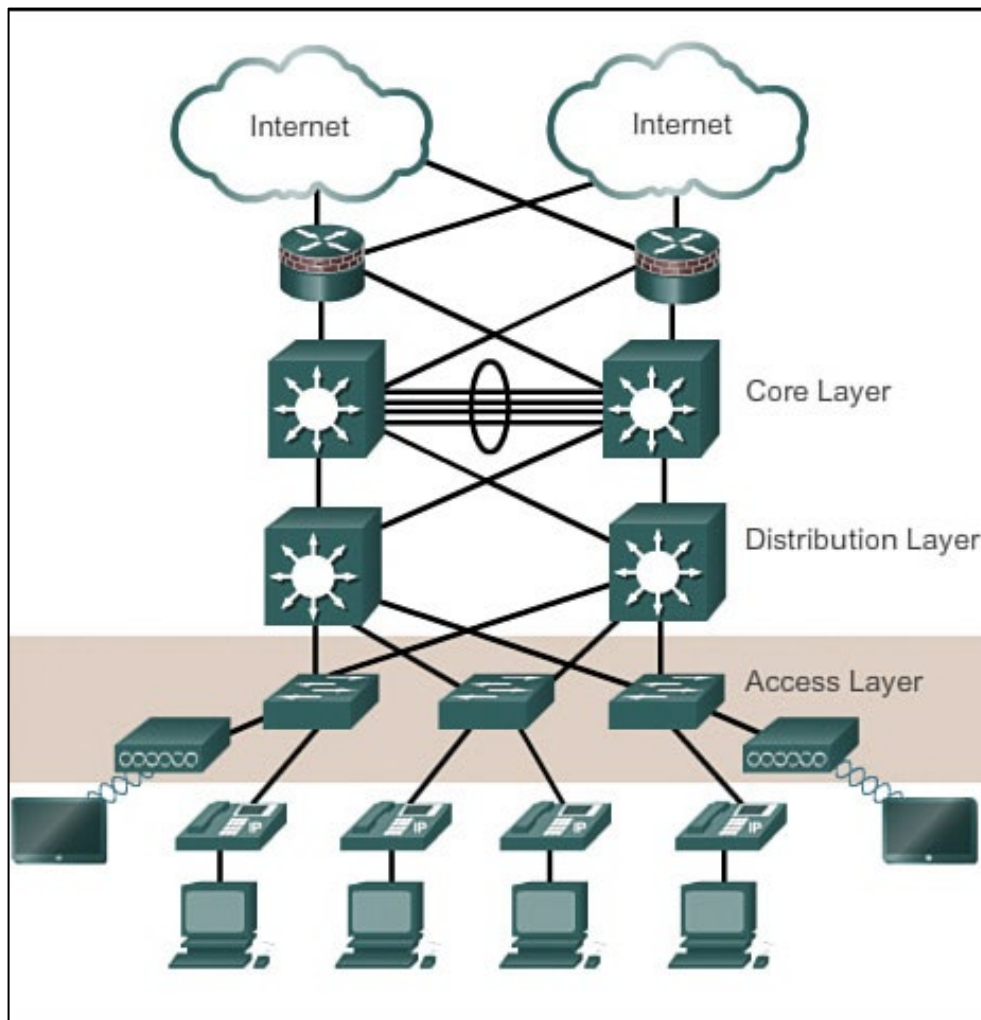
- 1) Agregacija saobraćaja iz access sloja
- 2) Redundancija (više puteva ka core-u)
- 3) Filtriranje i sigurnost

Uloga Access Sloja:

- Direktno povezivanje krajnjih uređaja:
 - računari , telefoni  WiFi AP 

⚡ Karakteristike:

- VLAN segmentacija
- PoE (napajanje uređaja)



Ovo je zapravo hibridna topologija:

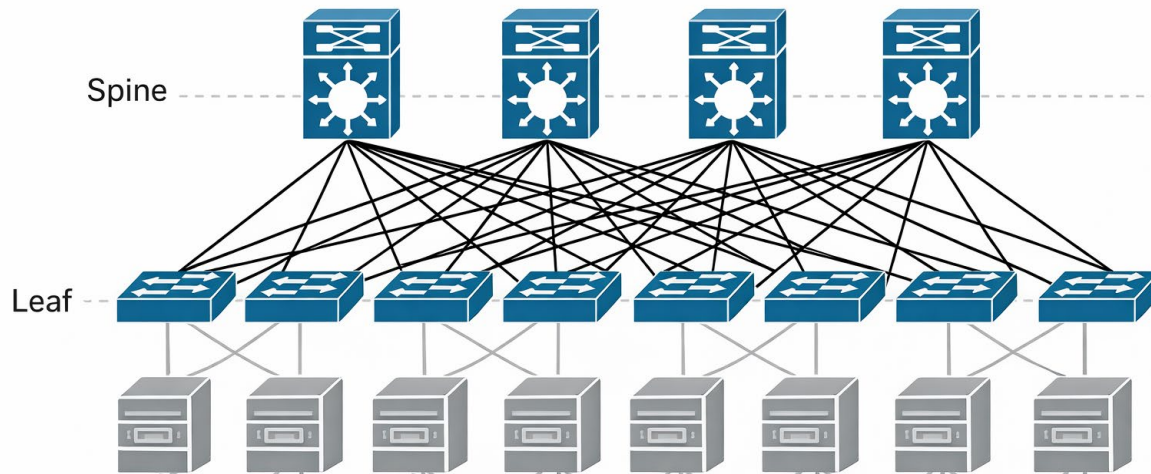
- 1) Access → star
- 2) Distribution → partial mesh
- 3) Core → high redundancy / skoro mesh

Sloj	Uloga
Core	brzina
Distribution	kontrola
Access	povezivanje uređaja

Access povezuje korisnike, Distribution upravlja saobraćajem, Core obezbeđuje brz transport.

PRIMER DVOSLOJNE TOPOLOGIJE

Leaf povezuje uređaje, Spine povezuje mrežu.



U klasičnoj 3-layer arhitekturi:

1) Distribution layer radi:

- 1) kontrolu saobraćaja
- 2) rutiranje između VLAN-ova

👉 U Spine–Leaf arhitekturi:

2) Leaf switch-evi rade:

- 1) rutiranje između VLAN-ova
- 2) kontrolu saobraćaja

Klasična mreža

Hijerarhijska

Varijabilna latencija

STP blokira linkove

Teže skaliranje

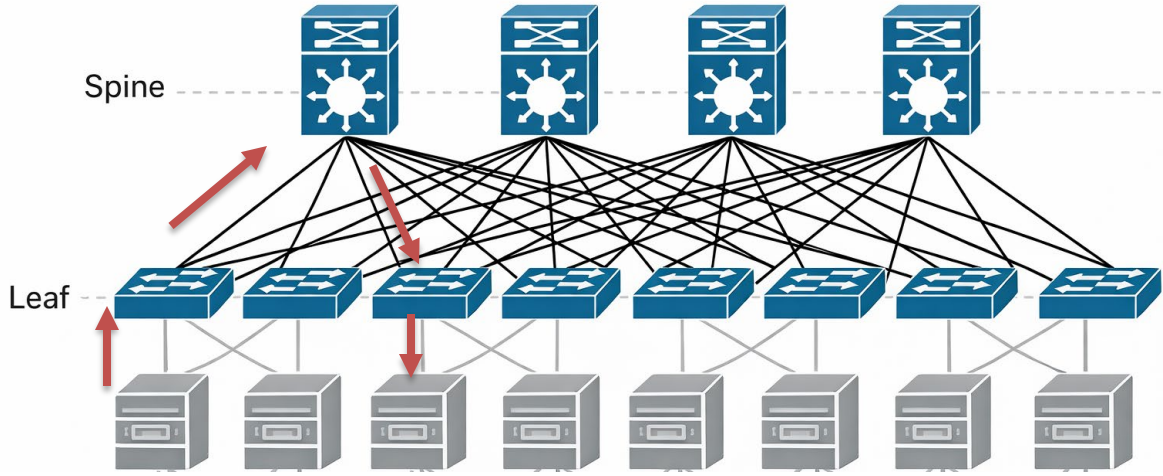
Spine-Leaf

Flat

Konstantna

Svi linkovi aktivni

Lako skaliranje



1. Spine layer



Uloga:

- 1) Brzi backbone mreže
- 2) Povezuje sve leaf switch-eve

2. Leaf layer



Uloga:

Povezuje:

- 1) servere
- 2) računare
- 3) uređaje



Svaki spine je povezan sa svakim leaf-om

To znači:

- 1) nema hijerarhije
- 2) nema uskog grla
- 3) svi putevi su dostupni



Leaf switch nikad ne komunicira direktno sa drugim leaf-om

→ sve ide preko spine-a

1. Predvidiva latencija

Uvek isti broj hop-ova
nema „dugih puteva“

2. Skalabilnost

Dodaješ:

novi leaf → više uređaja

novi spine → veći kapacitet

3. Nema bottleneck-a

više paralelnih puteva

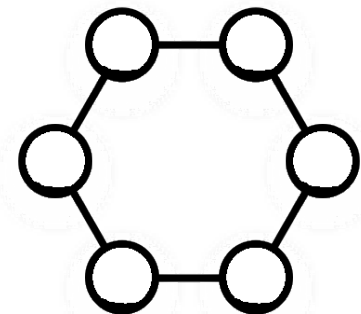
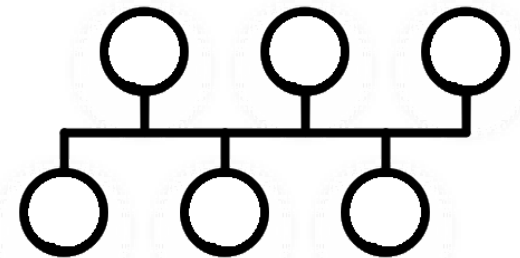
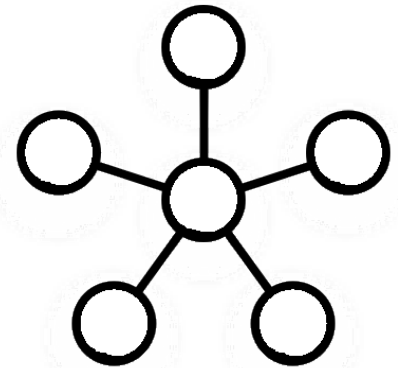
KRITERIJUMI ZA ODABIR TOPOLOGIJE

Cena instalacije - cena fizičkog povezivanja kabliranja, uređaji...

Brzina komunikacije – vreme za koje se informacija mora preneti kroz mrežu

Raspoloživost mreže - mogućnost trenutnog pristupa mrežnim resursima (real-time sistemi)

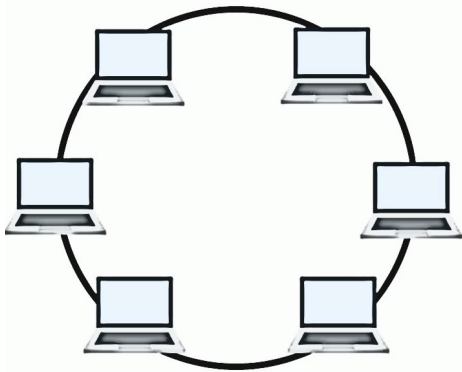
Pouzdanost mreže – mreža mora uvek da radi i u slučaju otkaza pojedinih uređaja / komunikacionih puteva



MREŽNE TOPOLOGIJE - PITANJE

Broj čvorova (N)	Broj kablova	Broj portova po uređaju (NOP)	Ukupan broj portova u mreži TNOP=NxNOP
2	2	2	4
3	3	2	6
4	4	2	8
N	N	2	2xN

U datoj topologiji odrediti koliko kablova i portova zahteva takva mreža



Topologija: Ring

Broj kablova: $N=6$

Ukupan broj portova (TNOP): N (broj čvorova) x
 NOP(broj portova po uređaju) = $6 \times 2 = 12$

MREŽNE TOPOLOGIJE - PITANJE

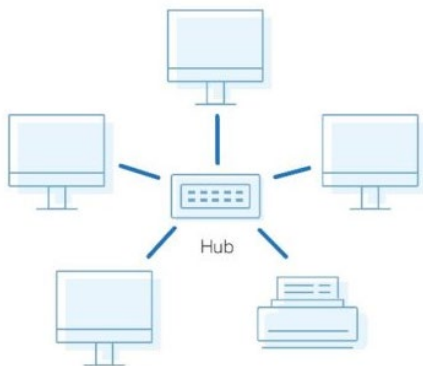
Zagušenja u mrežnom saobraćaju se mogu smanjiti ako se primeni:

- a) Topologija zvezde
- b) Topologija magistrale
- c) Topologija prstena
- d) Mesh topologija

MREŽNE TOPOLOGIJE - PITANJE

Broj čvorova (N)	Broj kablova	Broj portova po uređaju (NOP)	Ukupan broj portova u mreži TNOP=NxNOP
2	2	1	4
3	3	1	6
4	4	1	8
N	N	1	2xN

U datoj topologiji odrediti koliko kablova i portova zahteva takva mreža



Topologija: Star

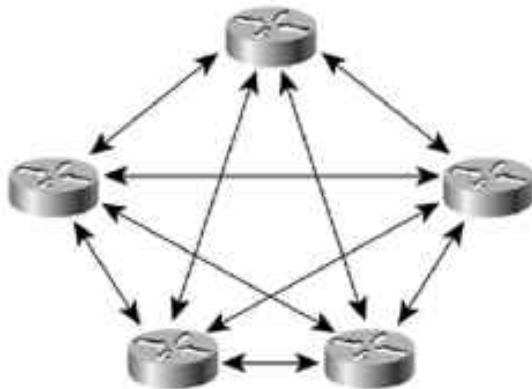
Broj kablova: $N=5$

Ukupan broj portova (TNOP): N (broj čvorova) x
 NOP (broj portova po uređaju) = $5 \times 2 = 10$

MREŽNE TOPOLOGIJE - PITANJE

Broj čvorova (N)	Broj kablova	Broj portova po uređaju (NOP)	Ukupan broj portova u mreži $TNOP=N \times NOP$
2	1	1	2
3	3	2	6
4	6	3	12
N	$N \times (N-1)/2$	N-1	$N \times (N-1)$

U datoj topologiji odrediti koliko kablova i portova zahteva takva mreža



Topologija: Full Mesh

Broj kablova: 5

Ukupan broj portova (TNOP): $N \times (N-1) = 5 \times 4 = 20$