

lina

Predmet: Internet mreže - akademske studije

Autori materijala: mr Milan Kerac, mr Ivan Nejgebauer, Zoran Vojnović

Predavanja:

dr Željko Vuković zeljkov@uns.ac.rs

Vežbe:

Lazar Nikolić lazar.nikolic@uns.ac.rs

Eva Janković eva.jankovic@uns.ac.rs

Letnji semestar 2022

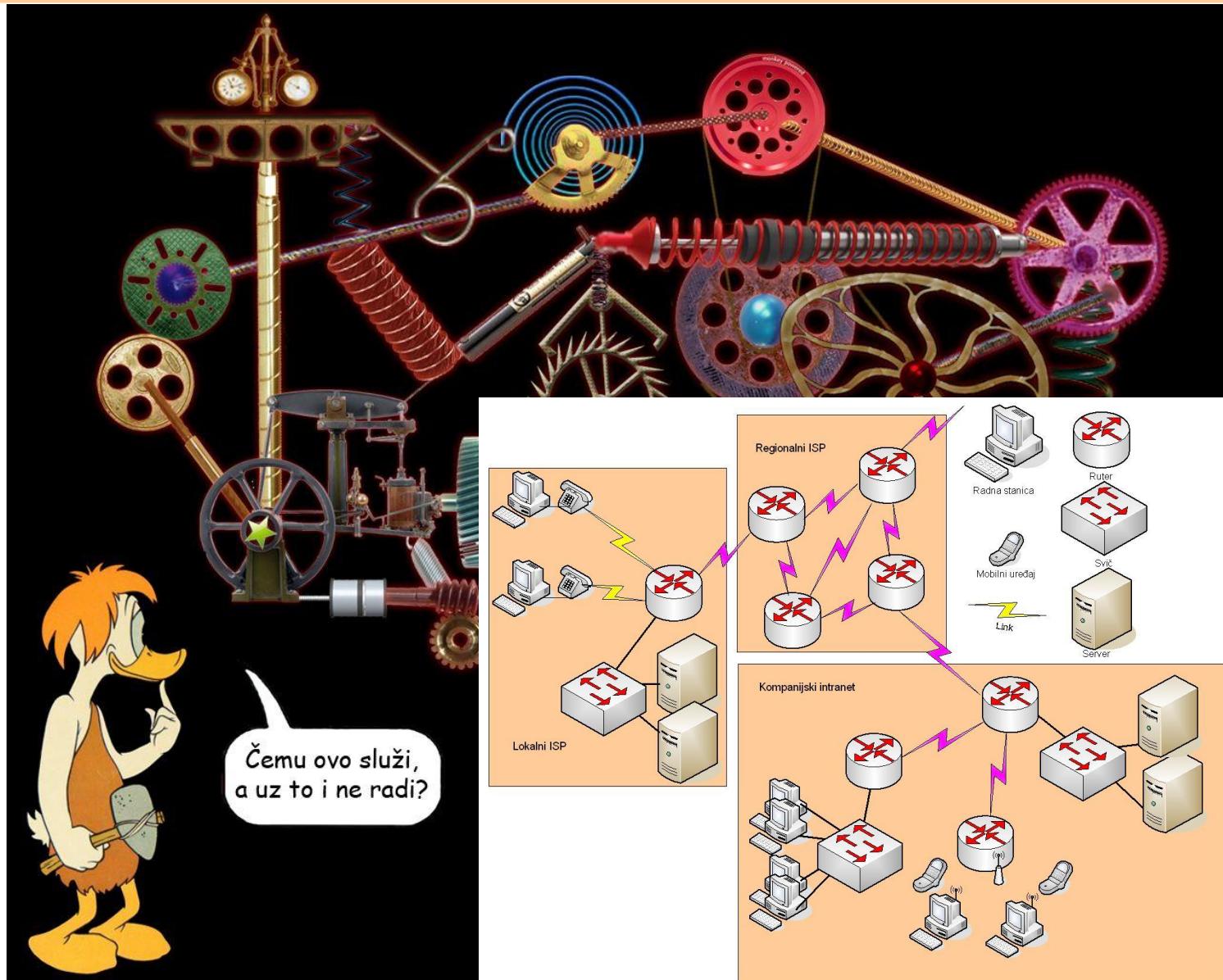
*Korišćeni delovi materijala iz: Stallings, William. Data and computer communications

Predmet: Internet mreže - akademske studije

Оцена знања (максимални број поена 100)				
Предиспитне обавезе	Обавезна	Поена	Завршни испит	Поена
Одбрањене лабораторијске вежбе	Да	20.00	Теоријски део испита	30.00
Домаћи задатак	Да	20.00		
Колоквијум	Да	22.00		
Присуство на лабораторијским вежбама	Да	5.00		
Присуство на предавањима	Да	3.00		

- Odbranjene laboratorijske vežbe = Podešavanje mrežne opreme u laboratoriji. Odbrana vežbi održava se tokom završnih termina vežbi u semestru. **20 poena**
- Domaći zadatak = Dva zadatka (**$10 + 10 = 20$**),
- Kolokvijum = Test iz oblasti Struktuiranog kabliranja **22 poena**
- Ispit - Obavezno je izaći na ispit, bez obzira koliko se bodova osvoji tokom semestra

Opšte Mreža – Čemu ovo služi, a uz to i ne radi!



- Upotreba ~~od strane poslovnih korisnika za poslovne potrebe.~~
- Upotreba ~~od strane kućnih korisnika za privatne potrebe.~~
- Upotreba ~~od strane mobilnih korisnika za poslovne i privatne potrebe putem mobilne tehnologije.~~
- Da li postoji razlika između ovih grupa korisnika?
- Društveni uticaj.

Opšte

Mreža – Čemu ovo služi, a uz to i ne radi!

- **Upotreba za poslovne potrebe:**
 - Deljeni resursi;
 - Štampači, masovne memorije, rezervne kopije podataka ...
 - Razmena informacija;
 - Aplikativni model: klijent-server model. Pristup bazama podataka, razmena fajlova (ftp), www ...
 - Komunikacioni kanal u komunikaciji čovek-čovek
 - e-mail, IP telefonija, VoIP, video konferencije, alati za kolaboraciju
 - e-commerce

Tag	Full name	Example
B2C	Business-to-consumer	Ordering books online
B2B	Business-to-business	Car manufacturer ordering tires from supplier
G2C	Government-to-consumer	Government distributing tax forms electronically
C2C	Consumer-to-consumer	Auctioning second-hand products online

- Automatika i upravljanje
 - Pametne zgrade, upravljanje proizvodnim procesima, ...
 - IoT
- Kritičan infrastrukturni resurs za poslovne subjekte (tolerancija na prekid funkcionalnosti opada sa nekoliko sati, na nekoliko minuta pa do nekoliko sekundi).

- **Upotreba za privatne potrebe:**
 - Pristup udaljenim informacijama;
 - www, peer-to-peer, ftp, ...
 - **Komunikacioni kanal u komunikaciji čovek-čovek**
 - e-mail, IP telefonija, VoIP, video konferencije (skype), chat, Twitter ...
 - **Preklapanjem pristupa udaljenim informacijama i upotrebe za komunikaciju čovek-čovek razvijaju se Socijalne mreže**
 - Facebook, MySpace, ...
 - **e-commerce**
 - **Distribucija multimedijalnih sadržaja**
 - IPTV, digitalni radio, ...
 - **Automatika i upravljanje**
 - Pametni kućni aparati, pametne kuće
 - **IoT**
- **Kritičan kućni resurs (tolerancija na prekid funkcionalnosti opada sa nekoliko sati, na nekoliko minuta pa do nekoliko sekundi).**

- **Upotreba mobilnih tehnologija:**

- Tržište prenosnih računara (mobilnih uređaja) je danas jedno od tržišta sa najvećim rastom.
- Pokrivenost terena tehnologijama koje omogućavaju bežični pristup Internet servisima je sve veća i gotovo je nezamisliva urbana sredina koja nije pokrivena, a brzo raste i procenat pokrivenosti ruralnih sredina.
- Razvoj 3G, 4G mreža, rasprostranjenost WiFi 802.11 (*Wireless Local Area Networks*), masovna proizvodnja "jeftinih" *smart* telefona sa ugrađenim GPS prijemnicima omogućavaju mobilnim korisnicima, pored upotreba servisa za poslovne i kućne korisnike, nove servise.
- m-commerce
 - plaćanje putem SMS-a, upotreba NFC (Near Field Communication) omogućava upotrebu mobilnog uređaja kao RFID kartice, ...
- Senzorske mreže, IoT;
 - akvizicija podataka i njihovo prosledjivanje u centre za obradu i dalju distribuciju (GPS mreža permanentnih stanica u RTK režimu rada, prikupljanje podataka o zagađenju u gradovima putem senzora na gradskim autobusima, prosleđivanje medicinskih parametara očitanih sa ručnog sata koji putem bežične mreže šalje podatke...)

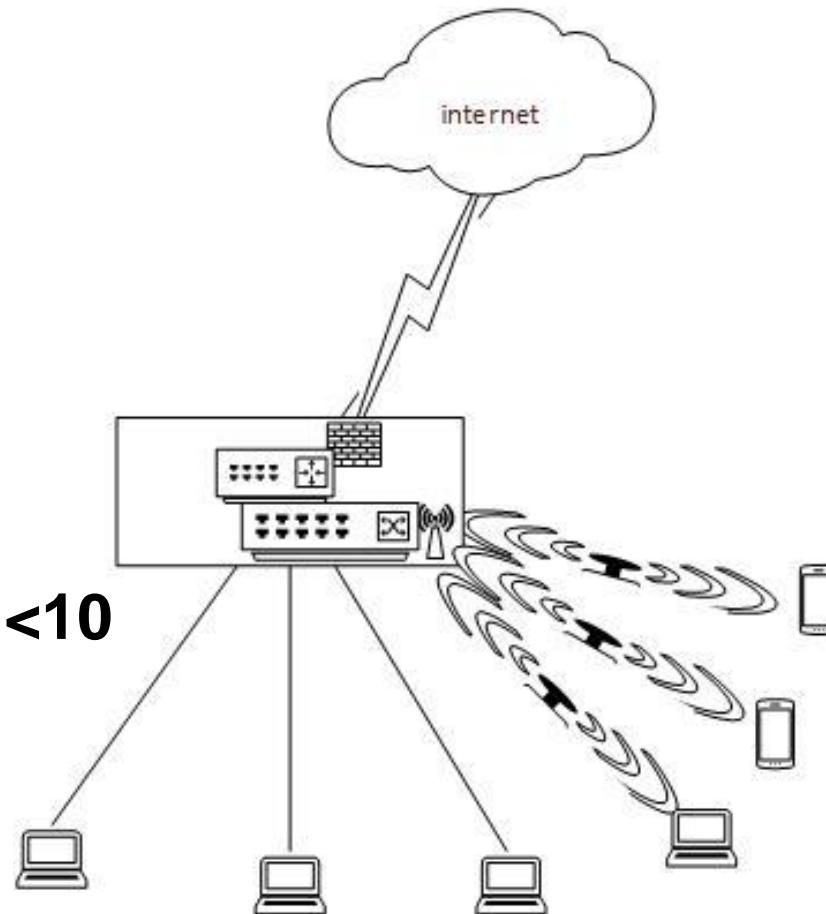
Opšte Mreža – Čemu ovo služi, a uz to i ne radi!

- **Društveni uticaj:**
 - Prednosti
 - Mane

- **Topologija – Ja to kod kuće radim bez problema.**
- **Sve je automatizovano, ne moram ništa da konfigurišem!**
- **Sve IP adrese na svetu su:**
 - **192.168.0.1 – 192.168.0.10 ili**
 - **192.168.1.1 – 192.168.1.10 ili**
 - **127.0.0.1 localhost**
- **Internet = 80 i 443 ne koriste se drugi portovi**

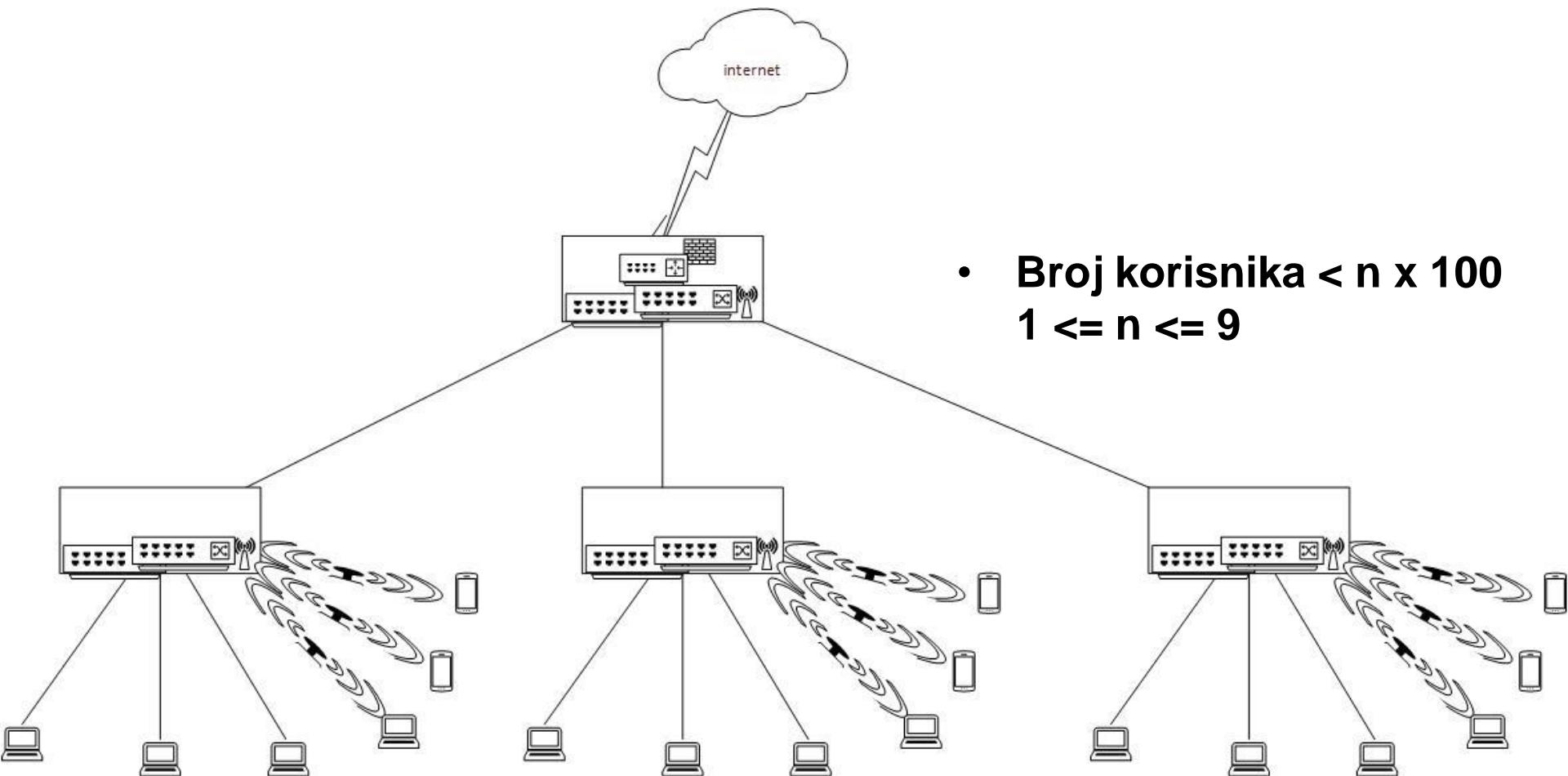
<http://localhost> ili <https://localhost>

- **Topologija**
 - Kućna arhitektura:

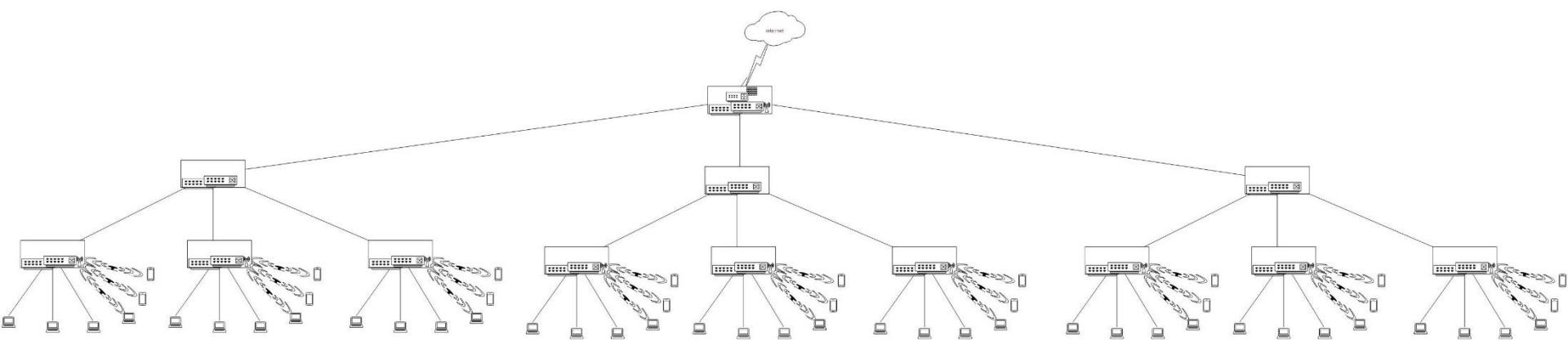


- **Broj korisnika <10**

- **Topologija**
 - IT infrastruktura objekta:



- **Topologija**
 - IT infrastruktura kampusa:



- **Broj korisnika < n x 1000**
 $1 \leq n \leq 100$

Opšte Komunikacioni sistemi [1]

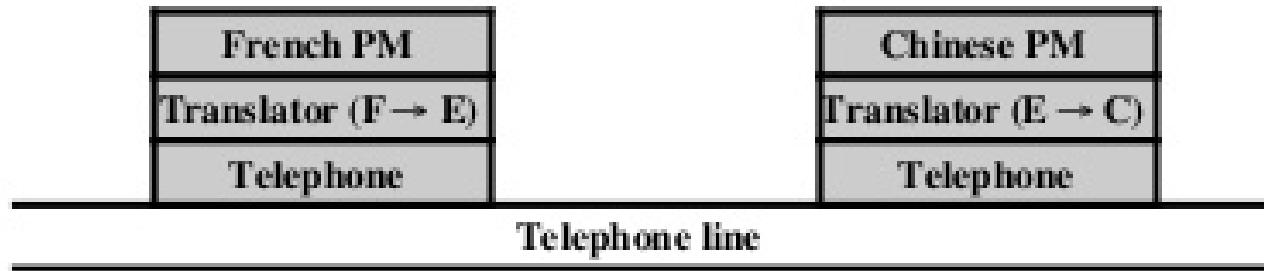
- Razmena podataka između aplikacija.
- Aplikacije - - računar - - komunikacioni sistem.
- Složen sistem - veliki broj problema.
- Pojedinačni problem rešavamo odabirom adekvatne aktivnosti i njenim izvršenjem.
- Zadatak **konvencija** je obezbeđenje visokog nivoa koordinacije između svih elemenata kom. sistema koji izvršavaju aktivnosti.
- Konvencije = protokoli

Opšte Komunikacioni sistemi [2]

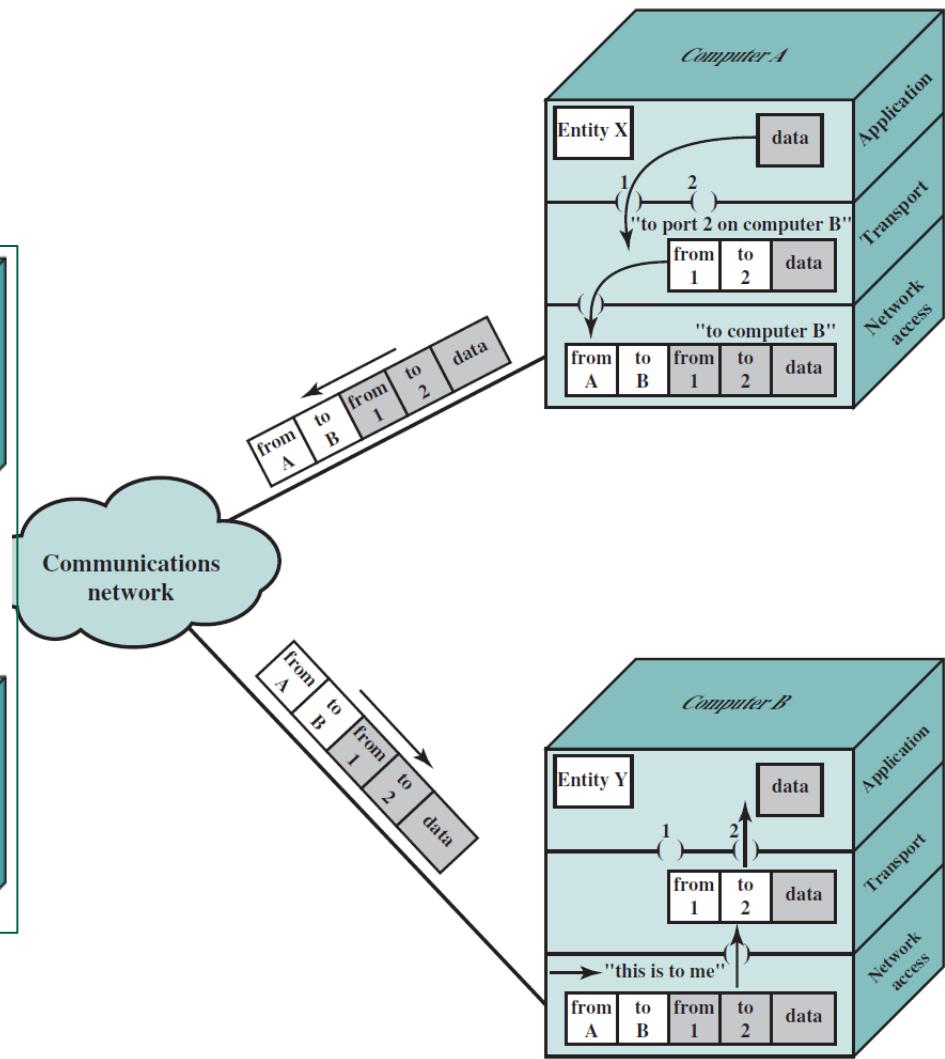
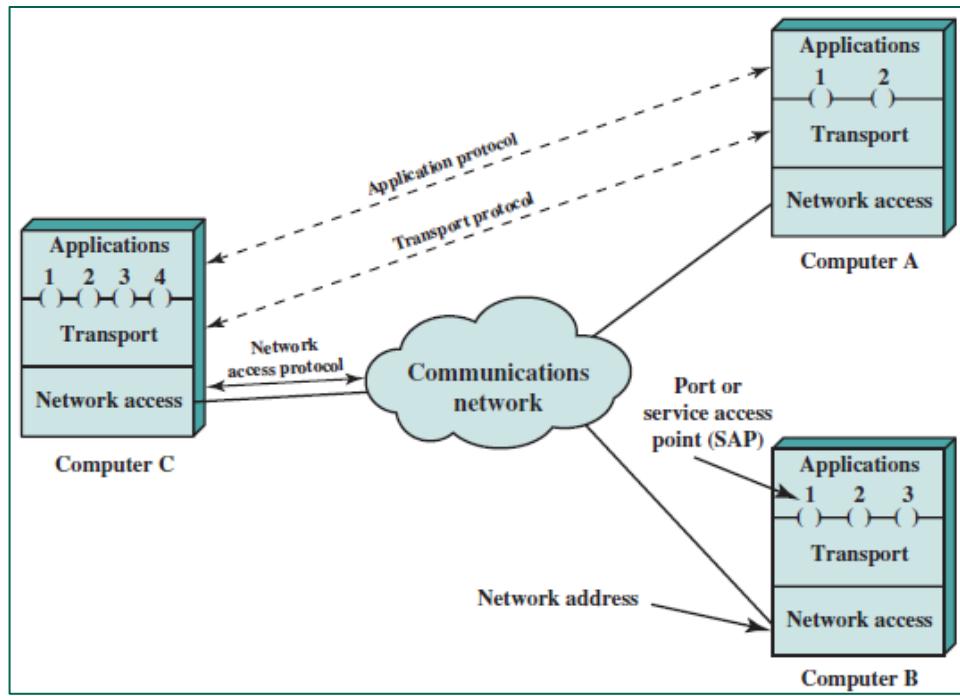
Osnovni elementi protokola su[2]:

- Sintaksa. Definicija formata podataka, kontrolnih podataka i nivoa fizičkih veličina;
 - Semantika. Definicija značenja podataka, kontrolnih podataka i nivoa fizičkih veličina;
 - Vremensko usklađivanje. Definisanje vremena početka signalizacije, isčitavanja signala i trajanja signala.
-
- **Nije moguće definisati jedan protokol koji rešava sve probleme!**
 - Vrši se grupisanje srodnih problema i definiše/u se protokol/protokoli čijom implementacijom se oni rešavaju.
 - Uspešna razmena podataka se ostvaruje implementacijom skupa protokola.
 - **Skup protokola = familija protokola = protokol stek**

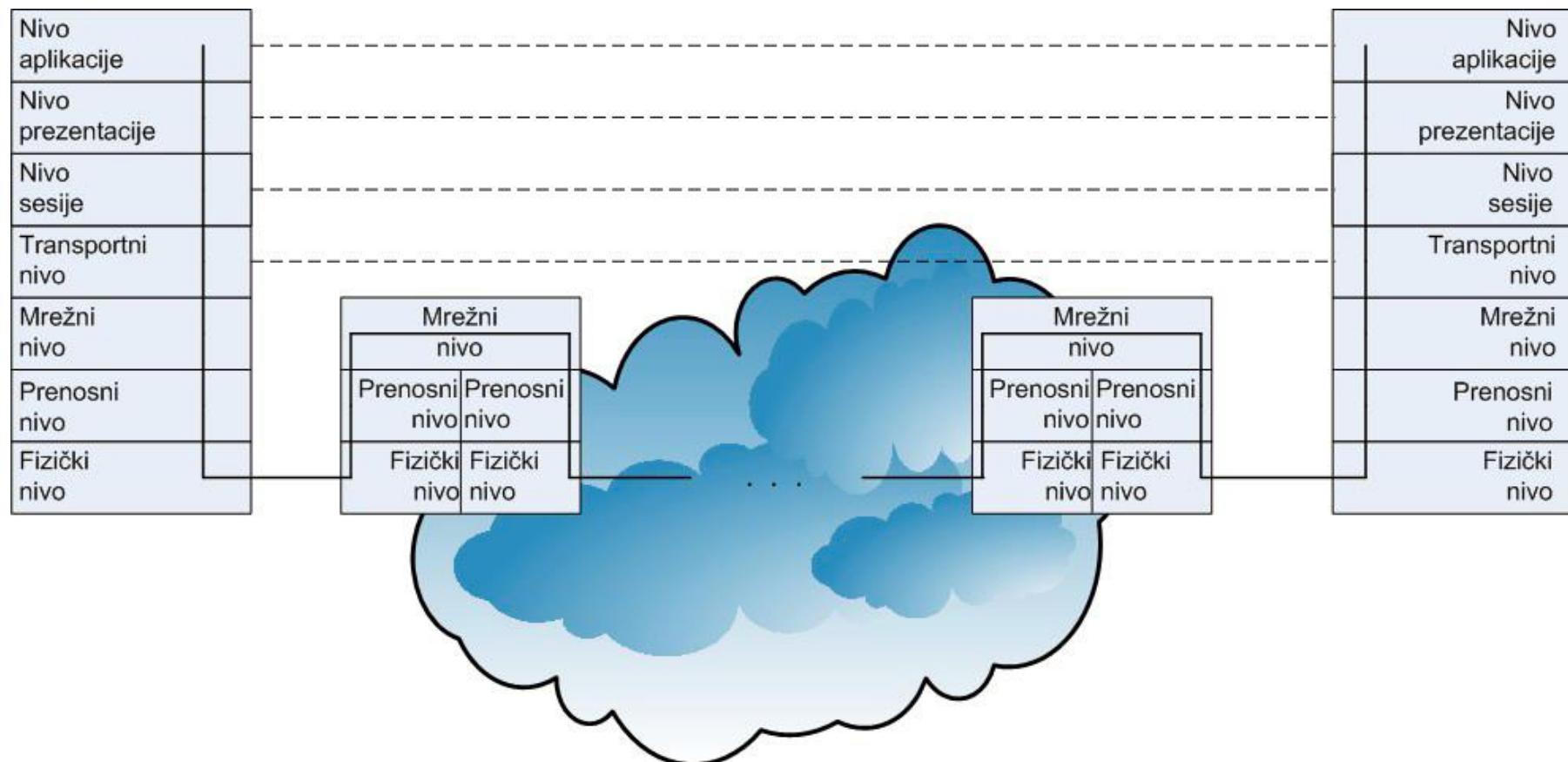
Opšte Komunikacioni sistemi [5]



Opšte Komunikacioni sistemi [3]

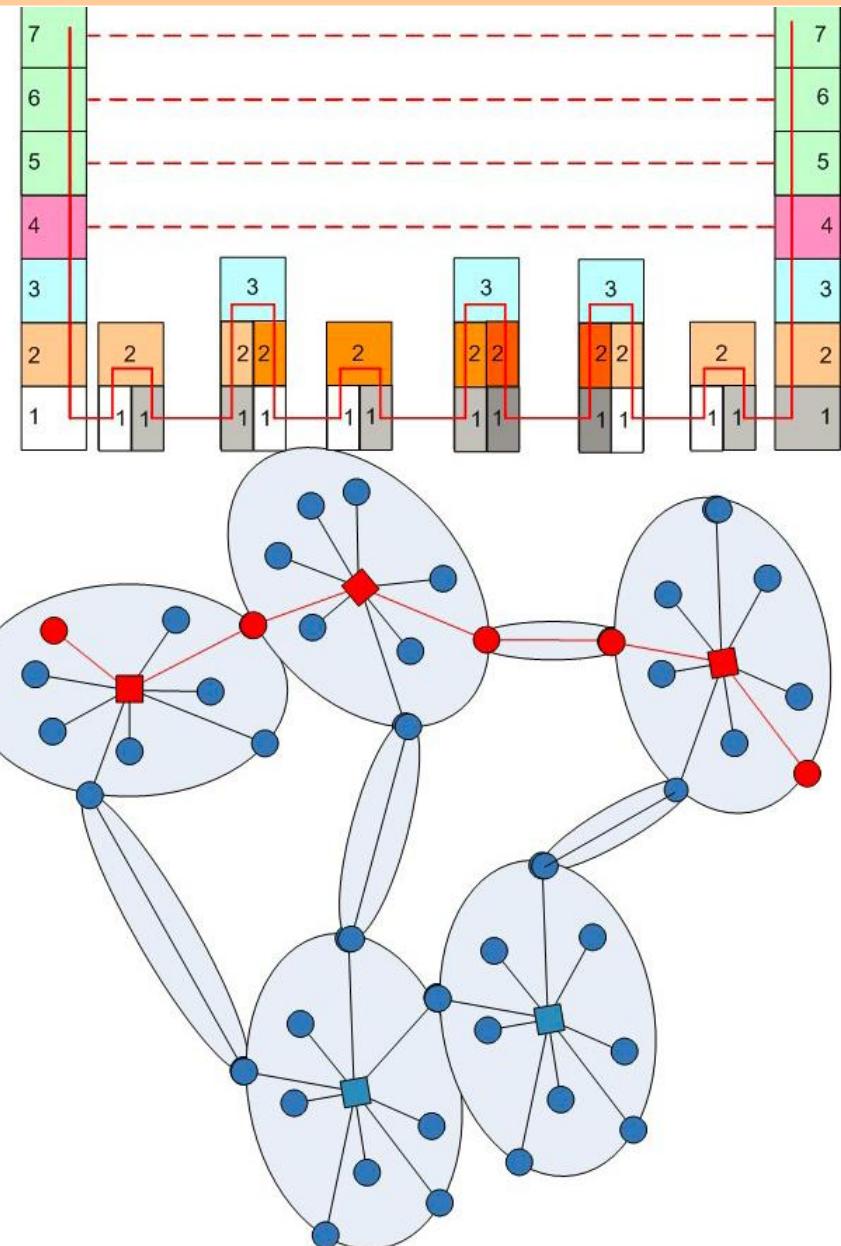


Opšte Komunikacioni sistemi [6]

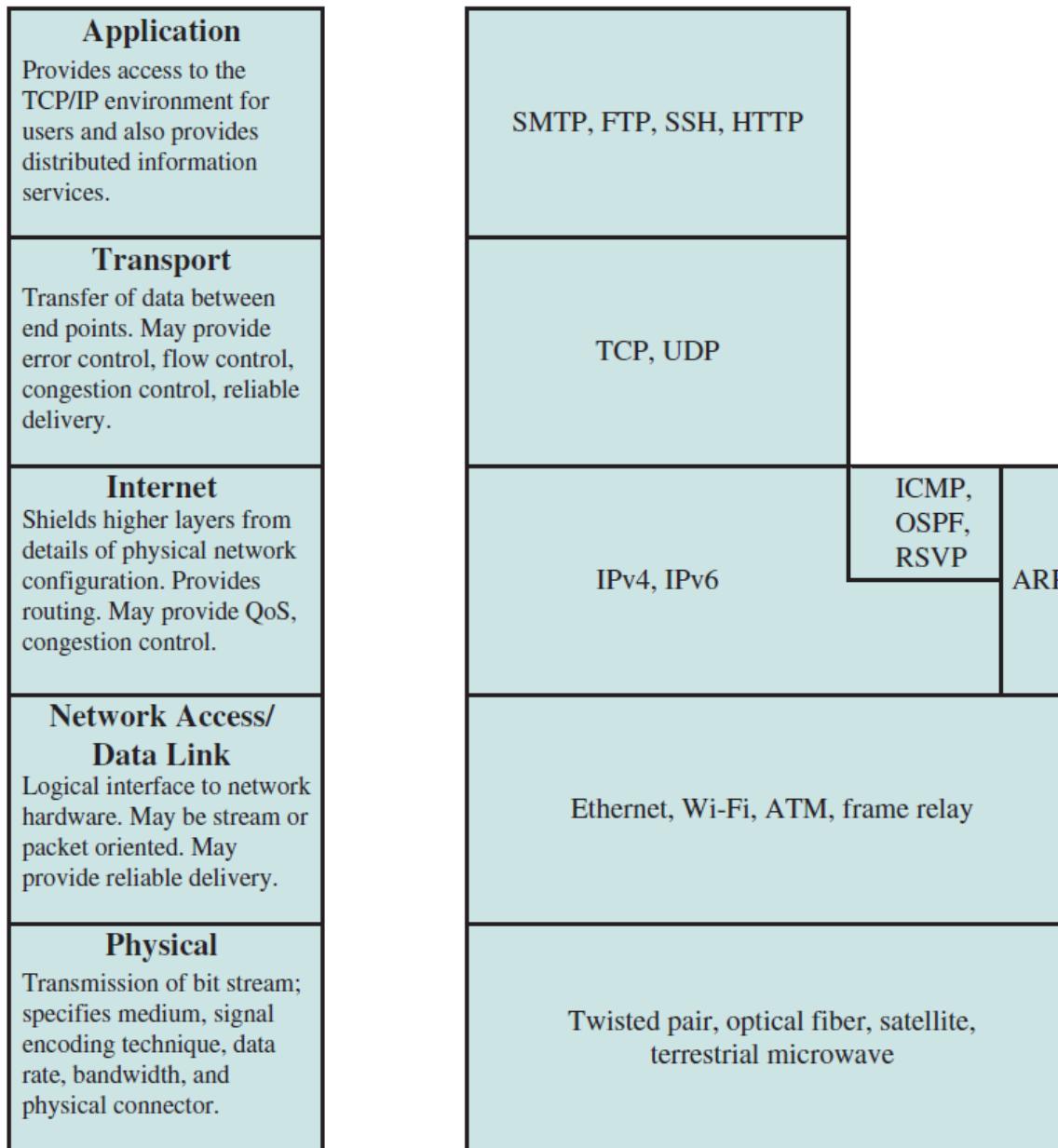


Opšte Komunikacioni sistemi [7]

- Aplikacije se izvršavaju na tačkama.
- Tačke se direktno povezuju u skupove/mreže.
- Mreže se povezuju u komunikacioni sistem!
- Modelovanje komunikacionih sistema vrši se definisanjem protokola koji se implementiraju na:
 - transportnom,
 - mrežnom,
 - prenosnom i
 - fizičkom nivou

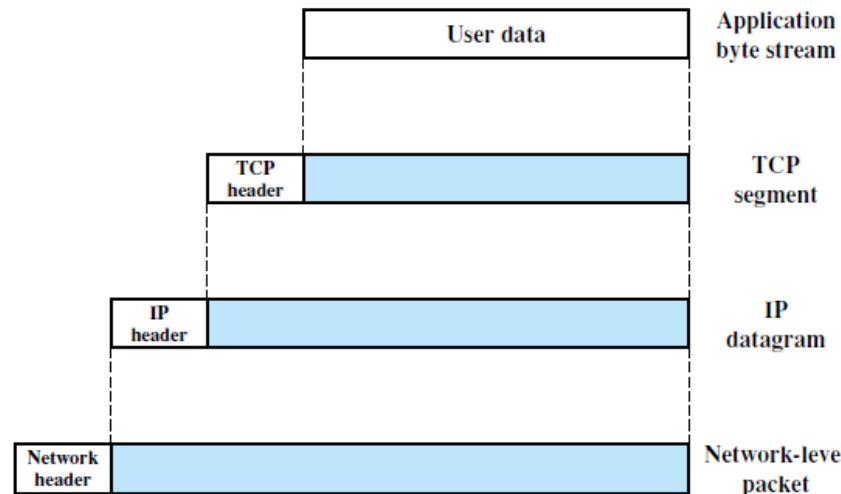


Opšte Komunikacioni sistemi [8]



Opšte Komunikacioni sistemi [9]

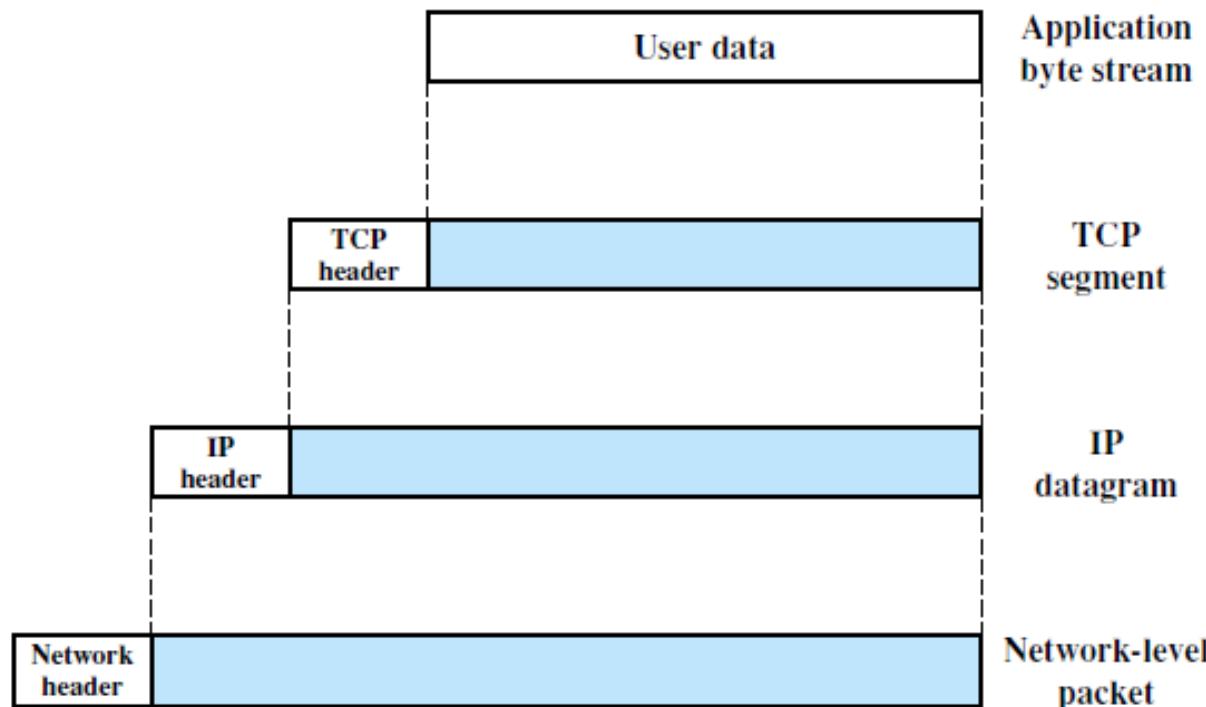
Transportni nivo je grupa problema koja se odnosi na razmenu osnovnih jedinica prenosa (segmenta) između krajnjih tačaka koje se povezuju komunikacionim sistemom, odnosno uspostavu, održavajne i raskidanje logičke veze između krajnjih tačaka. Problemi vezani za ovaj nivo su: adresiranje aplikacija, multipleksiranje logičkih veza, segmentacija niza bita koji predstavlja aplikativne podatke koji se razmenjuju, kontrola toka podataka i eventualna garancija isporuke na nivou krajnjih tačaka, detekcija i korekcija grešaka na nivou krajnjih tačaka i rekonstrukcija niza bita kao aplikativnih podataka na prijemnoj strani[2].



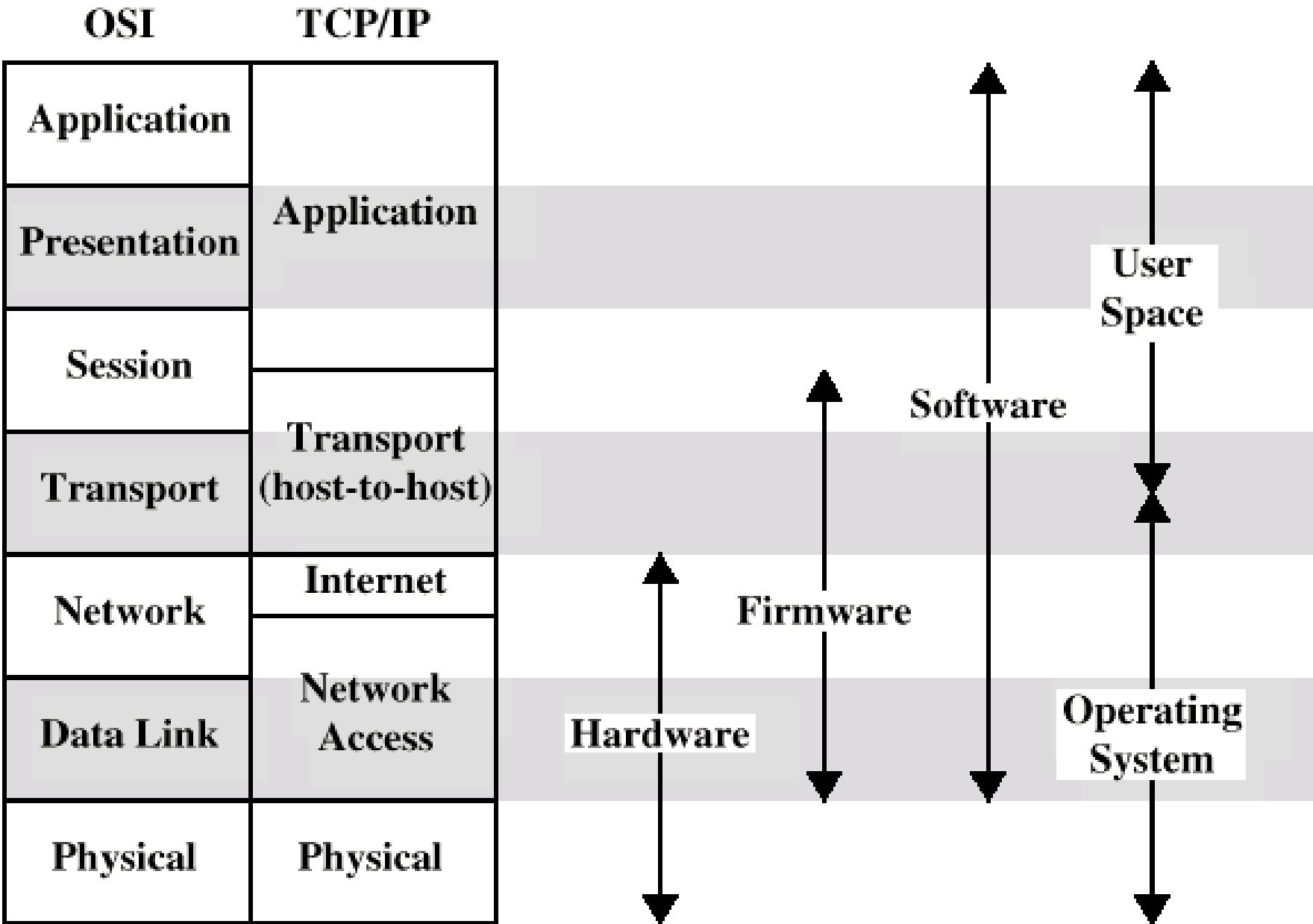
Mrežni nivo je grupa problema koja se odnosi na razmenu osnovnih jedinica prenosa (paketa) putem više povezanih skupova tačaka. Problemi vezani za ovaj nivo su: adresiranje skupa tačaka, adresiranje pojedinačne tačke unutar skupa i određivanje putanja prenosa paketa[2].

Opšte Komunikacioni sistemi [10]

Prenosni nivo je grupa problema koja se odnosi na razmenu osnovnih jedinica prenosa (frejmova) unutar jednog skupa tačaka. Problemi vezani za ovaj nivo su: pristup deljenom medijumu, adresiranje tačaka, kontrola toka prenosa frejmova i detekciju sa eventualnom korekcijom grešaka[2].



Fizički nivo je grupa problema koja se odnosi na fizičke karakteristike signala i prenosnih medijuma kao što su: generisanje signala koji je reprezent niza bita koji predstavlja frejm, prenos signala putem medijuma, prijem signala i generisanje niza bita, na osnovu primljenog signala, na prijemnoj strani[2].



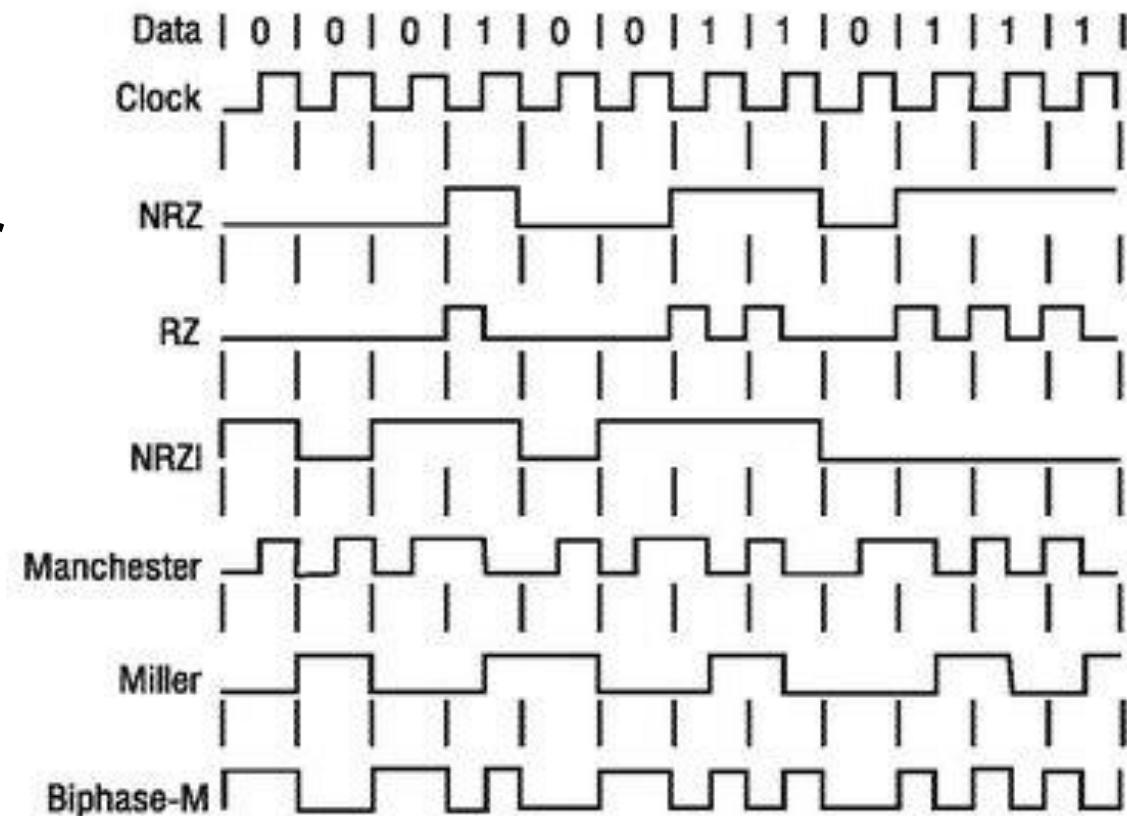
- U nedostatku standarda:
 - brzo se umnožava broj potrebnih implementacija za svaku vrstu komunikacije
 - korisnik se mora vezati za jednog proizvođača bez obzira na to što bi mu za neke potrebe više odgovarao drugi
 - promena proizvođača je skopčana sa velikim troškovima
- Standardi omogućavaju:
 - nezavisnost od jednog proizvođača
 - garanciju karakteristika

- Organizacije za standardizaciju
 - *Internet Society* – RFC, standardi vezani za Internet protokole – besplatni
<http://www.ietf.org/rfc.html>
 - ISO/IEC – razne vrste standarda, između ostalog i oni vezani za komunikacije – plaćaju se
<http://www.iso.org>
 - ITU-T (ranije CCITT) – telekomunikacioni standardi – plaćaju se
<http://www.itu.int>
 - IEEE (serija 802) – standardi za lokalne računarske mreže – besplatni
<http://standards.ieee.org>

Nivo 1 - 2

Kodiranje - Digitalni podaci --> digitalni signal

- Želimo da obezbedimo kvalitetan prenos
- Kodiranje jedna od moćnosti
- NRZ
- NRZI
- Manchester

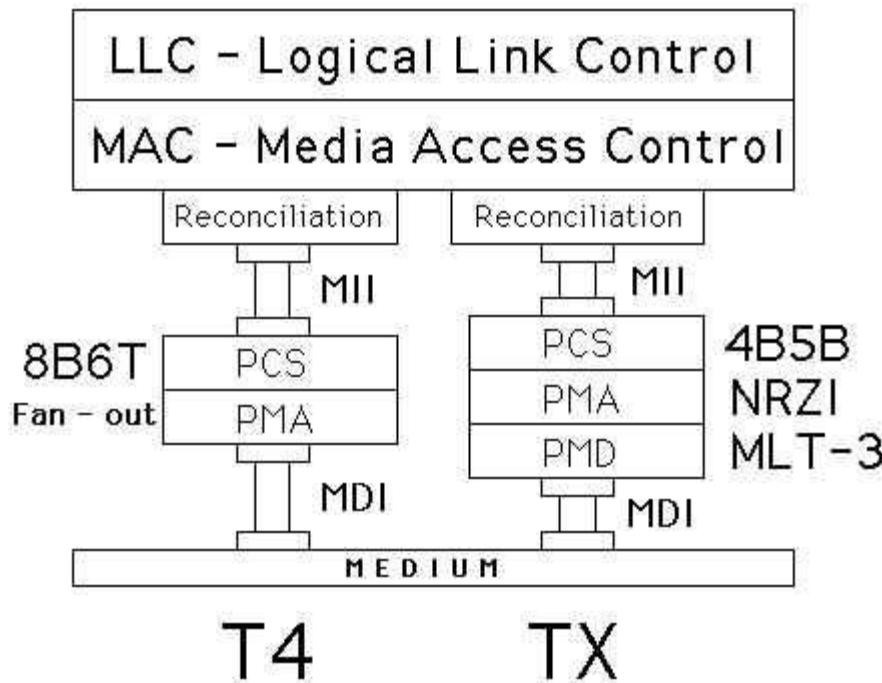


Nivo 1 - 2

Kodiranje - Digitalni podaci --> digitalni signal

- **100Base-TX**

802.3 Layer Model



4B5B Encoding Table

Data (Hex) Data (Binary)
4B5B Code

0	0000	11110
1	0001	01001
2	0010	10100
...
D	1101	11011
E	1110	11100
F	1111	11101

Nivo 2

Nivo 2

Opisuje razmenu podataka između uređaja koji dele isti prenosni medijum.

Daje rešenje sledećih problema:

pristup prenosnom medijumu - MAC (*Medium Access Control*)

adresiranje uređaja povezanih na prenosni medijum – LLC (*Logical Link Control*)

kontrola protoka – LLC

detekcija i korekcija grešaka - LLC

Grubo gledano

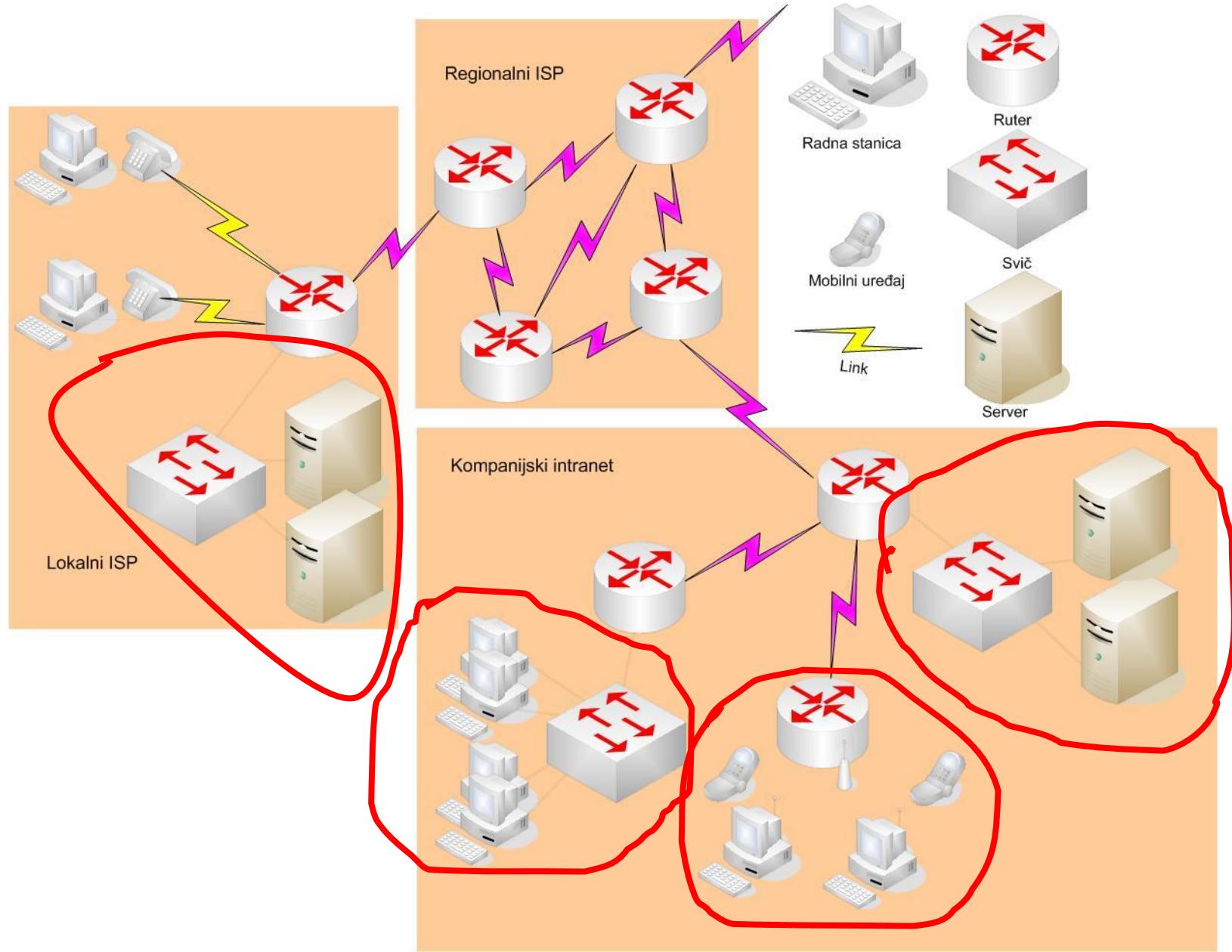
LAN – Deljeni medijum - Ethernet, Token Ring

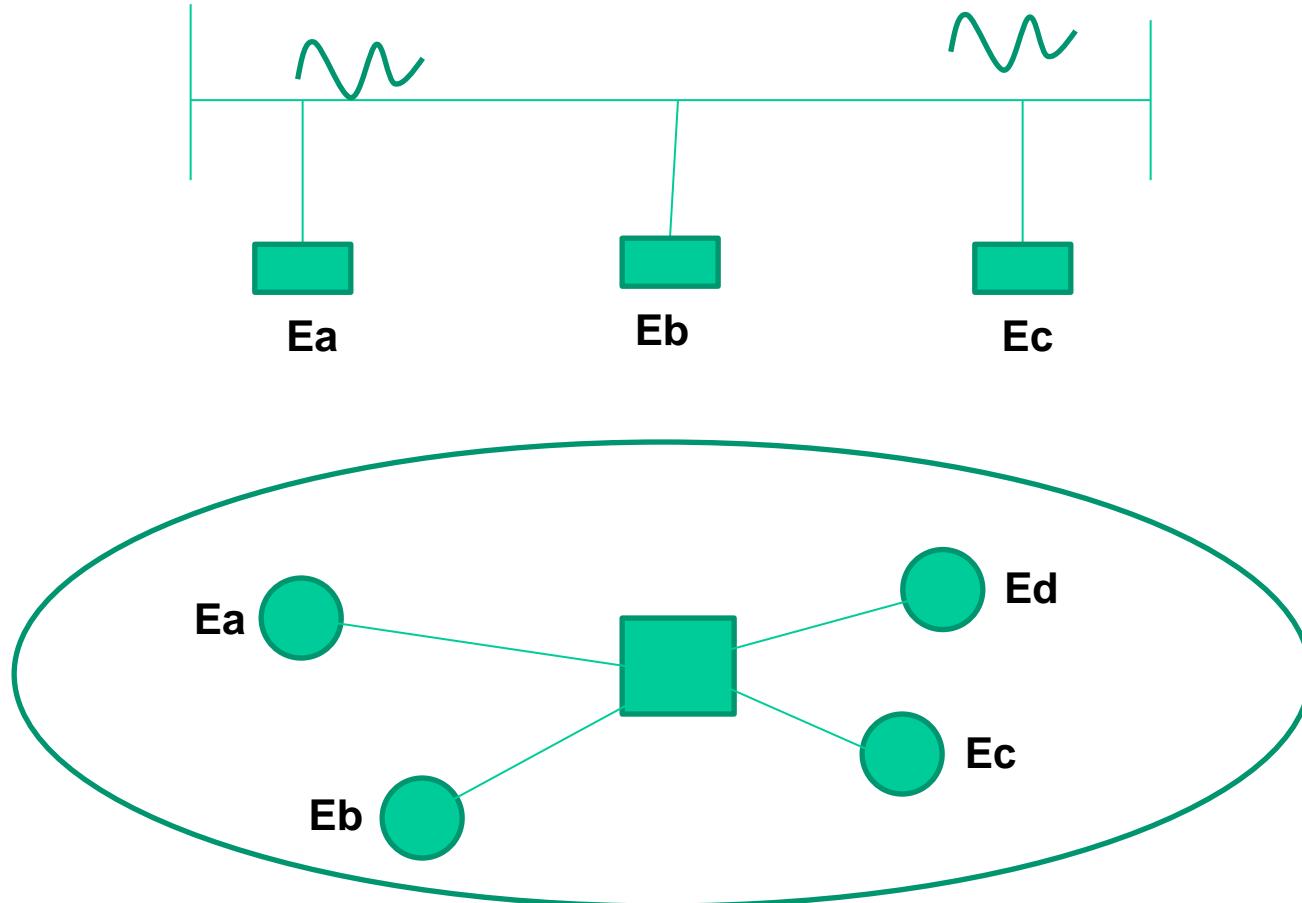
WAN – Tačka-tačka veze – PPP i SLIP

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	The Internet

Nivo 2

Deljeni medijum - Ethernet, Token Ring

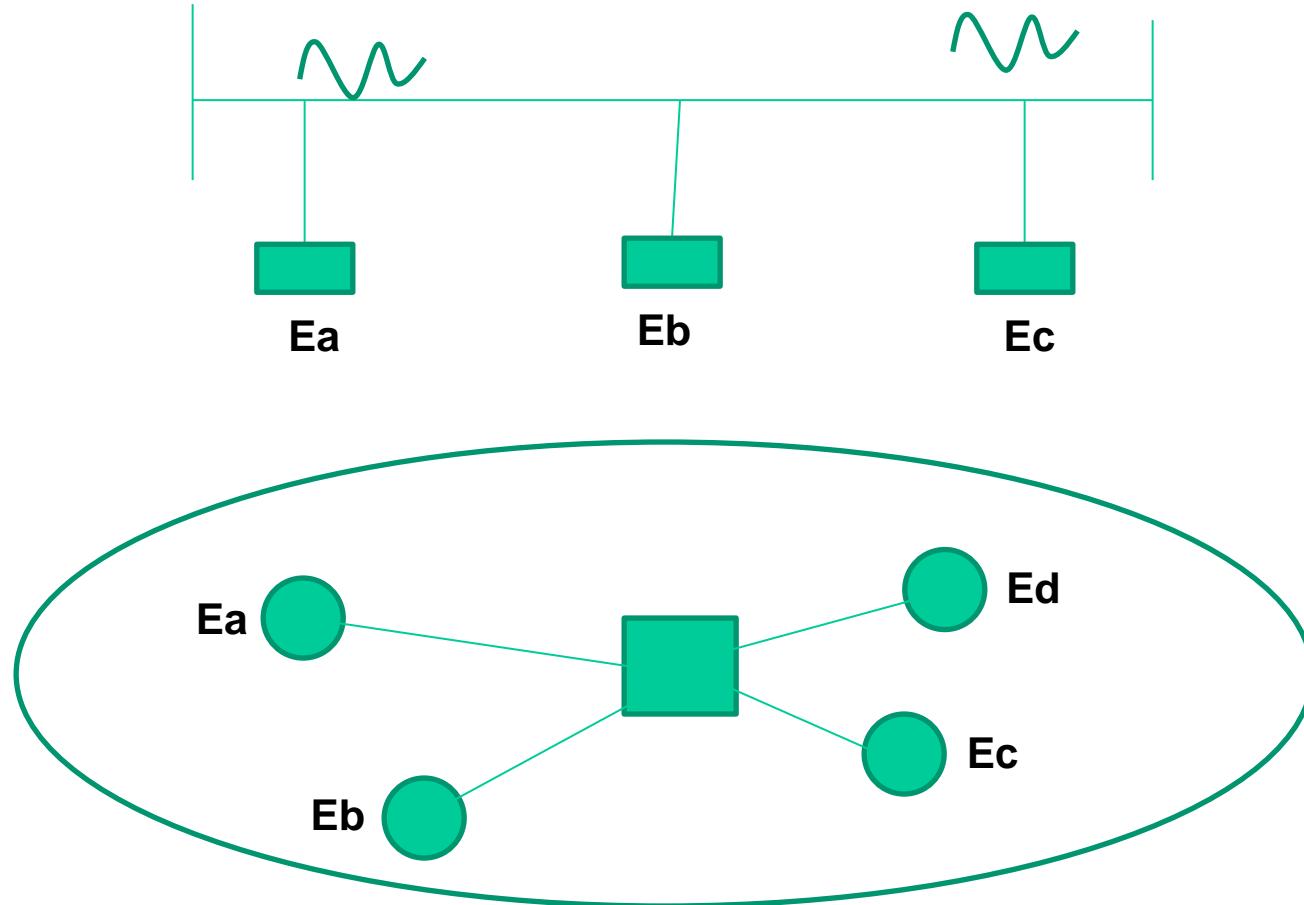




Lokalne mreže (LAN)

Definicija: mreža za prenos podataka, optimizovana za geografski mala područja, kao što su zgrada ili kampus. Obično se izvode sa deljenim vezama.

Mreže koje spajaju geografski veća područja se ponekad nazivaju **MAN** (*Metropolitan Area Network*).



LAN standardi

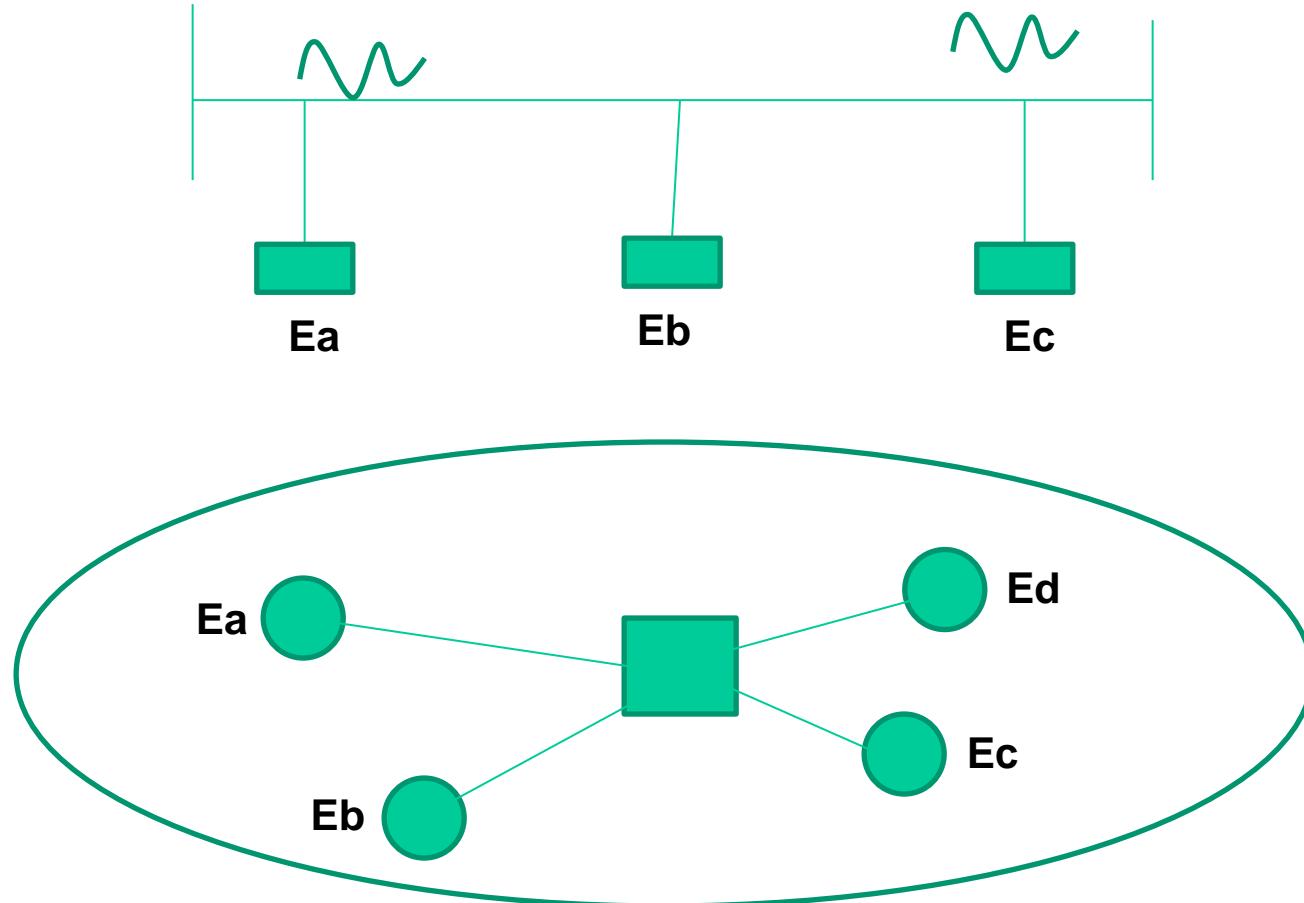
IEEE 802 serija:

802.2 (LLC)

802.3 (CSMA/CD)

802.5 (Token Ring)

IEEE standardi su prihvaćeni od strane ISO i važe na međunarodnom nivou.



Ethernet frejm

Uvodni niz od 56 bita za sinhronizaciju.

SFD: *Start of Frame Delimiter*.

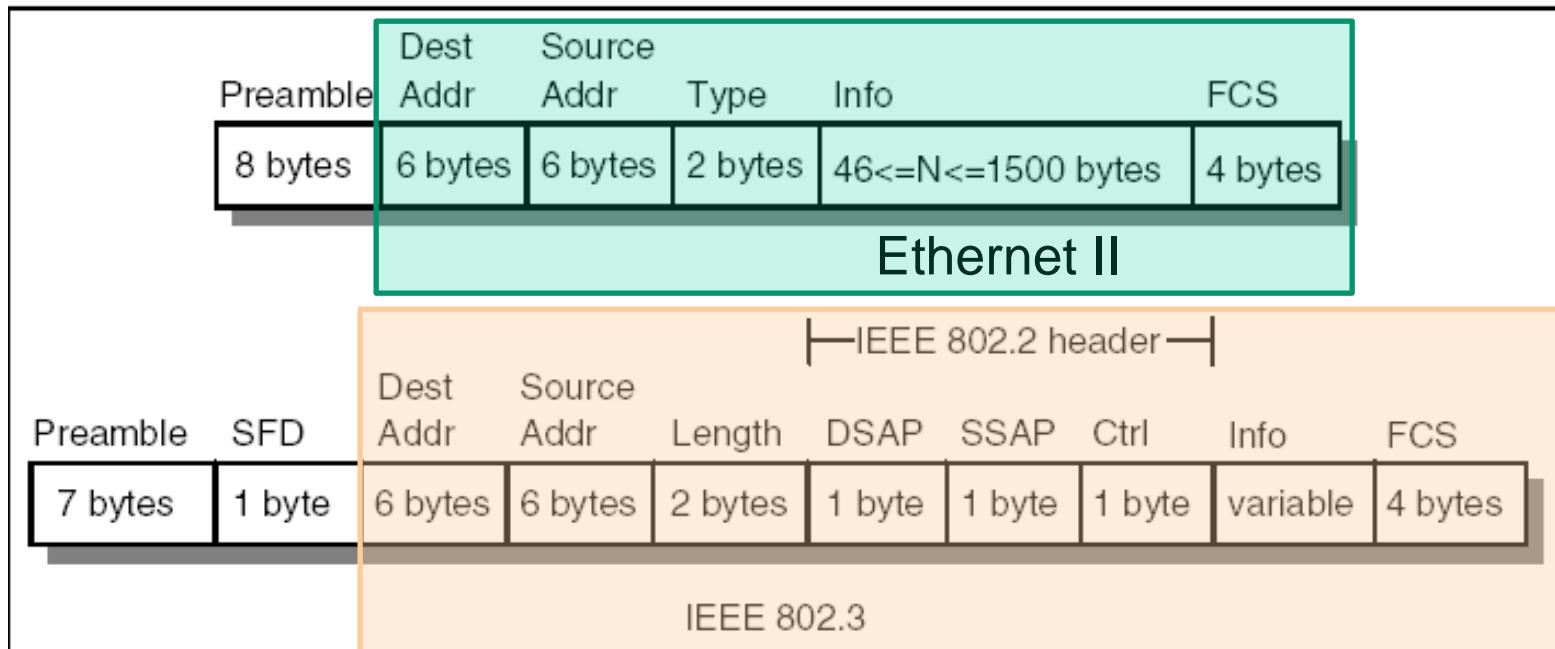
Frejm:

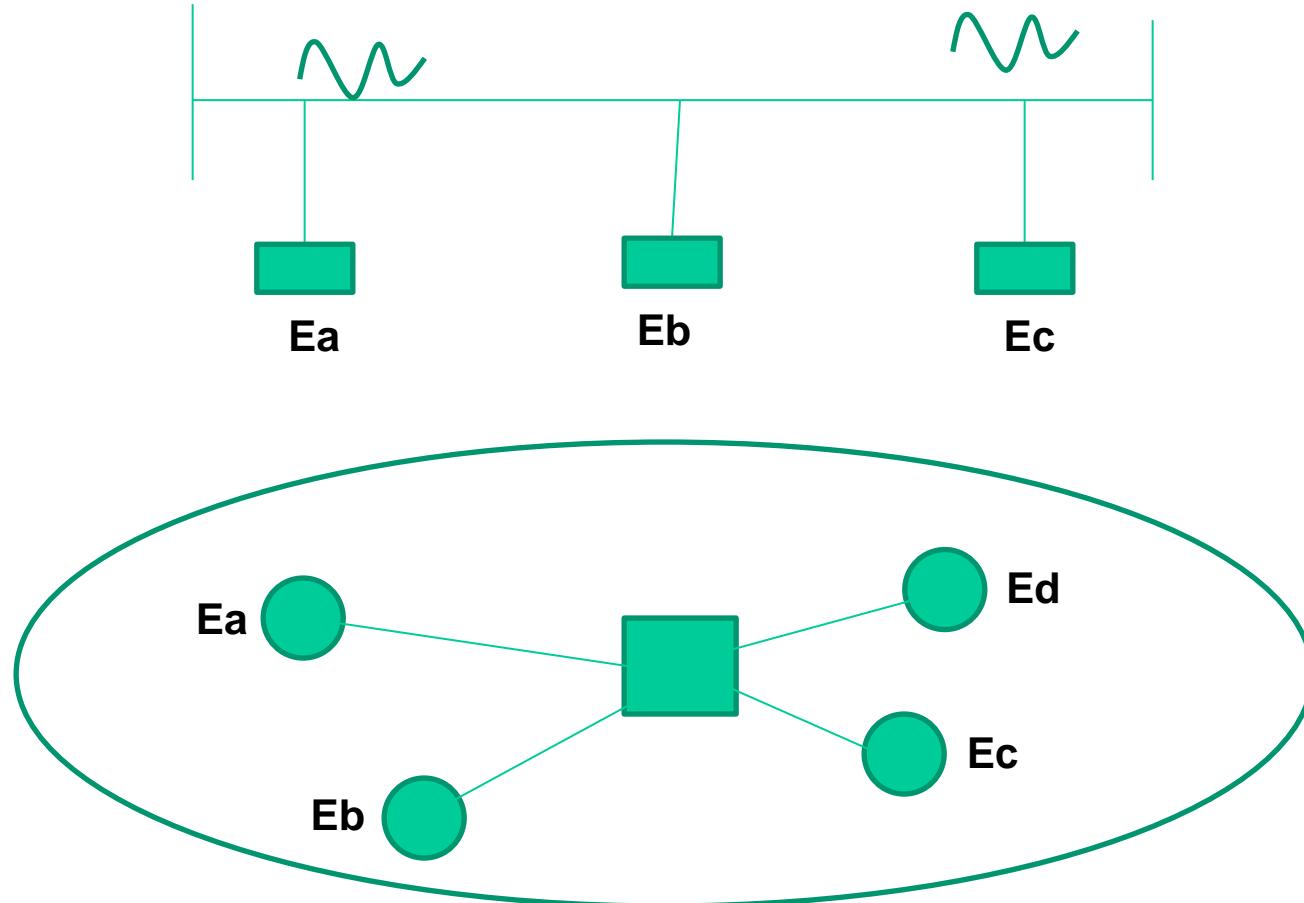
odredišna i polazna adresa

Tip/Dužina

Podaci

Kontrolna suma.





Ethernet paket (frejm)

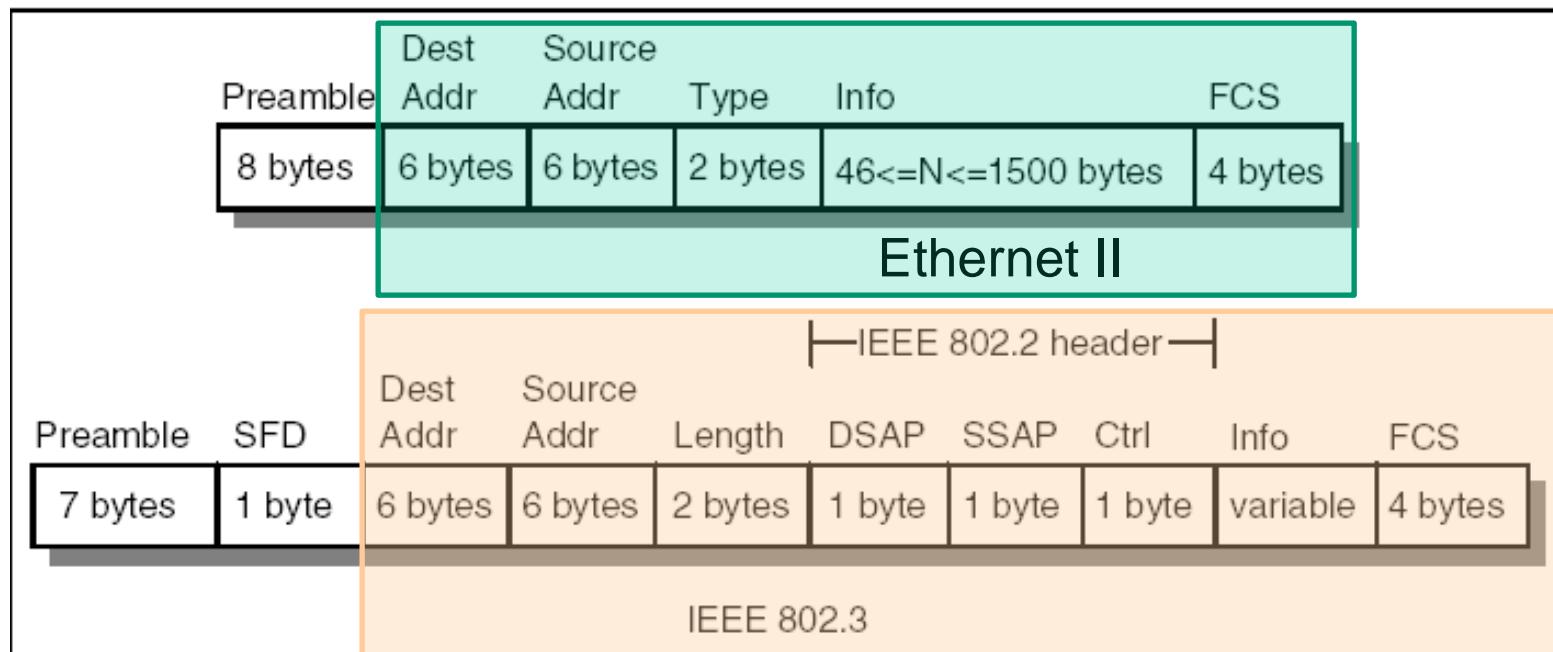
Maksimalna dužina Ethernet frejma 1518 B

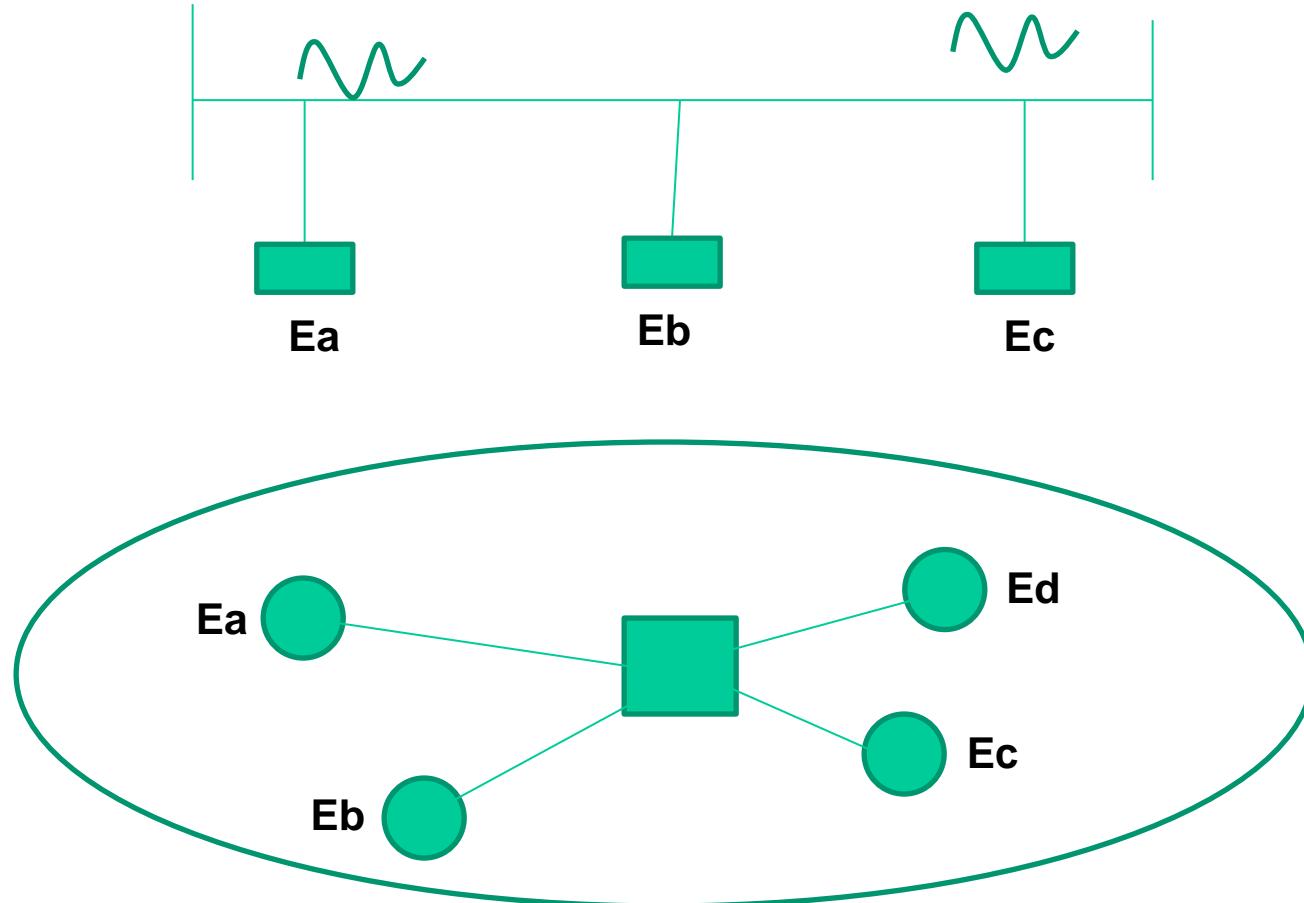
Minimalna dužina Ethernet frejma 64 B

Moguće koristiti oba frejma na “na istoj žici”

Vrednost u polju Type veća od 1500, (IP – 2048 (0800))

DSAP i **SSAP** su polja u koja se upisuju oznake za
destination i *source service Access Point*



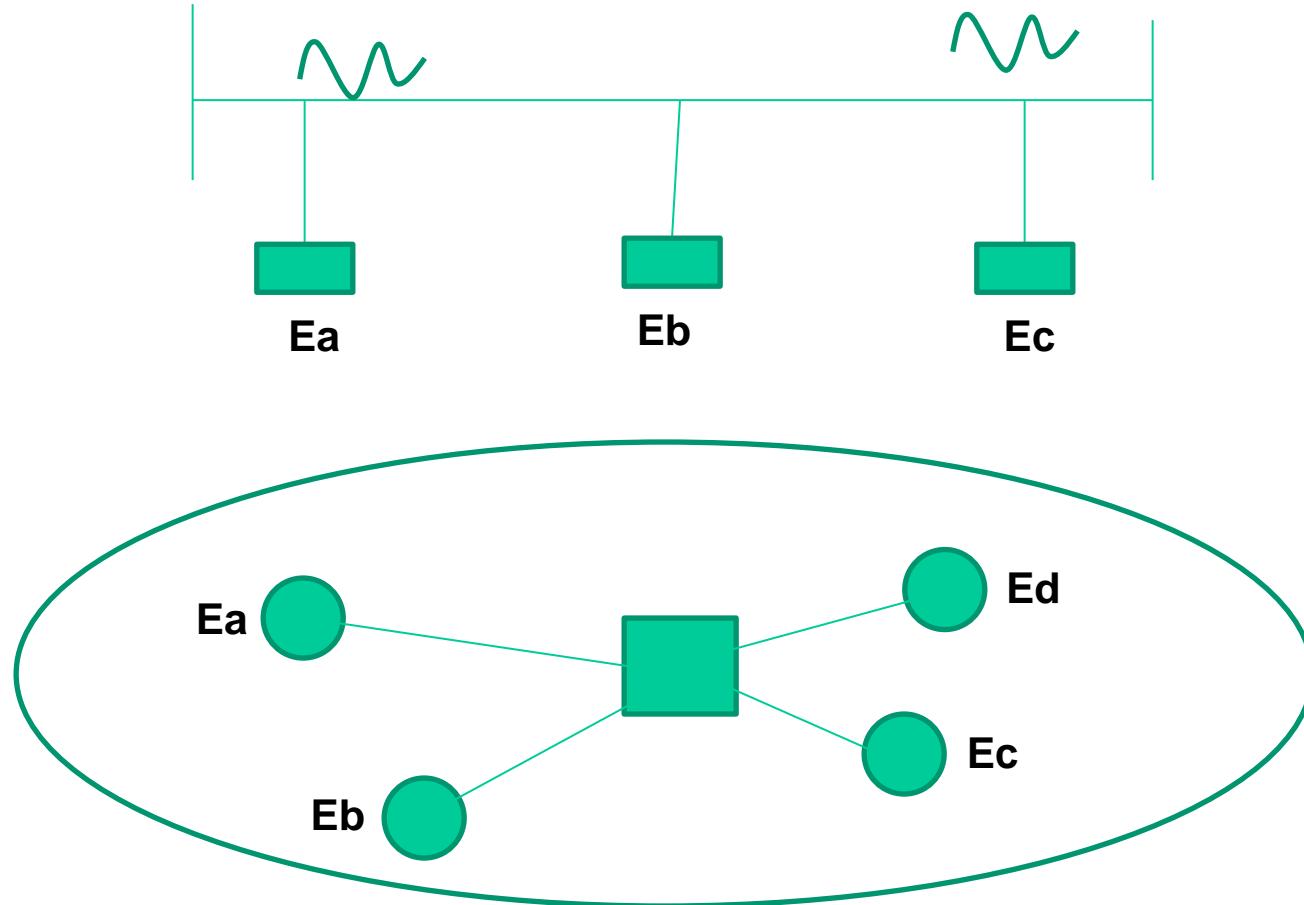


Upravljanje pristupom

Round Robin: svakoj stanici se dodeljuje period vremena unutar koga može da šalje podatke.

Reservation: stanice rezervišu vremenske periode za slanje podataka.

Contention: stanice su slobodne da pokušaju slanje u bilo kom trenutku.



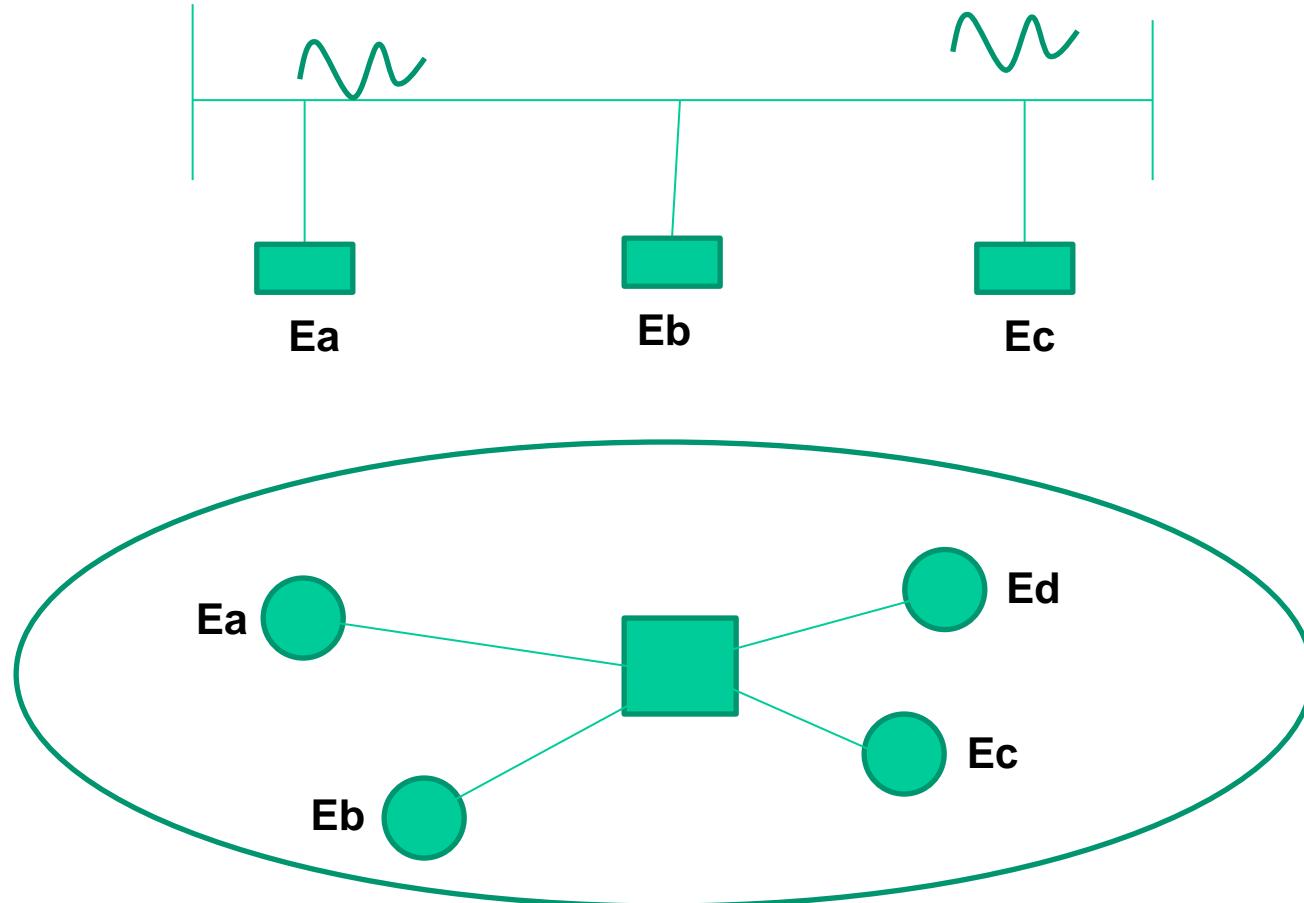
CSMA/CD

Algoritam koji koristi Ethernet (802.3):

ako je medijum slobodan, šalji; inače pređi na korak 2;
prati stanje medijuma; čim se osloboodi, pokušaj sa
slanjem;

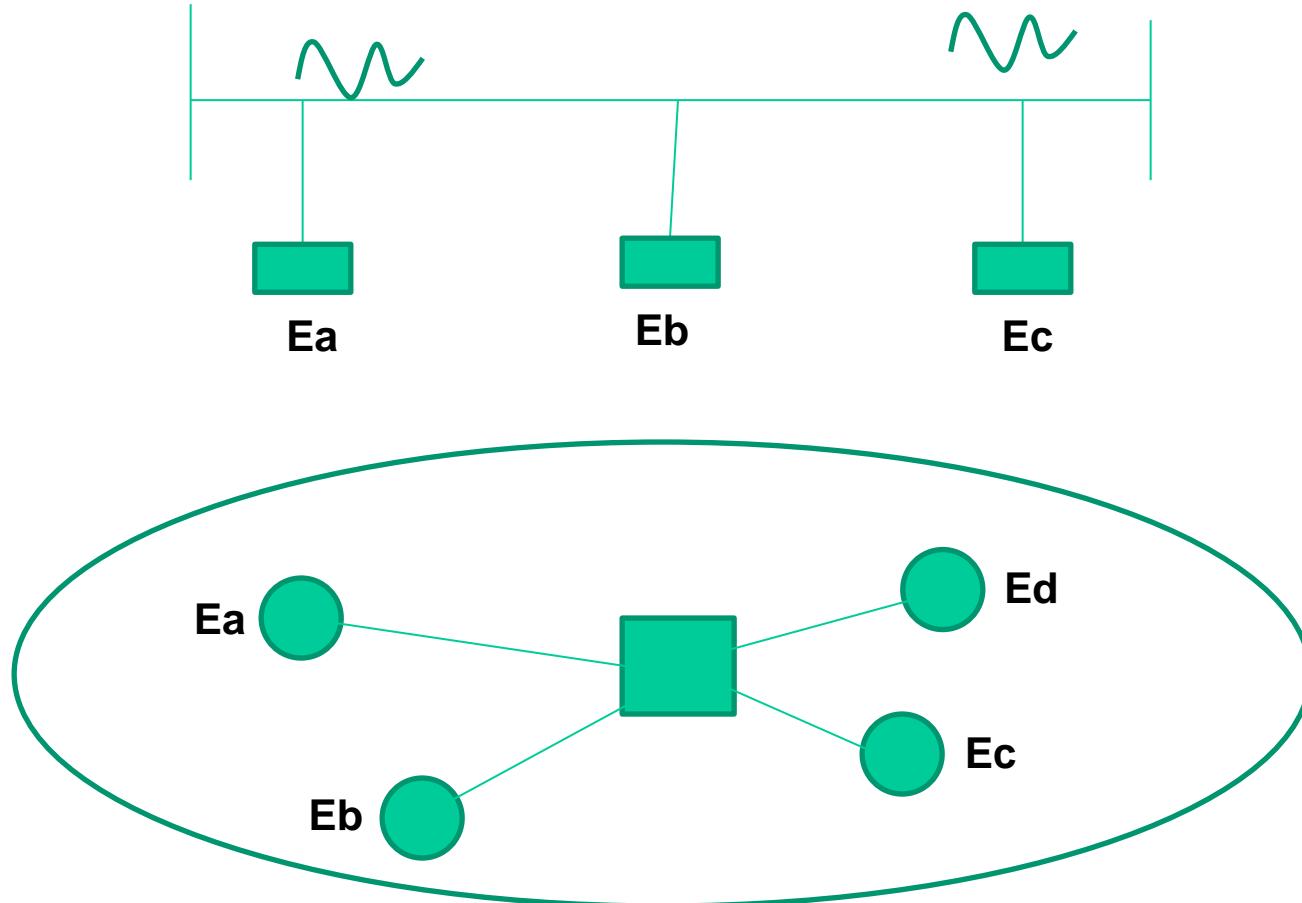
ako tokom slanja dođe do kolizije, prestani sa slanjem i
emituj kratak signal (*jamming*);

čekaj izvesno vreme i vrati se na korak 1



Kolizioni domen

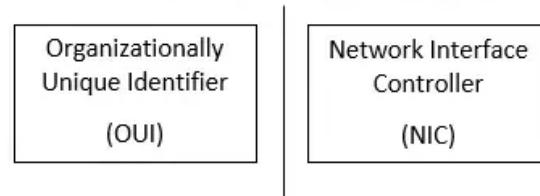
Dve stanice pripadaju jednom **kolizionom domenu** ako i samo ako prilikom istovremenog slanja frejma na deljeni medijum izazovu koliziju.



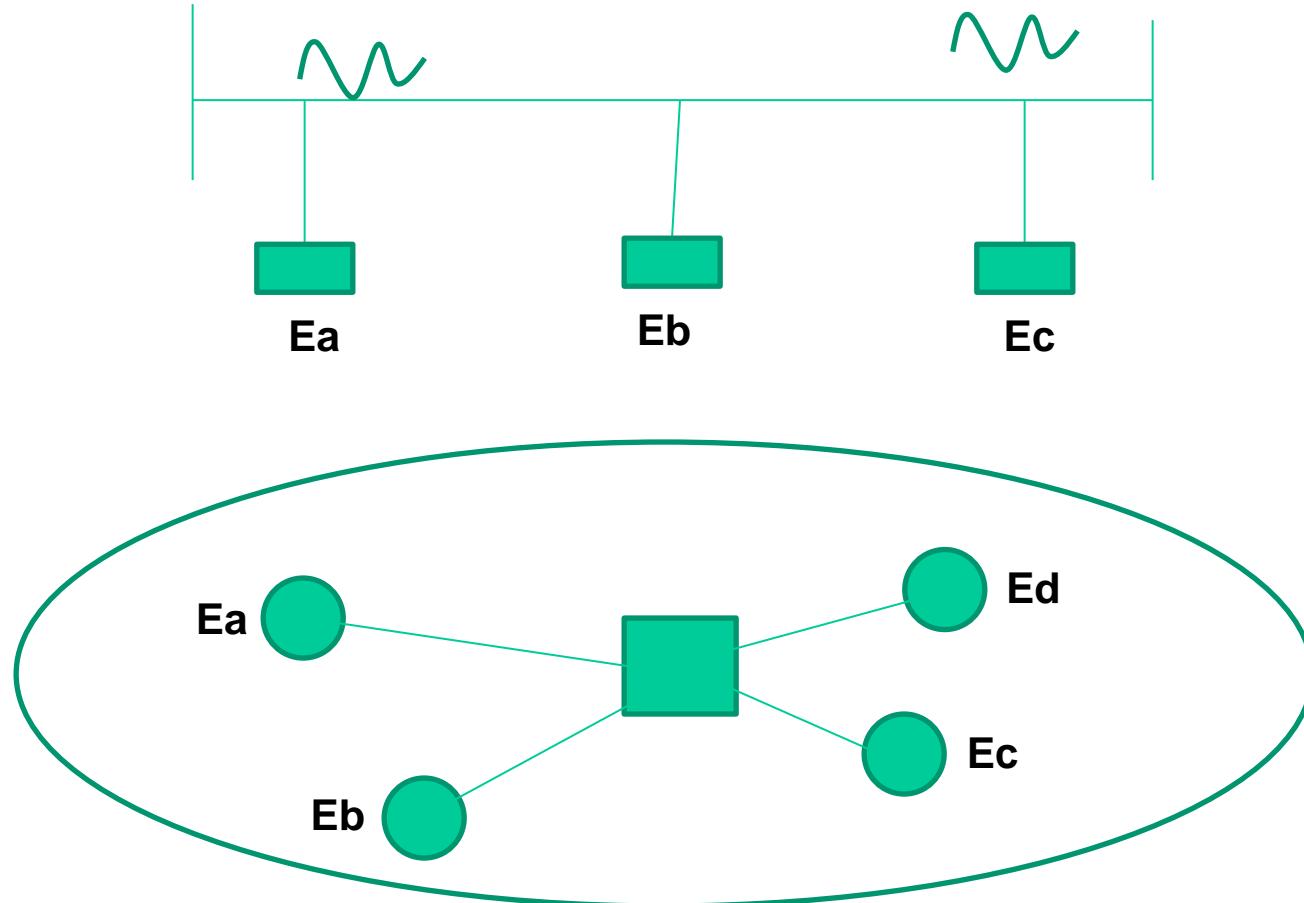
Ethernet frejm (adresno polje)

Example MAC Address

3A-34-52-C4-69-B8

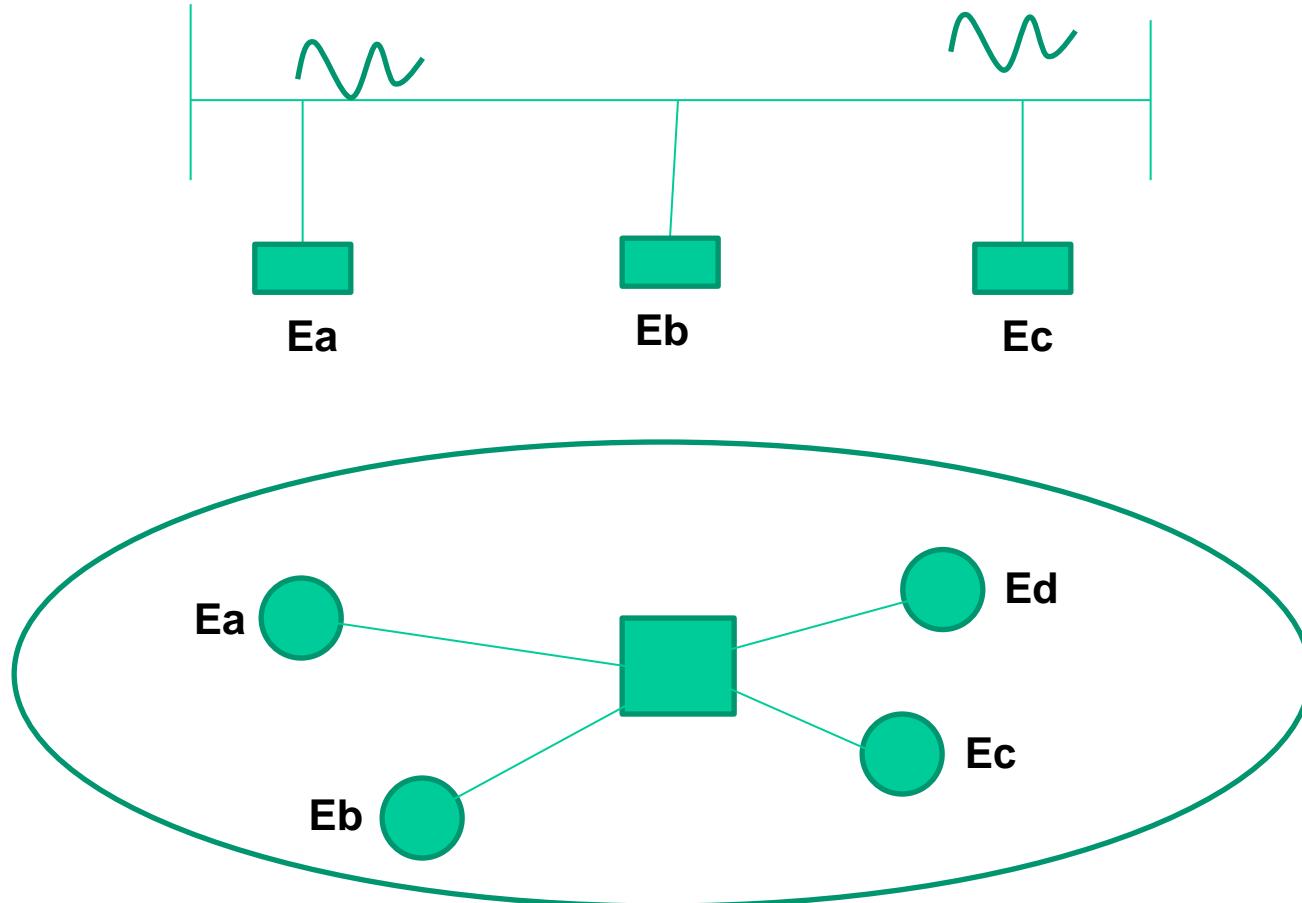


- Ethernet ili MAC ili fizička adresa
- 48-bitni broj koji se prikazuje kao 6 dvocifrenih heksadecimalnih brojeva razdvojenih crtom, ili kao 6 dvocifrenih heksadecimalnih brojeva odvojenih dvotačkom ili kao tri četvorocifrena heksadecimalna broja odvojena tačkom.
- Posebna adresa FF:FF:FF:FF:FF:FF (48 jedinica) je broadcast adresa.



Broadcast domen

Dve stanice pripadaju jednom **broadcast domenu** ako i samo ako jedna stanica može da primi frejm poslat na broadcast adresu od strane druge stanice i obrnuto.



Ethernet

Sistem sa zajedničkim medijumom.

Fizička izvedba:

10BASE2

10BASE5

10BASE-T

100BASETX

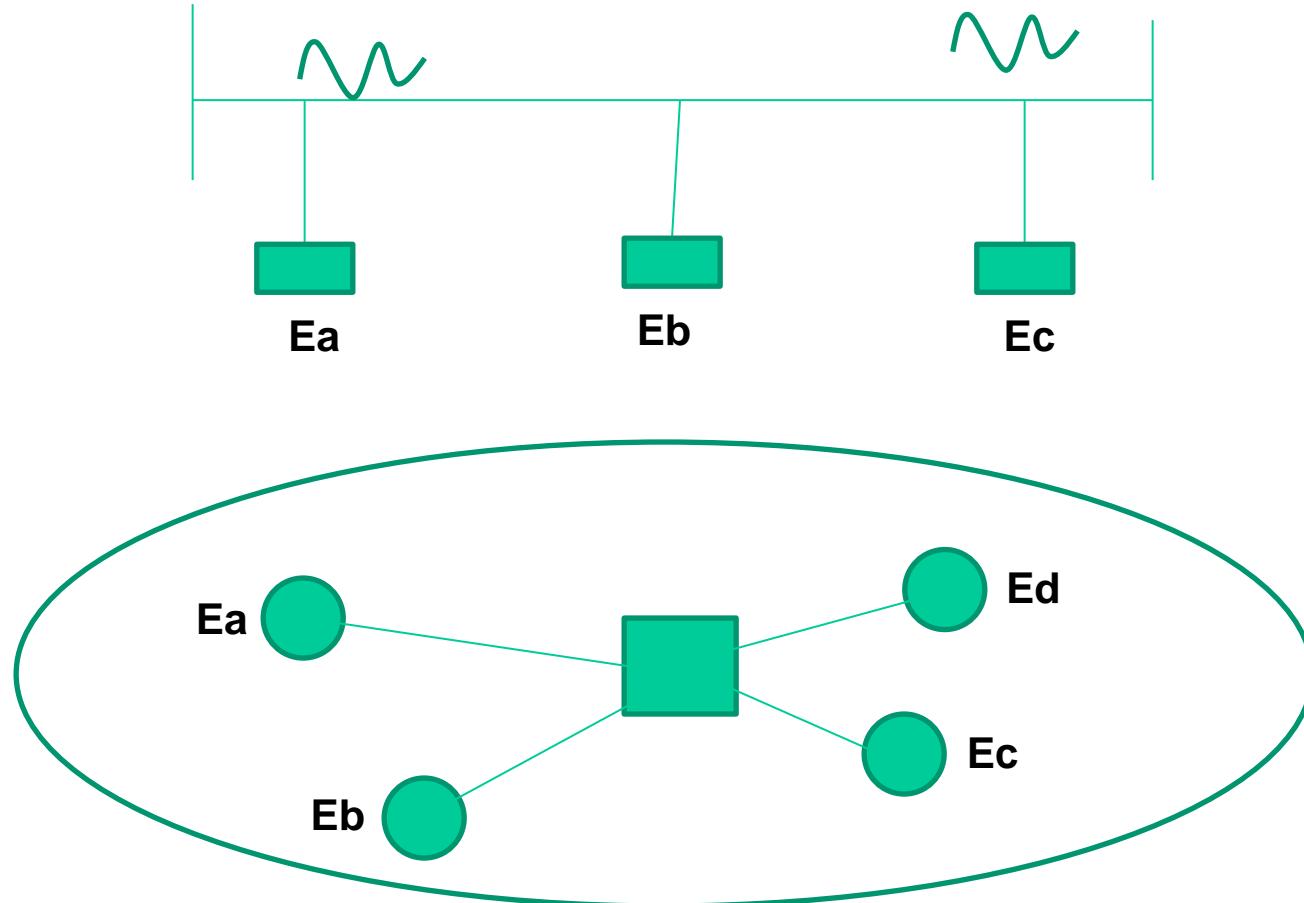
100BASEFX

1000BASET

1000BASESX

1000BASELX

Kontrola pristupa medijumu: CSMA/CD (IEEE 802.3).



Ethernet

Fizička izvedba:

10GBASE-SR multi-mode 850 nm 400 m

10GBASE-LR single-mode 1310 nm 10 km

10GBASE-ER single-mode 1550 nm 40 km

10GBASE-ZR single-mode 1550 nm 80 km

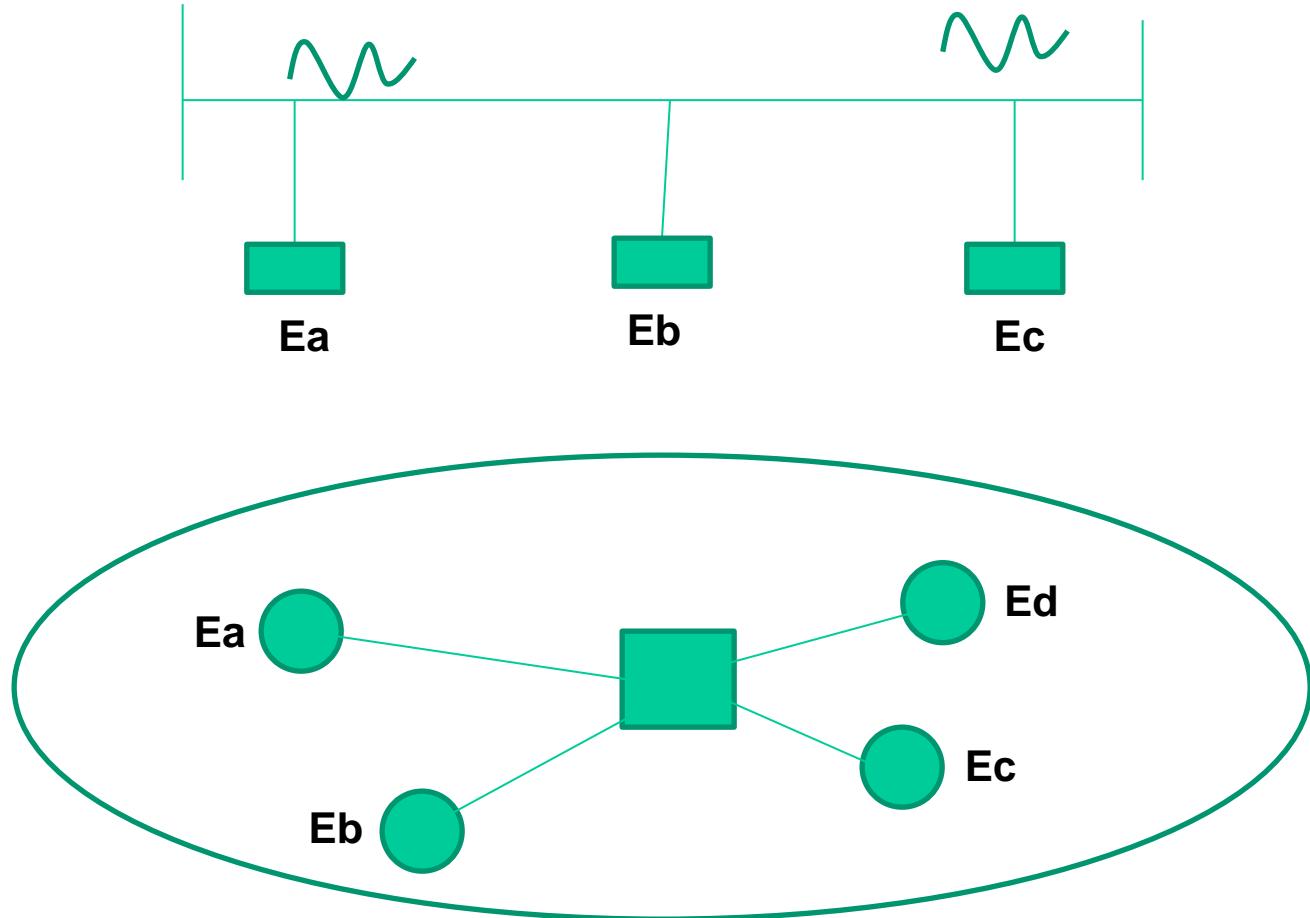
10GBASE-LX4 multi-mode or single-mode 1310 nm 300 m

(multi-mode)10 km (single-mode)

10GBASE-LRM multi-mode 1310 nm 220 m

10GBASE-CX4 copper twinaxial 8-pair - 15 m

10GBASE-T copper, twisted pair - 55 m (Class E cat 6), 100 m
(Class Ea cat 6a or 7)



- Povezuju radne stanice i druge habove
- Portovi su RJ45 , standardni portovi za priključenje paričnih kablova na kojima realizujemo Ethernet
- Fizički zvezda, logički magistrala
- Sve stanice pripadaju jednom kolizionom domenu
- Sve stanice pripadaju jednom *broadcast* domenu

- **Funkcija**
 - Sve što dobije na jednom portu emituje na svim ostalim portovima
 - Ako detektuje koliziju šalje *jamming* na sve ostale portove

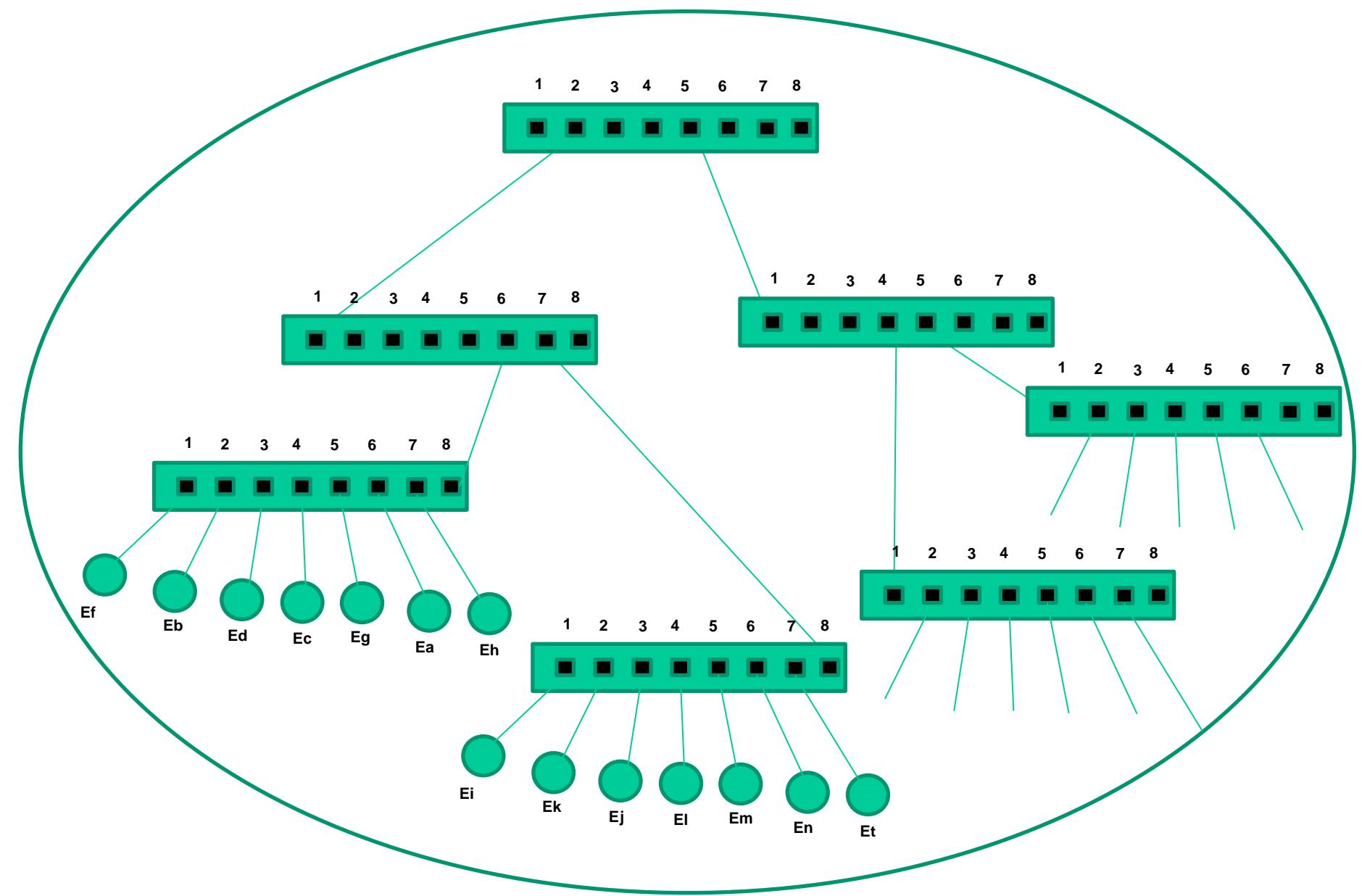


Nivo 2 Ethernet sa habovima (ripiterima)

- Nazivamo ga deljeni Ethernet
- Sve radne stanice dele isti propusni opseg
- Svi paketi se prostiru i pojavljuju svugde
- Svaki hab (ripiter) unosi kašnjenje prilikom propagacije signala i to dovodi do ograničenja u broju habova (ripitera) na Ethernet segmentu
- Sve stanice pripadaju jednom kolizionom domenu
- Sve stanice pripadaju jednom *broadcast* domenu

- Slučaj velikog broja radnih stanica
 - Veliki broj stanica deli isti propusni opseg
 - Verovatnoća da će se dogoditi kolizija raste i kolizije se često događaju
 - Vreme odziva mreže, sa porastom broja radnih stanica, postaje nedozvoljeno veliko.
- Rešenje problema je upotreba *svičeva*

- Povezuju radne stanice, hbove, svičeve
- Princip rada: paket primljen sa jednog porta emituje na drugi port
- Kako svič zna gde da uputi paket?
 - Svič analizira sve frejmove i na osnovu polaznih Ethernet adresa određuje koja je radna stanica priključena na određeni port.
 - Tabelu sa adresom radne stanice i brojem porta na koji je priključena svič čuva u memoriji.
 - Na osnovu odredišne adrese iz frejma i tabele svič zna na koji port treba da uputi paket.
 - Ima slučajeva kad se frejmovi šalju na sve portove (kada je frejm namenjen svima (broadcast) ili kada se ne zna port sa kojim je povezan sistem sa adresom kojoj je frejm namenjen (svič još nije formirao kompletну tabelu)).



Port	Ethernet adresa
1	Ef
2	Eb
3	Ed
4	Ec
5	Eg
6	Ea
7	Eh
8	Ei
8	Ej
8	Ek
8	El
8	Em
8	Et
8	En

Display Database Entries (100 at a time)

Unit	Port	VLAN	Mac Address	Status
Ageing Time = 1800 secs				
1	3	1	00:40:05:39:ab:00	Learned
1	2	1	00:40:95:03:f8:4a	Learned
1	1	1	00:40:95:1a:fa:68	Learned
1	1	1	00:4f:49:01:1f:5a	Learned
1	1	1	00:50:ba:a8:b5:c2	Learned
1	1	1	00:60:52:02:5b:4d	Learned
1	1	1	00:a0:00:0c:8e:02	Learned
1	1	1	00:c0:df:e0:59:69	Learned
1	1	1	00:e0:1e:ea:6b:b2	Learned
1	1	1	08:00:20:99:e9:c5	Learned
1	1	1	08:00:4e:fa:3a:d8	Learned
Total = 11 Perm = 0				

**Port 3 - radna stanica
Port 2 - radna stanica
Port 1 - svič preko
koga je naš svič
povezan sa ostatkom
mreže**

Nivo 2

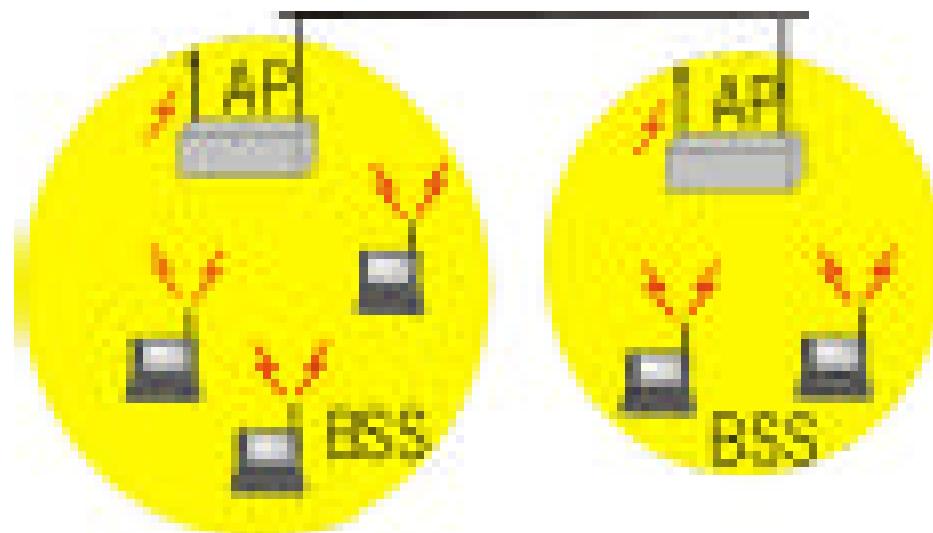
Svičevi [3]



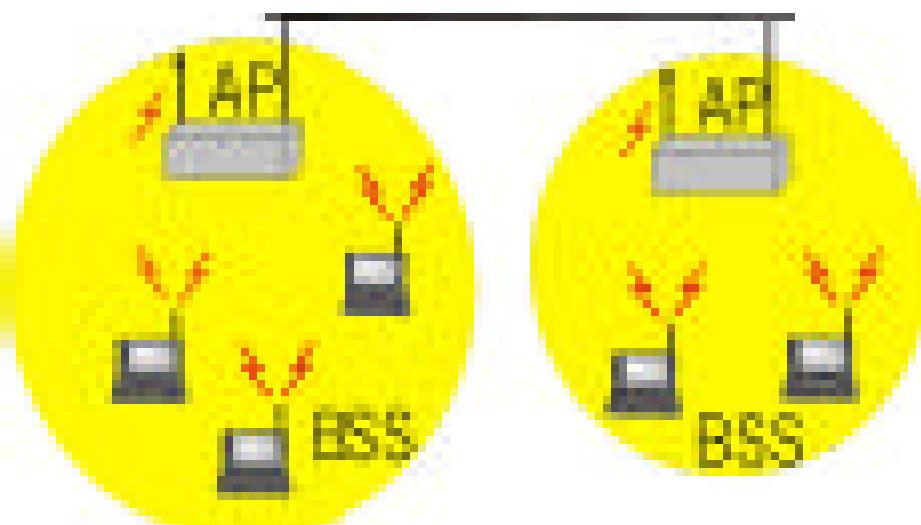
- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• Sve tačke priključene na hab dele isti propusni opseg• Paket koji se pojavi na jednom portu prosleđuje se na sve ostale portove• Sve stanice pripadaju jednom kolizionom domenu• Sve stanice pripadaju jednom <i>broadcast</i> domenu | <ul style="list-style-type: none">• Svaka tačka priključena na svič koristi svoj propusni opseg• Paket koji se primi na jednom portu prosleđuje se na tačno određeni port• Port sviča definiše poseban kolizioni domen• Sve stanice pripadaju jednom <i>broadcast</i> domenu |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

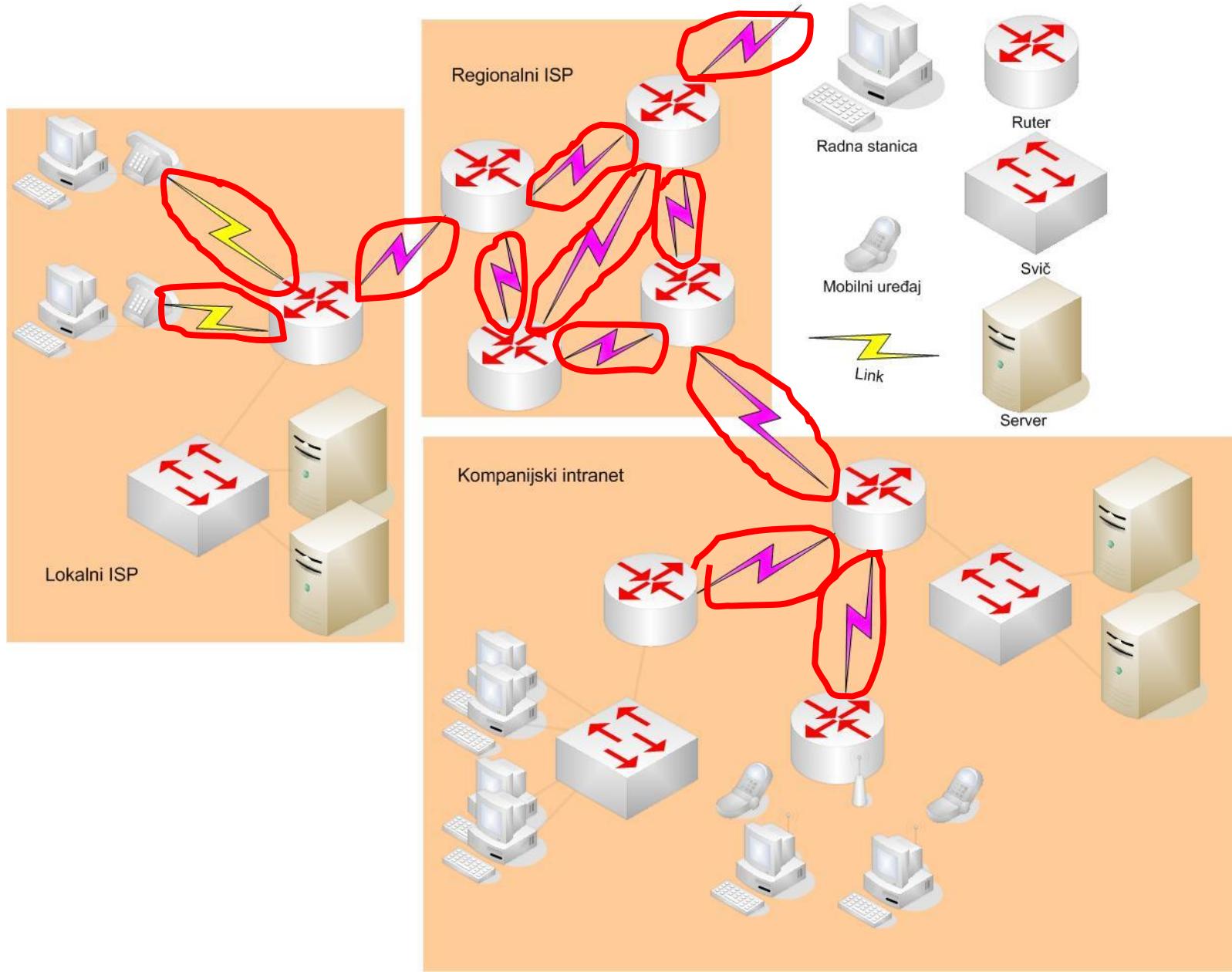
Wireless LANs:

- IEEE 802.11 standard
- MAC protocol
- Slobodni opseg spektra: 900Mhz, 2.4Ghz
- **wireless hosts**
- **access point (AP)**



IEEE 802.11a	54 Mbit/s	1999
IEEE 802.11b	11 Mbit/s	1999
IEEE 802.11g	54 Mbit/s	2003
IEEE 802.16 (WiMAX)	70 Mbit/s	2004
IEEE 802.11n	600 Mbit/s	2009
IEEE 802.11ac (maximum theoretical speed)	6.93 Gbit/s	2012





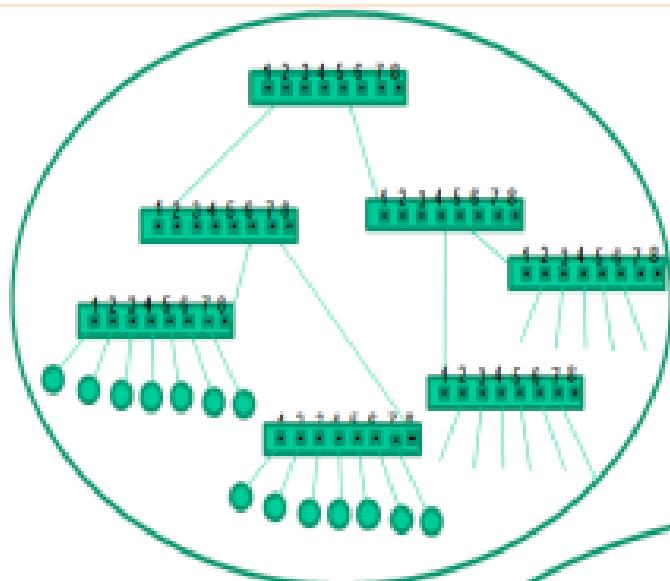
Point-to-Point Protocol, RFC 1661.

Rešava probleme SLIP-a:

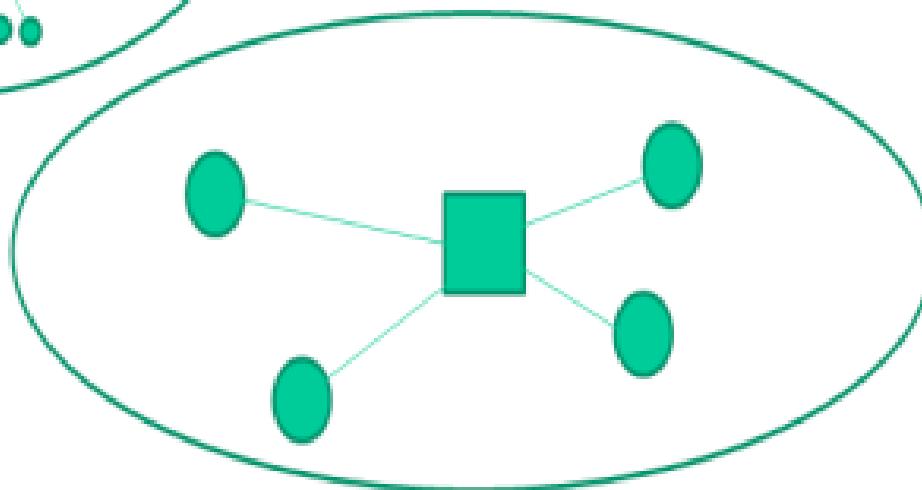
**parametri se dogovaraju prilikom uspostavljanja
veze**

**postoji provera ispravnosti prenosa
podržava i protokole osim IP-a
mogućnost autentifikacije**

Nivo 2

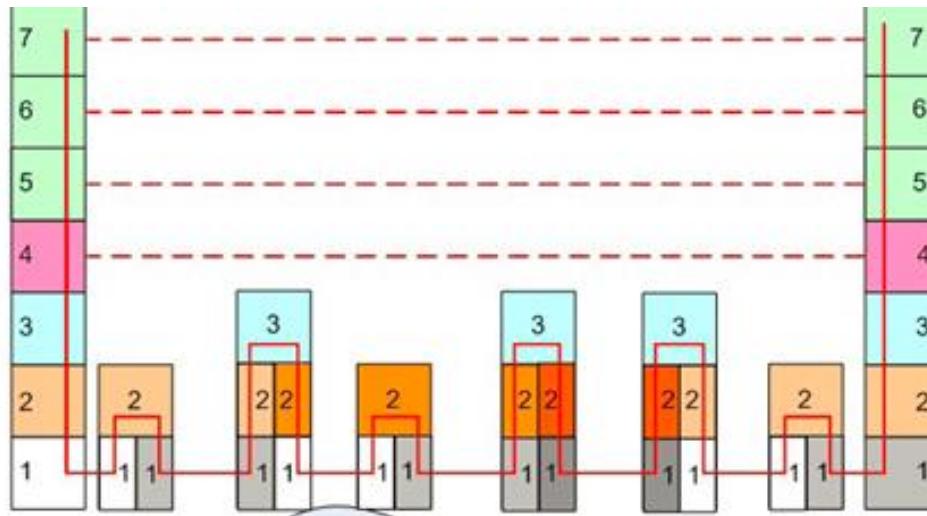


Ethernet



PPP

Nivo 3



Nivo 3

Nivo 3

Ako posmatramo skup uređaja povezanih na isti prenosni medijum, za komunikaciju nam je dovoljan nivo 2.

Šta ukoliko imamo više ovakvih skupova uređaja koji su međusobno povezani?

Nivo 3 opisuje razmenu podataka između ovakvih skupova uređaja.

Daje rešenje sledećih problema:

adresiranje skupova uređaja i samih uređaja
(različita vrsta adresiranja u odnosu na nivo 2)
rutiranje – određivanje putanje prenosa paketa

Nivo 3



Nivo 3 Internet Protokol - IP

RFC 791

Protokol trećeg OSI nivoa

IP paketi imaju zaglavlje i sadržaj

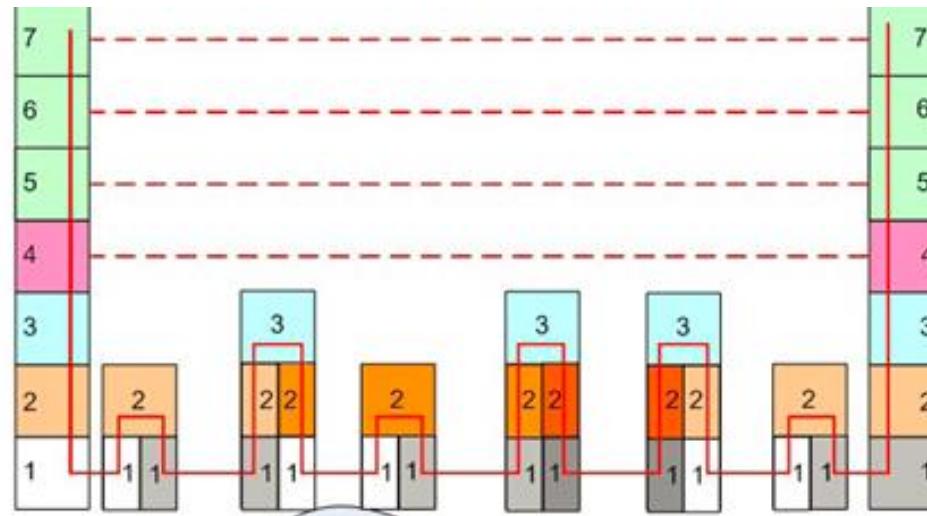
Ne garantuje isporuku

Paketi ne zavise jedan od drugog, prilikom prenosa

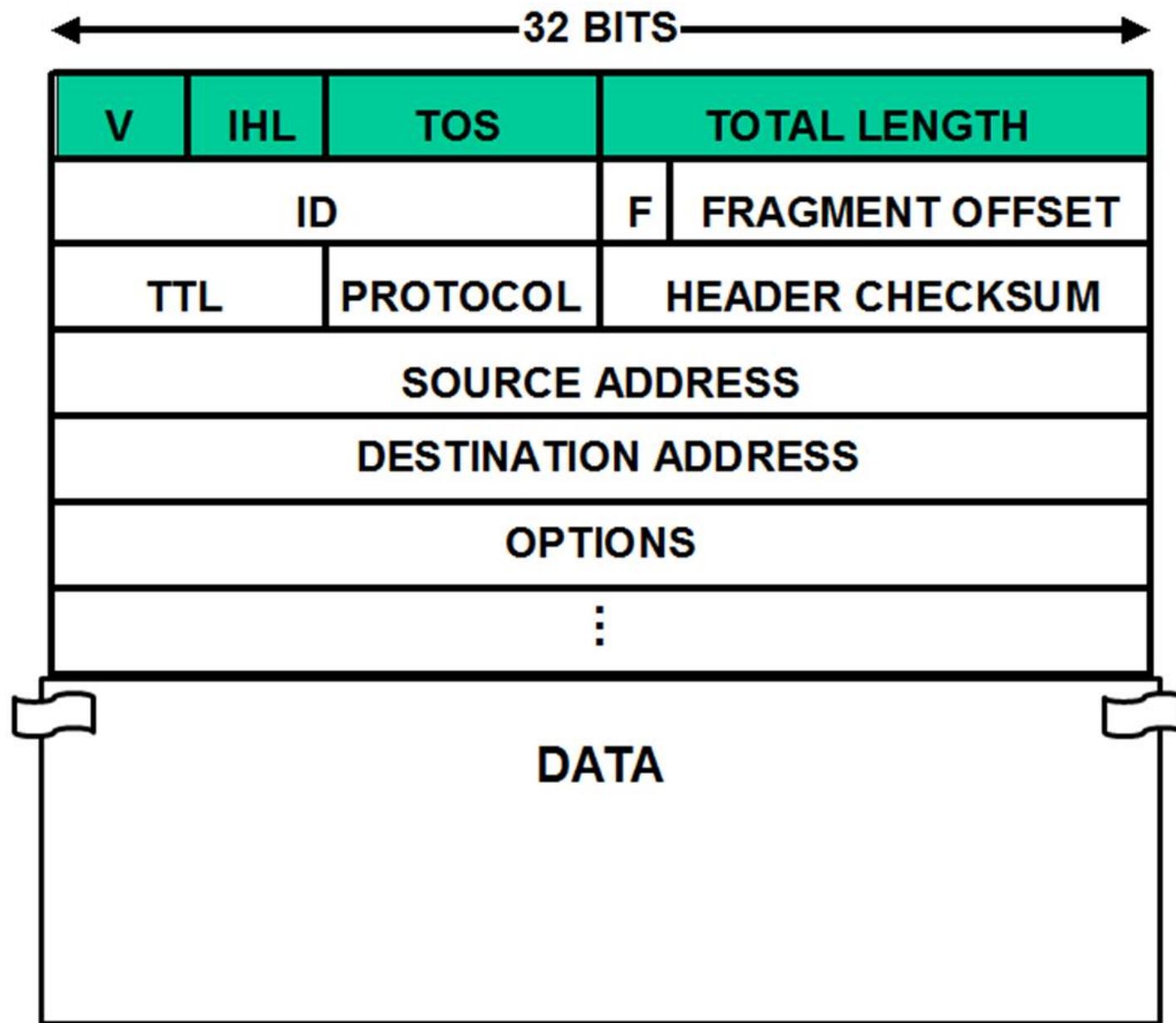
paketi mogu putovati različitim putanjama

Paketi na odredište stižu proizvoljnim redosledom

Nivo 3



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [1]



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [2]

V - verzija

trenutno 4

4 bita

IHL - Internet Header Length

broj 32-bitnih reči u zaglavlju

4 bita

TOS - Type of service

tretman IP paketa u transportu

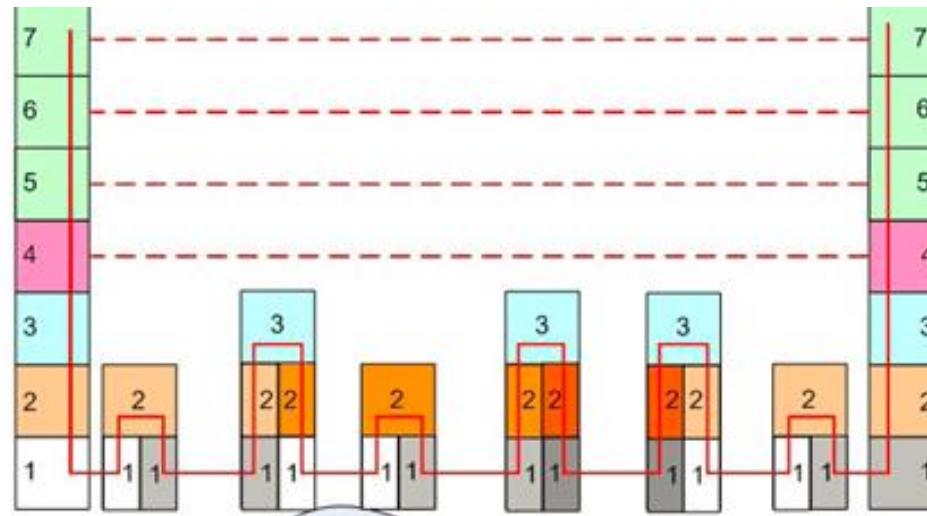
8 bita

TL - Total Length

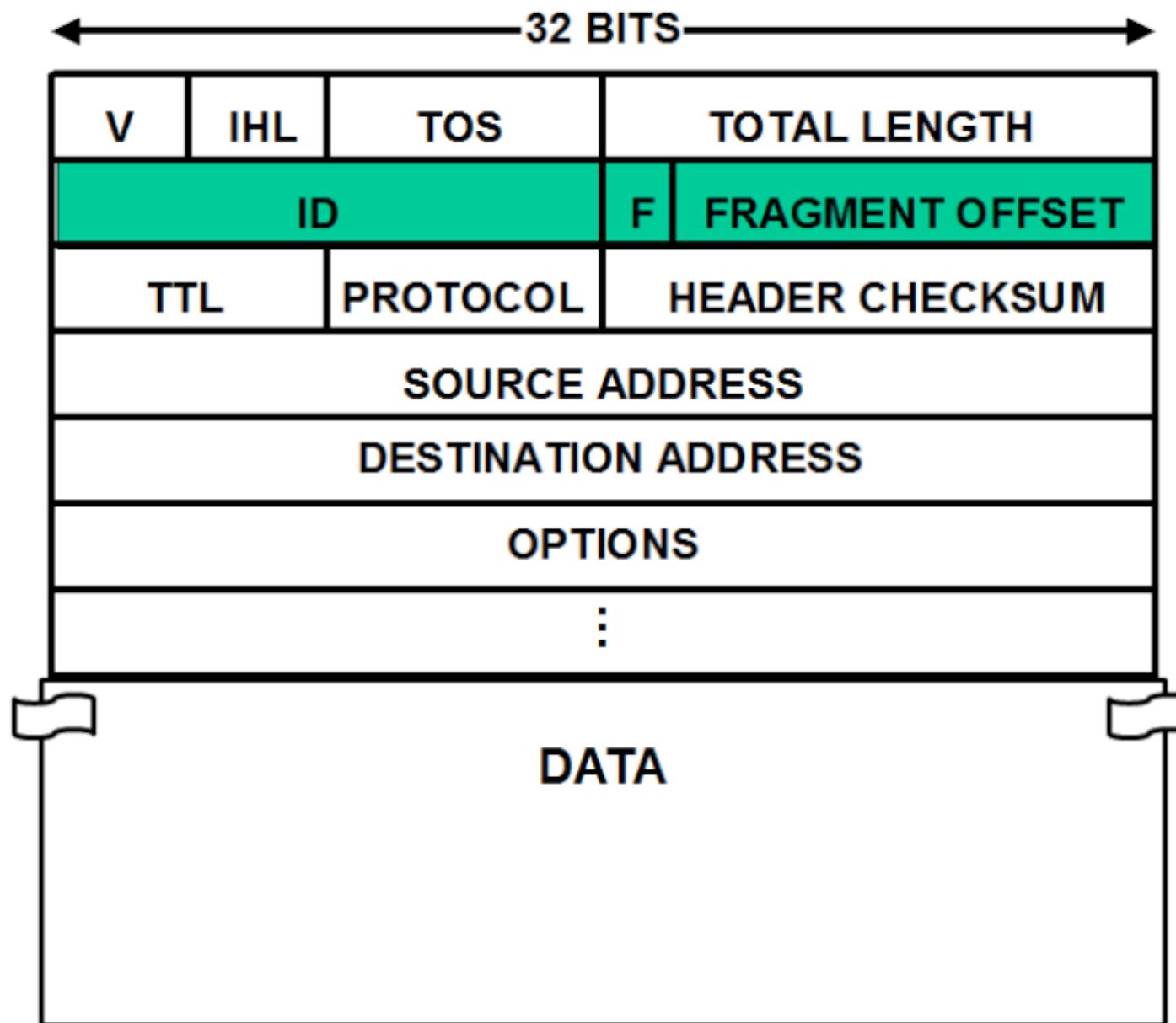
totalna dužina IP paketa u bajtima

16 bita

Nivo 3



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [3]



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [4]

ID - identification

16 bita

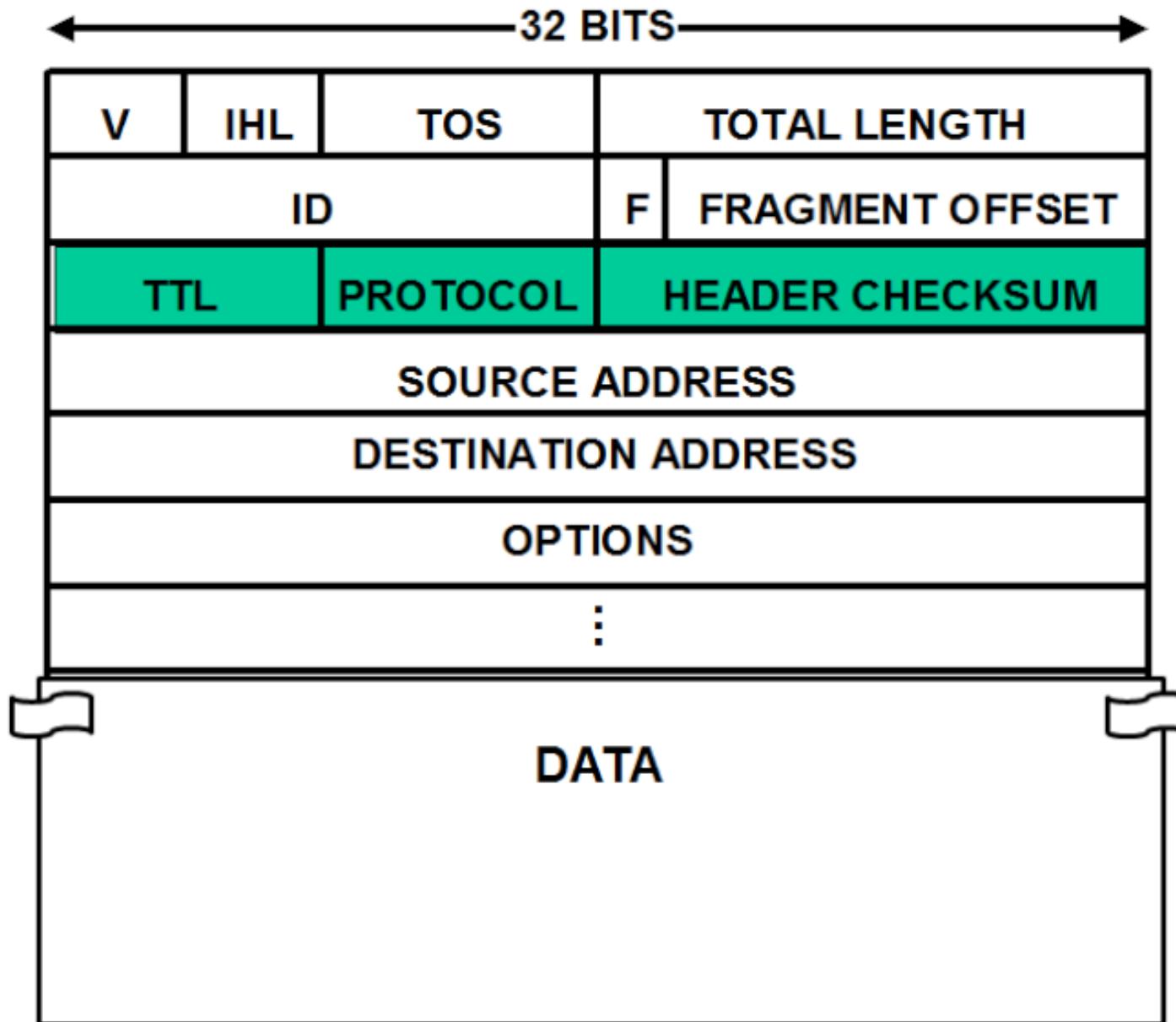
F - Flags

3 bita

FO - Fragment Offset

13 bita

Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [5]



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [6]

TTL - Time to Live

postavlja gornju granicu postojanja paketa u tranzitu

8 bita

Protocol

oznaka protokola višeg nivoa

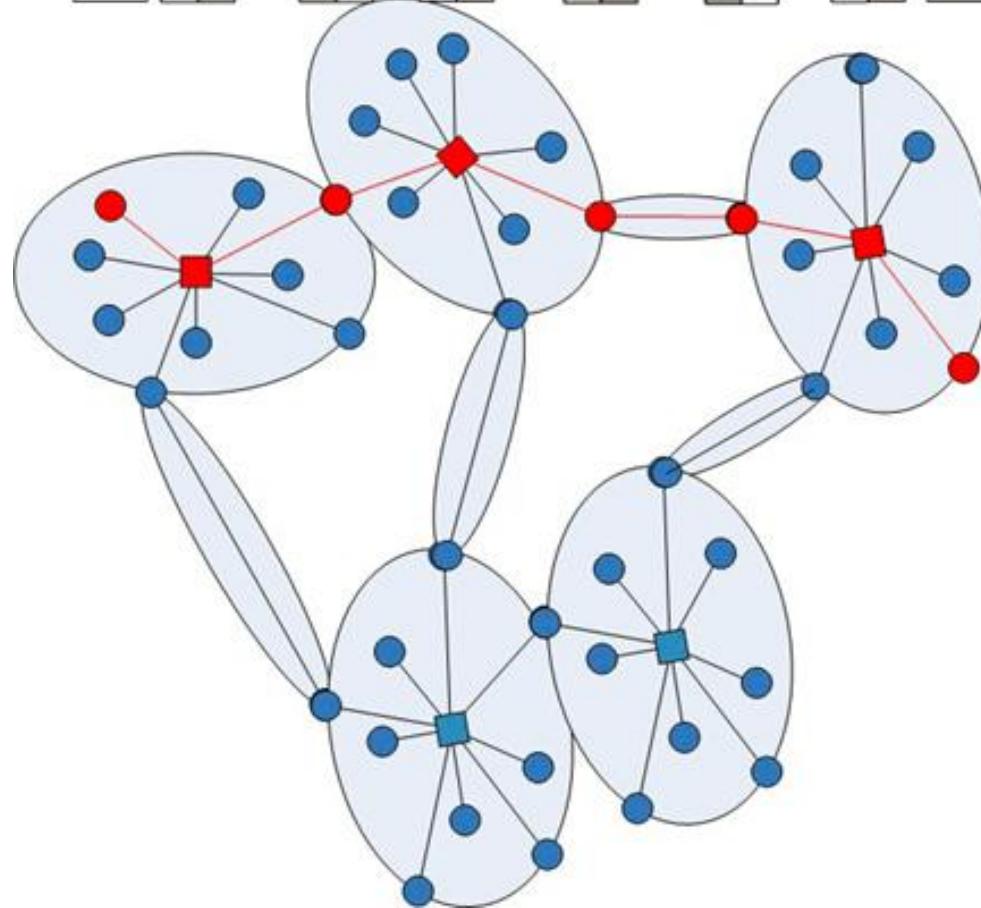
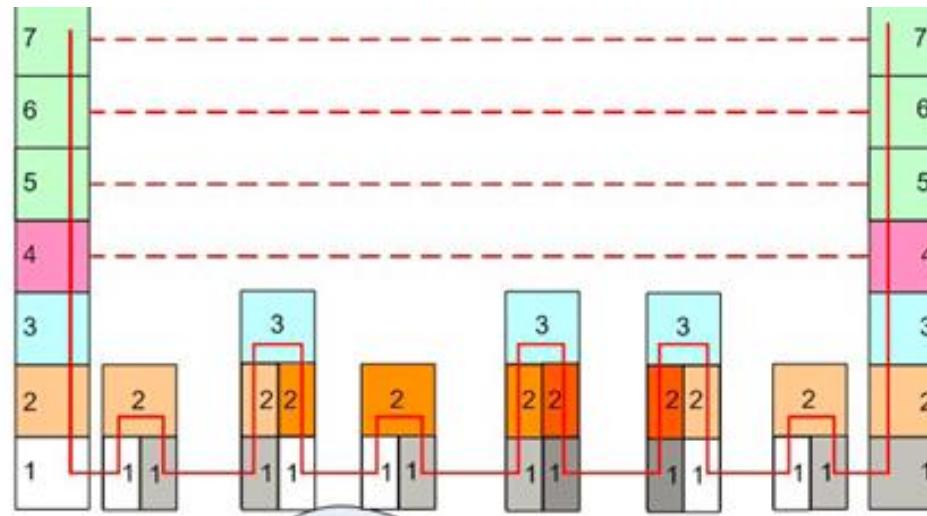
8 bita

Header checksum

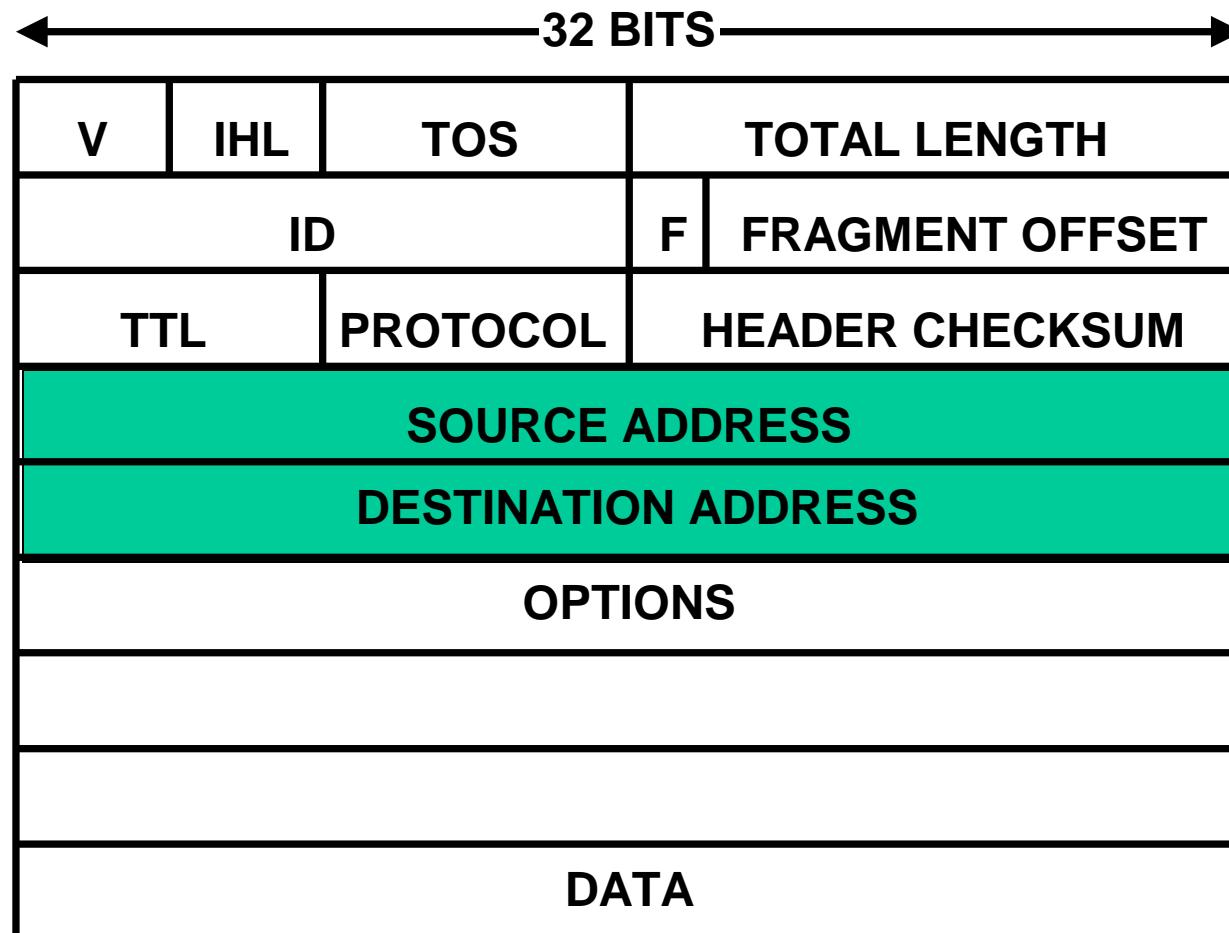
kontrolna suma sadržaja zaglavlja

16 bita

Nivo 3



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [7]



Nivo 3 Detaljan opis IP paketa [8]

SA - Source Address

polazna adresa

32 bita

DA - Destination Address

odredišna adresa

32 bita

Options

DATA

Nivo 3 IP adresa [1]

Neophodna za komunikaciju

32-bitni broj koji se prikazuje kao četiri decimalna broja razdvojena tačkom

Na primer: 192.168.21.23

11000000101010000001010100010111

Dva dela:

oznaka mreže (N početnih bitova adrese), ID mreže

oznaka sistema u okviru mreže (ostatak adrese)

Pitanje kako se određuje N?

Nivo 3 IP adresa [2] - kako do ID mreže

Prvobitna podela je na pet klasa

Klasa A 1.0.0.0 - 127.255.255.255

Počinje sa 0, 7 bita za oznaku mreže, 24 bita za oznaku računara, podrazumevana maska širine 8

Klasa B 128.0.0.0 - 191.255.255.255

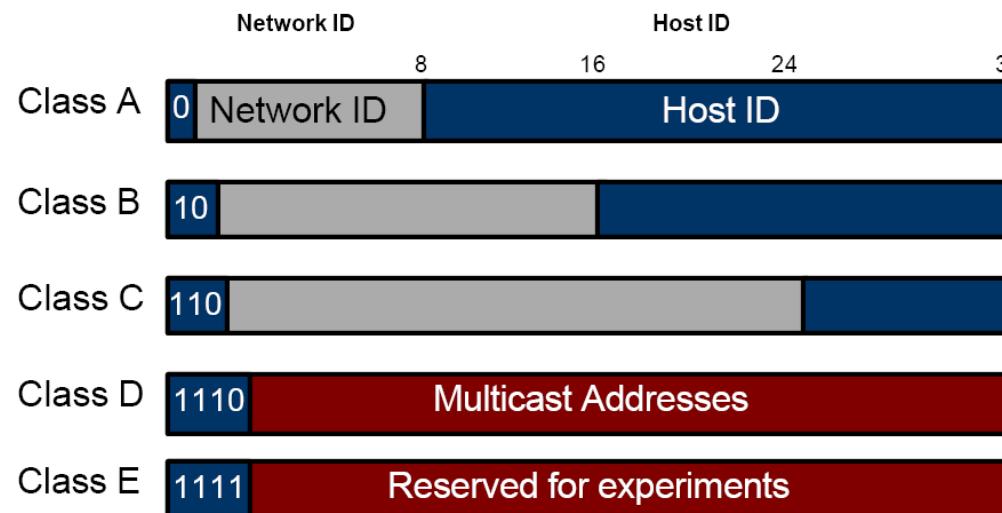
Počinje sa 10, 14 bita za oznaku mreže, 16 bita za oznaku računara, podrazumevana maska širine 16

Klasa C 192.0.0.0 - 223.255.255.255

Počinje sa 110, 21 bit za oznaku mreže, 8 bita za oznaku računara, podrazumevana maska širine 24

Klasa D 224.0.0.0 - 239.255.255.255

Klasa E 240.0.0.0 - 255.255.255.255



Nivo 3 IP adresa [3] - kako do ID mreže

IP Mrežu definišem sa ID i mrežnom maskom.

Broj bita za oznaku mreže određuje je pomoću mrežne maske (od 1 do 30 bita)

Specifičnost mrežne maske (dužina maske) – broj jedinica

Mrežna maska se može zapisati u istom obliku kao i IP adresa

192.168.21.0, 255.255.255.0

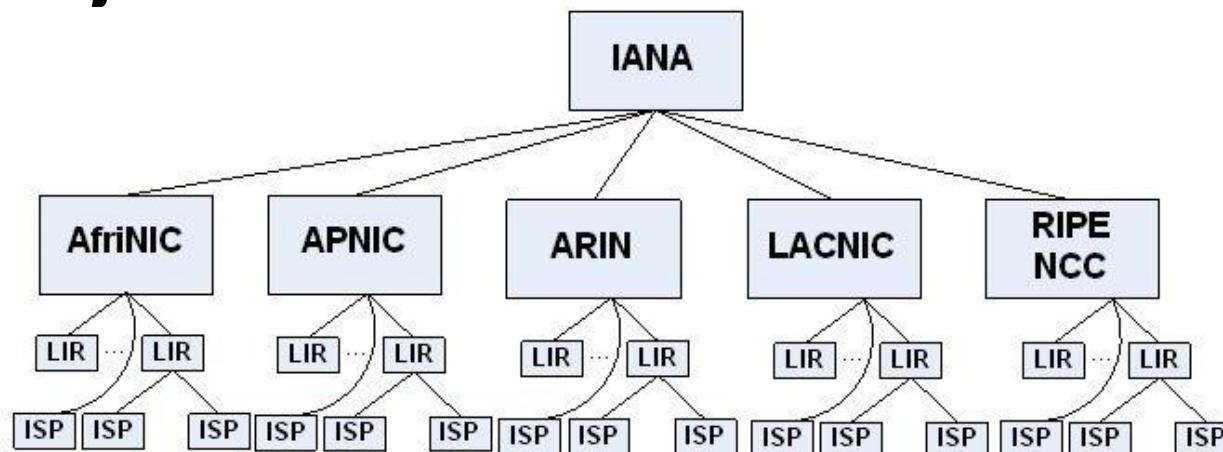
192.168.21.0/24

Javni opseg IP adresa

Javna IP adresa je jedinstvena na Internetu i jednoznačno određuje tačku koja učestvuje u komunikaciji

IANA – *Internet Assigned Numbers Authority*, organizacija zadužena da obezbedi centralnu koordinaciju osnovnih mehanizama na kojima se zasniva funkcionalnost Interneta.

Organizacija:



AfriNIC (African Network Information Centre) - Africa Region

APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) - Asia/Pacific Region

ARIN (American Registry for Internet Numbers) - North America Region

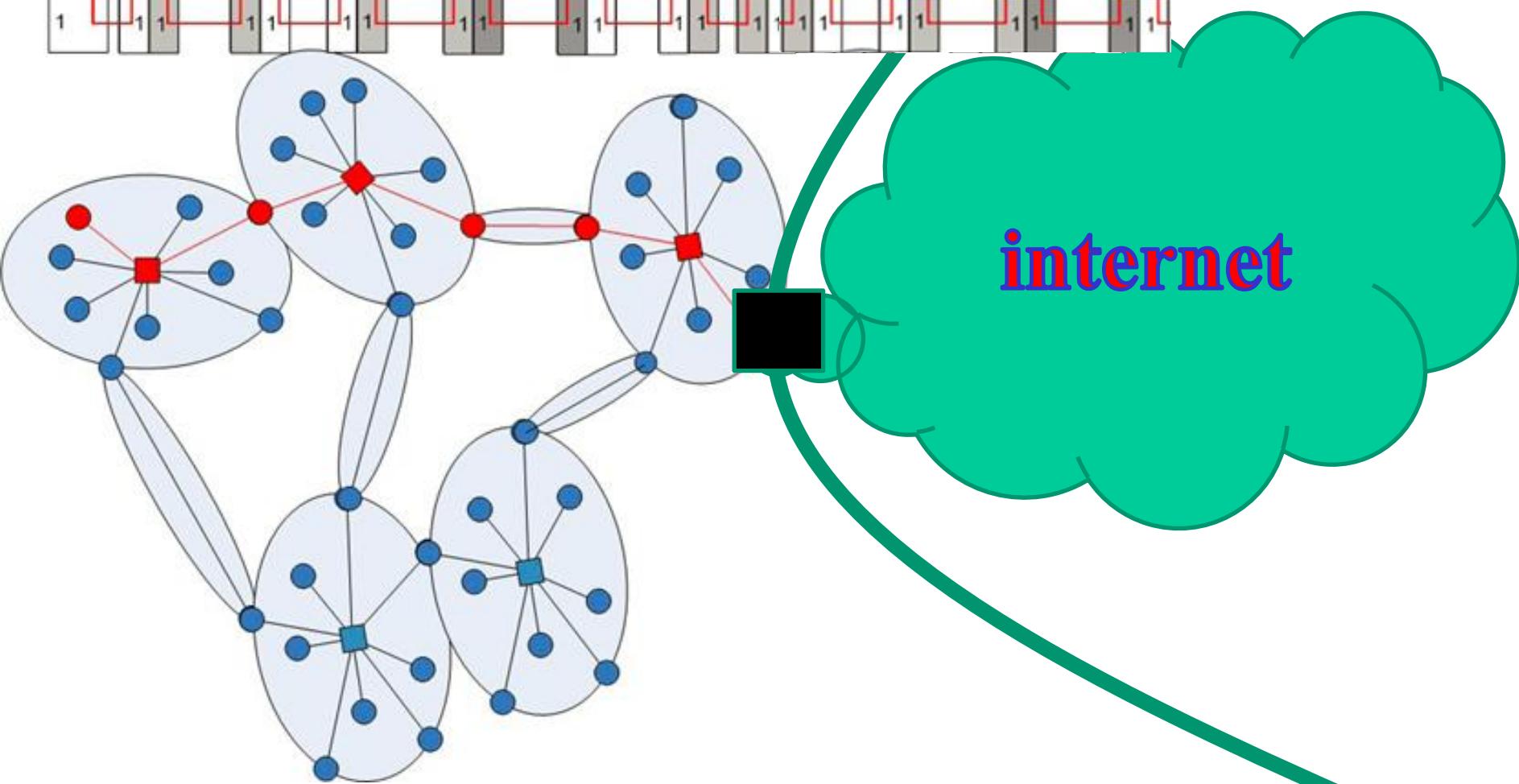
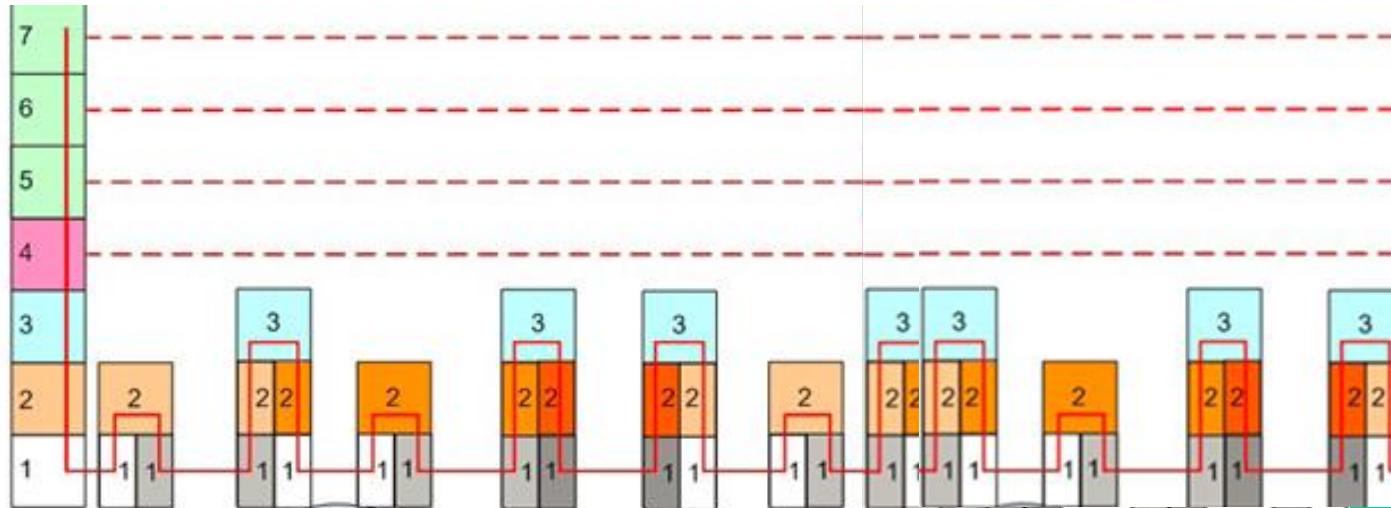
LACNIC (Latin-American and Caribbean IP Address Registry) – Latin America and some Caribbean Islands

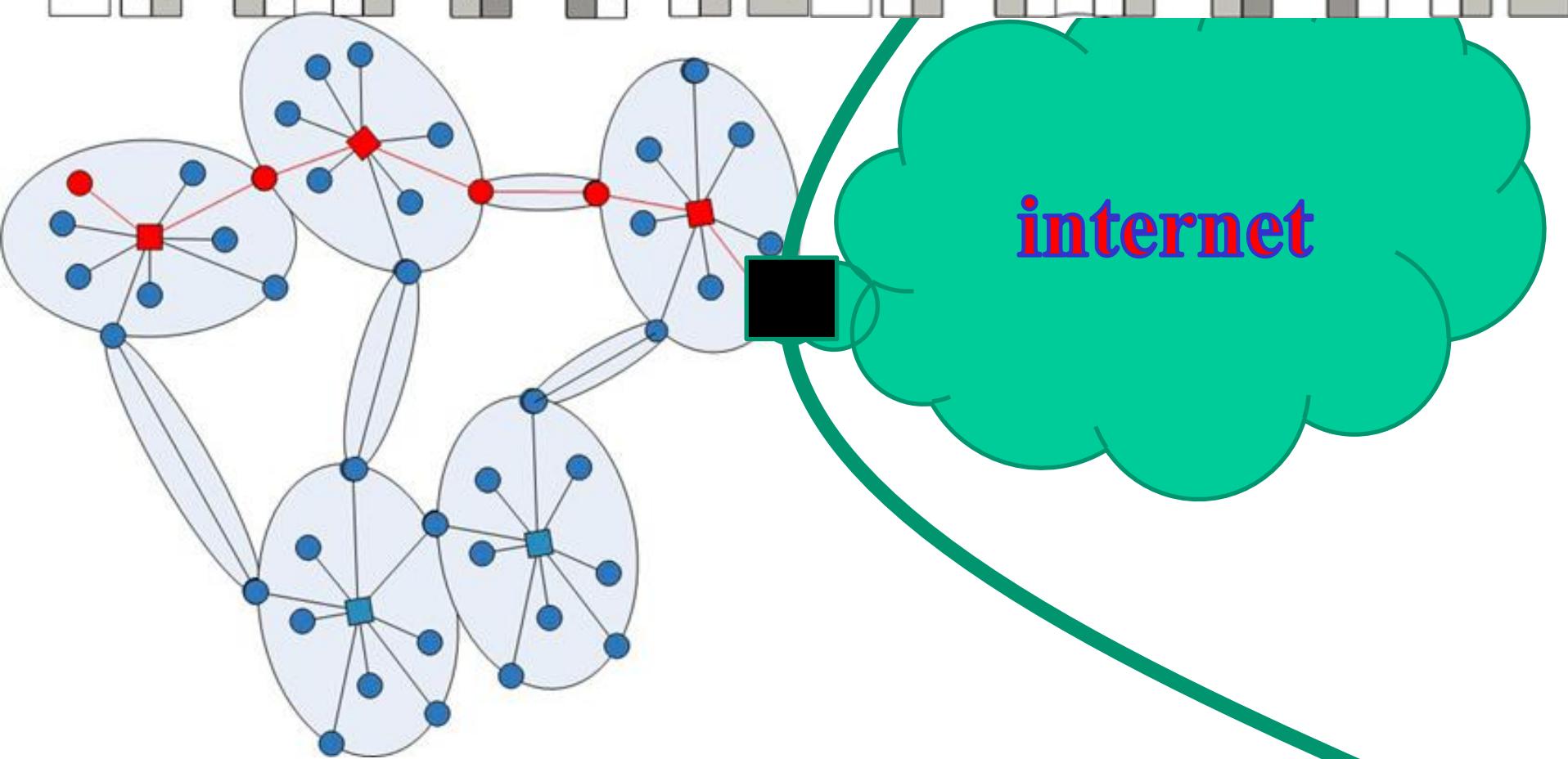
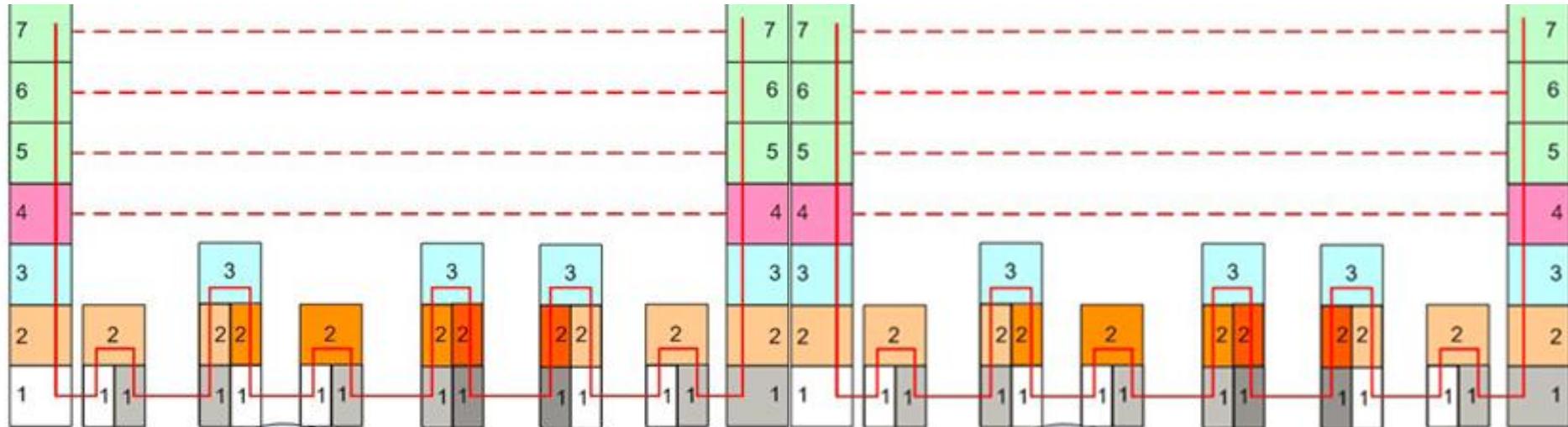
RIPE NCC (Réseaux IP Européens) - Europe, the Middle East, and Central Asia

Pretpostavka: Tačke koje se adresiraju pripadaju složenoj računarskoj mreži koja funkcioniše primenom TCP/IP familije protokola.

Podela:

- Privatne tačke su tačke koje direktno komuniciraju isključivo sa tačkama unutar složene računarske mreže kojoj pripadaju. Pristup javnim servisima ili servisima drugih računarskih mreža ostvaruje se preko posrednika (Proxy, NAT, Aplikativni serveri ...)
- Javne tačke su tačke koje direktno komuniciraju sa drugim javnim tačkama na Internetu





Adresiranje:

- Privatne tačke mogu da koriste adrese koje su jedinstvene u složenoj računarskoj mreži kojoj tačke pripadaju, ali ne moraju biti jedinstvene u odnosu na adrese tačaka koje pripadaju drugim računarskim mrežama. Za adresiranje privatnih tačaka koriste se IP adrese koje pripadaju privatnim IP adresnim opsezima. Privatni adresni opsezi definisani su dokumentom RFC 1918

10.0.0.0 - 10.255.255.255 (10/8 prefix)

172.16.0.0 - 172.31.255.255 (172.16/12 prefix)

192.168.0.0 - 192.168.255.255 (192.168/16 prefix)

Šta se dobija:

Racionalnija upotreba javnih IP adresa, definisanje logičke arhitekture složene računarske mreže u cilju bolje kontrole tokova saobraćaja, povećan stepen bezbednosti u računarskoj mreži

Nivo 3 - 2 IP na lokalnoj mreži

Enkapsulacija:

Ethernet II (DIX, “Bluebook”), RFC 894
802.3, RFC 1042

MTU (*Maximum Transmission Unit*): maksimalna veličina IP paketa koji se može preneti u okviru osnovne jedinice prenosa protokola u koji se IP paket enkapsulira.

Za Ethernet sa Ethernet II enkapsulacijom MTU je 1500 bajtova.

Nivo 3 - 2 Razlika u formatu adresa

IP: 32 bita.

Ethernet: 48 bita.

Mora postojati mapiranje između ovih formata.

Za mapiranje IP – Ethernet koristi se ARP (*Address resolution protocol*), RFC 826.

Za obrnuto mapiranje koristi se RARP (*Reverese ARP*).

Nivo 3 - 2 ARP: mehanizam

Stanica A: 192.168.24.1, 0:40:99:3:15:6.

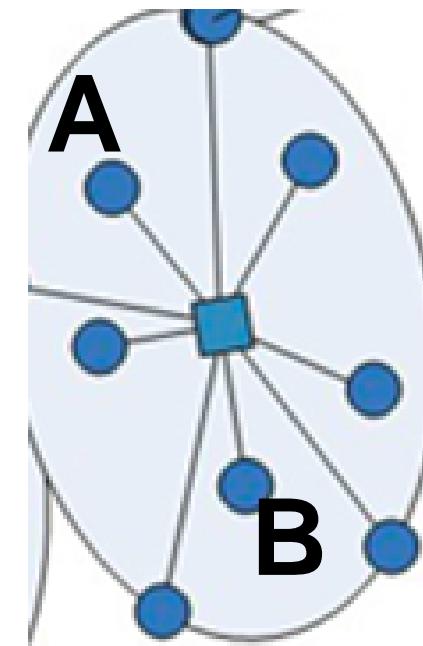
Pitanje: Ko ima IP adresu 192.168.24.2?

Paket sa ARP upitom se šalje na specijalnu Ethernet adresu ff:ff:ff:ff:ff:ff (tzv. *broadcast* adresa).

Stanica B: 192.168.24.2, 0:4f:37:1:1f:5a.

Odgovor: 192.168.24.2 je na 0:4f:37:1:1f:5a.

Paket sa odgovorom se šalje na Ethernet adresu 0:40:99:3:15:6.



Nivo 3 - 2 RARP

Primer upotrebe: stanica koja učitava sistemski softver preko mreže.

Danas se više koriste moderniji protokoli (BOOTP, DHCP).

Nivo 3 - 2 IP na p-t-p vezama

Adrese na OSI 2 nivou ne postoje.

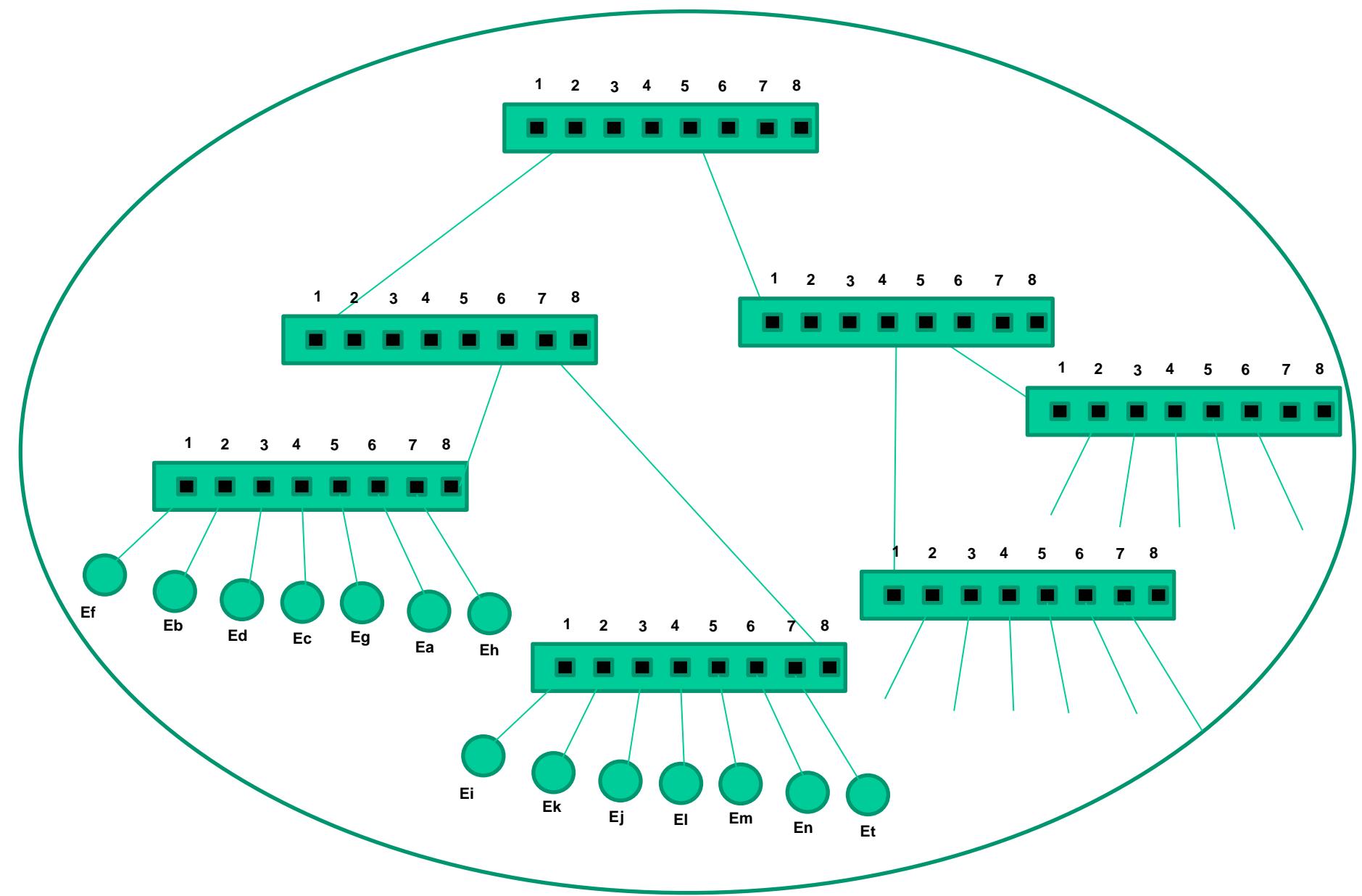
Na OSI 1 nivou može se koristiti asinhroni ili sinhroni prenos.

Dva metoda za IP enkapsulaciju na p-t-p vezama:

SLIP (*Serial Line IP*), RFC 1055, jednostavan metod koji se danas relativno retko koristi.

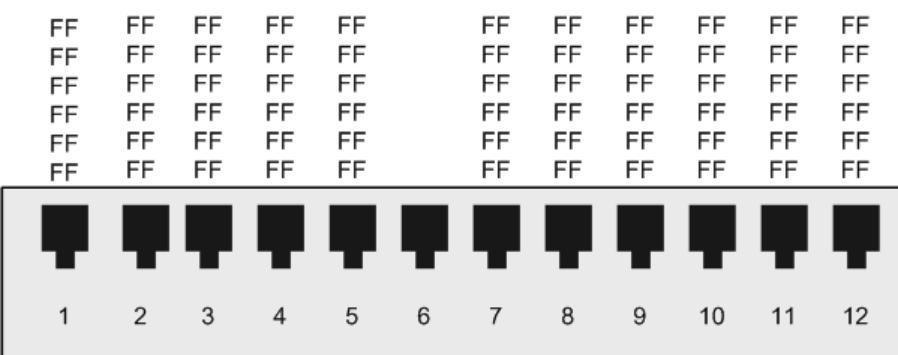
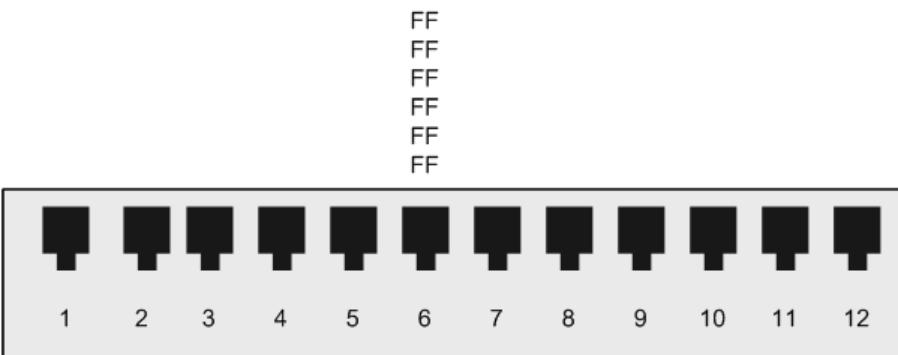
PPP (*Point to Point Protocol*), RFC 1661, može da posluži i za enkapsulaciju drugih protokola.

- **Činjenica** - Korporativne mreže povezuju velik broj radnih stanica;
- **Činjenica** - Upotreba Ethernet protokola u WAN delu, za posledicu ima povezivanje velikog broja radnih stanica;
- **Problem** - Kontrola saobraćaja na nivou 2 gotovo da nije moguća, narušena bezbednost i funkcionalnost mreže;
- **Problem** - Veliki broadcast domeni stvaraju tehničke probleme koji mogu izazvati prekide funkcionalnosti mreže;
- Rešenje – Mehanizam za podelu broadcast domena, njihovo povezivanje preko nivoa 3

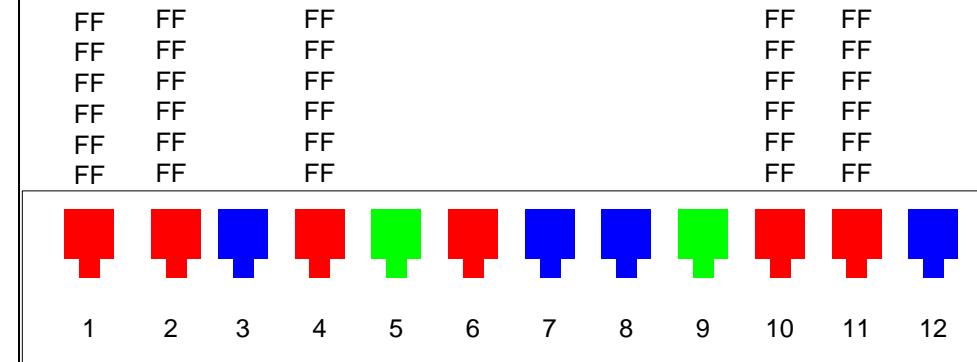
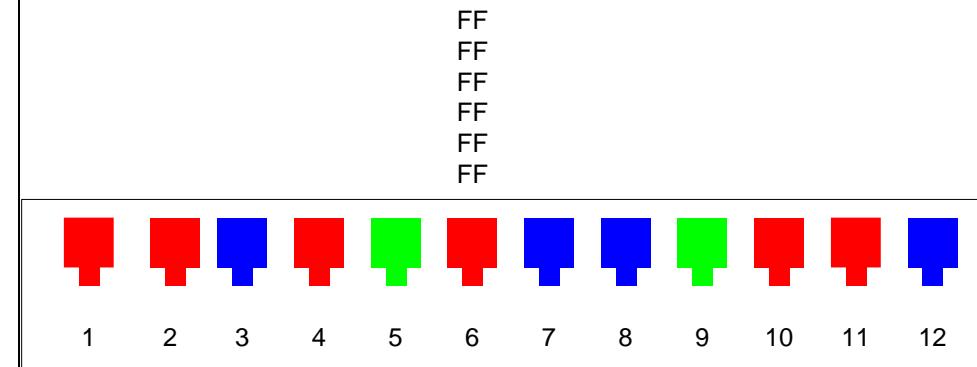


- **Običan svič** – Frejm adresiran na *broadcast* adresu prosleđuje na sve portove;
- **Ideja** - Frejm primljen sa jednog porta može da se prosledi samo na portove koji pripadaju istoj grupi kao i port sa kog je primljen frejm;

- Običan svič



- VLAN svič

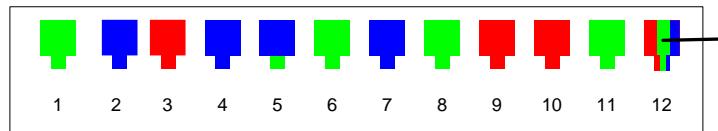
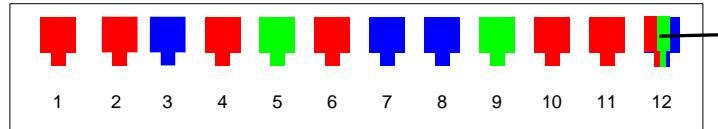


Nivo 2-3

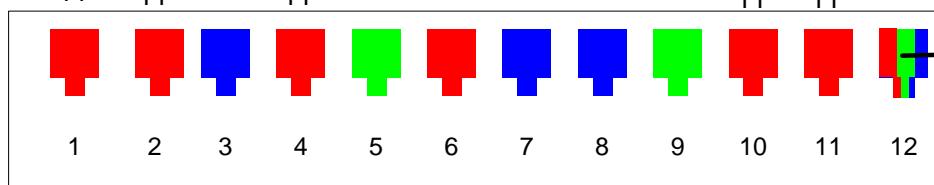
VLAN [4]

- Obeležavanje frejma
 - IEEE 802.1Q

FR
FR
FR
FR
FR
FR

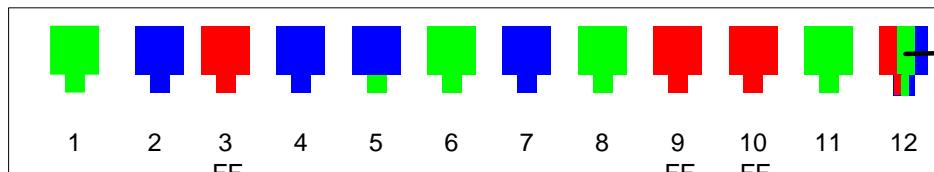


FF FF FF
FF FF FF

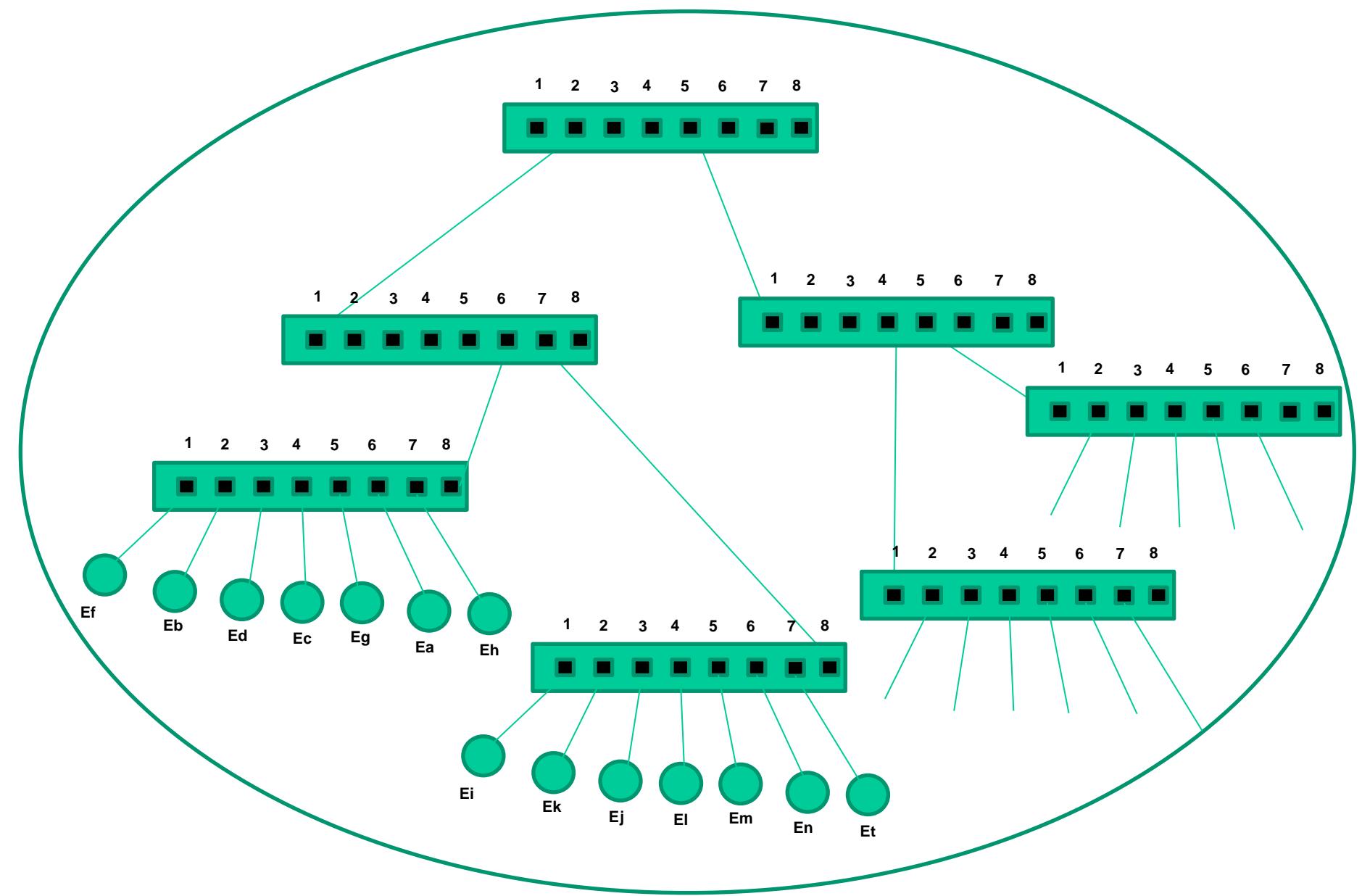


FF FF FF
FF FF FF
FF FF FF
FF FF FF
FF FF FF

F1 F2 F3 F4 F5

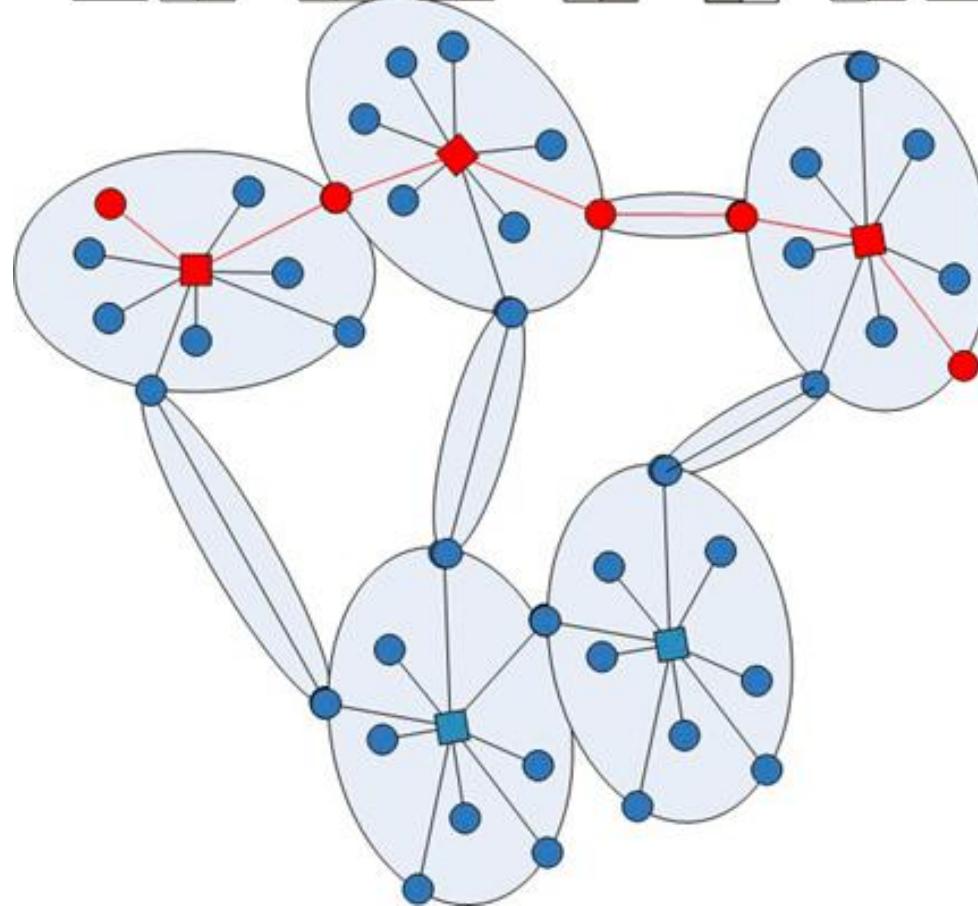
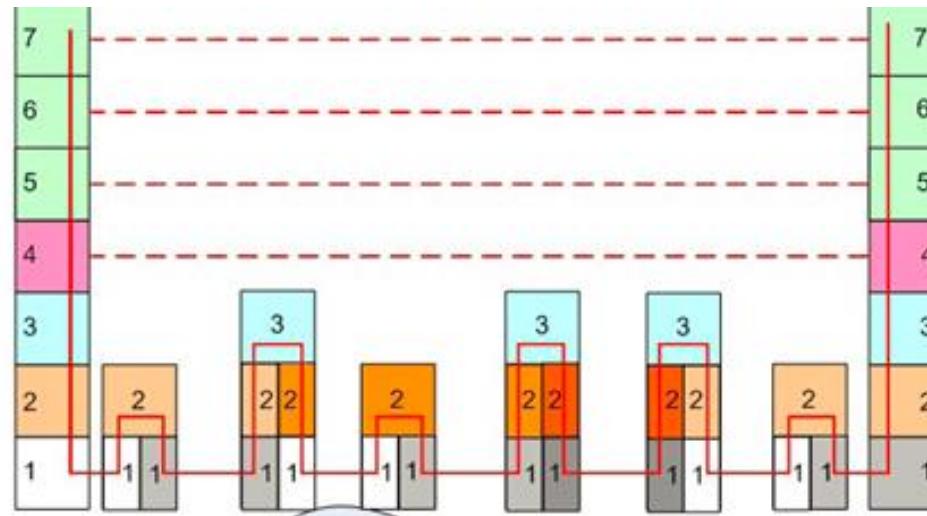


FF FF
FF FF
FF FF
FF FF
FF FF



- **Komunikacija između VLAN-ova** – Samo preko nivoa 3;
- Potrebna veza preko 802.1Q linka sa ruterom ili upotreba svičeva sa implementiranom podrškom za rad sa protokolima nivoa 3 (rutiranjem). (*Layer 3 Switch, L3 Switch*)
- IP subnet se poklapa sa VLAN-om;
- Velike mogućnosti za kreiranje različitih logičkih arhitektura

Nivo 3



Unutar lokalnog segmenta, uređaj na osnovu podešene IP adrese i mrežne maske zna kako da pošalje paket namenjenu drugom uređaju na istom lokalnom segmentu (unutar iste mreže)

Za slanje paketa u druge mreže neophodan nam je posrednik

Ruter – uređaj koji spaja dve ili više mreža

Nivo 3 Rutiranje – osnovni princip

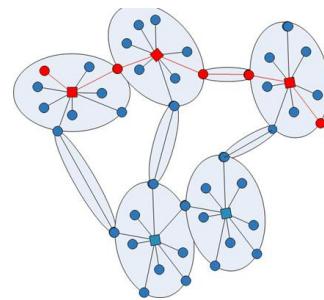
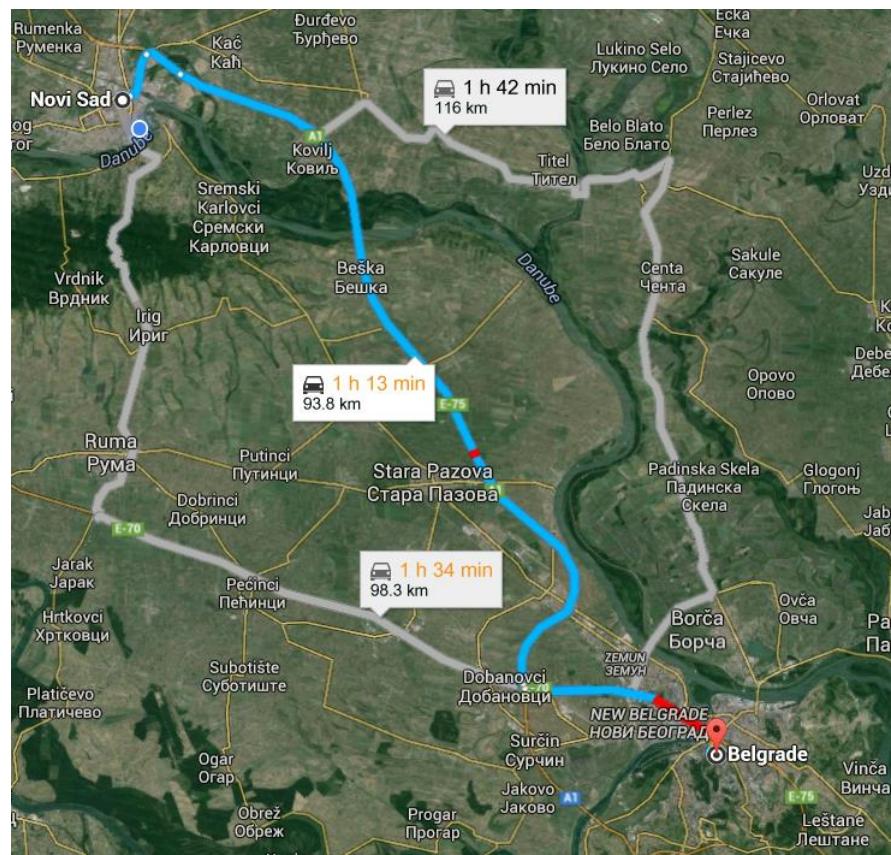
Sve što uređaj treba da zna je:
kome sledećem poslati paket

Ni jedan pojedinačan uređaj ne sračunava celu putanju od polazne do odredišne tačke

Uređaji ne moraju da znaju detalje o udaljenim mrežama, već samo kome se obratiti da bismo do njih došli

Kao posledica, ceo sistem je fleksibilniji i otporniji na promene u topologiji

Nivo 3 Rutiranje – osnovni princip



Nivo 3 Rutiranje – tabela rutiranja

Znanje uređaja o tome kome sledećem treba proslediti paket nalazi se u **tabeli rutiranja**

Red u tabeli rutiranja naziva se **ruta**

Adresa mreže	Mrežna maska	Gateway	Interfejs
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	GigabitEthernet 0
192.168.254.0	255.255.255.252	0.0.0.0	Serial 0
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.254.1	Serial 0

Nivo 3 Rutiranje – tabela rutiranja

Vrednost 0.0.0.0 u koloni gateway označava da je mreža **direktno kontekstovana**, tj. da uređaj ima interfejs u toj mreži

Rute za direktno konektovane mreže dobijamo **automatski** za interfejs koji je: upaljen i ima podešene IP adresu i mrežnu masku

Ostale rute dodajemo **mi**

Adresa mreže	Mrežna maska	Gateway	Interfejs
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	GigabitEthernet 0
192.168.254.0	255.255.255.252	0.0.0.0	Serial 0
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.254.1	Serial 0

Nivo 3 Rutiranje – tabela rutiranja

Ruta sa destinacijom 0.0.0.0 0.0.0.0 naziva se
podrazumevana ruta

**Gateway podrazumevane rute naziva se
podrazumevani gateway**

Adresa mreže	Mrežna maska	Gateway	Interfejs
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	GigabitEthernet 0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.24.2	GigabitEthernet 0

Da bi svaki uređaj mogao da komunicira sa svakim uređajem, neophodno je da svi uređaji imaju znanje o svim mrežama

Uključujući kranje uređaje!

(svaki uređaj koji radi na 3. nivou ima tabelu rutiranja)

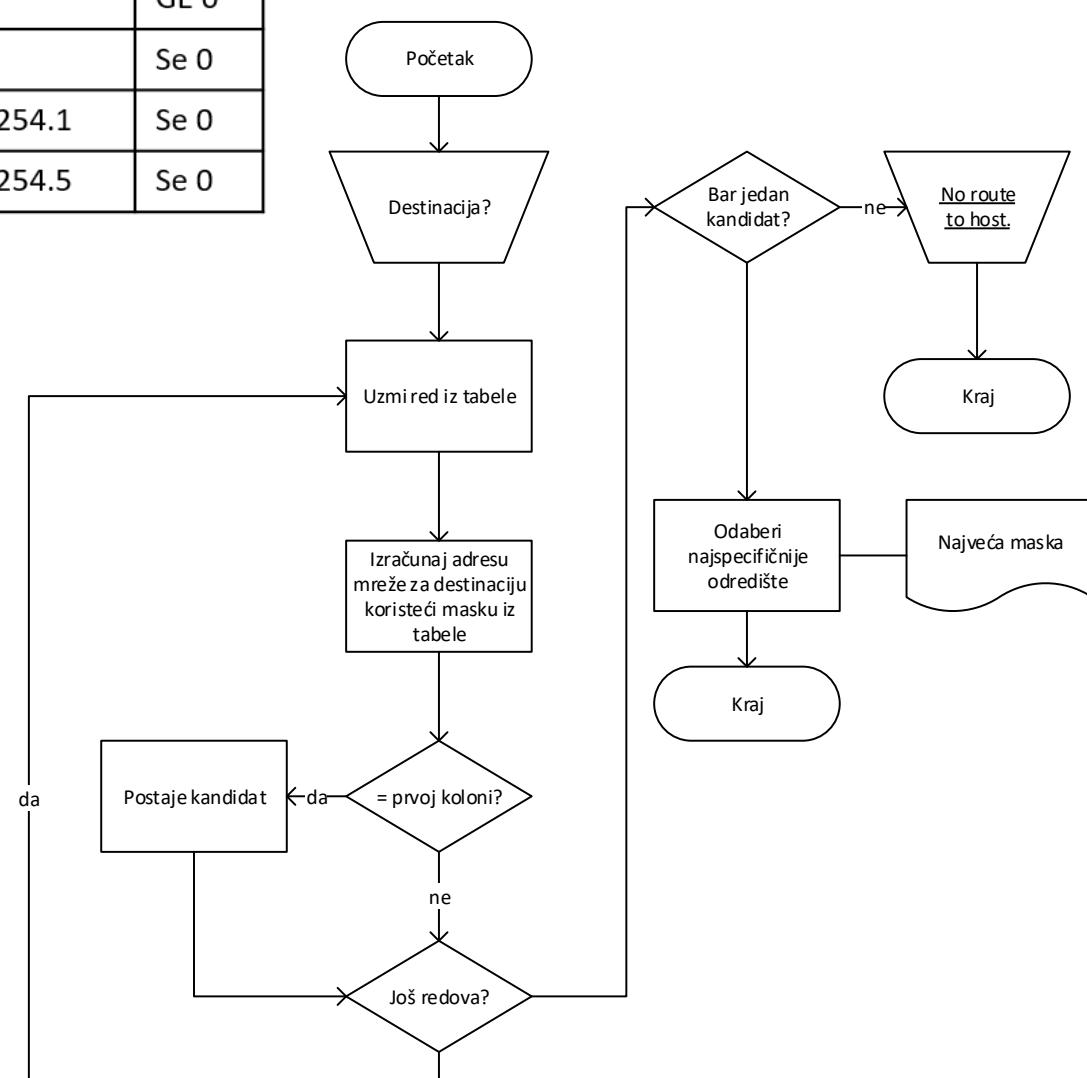
Adresa mreže	Mrežna maska	Gateway	Interfejs
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	GigabitEthernet 0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.24.2	GigabitEthernet 0

Nivo 3

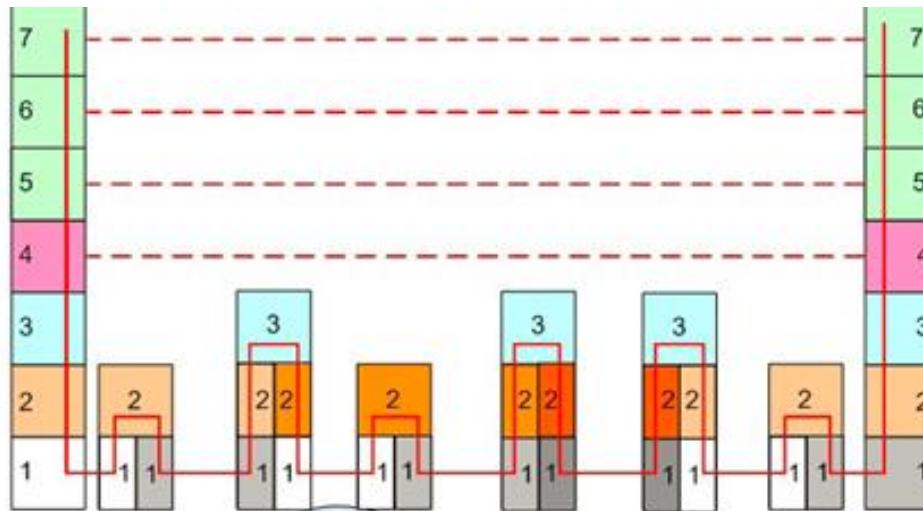
Rutiranje – algoritam

192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	GE 0
192.168.254.0	255.255.255.252	0.0.0.0	Se 0
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.254.1	Se 0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.254.5	Se 0

- Primer 1
 - Destination=**192.168.21.33**
 - Kandidati:
192.168.254.1,
192.168.254.5
 - Odabrana: **192.168.254.1**
- Primer 2:
 - Destination=**8.8.8.8**
 - Kandidati: 192.168.254.5
 - Odabrana: **192.168.254.5**



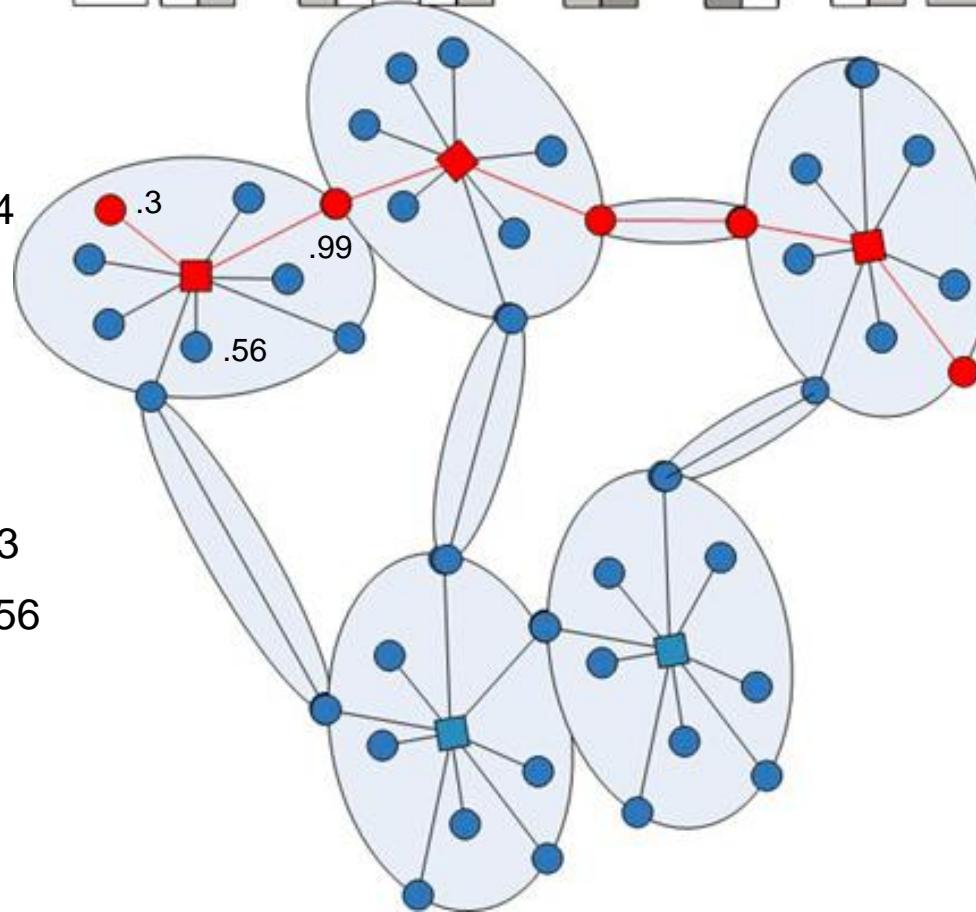
Nivo 3



192.168.21.0/24

SA:192.168.21.3

DA:192.168.21.56



Nivo 3

192.168.21.3>

192.168.21.0 255.255.255.0 0.0.0.0 Eth0

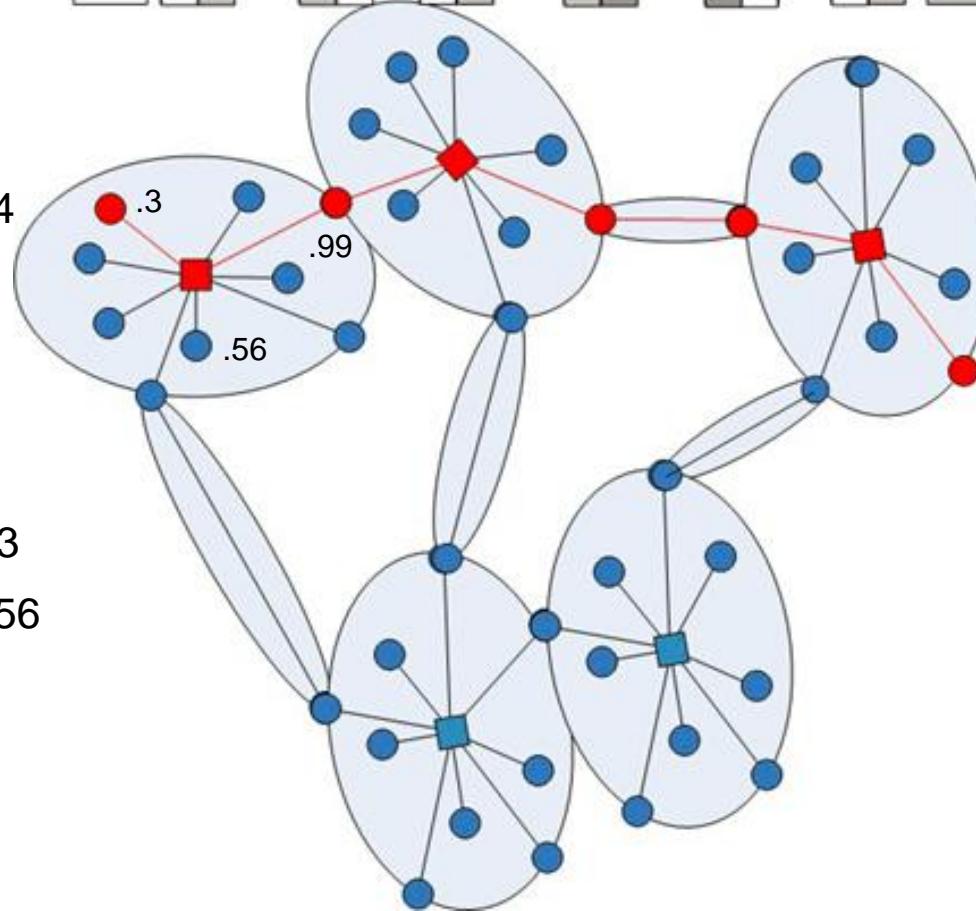
Nivo 3



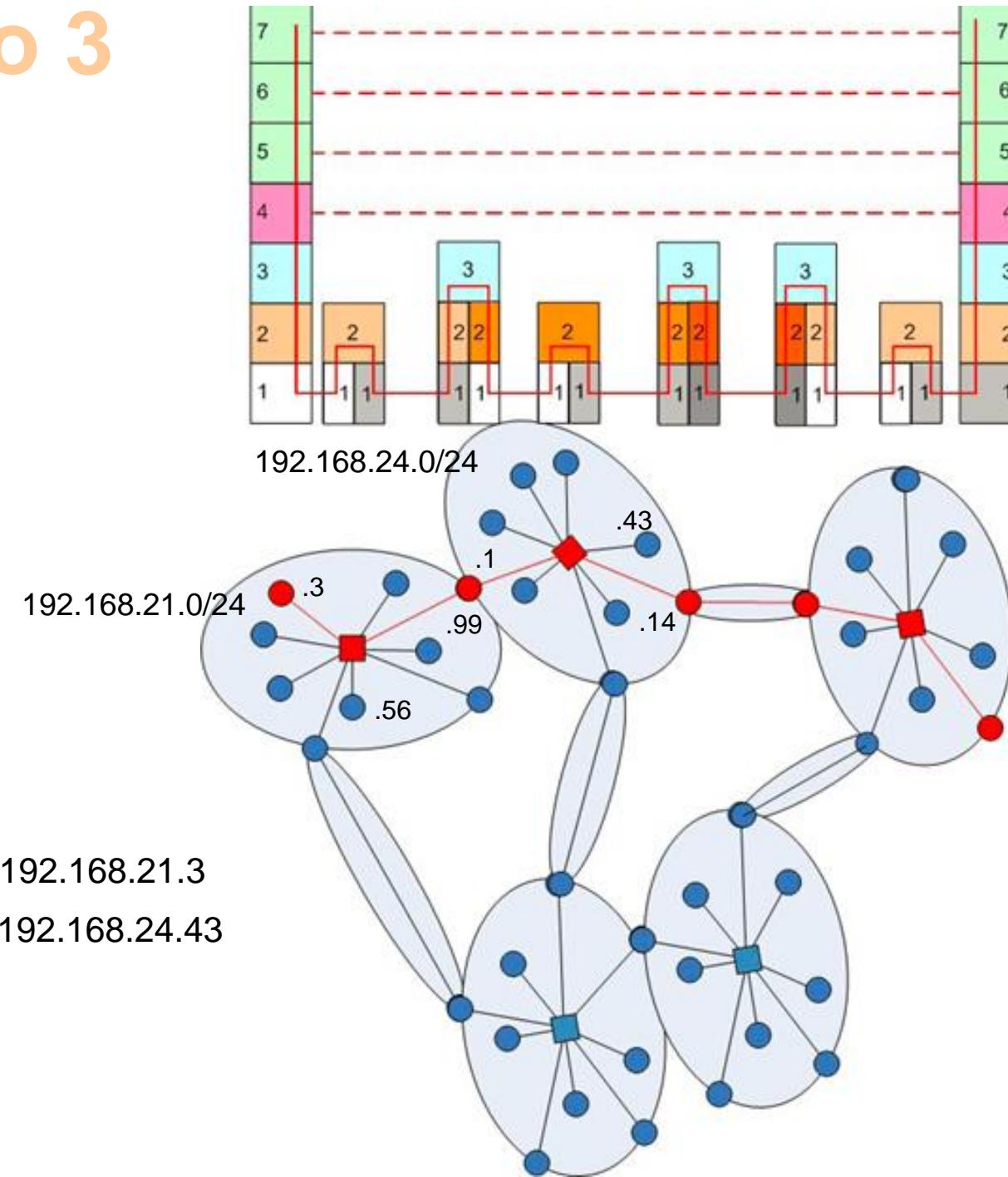
192.168.21.0/24

SA:192.168.21.3

DA:192.168.21.56



Nivo 3



Nivo 3

192.168.21.3>

192.168.21.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.24.0	255.255.255.0	192.168.21.99	

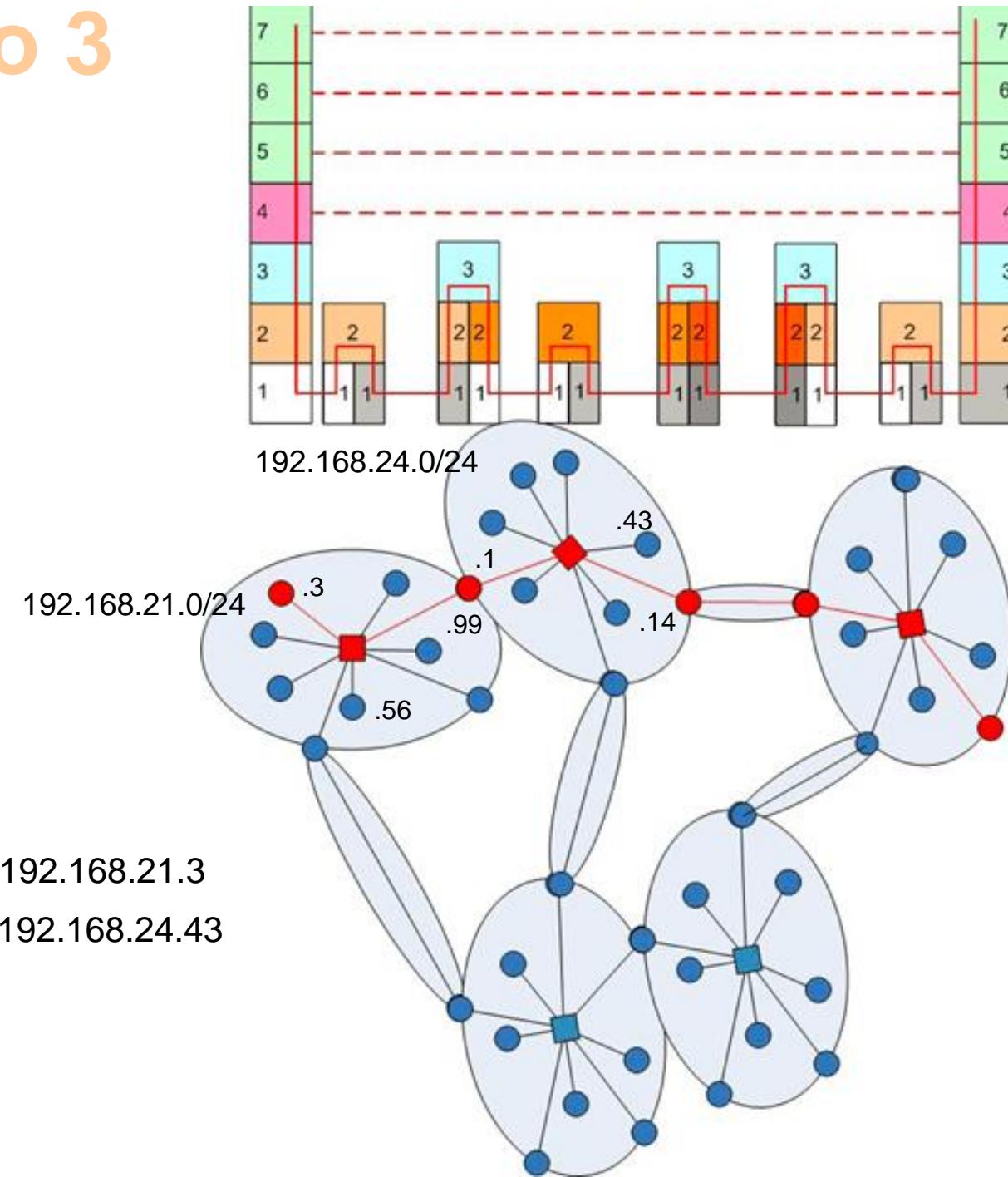
192.168.21.99>

192.168.21.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth1

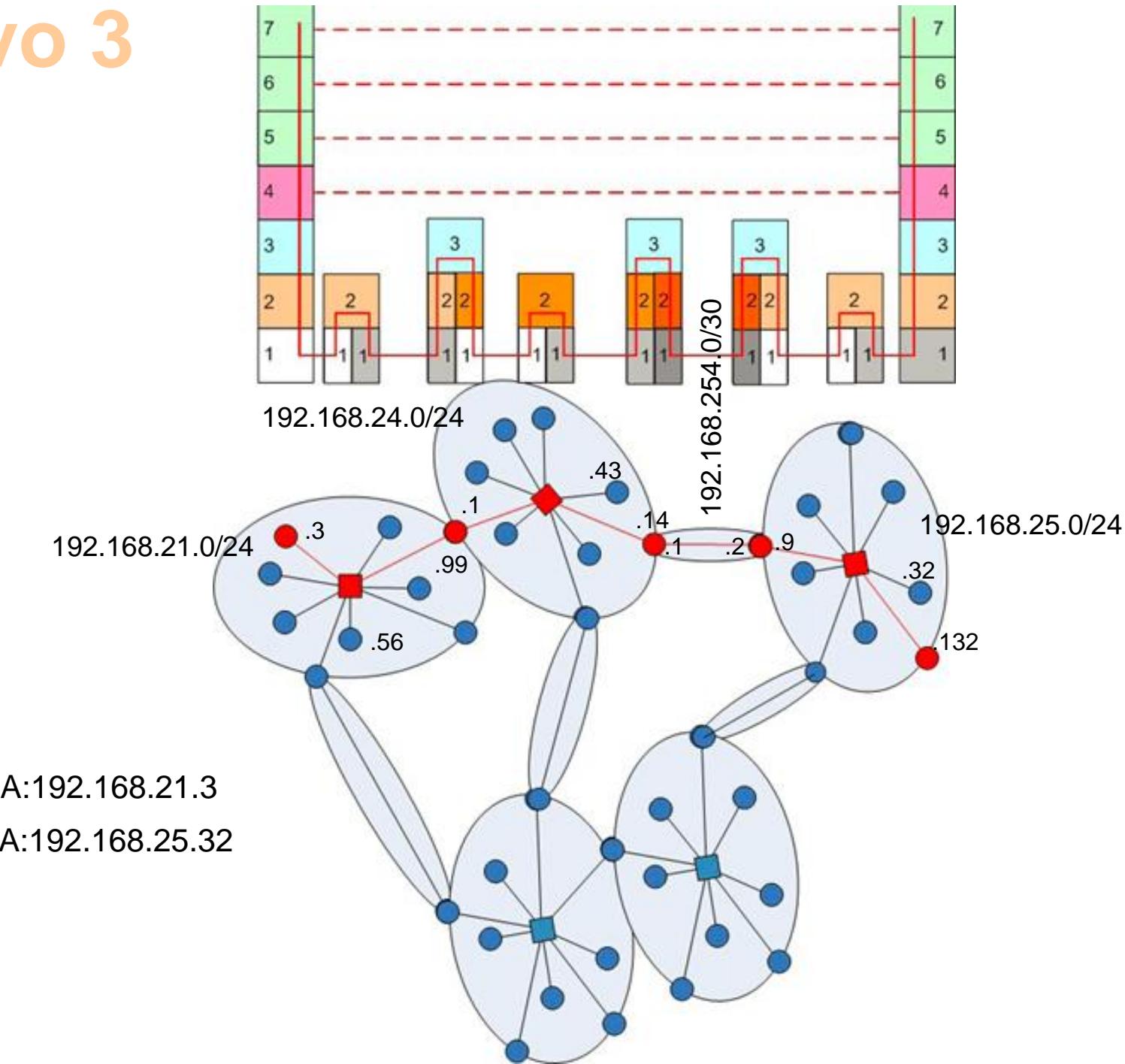
192.168.24.43>

192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.24.1	

Nivo 3



Nivo 3



192.168.21.3>

192.168.21.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.21.99	

192.168.21.99>

192.168.21.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth1
192.168.25.0	255.255.255.0	192.168.24.14	

192.168.24.14>

192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.254.0	255.255.255.252	0.0.0.0	ppp0
192.168.25.0	255.255.255.0	192.168.254.2	
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.24.1	

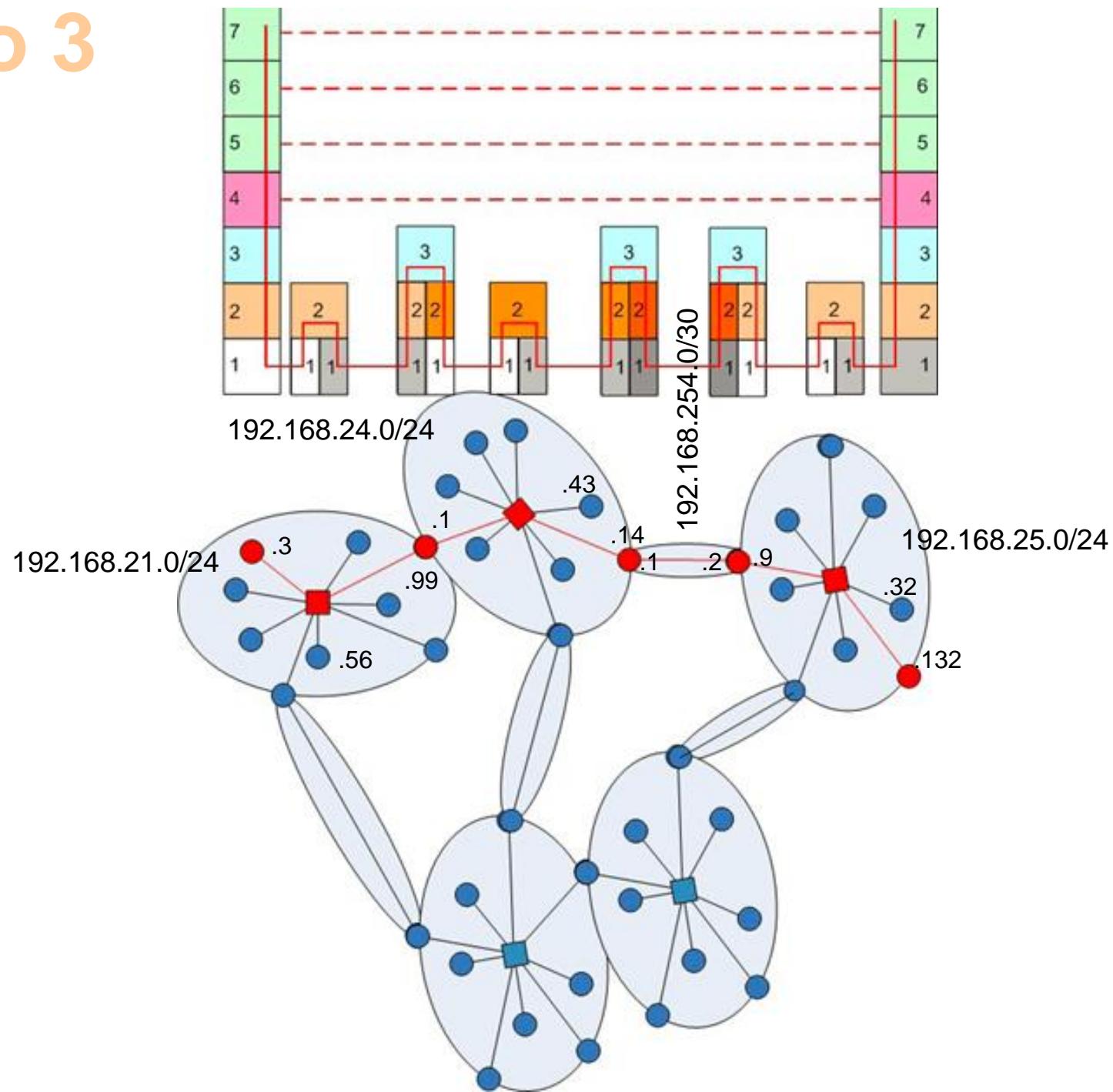
192.168.254.2>

192.168.25.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
192.168.254.0	255.255.255.252	0.0.0.0	ppp0
192.168.24.0	255.255.255.0	192.168.254.1	
192.168.21.0	255.255.255.0	192.168.254.1	

192.168.25.33>

192.168.25.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.25.9	

Nivo 3



Nivo 3

192.168.24.43>

192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.24.14	

192.168.24.43>

192.168.24.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.24.1	

Proširivanjem mreže i povezivanjem većeg broja IP mreža konfigurisanje ruteru postaje složenije; ako se to radi ručno (statički) raste mogućnost greške.

Dinamičko rutiranje je način da se podaci o dostupnosti odredišta i adresama ruteru za pojedina odredišta razmenjuju automatski.
I dalje je potrebna minimalna statička konfiguracija.

Nivo 3 Protokoli za rutiranje [1]

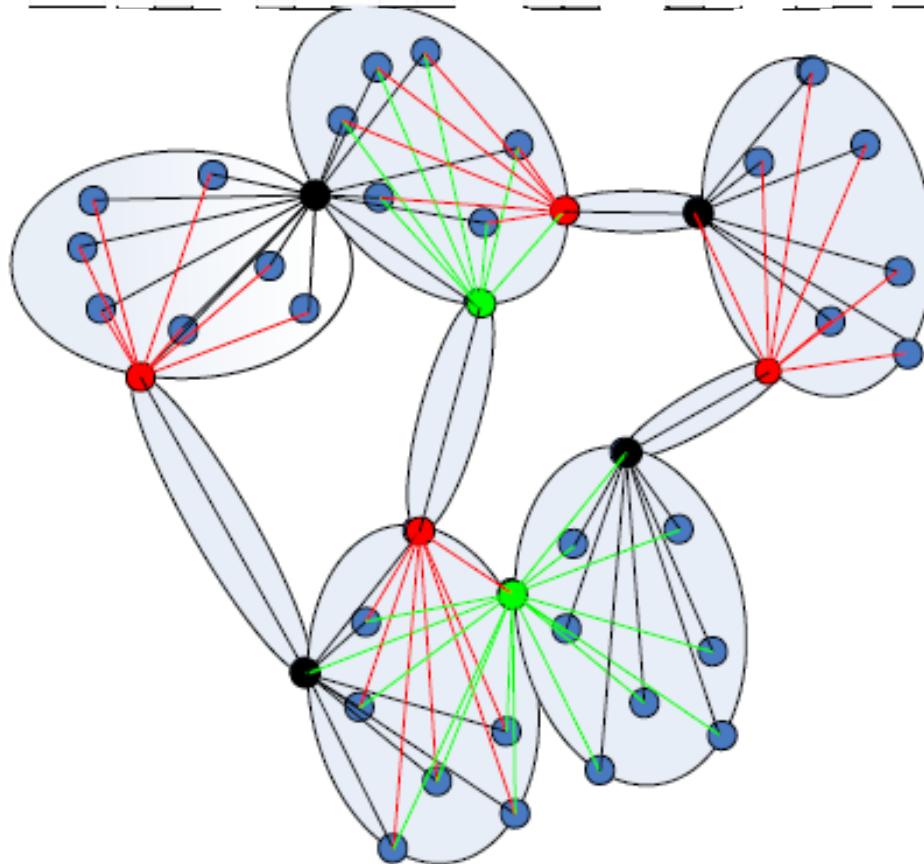
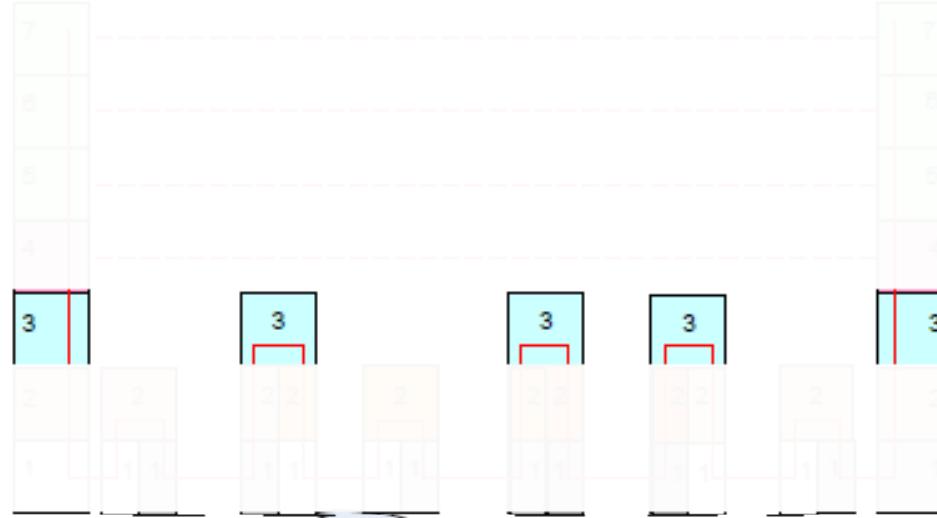
Vektor udaljenosti (*distance-vector*).

Predstavnik: RIP (*Routing Information Proto-col*), RFC 1058.

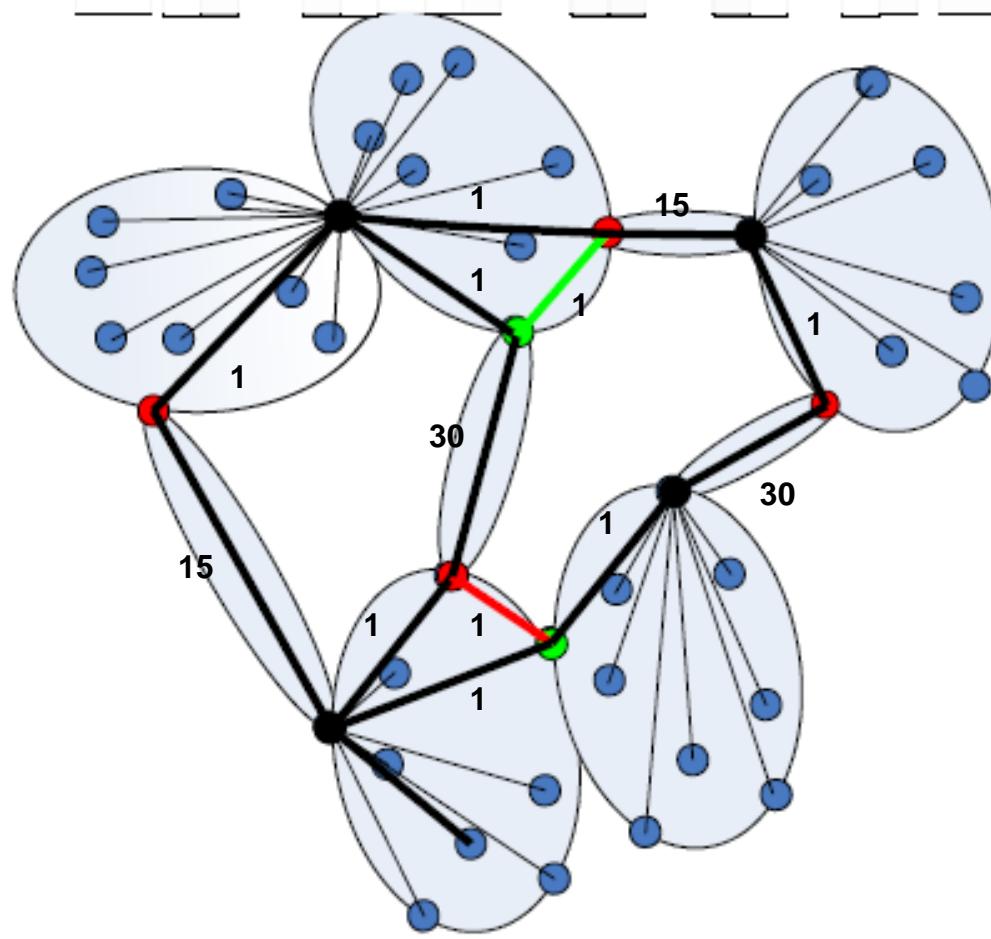
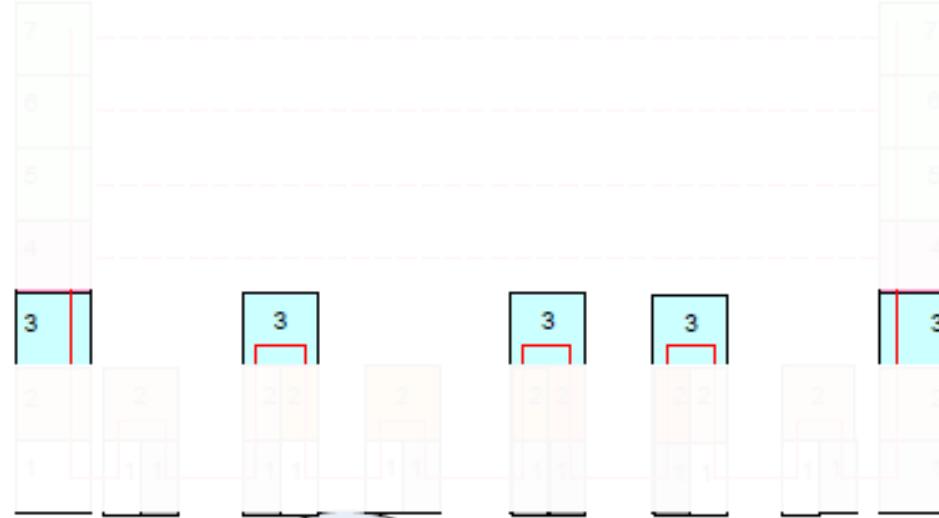
Metrika: mera udaljenosti odredišta. RIP smatra metriku 16 za beskonačnu.

Problem: spora konvergencija u slučaju prekida neke veze.

Nivo 3



Nivo 3



Nivo 3 Protokoli za rutiranje [2]

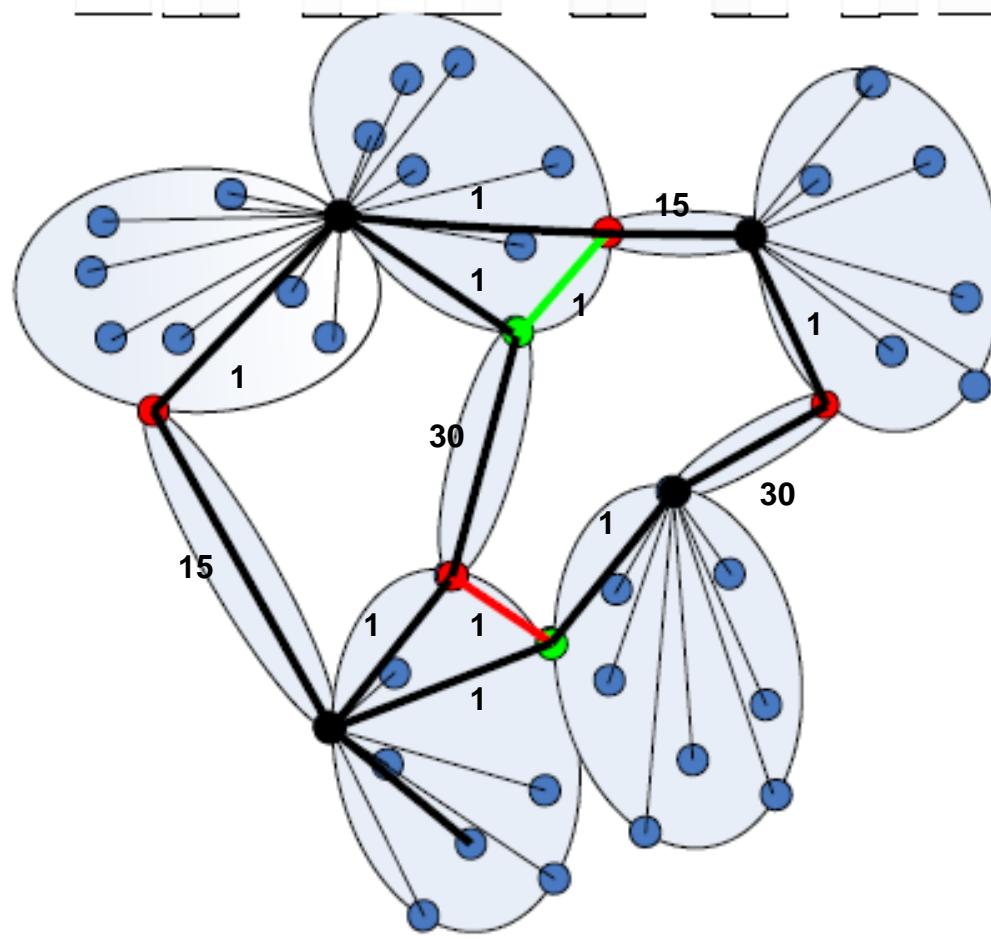
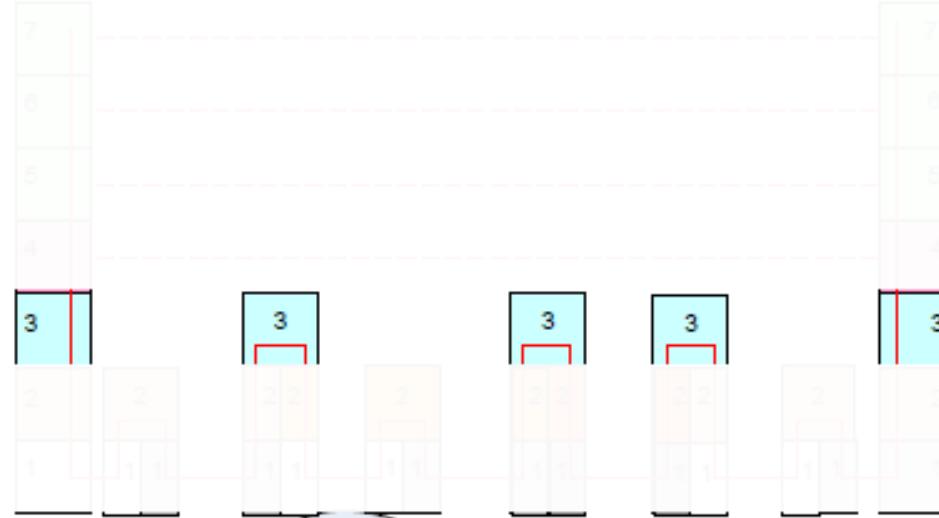
Stanje veza (link-state).

Predstavnik: OSPF (*Open Shortest Path First*), RFC 2328.

Ruteri razmenjuju podatke o stanju svojih veza (interfejsa) sa susednim ruterima.

Svaki ruter ima potpunu sliku topologije cele mreže.

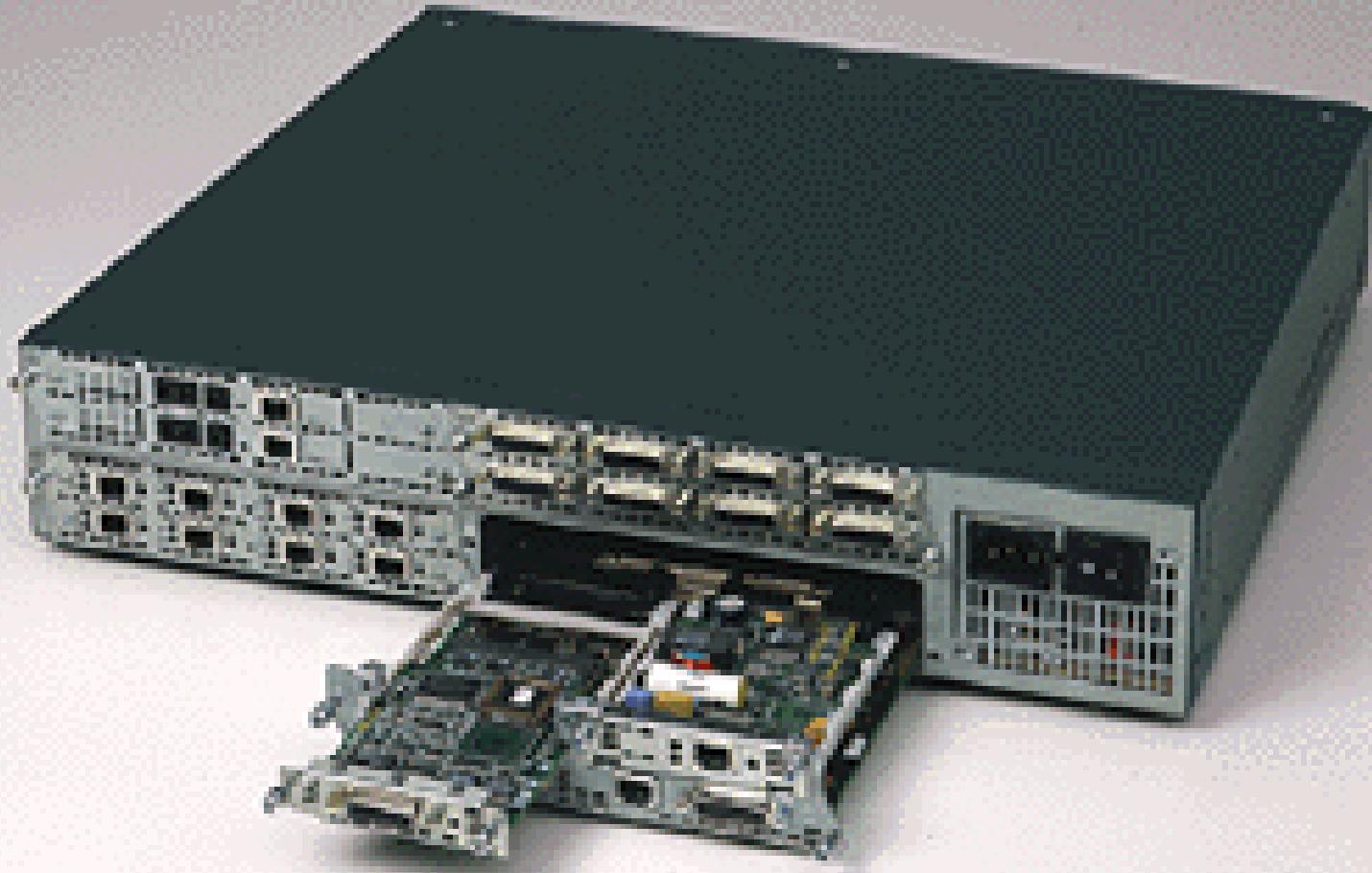
Nivo 3



- Ruter je uređaj specijalizovan za rutiranje
- Dodatne funkcije
 - Filtriranje saobraćaja - bezbednost
- Različite tehnologije za povezivanje mreža
 - LAN Ethernet
 - LAN Token Ring
 - Serijske veze
 - Sinhrone
 - Asinhronne
 - ISDN - Integrated Services Digital Network
 - ATM - Asynchronous Transfer Mode
 - Frame relay

Nivo 3

Ruteri [2]



Internet Control Message Protocol, RFC 792.

Protokol na istom nivou kao IP, enkapsulira se u IP pakete sa oznakom protokola 1 (jedan).

Služi za dijagnostiku, upravljanje, poruke o greškama.

Primer: program *ping*, koji služi za proveru dostupnosti sistema na mreži.

Nivo 3 Format ICMP paketa

0

7

15

31



Type - 8 bita - identifikacija tipa ICMP poruke, koja može da se odnosi na više događaja

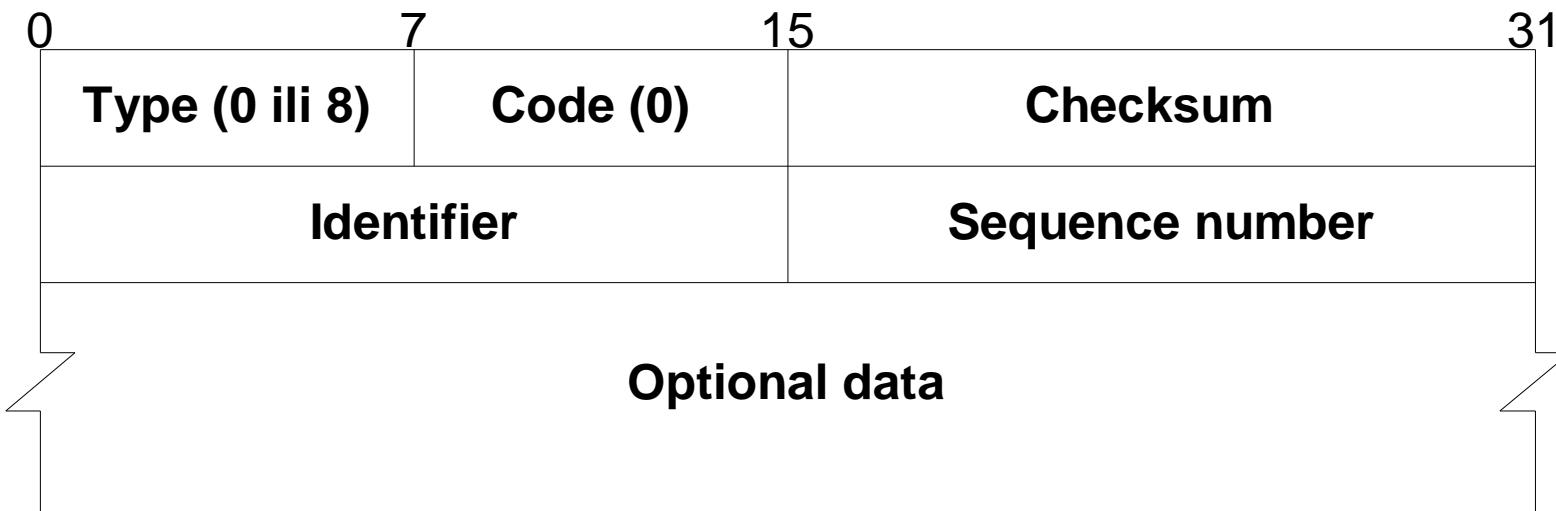
Code - 8 bita - tačno ukazuje na događaj

Checksum - 16 bita - kontrolna suma koja se odnosi na ceo ICMP paket

Ping - služi za proveru dostupnosti hosta na mreži

Type - 0 echo reply, 8 echo request

Code - 0

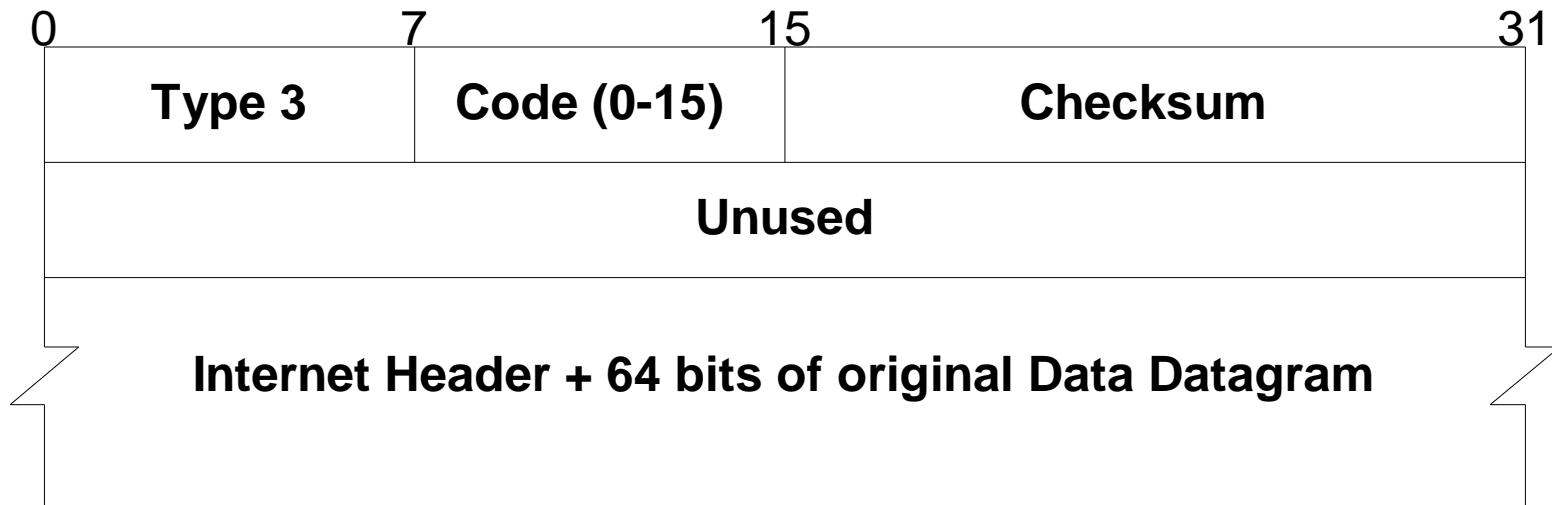


Ping - služi za proveru dostupnosti hosta na mreži

Type - 0 echo reply, 8 echo request

Code - 0

Nivo 3 Destination unreachable [1]



Type - 3

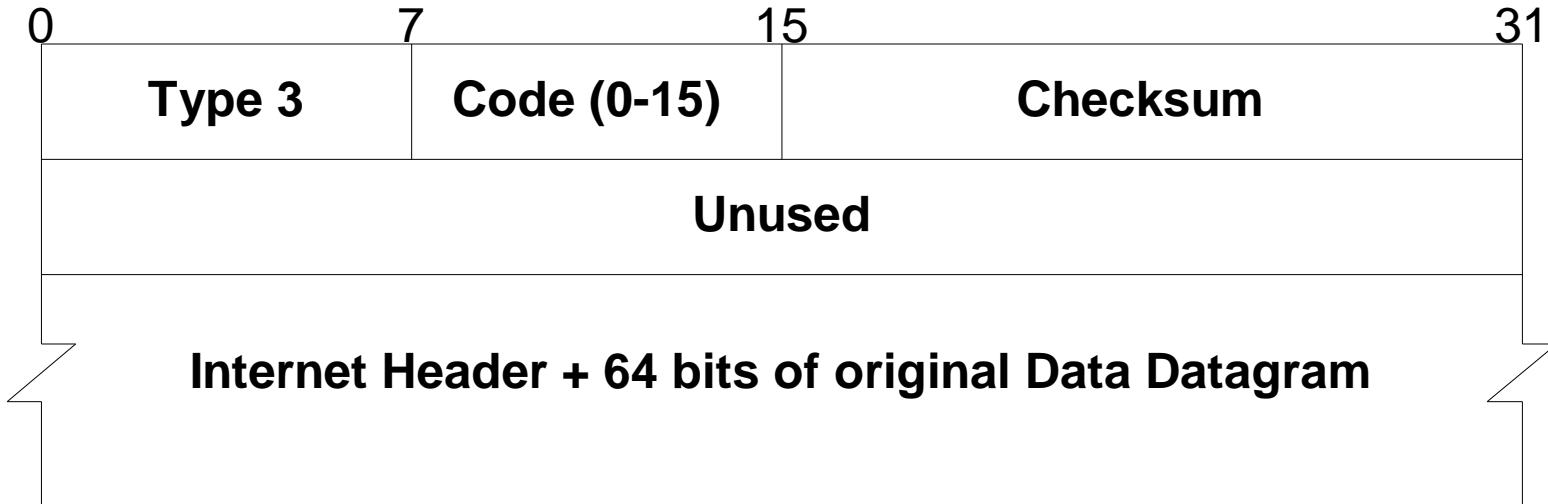
Code - uzima vrednosti od 0 do 15

Unused - mora celo polje da bude popunjeno 0

Moramo imati IP zaglavlj je paketa koji je izazvao generisanje ICMP poruke o grešci

Iz 64 bita sadržaja IP paketa dobijamo informacije koje su nam potrebne za protokole višeg nivoa

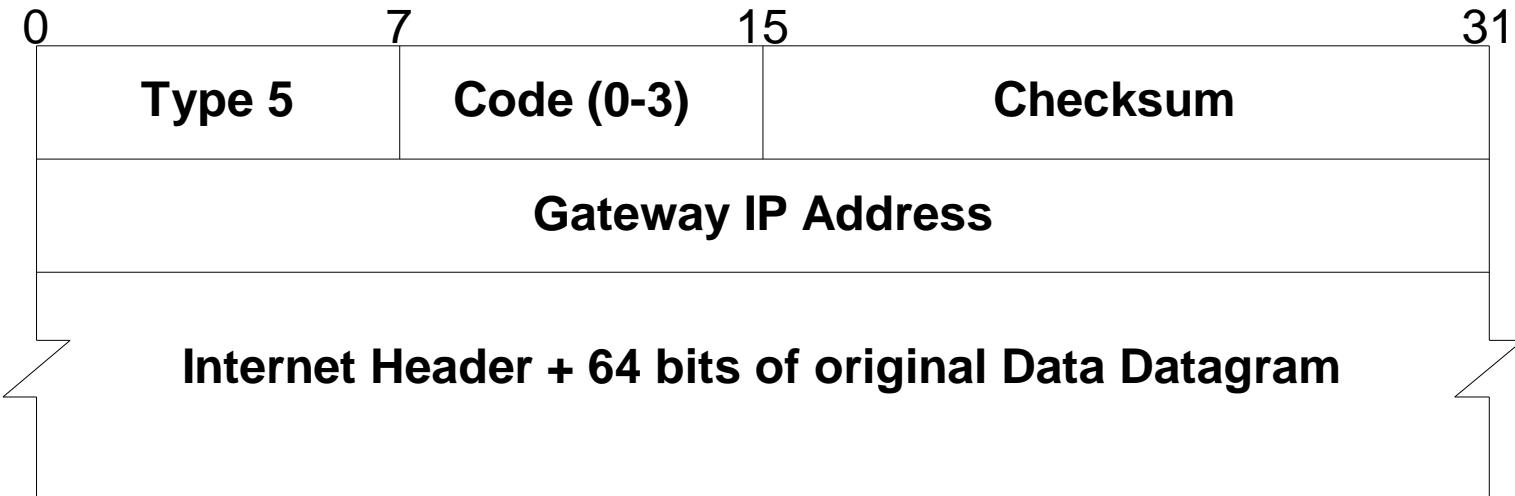
Nivo 3 Destination unreachable [2]



Code - 0 - network unreachable - ruter zna na koji port da pošalje paket, ali link nije aktivan

Code - 1 - host unreachable - ARP zahtev ne dobija odgovor ili administrativna zabrana (IP filtriranje)

Code - 4 - potrebno izvršiti fragmentaciju ali je DF fleg postavljen



Type - 5

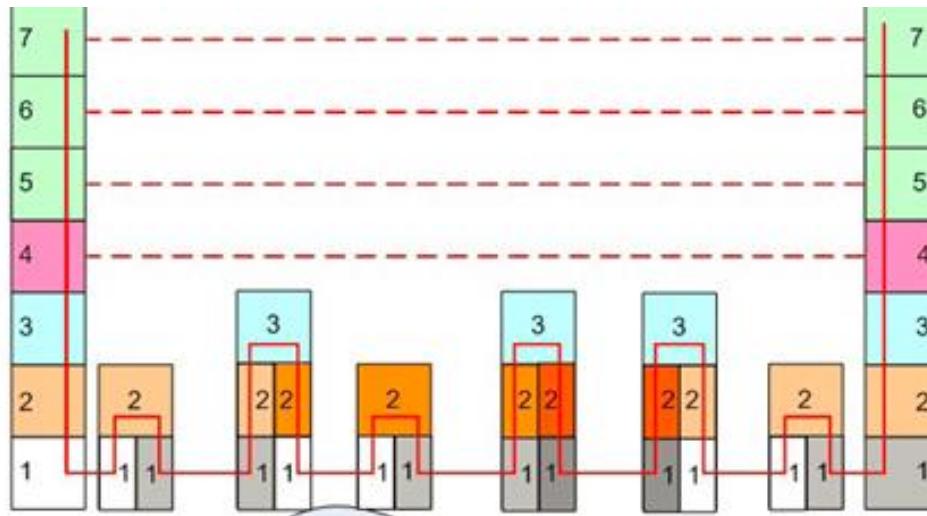
Code - 0 - Redirekcija za mrežu

Slučaj: tri povezane mreže, dva ratera na jednom od segmenata.

Sistem zna samo za jedan ruter; šalje mu i saobraćaj koji bi efikasnije bilo uputiti drugom ruteru.

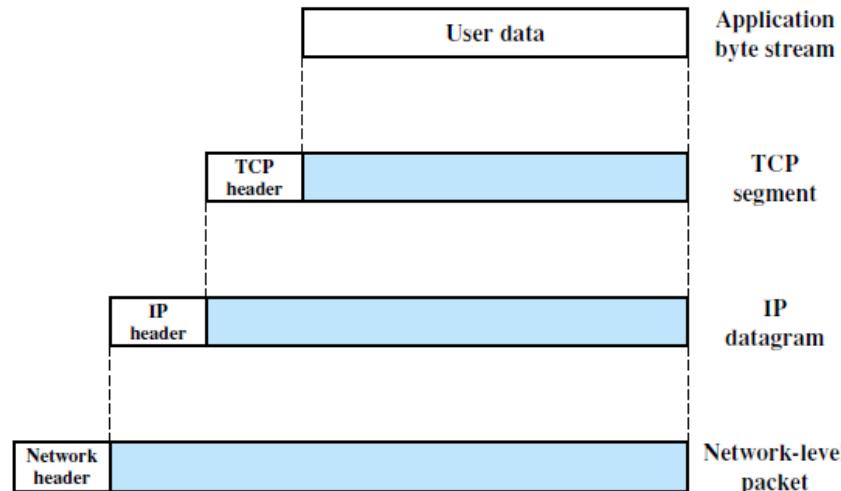
Ruter tada šalje ICMP REDIRECT poruku sa IP adresom pogodnijeg rутera.

Nivo 4



Transportni nivo

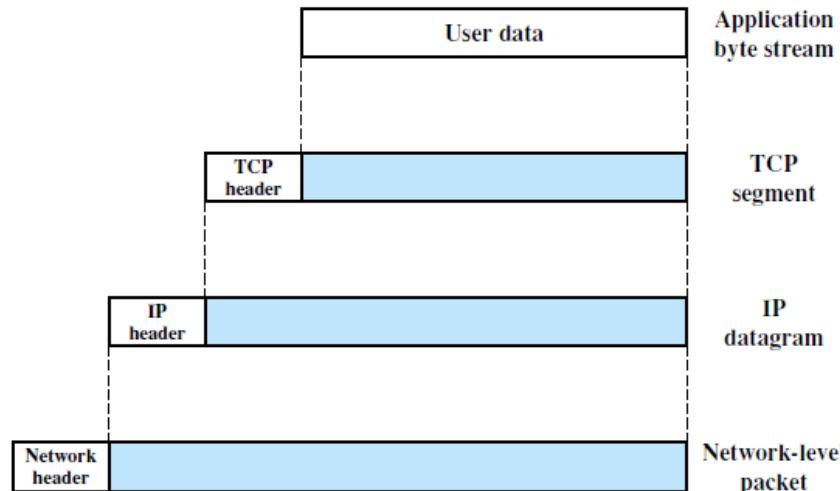
- Grupa problema koja se odnosi na razmenu osnovne jedinice prenosa (segmenta) između krajnjih tačaka koje se povezuju komunikacionim sistemom
- Uspostava, održavanje i raskidanje logičke veze između krajnjih tačaka.



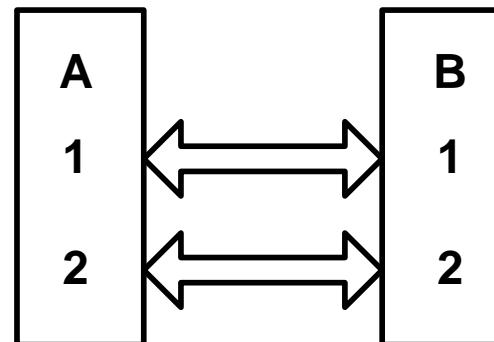
- Mrežne aplikacije se pišu tako da podrazumevaju da se sa jedne strane nalazi klijent, a sa druge strane server
- Server, po prijemu zahteva od klijenta, obradi klijentov zahtev i pošalje mu odgovor

Transportni nivo

- Problemi vezani za ovaj nivo [2] :
 - adresiranje aplikacija
 - multipleksiranje logičkih veza
 - segmentacija niza bita koji predstavljaju podatke koji se razmenjuju
 - kontrola toka podataka
 - eventualna garancija isporuke na nivou krajnjih tačaka
 - detekcija i korekcija grešaka na nivou krajnjih tačaka
 - rekonstrukcija niza bita kao aplikativnih podataka na prijemnoj strani

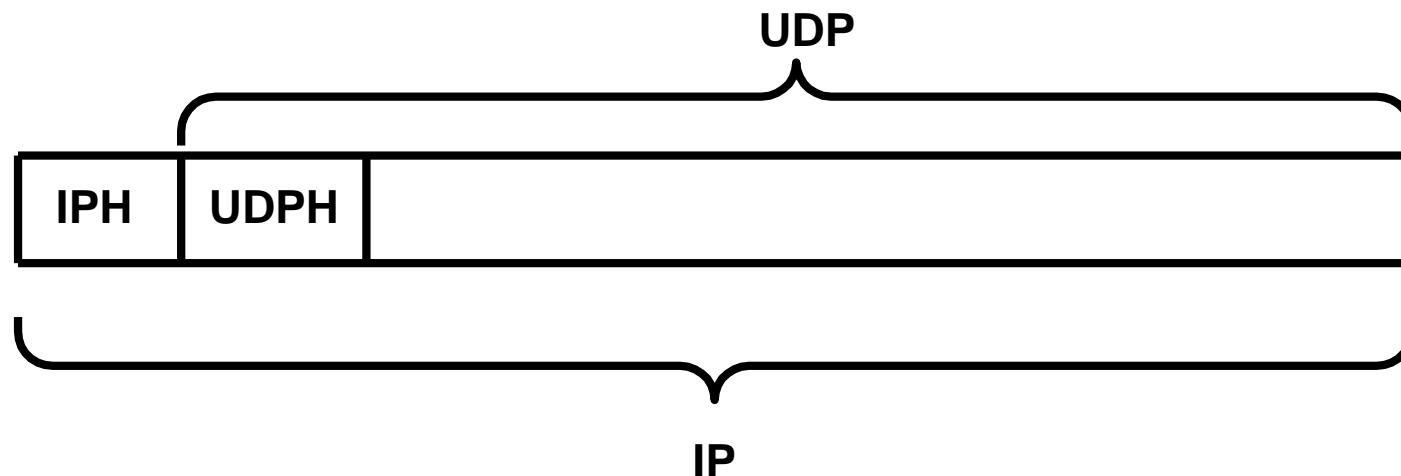


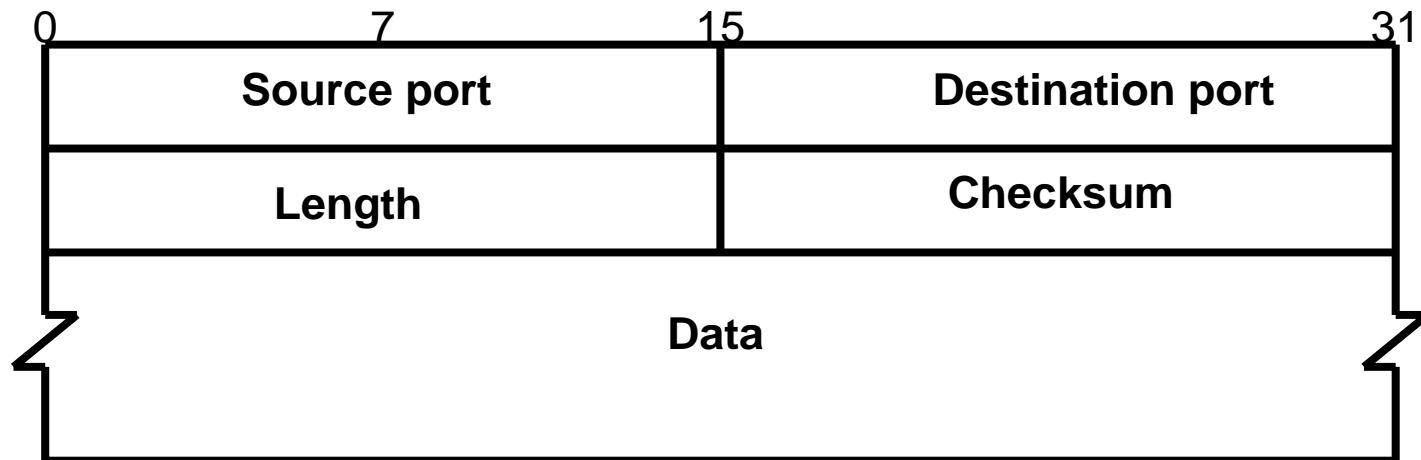
- Sistemi se identikuju pomoću IP adrese
- Za potrebe aplikacija potrebno je više podataka



- Portovi - lokalno proširenje IP adrese (analogija lokali na TF centrali)
- 16 bita, neoznačeni, 0 - 65535
- Rezervisani portovi od 1 - 1023

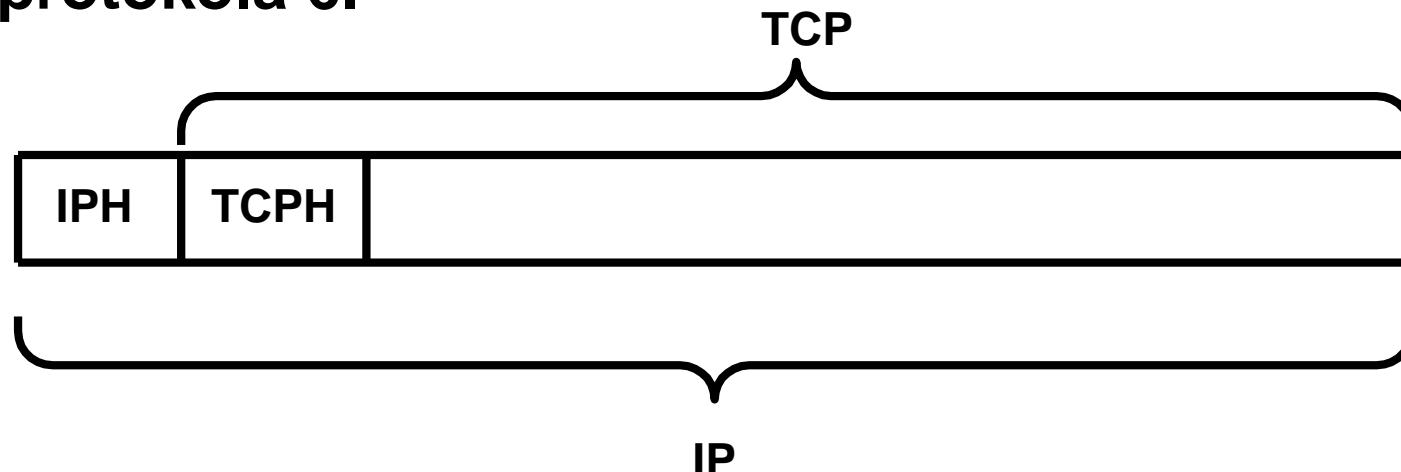
- *User Datagram Protocol, RFC768*
- Jednostavan protokol
- Za kratke poruke (do veličine MTU)
- Ne garantuje isporuku
- Enkapsulira se u IP paket sa oznakom protokola 17





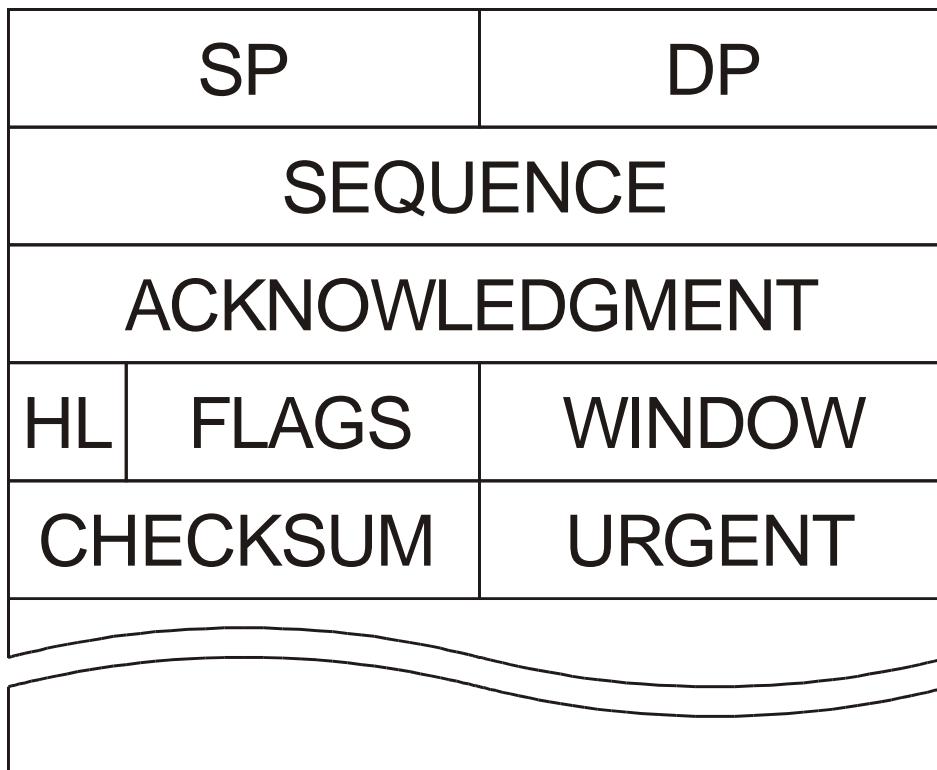
- UDP paket ima svoje zaglavje i podatke
- Source port - 16 bita - port aplikacije koja šalje podatke
- Destination port - 16 bita - port aplikacije kojoj su podaci poslati
- Length - 16 bita - dužina UDP paketa u bajtima
- Checksum - 16 bita - kontrolna suma koja se odnosi i na zaglavje i na podatke

- *Transmission Control Protocol*, RFC 793.
- Protokol koji ima garanciju isporuke (pod uslovom da funkcionišu protokoli nižeg nivoa), predviđen za prenos niza podataka željene dužine (po načinu na koji podatke posmatra aplikacija) — za razliku od UDP-a.
- Ima portove, kao i UDP.
- TCP segment enkapsulira se u IP paket sa oznakom protokola 6.



- U klijent/server modelu, na način koji se koristi kod TCP/IP mreža, serveri koji žele da im se klijenti obraćaju pomoću TCP-a uglavnom koriste rezervisane (poznate) portove.
- TELNET: 23, SMTP: 25, HTTP: 80.
- Primer TCP veze: zahtev za Web stranicom
 - klijent otvara IP konekciju ka serveru sa odredišnom IP adresom servera i odredišnim portom 80;
 - server prima zahtev i šalje odgovor u paketima gde su zamenjene polazna i odredišna IP adresa i polazni i odredišni port.

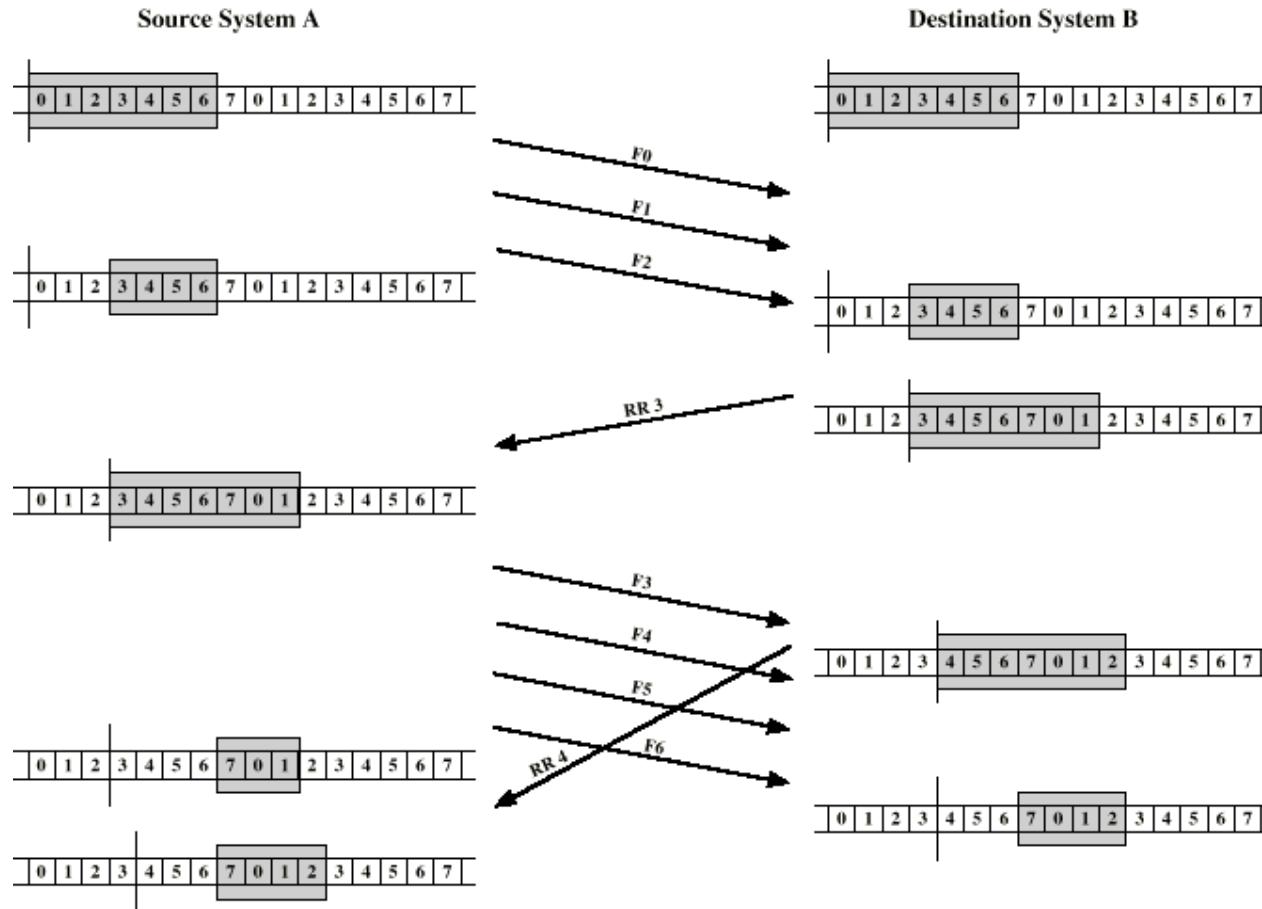
- Enkapsulacija u IP, protokol ID=6.



- **SP, DP:** izvorni i odredišni port
- **SEQUENCE, ACKNOWLEDGMENT:** vrednosti za označavanje pozicije poslatih i proveru redosleda primljenih segmenata
- **WINDOW:** veličina prozora za slanje podataka
- **CHECKSUM:** provera validnosti celog segmenta

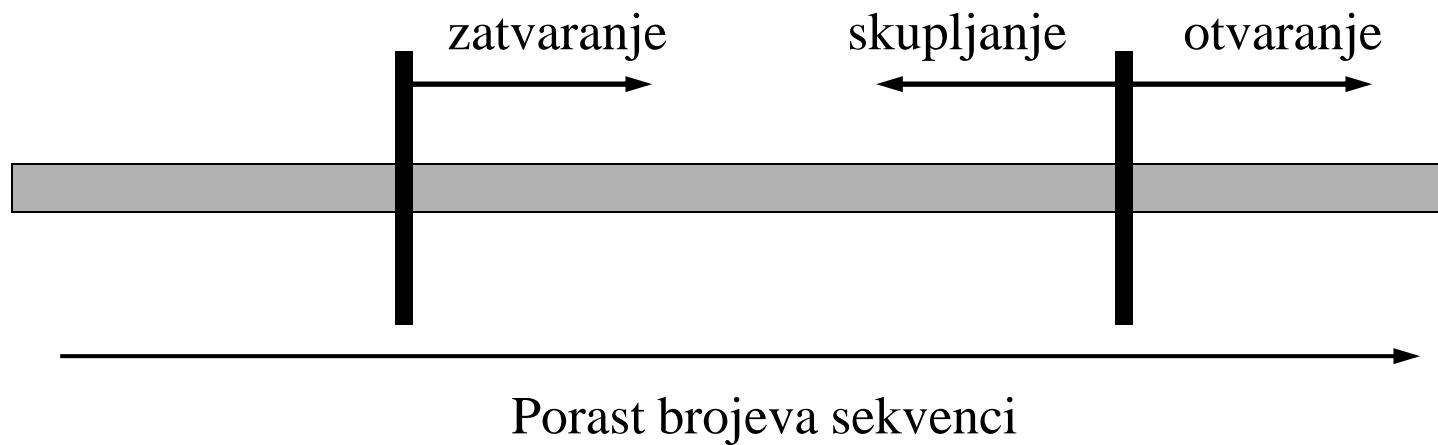
Nivo 4 TCP, kontrola toka

Sliding Window



Nivo 4 Prozor za slanje

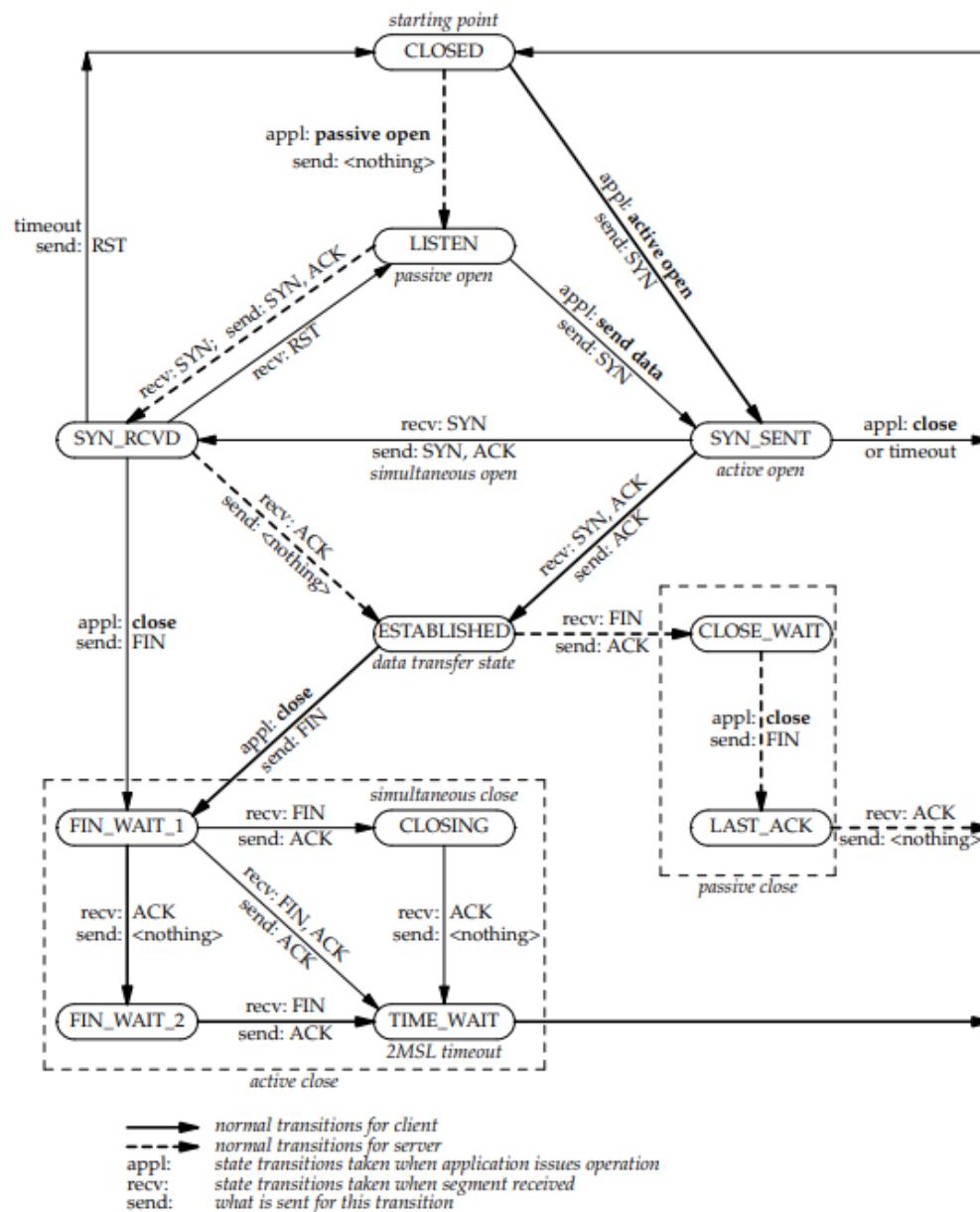
- Prenosi se u **WINDOW SIZE** polju TCP zaglavlja; služi za kontrolu protoka od strane primaoca.
- Polje je 16-bitno; najveći prozor je 65535 bajtova.



Nivo 4 TCP, zaglavlje [3]

- Značajni bitovi **FLAGS** polja:
 - URG
 - ACK
 - PSH
 - RST
 - SYN
 - FIN

Nivo 4 TCP, stanja veze [1]

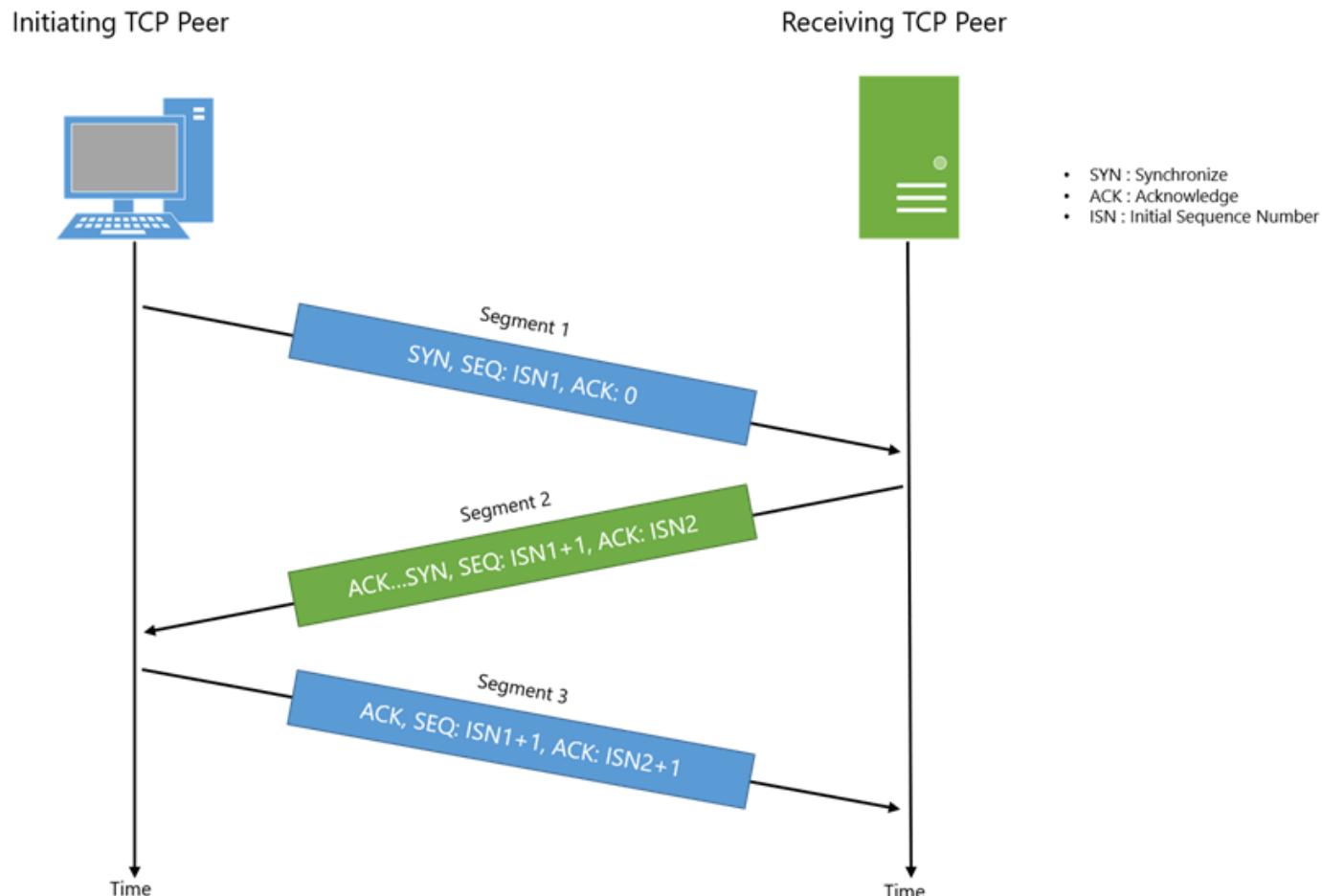


TCP state transition diagram.

Reprinted from *TCP/IP Illustrated, Volume 2: The Implementation*
by Gary R. Wright and W. Richard Stevens,
Copyright © 1995 by Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Nivo 4 TCP, uspostavljanje veze [1]

- Tzv. *three-way handshake*.
- Klijent šalje SYN, prelazi u SYN_SENT.
- Server prima SYN, šalje SYN+ACK, prelazi u SYN_RCVD.
- Klijent prima SYN+ACK, šalje ACK, prelazi u ESTABLISHED.
- Server prima ACK, prelazi u ESTABLISHED.



Nivo 4 TCP, uspostavljanje veze [2]

- Za svaki smer veze se prilikom početne razmene nezavisno dogovaraju sekvence.
- Takođe, dogovara se MSS (*Maximum Segment Size*), obično se računa kao MTU izlaznog interfejsa umanjena za 40 (dužine IP i TCP zaglavlja).
- Za MSS se uzima manja od razmenjenih vrednosti.

Nivo 4 TCP, zatvaranje veze

- Veza je dvosmerna.
- Svaki smer se može nezavisno zatvoriti.
- Veza čiji je jedan smer zatvoren se naziva poluzatvorenom (*half-closed*).

Nivo 4 Path MTU Discovery

- Specifikacija: RFC 1191.
- Način da se optimalno izabere vrednost MSS (maksimalna veličina segmenta) za neku vezu, cilj je da se izbegne fragmentacija.
- Šalju se IP paketi sa postavljenim DF flegom, pa se veličina MSS smanjuje ako se dobije ICMP NEED_FRAG poruka.

- Opisan u RFC 896.
- Cilj je smanjivanje broja kratkih segmenata koji se šalju (što se uglavnom dešava kod interaktivnog saobraćaja).
- Pravilo: samo jedan mali segment sme da bude nepotvrđen; “mali” znači manji od MSS.

Nivo 4 Spori start

- Ili: *slow start*.
- Ako se između dve tačke nalazi spora veza, slanje segmenata dok se ne zatvori prozor može dovesti do drastičnog pada protoka.
- Slanje se zato počinje samo sa jednim segmentom; za svaki primljeni ACK ovo se udvostručuje, tako da je rast eksponencijalan.
- Dodatno se uvodi parametar *cwnd* (*congestion window*).

Nivo 4 Retransmisija

- Segment ili njegov ACK mogu se izgubiti u tranzitu, jer su to IP paketi za koje se isporuka ne garantuje.
- U slučaju da ACK ne stigne u određenom roku, segment se ponovo šalje.
- Vreme između retransmisijsa se udvostručuje do neke granice.

Nivo 4 RTT i RTO [1]

- RTT = *Round Trip Time*,
RTO = *Retransmission Timeout*.

- RFC 793 propisuje:

$$R_{n+1} = R_n \alpha + (1 - \alpha) R_M$$

$$RTO = R_n \beta$$

- Izabrane su vrednosti $\alpha=0.9$, $\beta=2$.
- Ovaj metod se loše ponaša ako RTT jako varira tokom trajanja veze.

Nivo 4 RTT i RTO [2]

- V. Jacobson je predložio:

$$\varepsilon = R_M - R_n, R_{n+1} = R_n + g\varepsilon$$

$$D_{n+1} = D_n + h(|\varepsilon| - D_n), g = \frac{1}{8}, h = \frac{1}{4}$$

$$RTO = R_n + 4D_n$$

- Vrednosti g i h su odabrane radi jednostavne implementacije u celobrojnoj aritmetici.
- Karnov algoritam: razrešava problem nejasnoće pri retransmisiji.

Nivo 4 Izbegavanje zagušenja [1]

- Ili: *congestion avoidance*.
- Pretpostavlja se da do gubljenja paketa dolazi zbog zagušenja, a da su gubici zbog oštećenja mali (manji od 1%).
- Dodatni parametar: *ssthresh (slow start threshold)*, inicijalno se postavlja na 65535.
- Kada je $cwnd < ssthresh$, $cwnd$ raste eksponencijalno; inače se izračunava kao $cwnd + 1/cwnd + \delta$

Nivo 4 Izbegavanje zagušenja [2]

- Zagušenje se detektuje na dva načina:
 - Ako istekne timeout za prijem ACK segmenta;
 - Ako pošiljalac primi više duplikata ACK segmenata.
- U prvom slučaju, *ssthresh* se postavlja na polovinu trenutne veličine prozora, ili na dvostruku veličinu MSS (šta god je veće), a *cwnd* postaje 1; prelazi se u spori start.
- U drugom slučaju prelazi se na brzu retransmisiju.

Nivo 4 Brza retransmisijska

- Ili: *fast retransmission*.
- Prepostavlja se da ACK duplikati znače da je neki segment izgubljen u tranzitu.
- Vrednost *ssthresh* se postavlja kao i ranije, a *cwnd* se postavlja na *ssthresh+3 MSS*. Radi se retransmisijska segmenta, a *cwnd* se uvećava za jedan segment po prijemu svakog daljeg ACK duplikata. Dalji segmenti se šalju ako to dopušta *cwnd* (*fast recovery*).

Nivo 4 Silly Window Syndrome

- Opisan u RFC 813.
- Degradacija performansi prilikom dugotrajnih prenosa; simptom je slanje velikog broja malih paketa iako pošiljalac ima šta da šalje, a primalac dovoljno prostora za prijem.
- Može se sprečavati na oba kraja veze; RFC 1122 zahteva od TCP implementacija da sprečavaju SWS i kod slanja i kod prijema.

Nivo 4 Poboljšanje performansi [1]

- TCP implementiran prema prvobitnim specifikacijama počinje da pokazuje probleme u radu preko veza čiji je proizvod propusne moći i kašnjenja veliki (takve veze se zovu LFN: *Long Fat Networks*).
- Dva osnovna problema:
 - Maksimalna veličina prozora kod TCP-a je premala za LFN;
 - Potrebno je tačnije merenje RTT.

Nivo 4 Poboljšanje performansi [2]

- RFC 1323 opisuje dve dodatne TCP opcije kojima se pomenuti problemi rešavaju.
- *Window scaling*: veličina prozora se množi nekim stepenom broja dva (između 0 i 14). Tako se može dobiti prozor od oko 1 GB.
- *Timestamp option*: u svakom segmentu šalje se vrednost posebnog brojača; ACK segmenti vraćaju ove vrednosti.
- RFC 2018: SACK (*Selective Acknowledgment*)

- *Domain Name System*, RFC 1034, RFC 1035.
- Distribuirana baza podataka za opis hijerarhijski organizovanih skupova imena i pridruživanje različitih vrsta podataka tim imenima.
- Recimo: mail.example.org - 192.168.24.1

- Za upite koristi UDP sa rezervisanim portom 53.

- Mapiranje imena u adrese radilo se centrali-zovano (*Network Information Center NIC*), i distribuiralo u obliku ASCII fajla HOSTS.TXT.
- Kada je broj sistema vezanih na Internet počeo naglo da raste, ovaj postupak je postao nepraktičan, $O(n^2)$.
- Centralizovani sistem zamjenjen je distribuiranim.

- FQDN (*Fully Qualified Domain Name*):
public.mail.example.com.
- Puna imena se dobijaju zapisivanjem oznaka s leva na desno, od najspecifičnije (na najnižem nivou) ka najmanje specifičnom. Oznake se razdvajaju tačkama.
- Vrh hijerarhije ima prazno ime.



Table 4. DNS - Some Top-Level Internet Domains

Domain Name	Meaning
com	Commercial organizations
edu	Educational institutions
gov	Government institutions
int	International organizations
mil	U.S. Military
net	Major network support centers
org	Non-profit organizations
country code	ISO standard 2-letter identifier for country-specific domains

ISO 3166 - Country code

Nivo 5 DNS, pretpostavke

- Dostupnost podataka bitnija je od njihove ažurnosti (ali ima načina da se veća ažurnost zahteva).
- Podaci se većinom sporo menjaju.
- U sistemu je obezbeđena redundantnost.
- Granice administrativne odgovornosti za podatke uglavnom se poklapaju sa organizacionom strukturu institucija koje podatke održavaju.

Nivo 5 DNS, organizacija

- Područje odgovornosti nekog servera zovu se **zone**.
- Podaci o zonama zapisani su lokalno za primarne servere;
- Sekundarni serveri preuzimaju podatke od primarnih.
- Server može da poveri (*delegira*) odgovornost za deo neke zone drugim serverima.

Nivo 5 Primer zone @ = example.org.

```
@ IN SOA ns.example.org. root.example.org. (
    1999120300 ; serial
    43200       ; reload
    1800        ; retry
    604800      ; expire
    86400)      ; minimum TTL
              NS ns.example.org.
              MX 0 mail.example.org.
ns          A   192.168.24.2
mail        A   192.168.24.1
blast       CNAME blob.example.org.
blob        A   192.168.24.3
              MX 0 blob.example.org.
              MX 10 mail.example.org.
```

Nivo 5 Primer zone @ = example.org.

@	IN	SOA	ns.example.org. root.example.org. (
@	IN	SOA	1999120300 ; serial
@	IN	SOA	43200 ; reload
@	IN	SOA	1800 ; retry
@	IN	SOA	604800 ; expire
@	IN	SOA	86400) ; minimum TTL
@	IN	NS	ns.example.org.
@	IN	MX	0 mail.example.org.
ns	IN	A	192.168.24.2
mail	IN	A	192.168.24.1
blast	IN	CNAME	blob.example.org.
blob	IN	A	192.168.24.3
blob	IN	MX	0 blob.example.org.
blob	IN	MX	10 mail.example.org.

Nivo 5 DNS, vrste podataka

- Svaka stavka se zove RR (*Resource Record*).
 - Elementi RR: ime, klasa, tip, podaci.
 - Tipovi RR + (*primer za zonu example.org*):
 - SOA (*Start of Authority*), početak zone.
 - Ime: (example.org.)
 - Klasa: IN
 - Tip: SOA
 - Podaci: <domain name> ime name servera, <domain name> koji specificira Mailbox odgovornog za zonu, broj verzije zone, vreme u sekundama za proveru ažurnosti zone sekundarnog servera, vreme u sekundama za ponovni pokusaj ako pokušaj provere ažurnosti nije uspeo, vreme u sekundama posle kog podaci o zoni na sekundarnom serveru više nisu autoritativni, vreme u sekundama koje označava dužinu validnosti odgovora za ovu zonu.

Nivo 5 DNS, vrste podataka

- **NS (*Name Server*) za zonu.**
 - Ime: example.org
 - Klasa: IN
 - Tip: NS
 - Podaci: <domain name> specifikacija odgovornog sistema za zonu (ns.example.org)
- **A (*Address*). Vezuje ime za adresu**
 - Ime: mail.example.org.
 - Klasa: IN
 - Tip: A
 - Podaci: IP adresa (192.168.24.2)
- **CNAME (*Canonical Name*)** Način da dodelimo alias imenu koje je sa A tipom RR dodeljeno IP adresi.
 - Ime: blast.example.org.
 - Klasa: IN
 - Tip: CNAME
 - Podaci: Originalno ime sistema (blob.example.org.)
- **MX (*Mail Exchanger*).**

Nivo 5 Primer zone @ = example.org.

```
@ IN SOA ns.example.org. root.example.org. (
    1999120300 ; serial
    43200       ; reload
    1800        ; retry
    604800      ; expire
    86400)      ; minimum TTL
              NS ns.example.org.
              MX 0 mail.example.org.
ns          A   192.168.24.2
mail        A   192.168.24.1
blast       CNAME blob.example.org.
blob        A   192.168.24.3
              MX 0 blob.example.org.
              MX 10 mail.example.org.
```

- Problem: znajući IP adresu nekog sistema, kako mu saznati ime?
- Klasičan DNS: **www.uns.ac.rs.**
- IP adresa: **192.168.24.2**
- Rešenje??? **2.24.168.192 ???**
- Rešenje = **2.24.168.192.ovojeobrnuta.ipadresa**
- Naročiti pseudo-domén: **in-addr.arpa.**
- Komponente decimalnog zapisa IP adrese u obrnutom redosledu čine nivoe hijerarhije i razgraničavaju zone.
- Recimo: **2.24.168.192.in-addr.arpa.**

Nivo 5 Zona za inverzno mapiranje

- Koristi se PTR tip RR.

```
@      IN      SOA     ns.example.org. root.example.org. (
                      1999120300      ; serial
                      43200          ; reload
                      1800           ; retry
                      604800         ; expire
                      86400)         ; minimum TTL
                      NS      ns.example.org.
1      PTR      mail.example.org.
2      PTR      ns.example.org.
3      PTR      blob.example.org.
```

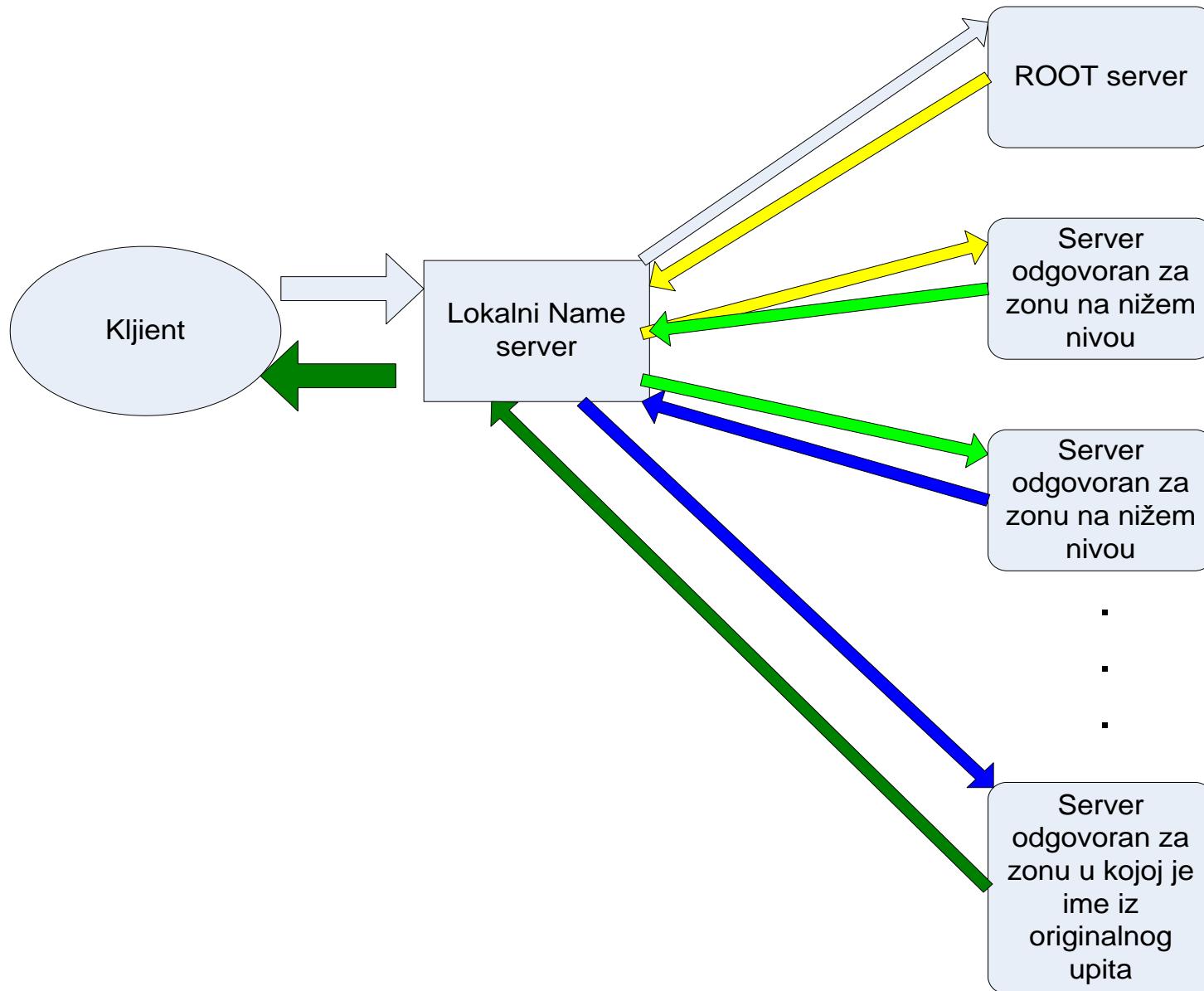
Nivo 5 DNS, dobijanje odgovora

- U svakom distribuiranom sistemu može se desiti da pojedinačni server ne može da vrati direktni odgovor klijentu.
- Rekursivno: server sam prosleđuje upit dalje (povoljnije klijentu, zahtevnije serveru).
- Iterativno: server vraća klijentu poruku sa indikacijom kome se sledećem treba obratiti (zahtevnije klijentu, povoljnije serveru).

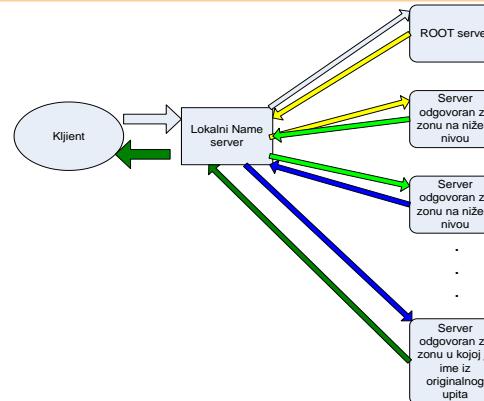
Nivo 5 DNS, dobijanje odgovora

- Svaki korisnički sistem ima *resolver* zadužen za slanje upita za aplikacije i prosleđivanje dobijenih odgovora aplikacijama.
- Konfiguracioni parametar korisničkog sistema je adresa Lokalnog Name servera, koji je zadužen za prosleđivanje upita i vraćanje dobijenih odgovora.
- Lokalni Name server je posrednik za grupu korisničkih sistema koji olakšava posao *resolver-ima* samih korisničkih sistema.
- Root Name Servers – Serveri zaduženi za “root” zonu na vrhu hijerarhije.
Trenutno {a-m}.root-servers.net.

Nivo 5 DNS, dobijanje odgovora



Nivo 5 DNS, dobijanje odgovora



- **Klijent (njegov resolver) šalje upit Lokalnom Name serveru.**
- **Lokalni Name server šalje upit root-serveru**
- **Root-server šalje odgovor Lokalnom Name serveru sa informacijom ko je odgovoran za zonu na nižem nivou hijerarhije.**
- **Lokalni Name server šalje upit sistemu koji je definisan odgovorom root-servera**
- ...
- **Lokalni Name server šalje upit sistemu koji je odgovoran za zonu kojoj pripada ime za koje se šalje upit.**
- **Sistem koji je odgovoran za zonu kojoj pripada ime za koje se šalje upit odgovara sa IP adresom kojoj je dodeljeno ime iz upita, odgovor se šalje Lokalnom Name serveru, koji dalje odgovor prosleđuje Klijentu (njegovom resolver-u)**

- **Svaki nivo u hijerarhiji može keširati podatke za koje nije autoritet**
 - aplikacija
 - rezolver (OS)
 - DNS serveri
- TTL koji se definiše za svaki RR govori koliko bi keš trebalo da bude validan
- Izmena na autoritativnom DNS serveru je vidljiva odmah
 - Da bi bila vidljiva krajnjim klijentima, treba da istekne TTL
- Postoje implementacije koje ne poštuju TTL ☹
- Negativni keš: keširanje nepostojećih imena (negativnih odgovora)

- DNS poseduje mehanizam za dobavljanje celokupnih podataka o zoni
- Primarna svrha je preuzimanje podataka od strane sekundarnih servera
- Koriste se AXFR upiti, najčešće kao TCP
- Iz bezbednosnih razloga, obično se ograničava *kome* se odgovara na ove upite

- **SMTP - *Simple Mail Transfer Protocol* , RFC 2821.**
- **Rezervisani TCP port 25**
- **Opisuje slanje poruke serveru**
- **Klijent šalje ASCII komande serveru, na koje server odgovara numerički kodiranim odgovorima**

```
<< 220 mail.example.org SMTP
>> HELO mail.example.com
<< 250 mail.example.org
>> MAIL FROM:<kerac@example.com>
<< 250 ok
>> RCPT TO:<kerac@example.org>
<< 250 ok
>> DATA
<< 354 go ahead
>> From: Milan Kerac <kerac@example.com>
>> Subject: Proba
>>
>> Pozdrav
>> .
<< 250 ok 944228815 qp 2790
>> QUIT
<< 221 mail.example.org
```

Komande klijenta:
HELO - Identifikacija
MAIL FROM - Ko šalje
RCPT TO - Kome se šalje
DATA - Slede podaci
QUIT – Završava sesiju

Odgovori servera:
2xx - Potvrđni odgovori
3xx - Potrebno još podataka
4xx - Privremene greške
5xx - Permanentne greške

Nivo 5 SMTP, mehanizam isporuke [1]

- Problem - kako klijent zna da treba ostvariti TCP konekciju sa mail.example.org
- E-mail adresa - RFC 2822
- Dva dela
 - lokalni=kerac
 - domen=example.org
 - lokalni@domen
- Na osnovu domena šalju se odgovarajući DNS upiti koji daju odredišnu adresu za TCP konekciju.
- Način na koji klijent određuje sa kim će ostvariti konekciju - RFC974

Nivo 5 SMTP, mehanizam isporuke [2]

- Klijent šalje CNAME DNS upit za domen iz E-mail adrese (example.org)
 - Slučaj 1: klijent dobije kanoničko ime (blast CNAME blob.example.org)
 - Klijent šalje MX DNS upit za dobijeno ime
 - Slučaj A: klijent dobije odgovore
 - Klijent gleda vrednost MX-a i šalje DNS upit za IP adresu onog ko ima najmanju vrednost (najviši prioritet), ako može ostvaruje TCP konekciju, u suprotnom traži IP adresu za sledeći MX .
 - Slučaj B: klijent dobije prazan odgovor
 - Klijent šalje DNS upit za IP adresu ranije dobijenog kanoničkog imena i pošto je dobije ostvaruje TCP konekciju.

Nivo 5 SMTP, mehanizam isporuke [3]

- slučaj 2: dobije prazan odgovor na CNAME DNS upit
 - Klijent šalje MX DNS upit za domen iz E-mail adrese (example.org)
 - Slučaj A: klijent dobije odgovore (MX 0 mail.example.org)
 - Klijent gleda vrednost MX-a i šalje DNS upit za IP adresu onog ko ima najmanju vrednost (najviši prioritet), ako može ostvaruje TCP konekciju, u suprotnom traži IP adresu za sledeći MX i ako može ostvaruje TCP konekciju.
 - Slučaj B: klijent dobije prazan odgovor
 - Klijent šalje DNS upit za IP adresu domena iz E-mail adrese i pošto je dobije ostvaruje TCP konekciju.

Nivo 5 Relay

- E-mail, od tačke sa koje se šalje do tačke na koju se šalje, može da dođe preko više tačaka
- Sistemi se konfigurišu tako da svu odlazeću poštu, koja nije lokalna, šalju hostu koji je konfigurisan za Relay
- Konfiguracija se pojednostavljuje

- **Envelope**
 - Formira se SMTP komandama MAIL FROM, RCPT TO
- **Header**
- **Body**

Return-Path: <kerac@example.com>

Received: (qmail 2790 invoked from network); 3 Dec 1999 13:46:01

Received: from mail.example.com

by mail.example.org with SMTP; 3 Dec 1999 13:46:01 -0000

From: Milan Kerac <kerac@example.com>

Subject: Proba

Pozdrav

- *Simple Network Management Protocol*
- Služi za nadzor i upravljanje mrežom
- Postoji više verzija protokola (1-3),
 - *v1 i v2 su bezbednosno ranjive*
 - Kasnije verzije protokola imaju poboljšane mehanizme zaštite i operacije za efikasniji prenos većih količina podataka.
- Standardom su definisani:
 - protokol, RFC 1157
 - struktura upravljačkih podataka (**SMI - Structure of Management Information**), RFC 1155, RFC 1212

Nivo 5 SNMP, način rada

- **SNMP modul (server)** na uređaju kojim se upravlja zove se *agent*, i sluša na UDP portu 161.
- **SNMP klijent** je na radnoj stanici za nadzor i upravljanje mrežom (**NMS - Network Management Station**).
- Klijent konstruiše i šalje paket sa upitima (*Request PDU*) i od agenta dobija paket sa odgovorima (*Response PDU*).
- Agent takođe može slati pakete koji nisu odgovor na upite već obaveštenja o nekim događajima (*Trap PDU*), RFC 1215.

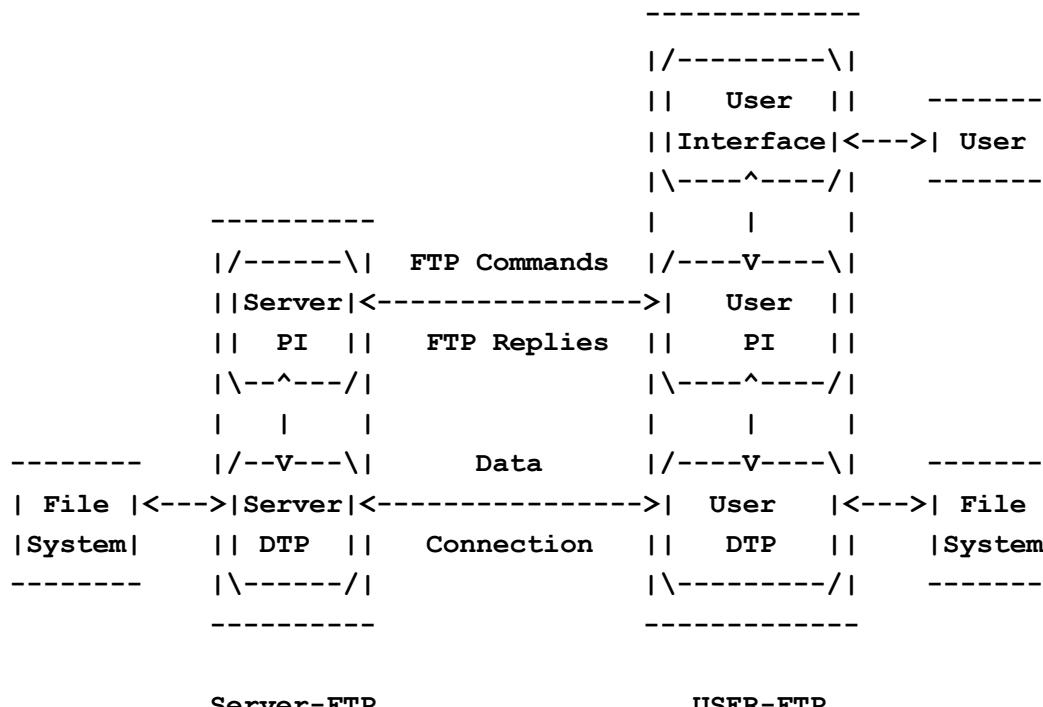
- Teletype network
- Protokol za tekstualnu komunikaciju
 - 8-bit, dvosmerna
- RFC 15 (1969. godina) i RFC 855 (proširenje)
- TCP port 23
- nebezbedan

- **Secure Shell Protocol**
- **Zamišljen kao bezbedna zamena za Telnet (i rlogin) u cilju udaljenog pristupa Unix sistemima**
(i sistemima koji žele da budu Unix kad odrastu)
- **TCP port 22**
- **Pored udaljenog terminalskog pristupa, omogućava:**
 - **transfer datoteka**
 - **prosleđivanje portova**
 - **tunelovanje**
 - **prosleđivanje X grafičkog okruženja**
 - **...**

Nivo 5

FTP

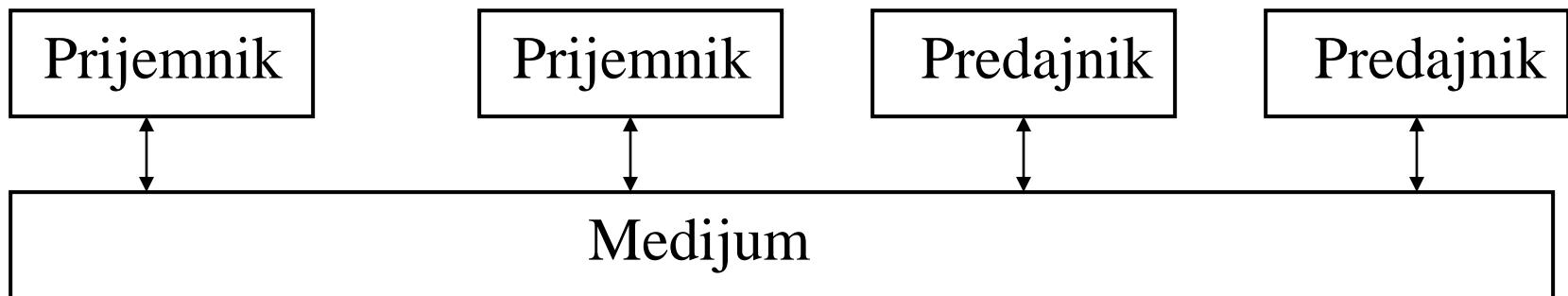
- File Transfer Protocol, RFC 959
- Namenjen za razmenu datoteka
- *Out-of-bound* kontrola: koristi zaseban kanal za
 - komande (TCP 21) i
 - prenos



NOTES: 1. The data connection may be used in either direction.
2. The data connection need not exist all of the time.

Vrste veza

- Point to point - direktna veza
- Deljene veze - više prijemnika i predajnika dele medijum za prenos



- **Predajnik** - informacija --> podaci --> signal
- **Prijemnik** - signal --> podaci --> informacija
- **Medijum** – prenos signala
- **Signal je reprezent podatka pogodan za prenos**
- **Signal je promena fizičke veličine u vremenu**

Vrste prenosnih medijuma:

Žični

koaksijalni kabel

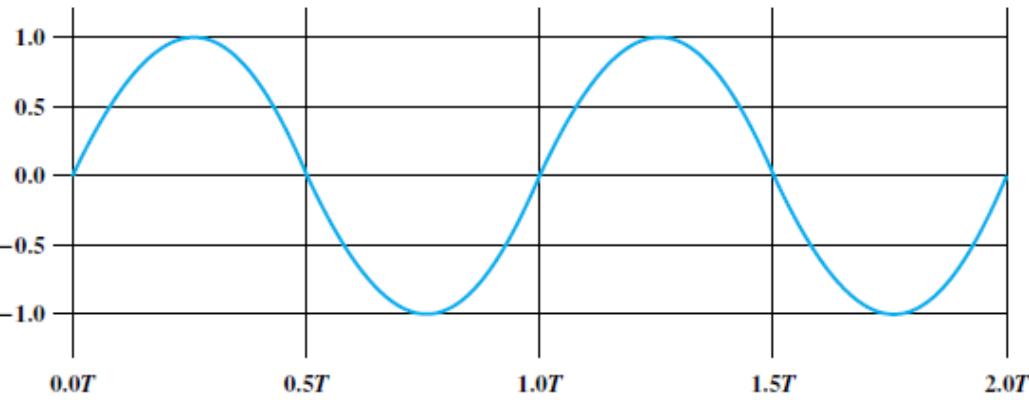
parice (neoklopljene i oklopljene)

optičko vlakno

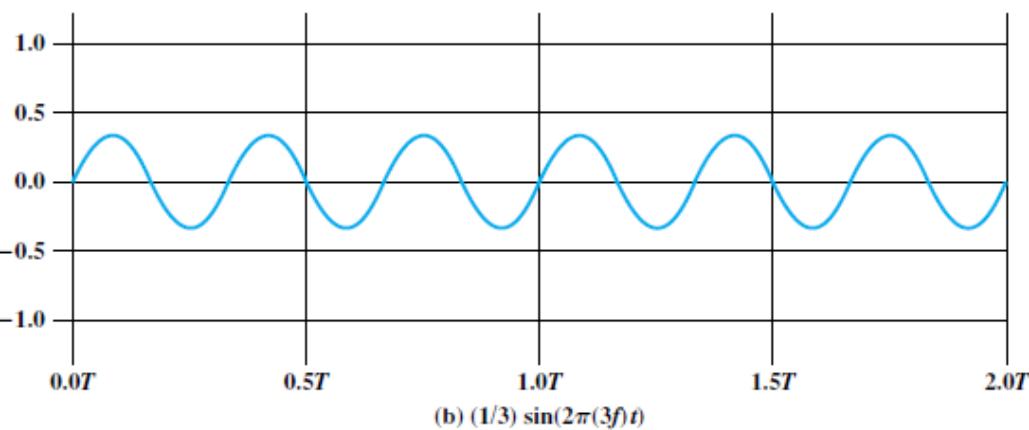
Bežični

Medijum [2]

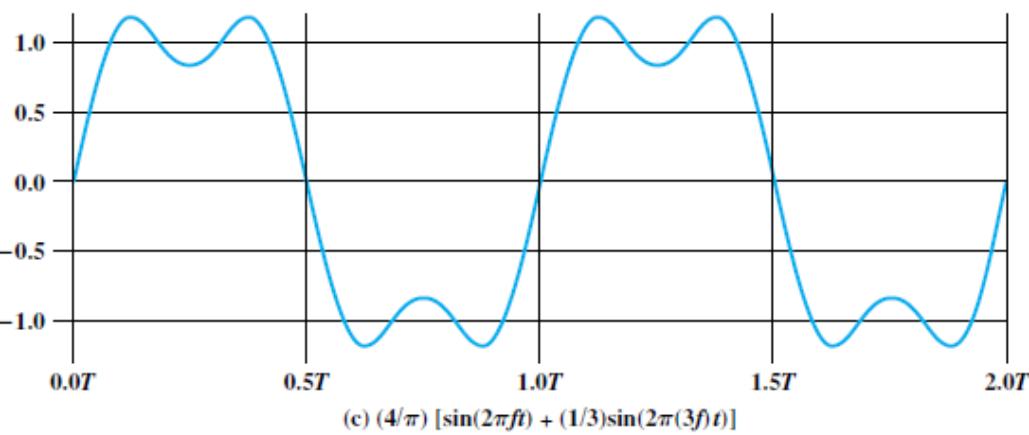
- **Signale posmatramo u vremenskom i frekventnom domenu**
- **Vremenski domen**
 - Analogni signali
 - Digitalni signali
- **Frekventni domen**
 - Fourier: Svaki signal predstavlja kombinaciju komponenti različitih frekvencija gde komponente predstavljaju sinusoide
 - Širina spektra signala predstavlja frekventni opseg u kome se nalazi većina energije signala
 - Uticaji različitih prenosnih medijma na signal koji se prenosi opisuju se i prikazuju u frekventnom domenu



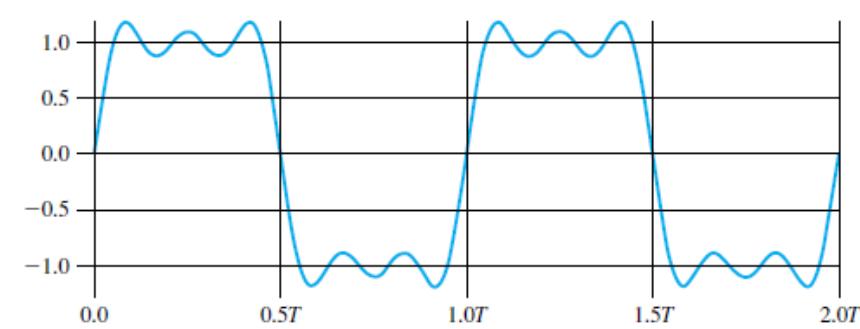
(a) $\sin(2\pi ft)$



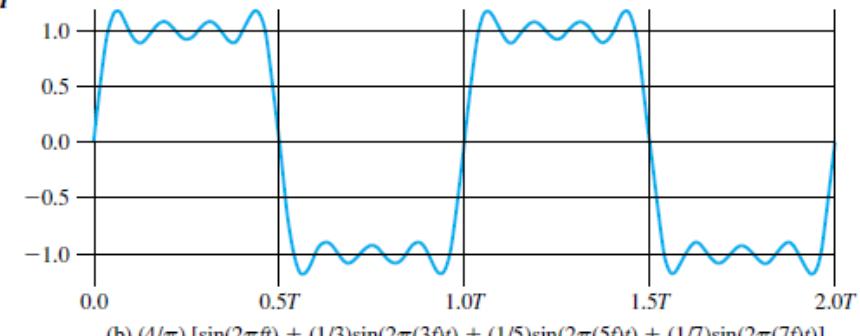
(b) $(1/3) \sin(2\pi(3f)t)$



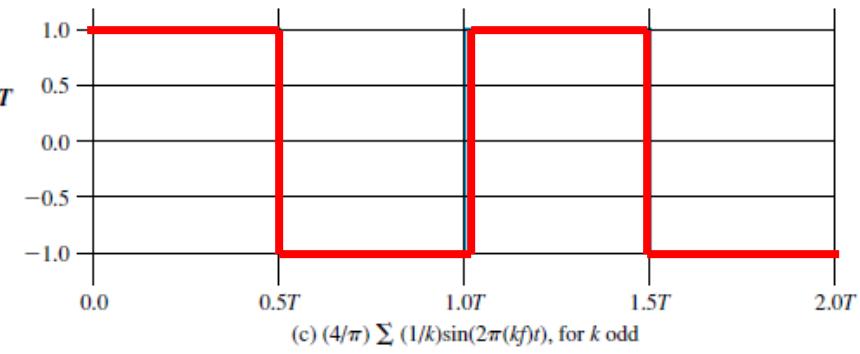
(c) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t)]$



(a) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t)]$



(b) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t) + (1/7)\sin(2\pi(7f)t)]$



(c) $(4/\pi) \sum (1/k)\sin(2\pi(kf)t)$, for k odd

Bits: 1 0 1 1 1 1 0 1 1

Pulses before transmission:

Bit rate. 2000 bits per second



Pulses after transmission:

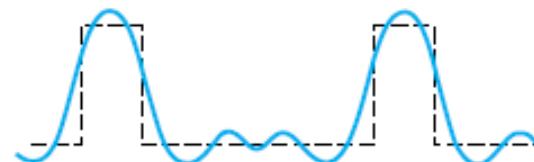
Bandwidth 500 Hz



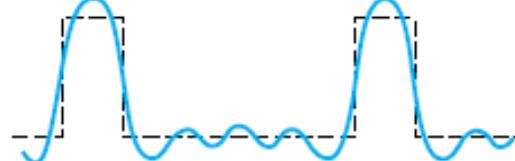
Bandwidth 900 Hz



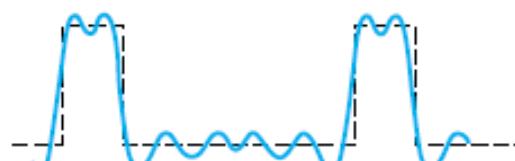
Bandwidth 1300 Hz



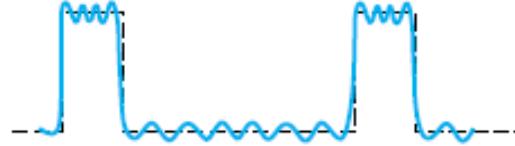
Bandwidth 1700 Hz



Bandwidth 2500 Hz

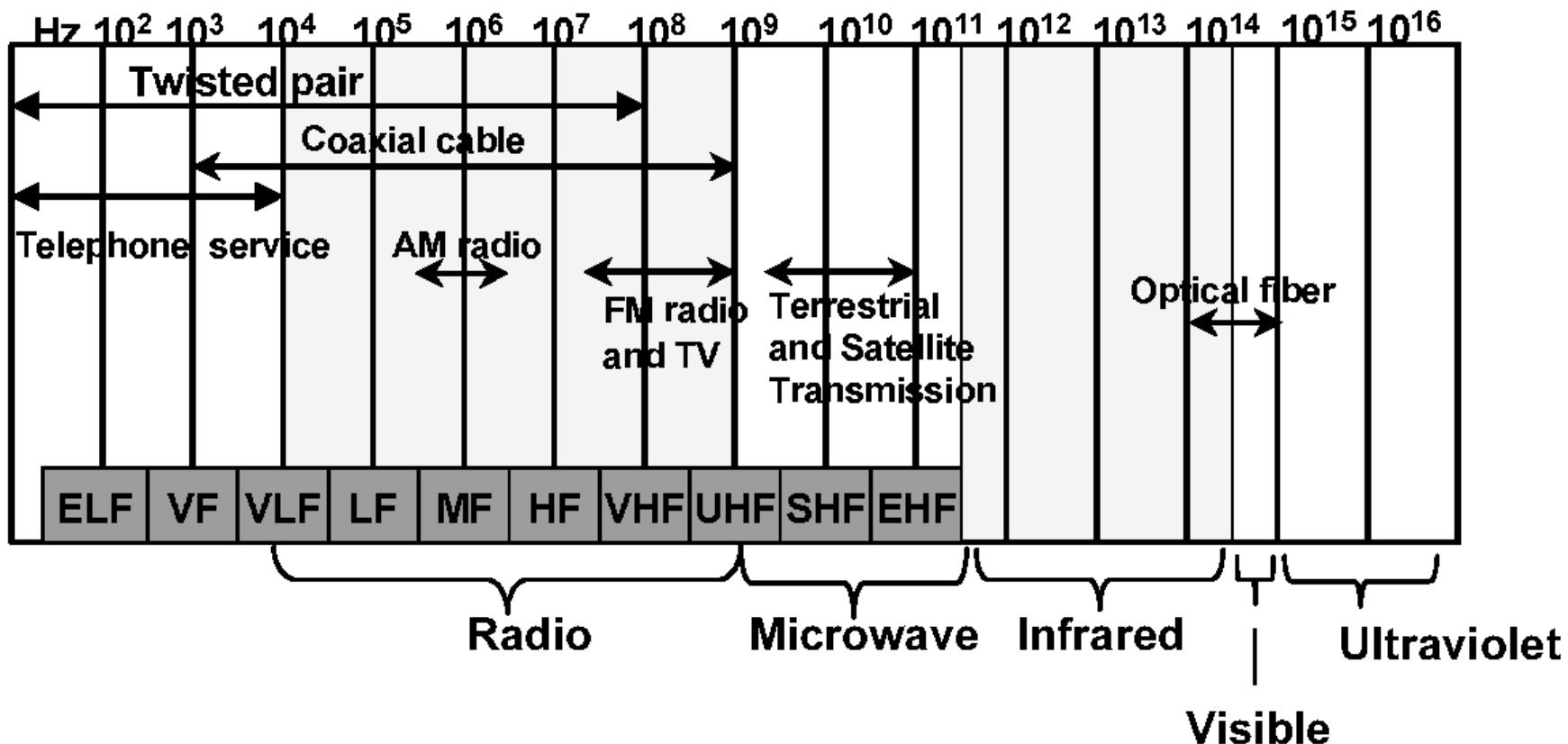


Bandwidth 4000 Hz



Medijum [4]

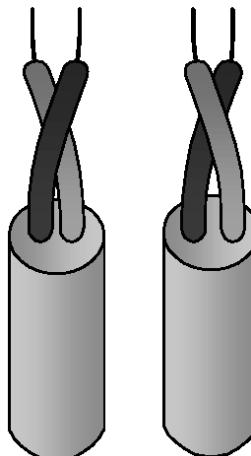
Širine propusnih opsega medijuma koji se koriste za prenos signala



Medijum [4]

Žični – Parice

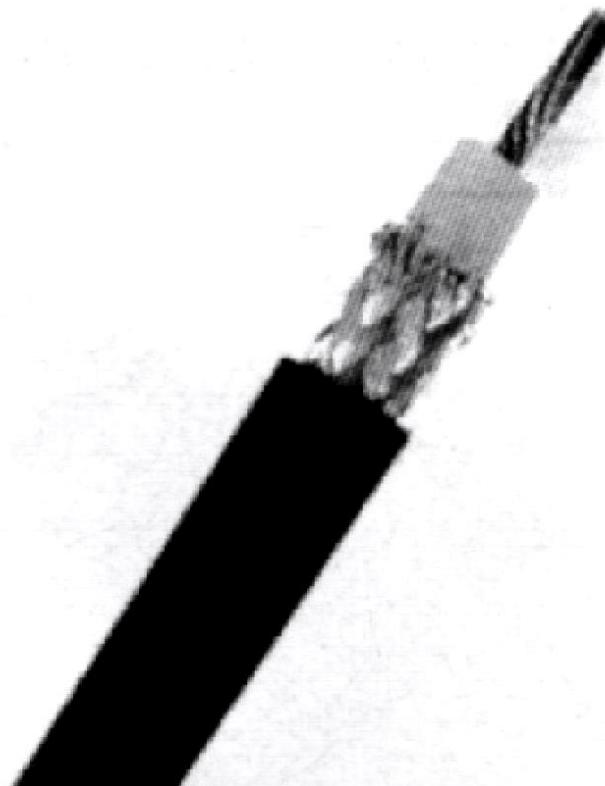
- **Koriste se za prenos signala u**
 - LAN – Lokalnim računarskim mrežama
 - Udaljenosti prijemnika i predajnika do 100m
 - Prenos podataka na brzinama 10, 100, 1000 Mbps
 - Javnim telekomunikacionim mrežama
 - Udaljenost prijemnika i predajnika je < 10km
 - Prenos podataka na brzinama $64 - n \times 1000\text{kbps}$, $n < 10$



Medijum [5]

Žični – Koaksijalni kabel

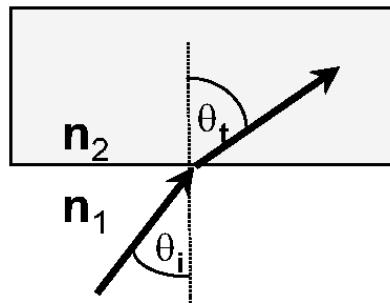
- Širok propusni opseg
- Otporan na elektro-magnetne smetnje



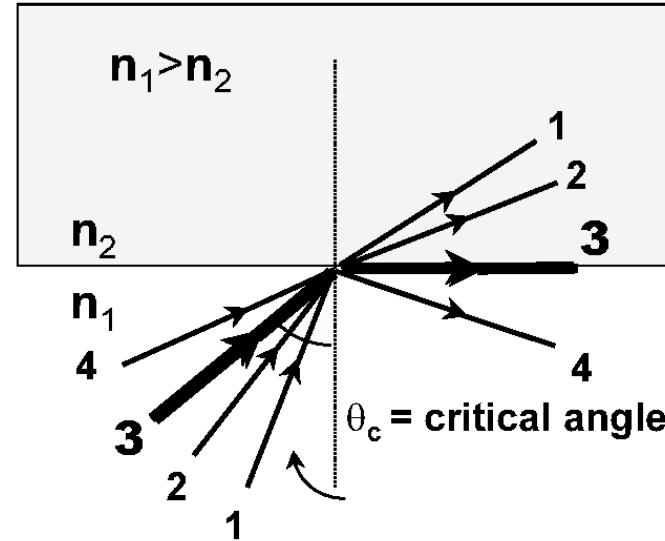
Medijum [6]

Žični – Optički kablovi

- Prenose se svetlosni signali
- Širok propusni opseg
- Otporan na uticaj okoline
- Princip rada na osnovu Snell-ovog zakona



$$\begin{aligned}
 n_1 \sin \theta_i &= n_2 \sin \theta_t \\
 \theta_t = 90^\circ, \sin \theta_t &= 1 \\
 \theta_i &= \theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)
 \end{aligned}$$



Medijum [7]

Žični – Optički kablovi

- Multimodna vlakna:

Postoji promena indeksa prelamanja od ose jezgra vlakna ka obodu

- Monomodna vlakna:

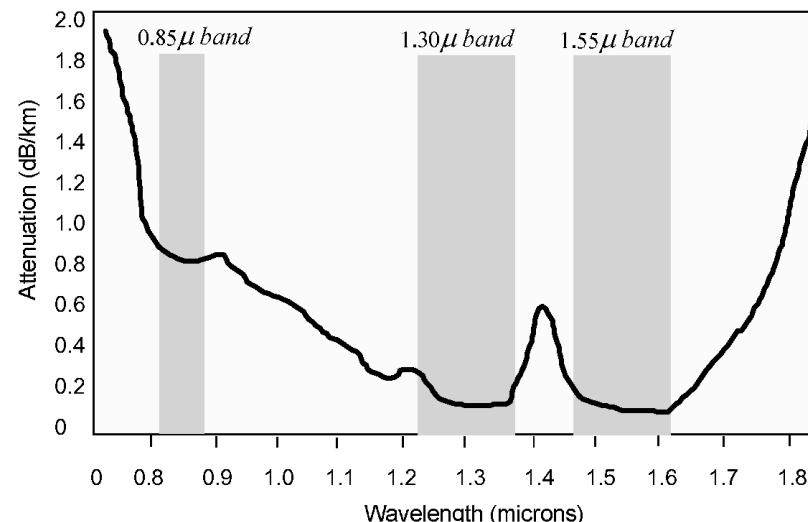
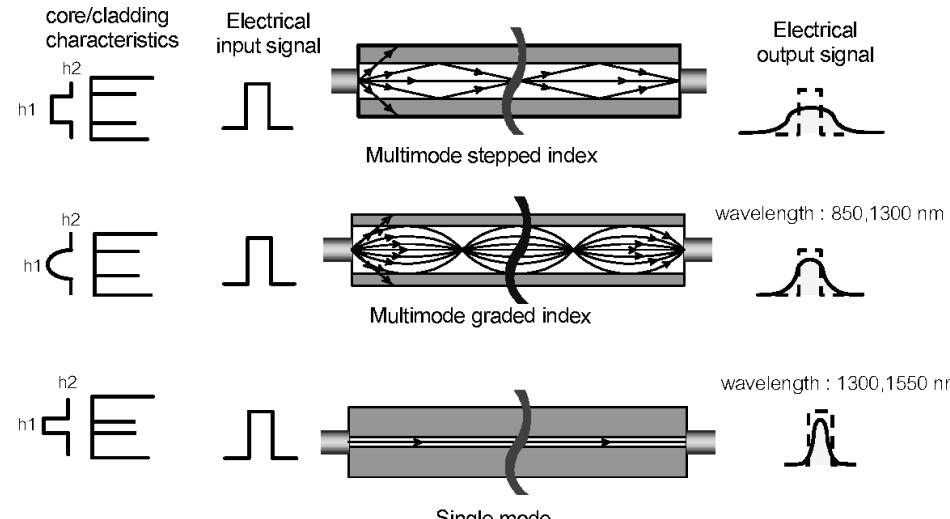
nema promena indeksa prelamanja od ose jezgra vlakna ka obodu

- Prenosna karakteristika

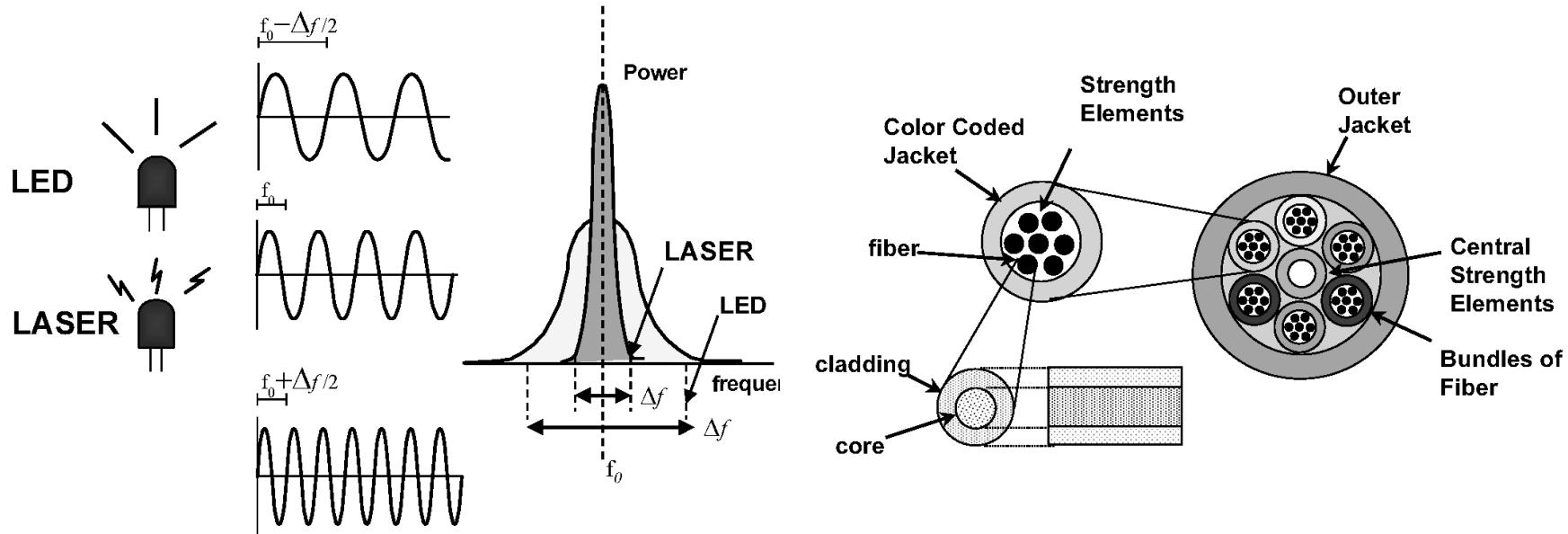
Optimizovan za prenos optičkog signala u sledećim delovima spektra:

850nm, 1300nm i 1550nm

Prozori za prenos optičkog signala



Medijum [8]



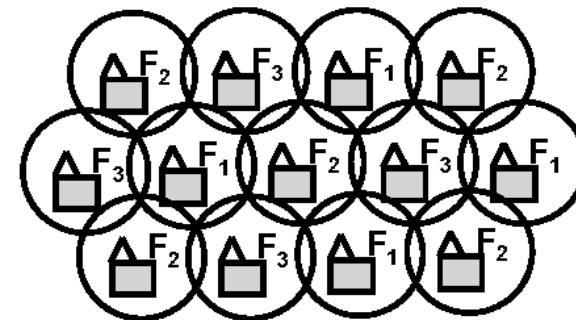
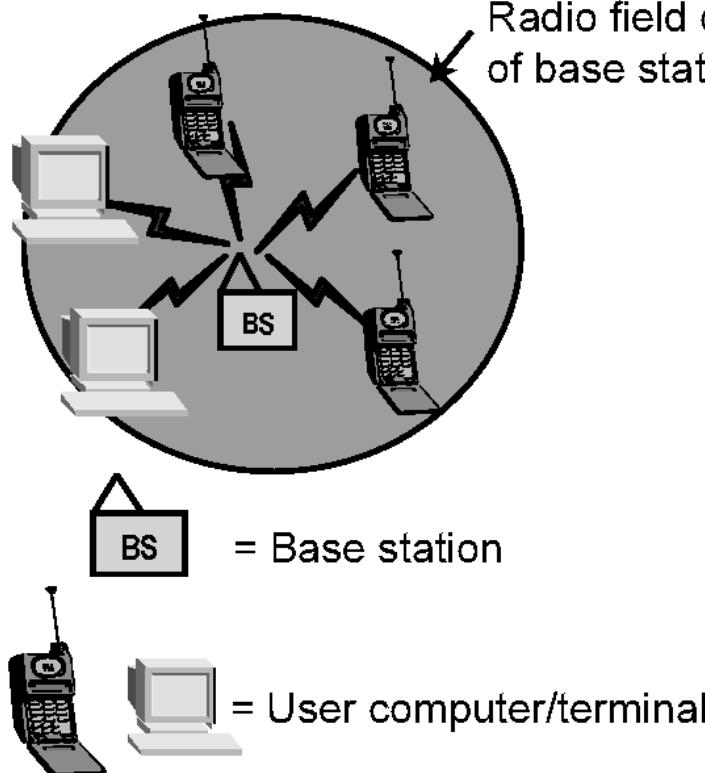
	Multimodno	Monomodno
Svetlosni izvor	LED/laser	Laser
Propusni opseg	>1 GHz/km	do 1000 GHz/km
Talasna dužina	850, 1300	1300, 1500
jezgro-omotač	62,5/125	8/125
Upotreba	LAN, backbone	LAN, Javne mreže
Cena	Niska	Malo viša

Medijum [9]

- Bežični
- Neusmerene
 - radio i televizija - 300kHz – 1 GHz
- Usmerene – point-to-point
 - Mikrotalasni opseg 2 – 40 GHz
 - komunikacija zemaljskih stanica
 - domet oko 50 km
 - zahteva optičku vidljivost
 - komunikacija zemaljska stanica – satelit - zemaljska stanica
 - Transponder služi za prijem i retransmisiju
 - koriste se sledeći opsezi
 - C band – 5,925 - 6,425 GHz uplink, 3,7 – 4,2 GHz downlink
 - KU band – 14 – 14,5 GHz uplink, 11,7 – 12,2 GHz downlink
 - Infracrveni opseg 3×10^{11} - 2×10^{14}

Medijum [10]

- Radio talasima
- Bežična veza između fiksnih baznih stanica i terminala



F_1, F_2, F_3 = Frequencies used in cell

Prenos signala

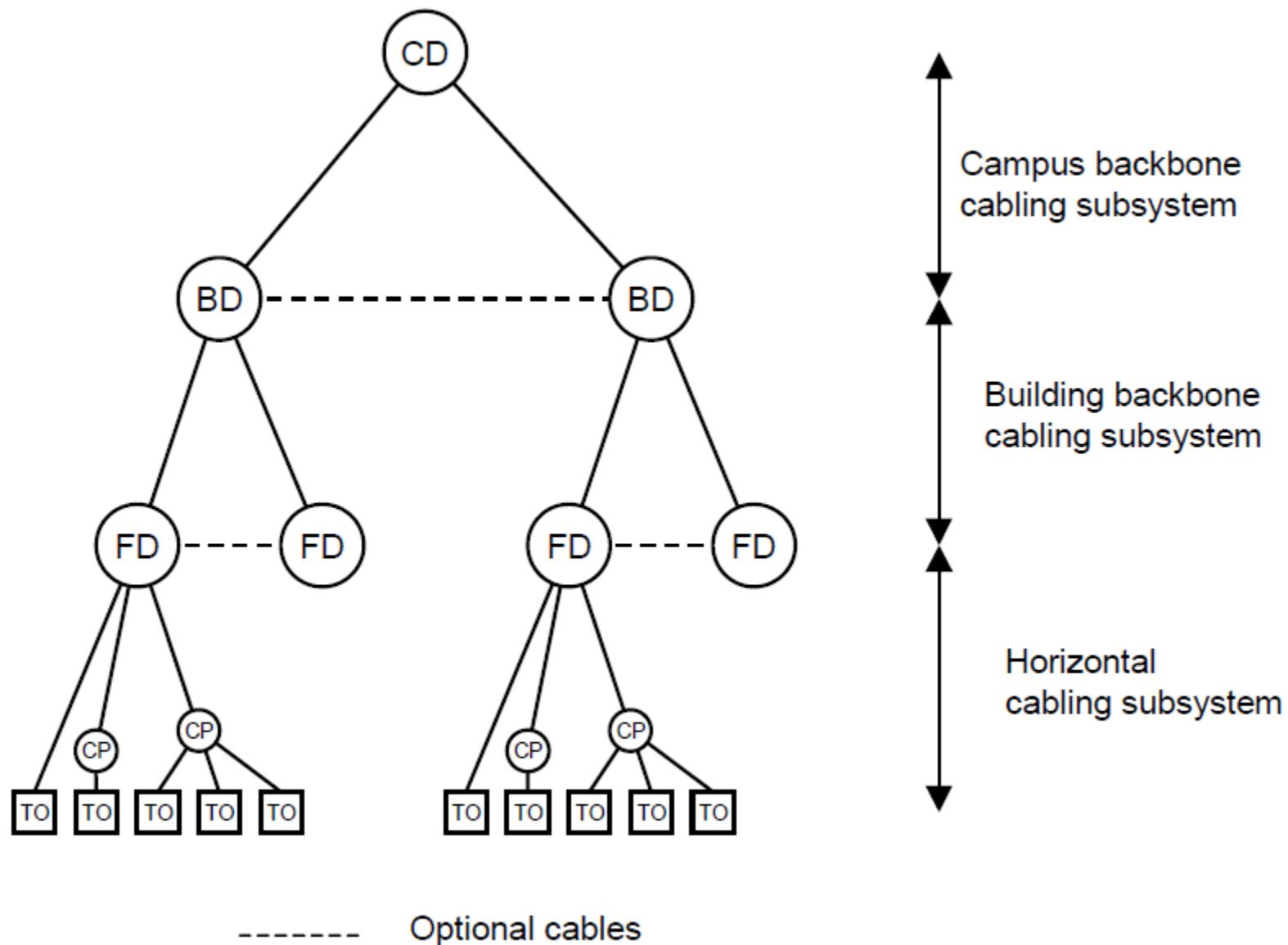
Baseband: digitalna signalizacija, ceo spektar se koristi za jedan komunikacioni kanal tako da deljenje nije moguće.

Broadband: analogna signalizacija, spektar se može podeliti (recimo frekvencijski) na više komunikacionih kanala.

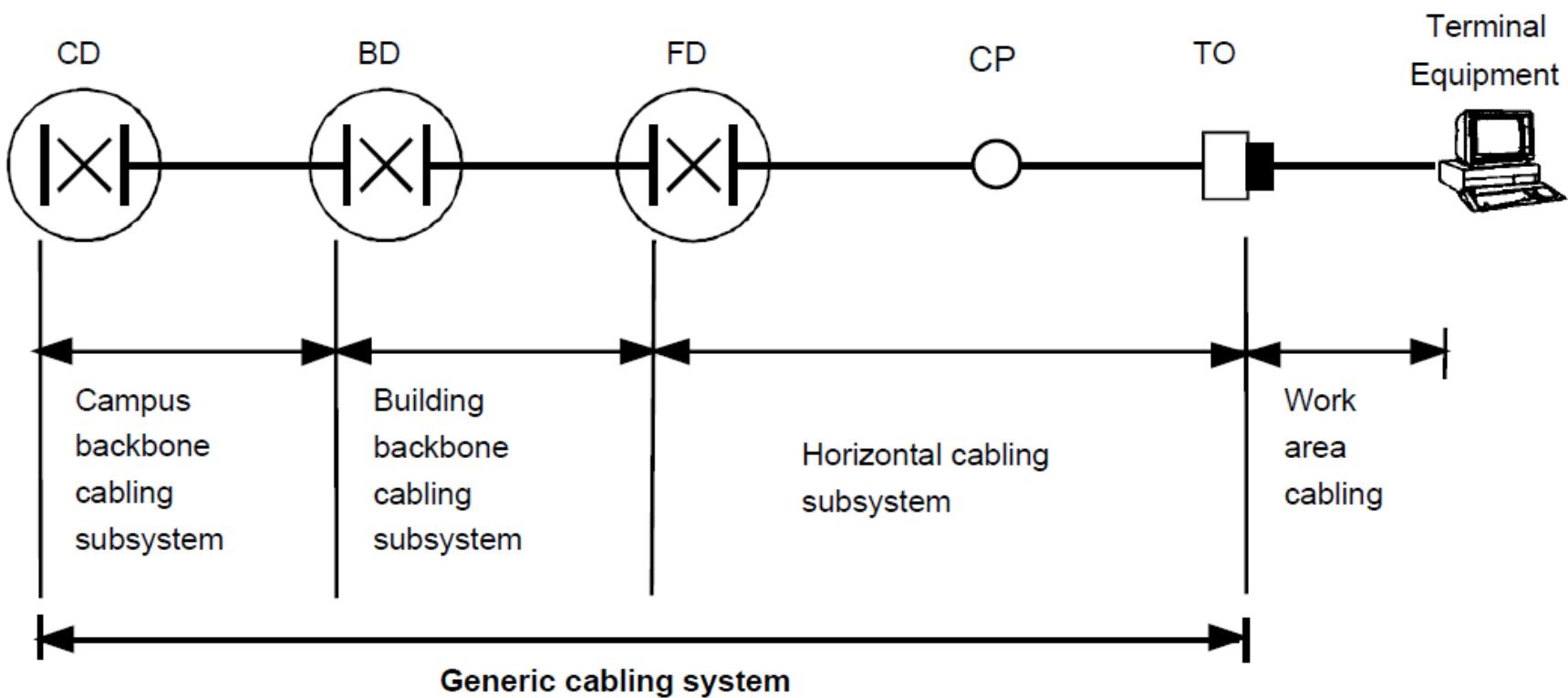
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [1]

- Način kabliranja koji podržava komunikacione sisteme (prenos podataka i glasa)
- Šta želimo da dobijemo?
 - Punu fleksibilnost prilikom priključenja krajnje korisničke opreme
 - Potpunu nezavisnost od LAN tehnologija
 - Mogućnost prenosa različitih tipova podataka (signala)
 - Garantovane karakteristike u propusnom opsegu
- Regulisano standardima koji se odnose na kabliranje poslovnih objekata

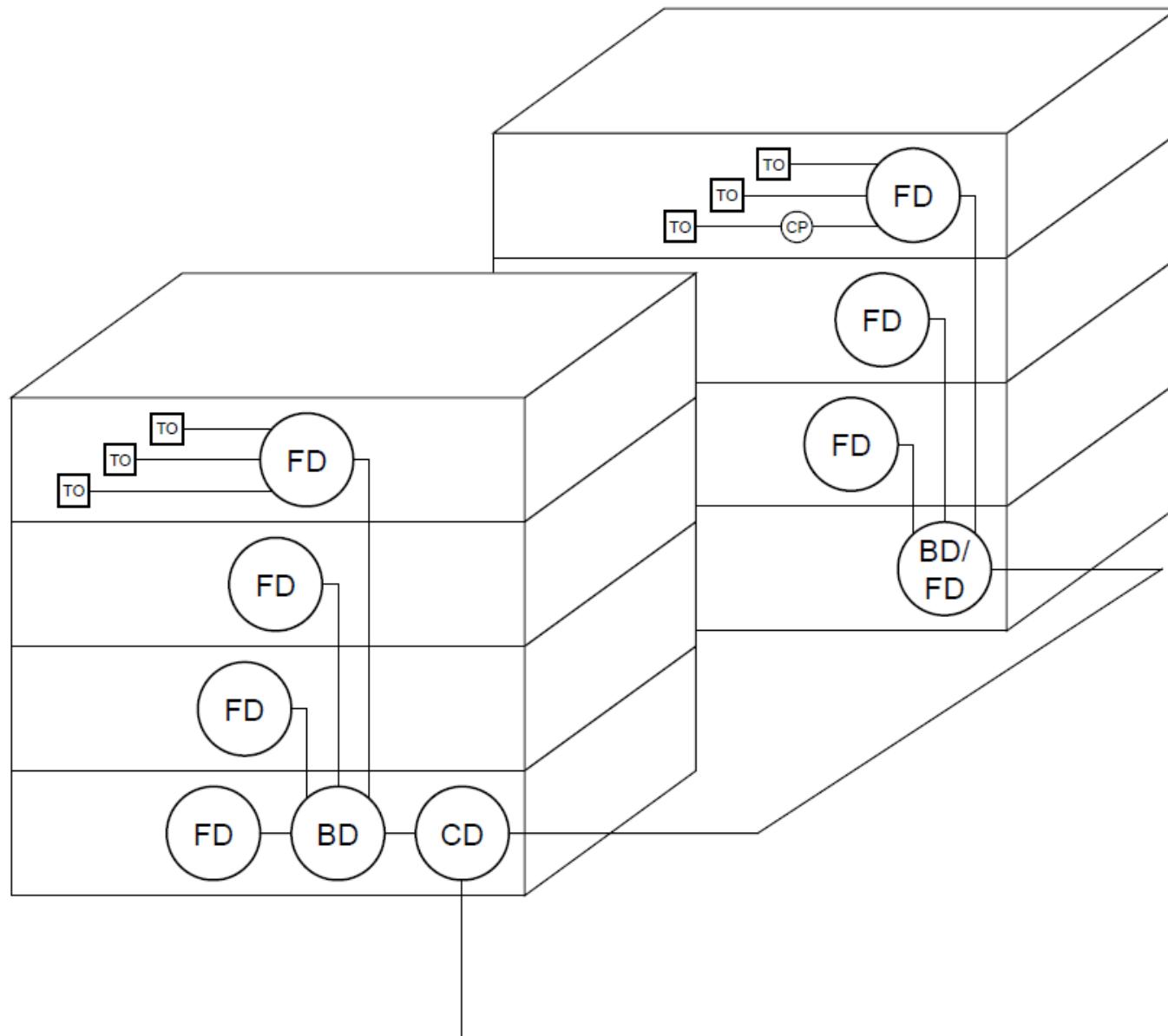
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [1a]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [1b]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [1c]



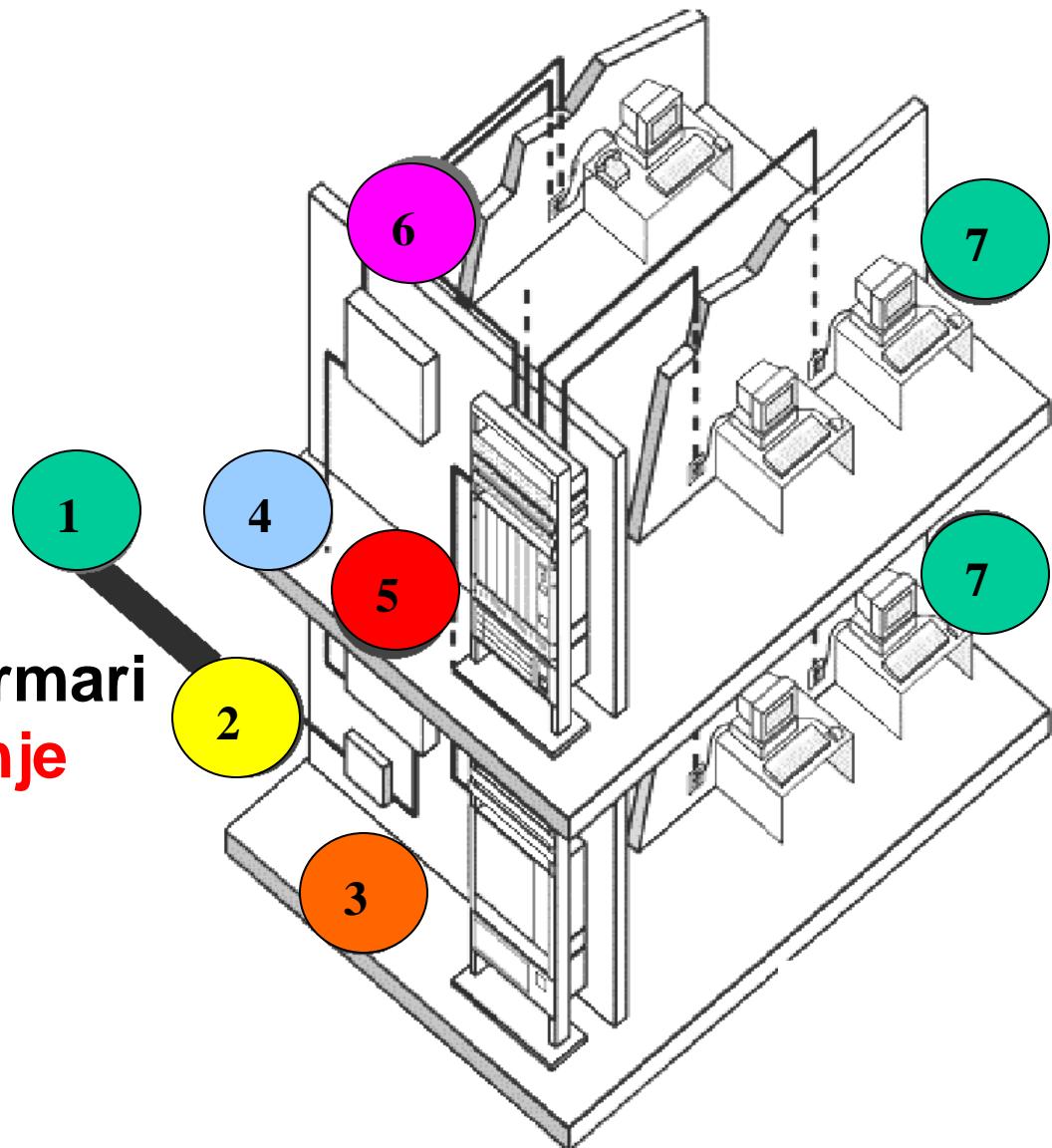
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [2]

- Standardi EIA/TIA 568a, 568b, 569, 570, 606, 607, ISO 11801
- Standardi propisuju:
 - Podsisteme kablovskog sistema
 - Razdaljine
 - Parametre
 - Načine povezivanja medijuma
 - Testiranje
 - Obeležavanje

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [3]

Podsistemi kablovskog sistema

1. Kampus kabliranje
2. Ulagak u objekte
3. Prostorije za opremu
4. Vertikalno kabliranje
5. Telekomunikacioni ormari
6. Horizontalno kabliranje
7. Radni prostor

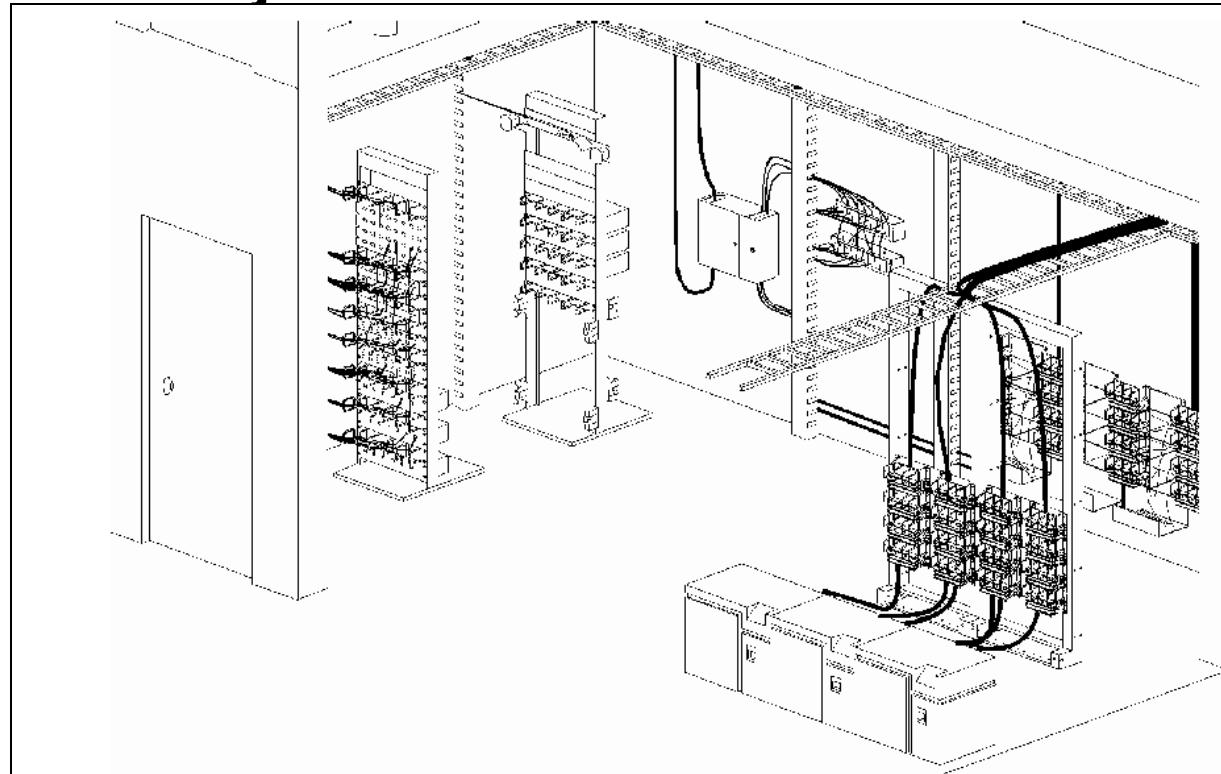


Nivo 1 Struktuirano kabliranje [4]

2. Ulazak u objekte

Mesto na kome se radi povezivanje spoljašnjeg kabliranja sa unutrašnjim kabliranjem

3. Prostor za smeštaj telekomunikacionih ormana i opreme



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [5]



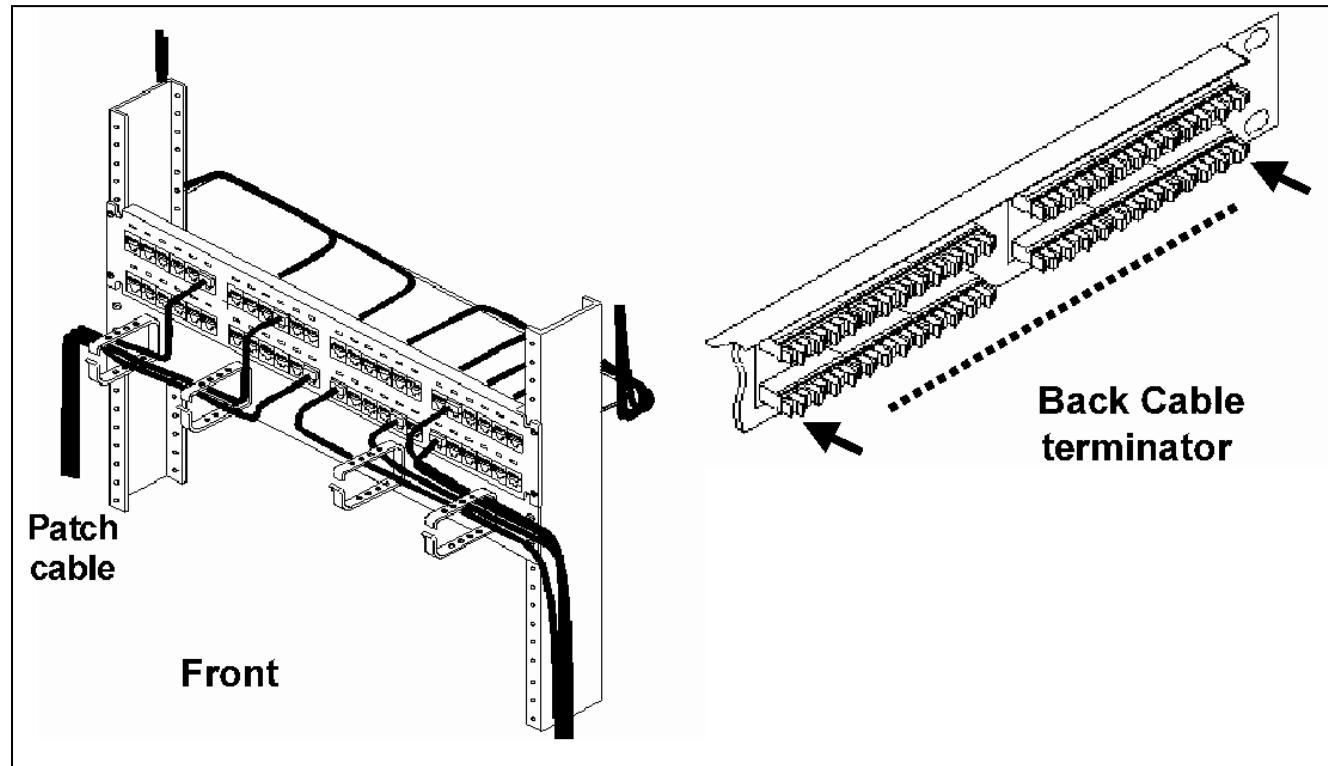
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [5a]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [6]

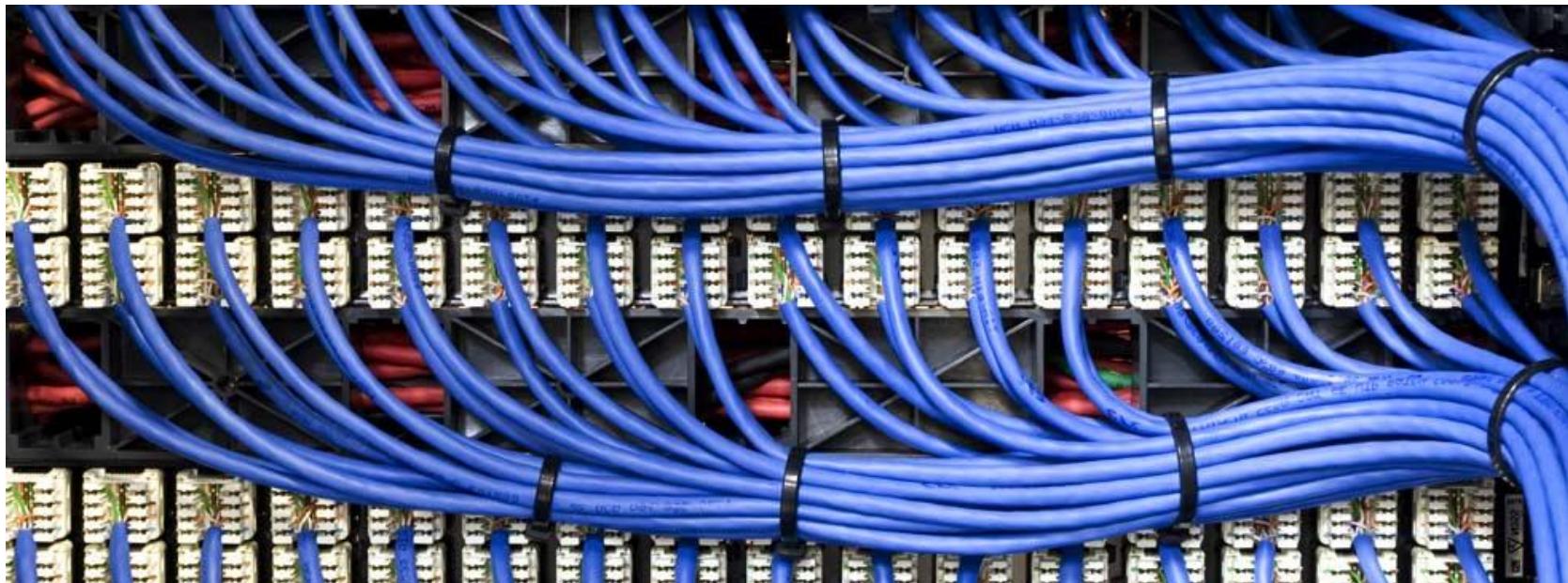
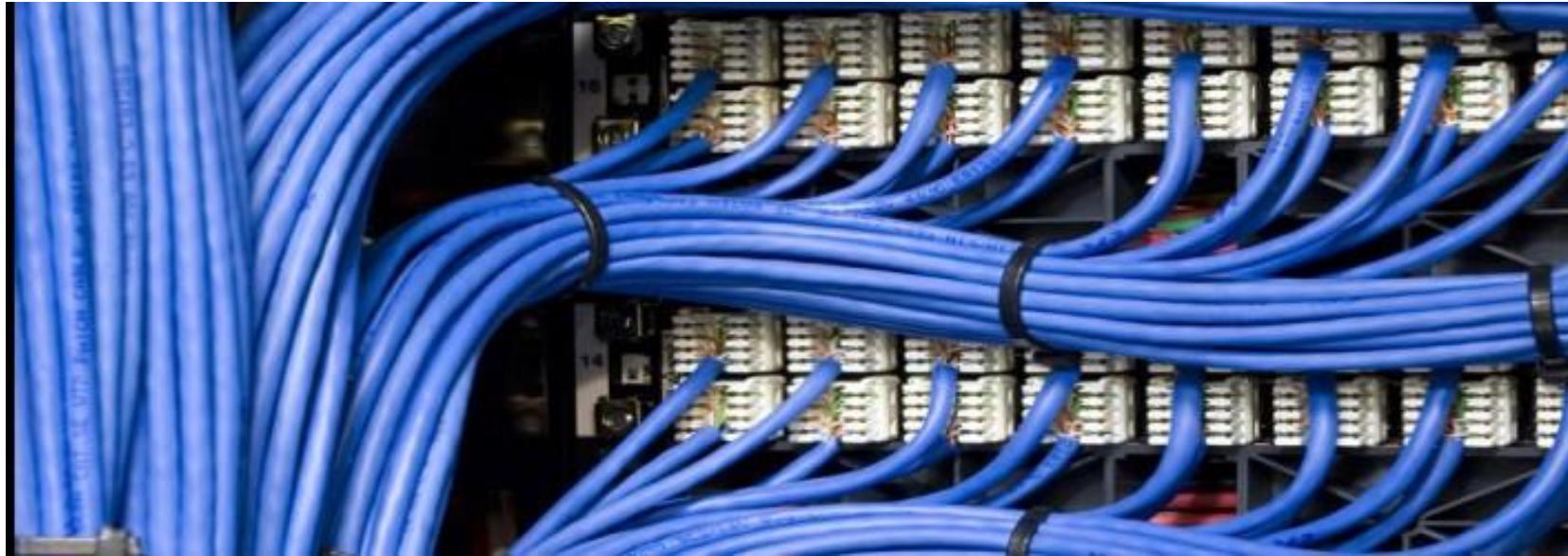
5. Telekomunikacioni ormani

Smeštaj pasivne opreme na kojoj se završavaju kablovi kampus, vertikalnog i horizontalnog kabliranja i vrše sva potrebna prespajanja. Definisan razmak između instalacionih šina iznosi 19”

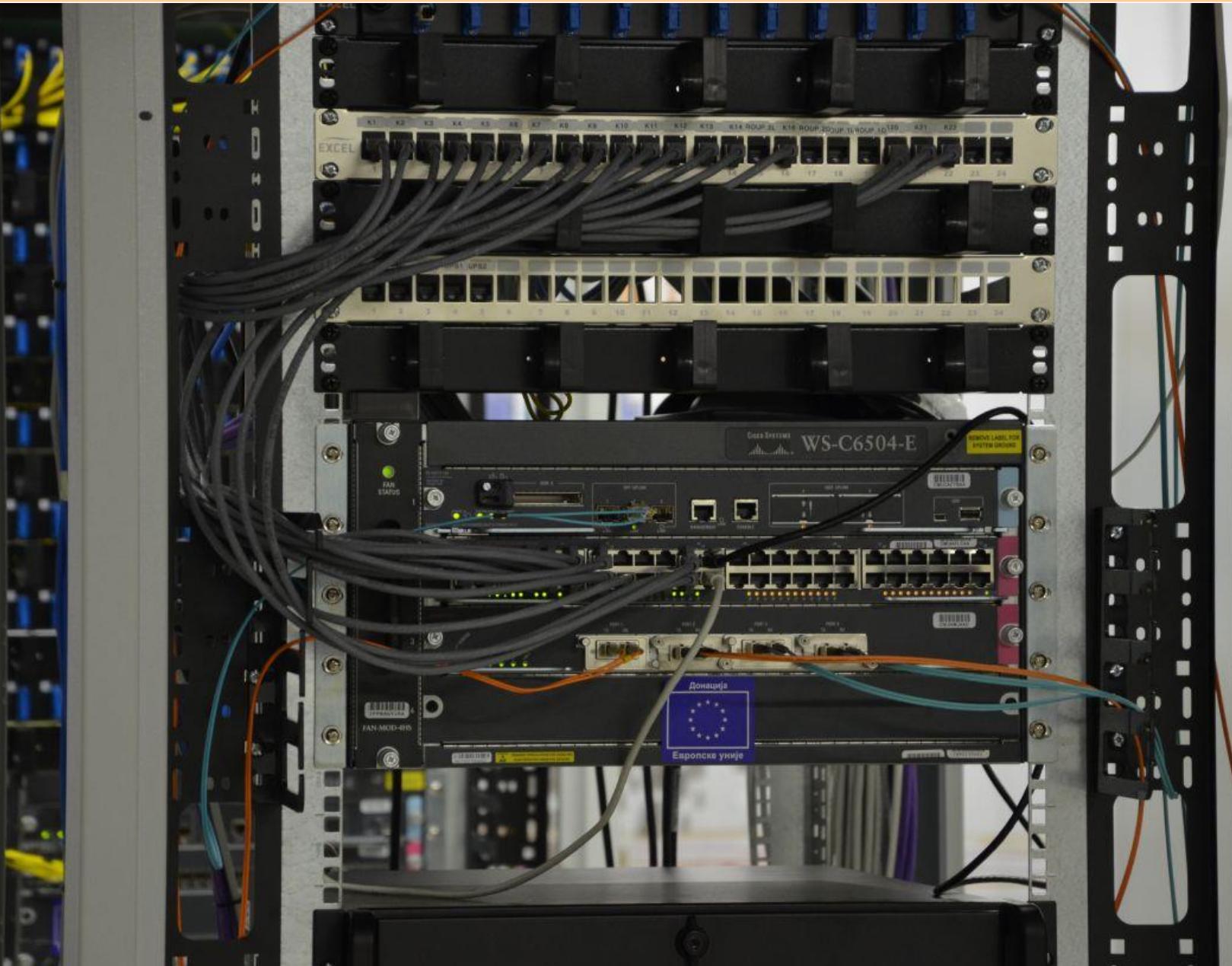


Patch Panel

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [6a]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [7]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [7a]



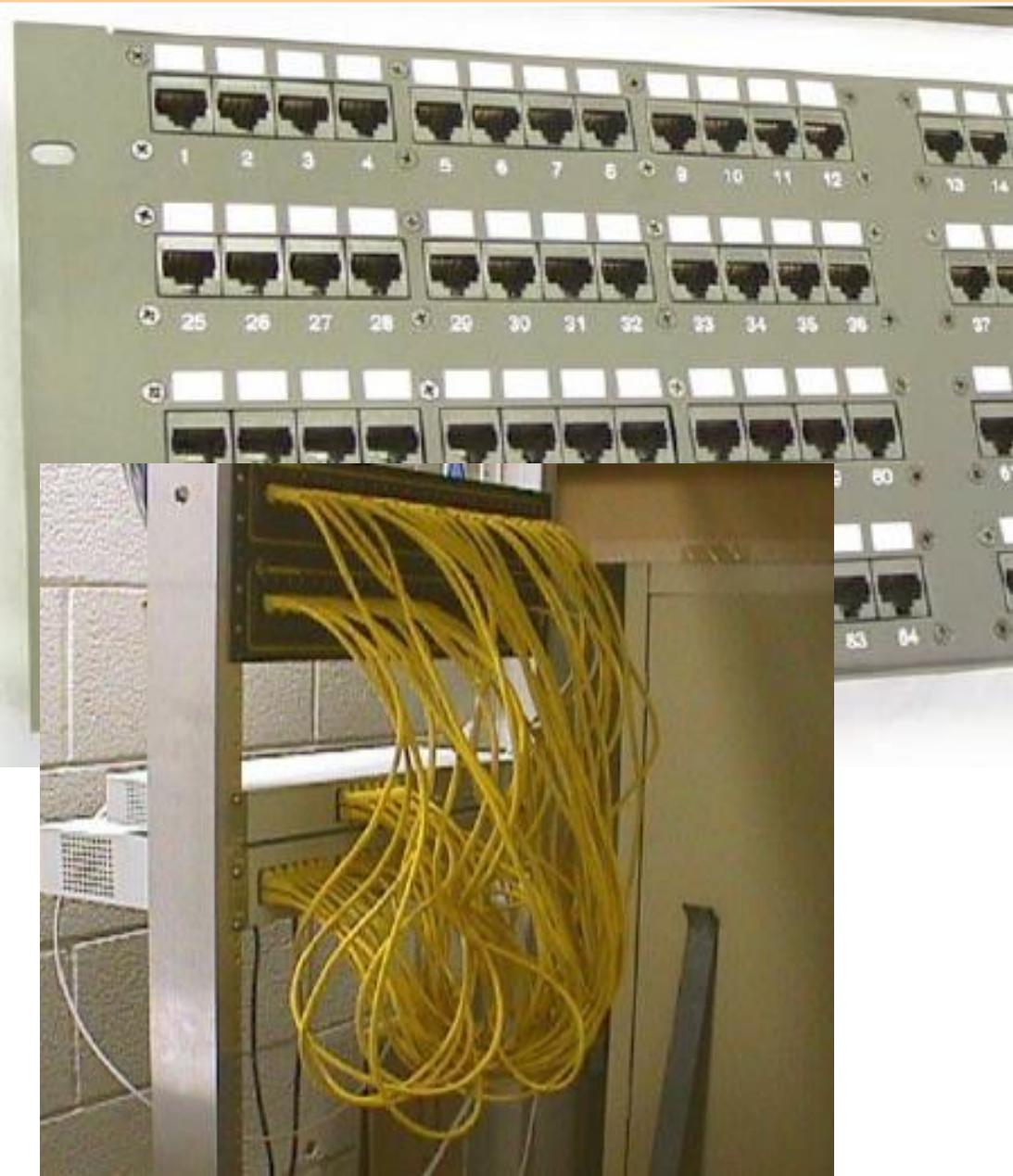
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [7b]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [7c]



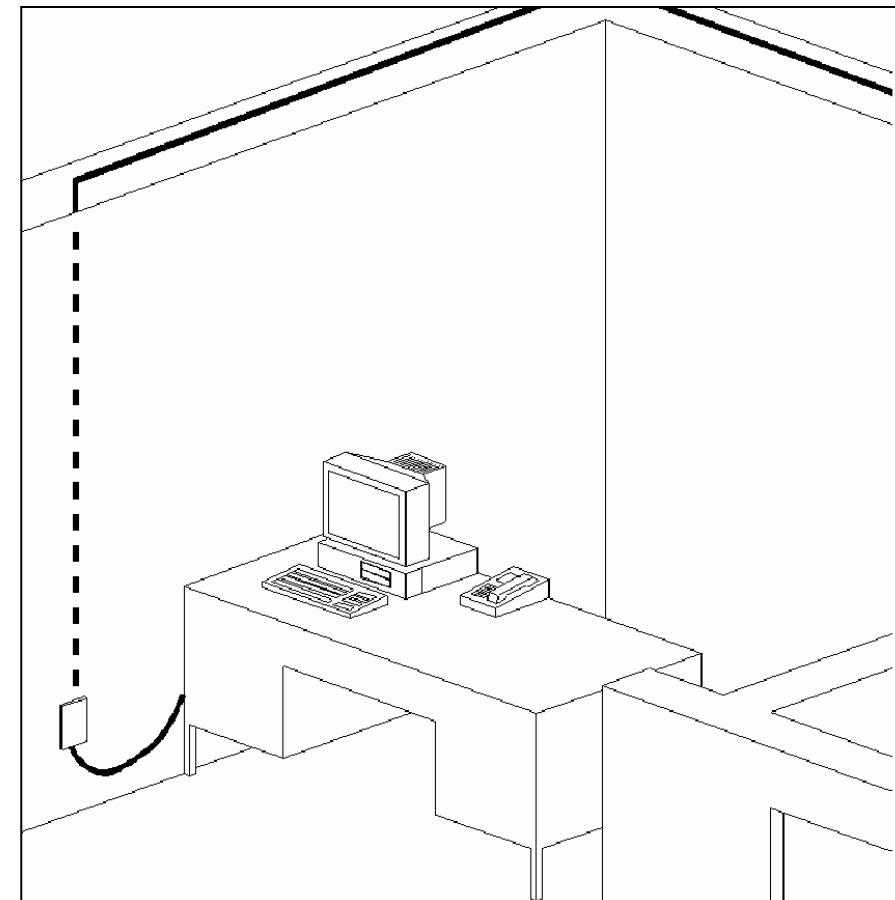
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [8]



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [9]

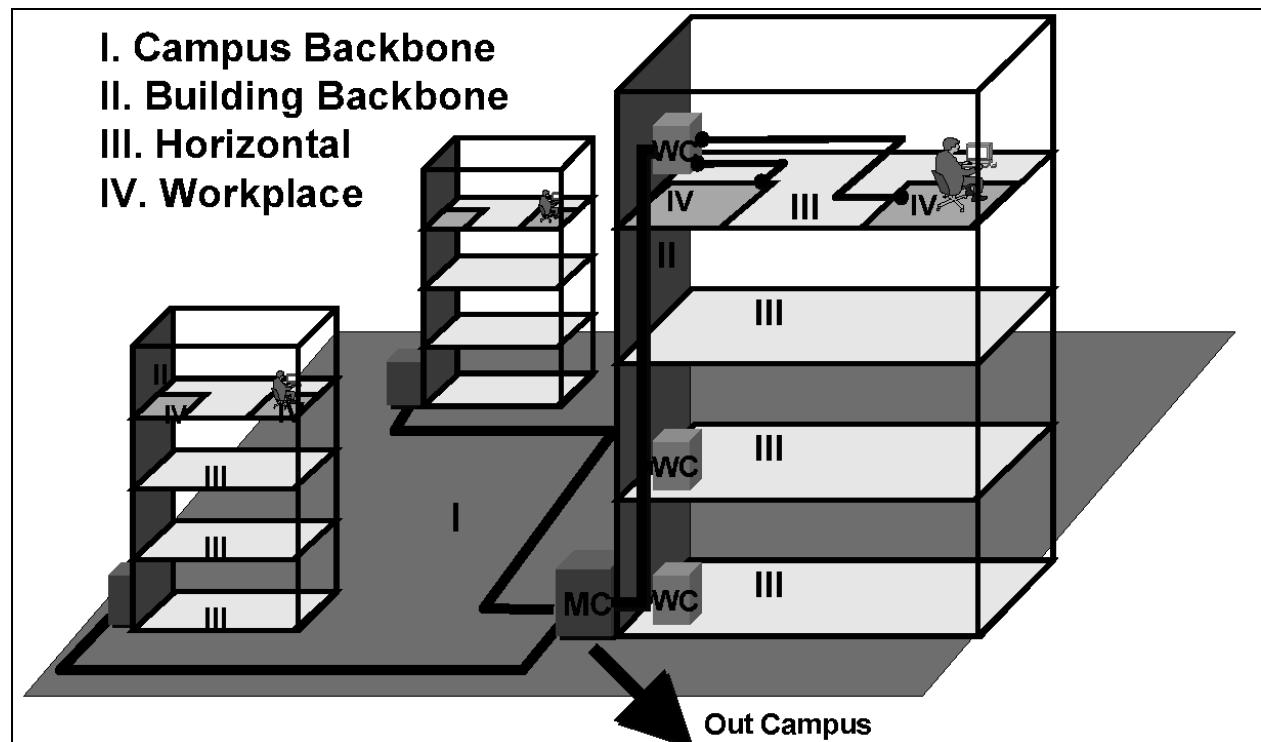
7. Radne oblasti - radni prostor krajnjih korisnika

- Korisnički uređaji (telefon, računar, terminal)
- Priključne kutije
- Korisnički kablovi
- Adapteri
- Broj priključnih mesta u prostoriji zavisi od broja radnih mesta. Svako radno mesto oprema se sa minimalno dva priključna mesta, optimalno sa tri.
- Broj radnih mesta u radnom prostoru definiše namena prostora i površina radnog prostora



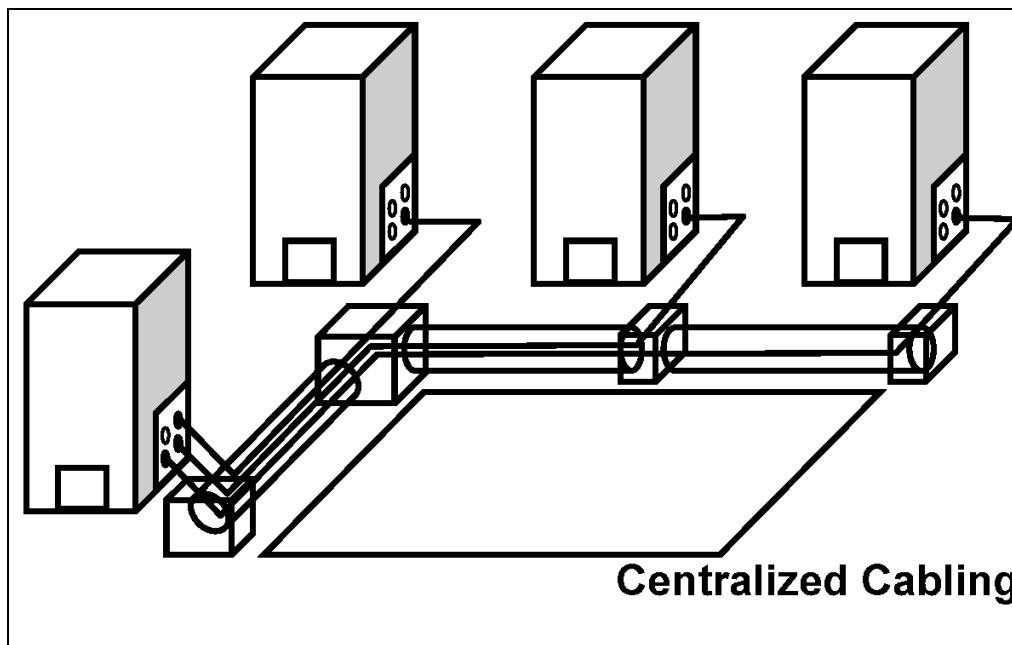
Nivo 1 Struktuirano kabliranje [10]

- Kampus kabliranje – kampus distributer – distributer zgrade
- Vertikalno kabliranje – distributer zgrade – distributer sprata
- Horizontalno kabliranje – distributer sprata – priključna kutija



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [11]

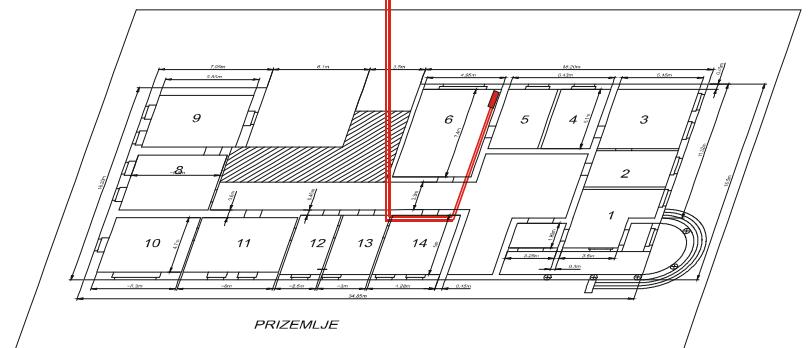
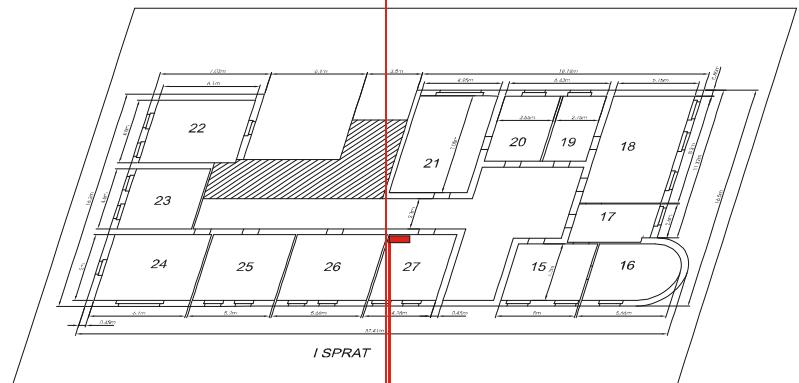
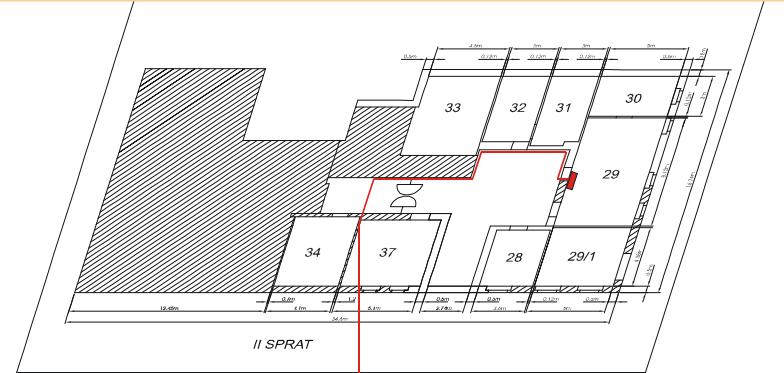
- Kampus kabliranje – Optički kablovi obavezno, bakarni kablovi (opciono samo za prenos glasa)
- Vazdušni kablovi (specijalne konstrukcije)
- Podzemni – kroz posebno izgrađenu kablovsku kanalizaciju (građevinski radovi)



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [12]

Vertikalno kabliranje –
**Optički kablovi, bakarni
kablovi (samo za prenos
glasa ili kraće deonice za
prenos podataka)**

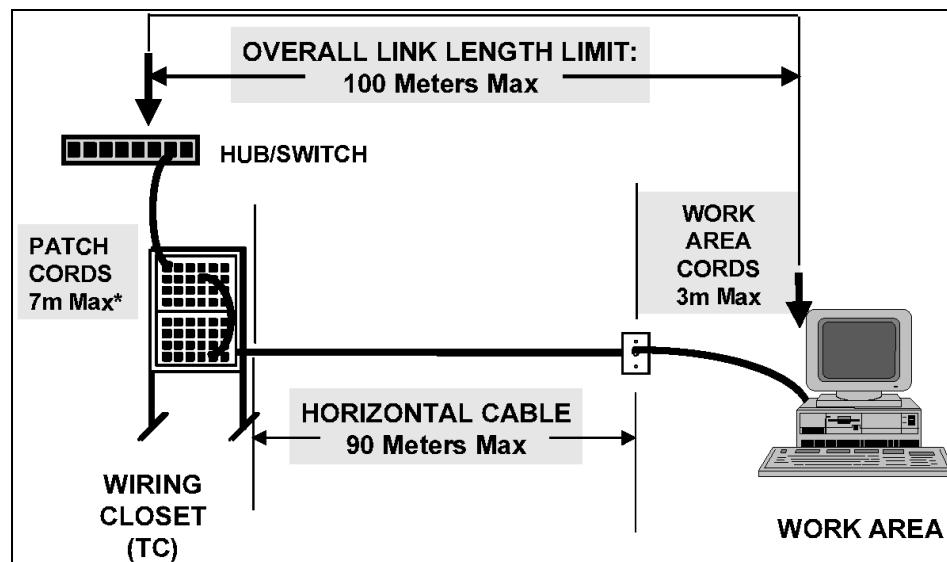
- kroz kanalnice – na zid, kroz specijalne prostore u zidu
- bužir – ukpane u zid



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [13]

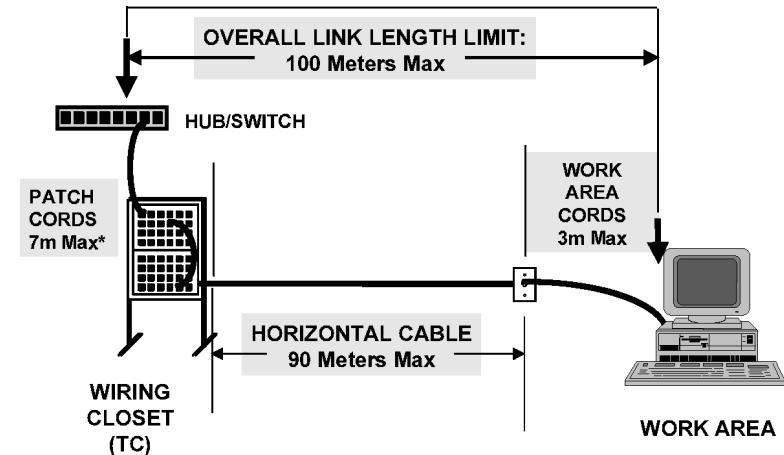
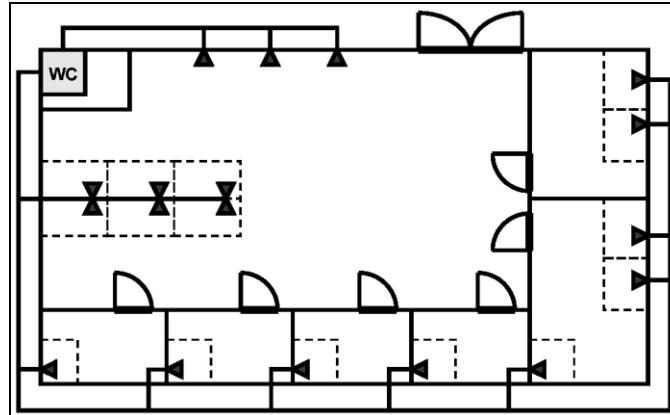
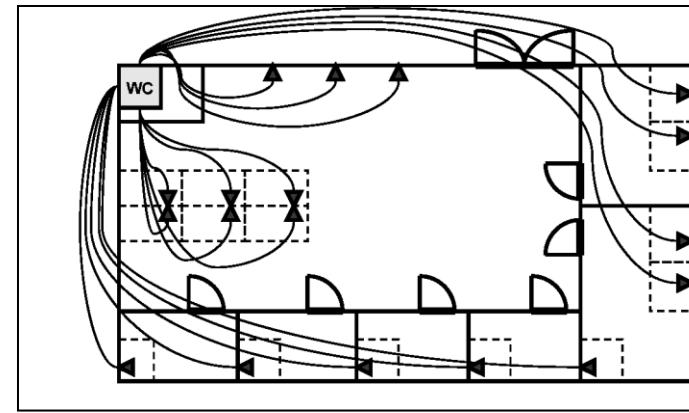
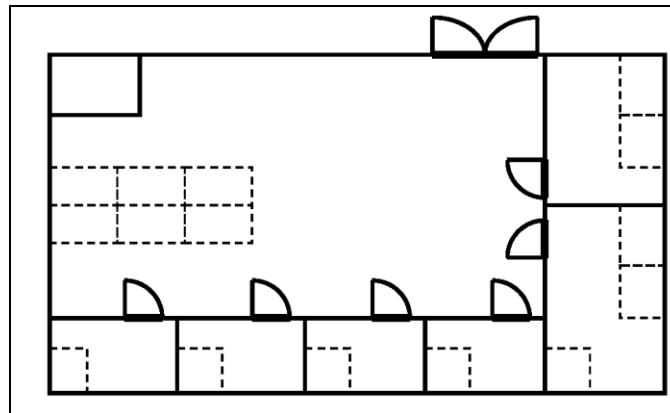
Horizontalno kabliranje – UPT/STP kablovi (do 100m zajedno sa patch kablovima i korisničkim kablovima), optički kablovi

- kroz kanalnice – na zid, kroz specijalne prostore u zidu, kroz spušteni plafon ili dupli pod
- bužir – ukpane u zid



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [14]

Horizontalno kabliranje – polazimo od tlocrta sa naznačenim radnim mestima, određujemo mesto telekomunikacionog ormana i priključnih kutija, definišemo trase kablova.



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [15]

TIA Cabling Standards	
Category 5e	ANSI/TIA-568-C.2, Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard, 2009
Category 6	ANSI/TIA-568-C.2, Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard, 2009
Category 6A	ANSI/TIA-568-C.2, Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard, 2009
ISO Cabling Standards	
Class D	ISO/IEC 11801, 2nd Ed., Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002
Class E	ISO/IEC 11801, 2nd Ed., Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002
Class E_A	Amendment 1 to ISO/IEC 11801, 2nd Ed., Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2008
Class F	ISO/IEC 11801, 2nd Ed., Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2002
Class F_A	Amendment 1 to ISO/IEC 11801, 2nd Ed., Information technology - Generic Cabling for Customer Premises, 2008

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [16]

Razdaljine – maksimalne dužine kablova:

- 100 ohm UTP (0,51 ili 0,6) – do 100m
- MM do 2000m
- SM do 3000m

Parametri za celokupni prenosni medijum (konektore, utičnice, kablove ...)

- CAT 3 od 5-16 MHz
- CAT 4 od 10-20 MHz
- CAT 5 od 20-100 MHz
- CAT 5e
- CAT 6 do 250 MHz
- MM 62,5/125 µm
- SM 8,3/125 µm

Garancija da će slabljenje, kašnjenje, preslušavanje biti u dozvoljenim granicama u datom propusnom opsegu

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [17]

Table 1: TIA and ISO Equivalent Classifications

Frequency Bandwidth	TIA (Components)	TIA (Cabling)	ISO (Components)	ISO (Cabling)
1 - 100 MHz	Category 5e	Category 5e	Category 5e	Class D
1 - 250 MHz	Category 6	Category 6	Category 6	Class E
1 - 500 MHz	Category 6A	Category 6A	Category 6A	Class E _A
1 - 600 MHz	n/s	n/s	Category 7	Class F
1 - 1,000 MHz	n/s	n/s	Category 7 _A	Class F _A

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [18]

Table 3: Applications Chart

	Category 5e Class D	Category 6 Class E	Category 6A Class E _A	Class F	Class F _A
4/16 MBPS Token Ring	x	x	x	x	x
10BASE-T	x	x	x	x	x
100BASE-T4	x	x	x	x	x
155 MBPS ATM	x	x	x	x	x
1000BASE-T	x	x	x	x	x
TIA/EIA-854		x	x	x	x
10GBASE-T			x	x	x
ISO/IEC 14165-144				x	x
Broadband CATV					x

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [19]

Način povezivanja:

- standardni bakarni konektori i utičnice - RJ45,
- standardni optički konektori - SC ili LC ili MTRJ

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [19]



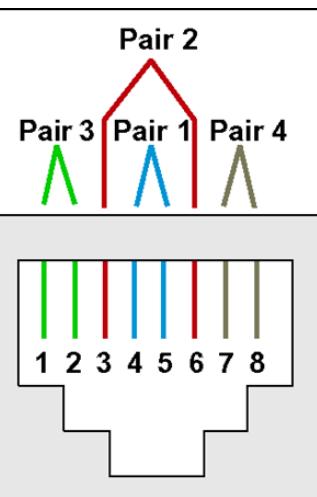
Category 5e RJ45 Keyjack 110-Type 90° Punch Down



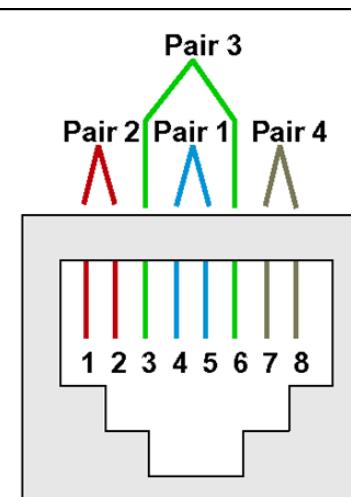
Blue

product color might be slightly differ from this picture

IDC	T568A		T568B	
Terminals	Pair	Wire Color	Pair	Wire Color
Pin-5	1	White / Blue	1	White / Blue
Pin-4		Blue		Blue
Pin-1	3	White / Green	2	White / Orange
Pin-2		Green		Orange
Pin-3	2	White / Orange	3	White / Green
Pin-6		Orange		Green
Pin-7	4	White / Brown	4	White / Brown
Pin-8		Brown		Brown

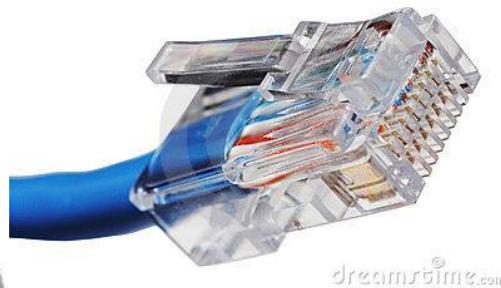
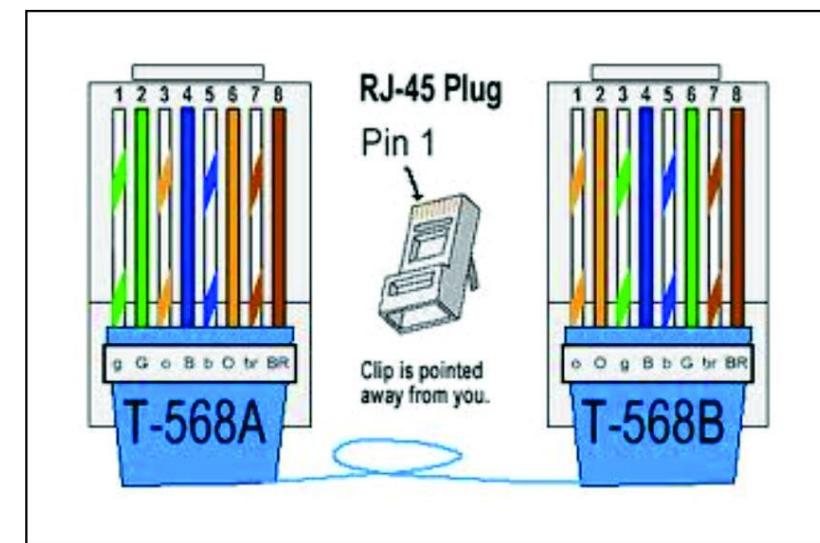
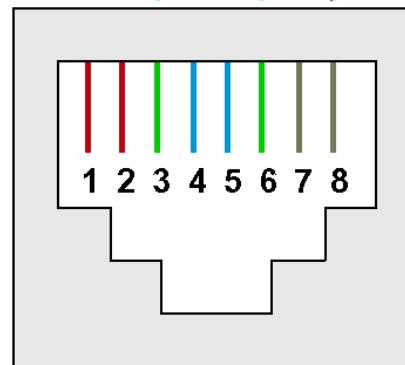
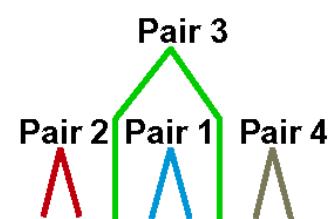
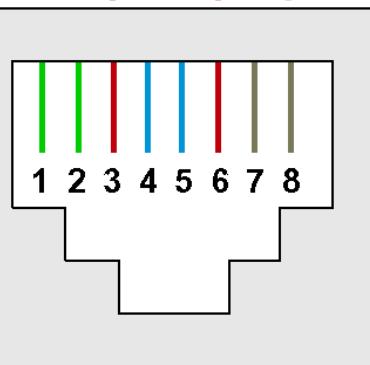
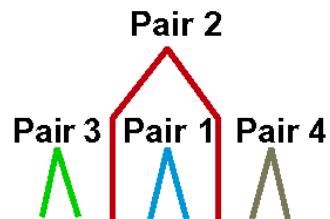


T568A

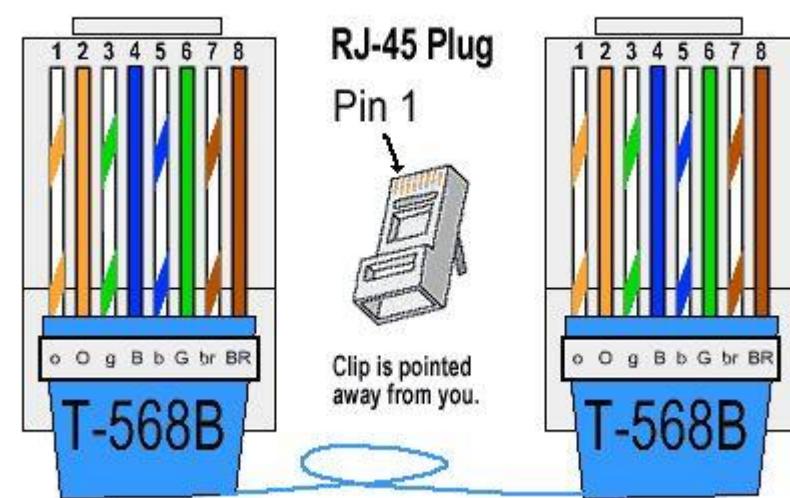


T568B

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [19]



dreamtime®.com



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [19]



FC/PC



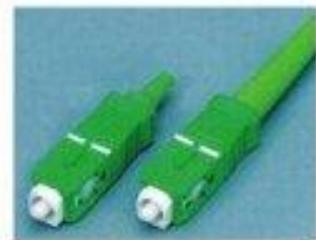
SC/PC



ST/PC



FC/APC



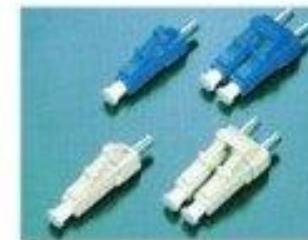
SC/APC



MTRJ



D4



LC/PC



FDDI



MU



DIN4



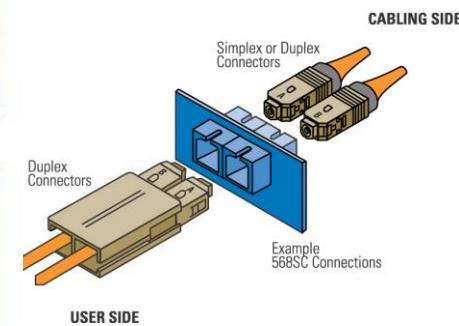
MPO



SMA



E2000



Nivo 1 Struktuirano kabliranje [20]

- **Testiranje.** Prenosni kanal, osnovna deonica.
- **Obeležavanje**

Merni protokol mora u najgorem slučaju sadržati sledeće podatke:

Tip i proizvođač mernog uređaja

Tip i proizvođač kabla

Broj ili oznaka kabla

Početna i krajnja tačka kabla

Ožičenje za vezu 1:1, oklop, kratak spoj, prekidi i ostale greške u ožičenju

Otpornost bakra (otpornost petlje)

Dužina, grafički TDR

Slabljenje u frekventnoj oblasti od 1 do 100 MHz

Slabljenje za preslušavanje (NEXT) sa obe strane u frekventnoj oblasti 1-100MHz

ACR (odnos slabljenja i preslušavanja - opisuje dozvoljeno rastojanje korisnog signala i signala smetnje u frekventnoj oblasti)

Šum (preostali nivo šuma zbog spoljašnjih smetnji u kablu za prenos podataka)

Impulsni šum (povremene smetnje koje potiču od npr. paralelno postavljenih vodova za napajanje)

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [21]

TABLE 4: Industry Standards Performance Comparison at 100 MHz for Channels

	Category 5e Class D	Category 6 Class E	Category 6A Class E_A	Class F	Class F_A
Frequency Range (MHz)	1 - 100	1 - 250	1 - 500	1 - 600	1 - 1,000
Insertion Loss (dB)	24.0	21.3/21.7	20.9	20.8	20.3
NEXT Loss (dB)	30.1	39.9	39.9 ¹	62.9	65.0
PSNEXT Loss (dB)	27.1	37.1	37.1 ¹	59.9	62.0
ACR (dB)	6.1	18.6	18.6	42.1	46.1
PSACR (dB)	3.1	15.8	15.8	39.1	41.7
ACRF ¹ (dB)	17.4	23.3	23.3/25.5	44.4	47.4
PSACRF ² (dB)	14.4	20.3	20.3/22.5	41.4	44.4
Return Loss (dB)	10.0	12.0	12.0	12.0	12.0
PSANEXT Loss (dB)	n/s	n/s	60.0	n/s	67.0
PSAACRF (dB)	n/s	n/s	37.0	n/s	52.0
TCL (dB)	n/s	n/s	20.3	20.3	20.3
ELTCTL ³ (dB)	n/s	n/s	0.5/0	0	0
Propagation Delay (ns)	548	548	548	548	548
Delay Skew (ns)	50	50	50	30	30

Nivo 1 Struktuirano kabliranje [22]

IUPUI PENTASCANNER CABLE CERTIFICATION REPORT IUPUI 5 Autotest							
Circuit ID:	EII023B	Date:	10 Feb 93				
Test Result:	PASS	Cable Type:	Cat 5 UTP				
Owner:	I.T. NETWORKS	Gauge:					
Serial Number:	38S93LA1833	Manufacturer:					
SW Version:	1.20a	Connector:					
User:							
Building:		Floor:					
Closet:		Hub:					
Rack:		Port:					
Slot:							
Test	Expected Results		Actual Test Results				
Wire Map	Near:	3456	Near:	12345678			
	Far:	3456	Far:	3456			
			Pr 12	Pr 36	Pr 45	Pr 78	
Length (ft)	10 - 328		262	260			
Impedance (ohms)	80 - 125		106	105			
Resistance (ohms)	0.0 - 18.8		8.7	8.7			
Capacitance (pF)	50 - 5600		3691	3633			
Attenuation (dB)			15.1	15.3			
@Freq (MHz)			100.0	100.0			
Limit (dB)			23.6	23.6			
NEXT Pair Combinations		12/36	12/45	12/78	36/45	36/78	45/78
NEXT Loss (dB)					31.5		
Freq (0.7-100.0) (MHz)					86.7		
NEXT Limit							
Cat 5 formula (dB)				28.2			
Active ACR(5) (dB)				21.0			

Signature: Joe Tech

Date: 2/10/93

FIGURE 8