Sadržaj poglavlja

- 1.1 Povezivanje na Internet
- 1.2 Mrežna matematika

1.1 Internet

- Najveća mreža za prenos podataka na svetu
- Povezivanje na Internet se sastoji iz tri dela:
  - fizičko povezivanje (npr. NIC, modem)
  - logičko povezivanje (npr. TCP/IP skup protokola)
  - aplikacije (npr. *Web browser*)

1.1 Diskretne komponente

- Otpornik
- Kondenzator
- Tranzistor
- Integrisano kolo *(integrated circuit – IC)*
- LED dioda
- Konektor

1.1 Podsistemi PC računara

- Kućište (šasija, *chassis*)
  - napajanje *(power supply)*
- Matična ploča *(motherboard)*
  - mikroprocesor
  - RAM i ROM memorija
  - magistrala *(bus)*
- Uređaji za skladištenje
  - hard disk, flopi disk, CD ROM
- Slot za proširenja *(expansion slot)*
  - ISA, PCI, PCMCIA

1.1 Ostale PC komponente

- Kartice za proširenje *(expansion cards)*
  - grafička kartica
  - mrežna kartica *(network interface card – NIC, LAN adapter)*
  - modemska kartica (tzv. interni modem)
- Portovi
  - serijski
  - paralelni

1.1 Mrežna (LAN) kartica (adapter)

- Štampana ploča koje se priključuje na slot za proširenja i omogućava pristup LAN mreži

1.1 Faktori kod nabavke mrežne kartice

- Tip LAN mreže:
  - Ethernet,
  - Token Ring
  - FDDI
- Tip prenosnog medijuma:
  - koaksijalni kabl
  - UTP kabl
  - optički kabl
  - bežična konekcija *(wireless)*
- Tip interfejsa prema magistrali računara:
  - PCI
  - ISA
  - PCMCIA

1.1 Komunikacija mrežne kartice i računara

- Mrežna kartica komunicira sa PC sistemom na dva načina:
  - memorijski I/O prostor *(I/O address)*
  - prekid *(IRQ)*
- Drajver – program koji omogućava vezu između operativnog sistema i mrežnog hardvera

1.1 Modem

- Uređaj koji omogućava prenos podataka preko standardne telefonske linije
  - konverzija digitalnog signala u analogni oblik (MOdulacija), i obrnuto (DEModulacija)
- Prema priključivanju na računar, modem može biti:
  - interni (PCI, ISA)
  - eksterni (PCMCIA, USB)

1.1 Evolucija modemskog pristupa

- 1960
  - povezivanje terminala na udaljeni računar (300 bps)
- 1970
  - razmena poruka preko BBS sistema
- 1980
  - razmena fajlova (9600 bps)
- 1990
  - povezivanje na Internet brzinama do 56 kbps
- 2000
  - DSL servisi

1.1 TCP/IP konfiguracija

- Skup protokola za komunikaciju između računara
- Na svakom računaru koji komunicira TCP/IP protokolom se konfiguriše:
  - adresa *(IP address)*
  - mrežna maska *(Subnet mask)*
  - *Default gateway*

1.1 Provera TCP/IP protokola

- Provera TCP/IP veze sa obavlja preko ping servisa
- Funkcionisanje ping servisa:
  - računar šalje *request* pakete prema odredištu prema, koje se
  - kada dobije *request* paket odredište vraća *reply* paket
- Ping servis verifikuje vezu između dva hosta u oba smera

1.1 Primeri ping servisa

- ping 127.0.0.1
  - adresa 127.0.0.1 predstavlja virtuelni interfejs na računaru; ova komanda ispituje funkcionisanje TCP/IP protokola
- ping <sopstvena IP adresa>
  - ispituje funkcionisanje NIC adaptera
- ping <IP adresa *default gateway*-a>
  - ispituje vezu do rutera koji povezuje lokalnu mrežu sa ostatkom Interneta
- ping <IP adresa udaljenog računara>
  - ispituje vezu do udaljenog računara

1.1 *Web browser*

- Aplikacija koja prikazuje stranicu opisanu HTML dokumentom
- Tipično funkcionisanje:
  - *Web browser* kontaktira *Web server* i šalje zahtev
  - *Web server* šalje odgovor u vidu HTML stranice (putem HTTP protokola)
  - *Web browser* prikazuje dobijenu stranicu

1.1 Popularni *Web browser*-i

- Netscape Navigator
  - jedan od prvih Web browser-a
  - zauzima malo mesta na disku
- Internet Explorer
  - integrisan sa ostalim Microsoft-ovim prozivodima
  - zauzima dosta mesta na disku
- Web browser-i najčešće omogućuju i druge Internet servise (e-mail, FTP, *news*...)

1.1 Kancelarijske aplikacije

- PC računari su prvenstveno za namenjeni za kancelarijske aplikacije:
  - tekst procesor *(word processor)*
  - unakrsna izračunavanja *(spreadsheet)*
  - baze podataka *(database management)*
  - kreiranje prezentacija

1.1 Koraci pri traženju grešaka *(troubleshooting)*

- Definisati problem *(Define the problem)*
- Prikupiti činjenice *(Gather the facts)*
- Razmotriti mogućnosti *(Consider the possibility)*
- Napraviti plan *(Create an action plan)*
- Implementirati plan *(Implement the plan)*
- Posmatrati rezultate *(Observe the results)*
- Dokumentovati rezultate *(Document the results)*

1.2 Dekadni brojni sistem

- Brojni sistem sa osnovom 10
- 10 cifara – 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9
- Svaka pozicija cifre u broju ima težinu 10^n
- Prilagođen ljudskom poimanju računanja – ali ne i za mašinu

1.2 Binarni brojni sistem

- Brojni sistem sa osnovom 2
- 2 cifre – 0,1
- Svaka pozicija cifre u broju ima težinu 2^n, računato u dekadnom brojnom sistemu
- Binarna cifra se naziva bit
- Binarni broj sa osam cifara se naziva bajt (oktet)

1.2 Prevođenje iz binarnog u dekadni brojni sistem

- Direktni metod
  - saberemo težine (u dekadnom obliku) onih pozicija na kojima stoji cifra 1
- Iterativni metod
  - krenemo od 1. cifre, množimo sa 2, dodajemo sledeću, i tako do poslednje cifre

1.2 Prevođenje iz binarnog u dekadni brojni sistem - primer

Prevesti broj 10010001_2 u decimalni oblik:

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
128	64	32	16	8	4	2	1	
1	0	0	1	0	0	0	1	
128	0	0	16	0	0	0	1	**145**

1.2 Prevođenje iz dekadnog u binarni brojni sistem

- Podelimo broj u dekadnom obliku sa 2; zapišemo ostatak; rezultat ponovo podelimo i tako radimo sve dok rezultat ne bude 0
- Ostaci pri deljenju napisani u <u>obrnutom</u> redosledu predstavljaju broj u binarnom obliku

1.2 Prevođenje iz dekadnog u binarni brojni sistem – primer

Prevesti broj 145_{10} u binarni oblik:

145	72	36	18	9	4	2	1
72	36	18	9	4	2	1	0
1	0	0	0	1	0	0	1

1	0	0	1	0	0	0	1

1.2 Prevođenje u 8-bitni binarni broj

- X := <zadati broj između 0 i 255>
- Y := 128
- Ponavljamo 8 puta:
  - ako je X veći ili jednak od Y, upisujemo cifru 1; X := X-Y;
  - ako je X manji od Y, upisujemo cifru 0
  - Y := Y/2

1.2 Prevođenje u 8-bitni binarni broj– primer

Prevesti broj 145_{10} u binarni oblik:

X	145	17	17	17	1	1	1	1
Y	128	64	32	16	8	4	2	1

	1	0	0	1	0	0	0	1

1.2 Heksadekadni brojni sistem

- Broni sistem sa osnovom 16
- 16 cifara – 0,1,2,3,4,5,6,8,7,9,A,B,C,D,E,F
- Svaka pozicija cifre u broju ima težinu 16^n, računato u dekadnom brojnom sistemu

1.2 Prevođenje iz heksadekadnog u dekadni brojni sistem - primer

Prevesti broj $1A6C_{16}$ u decimalni oblik:

16^3	16^2	16^1	16^0	
4096	256	16	1	
1	10	6	12	
4096	2560	96	12	**6764**

1.2 Prevođenje iz dekadnog u heksadekadni brojni sistem- primer

Prevesti broj 7103_{10} u heksadekadni oblik:

7103	443	27	1
443	27	1	0
15	11	11	1

1	B	B	F

1.2 Logičke operacije (1)

- Operacije koje se obavljaju nad varijablama u binarnom obliku (0 ili 1, *true* ili *false*)
- Mogu biti unarne (sa jednim operandom), i binarne (sa dva operanda)

1.2 Logičke operacije (2)

- Operacija NOT
  - unarna operacija
  - vraća negaciju operanda
  - npr. NOT(true)=false, NOT(false)=true
- Operacija AND
  - binarna operacija
  - vraća *true* samo ako su oba operanda *true,* u suprotnom vraća *false*
  - npr. *true* AND *false* = *false*, *true* AND *true* = *true*
- Operacija OR
  - binarna operacija
  - vraća *true* ako je bar jedan operanada *true,* u suprotnom vraća *false*
  - npr. *true* OR *false* = true, *false* OR *false* = *false*

1.2 IP adresa

- Veličine 32 bita
- Sastoji se iz dva polja
  - identifikator mreže *(netid)*
  - identifikator hosta na mreži *(hostid)*

1.2 Zapis IP adresa

- *Dotted-decimal* format:
  - 32 bita se razdvajaju u četiri grupe po osam bita i svaka grupa se predstavlja decimalnim brojem
  - 10010011 01011011 00000100 00110110 = 147.91.4.54

1.2 Mrežna adresa

- Mrežna adresa je specijalna IP adresa u kojoj su svi bitovi u *hostid* polju 0
- Predstavlja identifikator mreže
- Primer:
  - ako je IP adresa 147.91.4.54 i *hostid* polje je veličine 8 bita, onda je mrežna IP adresa 147.91.4.0

1.2 Mrežna maska *(subnet mask)*

- Posebna 32-bitna vrednost koja definiše koji bitovi IP adrese pripadaju *netid* polju a koji *hostid* polju:
  - sadrži 1-ice u bitovima koji sadrže *netid, a* 0-e u bitovima koji sadrže *hostid*
- <IP adresa> AND <mrežna maska> = <mrežna IP adresa>

Sadržaj poglavlja

- 10.1 Rutabilni protokoli
- 10.2 IP protokoli za rutiranje
- 10.3 Mehanizam podmrežavanja

10.1 Rutabilni protokoli *(routable protocols)*

- Protokoli pomoću kojih mogu komunicirati računari na različitim fizičkim mrežama
- Primeri:
  - TCP/IP
  - IPX/SPX
  - AppleTalk

10.1 Nerutabilni protokoli *(non-routable protocols)*

- Protokoli pomoću kojih mogu komunicirati samo računari na istoj fizičkoj mreži
- Primeri:
  - NetBEUI

10.1 *Connectionless* sistem prenosa paketa

- Svaki paket se nezavisno šalje prema odredištu:
  - paketi ne moraju ići istoj putanji
  - paketi ne moraju stići po redosledu slanja
- Odredište se prethodno ne obaveštava o slanju paketa

Packet-switched

10.1 *Connection-oriented* sistem prenosa paketa

- Svi paketi se šalju prema odredištu kroz unapred definisanu putanju:
  - svi paketi idu istom putanjom
  - paketi stižu po redosledu slanja
- Pre početka slanja paketa uspostavlja se konekcija između odredišta i izvorišta

Circuit-switched

10.1 Format IP paketa

<table>
<tr><td>VERS</td><td>HLEN</td><td>SERVICE TYPE</td><td colspan="2">TOTAL LENGTH</td></tr>
<tr><td colspan="3">IDENTIFICATION</td><td>FLAGS</td><td>FRAGMENT OFFSET</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIME TO LIVE</td><td>PROTOCOL</td><td colspan="2">HEADER CHECKSUM</td></tr>
<tr><td colspan="5">SOURCE IP ADDRESS</td></tr>
<tr><td colspan="5">DESTINATION IP ADDRESS</td></tr>
<tr><td colspan="4">IP OPTIONS</td><td>PADDING</td></tr>
<tr><td colspan="5">DATA</td></tr>
<tr><td colspan="5">...</td></tr>
</table>

10.1 Polja IP paketa (1)

- Polje *VERS* specificira verziju IP protokola (4)
- *HLEN* specificira veličinu zaglavlja u 32-bitnim rečima
- *TOTAL LENGTH* dalje ukupnu veličinu paketa u oktetima

10.1 Polja IP paketa (2)

- Polje SERVICE TYPE
  - Bitovi 0-2 određuju prioritet paketa
  - Bitovi 3-6 određuju željeni tip servisa:
    - *Minimize delay*
    - *Maximize throughput*
    - *Maximize reliability*
    - *Minimize monetary cost*

10.1 Polja IP paketa(3)

- Polje *FLAGS* govori da li je dozvoljeno fragmentovati paket (DF bit), odnosno da li je ovo poslednji fragment (MF bit)

10.1 Polja IP paketa (4)

- Polje *IDENTIFICATION* služi za identifikaciju paketa i njegovih fragmenata
- Polje *FRAGMENT OFFSET* sadrži poziciju tekućeg fragmenta u originalnom paketu, računatu u 64-bitnim segmentima

10.1 Polja IP paketa (5)

- Polje *TIME TO LIVE* specificira koliko rutera paketa može da prođe *(hop count)*
- U prosleđeni paket svaki ruter upisuje vrednost manju za 1 od vrednosti u primljenom paketu
- Svaki primljeni paket sa vrednošću 0 u ovom polju se odbacuje

10.1 Polja IP paketa (6)

- Polje *PROTOCOL* specificira protokol čiji se PDU nalazi kao podatak paketa

Identifikator	Protokol
1	Internet Control Message Protocol (ICMP)
4	IP encapsulation
6	Transmission control protocol (TCP)
17	User datagram protocol (UDP)
41	IP version 6 (IPv6)
89	Open Shortest Path First (OSPF)

10.1 Polja IP paketa (7)

- Polje *HEADER CHECKSUM* sadrži vrednost pomoću koje se proverava validnost zaglavlja
- Računanje vrednosti polja: zaglavlje se podeli u 16-bitne reči, one se saberu i uzme komplement rezultata
- Ako se rezultat razlikuje od vrednosti polja primljenog paketa, paket se odbacuje

10.1 Polja IP paketa (8)

- Polje *SOURCE IP ADDRESS* sadrži IP adresu interfejsa preko koga je paket poslat
- Vrednost polja *SOURCE IP ADDRESS* ne mora biti tačna !
- Polje *DESTINATION IP ADDRESS* je IP adresa jednog od interfejsa odredišta

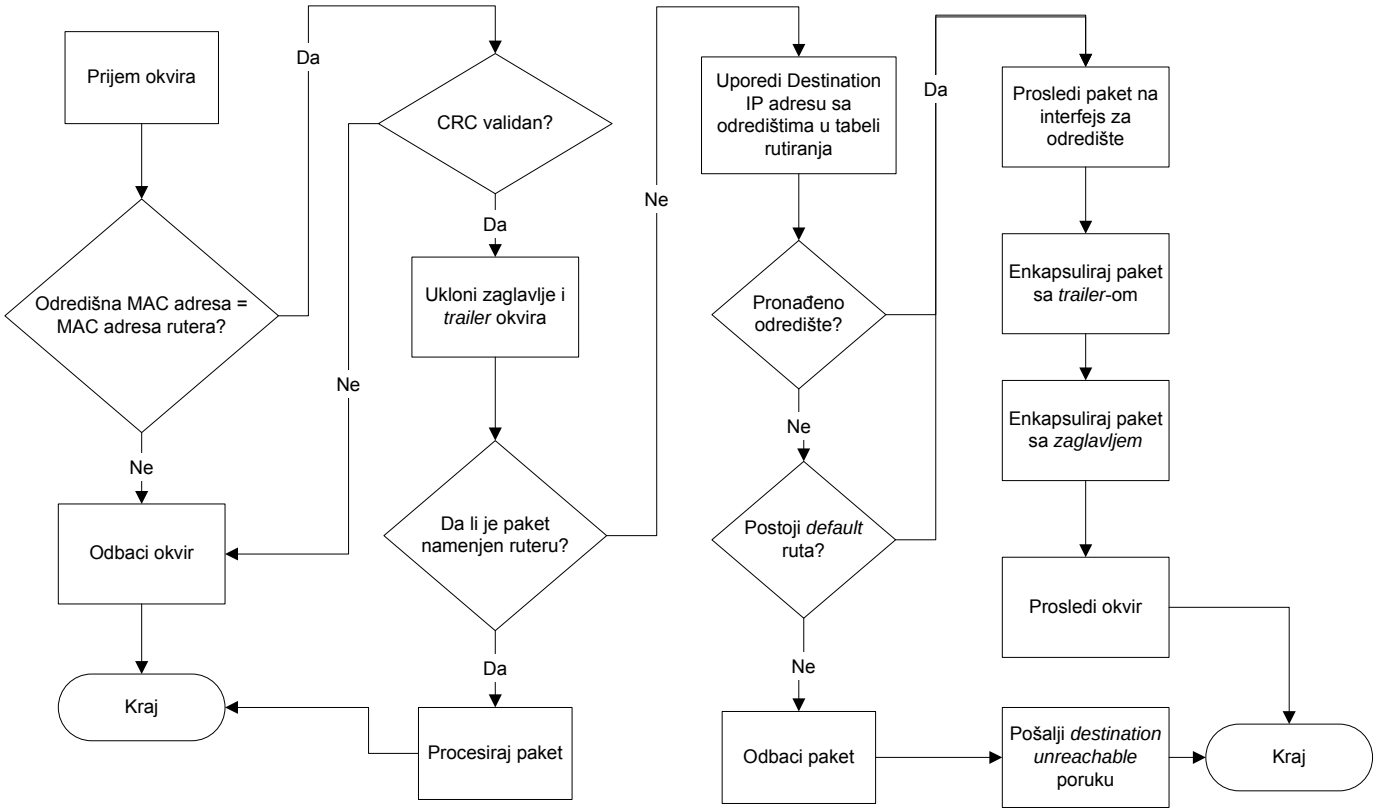
10.1 Polja IP paketa (9)

- Zaglavlje IP paketa može imati dodatne informacije u obliku niza opcija
- Forme opcija:
  - <type>
  - <type><length><data>

10.2 Ruter

- Uređaj koji prima pakete i prosleđuje ih odredištu ili drugim ruterima
- Povezan na više fizičkih mreža; priključak na takvu mrežu se naziva interfejs *(interface)* ili port

10.2 Algoritam rada rutera



10.2 Ruteri i svičevi - poređenje

Features	Router	Switch
Speed	Slower	Faster
OSI Layer	Layer 3	Layer 2
Addressing used	IP	MAC
Broadcasts	Blocks	Forwards
Security	Higher	Lower

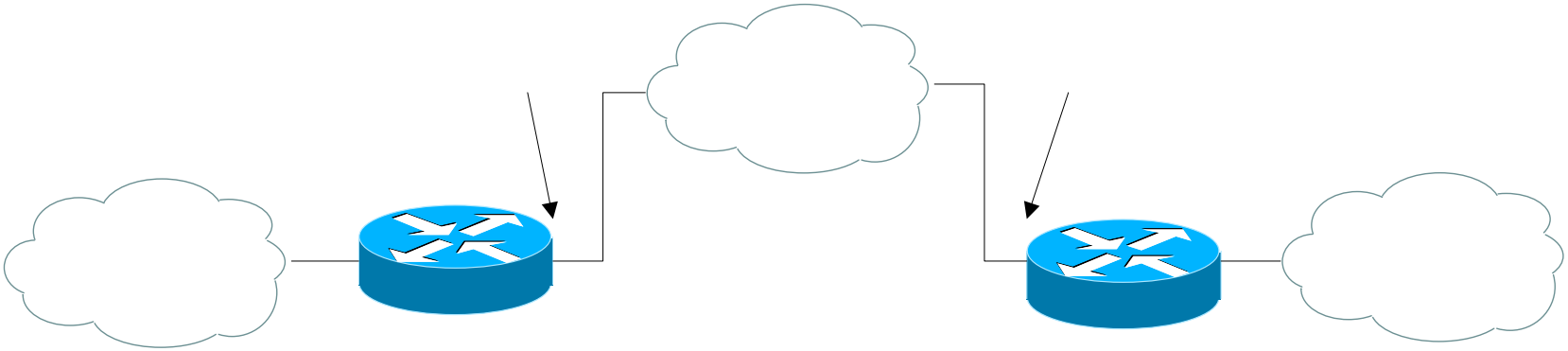
10.2 Tabela rutiranja

- Struktura koja sadrži kompletne podatke potrebne za rutiranje
- Svaki red tabele sadrži podatke za jednu rutu:
  - Protokol rutiranja pomoću koga je ruta dobijena *(Protocol Type)*
  - Odredišna mreža ili odredišni host *(Destination)* i sledeći hop *(Next hop)*, ako je ruta indirektna
  - Mrežni interfejs *(Outbound interface)*
  - Metrika rute *(Routing metrics)*

10.2 Tipovi ruta

- Statičke rute (predefinisane rute u tabeli rutiranja)
- *Connected* rute (rute prema direktno povezanim mrežama)
- Dinamičke rute (rute dobijene putem protokola za razmenu informacija za rutiranje)

10.2 Tabela rutiranja: primer



Routing table for router G

IP destination	IP next hop	Network interface
20.0.0.0	DIRECT	B
30.0.0.0	DIRECT	C
10.0.0.0	20.0.0.5	B

10.2 Protokoli rutiranja *(routing protocols*

- Protokoli kojima ruteri međusobno razmenjuju informacije potrebne da bi odredili najbolju putanju do svakog odredišta
- Primeri:
  - *Routing Information Protocol (RIP)*
  - *Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)*
  - *Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)*
  - *Open Shortest Path First (OSPF)*

10.2 Osobine protokola rutiranja

- Optimizovanost
- Jednostavnost i manji *overhead*
- Robusnost i stabilnost
- Skalabilnost
- Brza konvergencija

10.2 Tipovi protokola za rutiranje

- *Distance-vector*
- *Link-state*
- *Hybrid*

10.2 Pojam metrike

- Algoritam iza protokola rutiranja mora odrediti najbolju putanju prema odredištu
- Svaka putanja prema nekoj mreži se kvantifikuje podatkom zvani metrika
- U tabelu rutiranja se postavlja ruta sa najmanjom metrikom

10.2 Mogući tipovi metrike

- Propusni opseg *(bandwidth)*
- Kašnjenje *(delay)*
- Opterećenje *(load)*
- Pozudanost *(reliability)*
- Broj rutera na putanji *(hop count)*
- Kašnjenje na linku po IBM PC kloku *(ticks)*
- Administrativna vrednost *(cost)*

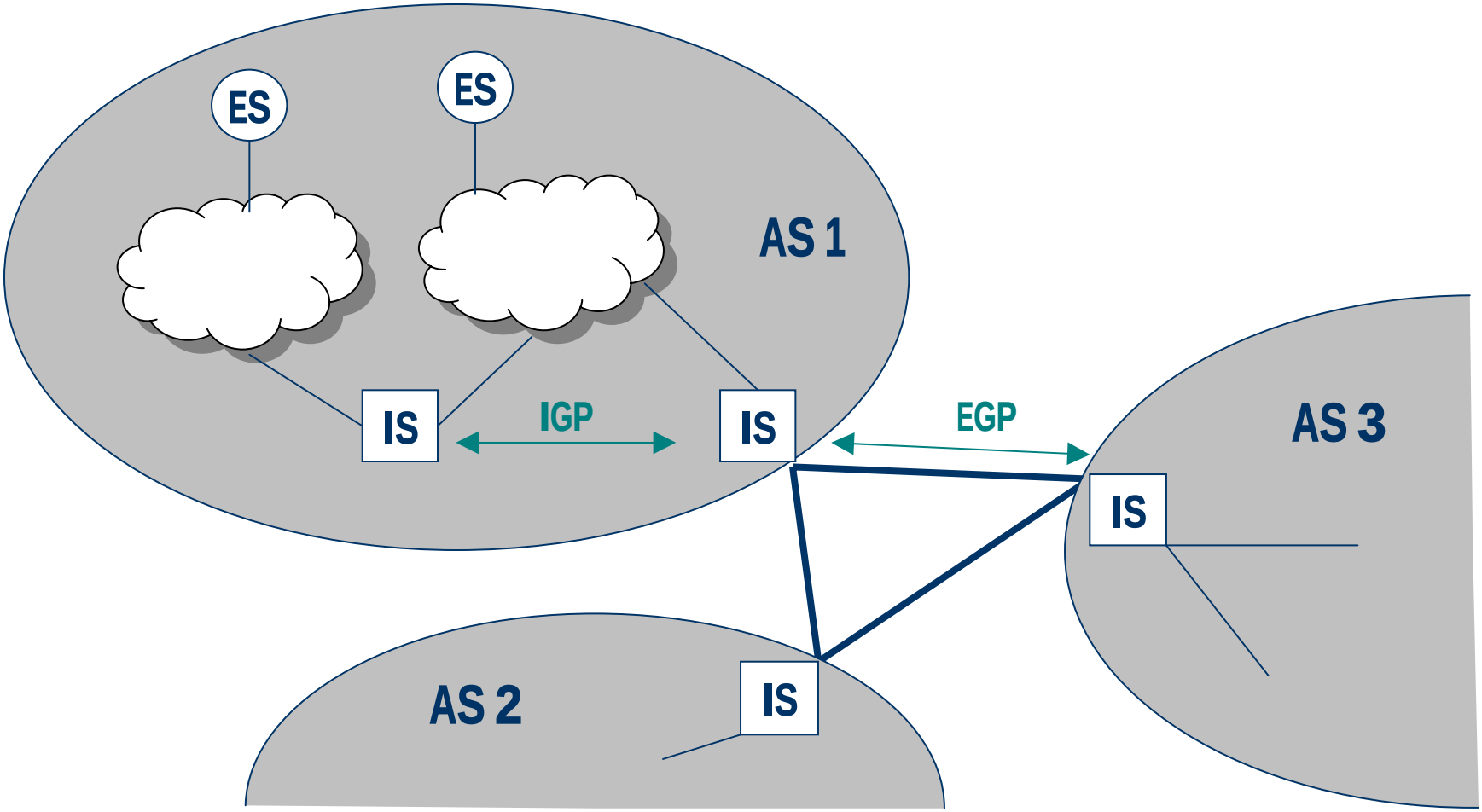
10.2 Autonomni sistem

- Skup IP mreža pod jedinstvenom administrativnom organizacijom

10.2 Podela protokola rutiranja prema mestu korišćenja

- U okviru autonomnog sistema
  - RIP
  - OSPF
  - IGRP
  - EIGRP
- Između autonomnih sistema
  - BGP

10.2 EGP i IGP protokoli



10.2 RIP Protokol

- *Distance vector* protokol
- Najbolja putanja se određuje prema broju rutera do odredišta *(hop count)*
- Maksimalni *hop count* je 15
- Na svakih 30 sekundi ruter šalje svoju tabelu rutiranja kao *broadcast*

10.2 IGRP protokol

- Kreiran od strane Cisco Systems- *proprietary* protokol
- *Distance vector* protokol
- Najbolja putanja se određuje prema nekoliko parametara:
  - propusni opseg *(bandwidth)*
  - kašnjenje *(delay)*
  - opterećenje *(load)*
  - pouzdanost *(reliability)*

10.2 OSPF protokol

- *Link state* protokol
  - svaki ruter poznaje kompletnu topologiju oblasti
  - ne mogu se pojaviti petlje u rutiranju
  - poruke se ne emituju periodično već samo u slučaju promene na mreži
- Najbolja putanja se određuje prema propusnom opsegu linkova do odredišta

10.3 Podmrežavanje (subnetting)

- Podela A/B/C klase i podeliti na manje blokove – podmreže zbog efiksnijeg podele adresa
- Uvodi se dodatni identifikator *(subnetid)* podmreže, tako što se pozajmljuje određen broj bitova od *hostid* polja

10.3 Ograničenja kod pozajmljivanja bitova

- *Subnetid* polje mora biti najmanje 2 bita
- Preostalo *hostid* polje mora biti najmanje 2 bita

10.3 Mrežna maska *(subnet mask)*

- 32-bitna vrednost koja sadrži 1-ice u bitovima koji sadrže *netid* i *subnetid, a* 0-e u bitovima koji sadrže *hostid*
- Notacija mrežne maske
  - “Dotted-decimal” format
  - /<veličina *netid* i *subnetid* polja>

10.3 Mrežne maske klasa A, B i C

- IP blok klase A ima podrazumevanu mrežnu masku 255.0.0.0
- IP blok klase B ima podrazumevanu mrežnu masku 255.255.0.0
- IP blok klase C ima podrazumevanu mrežnu masku 255.255.255.0

10.3 Korišćenje mrežne maske

- Problem: u procesu rutiranja, ruter mora da utvrdi da li IP adresa pripada određenoj IP mreži
- Rešenja:
  - bez podmreža: ruter implicitno računa mrežnu IP adresu i poredi sa zadatom IP mrežom
  - sa podmrežama: ruter vrši bitsku AND f-ju između IP adrese i maske zadate IP mreže i rezultat poredi sa zadatom IP mrežom

10.3 Kreiranje podmreža *(subnetting)*

- Zadatak: imamo zadatu mrežnu IP adresu klase A, B ili C, i delimo je na podmreže *(subnets)*
- Sve podmreže imaju isti broj adresa

10.3 Veličina podmreža (1)

- Veličina podmreža se računa prema:
  - željenom broju podmreža (definiše minimalni broj bita *subnetid* polja)
  - minimalnom broju računara u podmreži (definiše minimalni broj bita *hostid* polja)

10.3 Veličina podmreža (2)

- Obratiti pažnju:
  - podmreže imaju 2^n IP adresa
  - broj bita *netid* + broj bita *subnetid* + broj bita *hostid* = *32*
  - prva (*subnetid*=00..0) i poslednja (*subnetid*=11..1) podmreža sa ne mogu koristiti
  - prva (*hostid*=00..0) i poslednja (*hostid* =11..1) adresa iz IP mreže se ne može koristiti za dodeljivanje računarima

10.3 Podmrežavanje: primer (1)

- Zadatak: zadata je IP mreža klase B 156.78.0.0. Napraviti podmrežavanje tako da postoji najmanje 20 podmreža, a da svaka može da ima najmanje 1000 računara

10.3 Podmrežavanje: primer (2)

- Klasa B ⇒ *netid* ima 16 bita
- Najmanje 20 podmreža ⇒ *subnetid* ima najmanje 5 bita
  - 4 bita – 14 podmreža
  - 5 bita – 30 podmreža
- Najmanje 1000 računara ⇒ *hostid* ima najmanje 10 bita
  - 9 bita – 510 računara
  - 10 bita – 1022 računara

10.3 Podmrežavanje: primer (3)

- Ukupno: broj bita *subnetid* + broj bita *hostid* = *16*
- Dozvoljene kombinacije
  - #1: broj bita *subnetid* = *5*, broj bita *hostid* = *11*
  - #2: broj bita *subnetid* = *6*, broj bita *hostid* = *10*
- Uzimamo varijantu #1
  - mrežna maska 255.255.248.0 (/21)
  - ukupno 30 podmreža koje možemo koristiti
  - ukupno 2046 korisnih IP adresa u svakoj IP mreži

10.3 Podmrežavanje: primer (4)

- Prva IP podmreža po redosledu se ne može koristiti
  - 156.78.0.0 *(subnetid*=00000)
- Prva IP podmreža koja se može koristiti
  - 156.78.8.0 *(subnetid*=00001)
- Zadnja IP podmreža koja se može koristiti
  - 156.78.240.0 *(subnetid*=11110)
- Poslednja IP podmreža po redosledu se ne može koristiti
  - 156.78.248.0 *(subnetid*=11111)

10.3 Podmrežavanje: primer (5)

- U prvoj IP korišćenoj IP podmreži (156.78.8.0)
  - Prva IP adresa po redosledu je adresa IP podmreže i ne može se dodeliti računaru
    - 156.78.8.0 (*hostid*=00000000000)
  - Prva IP adresa koja se može dodeliti računaru je druga adresa po redosledu
    - 156.78.8.1(*hostid*=00000000001)

10.3 Podmrežavanje: primer (6)

- U poslednjoj korišćenoj IP podmreži (156.78.240.0)
  - Poslednja IP adresa koja se može dodeliti računaru je pretposlednja adresa po redosledu
    - 156.78.247.254 (*hostid*=11111111110)
  - Poslednja IP adresa po redosledu je broadcast adresa i ne može se dodeliti računaru
    - 156.78.247.255 (*hostid*= 11111111111)

Sadržaj poglavlja

- 11.1 TCP/IP transportni sloj
- 11.2 TCP/IP aplikacioni sloj

11.1 OSI Transportni sloj (1)

- Omogućava pozudan prenos informacija između procesa na dva računara
- Layer 4 PDU – segment, *user datagram*

11.1 OSI Transportni sloj (2)

- Servisi transportnog sloja:
  - segmentacija podataka aplikacionog nivoa
  - uspostavljanje *end-to-end* operacija
  - transport segmenata od izvorišnog do odredišnog hosta
  - kontrola toka pomoću mehanizma klizajućih prozora *(sliding windows)*
  - pouzdanost prenosa

11.1 TCP protokol

- Protokol transportnog nivoa TCP/IP modela koji omogućuje pouzdan prenos podataka
- *Osobine*
  - Prenosi se nestruktuiran kontinualan tok okteta *(Unstructured stream transfer)*
  - Pouzdan prenos toka podataka *(Reliability)*
  - Uspostavljanje konekcije pre transfera toka podataka *(Connection-oriented)*
  - Kontrola toka podataka *(Flow control)*
  - Prenos podataka u oba smera preko jedne konekcije *(Full duplex connection)*

11.1 Port

- Port je apstrakcija koja predstavlja tačku izvorišta ili odredišta podataka na računaru
- Sa gledišta protokola transportnog nivoa, komunikacija se izvodi između portova
- Identifikator porta je broj (svaki protokol transportnog sloja ima svoju numeraciju)

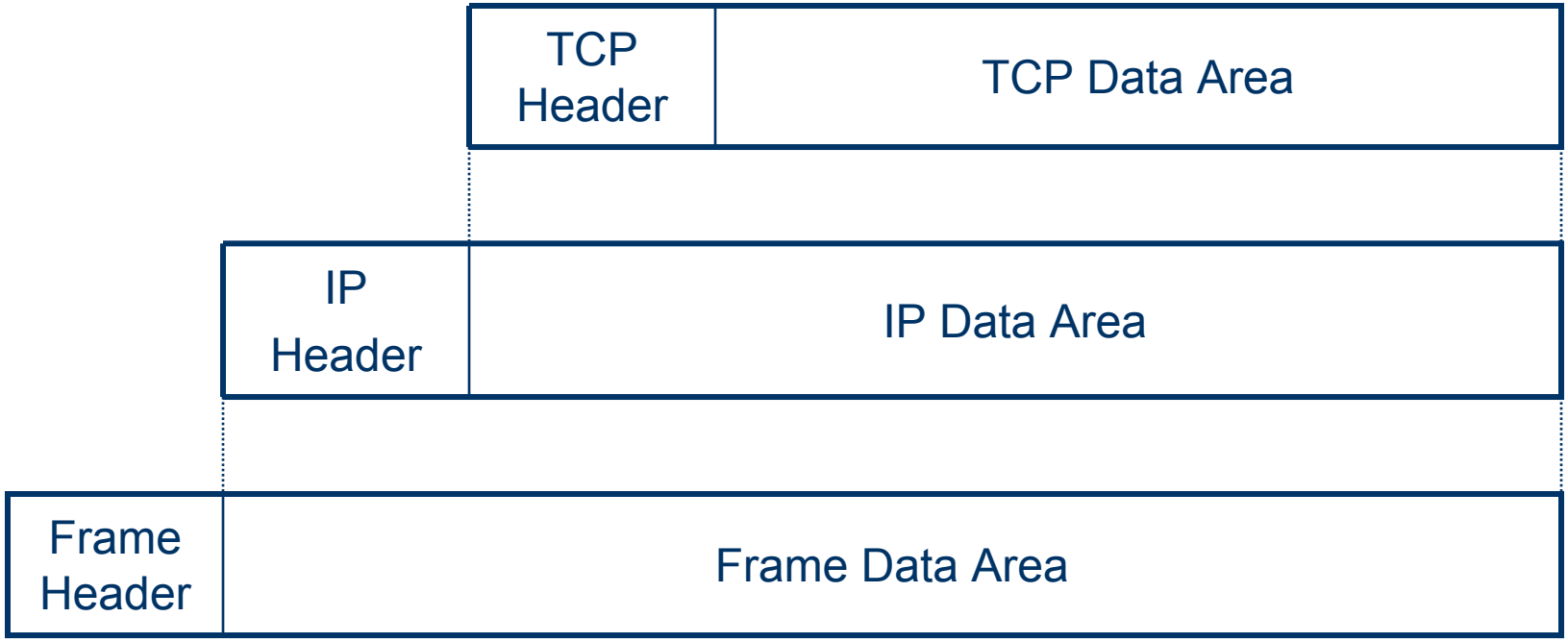
11.1 Procesi i portovi

- Proces koristi jedan ili više portova za prijem i/ili za slanje podataka
- Jedan port koristi jedan proces
- Jedan port može komunicirati sa više različitih portova na različitim mašinama
- Serverske aplikacije koriste portove sa poznatim *(well-known)* brojem

11.1 Podele brojeva portova

- Brojevi portova od 1 do 1023 su rezervisani za javne aplikacije *(well-known ports)*
- Brojevi portova od 1024 naviše se dodeljuju dinamički klijentskim procesima
  - pojedini portovi su odvojeni za aplikacije pojedinih proizvođača

11.1 Prenos TCP segmenata



11.1 TCP konekcija

- TCP konekcija je veza između dva porta na istim/različitim hostovima
- Identifikator TCP konekcije je četvorka (izvorišna IP adresa, izvorišni TCP port, odredišna IP adresa, odredišni TCP port)

11.1 Uspostavljanje TCP konekcije

Site 1		Site 2
Active OPEN		Passive OPEN
Send SYN seq=x	→	
		Receive SYN segment Send SYN seq=y, ACK x+1
	←	
Receive SYN + ACK Send ACK y+1	→	

11.1 Zatvaranje TCP konekcije

Site 1		Site 2
Send FIN seq=x	→	
		Receive FIN Send ACK x+1
Receive ACK	←	(inform application)
		Send FIN seq=y
Receive FIN + ACK Send ACK y+1	←	
	→	Receive ACK

11.1 Metod *Sliding windows (1)*

- Obezbeđuje pouzdan prenos i kontrolu toka
- Prozor je deo podataka koje pošiljalac može da pošalje bez dobijanja potvrde o njihovom prijemu
- Promenom veličine prozora ostvaruje se kontrola toka

11.2 Metod *Sliding windows (2)*

- Pošiljalac *(Sender):*
  - deli tok u segmente
  - šalje određen broj segmenata (tekući prozor), i startuje tajmer
  - kada dobije ACK šalje segmente iz sledećeg prozora
  - ako istekne tajmer šalju se segmenti ponovo
- Primalac *(Receiver):*
  - šalje ACK kada primi sve segmente iz prozora

11.1 Metod *Sliding windows (3)*

- Svaki bajt u toku ima svoj broj sekvence *(sequence number)*
- Segmenti koji se šalju i ACK-ovi koji se primaju nose broj sekvence koji se šalje odnosno potvrđuje
- Veličina prozora se menja u toku transfera – svaki ACK nosi novu veličinu prozora

11.1 Format TCP segmenta

<table>
<tr><td colspan="2">SOURCE PORT</td><td colspan="2">DESTINATION PORT</td></tr>
<tr><td colspan="4">SEQUENCE NUMBER</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACKNOWLEDGEMENT NUMBER</td></tr>
<tr><td>HLEN</td><td>CODE BITS</td><td colspan="2">WINDOW</td></tr>
<tr><td colspan="2">CHECKSUM</td><td colspan="2">URGENT POINTER</td></tr>
<tr><td colspan="3">OPTIONS (IF ANY)</td><td>PADDING</td></tr>
<tr><td colspan="4">DATA</td></tr>
<tr><td colspan="4">...</td></tr>
</table>

11.1 Polja TCP segmenta (1)

- Polje *DESTINATION PORT* specificira broj odredišnog porta
- Polje *SOURCE PORT* specificira broj izvorišnog porta

11.1 Polja TCP segmenta (2)

- Polje *SEQUENCE NUMBER* identifikuje poziciju segmenta u toku podataka koji šalje izvor ovog segmenta
- Polje *ACKNOWLEDGEMENT NUMBER* identifikuje poziciju u toku podataka od koje izvor ovog segmenta očekuje da primi podatke, tj. govori do koje pozicije su primljeni podaci

11.1 Polja TCP segmenta (3)

Bitovi u polju CODE BITS

Bit	Značenje
URG	Polje *URGENT POINTER* je validno
ACK	Polje *ACKNOWLEDGMENT NUMBER* je validno
PSH	Segment zahteva *push*
RST	Resetuj konekciju
SYN	Sinhronizuj brojeve sekvence
FIN	Poslednji segment u sekvenci za slanje

11.1 Polja TCP segmenta (4)

- Polje *WINDOW* specificira broj bajtova počev od vrednosti polja *ACKNOWLEDGMENT NUMBER* koje pošiljalac ovog segmenta prihvata da primi
- Polje *HEADER CHECKSUM* je isto kao kao istoimeno polje u zaglavlju UDP datagrama

11.1 Polja TCP segmenta (5)

- Vrednost polja *URGENT POINTER* označava poziciju kraja “urgentih podataka”, tj. podataka koji se trebaju predati aplikaciji odmah, bez obzira na njihovu poziciju u toku
- Početak “urgentnih podataka” je polje *SEQUENCE NUMBER* tog segmenta
- Validno samo ako je setovan bit URG

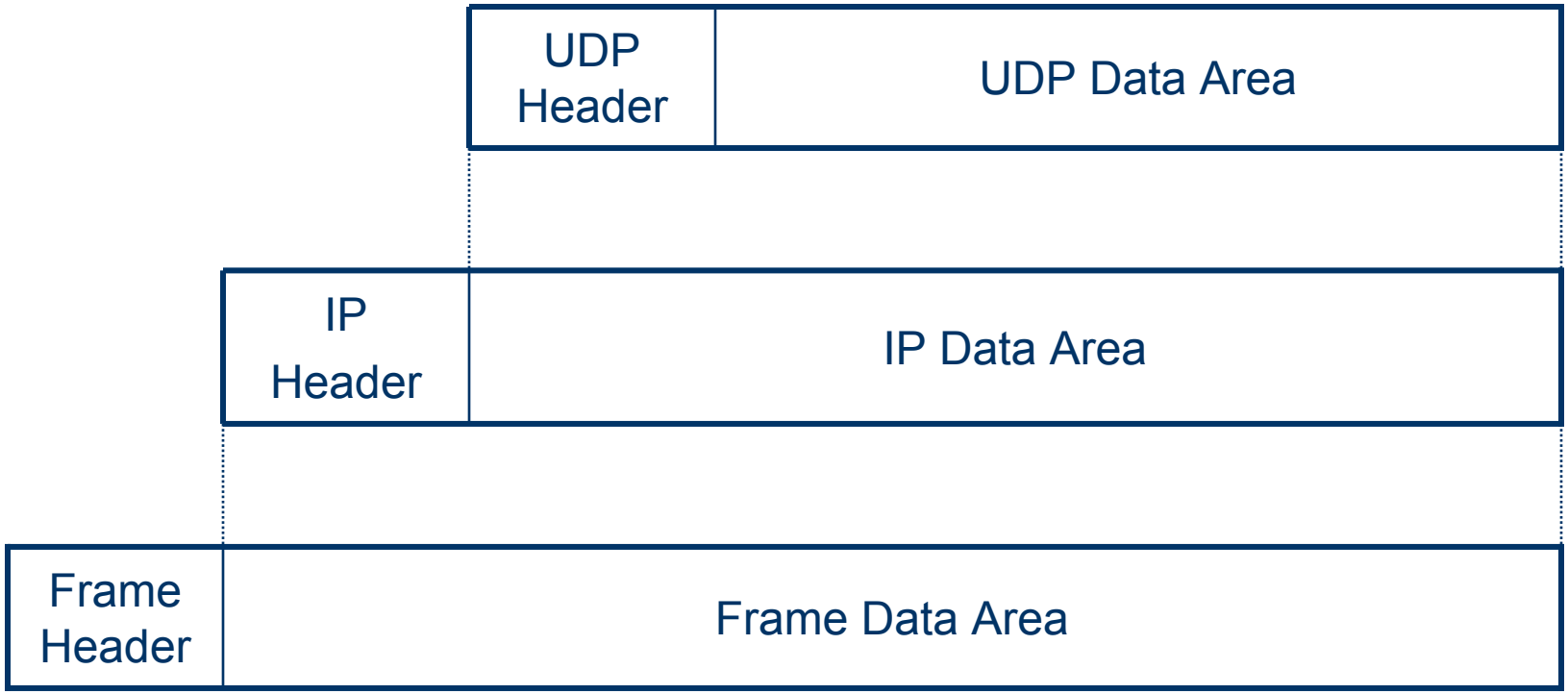
11.1 *Well-known* TCP portovi

Port	Servis
20	File Transfer Protocol (FTP)
21	File Transfer Protocol (FTP)
23	Telnet
25	Simple Mail Transport Protocol (SMTP)
53	Domain Name Server (DNS)
80	Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
110	Post Office Protocol v3 (POP3)

11.1 UDP protokol

- Protokol transportnog nivoa koji omogućuje jednostavnu komunikaciju između procesa
- Osobine iste kao kod IP sloja *(Unreliability, Connectionless)*

11.1 Prenos UDP datagrama



11.1 Format UDP datagrama

UDP SOURCE PORT	UDP DESTINATION PORT
UDP MESSAGE LENGTH	UDP CHECKSUM
DATA	
...	

11.1 Polja UDP datagrama (1)

- Polje *DESTINATION PORT* specificira broj odredišnog porta
- Polje *SOURCE PORT* specificira izvorišni port; potreban je samo ako se šalje odgovor
- Polje *MESSAGE LENGTH* specificira ukupnu dužinu UDP datagrama

11.1 Polja UDP datagrama (2)

- Polje *HEADER CHECKSUM* sadrži vrednost pomoću koje se proverava validnost UDP datagrama
- Računanje vrednosti polja: datagram+pseudo zaglavlje se podeli u 16-bitne reči, one se saberu i uzme se komplement rezultata; ako je rezultat 0x0000 upise se 0xFFFF
- Ako je vrednost polja *HEADER CHECKSUM* dobijenog datagrama 0, ne uzima se u obzir

11.1 *Well-known* UDP portovi

Port	Servis
53	Domain Name Server (DNS)
69	Trivial File Transfer Protocol (TFTP)
111	Remote Procedure Call (RPC)
123	Network Time Protocol (NTP)
161	Simple Network Management Protocol (SNMP) monitor
162	Simple Network Management Protocol traps

11.2 Domain Name System – DNS (1)

- Sistem za distribuirano prevođenje imena u IP adrese i obratno
- Imena su podeljena u domene:
  - <DNS ime>=<lokalno ime u domenu>.<domen imena>
- Domeni su hijerarhijski organizovani:
  - <DNS domen>=<DNS domen>... <DNS domen>.<Toplevel DNS domen>...

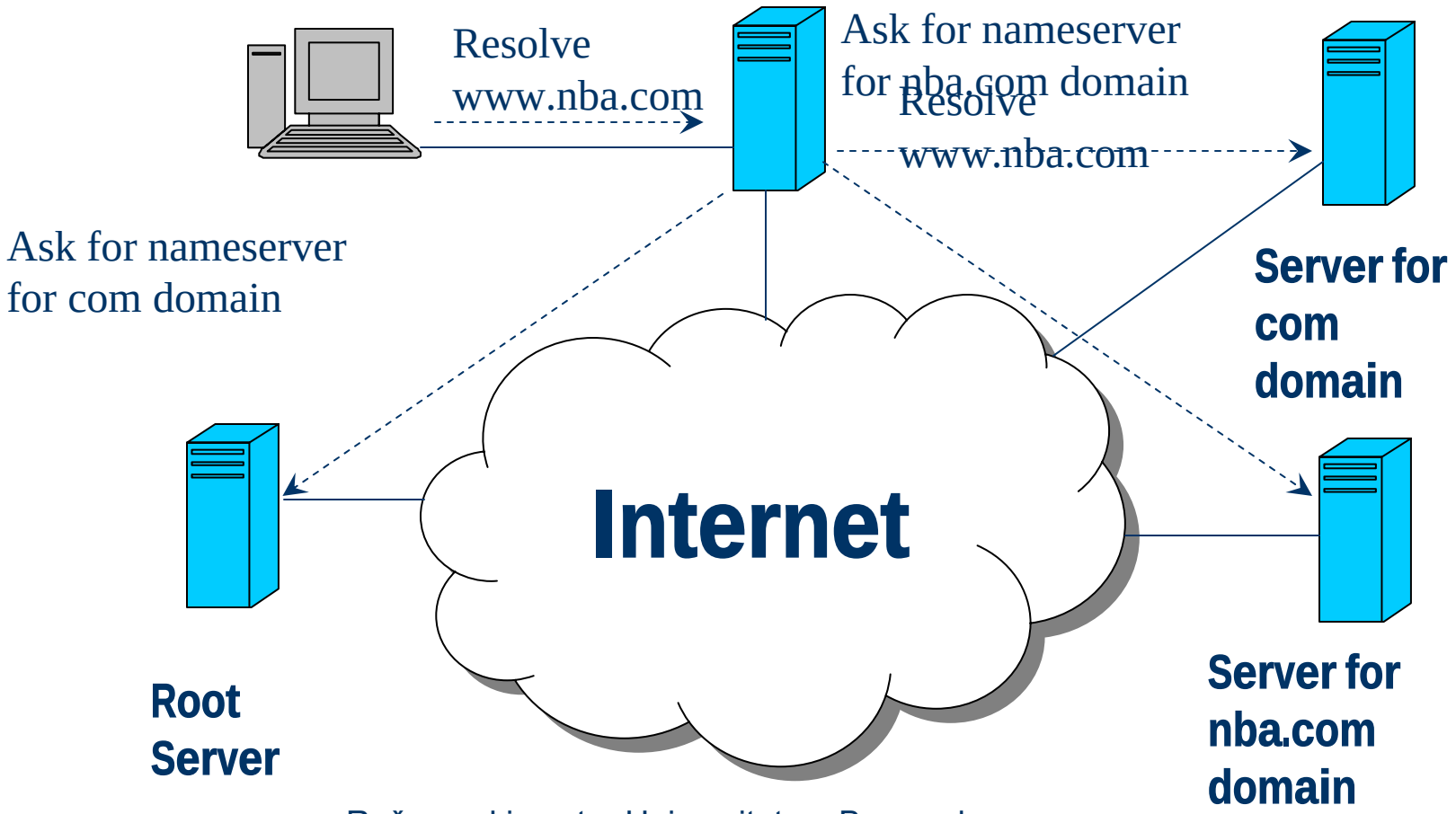
11.2 Domain Name System – DNS (2)

- DNS klijent šalje serveru zahteve (npr. za razrešenje imena)
- DNS server:
  - kontaktira sve druge potrebne servere da bi razrešio zahtev
  - čuva imena iz određene zone

11.2 *Top-level* domeni

- .COM
- .ORG
- .EDU
- .NET
- .GOV
- .INT
- ISO 3166 kodovi zemalja

11.2 Funkcionisanje DNS sistema



11.2 File Transfer Protocol - FTP (1)

- Protokol koji omogućava razmenu fajlova između dva računara
  - slanje fajlova na udaljeni računar *(upload)*
  - prenos fajlova sa udaljenog računara *(download)*
- Klijent-server aplikacija
  - računar kome se pristupa sadrži FTP server
  - računar sa koga se pristupa sadrži klijentsku FTP aplikaciju

11.2 File Transfer Protocol - FTP (2)

- Pre razmene fajlova potrebna je autentifikacija korisničkim imenom i lozinkom
  - *Anonymous FTP: username=anonymous, password=<e-mail address>*
- Fajlovi se mogu prebacivati u tekstualnom ili binarnom obliku
  - otvara se posebna TCP konekcija sa prenos fajla

11.2 Trivial File Transfer Protocol - TFTP

- Jednostavan protokol za prenos fajlova:
  - nema autentifikacije
  - nema direktorijuma
  - koristi UDP

11.2 Hypertext Transfer Protocol - HTTP (1)

- Protokol koji implementira WWW servis prenosa hiperteksta
- Klijent-server aplikacija
  - klijentski računar koristi *Web browser*
  - server sadrži Web stranice u HTML formatu koje prenosi klijentu HTTP protokolom

11.2 Hypertext Transfer Protocol - HTTP (2)

- HTML je tekstualni format koji opisuje sadržaj stranica hiperteksta
- Hiperlink je deo hiperteksta koji referencira drugu stranicu ili neki drugi objekat (npr. binarni fajl)
- Svaka stranica se identifikuje putem URL-a
  - <protokol>://<ime servera>/<folder>/
  - http://www.rcub.bg.ac.yu/cnap/

11.2 Simple Mail Transfer Protocol - SMTP

- SMTP protokol služi za slanje e-mail poruka:
  - od klijenta do *mail* servera
  - između *mail* servera
- Za transfer e-mail prouka sa mail servera na klijent koriste se drugi protokoli (POP3, IMAP)

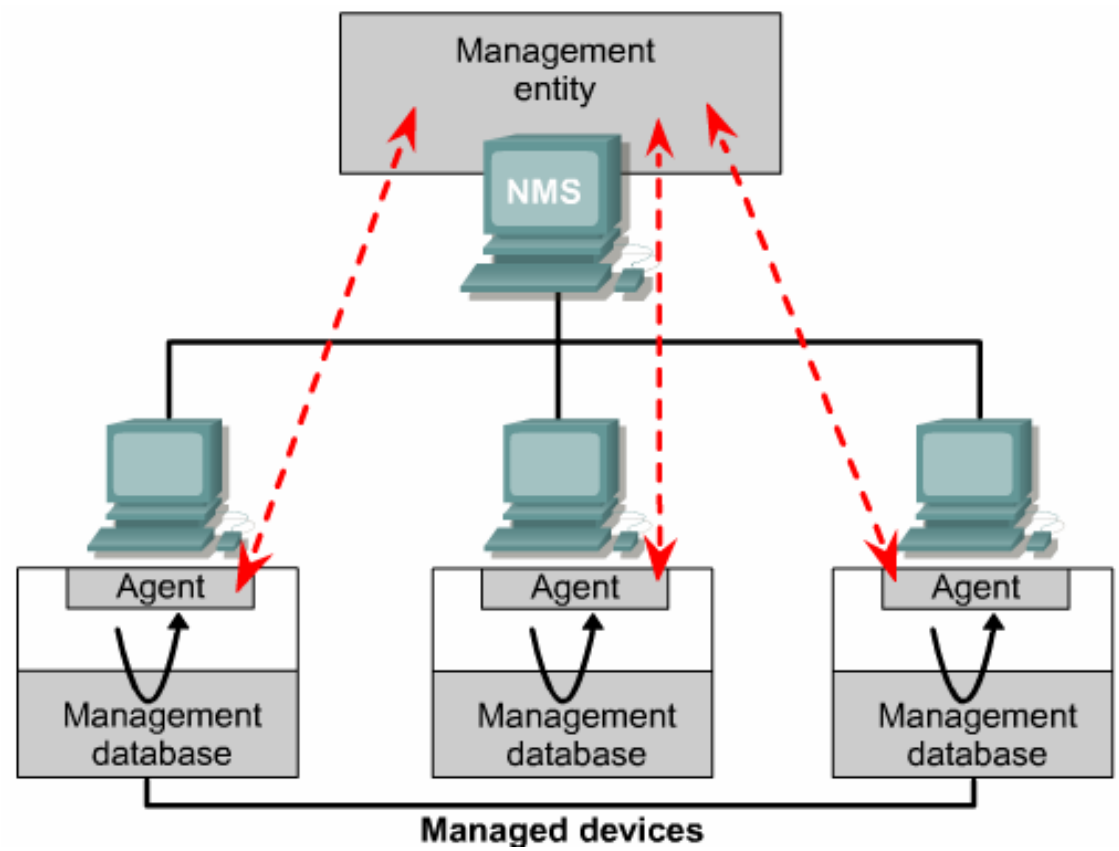
11.2 Simple Network Management Protocol – SNMP (1)

- Protokol za nadgledanje i upravljanje uređaja:
  - ruteri
  - serveri
  - svičevi
- Definiše se standardni skup podataka za nadgledanje određenog tipa uređaja *(Management Information Base – MIB)*

11.2 Simple Network Management Protocol – SNMP (2)

- Komponente SNMP arhitekture:
  - Stanica za upravljanje *(Network Management Station)*
  - Uređaj kojim se upravlja *(Management Device)*
  - Agent za upravljanje *(Agent)*

11.2 Simple Network Management Protocol – SNMP (2)



11.2 Telnet

- Protokol koji omogućava da se računaru pristupi sa udaljenog mesta
- Klijent-server aplikacija
  - računar kome se pristupa sadrži Telnet server
  - računar sa koga se pristupa sadrži klijentsku Telnet aplikaciju
- Funkcionisanje
  - klijentska aplikacija šalje komande serverskom procesu u ASCII formatu
  - serverski proces izvršava komande i vraća njihov rezultat

Sadržaj poglavlja

- 2.1 Mrežna terminologija
- 2.2 Propusni opseg
- 2.3 Mrežni modeli

2.1 Računarske mreže *(data networks)*

- Mreže koje međusobno povezuje računare i omogućavaju prenos podataka
  - lokalna mreža *(Local Area Network – LAN)* pokriva područje jedne zgrade ili kampusa
  - *WAN (Wide Area Network)* povezuje lokalne mreže

2.1 Podela mreža za prenos podataka prema fizičkoj veličini

Distance Between CPUs	Location of CPUs	Name
0.1 m	Printed circuit board Personal data asst.	Motherboard Personal Area Network (PAN)
1.0 m	Millimeter Mainframe	Computer Systems Network
10 m	Room	Local Area Network (LAN) Your classroom
100 m	Building	Local Area Network (LAN) Your school
1000 m = 1 km	Campus	Local Area Network (LAN) Stanford University
100,000 m = 100 km	Country	Wide Area Network (WAN) Cisco Systems, Inc.
1,000,000 m = 1,000 km	Continent	Wide Area Network (WAN) Africa
10,000,000 m = 10,000 km	Planet	Wide Area Network (WAN) The Internet
100,000,000 m = 100,000 km	Earth-moon system	Wide Area Network (WAN) Earth and artificial satellites

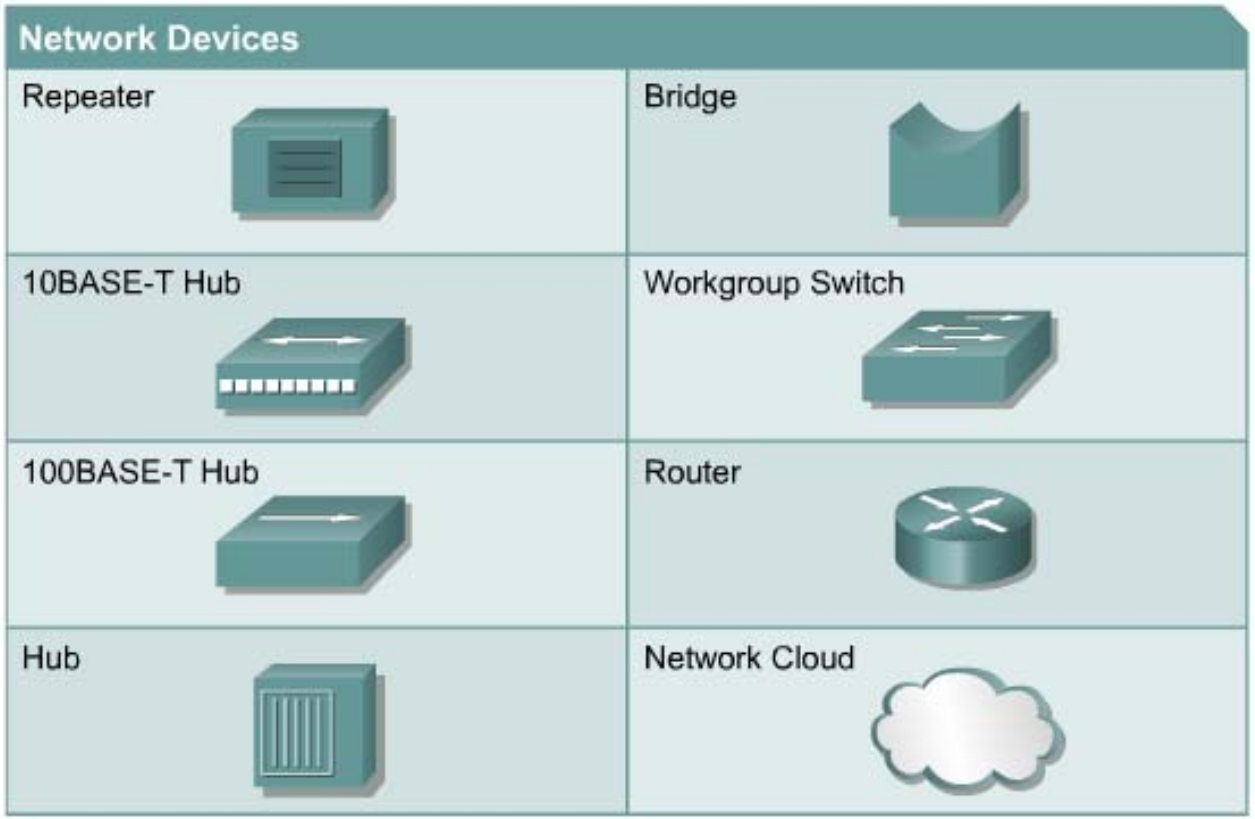
2.1 Uređaji u računarskoj mreži

- Mrežni uređaji *(network devices)*
- Terminalni (krajnji) uređaji *(end-user devices)*
  - računari
  - printeri
  - itd.

2.1 Mrežni uređaji (1)

- Ripiter *(repeater)*
- Hab *(hub)*
- Bridž *(bridge)*
- Svič *(switch)*
- Ruter *(router)*

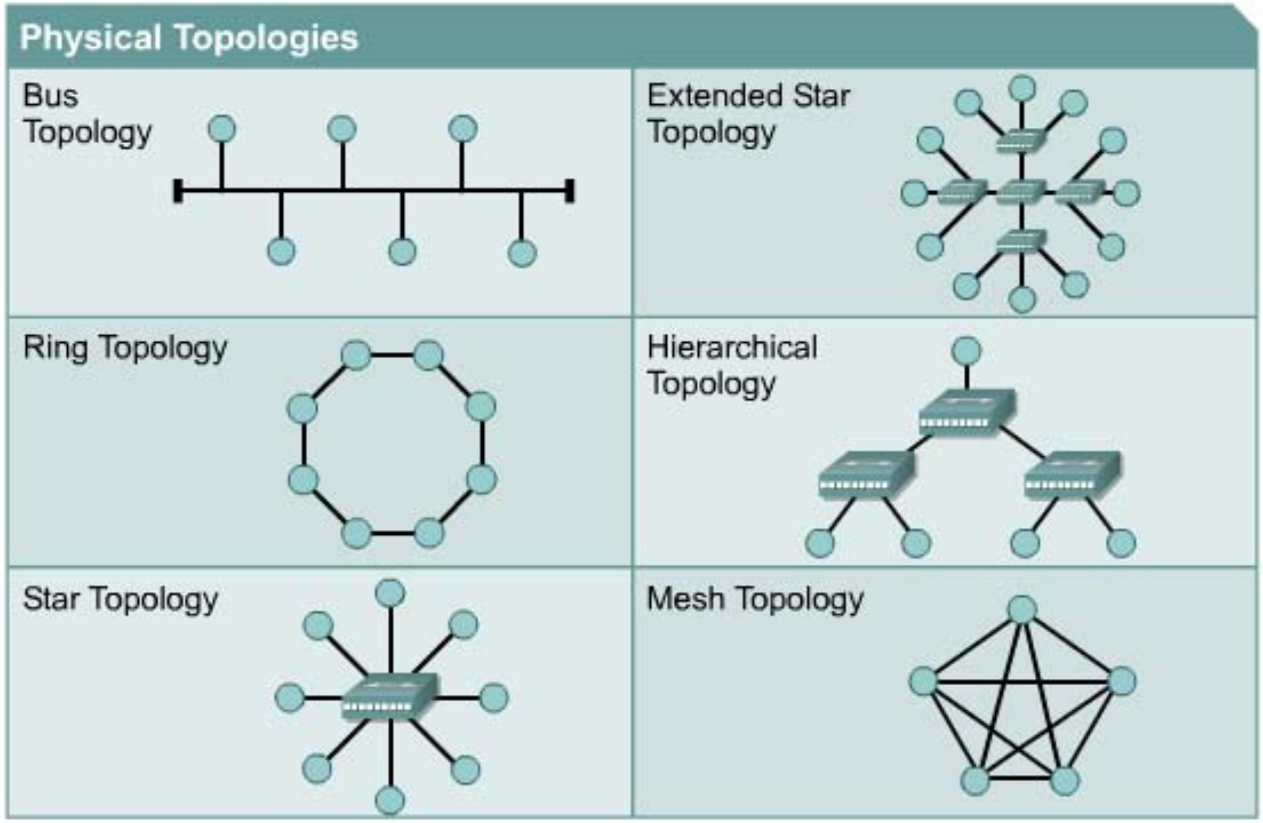
2.1 Mrežni uređaji (2)



2.1 Mrežne topologije

- Fizička topologija (topologija povezivanja mrežnih komponenti)
  - magistrala, zvezda, proširena zvezda, prsten, hijerarhijska, meš
- Logička topologija (topologija međusobnog komuniciranja uređaja)
  - *broadcast*
  - *token passing*

2.1 Fizičke mrežne topologije



2.1 LAN mreže

- Pokrivaju ograničen prostor (tipično do 10km)
- Omogućavaju uređajima neprekidnu vezu na mrežu
- Omogućavaju vezu relativno velikih protoka
- Tipično u vlasništvu jedne institucije, koja je i administrira

2.1 WAN mreže

- Pokrivaju praktično neograničen prostor (minimum na nivou regije ili države)
- WAN mreža može omogućiti uređajima neprekidnu vezu, tako i vezu koja se uspostavlja po potrebi
- Tipični protoci kroz WAN mrežu su mnogo manji nego kod lokalnih mreža
- Tipično u vlasništvu kompanije *(service provider)* koja se bavi iznajmljivanjem različitih servisa korisnicima

2.1 MAN *(Metropolitan Area Network)* mreže

- Pokrivaju prostor na nivou grada ili gradskog područja
- Služi za povezivanje lokalnih mreža sa većim propusnim opsegom nego u WAN mrežama
  - optički kablovi
  - bežična veza

2.1 SAN *(Storage Area Network)* mreže

- Posebna mreža koja povezuje servere i diskove za smeštanje podataka
- Osobine:
  - visoke performanse (npr. za istovremeni pristup dva i više servera disku)
  - dostupnost
  - proširivost

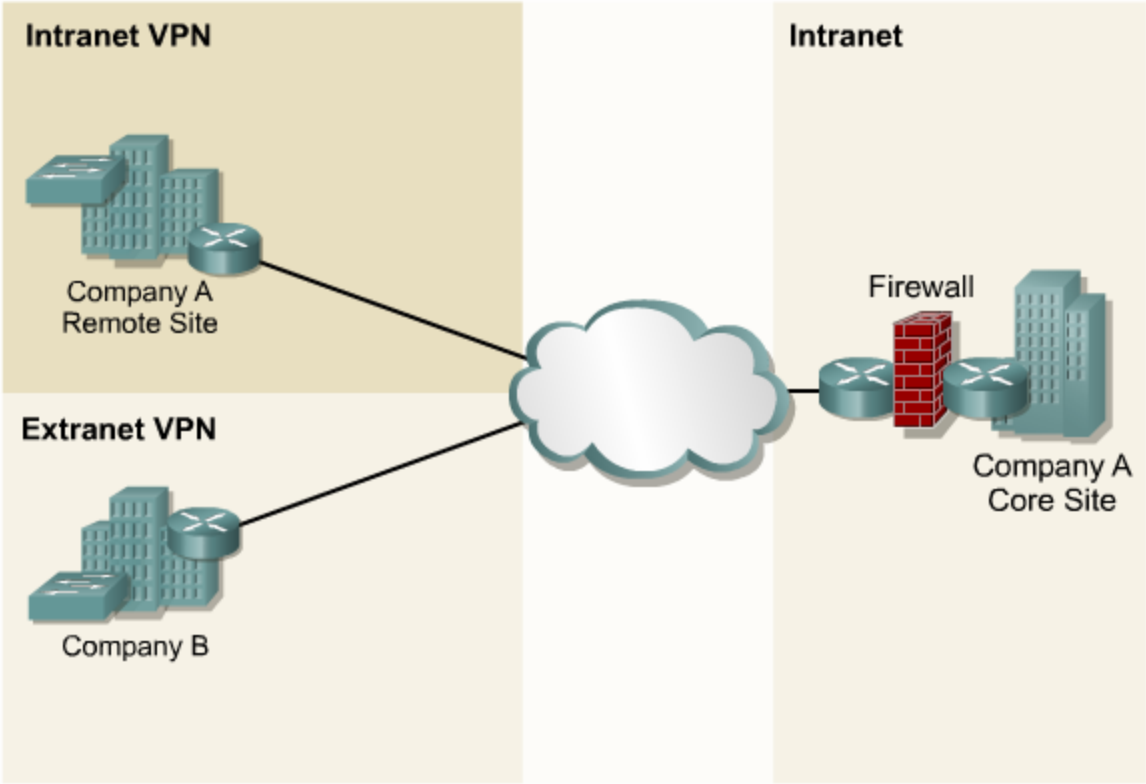
2.1 Virtuelne privatne mreže *(Virtual Private Networks – VPN)*

- Implementacija privatne mreže preko javne mreže (npr. Internet)
- Tipovi VPN:
  - Pristupni VPN *(Access VPN)*
  - Intranet VPN *(Intranet VPN)*
  - Extranet VPN *(Extranet VPN)*

2.1 Intranet i Ekstranet (1)

- Interna mreža organizacije, na kojoj se nalaze serveri koji ne treba da budu dostupni spolja
- Ekstranet predstavlja mrežu partnerske organizacije koja treba da ima pristup internim resursima

2.1 Intranet i Ekstranet (2)



2.2 Pojam propusnog opsega *(bandwidth)*

- Digitalni propusni opseg je maksimalna količina informacija koja u jedinici vremena može da prođe kroz komunikacioni kanal
- Ne mešati sa analognim propusnim opsegom!
- Analogije
  - broj kola koja prođu putem u jedinici vremena (~broj kolovoznih traka)
  - količina vode koja kroz vodovodnu cev prođe u jedicini vremena (~prečnik cevi)

2.2 Jedinice za merenje propusnog opsega

Jedinica	Skraćenica	Mera
Bita u sekundi	bps	1 bit u sekundi
Kilobita u sekundi	kbps	1 kbps = 1000 bps
Megabita u sekundi	Mbps	1 Mbps = 1000 kbps
Gigabita u sekundi	Gbps	1 Gbps = 1000 Mbps

2.2 Osobine propusnog opsega

- Propusni opseg..
  - ... je konačan!
  - ... košta!
  - ... najviše utiče na performanse mreže!
  - ... nikada nije dovoljno velik!

2.2 Propusni opseg medijuma u LAN mrežama (1)

Medijum (Tehnologija)	Propusni opseg	Maks. dužina medijuma
50 Ohm koaksijalni kabl (Eternet 10BASE5)	10 Mbps	500 m
50 Ohm koaksijalni kabl (Eternet 10BASE2)	10 Mbps	185 m
UTP kabl kategorije 5 (Eternet 10BASE-T)	10 Mbps	100 m
UTP kabl kategorije 5 (Eternet 100BASE-TX)	10 Mbps	100 m

2.2 Propusni opseg medijuma u LAN mrežama (2)

Medijum (Tehnologija)	Propusni opseg	Maks. dužina medijuma
62.5/125 multimodni optički kabl (Eternet 100BASE-FX)	100 Mbps	2000 m
62.5/125 multimodni optički kabl (Eternet 1000BASE-SX)	1 Gbps	220 m
50/125 multimodni optički kabl (Eternet 1000BASE-SX)	1 Gbps	250 m
9/125 monomodni optički kabl (Eternet 100BASE-FX)	1 Gbps	5000 m

2.2 Propusni opseg WAN servisa

WAN servis	Propusni opseg
Modem	56 kbps (0.056 Mbps)
DSL	128 kbps (0.128 Mbps)– 6.1 Mbps
ISDN	128 kbps (0.128 Mbps)
Frame Relay	56 kbps (0.056 Mbps) - 34.368 Mbps
T1/E1	1.544 Mbps/2.048 Mbps
T3/E3	44.736 Mbps/34.368 Mbps
STM-1/OC-3	155.52 Mbps
SMT-4/OC-12	622.08 Mbps
SMT-16/OC-48	2.488 Gbps

2.2 Pojam protoka *(throughput)*

- Protok predstavlja količinu informacija koja prođe kroz mrežu u jedinici vremena u realnim uslovima
- Protok je uvek manji od propusnog opsega

2.2 Računanje vremena za prenos informacija

$T_{teorijsko} = S / BW$

$T_{praktično} = S / P$

S – dužina informacija u bitovima

BW – propusni opseg

P - protok

2.3 OSI referentni model

- OSI = *Open System Interconnection*
- Kreiran od strane ISO *(International Standard Organization)*
- Objavljen 1982. godine

2.3 Osnove OSI modela

- OSI model se sastoji od slojeva *(layer)*
- Svaki sloj vrši određenu funkciju za sloj višeg nivoa, koristeći usluge sloja nižeg nivoa

2.3 Prednosti slojevitog modela

- Pristupačnije učenje procesa komunikacije
- Standardizacija mrežnih protokola
- Interoperabilnost različitog hardvera i softvera
- Promena u jednom sloju ne utiče obavezno na druge slojeve
- Jednostavnija implementacija

2.3 Slojevi OSI modela

2.3 Fizički sloj

- Zadatak: obezbediti mogućnost prenosa bit po bit do drugog sistema na istom medijumu

Layer 1: signals, media

2.3 Sloj veze podataka

- Zadatak: obezbediti mogućnost prenosa grupe podataka do drugog sistema na istom fizičkom medijumu (ili istoj fizičkoj mreži)
- PDU sloja veza podataka: okvir *(frame)*

Layer 2: media access control

2.3 Mrežni sloj

- Zadatak: obezbediti mogućnost prenosa grupe podataka do drugog sistema na drugom medijumu (ili drugoj fizičkoj mreži)
- PDU mrežnog sloja: paket

Layer 3: routing, path selection

2.3 Transportni sloj

- Zadatak: obezbediti da se podaci pouzdano (uz kontrolu toka) prenesu do drugog sistema
- PDU transportnog sloja: segment

Layer 4: reliability, flow control

2.3 Sloj sesije

- Zadatak: uspostavlja i raskida sesije za prenos podataka između aplikacija

Layer 5: dialogs, conversations

2.3 Prezentacioni sloj

- Zadatak: obezbediti da podaci koji se prenose budu u formatu koja će druga aplikacija prepoznati

Layer 6: data format, data syntax

2.3 Aplikativni sloj

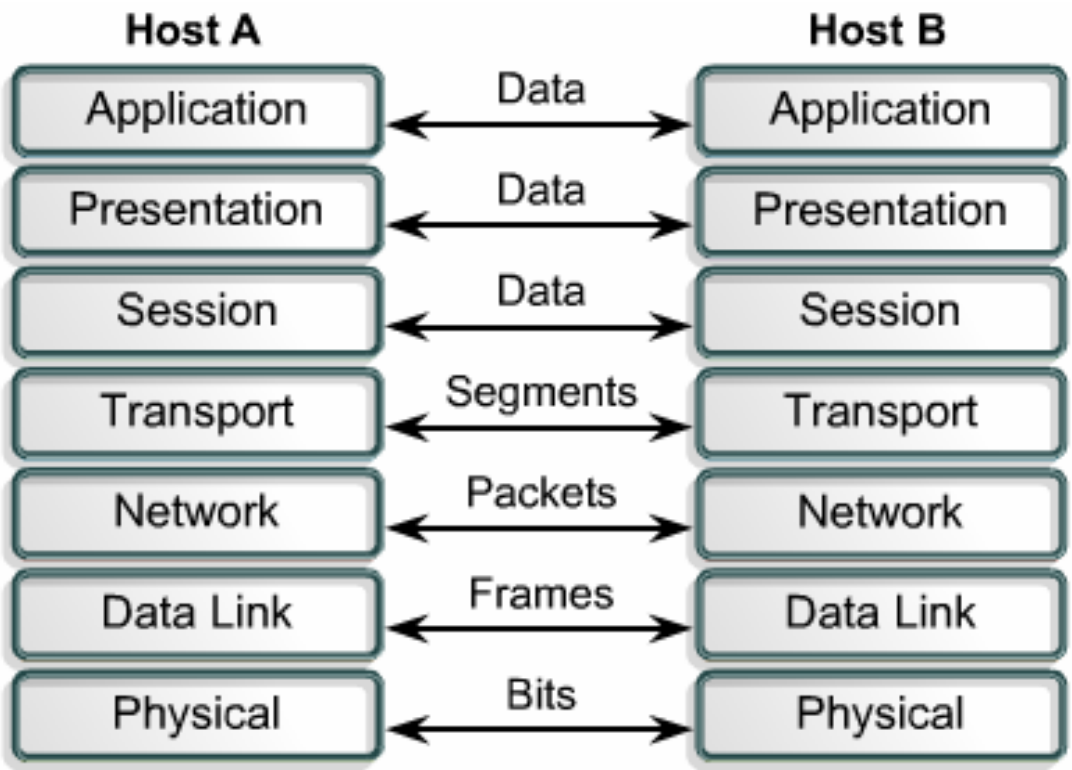
- Zadatak: preneti grupu podataka od jedne aplikacije na jednom sistemu, do druge aplikacije na drugom sistemu
- Najbliži korisniku – ne obezbeđuje usluge drugom sloju, već aplikacijama

Layer 7: browsers

2.3 Pojam PDU

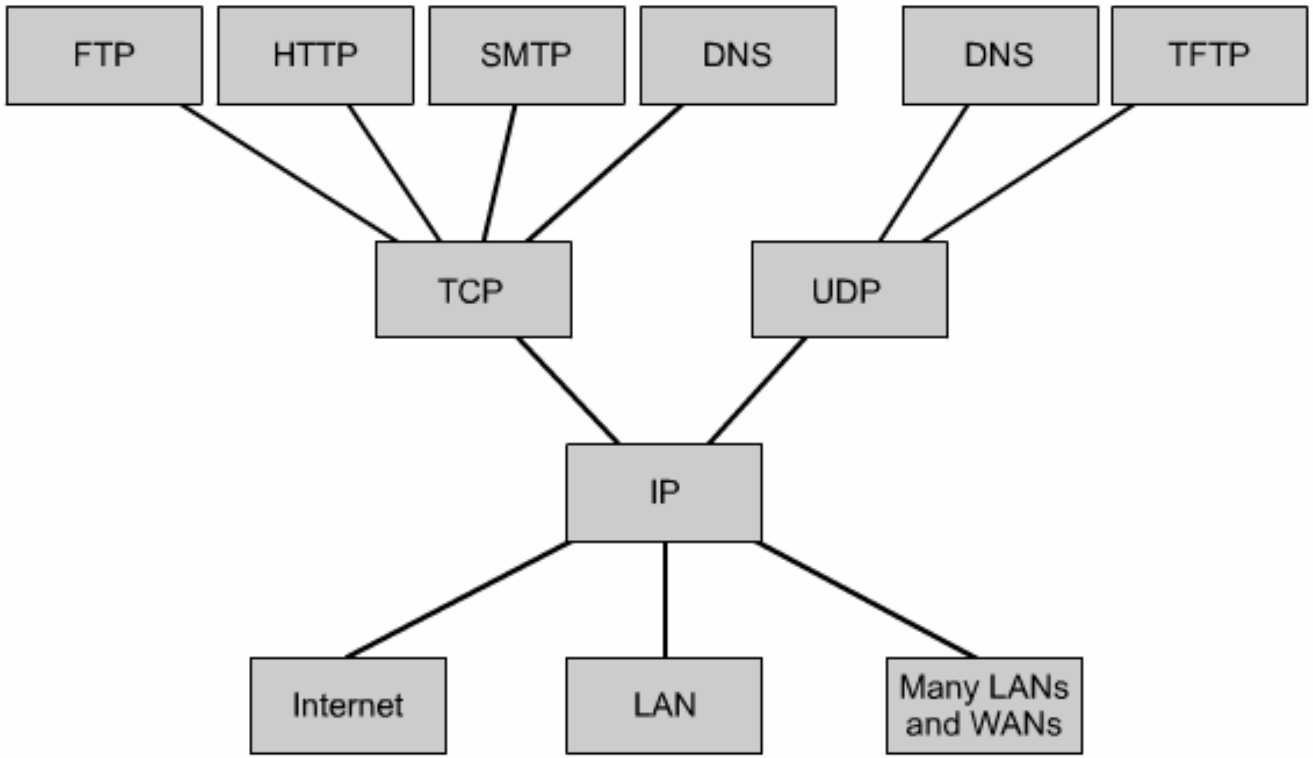
- PDU *(Protocol Data Unit)* je grupa informacija koju prenose protokoli n-tog sloja
- PDU se sastoji iz:
  - zaglavlja *(header)* – kontrolne informacije
  - podataka *(data, payload)* – tipično PDU višeg sloja
  - trejlera *(trailer)* – kontrolne informacije

2.3 PDU na OSI slojevima

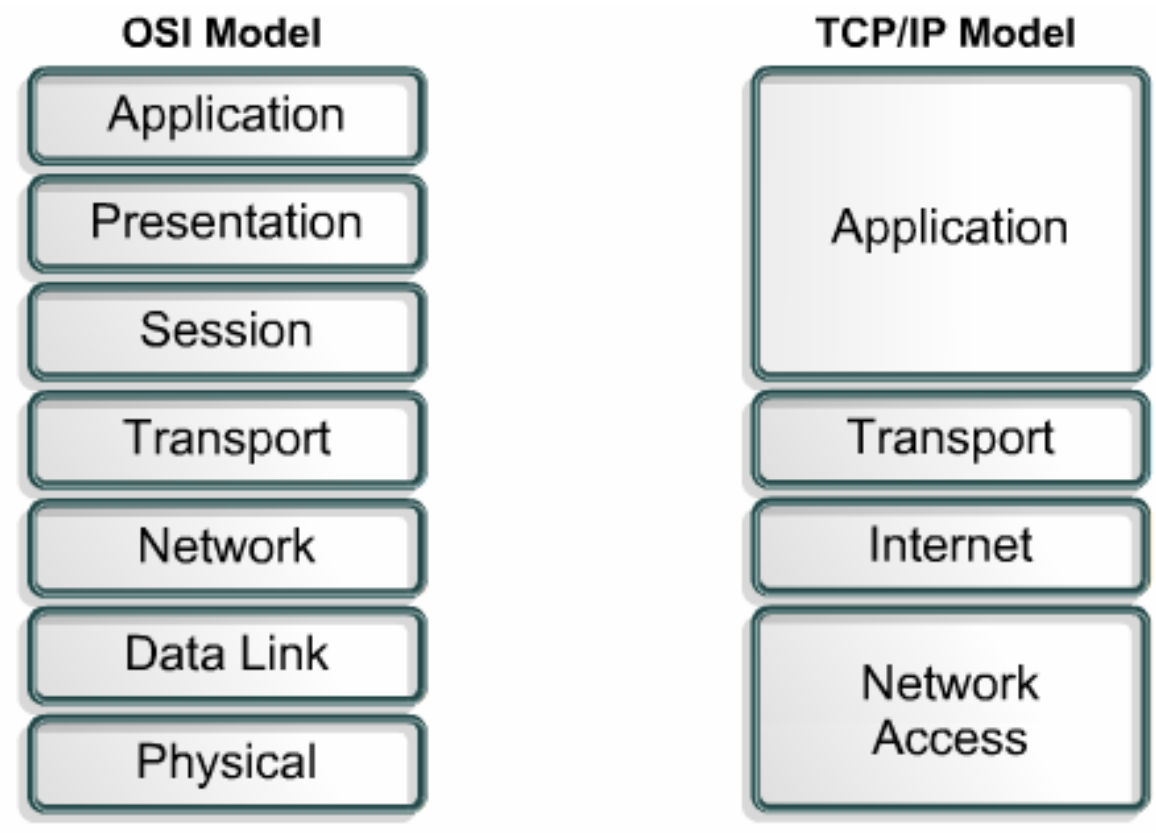


2.3 Slojevi TCP/IP modela

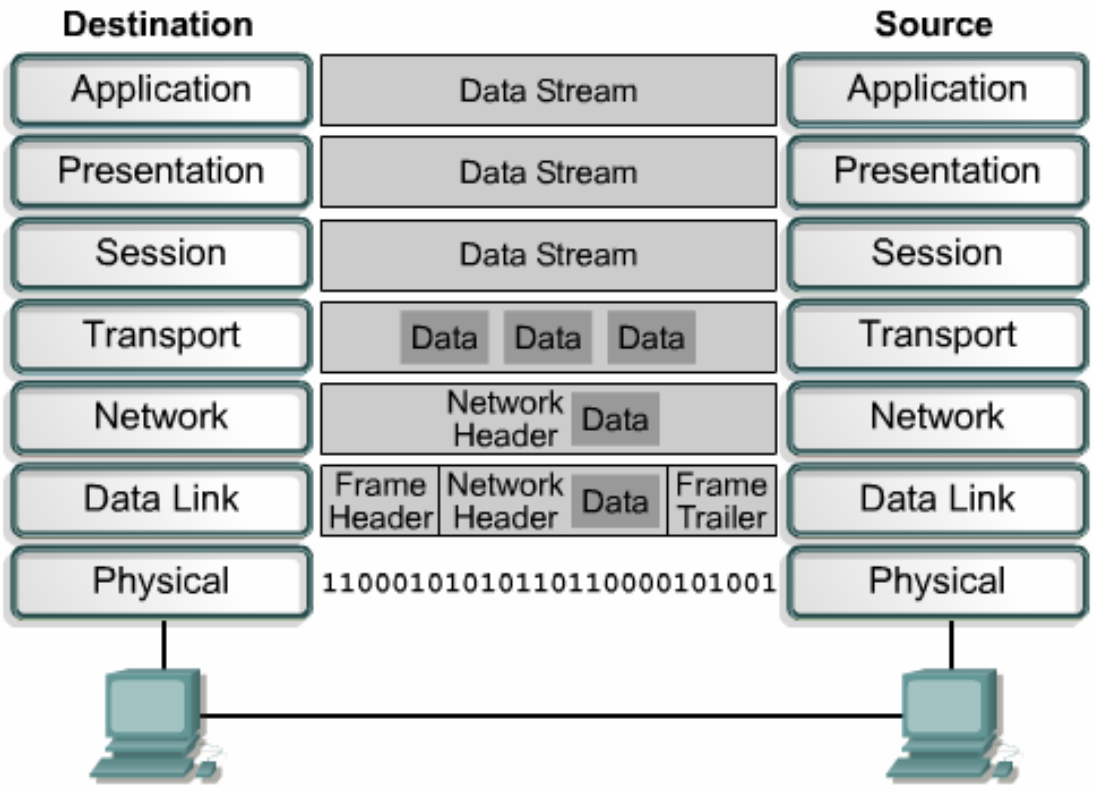
2.3 TCP/IP skup protokola



2.3 Odnos OSI slojeva i TCP/IP slojeva



2.3 Pojam enkapsulacije

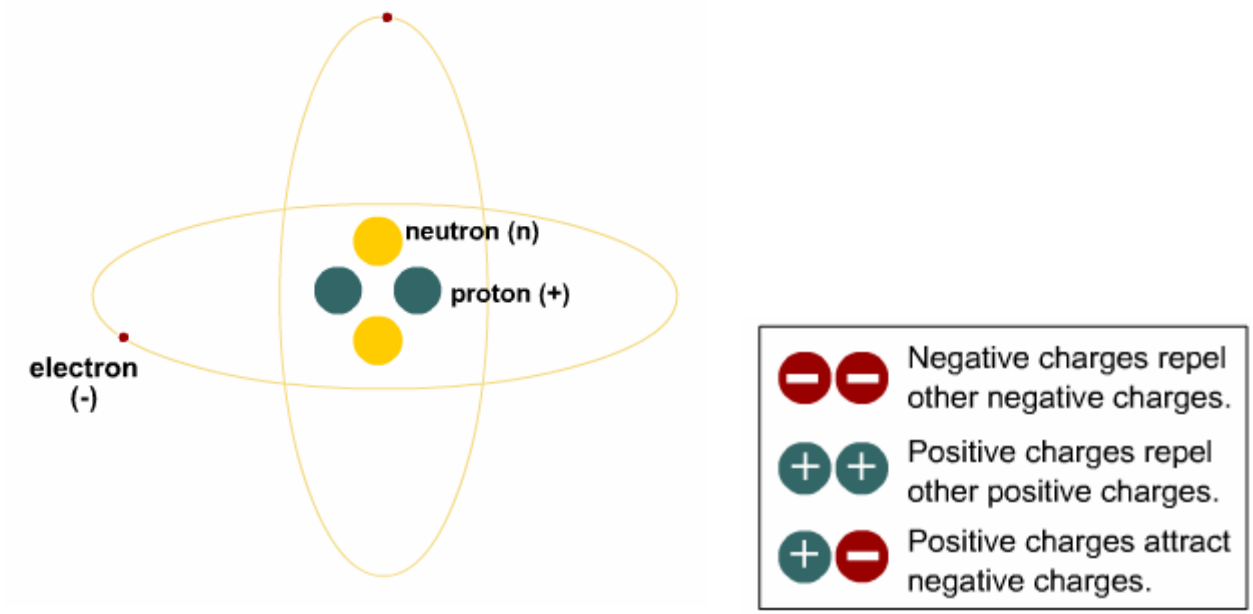


Sadržaj poglavlja

- 3.1 Bakarni medijumi
- 3.2 Optički medijumi
- 3.3 Bežični medijumi

3.1 Borov model atoma

- Atom se sastoji od jezgra (protoni + neutroni) i elektrona koji kruže oko njega



3.1 Statički elektricitet

- Elektroni koji ne kruže oko jezgra (“slobodni” elektroni) čine tzv. statički elektricitet
- Pošto ne postoji sila koja bi ih pomerala, slobodni elektroni se ne kreću

3.1 Vrste materijala u odnosu na provođenje elektrona

- Provodnici
  - bakar (Cu), zlato (Au), srebro (Ag)
- Poluprovodnici
  - silicijum (Si), galijum (Ga)
- Izolatori
  - plastika, guma, vazduh, papir, staklo

3.1 Pojam električnog napona

- Razlika električnog potencijala između dve tačke
- Oznaka: U
- Jedinica: Volt [V]

3.1 Pojam električnog otpora

- Mera sprečavanja prolaska slobodnih elektrona kroz supstancu
- Oznaka: R
- Jedinica: Om [Ω]

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

3.1 Pojam električne struje

- Količina naelektrisanja koja prođe kroz provodnik u jedinici vremena
- Oznaka: I
- Jedinica: Amper [A]

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

3.1 Napon i struja u vremenu

- Jednosmerna struja *(Direct Current, DC)*
- Naizmenična struja *(Alternating Current, AC)*

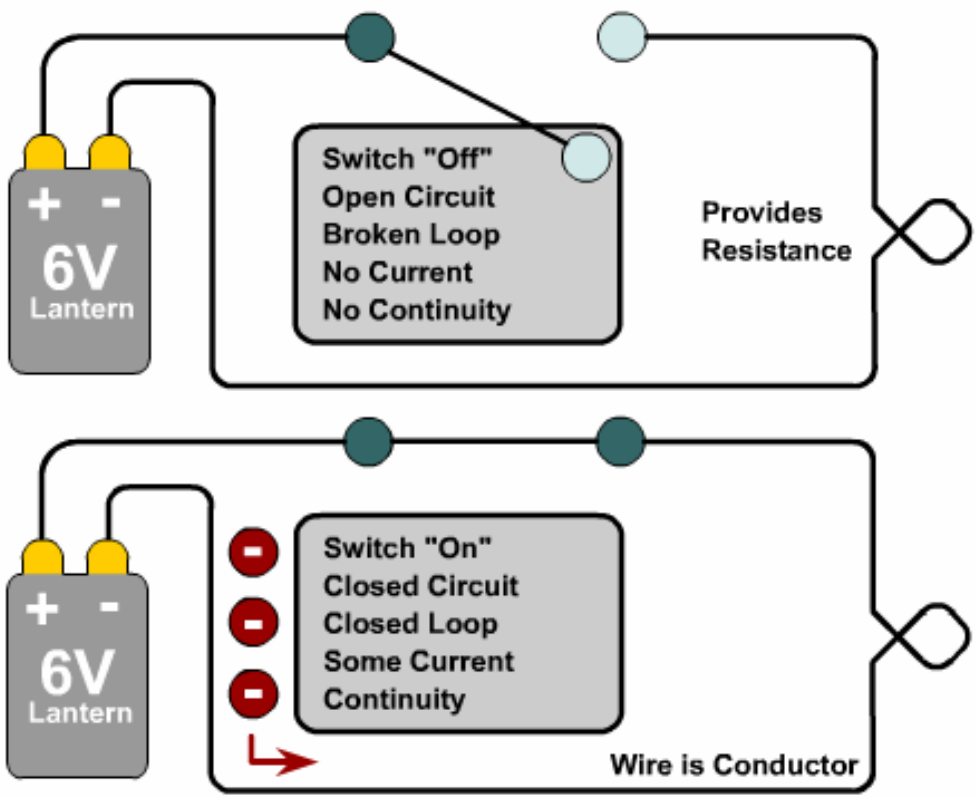
3.1 Omov zakon

- Jednosmerna struja
  - napon između dve tačke je jednak proizvodu struje i otpora između tih tačaka
  - U = R * I

3.1 Električno kolo (1)

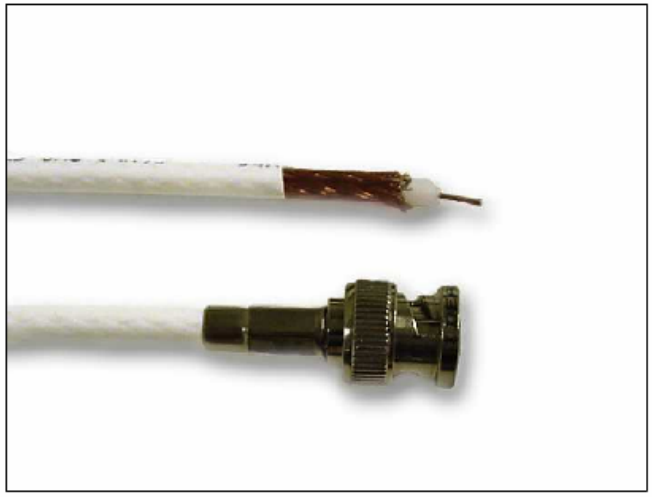
- Električno kolo se sastoji od:
  - izvora napajanja *(source, battery)*
  - zatvorenog provodnog puta *(path)*
  - opterećenja *(load)*

3.1 Električno kolo (2)

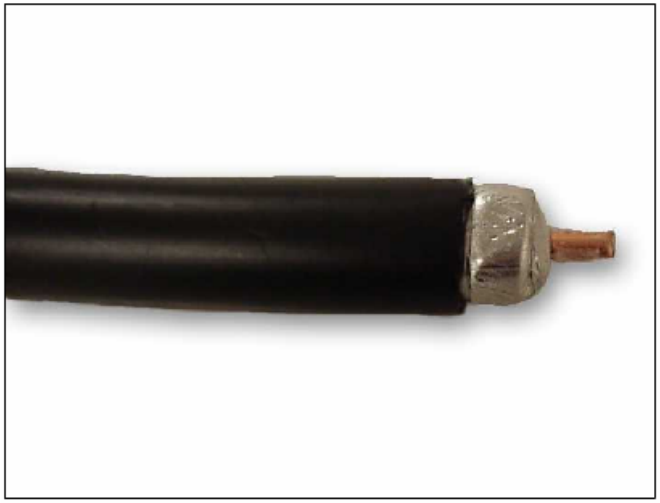


3.1 Koaksijalni kabl (1)

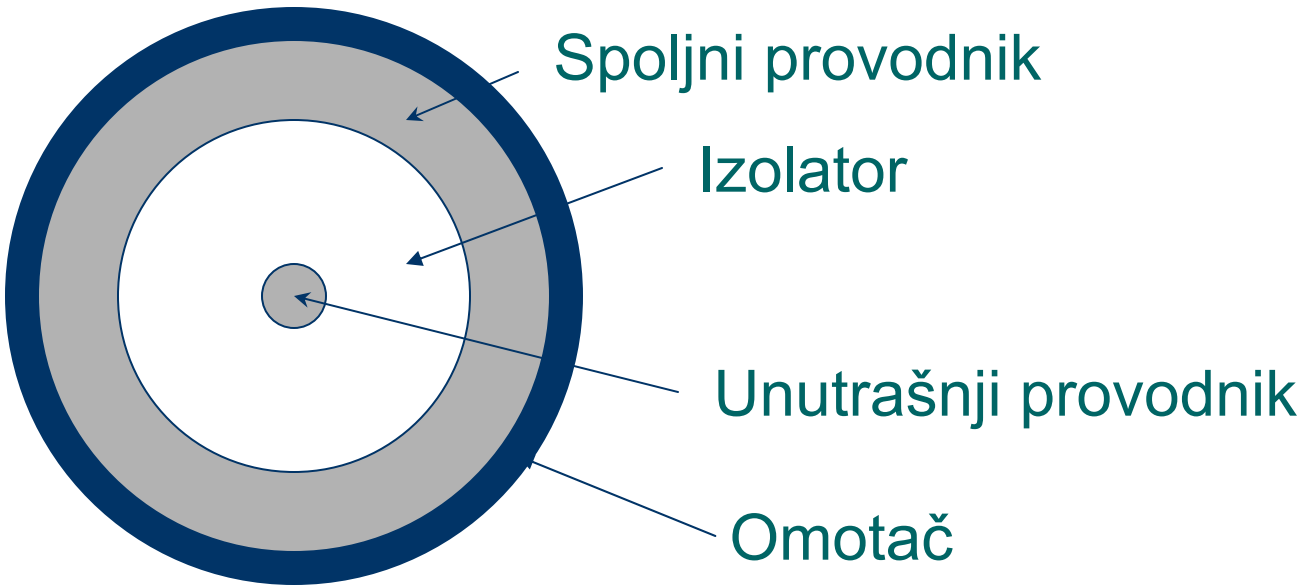
10BASE2 50 Ohm Coax Cable



10BASE5 Thicknet Cable



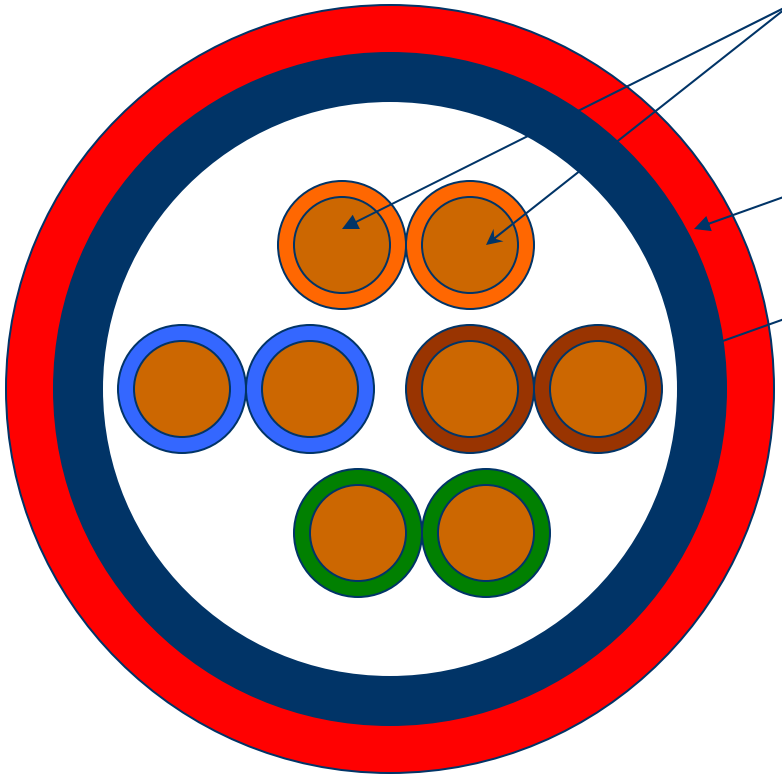
3.1 Koaksijalni kabl (2)



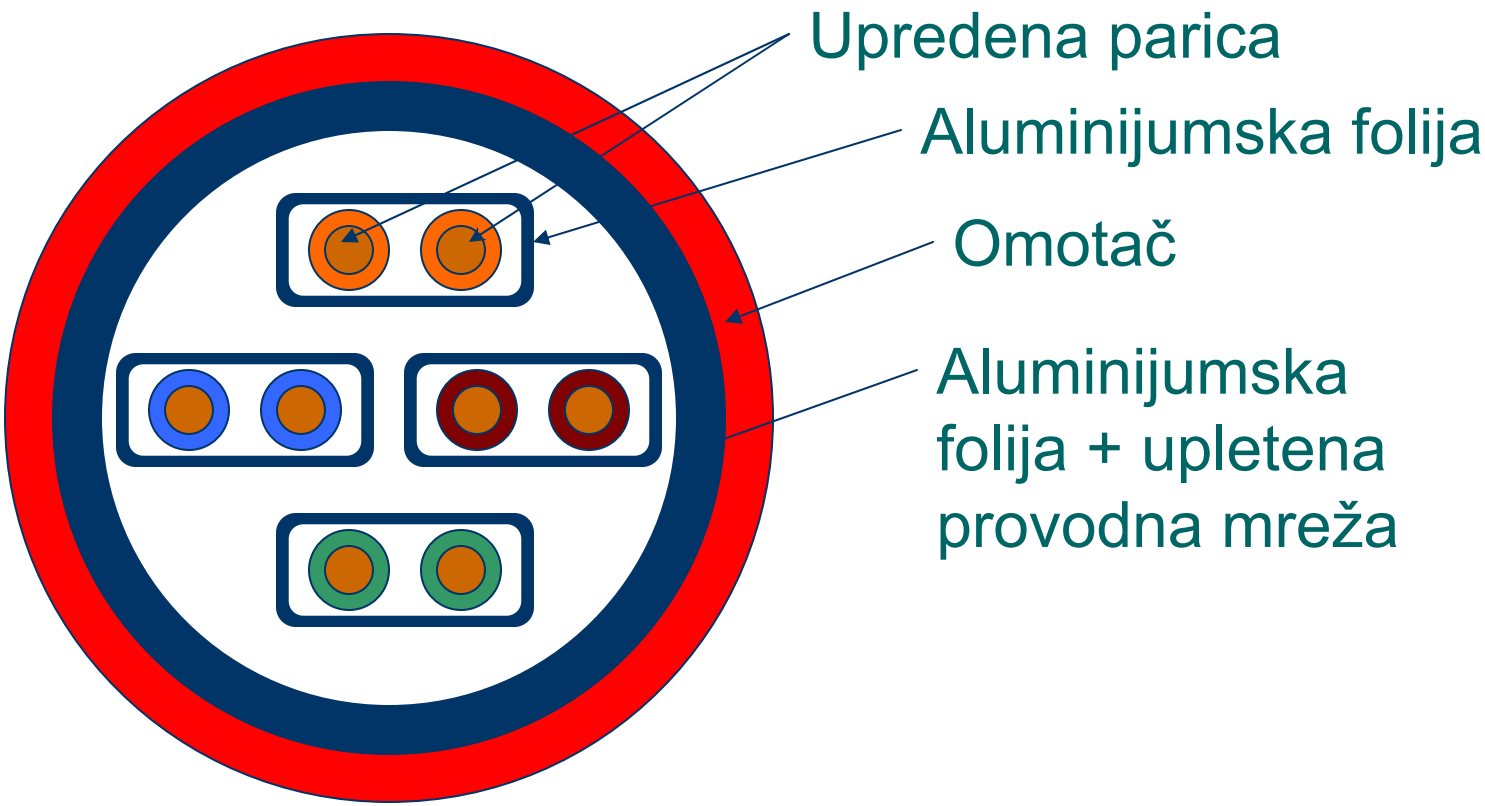
3.1 Koaksijalni kabl (4)

- Prednosti
  - veća maksimalna dužina medijuma (185m odnosno 500m za 10BASE5 odnosno 10BASE2)
- Mane
  - teži i skuplji za instalaciju
  - loše terminiranje kablova može imati velikog uticaja na smetnje

3.1 FTP (ScTP) kabl



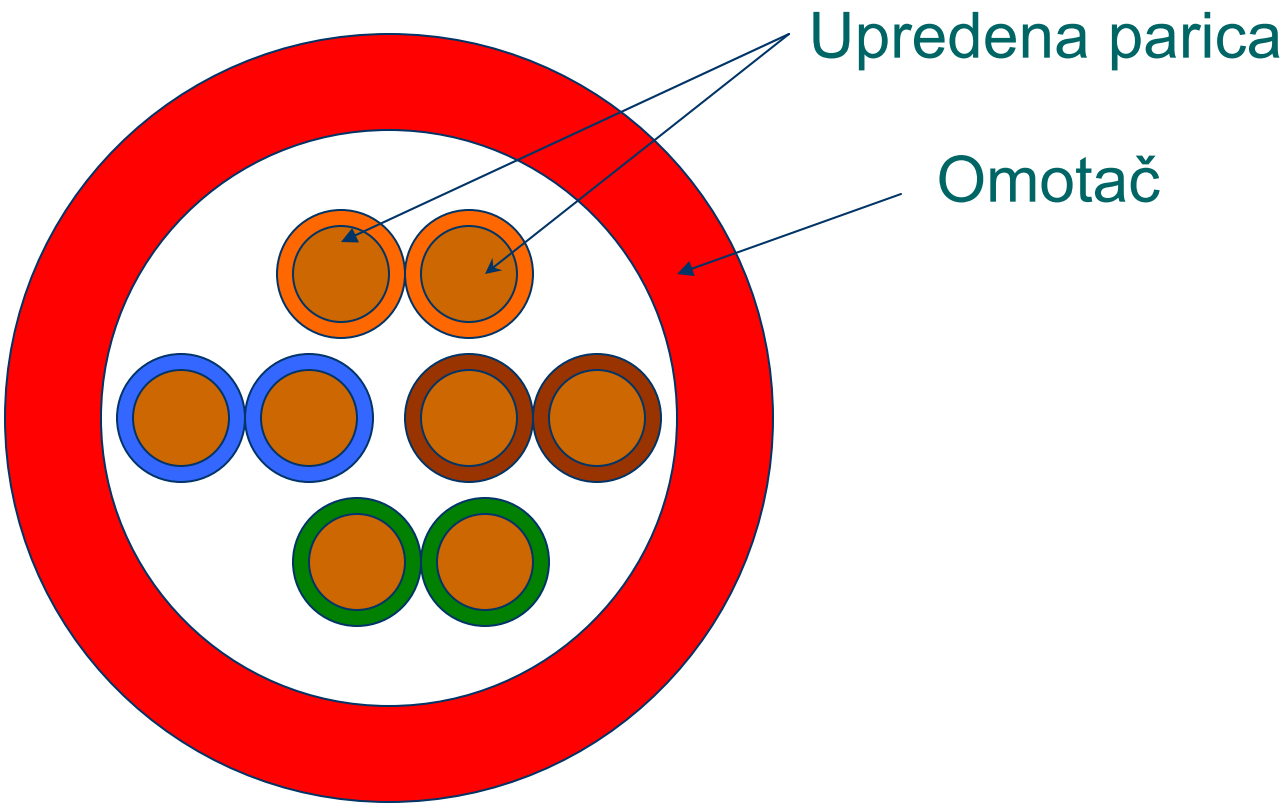
3.1 STP kabl


Upredena parica
Aluminijumska folija
Omotač
Aluminijumska folija + upletena provodna mreža

3.1 STP i ScTP – prednosti i mane

- Prednosti
  - manja osetljivost, na EMI, RFI i preslušavanje (STP)
- Mane
  - veća težina i prečnik kabla
  - osetljiv na nekvalitetno terminiranje

3.1 UTP kabl (1)

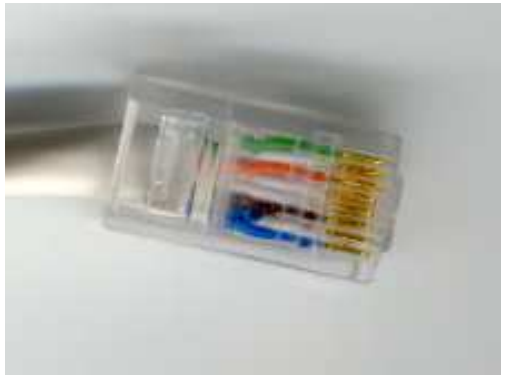


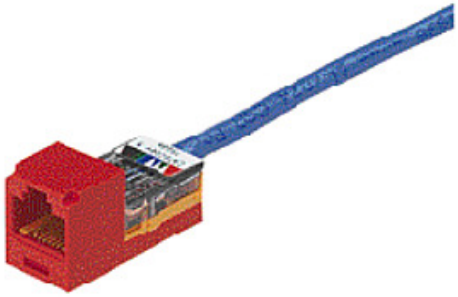
3.1 UTP kabl (2)

- Prednosti
  - cena
  - lakoća instalacije
  - način terminacije
- Mane
  - najpodložniji smetnjama od svih LAN medijuma
  - najmanja maksimalna dužina (100m)

3.1 Terminiranje UTP kablova

- Kabl se terminira:
  - RJ-45 konektorom
  - RJ-45 utičnicom





3.1 Rasporedi pinova na RJ-45 konektoru (1)

- *Straight-through*
  - 1-1, 2-2 .... 7-7, 8-8
  - služi za povezivanje računara sa habom/svičem
- *Cross-over*
  - 1-3, 2-6, 3-1, 6-2
  - služi za povezivanje dva sviča
- *Rollover*
  - 1-8, 2-7 .... 7-2, 8-1
  - služi za povezivanje računara na konzolni port uređaja

3.1 Rasporedi pinova na RJ-45 konektoru (2)

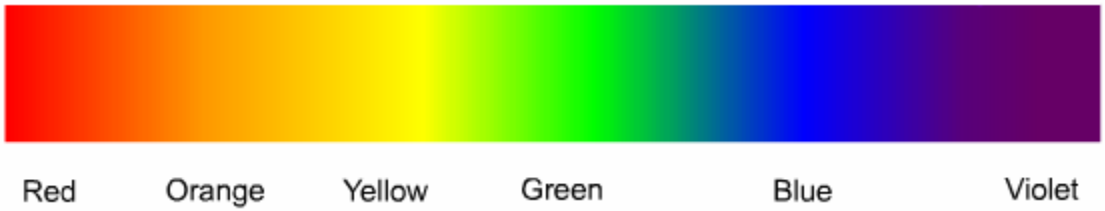
Straight-through	Crossover	Rollover
Pin 1 — Pin 1	Pin 1 — Pin 3	Pin 1 — Pin 8
Pin 2 — Pin 2	Pin 2 — Pin 6	Pin 2 — Pin 7
Pin 3 — Pin 3	Pin 3 — Pin 1	Pin 3 — Pin 6
Pin 4 — Pin 4	Pin 4 — Pin 4	Pin 4 — Pin 5
Pin 5 — Pin 5	Pin 5 — Pin 5	Pin 5 — Pin 4
Pin 6 — Pin 6	Pin 6 — Pin 2	Pin 6 — Pin 3
Pin 7 — Pin 7	Pin 7 — Pin 7	Pin 7 — Pin 2
Pin 8 — Pin 8	Pin 8 — Pin 8	Pin 8 — Pin 1

3.2 Elektromagnetski talas

- Kretanjem naelektrisanja emituju se elektromagnetski (EM) talasi
- Najvažnija osobina EM talasa je talasna dužina *(wavelength)*
  - sporije kretanje naelektrisanja → veća talasna dužina
- EM talasi u vakuumu putuju brzinom svetlosti (≈ 300.000 km/s)

3.2 Elektromagnetski spektar

- EM talasi sa talasnom dužinom od 400 nm (ljubičasta) do 700 nm (crvena) predstavljaju vidljivu svetlost



3.2 Model svetlosnih zraka

- EM talasi se prostiru pravolinijski, od izvora u svim pravcima, ali različitom brzinom u različitim sredinama
- Kada incidentni zrak naiđe na drugu sredinu, formiraće se dva zraka:
  - reflektovani zrak, koji se odbija od druge sredine
  - refraktovani zrak, koji ulazi u drugu sredinu ali sa promenjenim pravcem

3.2 Indeks refrakcije

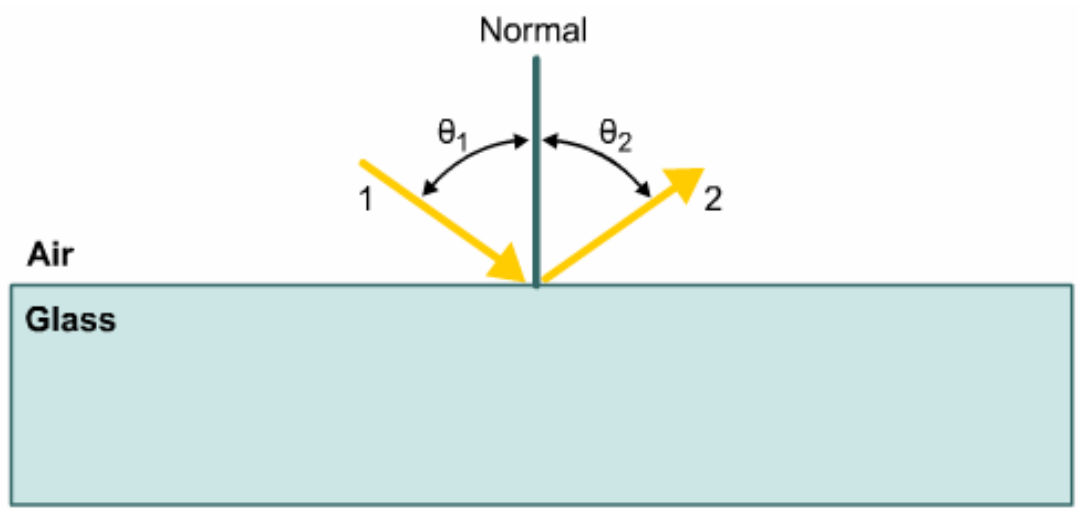
- Ugao savijanja refraktovanog zraka zavisi od odnosa brzina prostiranja dve sredine

$$\textbf{Index of Refraction} = n = \frac{\text{Speed of light in vacuum}}{\text{Speed of light in material}}$$

Substance	Index of Refraction
Air	1.000
Glass	1.523
Diamond	2.419
Water	1.333

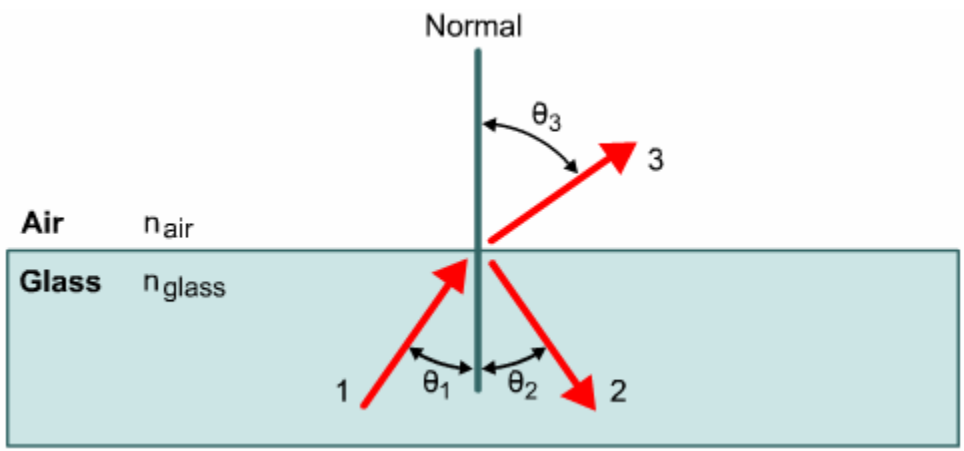
3.2 Refleksija

- Ugao reflektovanog zraka prema normali na površinu je isti kao ugao incidentnog zraka



3.2 Refrakcija

- Ako refraktovani zrak ulazi u sredinu sa manjim indeksom refrakcije (npr. staklo → vazduh), ugao refraktovanog zraka prema normali na površinu je veći od ugla incidentnog zraka



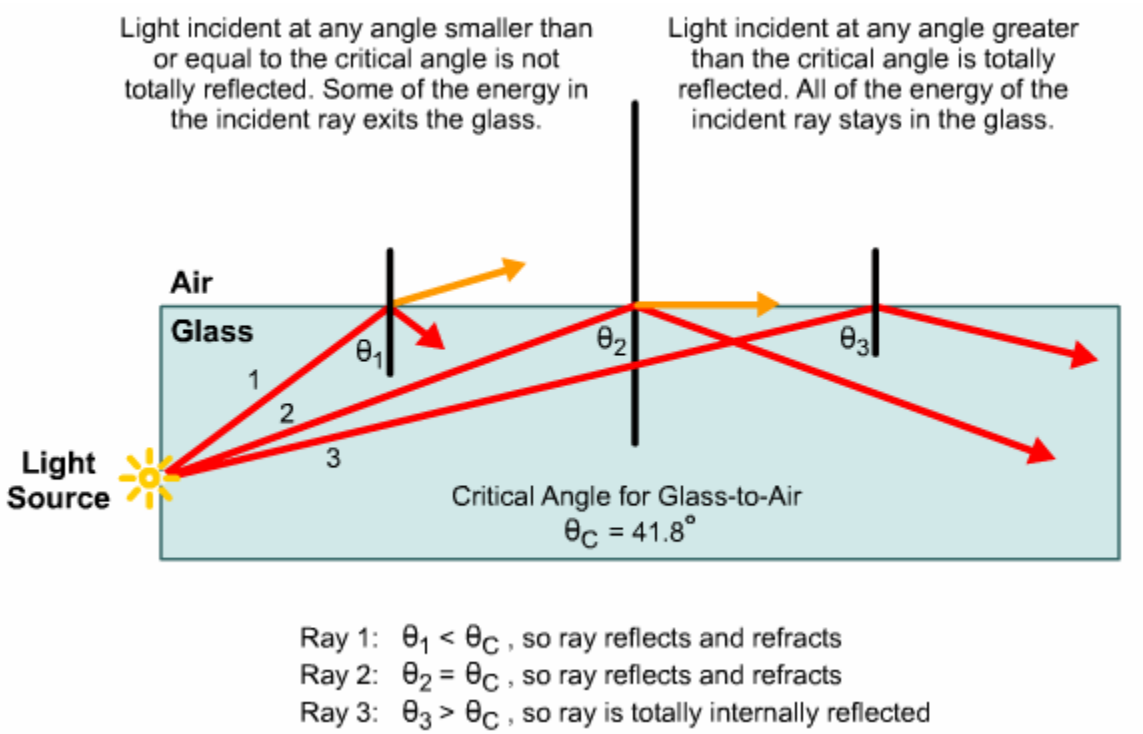
3.2 Optičko vlakno (1)

- Vlakno napravljeno od materijala koje provodi svetlost
- Svi zraci svetlosti generisani na jednom kraju treba da stignu na drugi kraj → ne treba da ima refrakcije
- Rešenje: vlakno se sastoji iz dva dela:
  - unutrašnji deo *(core)* koji provodi svetlost
  - spoljašnji deo *(cladding)* od koga se svetlost odbija

3.2 Optičko vlakno (2)

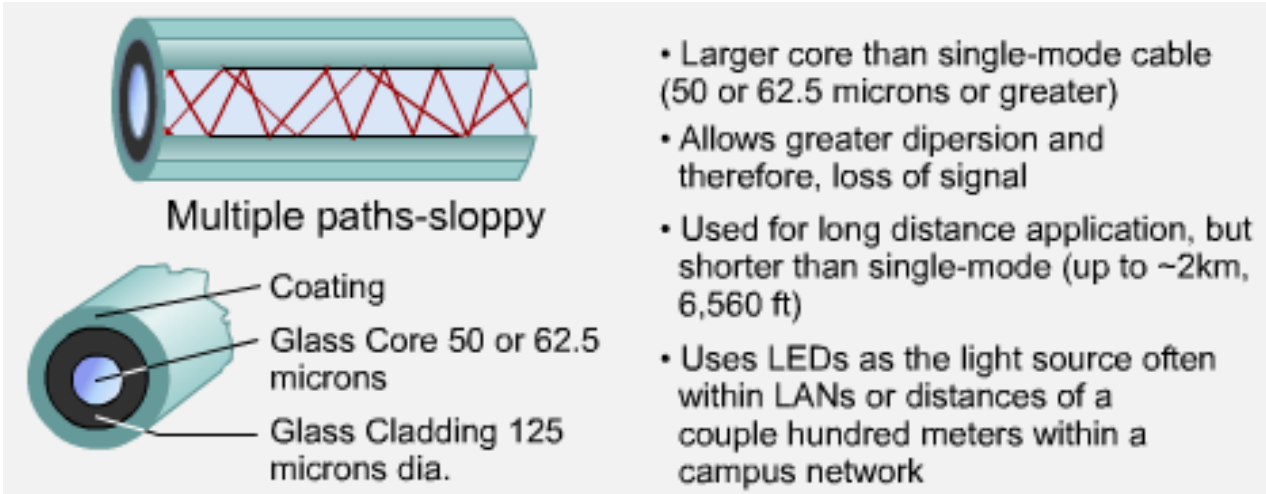
- Rešenje:
  - *core* ima veći indeks refrakcije od *cladding-a*
  - ugao pod kojim padaju incidentni zraci je veći od kritičnog ugla
- Totalna refleksija zavisi od dva faktora:
  - opseg uglova incidentnih zraka za koje se postiže totalna refleksija *(numerical aperture)*
  - modovi tj. putanje kojima putuju zraci
- Efekat koji se postiže je totalna interna refleksija

3.2 Optičko vlakno (3)



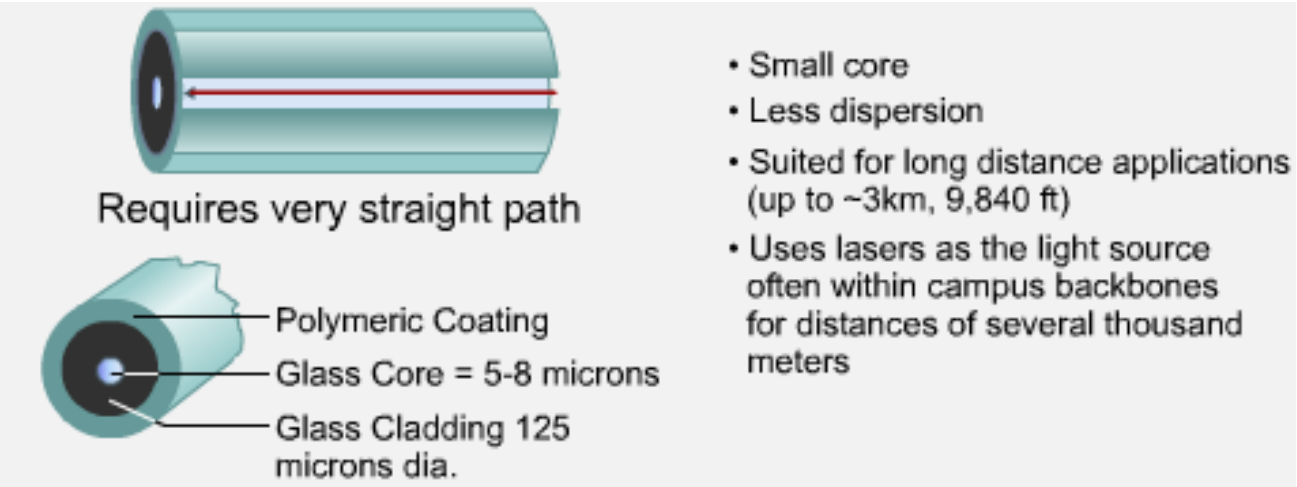
3.2 Multimodno optičko vlakno

- Veličina core-a (50 ili 62.5 μm) omogućava da svetlost putuje po više putanja (modova)



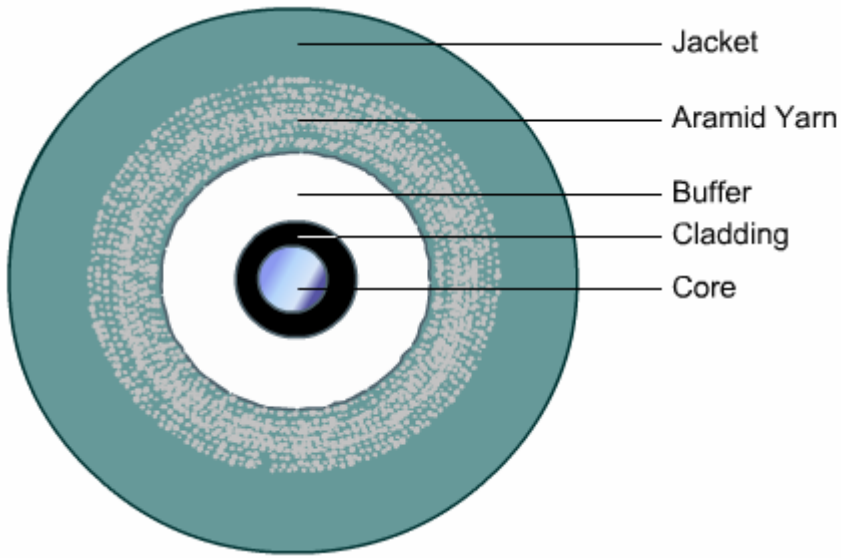
3.2 Monomodno optičko vlakno

- Veličina core-a (8-10 μm) omogućava da svetlost putuje samo jednoj putanji (modu)



3.2 Optički kabl

- Kabl koji sadrži jedno ili više optičkih vlakana



3.2 Delovi optičkog kabla (1)

- *Core*
  - vlakno od silicijuma koje provodi EM talas
  - konstruisano je tako da se indeks refrakcije postepeno povećava prema *cladding-u* tako da ima što manje odbijanja *(graded-index fiber)*
- *Cladding*
  - omotač od silicijuma sa manjim indeksom refrakcije nego *core*
  - tipični prečnik je 125 μm

3.2 Delovi optičkog kabla (2)

- *Buffer*
  - omotač koji čuva *core* i *cladding*
  - dva načina konstrukcije:
    - *tight-buffered*
    - *loose-tube*
- *Strength Material*
  - omotač od Kevlara koji čuva kabl od istezanja
- *Jacket*
  - *spoljni omotač*

3.2 Optički predajnici

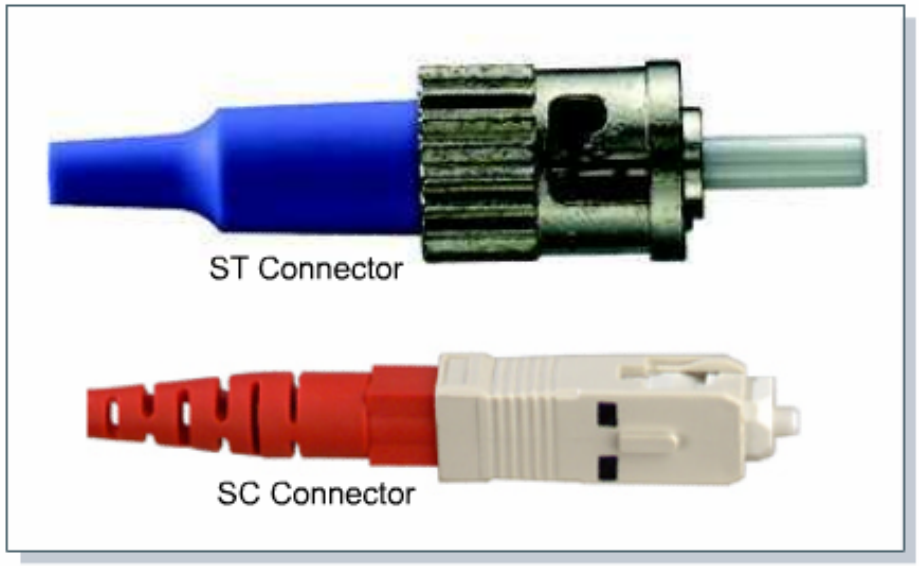
- Multimodna vlakna (850 nm i 1310 nm):
  - *Infrared Light Emitting Diodes (LEDs)*
  - *Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSELs)*
- Monomodna vlakna (1310 nm i 1550 nm):
  - infracrveni laser

3.2 Optički prijemnici

- Element koji proizvodi električni impuls kada detektuje svetlost
- PIN fotodioda
  - po detekciji svetlosti generiše struju za predefinisani napon

3.2 Optički konektori

- SC *(Subscriber Connector)*
- ST *(Straight Tip)*



3.2 Prenos signala kroz optička vlakana

- Optički kabl nije podložan nekim smetnjama koje se javljaju kod bakarnih kablova:
  - nema uticaja EMI
  - nema preslušavanja
- *Jacket* i *buffer* sprečavaju spoljašnju svetlost da uđe u *core*
- Ipak, postoje određeni problemi pri prenosu signala:
  - slabljenje
  - disperzija

3.2 Slabljenje

- Uzroci:
  - rasejanje zbog mikroskopskih neuniformnosti vlakna *(scattering)*
  - apsorbcija signala na nečistoćama u vlaknima
  - neravna *core-cladding* granica
- Dodatno slabljenje može biti izazvano lošom instalacijom:
  - prekomernim vučenjem ili savijanjem kabla

3.2 Disperzija

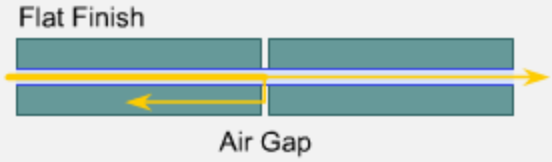
- Hromatska disperzija utiče da talasi različitih talasnih dužina kroz isti materijal putuju sa različitim brzinama:
  - pošto svaki izvor svetlosti generiše više talasnih dužina onda se puls svetlosti raširi u vremenu
  - problem i kod multimodnih i kod monodnih vlakana

3.2 Instalacija optičkih kablova

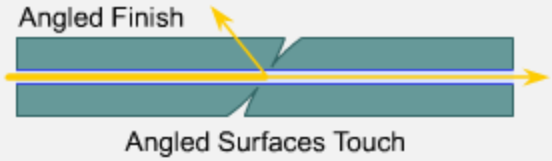
- Provlačenje kablova
- Sečenje *(cut)* i poliranje *(polish)* krajeva kabla
- Postavljanje konektora
- Zaštita konektora od prljavštine

3.2 Problemi u instalaciji optičkih konektora

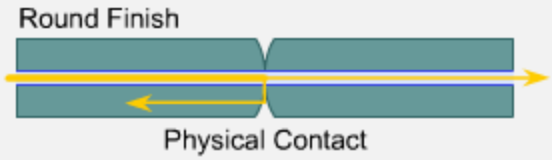
Flat: Finish causes light to be reflected back into the fiber due to a step in the refractive index caused by the glass-air-glass interface.



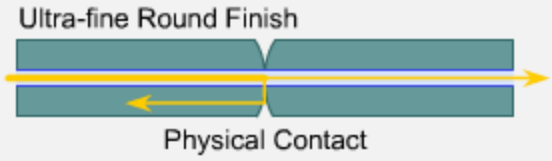
Angle: Polish connectors cause the reflection to exit the core and dissipate in the cladding.



Physical Contact (PC): Finish minimizes backreflection due to the very small refractive index discontinuity.



Ultra: Polish connector finish uses several grades of polishing film to achieve an untra-smooth surface.



3.3 Standardi bežičnih LAN-ova (1)

- IEEE 802.11
  - *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)* tehnologija
  - 1 i 2 Mbps
  - 2.4 GHz
- IEEE 802.11b (Wi-Fi)
  - *DSSS i Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)* tehnologija
  - 1, 2, 5.5 i 11 Mbps
  - kompatibilan sa 802.11
  - 2.4 GHz

3.3 Standardi bežičnih LAN-ova (2)

- IEEE 802.11a
  - do 54 Mbps
  - 5 GHz
- IEEE 802.11g
  - *Othogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)* tehnologija
  - do 54 Mbps
  - kompatibilan sa 802.11b

3.3 Tipovi bežičnih LAN mreža *(Wireless LAN -WLAN)*

- *Ad-hoc*
  - mreža koju formiraju sami terminalni uređaji sa bežičnim NIC karticama
- *Infrastructure*
  - mreža gde postoji centralni uređaj *(access point-AP)* koji komunicira sa svakim terminalnim uređajem

3.3 *Access point (AP)*

- Prostor pokrivanja jednog AP se naziva ćelija (poluprečnik od 91.44 to 152.4 metara)
- Ćelije AP-ova se mogu preklapati
- Kada se klijent startuje on pokušava da se pridruži *(associate)* AP-u na dva načina:
  - šalju se probni paketi sa željenim SSID-om sve dok neki AP ne odgovori pozitivno (aktivno skaniranje)
  - čeka se *beacon* paket (koji šalje AP) sa željenim SSID-om (pasivno skaniranje)

3.3 Tipovi WLAN frejmova

Management Frames
- Association request frame
- Association response frame
- Probe request frame
- Probe response frame
- Beacon frame
- Authentication frame

Control Frames
- Request to send (RTS)
- Clear to send (CTS)
- Acknowledgment

Data Frames

3.3 Pristup medijumu

- Pošto je u pitanju deljeni medijum, postoji problem kolizija → koristi se *Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance (CSMA/CA)*
- Svaki poslati frejm se potvrđuje, što može odneti i do 50% propusnog opsega!
- *Adaptive Rate Selection (ARS)* omogućuje automatsko smanjivanje brzine u slučaju degradacije signala zbog daljine ili interferencije

3.3 WLAN autentifikacija

- Metodi autentifikacije:
  - *open*
    - zahteva poklapanje SSID AP-a i klijenta
  - *shared*
    - koristi *Wireless Equivalency Protocol (WEP)*
    - zahteva poklapanje WEP ključeva na AP-u i klijentu

3.3 Tipovi autentifikacije i pridruživanja (asocijacije)

- Neautentifikovan i nepridružen
- Autentifikovan i nepridružen
- Autentifikovan i pridružen

3.3 Modulacija

- Modulacija je proces promene nosećeg *(carrier)* signala pomoću signala koji se prenosi
- Tipovi modulacije:
  - amplitudska modulacija (AM)
  - frekventna modulacija (FM)
  - fazna modulacija (PM)

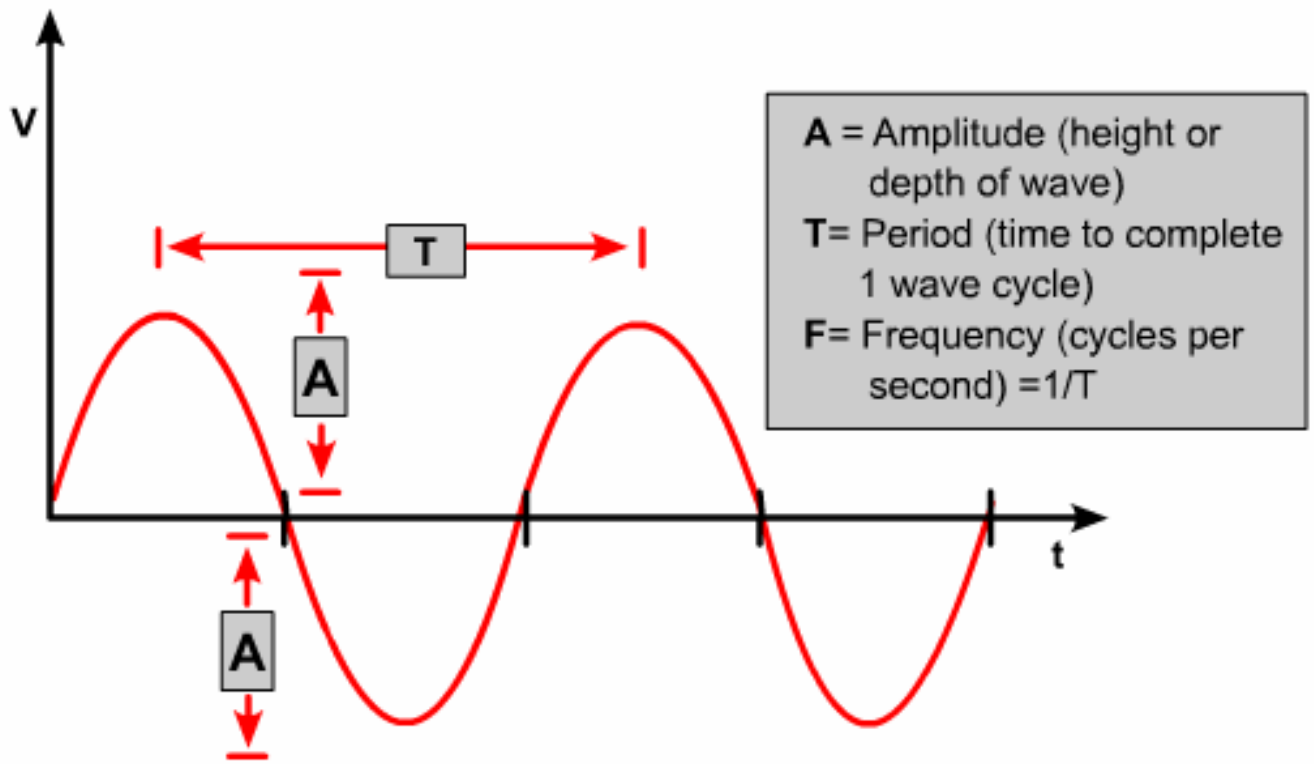
Sadržaj poglavlja

- 4.1 Frekvencijski-bazirano testiranje kablova
- 4.2 Signal i šum

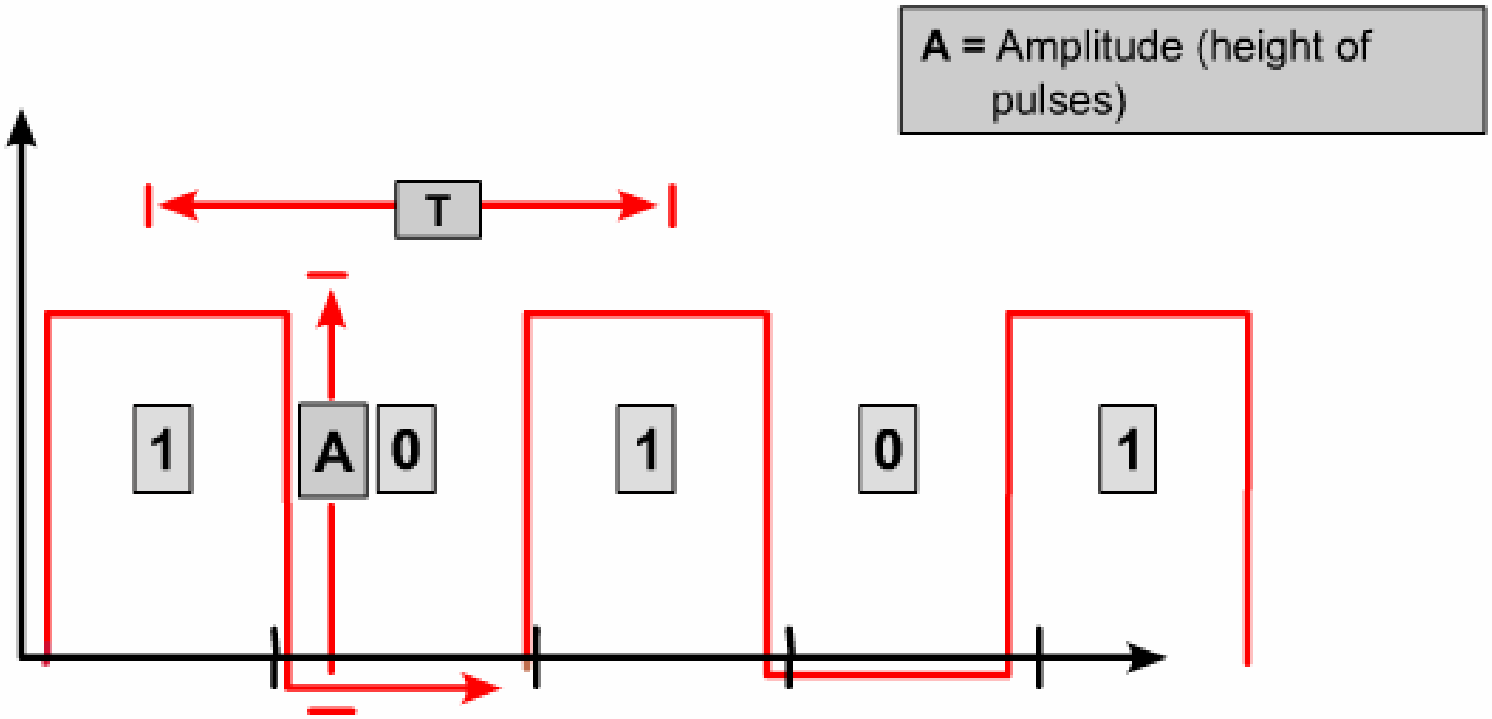
4.1 Talas

- Osobine:
  - amplituda
  - perioda
  - frekvencija

4.1 Sinusoidni talas



4.1 Četvrtasti talas



4.1 Logaritamska funkcija

- $a^x = b \rightarrow x = \log_a = b$
  - $10^2 = 100 \rightarrow \log_{10} 100 = 2$
  - $2^5 = 32 \rightarrow \log_2 32 = 5$
- Skraćenice:
  - $\log \leftrightarrow \log_{10}$
  - $\ln \leftrightarrow \log_e$

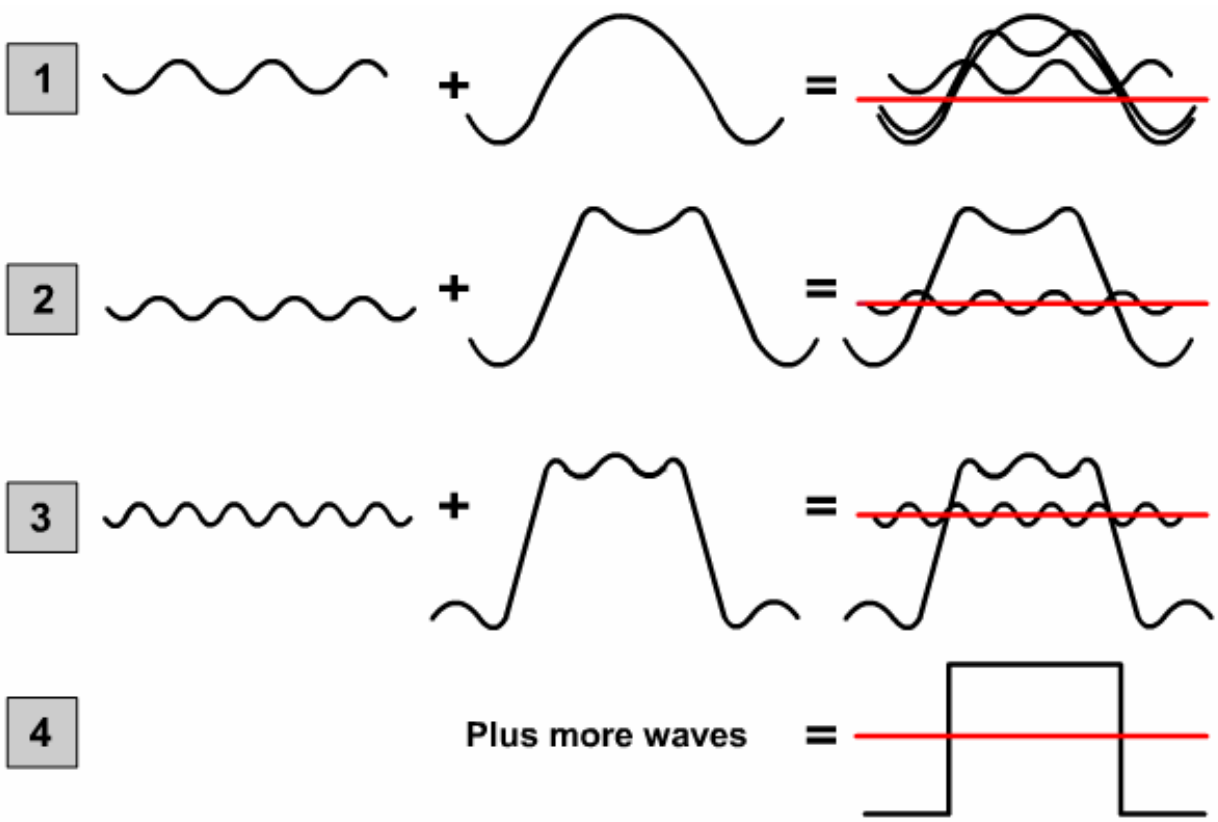
4.1 Decibel

- Mera slabljenja električnih veličina
- Formula za napon (EM talasi kroz bakarni medijum):
  - $a_V = 20 \log_{10} (V_{final} / V_{ref})$ [dB]
- Formula za snagu (svetlosni talasi kroz optički medijum, radio talasi kroz bežični medijum):
  - $a_P = 10 \log_{10} (P_{final} / P_{ref})$ [dB]
- Ako je $V_{final} < V_{ref}$ slabljenje u decibelima ima negativnu vrednost

4.1 Vremenski i frekventni domen

- Signal se može posmatrati na dva načina:
  - ako X-osa predstavlja vreme, a Y-osa vrednost signala u tom vremenskom trenutku posmatramo signal u vremenskom domenu (osciloskop)
  - ako X-osa predstavlja frekvenciju, a Y-osa vrednost komponentu signala za datu frekvenciju posmatramo signal u frekventnom domenu (analizator spektra)

4.1 Sintetizacija četvrtastog signala



4.1 Izvori šuma

- Obližnji kablovi koji prenose signale
- Radio-frekventna interferencija (RFI)
- Elektro-magnetska interferencija (EMI)
- Laserski šum kod optičkih kablova

4.1 Propusni opseg

- Analogni propusni opseg je raspon frekvencija koje zauzima analogni signal
  - meri se u hercima (Hz)
- Digitalni propusni opseg je količina podataka koja može da prođe u datom vremenskom periodu
  - meri se u bitima/kilobitima/megabitima/gigabitima u sekundi (bps/kbps/Mbps/Gbps)

4.2 Prenos digitalnog signala preko bakarnih kablova

- Signali se predstavljaju naponskim nivoima prema referentnom nivou
  - prijemnik i predajnik moraju da imaju isti referentni nivo
- Tipovi bakarnih medijuma:
  - koaksijalni kabl *(shielded)*
  - UTP kabl *(unshielded)*
  - STP kabl *(shielded)*

4.2 Prenos digitalnog signala preko optičkih kablova

- Signali se predstavljaju različitim intenzitetima svetlosti
- Na prenos signala u optičkim kablovima ne utiču spoljne smetnje

4.2 Slabljenje na bakarnim medijumima (1)

- Slabljenje signala je pojava da signal na prijemu ima manju amplitudu nego na predaji
- Slabljenje izazivaju:
  - gubitak električne energije na kablu zbog pretvaranja u toplotnu energiju
  - “curenje” energije van kabla
  - neispravni konektori

4.2 Slabljenje na bakarnim medijumima (2)

- Slabljenje signala je pojava da signal na prijemu ima manju amplitudu nego na predaji
- Na slabljenje utiču:
  - dužina kabla
  - visoke frekvencije u spektru (slabljenje je veće na višim frekvencijama)
- Meri se u decibelima:
  - vrednosti su uvek negativne

4.2 Impedansa na bakarnim medijumima

- Bakarni kabl se završava karakterističnom impedansom ako bi ne došlo do pojave reflektovanog signala
  - 100 Ω za Cat5 UTP kabl
- U slučaju da da kabl nema celom svojom dužinom karakterističnu impedansu javlja se refleksija i u samom kablu, što dovodi da se na prijemu isti signal višestruko pojavljuje *(jitter)*

4.2 Preslušavanje *(crosstalk)*

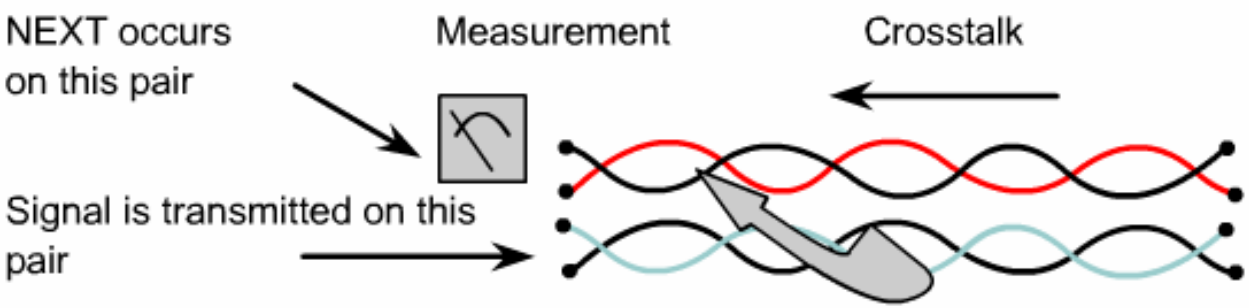
- Pojava da signal iz obližnjeg provodnika generiše EM talas koji dodaje šum na postojeći signal
  - signal iz druge parice u istom kablu
  - signal iz drugog kabla *(alien crossstalk)*
- Veći uticaj na višim frekvencijama
- Zbog preslušavanja se koristi upredanje parica u xTP kablovima:
  - svaka žica u parica dobije identičnu smetnju, tako da se na prijemu oduzimanjem primljenih signala potire uticaj smetnje
  - magnetska polja koju generišu žice u parici se međusobno poništavaju

4.2 Tipovi preslušavanja

- Preslušavanje na bližem kraju *(Near-end Crosstalk - NEXT)*
- Preslušavanje na daljem kraju *(Far-end Crosstalk - FEXT)*
- *Power Sum Near-end Crosstalk (PSNEXT)*

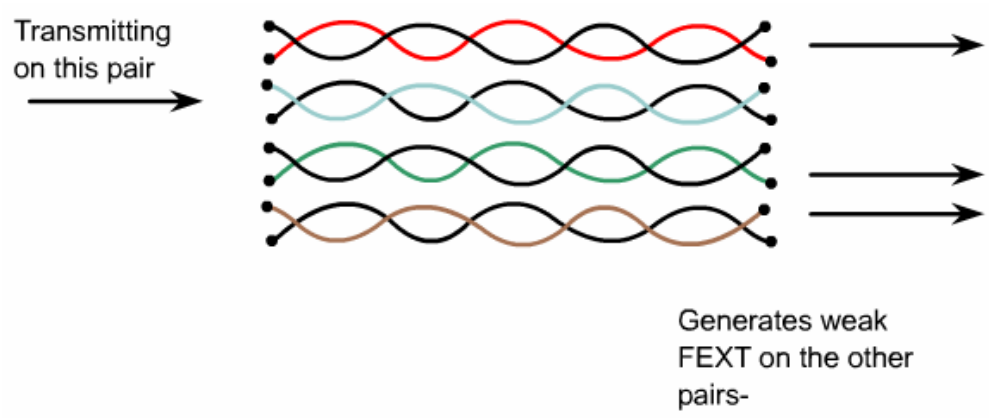
4.2 Preslušavanje na bližem kraju *(Near-end Crosstalk - NEXT)*

- Odnos između test napona na jednoj parici i izmerenog napona (dobijenog preslušavanjem) na drugoj parici na istom kraju
- Meri se u decibelima:
  - veće apsolutne vrednosti su bolje



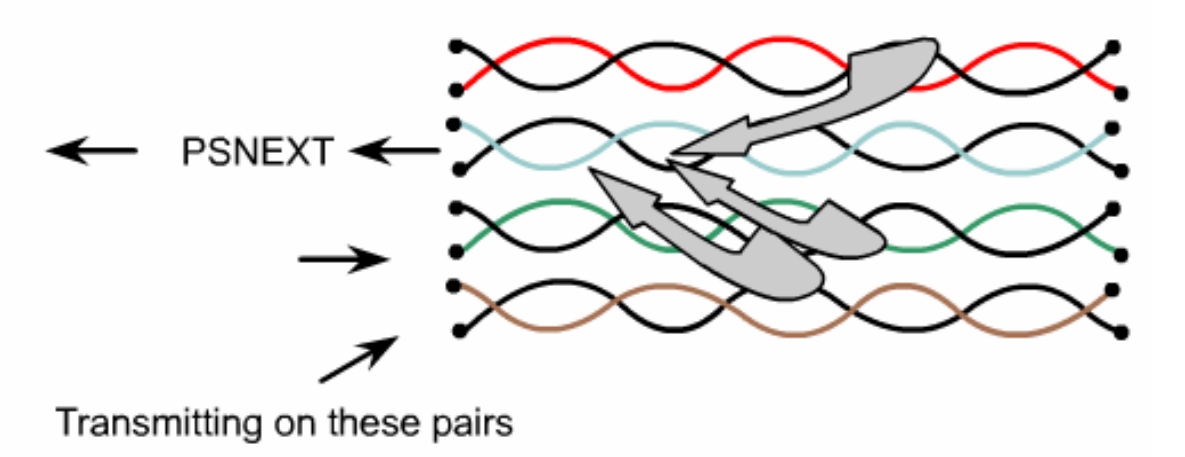
4.2 Preslušavanje na daljem kraju *(Far-end Crosstalk - FEXT)*

- Odnos između test napona na jednoj parici i izmerenog napona (dobijenog preslušavanjem) na drugoj parici na drugom kraju
- Zbog slabljenja, predstavlja manji problem od preslušavanja na bližem kraju



4.2 *Power Sum Near-end Crosstalk (PSNEXT)*

- Kumulativni efekat NEXT od svih parica u kablu



4.2 Test parametri za UTP kablove prema TIA/EIA568B

- *Wire map*
- *Insertion loss*
- *Near-end crosstalk (NEXT)*
- *Power sum near-end crosstalk (PSNEXT)*
- *Equal-level far-end crosstalk (ELFEXT)*
- *Power sum equal-level far-end crosstalk (PSELFEXT)*
- *Return loss*
- *Propagation delay*
- *Cable length*
- *Delay skew*

4.2 *Wiremap*

- Raspored žica na konektorima
  - standardi 568A i 568B
- Kod ispravnog *wiremap-a* svaka žica se završava na istom pinu konektora na oba kraja (1-1, 2-2 itd)
- Neispravni *wiremap:*
  - *open pair*
  - *short pair*
  - *reversed-pair (1-2, 2-1)*
  - *split-pair*
  - *transposed-pair*

4.2 *Insertion loss* i *Return loss*

- *Insertion loss* je zbirni uticaj slabljenja i diskontinuiteta u impedansi
  - meri se u decibelima na daljem kraju
- *Return loss* je mera reflektovanog signala

4.2 *Crosstalk*

- NEXT
- PSNEXT
- ELFEXT
  - razlika (u decibelima) između izmerenog FEXT-a i *Insertion Loss*-a (~ slabljenje)
- PSELFEXT
  - suma ELFEXT-ova sa svih parica u kablu

4.2 *Propagation delay*

- *Propagation delay* je vreme putovanja signala kroz kabl
  - pošto su parice različito upredene, vrednost je različita za svaku od njih
- Pomoću tog parametra se računa i dužina kabla (“električna dužina”)
  - računa se prema parici sa najkraćom el. dužinom
- Test koji meri el. dužinu se naziva *Time Domain Reflectometer (TDR)*

4.2 *Delay skew*

- Razlika u vremenu putovanja signala kroz različite parice
- Kritičan parametar za tehnologije koje koriste više parica za slanje signala (npr. 1000BASE-T)

4.2 Testiranje optičkih kablova

- Eksterne smetnje (EMI, preslušavanje) nemaju uticaja na prenos svetlosti u optičkih kablovima
- Slabljenje i interna refleksija na dikontinuitetima u kablu doprinosi smanjenju jašine signala na prijemu
- Maksimalno slabljenje signala pri kome prijemnik može da radi se naziva *optical link loss budget*

Sadržaj poglavlja

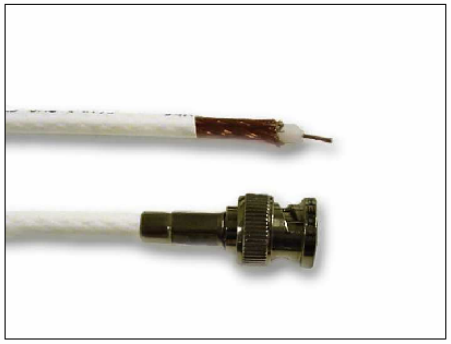
- 5.1 Kabliranje u LAN mrežama
- 5.2 Kabliranje u WAN mrežama

5.1 Prenosni medijumi u LAN mrežama (1)

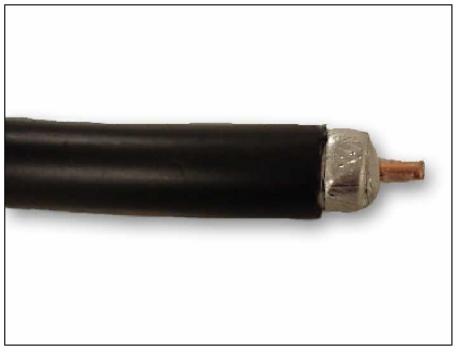
- Kablovi sa upredenim paricama (twisted pair)
  - UTP
  - ScTP (FTP)
  - STP
- Kablovi sa optickim vlaknima (fibre optics)
  - multimodna vlakna (multi-mode)
  - monomodna vlakna (single-mode)
- Koaksijalni kablovi (coaxial cable)

5.1 Prenosni medijumi u LAN mrežama (2)

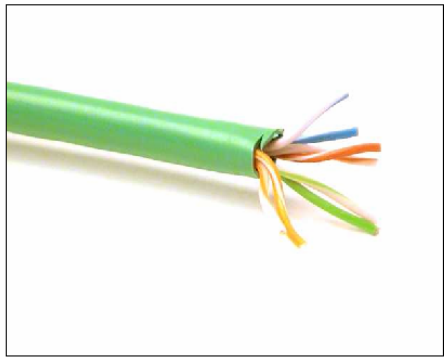
10BASE2 50 Ohm Coax Cable



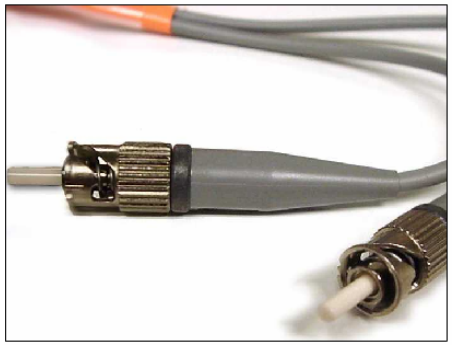
10BASE5 Thicknet Cable



UTP



Fiber Optic Cable Connectors



5.1 Kriterijumi za izbor prenosnog medijuma

- Maksimalna dužina kabla
- Cena
- Lakoća instalacije
- Osetljivost na smetnje

5.1 Eternet tehnologije

- Legacy Ethernet (10 Mbps)
  - 10BASE2 (Thick coax)
  - 10BASE5 (Thin coax)
  - 10BASE-T (UTP Cat3)
- Fast Ethernet (100 Mbps)
  - 100BASE-TX (UTP Cat5)
  - 100BASE-FX (MM FO 62.5/125)
- Gigabit Ethernet (1 Gbps)
  - 1000BASE-T (UTP Cat5)
  - 1000BASE-SX (MM FO 62.5/125; MM FO 50/125)

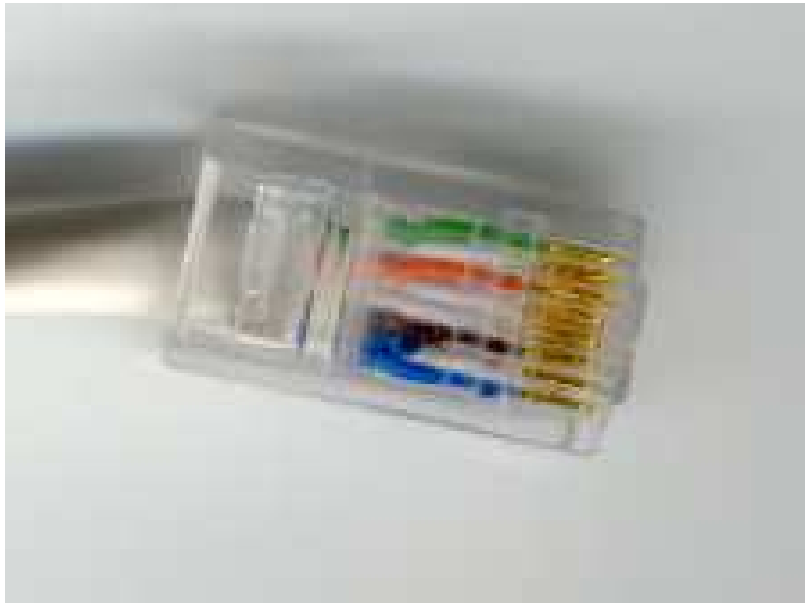
5.1 Pozicija Eternet tehnologija u LAN mreži

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
End-user nivo	X	X	
Workgroup nivo		X	X
Backbone nivo		X	X

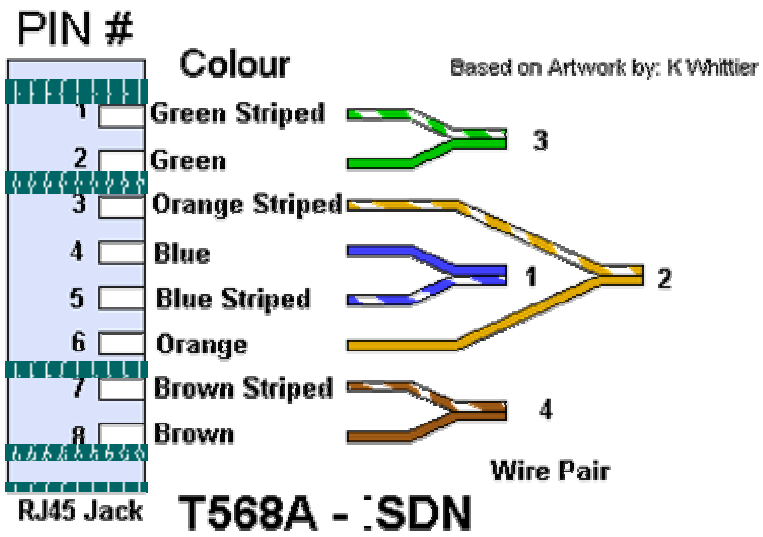
5.1 Fizičke konekcije kod Eternet fizičkih specifikacija

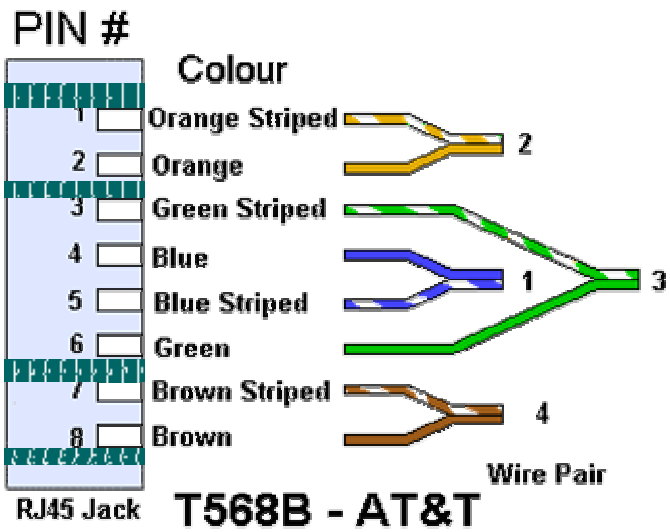
- AUI (Attachment User Interface)
  - 10BASE5
- BNC
  - 10BASE2
- RJ-45 (Registered Jack 45)
  - 10BASE-T
  - 100BASE-TX
  - 1000BASE-T
- SC (ST)
  - 100BASE-FX
  - 1000BASE-SX

5.1 RJ-45 konektor



5.1 Terminiranje UTP kabla RJ-45 konektorom - rasporedi





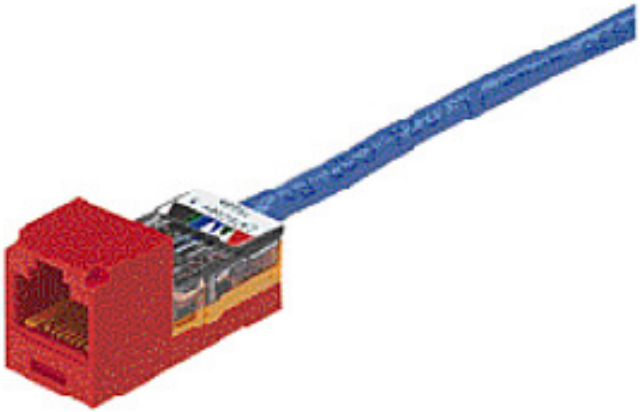
5.1 RJ-45 utiþnica (1)

- Terminacija UTP kabla horizontalne instalacije
- Nalazi se u:
  - razvodnom (patch) panelu na strani čvorišta (wiring closet)
  - nazidnoj/uzidnoj kutiji (surface/flash mount box) na strani mrežnog priključka(work area)

5.1 RJ-45 utičnica (2)

- Može biti fiksirana za razvodni panel/kutiju, ili u obliku modula koji se posebno montira
- Sa prednje strane strane (gde ulazi RJ-45 konektor) je standardni ulaz sa osam pinova
- Sa zadnje strane je punchdown blok u koji se postavlja osam žica iz UTP kabla

5.1 RJ-45 utičnica (3)



5.1 Deljeni medijum i kolizija

- Deljeni medijum je medijum na koji je priključeno istovremeno više uređaja
- Kolizija je pojava da dva sistema pokušaju da istovremeno šalju okvir
- Kolizija se dešava
  - u fizičkoj topologiji magistrale
  - u logičkoj topologiji magistrale

5.1 Kolizioni domen

- Kolizioni domen je deo LAN mreže u kome u jednom trenutku samo jedan uređaj sme da šalje okvir
- Kolizioni domen se sastoji od uređaja fizičkog OSI nivoa, tj. ti uređaji “proširuju” kolizioni domen

5.1 Ripiter (1)

- Povezan na dva različita medijuma
- Preuzima signal sa jednog medijuma, pojačava ga i prenosi na drugi
- Pripada fizičkom OSI sloju
- Služi za prevazilaženje ograničenja dužine medijuma i broja uređaja na medijumu

5.1 Ripiter (1)

5.1 Hab (1)

- Koncentrator u topologiji zvezde/stabla
- Sadrži više mrežnih interfejsa – praktično, po ripiter na svakom interfejsu
- Pripada fizičkom OSI sloju

5.1 Hab (2)

5.1 Tipovi habova

- Pasivni hab
  - hab koji predstavlja samo fizičku konekciju i ne regeneriše signale
- Aktivni hab
  - hab koji regeneriše signale na svakom portu
- Inteligentni hab
  - hab koji sadrži procesor i ima mogućnost nadzora

5.1 Funkcionisanje haba

- Bit podataka sa bilo kog porta se prenosi na sve druge portove
- Ako se u jednom trenutku pojavi signal na dva porta (kolizija), na sve portove se šalje signal collision enforcement
- Ako se na bilo kom portu pojavi collision enforcement signal, prenosi se na sve druge portove

5.1 Bridž

- Povezan na dva različita medijuma
- Preuzima okvir sa jedne mreže i preusmerava na drugu
- Pripada OSI sloju veze podataka

5.1 Funkcionisanje bridža

- Learning
  - Po dobijanju okvira, postavi u tabelu par (izvorišna MAC adresa, dolazni port)
- Flooding
  - Ako u tabeli ne postoji odredišna MAC adresa, pošalji okvir na drugi port
- Filtering
  - Ako je odlazni port isti kao i dolazni, odbaci okvir
- Forwarding
- Aging

5.1 Svi þ

- Koncentrator u topologiji zvezde/stabla
- Sadrži više mrežnih interfejsa – praktično, bridž između svaka dva interfejsa
- Pripada OSI sloju veze podataka

5.1 Funkcionisanje svi |a

- Learning
  - Po dobijanju okvira, postavi u tabelu par (izvorišna MAC adresa, dolazni port)
- Flooding
  - Ako u tabeli ne postoji odredišna MAC adresa, pošalji okvir na sve portove
- Filtering
  - Ako je odlazni port isti kao i dolazni, odbaci okvir
- Forwarding
- Aging

5.1 Mrežna kartica (NIC)

- Periferijski uređaj koji omogućava računaru da se poveže na lokalnu mrežu
- Pripada OSI sloju veze podataka

5.1 Transiver (1)

- Povezan na dva različita tipa medijuma
- Preuzima signal sa jednog medijuma, prenosi na drugi
- Pripada fizičkom OSI sloju
- Služi za konvertovanje signala sa jednog medijuma na drugi (npr. UTP kabl o optički kabl)

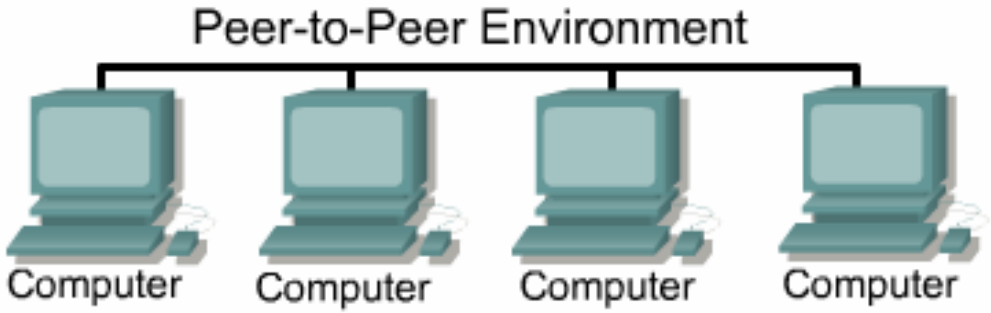
5.1 Transiver (2)

5.1 Podela ure ÿaja prema OSI sloju

- Fizičkom (1) OSI sloju pripadaju pasivne komponente, odnosno uređaji koji razumeju samo bitove
  - Pasivne komponente: kablovi, konektori, peč paneli
  - Uređaji: ripiter, hab, transiver
- OSI sloju veze (2) pripadaju uređaji koji razumeju okvire (frames)
  - bridž, svič, NIC
- Mrežnom (3) OSI sloju pripadaju uređaji koji razumeju pakete
  - ruter

5.1 *Peer-to-peer* mreža (1)

- Mreža ekvivalentnih računara od kojih svaki može imati resurse (npr. fajlove) koji drugi računari mogu da koriste

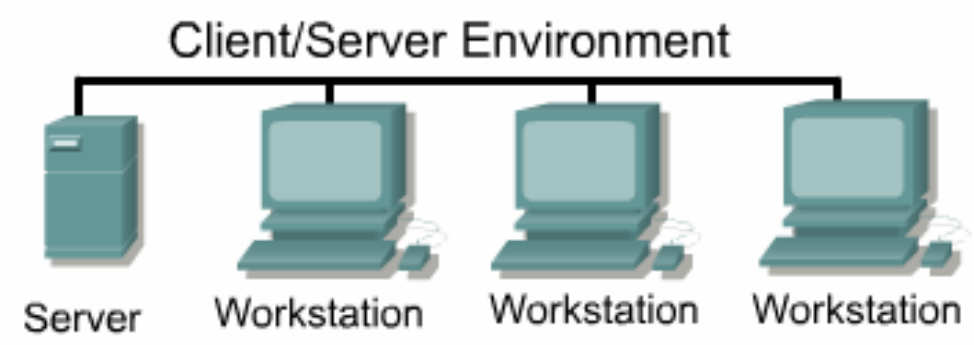


5.1 *Peer-to-peer* mreža (2)

- Prednosti:
  - jeftinija za implementaciju
  - ne zahteva posebnog mrežnog administratora
- Mane:
  - teško održiva u većoj mreži
  - svaki korisnik mora da zna deo administracije
  - manje sigurna
  - slabije performanse

5.1 *Client-server* mreža (1)

- Mreža u kojoj postoji centralni računar (server) koji sadrži deljene resurse



Sadržaj poglavlja

- 6.1 Osnove Eterneta
- 6.2 Funkcionisanje Eterneta

6.1 Uvod u Eternet

- Uspeh Eterneta se zasniva na:
  - jednostavnosti i lakoći održavanja
  - mogućnosti inkorporiranja novih tehnologija
  - pouzdanosti
  - niskoj ceni

6.1 Istorija Eterneta (1)

- Eternet je nastao od ideje da dva ili više uređaja komuniciraju preko zajedničkog medijuma
  - Univerzitet na havajima je 1970. godine razvio radio-mrežu Alohanet
- Idejni tvorac Etherneta je Robert Metcalfe iz Xerox korporacije, gde je i razvijan 1970-ih godina
- 1980. godine konzorcijum DIX (Digital Equipment Company, Intel, i Xerox) objavljuje prvi Eternet standard DIX 1.0

6.1 Istorija Eterneta (2)

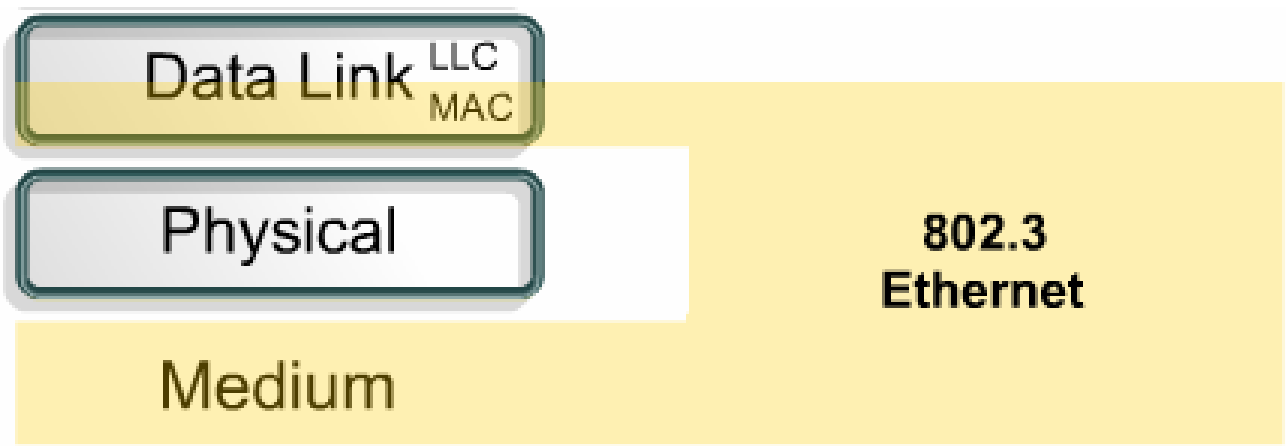
- 1985. godine IEEE objavljuje 802.3 standard zasnovan na DIX specifikaciji ali sa malim razlikama
- 1995. godine IEEE objavljuje Fast Ethernet standard (100 Mbps)
- 1998. i 1999. godine IEEE objavljuje Gigabit Ethernet standard (1 Gbps)

6.1 Označavanje Eternet specifikacija

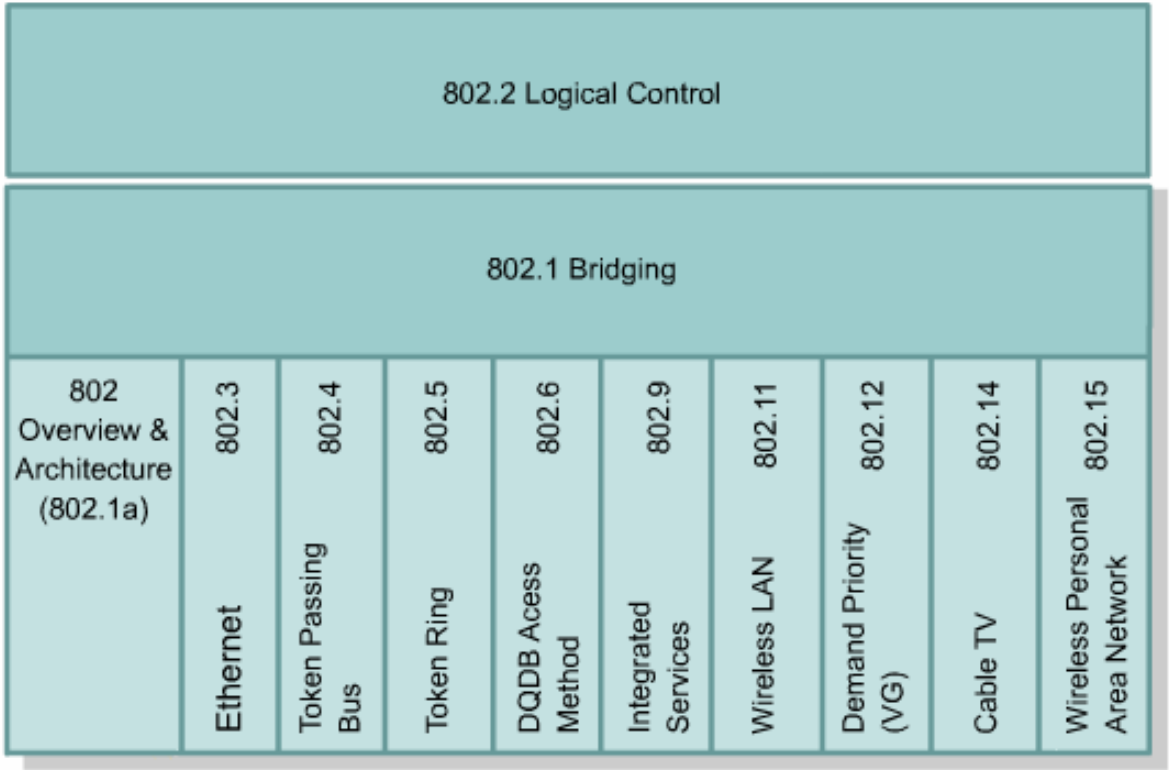
- Eternet tehnologije (Legacy Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) mogu koristiti razne fizičke medijume
- Specifikacija koja definiše prenos preko jednog medijuma se imenuje na sledeći način:
  - {10|100|1000} {BASE|BROAD} {2|5|-T|-TX|-SX|-LX}
- Primeri:
  - 10BASE2
  - 100BASE-TX
  - 1000BASE-LX

6.1 Eternet i OSI model

- Eternet se pozicionira u fizičkom sloju i MAC podsloju sloja veze OSI modela



6.1 IEEE 802 standardi



6.1 Adresiranje u Eternetu

- Svaki uređaj na Eternet mreži ima jedinstveni identifikator – MAC adresa
  - Veličine 48 bita
  - Zapisuje se u heksadecimalnom obliku
    - XX:XX:XX:XX:XX:XX
  - MAC adresa sa svim jedinicama (FF:FF:FF:FF:FF:FF) predstavlja *broadcast* adresu

6.1 Format MAC adresa

Organizational Unique Identifier (OUI)	Vendor Assigned (NIC Cards, Interfaces)
24 bits	24 bits
6 hex digits	6 hex digits
00 60 2F	3A 07 BC
Cisco	particular device

6.1 MAC adrese kod mrežnih uređaja

- Mrežni uređaji na fizičkom OSI sloju (hab) ne raspoznaju ni okvire ni MAC adrese
- Mrežni uređaji na OSI sloju veze (bridž, svič) koriste odredišnu mrežnu adresu iz zaglavlja primljenog okvira da usmere okvir prema odredištu

6.1 MAC adrese kod mrežnih klijenata

- Svaki NIC adapter poseduje svoju MAC adresu
- Kada sistem šalje okvir, u zaglavlje okvira upisuje:
  - adresu svog NIC adaptera preko koga šalje okvir (izvorišna adresa)
  - adresu odredišnog sistema ili *broadcast* adresu
- Kdaa primi okvir, sistem ga uzima u proceduru de-enkapsulacije ako:
  - odredišna adresa okvira je jednaka adresi NIC adaptera preko koga je primljen okvir
  - odredišna adresa okvira je *broadcast* adresa

6.1 Format Eternet okvira

IEEE 802.3						
7	1	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Start of Frame Delimeter	Destination Address	Source Address	Length/ Type	802.2 Header and Data	Frame Check Sequence

Ethernet					
8	6	6	2	46 to 1500	4
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Frame Check Sequence

6.1 Polja *Preamble* i *SFD*

- Polje *Preamble* se sastoji od naizmeničnih bitova 0 i 1 i služi da se primaoci sinhronizuju sa okvirom
- Polje *SFD* označava početak okvira (10101011)
- *Preamble* (Ethernet II) = *Preamble+SFD* (802.3)

6.1 Polja *Type* i *Length*

- Polje *Type* (Ethernet II) specificira protokol mrežnog nivoa čiji se datagram sadrži u korisnom delu okvira
- Polje *Length* (802.3) predstavlja broj okteta posle tog polja do kraja okvira
- U kasnijoj verziji 802.3 standarda polje se naziva *LengthIType* (802.3) i ima dvojako značenje:
  - ukoliko je vrednost polja manja od 0x600 (1536) tada ima značenje kao polje *Length*
  - u suprotnom, ima značenje kao polje *Type*

6.1 Polje *Data*

- Polje *Data* sadrži podatke u vidu LLC paketa (802.3) ili u vidu datagrama mrežnog sloja (Ethernet II)
- Minimalna dužina podataka je 46 okteta (okvir dužine 64 okteta)
- Maksimalna dužina podataka je 1500 okteta (okvir dužine 1518 okteta)

6.2 Kontrola pristupa medijumu

- Protokol koji određuje koji uređaj ima pravo da pošalje okvir na mrežu
- Dve vrste protokola
  - deterministički
  - nedeterministički

6.2 Deterministička kontrola pristupa medijumu

- Svaki sistem na LAN mreži će, posle određenog vremena, dobiti priliku za slanje okvira
- Tehnike
  - *token passing*
- Primene
  - Token Ring, FDDI

6.2 Nedeterministička kontrola pristupa medijumu

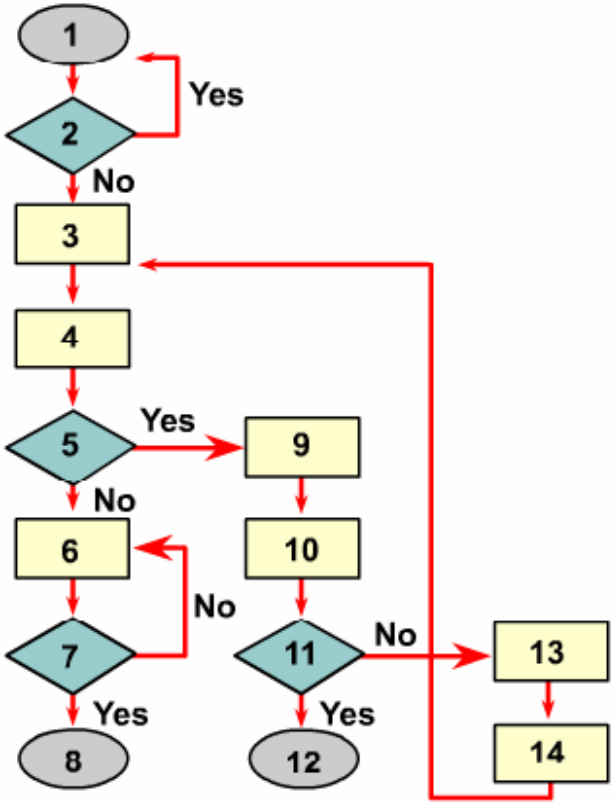
- Svi sistemi koji žele da pošalju okvir se “bore” za medijum – nema garancije kada će sistem dobiti priliku za slanje
- Pojava kolizije
- Tehnike
  - CSMA/CD
- Primene
  - Eternet (half-duplex)

6.2 Najpoznatije LAN tehnologije

- Eternet
  - fizička topologija magistrala/zvezda
  - logička topologija magistrala/zvezda
- Token Ring
  - fizička topologija zvezda
  - logička topologija prsten
- *Fiber Distributed Data Interface (FDDI)*
  - fizička topologija dualni prsten
  - logička topologija prsten

6.2 CSMA/CD algoritam

1. Host wants to transmit
2. Is carrier sensed?
3. Assemble frame
4. Start transmitting
5. Is a collision detected?
6. Keep transmitting
7. Is the transmission done?
8. Transmission completed
9. Broadcast jam signal
10. Attempts = Attempts + 1
11. Attempts > Too many?
12. Too many collisions; abort transmission
13. Algorithm calculates backoff
14. Wait for t microseconds



6.2 *Full-duplex* prenos

- *Full-duplex* prenos u Ethernet mrežama omogućava da stanica prima i šalje okvir istovrememeno
- U *full-duplex* prenosu ne važi CSMA/CD prenos i nema kolizija!
- Podržan na sledećim medijumima:
  - UTP kabl (10BASE-T, 100BASE-TX)
  - optički kabl (100BASE-FX)

6.2 Vremenski problemi u Eternetu

- U delu Eternet mreže gde važi CSMA/CD algoritam *(half-duplex)* postoji maksimalno dozvoljeno kašnjenje jednog do drugog kraja mreže
  - kolizija se mora desiti u prvih 64 okteta (512 bitskih perioda)

6.2 *Slot time*

- Za sve verzije Eterneta se definiše *slot time* tj. minimalno vreme u kome se vrši transmisija:
  - 10 i 100 Mbps: 512 bitskih perioda (51.2 μs odnosno 5.12 μs)
  - 1000 Mbps: 4096 bitskih perioda (4.096 μs)
- *Slot time* je malo duži od maksimalnog r*ound-trip* vremena
- Važi samo za *half-duplex*

6.2 Propagacija

- Približno, za 1 ns signal pređe oko 20 cm UTP kabla (oko 0.5 μs za 100 m):
  - dovoljno za 10/100/1000 (51.2/5.12/4.096 μs)
  - za Gigabit Ethernet morala je biti povećana minimalna transmisija u *half-duplex* modu na 4096 bita
  - za 10-Gigabit Ethernet *half-duplex* nije dozvoljen

6.2 *Interframe spacing*

- Minimalno rastojanje izmežu dva susedna frejma se naziva *interframe spacing*
- Dužine 96 bitskih perioda

6.2 *Backoff*

- Kada uređaj koji šalje frejm detektuje koliziju:
  - prekida sa daljim slanjem i šalje *jam* signal
  - čeka *interframe spacing* period
  - čeka *backoff* period
  - ponovo kreće sa slanjem frejma
- *Backoff* period je multipl *slot time* perioda
- Na svakoj retransmisiji *backoff* period je veći
- Posle 16 neuspelih pokušaja retransmisije uređaj odustaje od daljeg slanja frejma

6.2 Kolizija

- Najveći broj kolizija se desi za vreme *Preamble* polja i o njima se ne izveštava viši sloj
- Po detekciji kolizije šalje se 32-bitni *jam* signal:
  - nije strogo definisano kako izgledaju tih 32 bita; najčešće šalju se naizmenično 0-e i 1-ice
- Frejm koji je prekinut kolizijom se naziva *runt*
  - dužina manja od 64 okteta
  - neispravan FCS

6.2 Tipovi kolizije

- ***Local***
  - kolizija koja se desila na samom medijumu na koji je NIC priključen
- ***Remote***
  - kolizija koja se desila na nekom drugom medijumu i prosleđena je NICu od haba/sviča
- ***Late***
  - kolizija koja se desila posle prvih 64 okteta
  - ne pokušava se ponovno slanje frejma

6.2 Greške pri prenosu Eternet frejma (1)

- ***Collision (runt)***
  - istovremeno slanje frejma od dve stanice u istom *slot time* periodu
- ***Late collision***
  - istovremeno slanje frejma od dve stanice posle *slot time* perioda
- ***Jabber (long frame, range error)***
  - prijem frejma većeg od 1518 okteta
- ***Short frame (collision fragment, runt)***
  - prijem frejma manjeg od 64 okteta

6.2 Greške pri prenosu Eternet frejma (2)

- ***FCS error***
  - prijem frejma sa barem jednim pogrešnim bitom
- ***Alignment error***
  - prijem frejma koji nije završen na granici okteta
- ***Range error***
  - prijem frejma u kome navedena dužina nije jednaka stvarnoj
- ***Ghost (jabber)***
  - prijem preduge *Preamble* ili *Jam* sekvence

6.2 *Auto-negotiation*

- Proces pomoću koga se dve stanice dogovoraju o parametrima linka:
  - brzina (10, 100, 1000)
  - duplex *(half, full)*
- Svaki uređaj oglašava partneru svoje mogućnosti; po dobijanju oglašavanja bira se najveća brzina koju oba uređaja podržavaju

6.2 *Link Pulse (LP)*

- 10BASE-T NIC na svakih 16 ms emituje *Link Pulse*, bez obzira da li prima/šalje frejmove ili ne
- Auto-negotiation proces njega smatra za NLP *(Normal Link Pulse)*, dok se informacije između uređaja razmenjuju putem serija NLP koje se zovu FLP *(Fast Link Pulse)*

6.2 Uspostavljanje *Auto-negotiation* linka

- Određivanje brzine:
  - uređaj pretpostavi 100BASE-TX na linku
  - ako se link uspostavi, ili se dobije FLP zadržava se 100 Mbps
  - ako se dobije samo NLP, smanji se brzina na 10 Mbps
- Određivanje *duplex-a*:
  - ako se dobije FLP, odredi se zajednički maks. *duplex*
  - ako se FLP ne dobije (drugi uređaj ne podržava Auto-negotiation, ili ima konfigurisan fiksan *duplex*), pretpostavlja se *half-duplex*

Sadržaj poglavlja

- 7.1 *10-Mbps i 100-Mbps Ethernet*
- 7.2 *Gigabit and 10-Gigabit Ethernet*

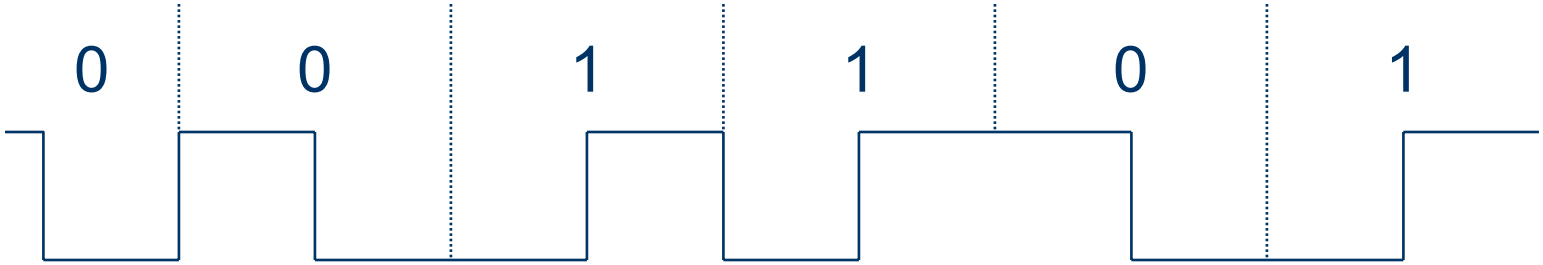
7.1 *Legacy Ethernet (1)*

- 10 Mbps Eternet tehnologija
- Definisan u standardu 802.3
- Tri specifikacije na fizičkom nivou:
  - 10BASE5
  - 10BASE2
  - 10BASE-T
- *Manchester* kodovanje

7.1 *Legacy Ethernet (2)*

Parameter	Value
Bit Time	100 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

7.1 Mančester kodovanje



"0" se predstavlja tranzicijom $V_1 \rightarrow V_2$

"1" se predstavlja tranzicijom $V_2 \rightarrow V_1$

7.1 SQE signal

- Signal koji se šalje na medijum:
  - 4 do 8 ms posle uspešnog slanja frejma
  - kada se detektuje kolizija, *jabber* ili refleksija
  - kada se slanje prekine
- SQE signal se obavezno koristi u *half-duplex* Eternetu, može i u *full-duplex*

5.5 Pravilo pravilo “5-4-3-2-1”

- U svakoj putanji **jednog** kolizionog domena na Eternetu je dozvoljeno
  - **četiri** ripitera (koji dele putanju na **pet** segmenata)
  - **tri** segmenta sa uređajima
  - **dva** segmenta bez uređaja

7.1 10BASE5

- Prva fizička specifikacija (1980)
- Koristi koaksijalne kablove
  - maksimalna dužina segmenta je 500 m
- Isključivo *half-duplex*
- Nekadašnje prednosti 10BASE5 tehnologije:
  - cena
  - ne zahteva konfiguraciju

7.1 10BASE2

- Nastala 1985. godine
- Koristi koaksijalne kablove
  - maksimalna dužina segmenta je 185 m
  - maksimalno 30 stanica na segmentu
  - minimalno rastojanje između dva priključka na kabl je 50 cm
- Isključivo *half-duplex*
- Prednosti u odnosu na 10BASE5 tehnologiju:
  - lakša instalacija
  - niža cena
  - kabl manje težine i veće fleksibilnosti

7.1 10BASE-T

- Nastala 1990. godine
- *half-duplex (10 Mbps)* i *full-duplex (20 Mbps)*
- Koristi UTP kablove (kategorija 3 i veća)
  - maksimalna dužina segmenta je 100 m
  - maksimalno dve stanice na segmentu
  - koriste se samo dve parice iz UTP kabla (1-2 za predaju, 3-6 za prijem)
- Fizička topologija (proširene) zvezde

7.1 *Fast Ethernet (1)*

- 100 Mbps Eternet tehnologija
- Definisan u standardu 802.3u
- Najpoznatije specifikacije na fizičkom nivou:
  - 100BASE-TX
  - 100BASE-FX
- Dvostruko kodovanje:
  - prvo kodovanje je 4B/5B
  - drugo kodovanje (linijsko kodovanje) zavisi od tipa medijuma

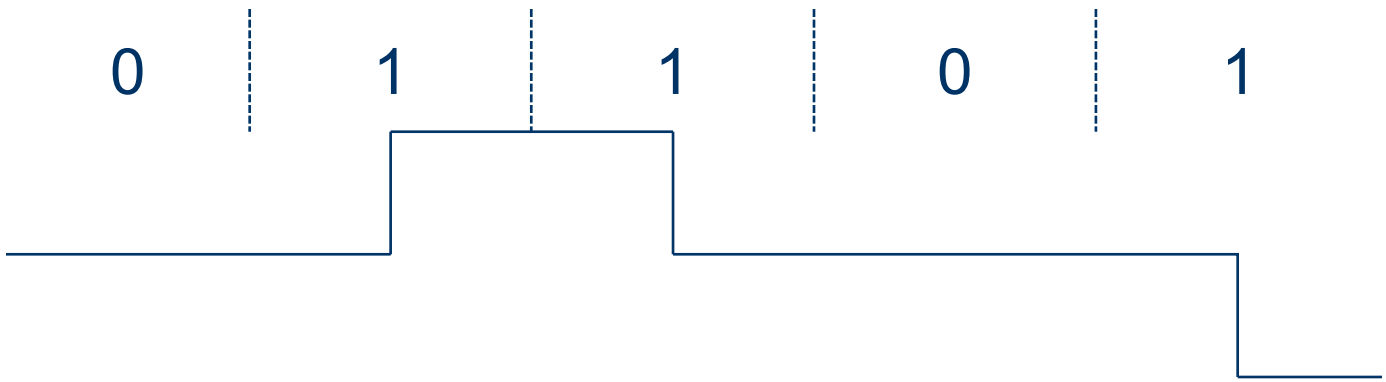
7.1 *Fast Ethernet (2)*

Parameter	Value
Bit Time	10 nsec
Slot Time	512 bit times
Interframe Spacing	96 bits
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)

7.1 100BASE-TX

- Nastala 1995. godine
- *half-duplex (100 Mbps)* i *full-duplex* (od 1997. godine, 200 Mbps)
- Koristi UTP kablove (kategorija 5e i veća)
  - parametri isti kao kod 10BASE-T
- Linijsko kodovanje je MLT-3

7.1 MLT-3 kodovanje



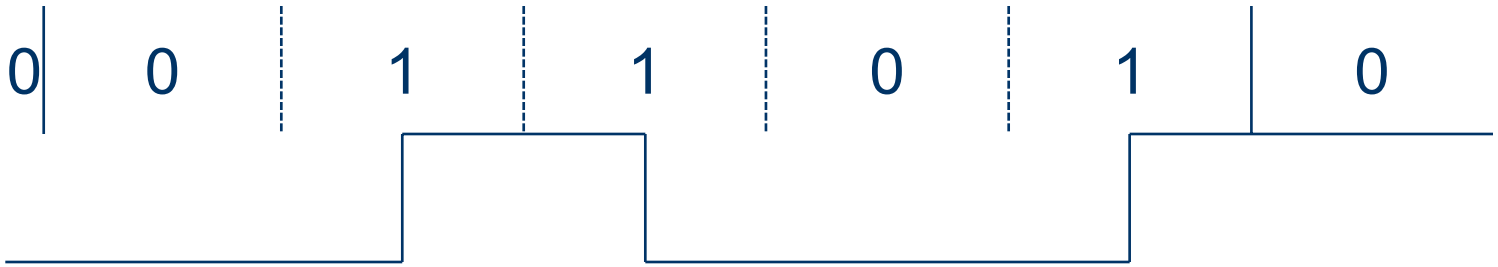
“0” se predstavlja bez tranzicije

“1” se predstavlja sa tranzicijom

7.1 100BASE-FX

- Koristi multimodne optičke kablove
- *half-duplex* i *full-duplex*
- Linijsko kodovanje je NRZI

7.1 NRZI kodovanje



“0” se predstavlja bez tranzicije

“1” se predstavlja sa tranzicijom

4.1 Fast Ethernet *half-duplex* ograničenja

Architecture	100BASE-TX	100BASE-FX	100BASE-TX and FX
Station to Station, Station to Switch, Switch to Switch (half or full duplex)	100 m	412 m	N/A
One Class I Repeater (half duplex)	200 m	272 m	100 m (TX) 160.8 m (FX)
One Class II Repeater (half duplex)	200 m	320 m	100 m (TX) 208 m (FX)
Two Class II Repeaters (half duplex)	205 m	228 m	105 m (TX) 211.2 m (FX)

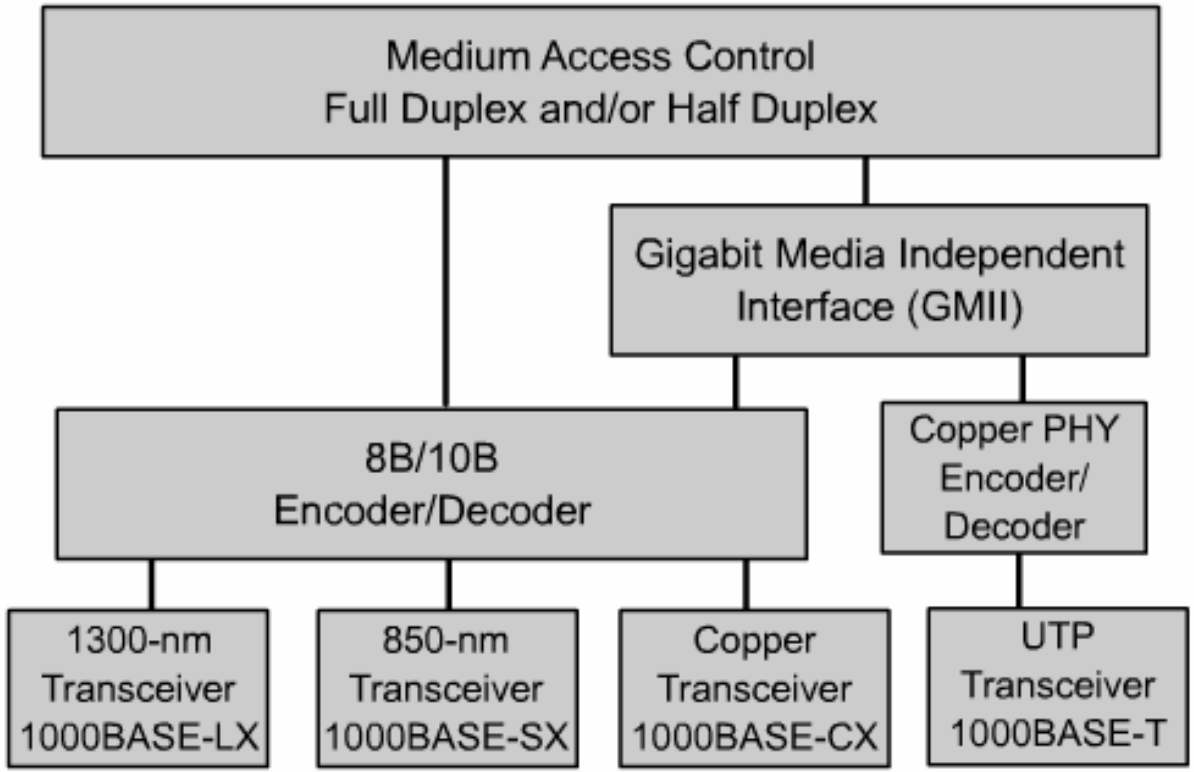
7.2 *Gigabit Ethernet (1)*

- 1 Gbps (1000 Mbps) Eternet tehnologija
- Specifikacije na fizičkom nivou:
  - 1000BASE-CX
  - 1000BASE-T
  - 1000BASE-SX
  - 1000BASE-LX
  - 1000BASE-ZX
- Kodovanje se razliku je optičke i UTP specifikacije

7.2 Gigabit Ethernet (2)

Parameter	Value
Bit Time	1 nsec
Slot Time	4096 bit times
Interframe Spacing	96 bits *
Collision Attempt Limit	16
Collision Backoff Limit	10
Collision Jam Size	32 bits
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	65,536 bits

7.2 Kodovanja u Gigabit Ethernet tehnologiji



7.2 1000BASE-T

- Definisan u standardu 802.3ab
- *half-duplex (1 Gbps)* i *full-duplex (2 Gbps)*
- Koristi UTP kablove (kategorija 5e i veća)
  - maksimalna dužina segmenta je 100 m
  - koriste se sve četiri parice iz UTP kabla
- 4D-PAM5 kodovanje:
  - koriste se *echo cancellation* i Layer 1 Forward Error Correction (FEC) tehnike
  - 9 naponskih nivoa kada linija miruje; 17 naponskih nivoa pri slanju frejma

7.2 1000BASE-X

- Definisani u standardu 802.3z
- *half-duplex* i *full-duplex*
- Dvostruko kodovanje:
  - 8B/10B
  - NRZ

7.2 1000BASE-LX

- Koristi multimodne i monomodne kablove
- Talasna dužina 1310 nm

Medium	Modal Bandwidth	Maximum Distance
62.5μm Multimode Fiber	500	550 m
50μm Multimode Fiber	400	550 m
50μm Multimode Fiber	500	550 m
10μm Fiber	N/A	5000 m

7.2 1000BASE-SX

- Koristi multimodne kablove
- Talasna dužina 850 nm

Medium	Modal Bandwidth	Maximum Distance
62.5μm Multimode Fiber	160	220 m
62.5μm Multimode Fiber	200	275 m
50μm Multimode Fiber	400	500 m
50μm Multimode Fiber	500	500 m

7.2 10-Gigabit Ethernet (1)

- 10 Gbps (10.000 Mbps) Eternet tehnologija
- Definisan u standardu 802.3ae (jun 2002)
- Specifikacije na fizičkom nivou:
  - 10GBASE-SR
  - 10GBASE-LX4
  - 10GBASE-LR i 10GBASE-ER
  - 10GBASE-SW, 10GBASE-LW i 10GBASE-EW
- Sve specifikacije koriste isključivo optičke kablove
- Samo *full-duplex*

7.2 10-Gigabit Ethernet (2)

Parameter	Value
Bit Time	0.1 nsec
Slot Time	not applicable *
Interframe Spacing	96 bits *8
Collision Attempt Limit	not applicable *
Collision Backoff Limit	not applicable *
Collision Jam Size	not applicable *
Maximum Untagged Frame Size	1518 octets
Minimum Frame Size	512 bits (64 octets)
Burst Limit	not applicable *
Interframe Spacing Stretch Ratio	104 bits ***

* 10-Gbps Ethernet does not permit half duplex operation, so parameters related to slot timing and collision handling do not apply.
** The value listed is the official interframe spacing.
*** The Interframe Spacing Stretch Ratio applies exclusively to 10GBASE-W definitions.

7.2 10-Gigabit Ethernet – fizičke specifikacije (1)

- 10GBASE-SR
  - multimodna vlakna (do 82 m)
- 10GBASE-LX4
  - koristi *Wavelength Division Multiplexing* (WDM)
  - multimodna vlakna (do 300 m)
  - monomodna vlakna (do 10 km)

7.2 10-Gigabit Ethernet – fizičke specifikacije (2)

- 10GBASE-LR i 10GBASE-ER
  - monomodna vlakna (do 10 odnosno 40 km)
- 10GBASE-SW, 10GBASE-LW i 10GBASE-EW
  - namenjene za prenos preko OC-192 SONET/SDH tehnologije

7.2 10-Gigabit Ethernet – fizičke specifikacije (3)

Implementation	Wavelength	Medium	Minimum Modal Bandwidth	Operating Distance
10GBASE-LX4	1310 nm	62.5μm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50μm MMF	400 MHz/km	2 - 240 m
10GBASE-LX4	1310 nm	50μm MMF	500 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-LX4	1310 nm	10μm MMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-S	850 nm	62.5μm MMF	160 MHz/km	2 - 26 m
10GBASE-S	850 nm	62.5μm MMF	200 MHz/km	2 - 33 m
10GBASE-S	850 nm	50μm MMF	400 MHz/km	2 - 66 m
10GBASE-S	850 nm	50μm MMF	500 MHz/km	2 - 82 m
10GBASE-S	850 nm	50μm MMF	2000 MHz/km	2 - 300 m
10GBASE-L	1310 nm	10μm SMF	N/A	2 - 10 km
10GBASE-E	1550 nm	10μm SMF	N/A	2 - 30 km*

7.2 Perspektive Eterneta

- Sledeći standard – 40, 100, 160 Gbps?
- Budućnost medijuma:
  - UTP → sada 1 Gbps, možda i više
  - *wireless* → približava se 100 Mbps, mozda i više
  - optika → sada 10 Gbps, sigurno i više
    - jedine limitacije su tehnologija konstrukcije predajnika, prijemnika i kablova

Sadržaj poglavlja

- 8.1 Eternet svičing
- 8.2 Kolizioni i *broadcast* domeni

8.1 *Shared* Ethernet

- *Shared* Ethernet označava LAN mrežu implementiranu pomoću uređaja i/ili deljenog medijuma koji zahtevaju CSMA/CD prenos
- Veći broj uređaja → veći broj kolizija → manje performanse
- Rešenja:
  - Layer 2 bridžing
  - Layer 2 svičing

8.1 *Layer* 2 bridžing

- Layer 2 uređaj sa dva porta:
  - deli kolizioni domen na dva dela
  - oba dela pripadaju istom *broadcast* domenu
- Realizovan u softveru

8.1 *Layer* 2 svičing

- Layer 2 uređaj sa desetinama portova
- U osnovi funkcioniše kao multiportni bridž:
  - deli kolizioni domen na više delova, tj. iza svakog porta je poseban kolizioni domen (mikrosegment)
  - svi delovi pripadaju istom *broadcast* domenu
- Realizovan u hardveru (ASIC)

8.1 Kašnjenje u Ethernet mreži

- Vreme od početka slanja okvira izvorišne stanice od početka prijema na odredišnoj stanici
- Razlozi kašnjenja:
  - propagacija signala kroz medijum
  - kašenjenje u hardveru
  - kašnjenje u softveru
  - kašnjenje u metodima svičinga

8.1 Metodi svičinga

- Metodi svičinga definišu kako svič prenosi okvire sa izvorišnog na odredišni port
- Tri metoda:
  - *store-and-forward*
  - *cut-through*
  - *fragment-free*

8.1 *Store-and-forward* svičing

- Svič primi ceo okvir, smesti ga u bafer i onda ga prosledi na izlazni port
- Karakteristike
  - veće kašnjenje od ostalih metoda
  - CRC okvira se proverava u sviču i ne prosleđuje se ako nije ispravan

8.1 *Cut-through* svičing

- Svič primi okvir do polja *destination address*, odredi izlazni port i prosleđuje ga na izlazni port uporedo sa prijemom okvira
- Karakteristike
  - najmanje kašnjenje od ostalih metoda
  - CRC okvira se ne proverava u sviču, tako da se prosleđuju i okviri sa neispravnim CRC-om

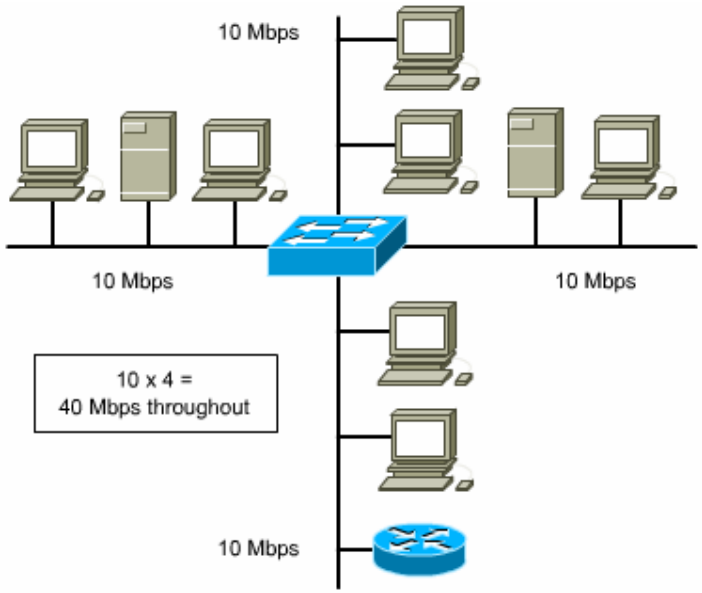
8.1 F*ragment-free* svičing

- Svič primi prvih 64 bajta okvira, odredi izlazni port i prosleđuje ga na izlazni port uporedo sa prijemom okvira
- Karakteristike
  - nešto veće kašnjenje od *cut-through* ali značajno manje od *store-and-forward* ostalih metoda
  - CRC okvira se se proverava u sviču, ali se izbegavaju greške koje se dešavaju u prvih 64 bajtova (npr. kolizija)

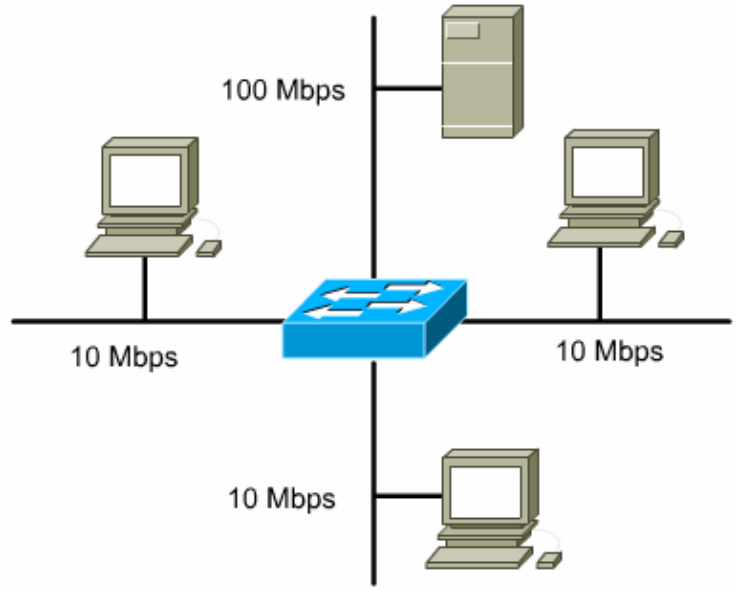
8.1 Simetrični i asimetrični svičing (1)

- Karakterizacija uređaja prema propusnim opsezima na portovima
- Svi portovi sviča sa simetričnim svičingom imaju isti propusni opseg (10 Mbps ili 100 Mbps)
- Svič sa asimetričnim svičingom sadrži portove sa različitim propusnom opsezima

8.1 Simetrični i asimetrični svičing (2)



Simetrični svičing



Asimetrični svičing

8.1 *Spanning-tree (1)*

- Da bi mreža Etnernet bridževa i svičeva funkcionisala, topologija prosleđivanja okvira mora biti aciklična (bez petlji), tj. u obliku stabla – *spanning tree*
- *Spanning-tree* se dobija od postojeće mreže bridževa/svičeva, tako što se deaktiviraju linkovi koji prave petlje

8.1 *Spanning-tree (2)*

- Čvorovi su bridževi i svičevi
- Grane su linkovi koji ih povezuju
- Uređaj na vrhu stabla se naziva *root* bridž

8.1 *Spanning-tree* protokol

- *Spanning-tree* se određuje putem *spanning-tree* protokola (STP)
- Standard IEEE 802.1D
- Svičevi i bridževi međusobno komuniciraju putem BPDU (*Bridge* PDU) okvira
- Tri koraka u *spanning-tree* algoritmu (STA):
  - određivanje *root* bridža
  - određivanje *root* portova
  - određivanje *designated* porotva

8.1 Izbor *root* bridža

- *Root* bridž se bira na osnovu
  - prioriteta
  - MAC adrese
- Root bridž je bridž/svič sa najmanjim konfigurisanim prioritetom
- Ako više bridževa/svičeva ima isti konfigurisani prioritet root bridže postaje onaj sa najmanjom MAC adresom

8.1 STP stanja portova (1)

- *Blocking*
  - ne prosleđuju se okviri, primaju se BPDU-ovi
- *Listening*
  - ne prosleđuju se okviri, primaju se BPDU-ovi
- *Learning*
  - ne prosleđuju se okviri, uče se MAC adrese
- *Forwarding*
  - prosleđuju se okviri, uče se MAC adrese
- *Disabled*
  - *spanning-tree* administrativno isključen

8.1 STP stanja portova (2)

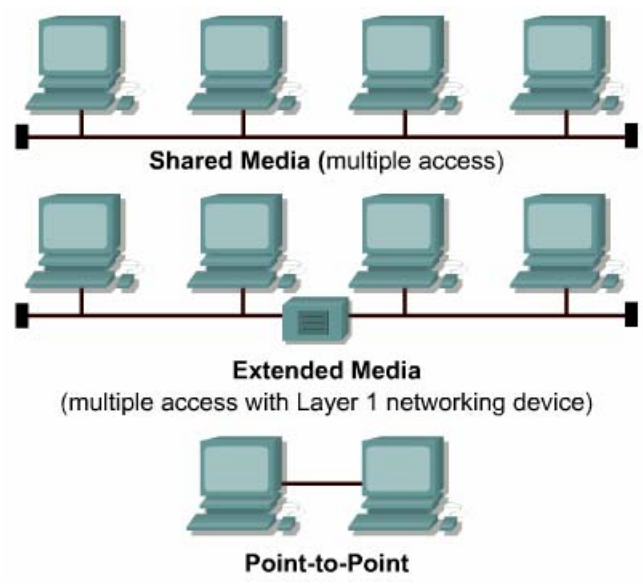
- Određivanje *spanning-tree* traje oko 30 sekundi
  - od *blocking* stanja do *forwarding* stanja porta (kada je port upotrebljiv) prolazi oko 30 sekundi
- Portovi koji nisu povezani na druge bridževe/svičeve ne moraju da prolaze kroz sva ova stanja, već mogu odmah da pređu u *forwading* stanje – ***Port Fast*** mod

8.2 Kolizioni domen

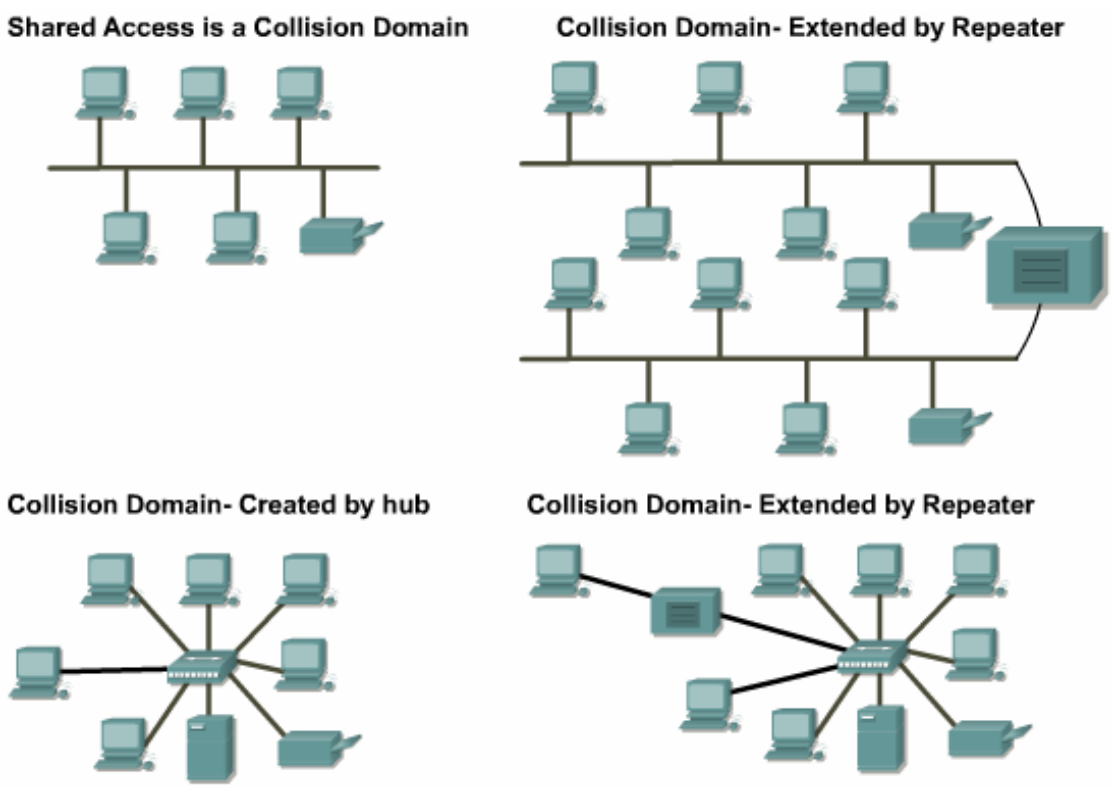
- Kolizioni domen je deo LAN mreže na kome se može desiti kolizija istovremenim slanjem okvira dve stanice
- Mrežni uređaji proširuju ili dele kolizioni domen:
  - Layer 1 uređaji proširuju
  - Layer 2 i Layer 3 uređaji dele

8.2 Topologije kolizionih domena

- Deljeni medijum
- Prošireni deljeni medijum
- *Point-to-point* veza



8.2 Primeri kolizionih domena



8.2 *Broadcast* domen

- *Broadcast* domen je deo LAN mreže na kome se svim stanicama prosleđuje okvira sa odredišnom *broadcast* adresom
- Mrežni uređaji proširuju ili dele *broadcast* domen:
  - Layer 1 i Layer 2 uređaji proširuju
  - Layer 3 uređaji dele

8.2 *Broadcast* okvir

- Broadcast okvir se šalje u sledećim tipičnim slučajevima:
  - kada stanica ima potrebu da pošalje okvir svim drugim stanicama (npr. oglašavanje protokola rutiranja, oglašavanje servisa)
  - kada stanica traži neku informaciju ali ne zna stanicu koja nju poseduje (npr. ARP, DHCP)
- U velikoj većini slučajeva, *broadcast* okviri koje stanica primi nisu njoj namenjeni, i prkatično samo troše njene resurse!

8.2 Uticaj *broadcast* okvira na performanse radne stanice

- ARP
  - tipično 0.007 ARP zahteva u sekundi po stanici (za 2000 stanica → 14 ARP zahteva u sekundi)
- RIP
  - npr. 10 rutera koji šalju RIP oglašavanja od 50 paketa na svakih 30 sekundi → 16 paketa u sekundi

Number of Hosts	Average Percentage of CPU Loss per Host
100	.14
1000	.96
10000	9.15

8.2 Segment

1. Deo mreže ograničen bridževima, svičevima i ruterima
2. U LAN mreži sa topologijom magistrale segment je deljeni medijum koji se može spajati sa drugim segmentima pomoću ripitera
3. PDU transportnog sloja OSI modela

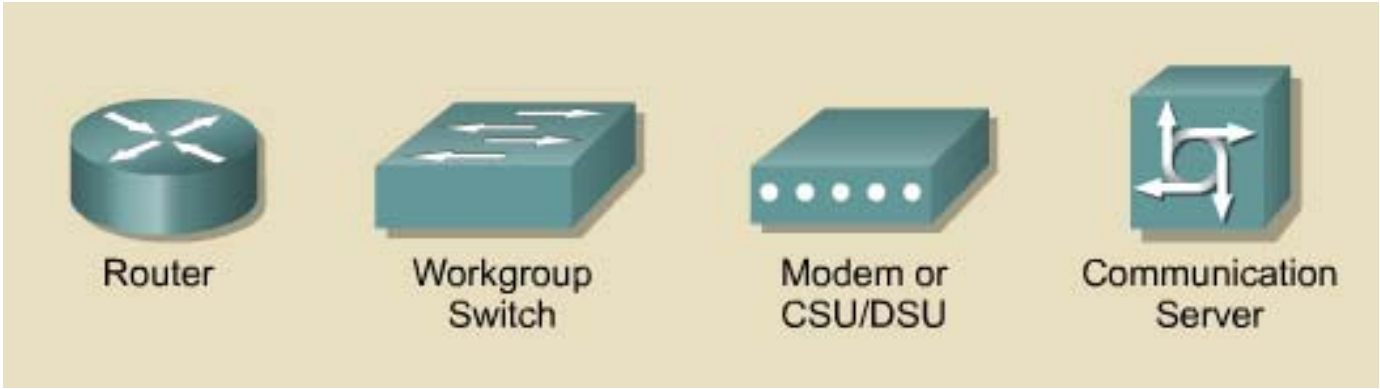
Sadržaj poglavlja

- 1.1 WAN mreže
- 1.2 Ruteri

1.1 WAN mreža

- Glavne karakteristike:
  - povezuje geografski udaljene LAN mreže
  - koriste se usluge servis provajdera
  - koriste se serijski linkovi različitih propusnih opsega
- Obuhvata OSI slojeve 1 i 2

1.1 WAN uređaji (1)



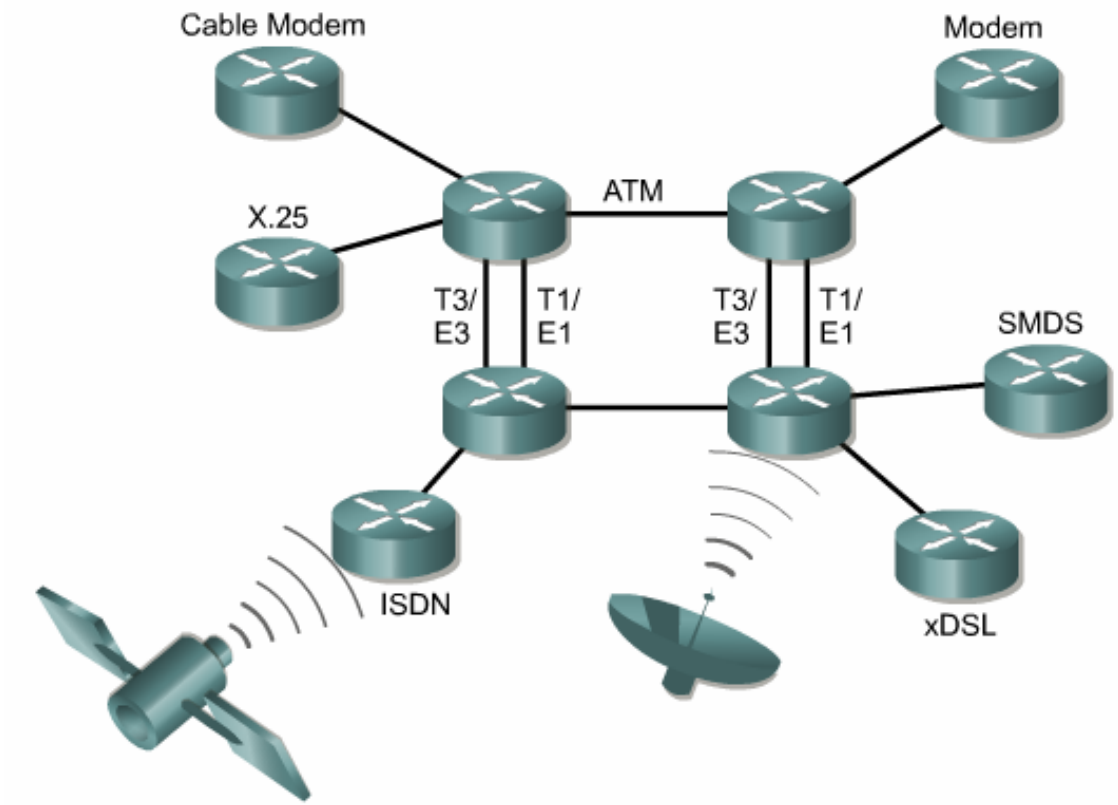
1.1 WAN uređaji (2)

- Ruter
- WAN svič
- Modem
  - modem za vezu preko telefonske linije
  - CSU/DSU za terminaciju digitalne veze
  - NT1 za terminaciju ISDN linije
- Komunikacioni server
  - koncentriše ulazne modemske linije

1.1 WAN standardi

- WAN standardi uobičajeno definišu protokole i fizičkog i sloja veze
- Organizacije vezane za WAN standarde:
  - *International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)*, bivši *Consultative Committee for International Telegraph and Telephone (CCITT)*
  - *International Organization for Standardization (ISO)*
  - *Internet Engineering Task Force (IETF)*
  - *Electronic Industries Association (EIA)*

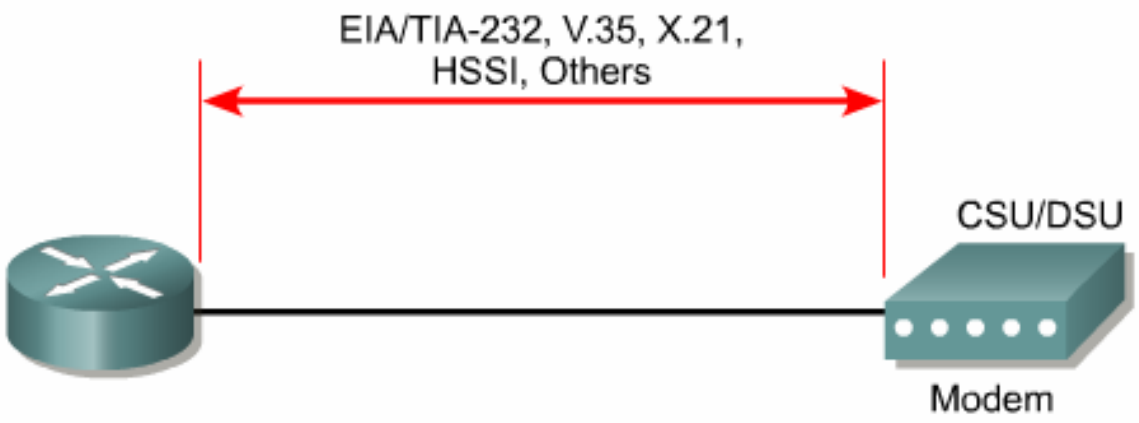
1.1 Ruter u WAN mreži



1.1 WAN standardi – OSI fizički sloj (1)

- Protokoli fizičkog nivoa definišu električne, mehaničke, operacione i funkcionalne konekcije za WAN servise
- Opisuju interfejs između
  - uređaja na strani korisnika *(Data Terminating Equipment – DTE)*
  - uređaja na strani servis provajdera *(Data Circuit-terminating Equipment – DCE)*

1.1 WAN standardi – OSI fizički sloj (2)



DTE	DCE
Data Terminal Equipment User device with interface connecting to the WAN link	**Data-Circuit Terminating Equipment** End of the WAN provider's side of the communication facility

1.1 WAN standardi – OSI fizički sloj (3)

- EIA/TIA-232
- EIA/TIA-449
- V.24
- V.35
- X.21
- G.703
- EIA-530

1.1 WAN standardi – OSI sloj veze (1)

- Protokoli sloja veze opisuju prenos okvira preko jednog linka WAN mreže
- WAN servisi prema mogućnosti prenosa okvira:
  - *point-to-point*
  - *multipoint*

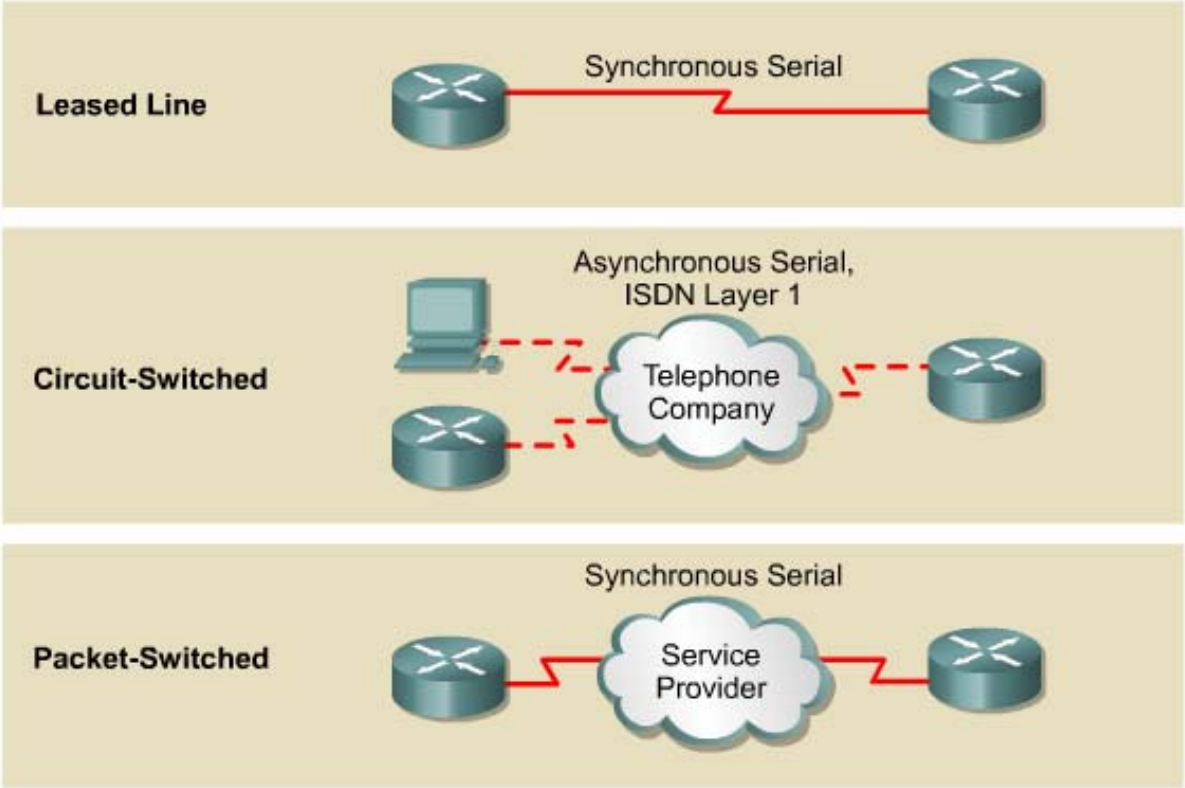
1.1 WAN standardi – OSI sloj veze (2)

- High-Level Data Link Control (HDLC)
- Frame Relay
- Point-to-Point Protocol (PPP)
- Simple Data Link Control Protocol (SDLC)
- Serial Line Interface Protocol (SLIP)

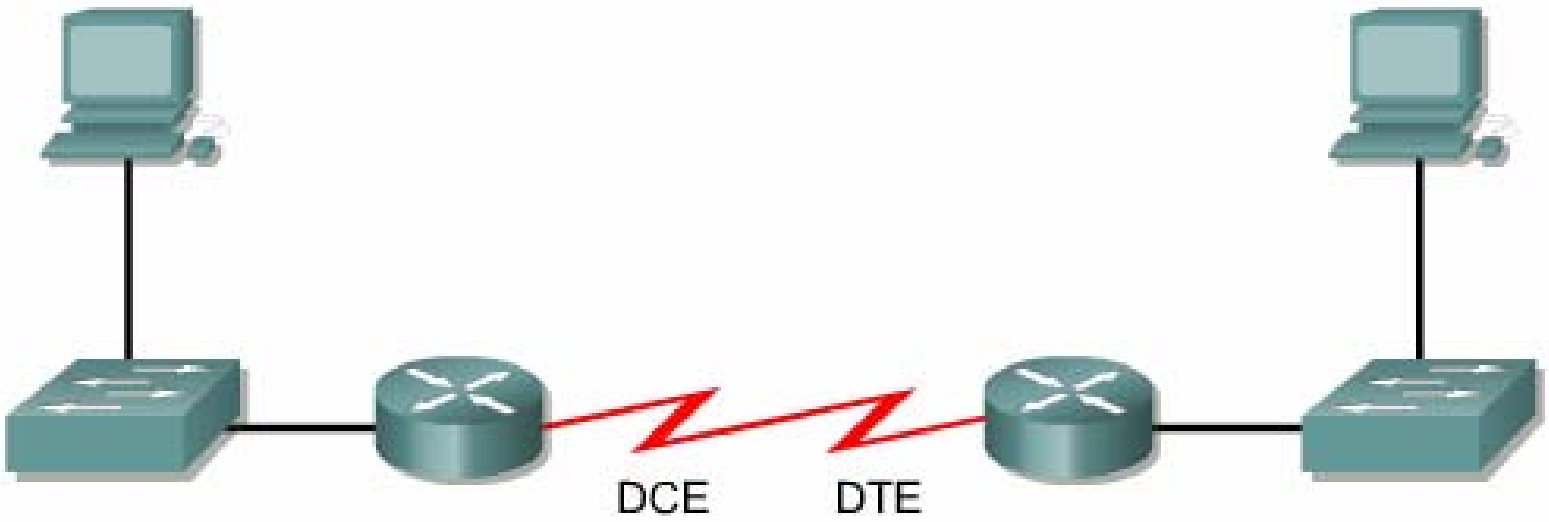
1.1 WAN standardi – OSI sloj veze (3)

- X.25
- Asynchronous Transfer Mode (ATM)
- Link Access Procedure Balanced (LAPB)
- Link Access Procedure D-channel (LAPD)
- Link Access Procedure Frame (LAPF)

1.1 Tipovi WAN servisa



1.1 Simulacija WAN linka serijskim kablom



1.2 Arhitektura rutera

- Ruter je specijalno dizajnirani računar sa specijalno dizajniranim operativnim sistemom
  - IOS kod Cisco rutera

1.2 Komponente rutera (1)

- Procesor *(Central Processing Unit – CPU)*
  - izvršava instrukcije koda operativnog sistema
  - veći ruteri mogu imati više procesora
- RAM memorija
  - deli se na procesorski deo (tabela rutiranja, ARP tabela itd.) i deljeni I/O deo (primljeni paketi)
  - gubi svoj sadržaj pri nestanku napajanja

1.2 Komponente rutera (2)

- Fleš memorija
  - čuva mikrokod operativnog sistema *(image)*
  - ne gubi sadržaj bez napajanja
  - dolazi u vidu SIMM ili PCMCIA modula
- NVRAM memorija
  - čuva inicijalnu *(startup)* konfiguraciju
  - ne gubi sadržaj bez napajanja

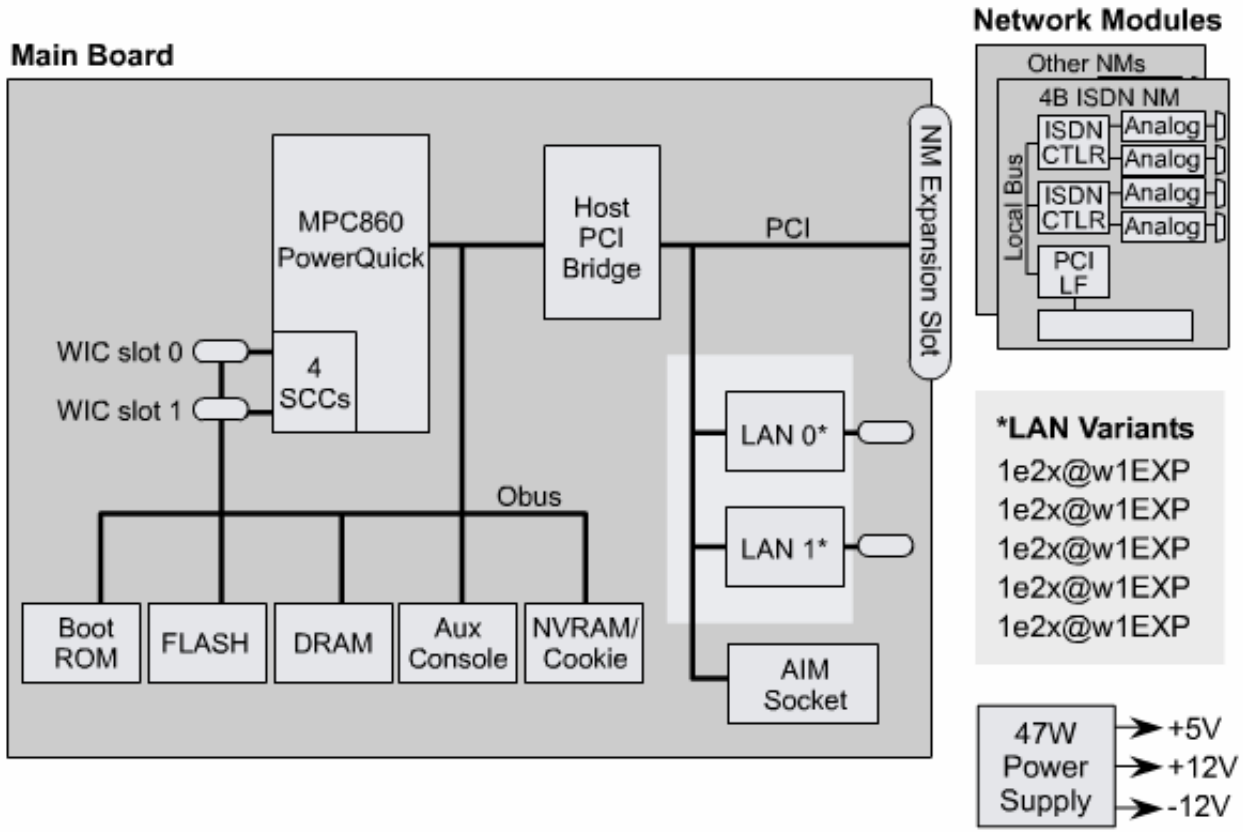
1.2 Komponente rutera (3)

- Magistrale
  - CPU magistrala prenosi podatke između procesora i memorija
  - sistemska magistrala prenosi pakete između interfejsa i procesora
- ROM memorija
  - čuva program koji obavlja inicijalnu dijagnostiku i učitava operativni sistem *(bootstrap)*
  - u nekim ruterima postoji i mini operativni sistem

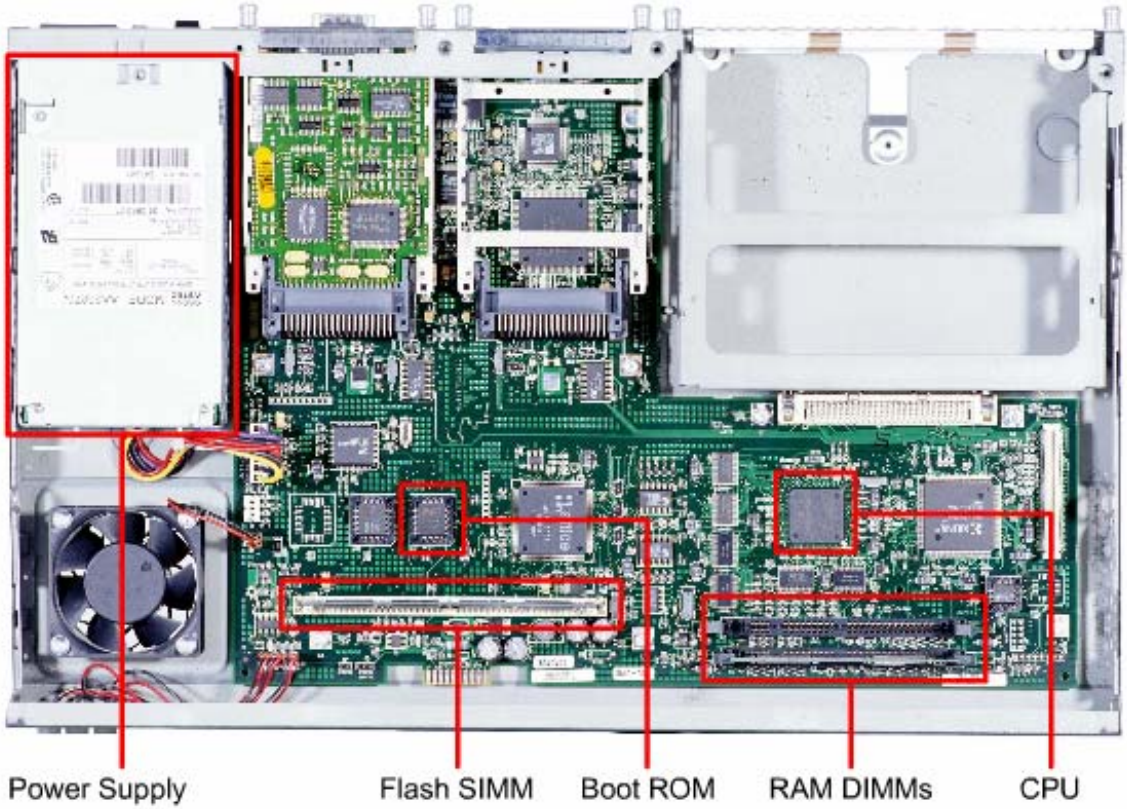
1.2 Komponente rutera (4)

- Interfejsi
  - LAN, WAN i Konzola/AUX
  - LAN i WAN interfejsi služe za prenos paketa i mogu biti fiksni ili modularni
  - Konzolni/AUX interfejsi su fiksni i služe za konfiguraciju rutera
- Napajanje
  - može biti AC ili DC
  - veći ruteri mogu imati višestruko napajanje

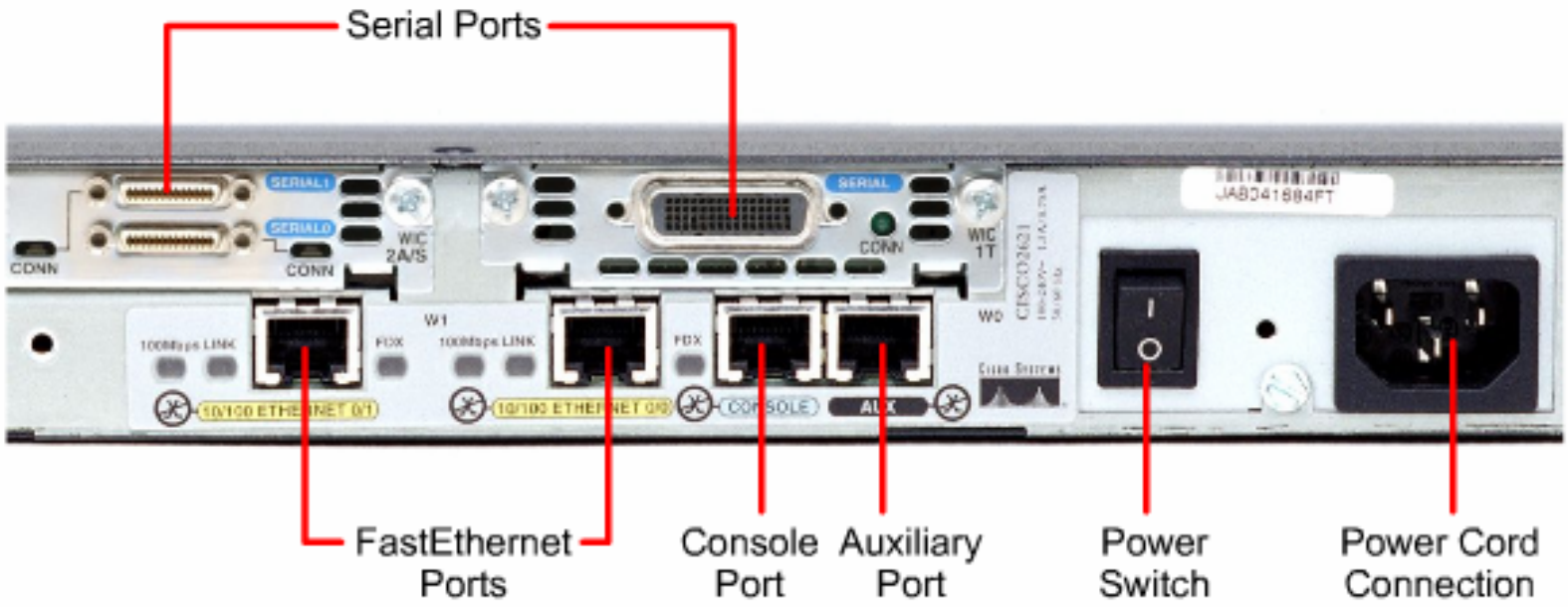
1.2 Arhitektura Cisco 2600 rutera



1.2 Interne komponente Cisco 2600 rutera



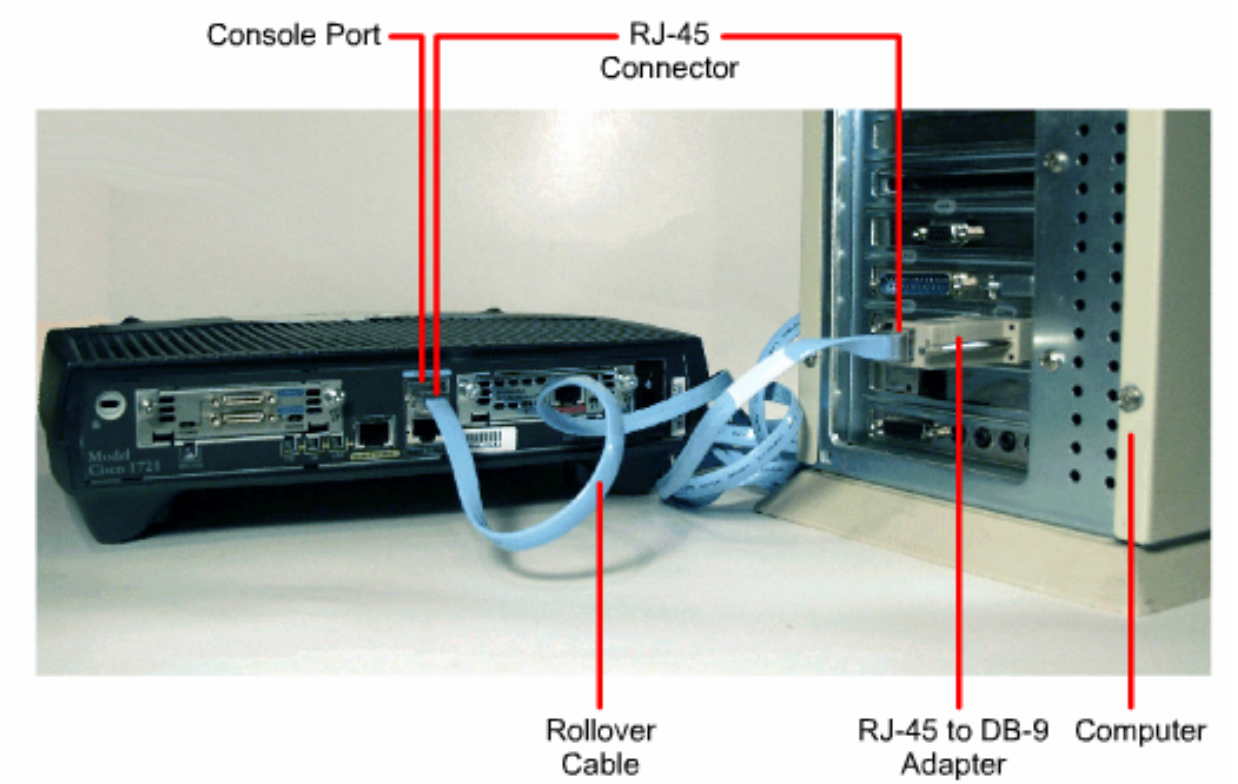
1.2 Eksterni interfejsi Cisco 2600 rutera



1.2 Konzolni port (1)

- Asinhroni port koji služi za konfiguraciju rutera putem ASCII terminala i PC računara sa softverom za emulaciju terminala (npr. HyperTerminal)
- Na Cisco ruterima dolazi u obliku RJ-45 utičnice ili 25-pinskog RS-232 porta
- PC računar se povezuje na konzolni port pomoću UTP *rollover* kabla i odgovarajućeg nastavka

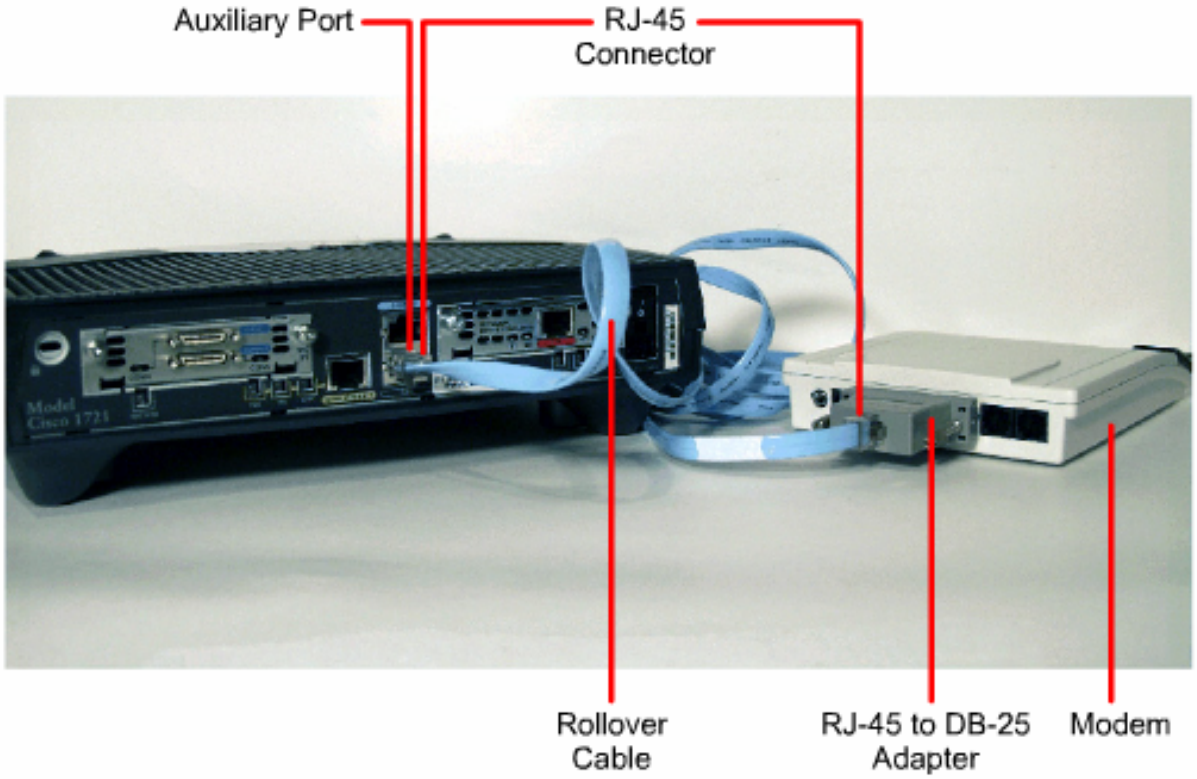
1.2 Konzolni port (2)



1.2 AUX port (1)

- Asinhroni port koji služi za udaljenu konfiguraciju rutera premo modema i telefonske mreže
- Modem se povezuje na konzolni port pomoću UTP *rollover* kabla i odgovarajućeg nastavka
- Nema sve mogućnosti konzolnog porta (podrazumevano prikazivanje dijagnostičkih poruka, *password recovery* itd.)

1.2 AUX port (2)


Auxiliary Port
RJ-45
Connector
Rollover
Cable
RJ-45 to DB-25
Adapter
Modem

1.2 LAN interfejsi

- LAN interfejsi dolaze u obliku RJ-45 utičnica i povezuju se *straight-through* UTP kablom na svič/hab
- PAŽNJA: puno tipova interfejsa na ruteru ima ulaz kao RJ-45 utičnica – ne mešati!

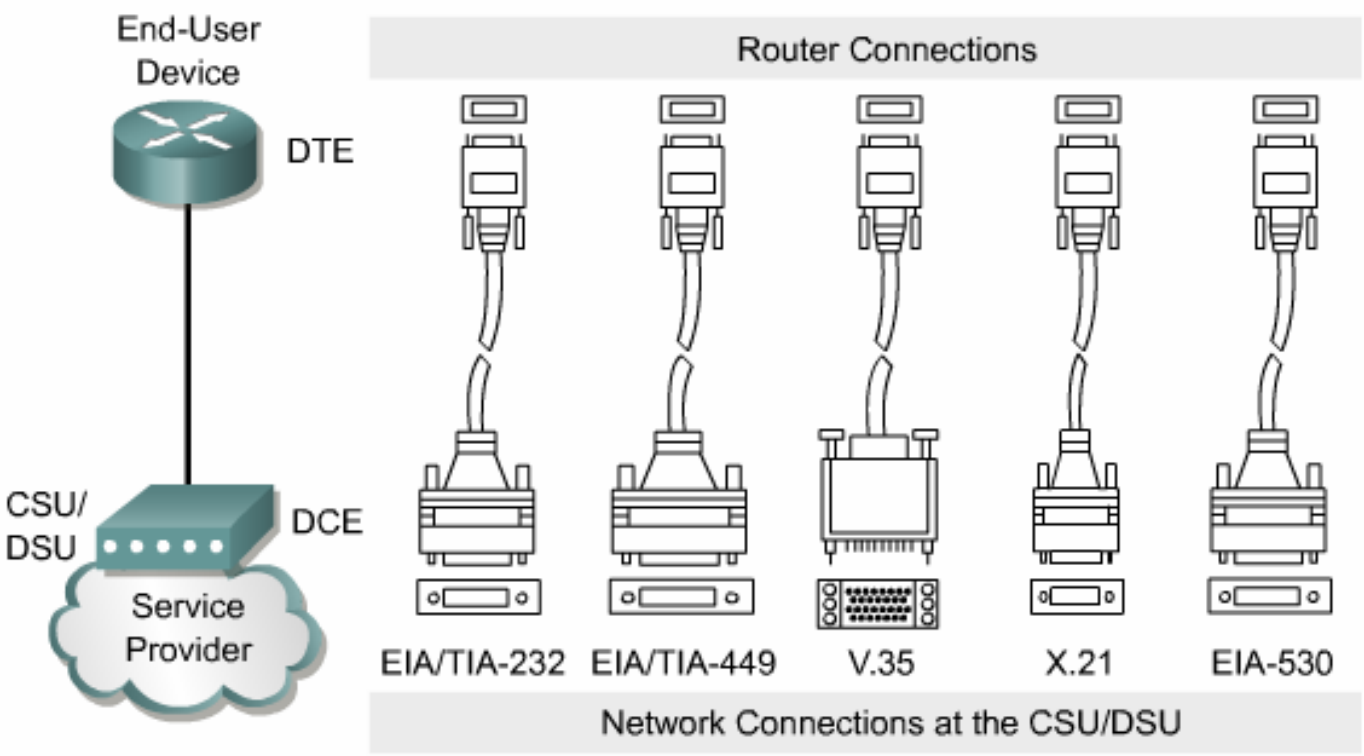
1.2 Interfejsi rutera u obliku RJ-45 utičnice

Port or Connection	Port Type	Color	Connected To	Cable
Ethernet	RJ-45	yellow	Ethernet hub or Ethernet switch	Straight-through
T1/E1 WAN	RJ-48C/ CA81A	light green	T1 or E1 network	RJ-48 T1
Console	8 pin	light blue	Computer com port	Rollover
AUX	8 pin	black	Modem	Rollover
BRI S/T	RJ-48C/ CA81A	orange	NT1 device or private integrated network exchange (PINX)	RJ-48
BRI U WAN	RJ-49C/ CA11A	orange	ISDN network	RJ-49
Token	UTP, STP	purple	Token Ring device	RJ-45 Token Ring cable

1.2 WAN interfejsi

- Najčešći oblik WAN interfejsa je u obliku serijskog porta na koga se povezuje DCE
- Serijski port na ruteru je DB-60 ili Smart Serial tipa
  - za povezivanje na DCE se uzima kabl sa odgovarajućim konekotrom na drugom kraju (X.21, V.35 itd.)

1.2 Kablovi za povezivanje serijskih interfejsa



Sadržaj poglavlja

- 10.1 TCP operacija
- 10.2 Pregled portova transportnog sloja

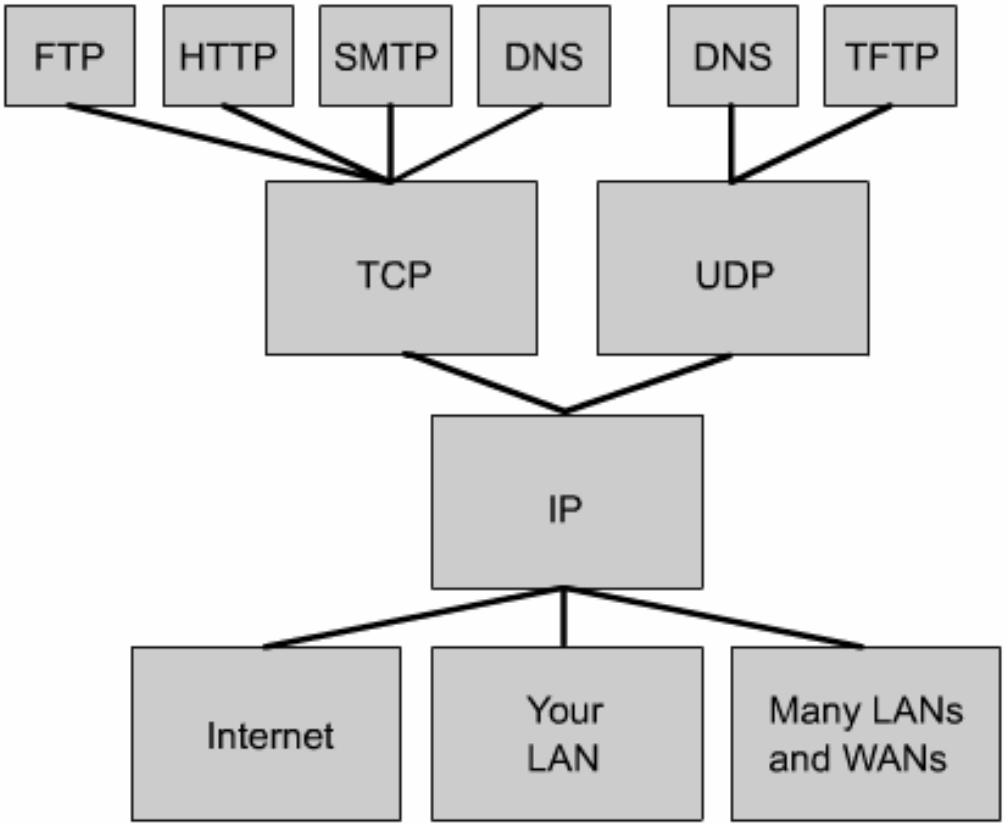
10.1 Transportni sloj

- Omogućava pozudan prenos informacija sa kontrolom toka između procesa
- TCP/IP protokoli transportnog nivoa:
  - Tranmission Control Protocol (TCP)
  - User Datagram Protocol (UDP)

10.1 TCP i UDP (1)

- TCP je *connection-oriented* protokol koji omogućava pouzdani prenos nestruktuiranog toka podataka između dva procesa sa kontrolom toka
- UDP je *connectionless* protokol koji omogućava prenos podataka između dva procesa bez obezbeđivanja pouzdanosti i kontrole toka

10.1 TCP i UDP (2)



10.1 Format TCP segmenta

<table>
<tr><td colspan="2">SOURCE PORT</td><td colspan="2">DESTINATION PORT</td></tr>
<tr><td colspan="4">SEQUENCE NUMBER</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACKNOWLEDGEMENT NUMBER</td></tr>
<tr><td>HLEN</td><td>CODE BITS</td><td colspan="2">WINDOW</td></tr>
<tr><td colspan="2">CHECKSUM</td><td colspan="2">URGENT POINTER</td></tr>
<tr><td colspan="3">OPTIONS (IF ANY)</td><td>PADDING</td></tr>
<tr><td colspan="4">DATA</td></tr>
<tr><td colspan="4">...</td></tr>
</table>

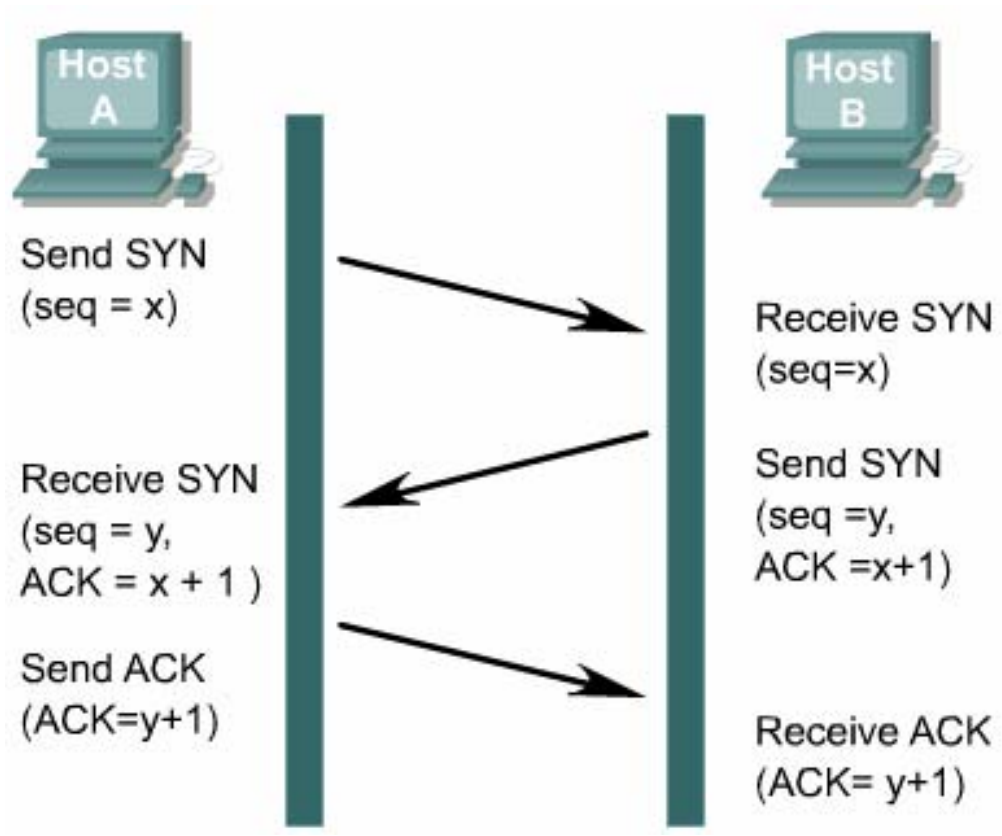
10.1 TCP konekcija

- TCP je *connection-oriented* protokol:
  - pre samog prenosa podataka uređaji prvo uspotstavljaju konekciju
  - posle završetka prenosa konekcija se raskida
  - konekcija je bidirekciona

10.1 Uspostavljanje TCP konekcije (1)

- TCP konekcija se uspostavlja *three-way handshaking* metodom
- Pri uspostavljanju konekcije se razmenjuju početni brojevi sekvence toka:
  - svaka strana pošalje svoj početni broj sekvence u SEQUENCE NUMBER polju
  - druga strana u ACKNOWLEDGEMENT NUMBER polju pošalje primljeni broj sekvence + 1

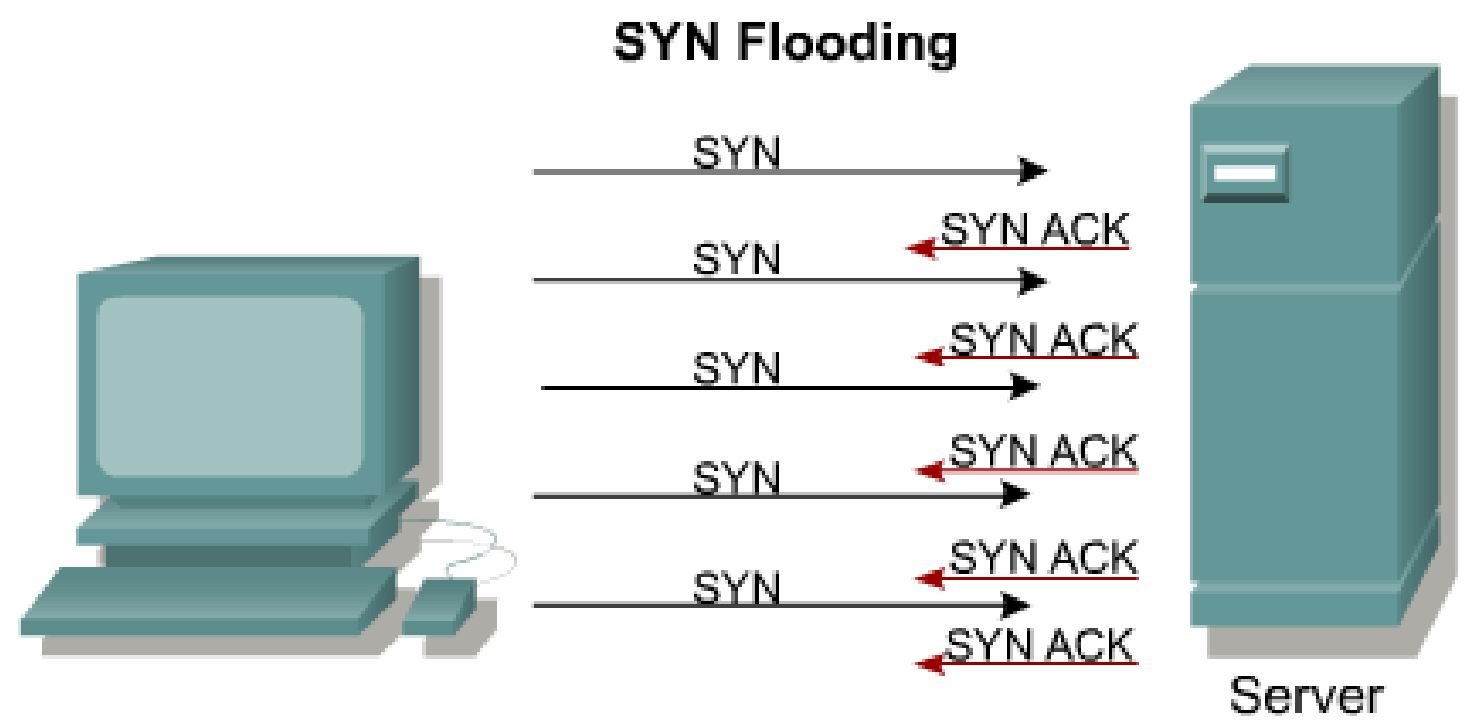
10.1 Uspostavljanje TCP konekcije (2)



10.1 *Denial of Service* (DoS) napadi

- Napadi koji za cilj imaju onemogućavanje korišćenja nekog resursa (npr. server)
- *SYN Flood* DoS napad:
  - napadač šalje veliki broj SYN packeta prema serveru sa lažnom izvorišnom IP adresom
  - server na svaki primljeni SYN packet odgovara sa SYN+ACK paketom na koji ne dobija odgovor
  - u jednom trenutku server će dostići limit mogućih konekcija i sve nove će odbijati

10.1 *SYN Flood* DoS napad



10.1 TCP *Sliding windows (1)*

- Metod za obezbeđivanje kontrole toka
- Prozor *(window)* predstavlja deo toka podataka koji se mogu poslati bez dobijanja potvrde o prijemu
  - veličina bafera na strani primaoca
- Promenom veličine prozora (koju vrši primalac) ostvaruje se kontrola toka

10.1 TCP *Sliding windows (2)*

- Pošiljalac *(Sender)* može poslati podatke do veličine prozora
- Pri potvrđivanju segmenta, primalac *(Receiver)* šalje novu veličinu prozora:
  - veći prozor → više podataka koje će poslati odjednom → veći protok *(thoughput)*
  - prozor od 0 okteta označava da primalac u tom trenutku ne želi da primi više podataka

10.1 TCP brojevi sekvence

- TCP posmatra podatke koje se šalju kao tok okteta
- Okteti u toku se numerišu brojem sekvence
- Segment se numeriše brojem sekvence prvog okteta
- Početni brojevi sekvence se razmenjuju pri uspostavljanju konekcije

10.1 TCP potvrde *(acknowlegdements)*

- TCP koristi PAR *(positive acknowledgements and retransmission)* tehniku za obezbeđivanje pouzdanosti prenosa:
  - pošiljalac šalje deo toka podataka podeljenog u segmente (maksimalno do veličine prozora)
  - primalac šalje potvrdu *(acknowledgement)* u kojoj navodi do koje pozicije u toku je primio podatke
  - u slučaju da se ne dobije potvrda za određeno vreme, pošiljac ponovo šalje deo toka

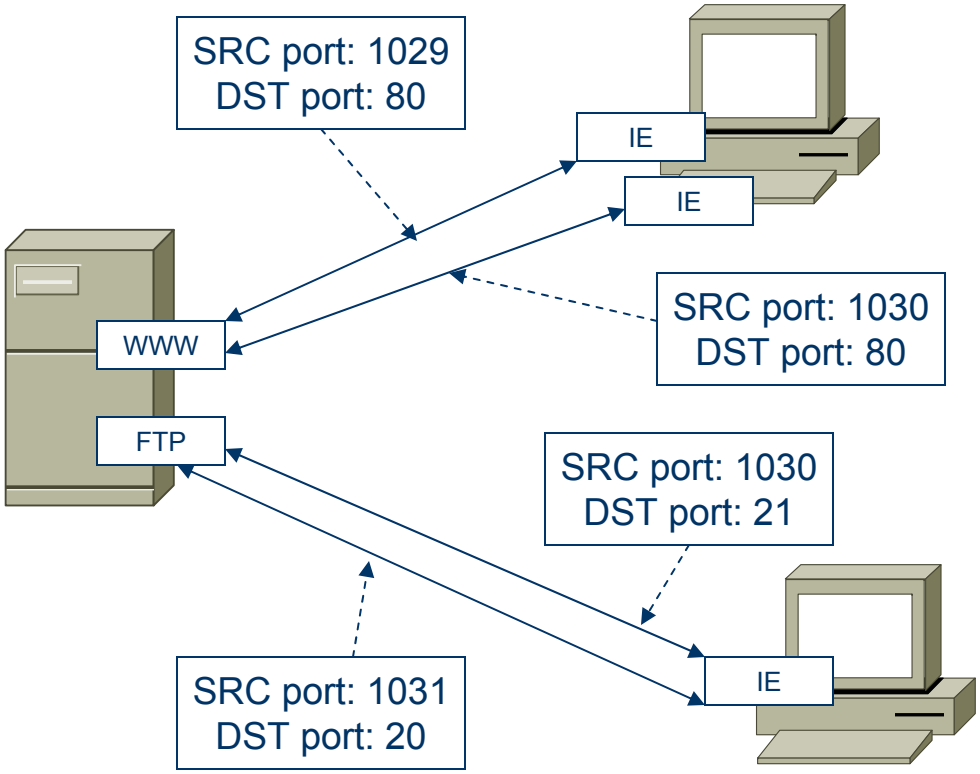
10.1 Format UDP datagrama

UDP SOURCE PORT	UDP DESTINATION PORT
UDP MESSAGE LENGTH	UDP CHECKSUM
DATA	
...	

10.2 Port

- 16-bitna vrednost koju koriste protokoli transportnog nivoa kako bi identifikovali proces koji prima odnosno šalje podatke

10.2 Portovi kod klijent-server aplikacija



10.2 Podele brojeva portova

- Podela #1:
  - portovi koji se dodeljuju javnim aplikacijama *(well-known ports)* - 1 do 255
  - portovi koji se se dodeljuju kompanijama - 256 do 1023
  - portovi koji se dodeljuju dinamički klijentskim procesima *(dynamic ports)* – 1024 do 65535
- Podela #2:
  - *well-known ports* - 1 do 1023
  - *registered ports* - 1024 do 49151
  - *dynamic (private) ports* – 49152 do 65535

10.2 *Well-known* TCP portovi

Port	Servis
20	File Transfer Protocol (FTP)
21	File Transfer Protocol (FTP)
23	Telnet
25	Simple Mail Transport Protocol (SMTP)
53	Domain Name Server (DNS)
80	Hypertext Transfer Protocol (HTTP)
110	Post Office Protocol v3 (POP3)

10.2 *Well-known* UDP portovi

Port	Servis
53	Domain Name Server (DNS)
69	Trivial File Transfer Protocol (TFTP)
111	Remote Procedure Call (RPC)
123	Network Time Protocol (NTP)
161	Simple Network Management Protocol (SNMP) monitor
162	Simple Network Management Protocol traps

Sadržaj poglavlja

- 11.1 ACL Osnove
- 11.2 Tipovi ACL

11.1 *Access Control List (ACL)*

- ACL je lista instrukcija koja definiše koji paketi kogu biti primljeni odnosno poslati na interfejs rutera
- Svaka instrukcija (“red”) u ACL definiše jedan uslov, koji može dozvoliti *(permit)* ili zabraniti *(deny)* prolazak paketa
- Svaka ACL se definiše za jedan rutabilni protokol (IP, IPX, AppleTalk)

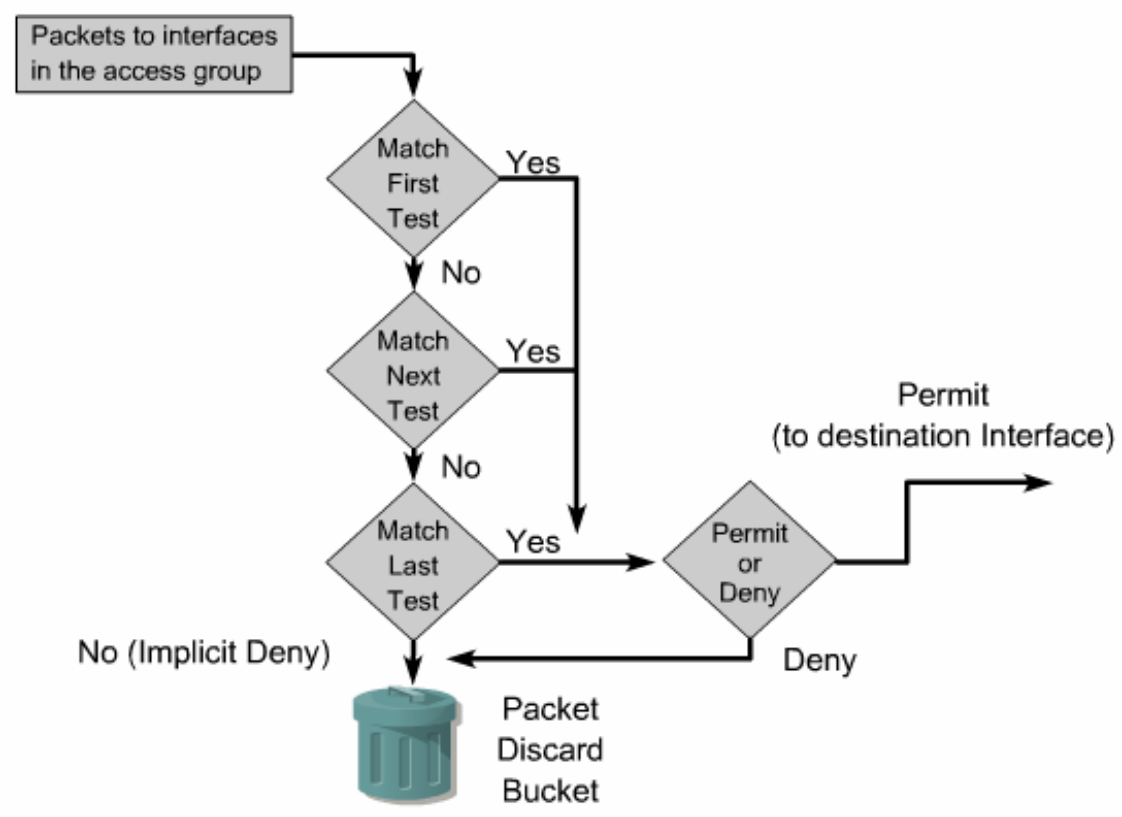
11.1 Primena ACL

- Osnovna primena je filtriranje paketa:
  - blokiranje/dozvoljavanje saobraćaja od/ka određenim hostovima/mrežama
  - blokiranje/dozvoljavanje određenih servisa
- Ostale primene:
  - restrikcija telnet pristupa
  - itd.

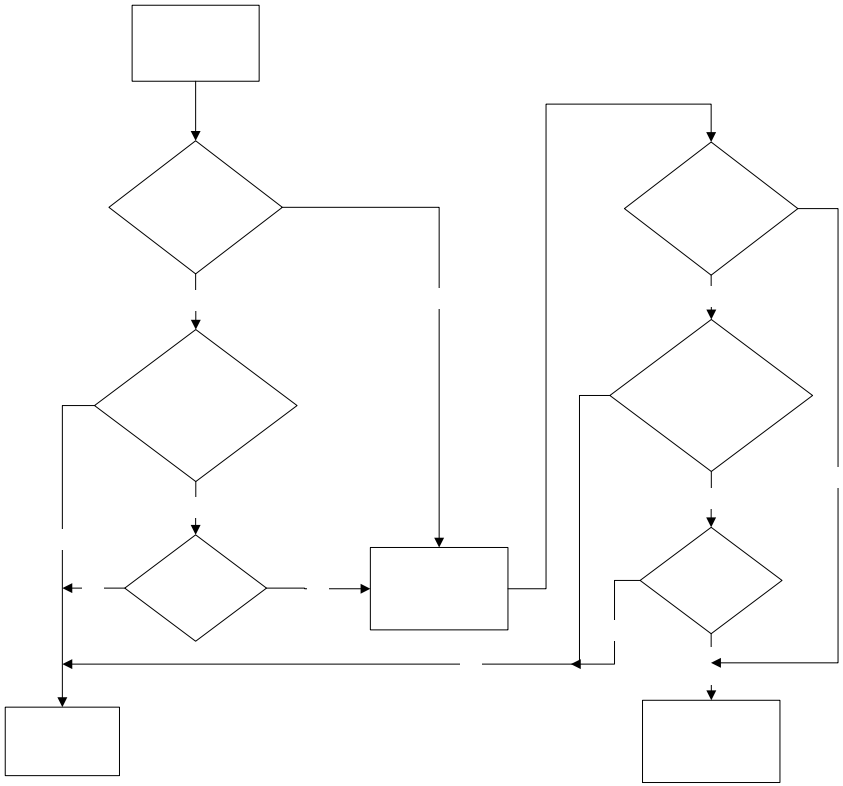
11.1 Kako ACL proverava paket? (1)

1. Uzima se prvi red ACL
2. Podaci iz paketa (npr. izvorišna i odredišna adresa, protokol) se proveravaju sa uslovom reda ACL
   1. ako paket zadovoljava uslov i red je “permit” paketu se dozvoljava prolaz
   2. ako paket zadovoljava uslov i red je “deny” paketu se ne dozvoljava prolaz
3. Ako paket ne zadovoljava uslov prelazi se na novi red
4. Ako paket ne zadovoljava uslov nijednog reda, paket se **odbacuje**

11.1 Kako ACL proverava paket? (2)



11.1 Primena ACL kod filtriranja saobraćaja



11.1 Kreiranje ACL

- ACL se kreira red-po-red
- Raspored redova je bitan!
- Red ACL se definiše komandom

```
access-list <broj ACL>
{permit|deny} <uslov>
```

11.1 Editovanje ACL

- ACL koje se identifikuju brojevima *(numbered ACL)* nemaju mogućnost editovanja
  - obrišemo ACL (`no access-list`) i onda napravimo novu
- Kod ACL koje se identifikuju stringovima *(named ACL)* može se brisati pojedinačni red
- Tipično: snimimo konfiguraciju u fajl, editujemo fajl i vratimo ga na ruter

11.1 Postavljanje ACL na interfejs

- ACL se postavlja na interfejs komandom `{protocol} access-group <broj ACL|nativ ACL > {in|out}` u *interface configuration* modu

11.1 Brojevi ACL lista

Tip ACL	Opseg ACL brojeva
IP standard	1-99
IP extended	100-199
AppleTalk	600-699
IPX	800-899
IPX extended	900-999
IPX SAP	1000-1099
IP standard (noviji IOS)	1300-1399
IP extended (noviji IOS)	2600-2699

11.1 *Wildcard* maska (1)

- *Wildcard* maska je 32-bitna vrednost koja služi za uparivanje IP adrese iz paketa sa skupom IP adresa koji se definiše u uslovu
  - na svim mestima gde *wildcard* maska ima bit “0”, bit IP adrese iz paketa i iz uslova se moraju poklopiti
  - na svim mestima gde *wildcard* maska ima bit “1”, vrednosti bita IP adrese iz paketa nije bitna
- *Wildcard* maska se piše u *dotted-decimal* notaciji

11.1 *Wildcard* maska (2)

- Primer:
  - IP adresa iz paketa je 147.91.3.5
  - red ACL definiše uslov za 147.91.3.0 sa *wildcard* maskom 0.0.0.255
  - *wildcard* maska definiše da se prva tri okteta moraju poklopiti → ispunjeno

11.1 *Wildcard* maska 255.255.255.255

- Ako je *wildcard* maska 255.255.255.255 tada svaka IP adresa zadovoljava uslov
- Pri definiciji ACL reda, umesto `<IP adresa> 255.255.255.255` može se napisati samo `any`

11.1 *Wildcard* maska 0.0.0.0

- Ako je *wildcard* maska 0.0.0.0 tada samo jedna IP adresa zadovoljava uslov
- Pri definiciji ACL reda, umesto `<IP adresa> 0.0.0.0` može se napisati `host <IP adresa>`

11.1 Pregled ACL

- ACL se mogu pregledati:
  - komandom `show access-list [<broj ACL>]` iz *privileged* EXEC moda
  - ispisom konfiguracije
- ACL koje su postavljene na interfejs se mogu videti komadom `show <protocol> interface`

11.2 Standardne i proširene ACL

- Standardna ACL proverava samo izvorišnu *(source)* adresu paketa
- Proširena ACL proverava:
  - izvorišnu *(source)* i odredišnu *(destination)* adresu paketa
  - izvorišni i odredišni port protokola transportnog nivoa (TCP, UDP)
  - tip poruke protokola mrežnog nivoa (ICMP)

11.2 Kreiranje standardne ACL

- Sintaksa:
  - `access-list <broj ACL> {permit|deny} <source> [<source wildcard>] [log]`
- Parametri:
  - `<broj ACL>` - identifikator standardne ACL (od 1 do 99)
  - `<source>` - IP mreža/host koja se poredi
  - `<source wildcard>` - *wildcard* maska; ako se izostavi podrazumeva se 0.0.0.0 (`host`)

11.2 Log parametar

- Ako je uključeno logovanje:
  - prvi paket koji zadovolji uslov (bez obzira da li je dozvoljen ili zabranjen) se beleži na konzoli
  - na svakih pet minuta se na konzoli ispisuje statistika o broju dozvoljenih ili zabranjenih paketa za taj uslov

11.2 Primer standardne ACL (1)

- Standardna ACL 10 propušta pakete čija izvorišna adresa pripada jednom od sledećih IP blokova:
  - 147.91.4.0 – 147.91.4.255
  - 147.91.78.78

```
access-list 10 permit 147.91.4.0 0.0.0.255
access-list 10 permit 147.91.78.78
```

11.2 Primer standardne ACL (2)

- Standardna ACL 20 propušta pakete čija izvorišna adresa pripada bloku 147.91.0.0/16 osim bloka 147.91.6.192/26

```
access-list 20 deny 147.91.6.192 0.0.0.63
access-list 20 permit 147.91.0.0 0.0.255.255
```

11.2 Primer standardne ACL (3)

- Standardna ACL 30 propušta sve IP pakete osim onih čija izvorišna adresa pripada bloku 212.200.0.0/16

```
access-list 30 deny 212.200.0.0 0.0.255.255
access-list 30 permit any
```

11.2 Kreiranje proširene ACL (1)

- Sintaksa:
  - `access-list <broj ACL> {permit|deny} <protocol> <src> [<src wildcard>] [<src op> <src arg>] [established] <dst> [<dst wildcard>] [<dst op> <dst arg>] [established]`
- Parametri:
  - `<broj ACL>` - identifikator standardne ACL (od 100 do 199)
  - `<protocol>` - protokol mrežnog/transportnog nivoa

11.2 Kreiranje proširene ACL (2)

- Parametri:
  - `<src>` - IP mreža/host koja se poredi sa izvorišnom adresom
  - `<src wildcard>` - *wildcard* maska
  - `<dst>` - IP mreža/host koja se poredi sa odredišnom adresom
  - `<dst wildcard>` - *wildcard* maska
  - `<op>` - logički operator koji poredi odredišni/izvorišni port iz segmenta sa operandom
  - `<arg>` - broj porta koji se poredi sa odredišnim/izvorišnim portom
  - `established` – TCP segment već uspostavljene konekcije

11.2 Protokoli mrežnog/transportnog sloja za IP proširene ACL

ip	tcp
udp	icmp
igrp	gre

11.2 Operatori za brojeve portova za IP proširene ACL

Ključna reč	Logička operacija
`eq`	=
`neq`	≠
`lt`	<
`le`	≤
`gt`	>
`ge`	≥

11.2 *Well-known* brojevi portova za IP proširene ACL

Ključna reč	Broj porta
`ftp-data`	20
`ftp`	21
`smtp`	25
`pop3`	110
`http`	80

11.2 Primer proširene ACL (1)

- Proširena ACL 100 propušta IP pakete čija izvorišna adresa pripada bloku 192.5.5.0/24 a odredišna adresa bloku 219.17.100.64/26

```
access-list 100 permit ip 192.5.5.0 0.0.0.255
  219.17.100.64 0.0.0.63
```

11.2 Primer proširene ACL (2)

- Proširena ACL 110 propušta IP pakete koji idu prema mreži 150.55.0.0/16 ali tako da je prema hostu 150.55.1.1 dozvoljen samo HTTP

```
access-list 110 permit tcp any host
  150.55.1.1 eq 80
access-list 110 deny ip any host 150.55.1.1
access-list 110 permit ip any 150.55.0.0
  0.0.255.255
```

11.2 Primer proširene ACL (3)

- Proširena ACL 120 dozvoljava sve IP pakete osim onih koji koriste TCP i UDP port 135 (bilo kao odredišni ili kao izvorišni)

```
access-list 120 deny tcp any any eq 135
access-list 120 deny tcp any eq 135 any
access-list 120 deny udp any any eq 135
access-list 120 deny udp any eq 135 any
access-list 120 permit ip any any
```

11.2 Imenovane ACL

- Podržane od verzije IOS-a 11.2
- Razlike u odnosu na klasične ACL:
  - identifikator ACL je string
  - ne postoji relacija između identifikatora ACL i protokola
  - nema ograničenja broja ACL po protokolu
  - mogu se pojedinačno brisati redovi ACL

11.2 Kreiranje imenovane ACL

- Kreiranje imenovane ACL započinje komandom `ip access-list {standard|extended} <naziv>`
- Ova komanda prelazi u *ACL configuration* mod, u kome se definišu pojedinačni redovi ACL komandama `permit` i `deny`
- Sintakse komandi `permit` i `deny` su iste kao kod klasičnih standardnih/proširenih ACL

11.2 Primer imenovane ACL (1)

- Imenovana proširena ACL `deny_telnet` propušta sve IP pakete prema mreži 192.5.5.0 osim telnet servisa prema hostu 192.5.5.1

```
ip access-list extended deny_telnet
  deny tcp any host 192.5.5.2 eq 23
  permit ip any 192.5.5.0 0.0.0.255
```

11.2 Primer imenovane ACL (2)

- Imenovana proširena ACL `check_src` propušta sve IP pakete sa izvorišnim adresama iz bloka 201.100.11.0/24 osim ICMP paketa

```
ip access-list extended check_src
  deny icmp 201.100.11.0 0.0.0.255 any
  permit ip 201.100.11.0 0.0.0.255 any
```

11.2 Pravila za kreiranje i postavljanje ACL (1)

- Po jedna ACL po protokolu/po interfejsu/po smeru
- Standardne ACL se postavljaju na ruteru blizu izvorišnoj mreži
- Proširene ACL se postavljaju na ruteru blizu odredišnoj mreži
- Smer postavljanja liste (*in* ili *out*) se gleda sa pozicije rutera

11.2 Pravila za kreiranje i postavljanje ACL (2)

- ACL se procesira uslov po uslov dok se ne pronađe uslov koji zadovljava paket; ukoliko se ne pronađe nijedan uslov paket se odbacuje
- Implicitni *deny* na kraju ACL se neće pojaviti u konfiguraciji
- Uslovi u ACL se trebaju postaviti tako da prvo dođu specifičniji uslovi, a onda generalniji

11.2 Pravila za kreiranje i postavljanje ACL (3)

- Da li je uslov *permit* ili *deny* tipa je važno samo ako paket zadovolji taj uslov
- Nikada ne raditi sa ACL koja je primenjena na interfejsu
- Stavljati komentare koje objašnjavaju logiku pojedinih uslova ACL
- Novi uslov se dodaje uvek na kraju ACL; kod ACL numerisanih brojevima nije moguće editovanje odnosno brisanje pojedinih uslova ACL

11.2 Pravila za kreiranje i postavljanje ACL (4)

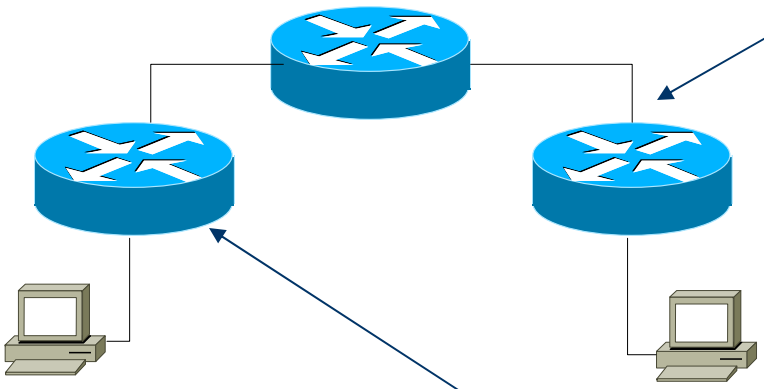
- U slučaju da se paket odbaci biće poslata *destination unreachable* ICMP poruka
- Ukoliko se izbirše ACL koja je primenjena na interfejsu, u nekim verzijama IOS-a će se odbacivati svi ulazni paketi na tom interfejsu
- Odlazna ACL na interfejsu ne utiče na saobraćaj koji generiše ruter

11.2 Postavljanje ACL (1)

- Dobro je da ACL bude postavljena što bliže izvoru saobraćaja
  - ako je ACL postavljena bliže odredištu, onda saobraćaj koji će se odbaciti uzalud troši mrežne resurse
- Standardna ACL ne može biti postavljena bliže izvoru (jer se proverava samo izvorišna adresa) već bliže odredištu

11.2 Postavljanje ACL (2)

- Zadatak: zabraniti saobraćaj od hosta 192.5.5.2 prema mreži 219.17.100.0/24



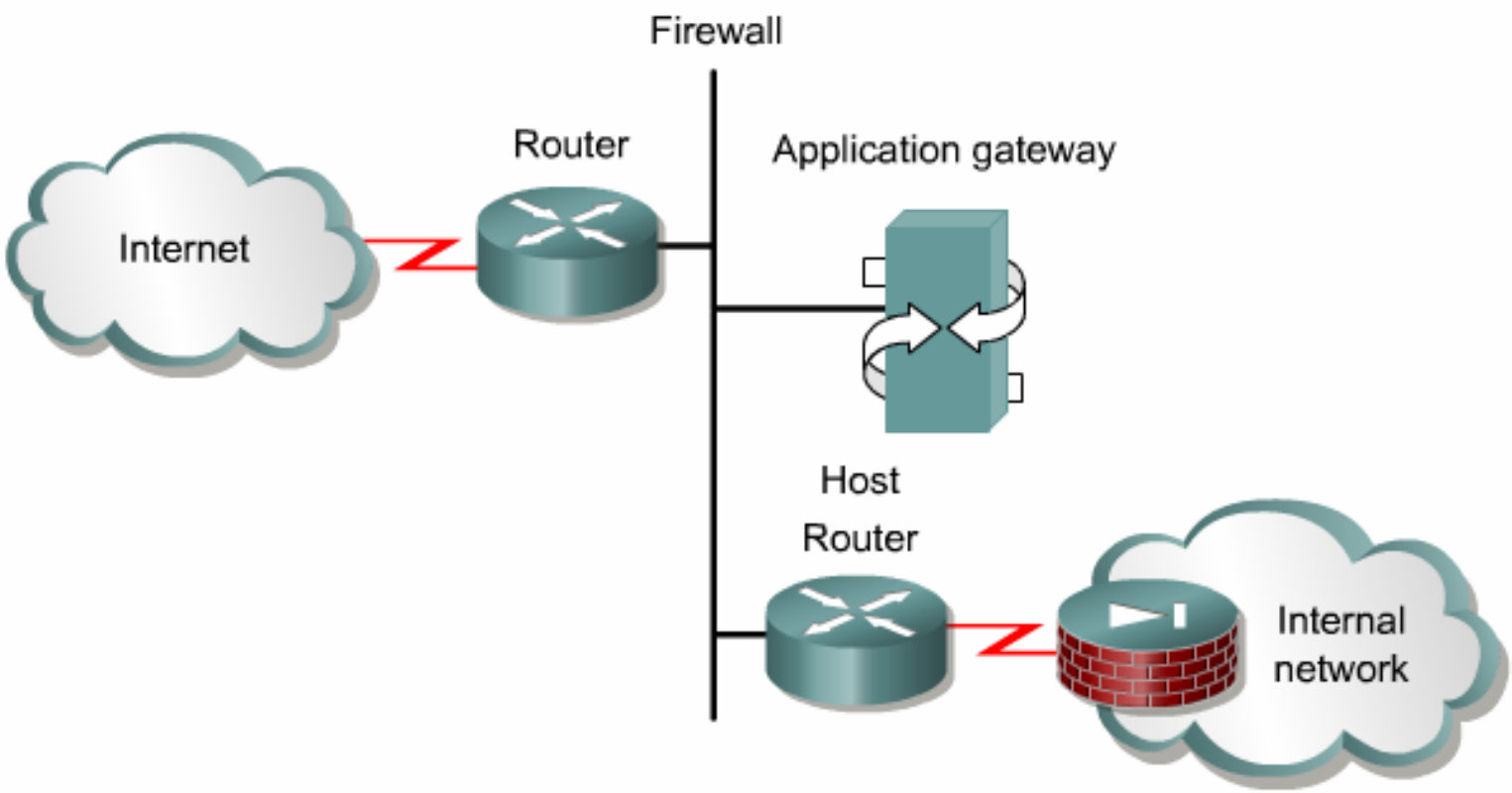
```
access-list 1 deny host 192.5.5.2
access-list 1 permit any
```

```
access-list 100 deny ip host 192.5.5.2 219.17.100.2 0.0.0.255
access-list 100 permit ip any any
```

11.2 *Firewall* arhitektura (1)

- Arhitektura povezivanja lokalne mreže na WAN mrežu (npr. Internet), sa posebnim naglaskom na bezbednost
- U okviru lokalne mreže, kreira se jedna posebna mreža (demilitariovana zona, DMZ) koja je namenjena za pristup spolja
- Lokalna mreža pristupa serverima u DMZ, i tipično je zabranjena komunikacija sa WAN mrežom

11.2 *Firewall* arhitektura (2)



11.2 Uređaji u *firewall* arhitekturi

- Internet ruter
- Proxy server *(apllication gateway)*
- LAN ruter

11.2 Restrikcija telnet pristupa

- Adrese sa kojih je moguće napraviti telnet sesiju na ruter se mogu definisati pomoću ACL
  - dovoljna je standardna ACL; ukoliko se koristi proširena ACL proverava se samo polje izvorišne IP adrese
- ACL se postavlja na linije virtuelnog terminala komandom `access-class <broj ACL> in` u *line configuration* modu
- Napomene:
  - mogu se koristiti samo ACL koje se identifikuju brojem
  - ACL treba postaviti na sve linije virtuelnog terminala

Sadržaj poglavlja

- 2.1 Cisco IOS softver
- 2.2 Startovanje rutera

2.1 Cisco Internetworking Opererating System (IOS)

- Operativni sistem na Cisco ruterima i Catalyst svičevima
- IOS obezbeđuje:
  - osnovne funkcije rutiranja i svičinga
  - pouzdan i bezbedan pristup mrežnim resursima
  - skalabilnost

2.1 Korisnički interfejs

- Korisnički interfejs na Cisco ruteru je CLI tipa *(Command Line Editing)*
- Pristup CLI-u:
  - preko konzolnog porta i terminalskog programa (HyperTerminal)
  - preko AUX porta
  - preko telnet servisa (virtuelni terminal)
    - samo ako se ruteru može pristupiti preko IP protokola

2.1 Struktura CLI pristupa

- IOS ima hijerarhijsku strukturu tj. postoji veći broj različitih modova u kojima se unose komande
- Osnovna podela modova:
  - EXEC modovi
  - konfiguracioni modovi

2.1 EXEC modovi

- EXEC modovi odmah izvršavaju unetu komandu i prikazuju njen rezultat:
  - komande za pregled parametara rutera
  - *ping* i *traceroute* komande
- Zbog sigurnosnih razloga postoje dva EXEC moda:
  - *user EXEC* mod
  - *privileged EXEC* mod

2.1 *User* mod

- *User* mod je početni mod po CLI pristupu
- Komande *user* moda omogućavaju proveru statusa i predstavljaju podskup komandi raspoloživih u *privileged* modu
- Prompt *user* moda se završava karakterom ‘>’

2.1 *Privileged* mod

- U *privileged mod* se prelazi iz *user* moda komandom `enable`
  - prelazak u privileged mod zahteva posebnu lozinku (“enable” lozinka)
- *Privileged* mod omogućava ulazak u konfiguracioni mod
- Prompt *privileged* moda se završava karakterom ‘#’
- Komandom `disable` se može vratiti u *user* mod

2.1 *User* i *Privileged* mod (primer)

```
cisco-bgp>enable
Password:
cisco-bgp#disable
cisco-bgp>
```

2.1 Dostupne komande

- Komande koje su dostupne u nekom modu se dobijaju kucanjem karaktera '?'
- U slučaju da ima više od 22 komande, pojavljuje se linija "–More–"
  - taster SPACE prikazuje sledeću stranu (sledećih maks. 22 komandi)
  - taster ENTER prikazuje sledeći red

2.1 IOS fajl (*image*)

- IOS dolazi u obliku jednog fajla (*image*)
- Uobičajeno, IOS *image* se na ruteru čuva u fleš memoriji odakle se pri startovanju kopira u RAM memoriju i izvršava
  - za svaki IOS *image je* navedeno koliko je minimalno fleš i RAM memorije potrebno za njegov rad
- Jedan IOS fajl je namenjen za tačno određenu familiju rutera
  - vrlo bitno pošto različite familije rutera imaju različite procesore

2.1 Imenovanje IOS fajlova

- Ime IOS fajla se sastoji iz tri dela:
  - naziv familije rutera
  - oznaka mogućnosti *(feature set)*
  - oznaka tipa
- Primer:
  - c3600-is-mz

2.1 Oznake tipova IOS fajla

Karakter	Značenje
f	IOS se izvršava iz Flash memorije
m	IOS se izvršava iz RAM memorije
r	IOS se izvršava iz ROM memorije
l	IOS je relokatibilan
z	IOS je kompresovan (zip)
x	IOS je kompresovan (mzip)

2.1 Komande za pregled osnovnih hardverskih podataka

- Komanda `show version` ispisuje osnovne podatke o ruteru:
  - verziju IOS-a
  - verziju Bootstrap ROM-a
  - verziju Boot ROM-a
  - vreme koje je ruter podignut
  - metod poslednjeg restarta
  - naziv i lokacija IOS fajla
  - platformu rutera
  - vrednost konfiguracionog registra
- Komanda `show flash` daje sadržaj fleš memorije

2.1 Komanda show version (primer)

```
cisco-bgp>show version
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) 3600 Software (C3660-IS-M), Version 12.3(1), RELEASE SOFTWARE (fc3)
Copyright (c) 1986-2003 by cisco Systems, Inc.
Compiled Thu 15-May-03 06:06 by dchih
Image text-base: 0x60008954, data-base: 0x61C00000

ROM: System Bootstrap, Version 12.0(6r)T, RELEASE SOFTWARE (fc1)

cisco-bgp uptime is 1 week, 2 days, 2 hours, 58 minutes
System returned to ROM by reload
System restarted at 09:35:05 CET Tue Apr 20 2004
System image file is "flash:c3660-is-mz.123-1.bin"

cisco 3660 (R527x) processor (revision 1.0) with 124928K/6144K bytes of memory.
Processor board ID JAB035180XU
R527x CPU at 225Mhz, Implementation 40, Rev 10.0, 2048KB L2 Cache
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.
SuperLAT software (copyright 1990 by Meridian Technology Corp).


3660 Chassis type: ENTERPRISE
2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
24 Serial network interface(s)
DRAM configuration is 64 bits wide with parity disabled.
125K bytes of non-volatile configuration memory.
32768K bytes of processor board System flash (Read/Write)

Configuration register is 0x2102
```

2.1 Komanda show flash (primer)

```
cisco-bgp>show flash

System flash directory:
File  Length   Name/status
  1   19048856  c3660-is-mz.123-1.bin
[19048920 bytes used, 14505512 available, 33554432 total]
32768K bytes of processor board System flash (Read/Write)
```

2.1 Operativna okruženja Cisco rutera (1)

- ROM monitor
  - vrši *low-level* dijagnostiku i funkcije (npr. password recovery)
  - u ROM monitor okruženje se može doći samo preko konzolnog porta
- Boot ROM
  - redukovani IOS koji se nalazi u ROM-u i koji služi da se zameni oštećeni IOS u flešu
- Cisco IOS

2.1 Operativna okruženja Cisco rutera (2)

Operating Environment	Prompt	Usage
ROM monitor	`>` or `ROMMON>`	Failure or password recovery
Boot ROM	`Router(boot)>`	Flash image upgrade
Cisco IOS	`Router>`	Normal operation

2.2 Inicijalizacija Cisco rutera (1)

A. Hardverska inicijalizacija
   1. POST

B. Softverska inicijalizacija
   1. izvršava se bootstrap loader iz ROM-a
   2. određuje se lokacija IOS fajla prema *boot* polju konfiguracionog registra
   3. učitava se IOS fajl u RAM memoriju i prikazuje se spisak hardverskih i softverskih komponenti

2.2 Inicijalizacija Cisco rutera (2)

B. Softverska inicijalizacija (nastavak)

4. konfiguracioni fajl iz NVRAM memorije (*startup* konfiguracija) se prebacuje u RAM memoriju (*running* konfiguracija) i izvršava liniju po liniju
5. ako je NVRAM memorija prazna traži se konfiguracija od lokalnih TFTP servera; ako se ne nađe pokreće se *setup* dijalog

2.2 *Setup* dijalog (1)

- *Setup* dijalog je namenjen za jednostavno unošenje osnovnih parametara rutera kroz interaktivni dijalog
- Alternativa: unos IOS komandi u *configuration* modovima
- Iz *setup* dijaloga se u bilo kom trenutku izlazi sa CTRL+C

2.2 *Setup* dijalog (2)

- Po završetku unosa u *setup* dijalogu, na osnovu unesenih parametara se kreira i prikazuje konfiguracija sastavljena od IOS komandi
- Na pitanje "`use this configuration`" odgovor "`yes`" znači da se kreirana konfiguracija postavlja i kao *running* i kao *starup* konfiguracija (snima se u NVRAM); odgovor "`no`" odbacuje konfiguraciju

2.2 Podrazumevani odgovor

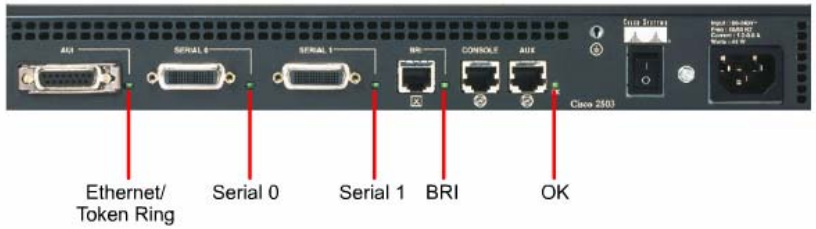
- Pitanja *setup* dijaloga uglavnom nude podrazumevani odgovor, koji je naveden u uglastim zagradama “[ ]”
- Za izbor podrazumevanog odgovora treba odgovoriti samo sa ENTER

2.2 Parametri *setup* dijaloga

- Globalni parametri:
  - Naziv rutera *(hostname)*
  - *Enable* lozinka
  - Lozinka za telnet pristup
  - SNMP upravljanje
  - Layer 3 protokoli
- Parametri interfejsa:
  - Interfejs zatvoren?
  - IP parametri (IP adresa, *subnet* maska)

2.2 LED diode na ruteru

- LED diode daju osnovne informacije o radu rutera i interfejsa:
  - svaki prolaz paketa na interfejsu pali LED diodu
  - zelena dioda pored AUX porta je upaljena ako se ruter ispravno podigao



2.2 Podešavanje lozinke za privilegovani mod

- Komande `enable secret` i `enable password` u konfiguracionom modu
- Ukoliko postoje obe komande, koristi se lozinka iz `enable secret` komande

2.2 Pomoć u CLI režimu (1)

- Pomoć u CLI režimu se dobijaja kucanjem karaktera ‘?’
  - <karakteri>? daje spisak svih komandi koji počinju datim karakterima
  - <komanda> ? daje spisak svih parametara koje se mogu navesti na datom mestu

2.2 Pomoć u CLI režimu (2)

Router

```
Cisco#cl?
clear  clock
Cisco#clock
% Incomplete command.
Cisco#clock ?
  set  Set the time and date
Cisco#clock set
% Incomplete command.
Cisco#clock set ?
  hh:mm:ss  Current Time
```

2.2 Prošireno editovanje (1)

- IOS nudi mogućnost dodatnih komandi za editovanje linije (prošireno editovanje)
- Prošireno editovanje je implitno uključeno; u slučaju potrebe isključuje se komadom `terminal no editing` (*user* mod)

2.2 Prošireno editovanje (2)

Command	Description
Ctrl-A	Moves to the beginning of the command line
Esc-B	Moves back one word
Ctrl-B (or right arow)	Moves back one character
Ctrl-E	Moves to the end of the command line
Ctrl-F(or left arrow)	Moves forward one character
Esc-F	Moves forward one word

2.2 Prošireno editovanje (3)

- U slučaju da linija pređe maksimalnu dužinu linije na ekranu, linija će se automatski horizontalno skorolovati za 10 karaktera
- Linija koja je horizontalno skrolovana sadrži znak ‘$’ na početku

2.2 *Command History* (1)

- IOS nudi mogućnost pamćenja određenog broja poslednjih komandi koje je korisnik uneo *(Command History)*
- *Command History* je implitno uključen; u slučaju potrebe isključuje se komadom `terminal no history` (*user* mod)

2.2 *Command History* (2)

- U *Command History* baferu podrazumevano se čuva 10 poslednjih komandi; ovaj broj se može promeniti komandom `terminal history size` (*user* mod)
- Sadržaj *Command History* bafera se može viseti komandom `show history` (*user* mod)

2.2 *Command History* (3)

- Prethodne komande iz *Command History* bafera se dobijaju sa:
  - Ctrl-P
  - tasterom CURSOR_UP
- Povratak na novije komande se izvršava sa:
  - Ctrl-N
  - tasterom CURSOR_DOWN

2.2 Indikacija greške u liniji

- Karakter ‘^’pokazuje mesto u prethodnoj komandi gde je napravljena greška

```
cisco-bgp>sowh version
          ^
% Invalid input detected at '^' marker.

cisco-bgp>show vresion
                ^
% Invalid input detected at '^' marker.

cisco-bgp>
```

Sadržaj poglavlja

- 3.1 Konfigurisanje rutera
- 3.2 Završavanje konfiguracije

3.1 Konfiguracioni modovi (1)

- U konfiguracionim modovima su dostupne komande za promenu konfiguracije rutera
  - IP adrese interfejsa
  - definisanje protokola za rutiranje
  - definisanje lozinki
  - itd.
- Iz *privileged* moda se komandom `configure terminal` prelazi u *global configuration* mod

3.1 Konfiguracioni modovi (2)

- Iz *global configuration* moda se prelazi u ostale konfiguracione modove
  - *interface*
  - *line*
  - *router*
  - itd.
- U *global configuration* mod se vraća komandom `exit`
- U *privileged* mod se vraća komandom `end` ili sa Ctrl+Z (iz bilo kog konfiguracionog moda) ili komandom `exit` (iz *global configuration* moda)

3.1 Konfiguracioni modovi (3)

Configuration Mode	Prompt
Interface	`Router(config-if)#`
Subinterface	`Router(config-subif)#`
Controller	`Router(config-controller)#`
Map-list	`Router(config-map-list)#`
Map-class	`Router(config-map-class)#`
Line	`Router(config-line)#`
Router	`Router(config-router)#`
IPX-router	`Router(config-ipx-router)#`
Route-map	`Router(config-route-map)#`

3.1 Konfiguracioni modovi (primer)

```
cisco-bgp#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
cisco-bgp(config)#interface fastethernet 0/0
cisco-bgp(config-if)#exit
cisco-bgp(config)#router ospf 100
cisco-bgp(config-router)#end
cisco-bgp#
```

3.1 Imenovanje rutera

- Ime rutera se zadaje komadom `hostname <ime>` iz *global configuration* moda

```
cisco-bgp#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
cisco-bgp(config)#hostname cisco-primer
cisco-primer(config)#exit
cisco-primer#
```

3.1 Konfiguracija lozinki

- Vrste lozinki
  - lozinka za konzolni pristup
  - lozinka za Telnet pristup
  - lozinka za prelaz u *Privileged* mod (“enable” lozinka)

3.1 Konfiguracija lozinki – konzolni pristup

- Lozinka za konzolni pristup se postavlja u *line configuration* modu u koga se dolazi komandom `line con 0`
  - komada `login` označava autentifikaciju pri pristupu
  - komada `password <lozinka>` specificira lozinku
  - pažnja: ako postoji komada `login` ali ne i komanda `password` neće se moći pristupiti ruteru!

3.1 Konfiguracija lozinki – Telnet pristup

- Isto kao i postavljanje lozinke za konzolni pristup, osim što se u *line configuration* mod prelazi komandom `line vty 0 4`
- Komanda `service password-encryption` iz *global configuration* moda označava da se pri pregledu konfiguracije lozinka ispisuje u zaštićenoj formi

3.1 Konfiguracija lozinki – lozinka za *Privileged* mod

- Komanda `enable secret <lozinka>` specificira lozinku za prelaz u *Privileged* mod

3.1 show komande (1)

- Komanda `show interfaces` daje podatke i statistike za sve interfejse
- Komanda `show controllers serial` ispisuje podatke o hardveru serijskog interfejsa
- Komanda `show clock` ispisuje podešeno vreme
- Komanda `show hosts` ispisuje listu imena i povezanih IP adresa
- Komanda `show history` ispisuje prethodno unesene komande

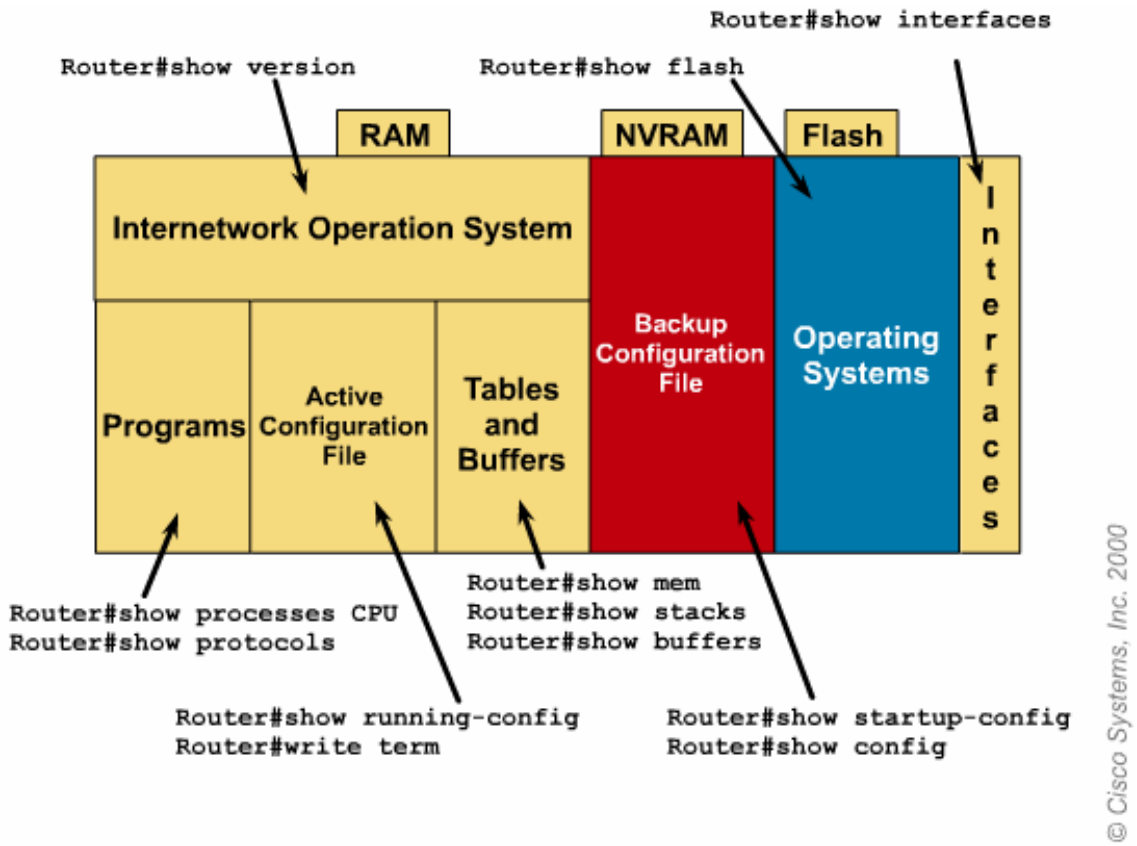
3.1 show komande (2)

- Komanda `show flash` ispisuje sadržaj fleš memorije
- Komanda `show version` ispisuje podatke o hardveru rutera, verziji IOS-a itd.
- Komanda `show arp` ispisuje ARP tabelu
- Komanda `show protocol` ispisuje konfigurisane Layer3 protokole

3.1 show komande (3)

- Komanda `show running-config` prikazuje *running* konfiguraciju
- Komanda `show startup-config` prikazuje *startup* konfiguraciju

3.1 show komande (4)



© Cisco Systems, Inc. 2000

3.1 *Interface configuration* mod

- Mod u kome se definišu parametri određenog interfejsa
- U *interface configuration* mod se prelazi iz *global configuration* moda komandom `interface <tip> [<broj> | <modul/<broj>]`
  - `interface Serial 0`
  - `interface FastEthernet 0/0`

3.1 Administrativno zatvaranje interfejsa

- Administrativno zatvaranje interfejsa se izvodi komandom `shutdown` u *interface configuration* modu
- Interfejs se administrativno otvara komandom `no shutdown`
- Ukoliko NVRAM nema *startup* konfiguraciju, svi interfejsi su administrativno zatvoreni

3.1 Komande za konfigurisanje serijskog interfejsa

- Ako serijski port vrši DCE funkciju, u konfiguraciju interfejsa se dodaje komanda `clock rate <brzina u bitima>`
- Ne može se konfigurisati bila koja brzina, već postoji skup mogućih vrednosti

3.1 Postavljanje IP adrese

- Postavljanje IP adrese ma interfejs se izvodi komandom `ip address <address> <subnet mask>` u *interface configuration* modu

3.1 Načini brisanja delova konfiguracije

- Unos komande za brisanje sa prefiksom no
- Restartovanje rutera i vraćanje *startup* konfiguracije iz NVRAM-a
- Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera
- Brisanje NVRAM-a, restartovanje rutera i unos parametara u *setup* dijalogu

3.2 Opis interfejsa

- Opis interfejsa se postavlja komadom `description <tekst>` iz *interface configuration* moda
- Opis interfejsa se vidi u ispisu komade `show interface`

3.2 Poruka pri autentifikaciji

- Poruka pre unošenja lozinke se postavlja komadom `banner login <delimiter> <tekst> <delimiter>` iz *global configuration* moda

```
cisco-bgp#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
cisco-bgp(config)#banner login $ Unesite lozinku $
cisco-bgp(config)#exit
cisco-bgp#
```

3.2 Poruka pri pristupu ruteru

- Poruka pri pri pristupu ruteru se postavlja komadom `banner motd <delimiter> <tekst> <delimiter>` iz *global configuration* moda
- Ispisuje se pre poruke za unos lozinke

```
cisco-bgp#config t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
cisco-bgp(config)#banner motd $ Dobrodosli na Cisco ruter $
cisco-bgp(config)#exit
cisco-bgp#
```

3.2 Razrešavanje imena u IP adrese

- Razrešavanje se može vršiti dinamički (DNS) i pomoću statički unesenih imena/IP adresa
- Komanda `ip host` *global configuration* moda definiše statičko mapiranje između imena i IP adrese

3.2 Statička host tabela (primer)

```
cisco-bgp#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
cisco-bgp(config)#ip host LAB_A 192.5.5.1
cisco-bgp(config)#ip host LAB_B 219.17.100.1
cisco-bgp(config)#^Z
cisco-bgp#show hosts
Default domain is not set
Domain list: rcub.bg.ac.yu.
Name/address lookup uses domain service
Name servers are 147.91.1.5

Codes: UN - unknown, EX - expired, OK - OK, ?? - revalidate
       temp - temporary, perm - permanent
       NA - Not Applicable None - Not defined

Host                      Port  Flags      Age Type   Address(es)
LAB_B                     None  (perm, OK)  0   IP    219.17.100.1
LAB_A                     None  (perm, OK)  0   IP    192.5.5.1
cisco-bgp#
```

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (1)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
```

Komanda za kopiranje fajla sa TFTP servera u *running* konfiguraciju

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (2)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
Host or network configuration file [host]?
```

network **fajl sadrži komande za sve rutere;** ***host*** **fajl sadrži komande za jedan ruter**

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (3)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
Host or network configuration file [host]?
IP address of remote host [255.255.255.255]? 131.108.2.155
```

IP adresa TFTP servera

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (4)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
Host or network configuration file [host]?
IP address of remote host [255.255.255.255]? 131.108.2.155
Name of configuration file [Router-config]? tokyo.2
```

Naziv fajla

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (5)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
Host or network configuration file [host]?
IP address of remote host [255.255.255.255]? 131.108.2.155
Name of configuration file [Router-config]? tokyo.2
Configure using tokyo.2 from 131.108.2.155? [confirm] y
```

Potvrda prenosa

3.2 Kopiranje konfiguracije sa TFTP servera (6)

Command

```
tokyo#copy tftp running-config
Host or network configuration file [host]?
IP address of remote host [255.255.255.255]? 131.108.2.155
Name of configuration file [Router-config]? tokyo.2
Configure using tokyo.2 from 131.108.2.155? [confirm] y
Booting tokyo.2 from 131.108.2.155:!! [OK-874/16000 bytes]
tokyo#
```

Početak prenosa

Preneseni UDP datagram

Kraj prenosa

3.2 Kopiranje konfiguracije na TFTP server

Command

```
tokyo#copy running-config tftp
Remote host []? 131.108.2.155
Name of configuration file to write[tokyo-config]?tokyo.2
Write file tokyo.2 to 131.108.2.155? [confirm] y
Writing tokyo.2 !!!!!! [OK]
tokyo#
```

Sadržaj poglavlja

- 4.1 Otkrivanje suseda
- 4.2 Dobijanje informacija o udaljenim uređajima

4.1 Cisco Discovery Protocol (CDP)

- Protokol koji koriste Cisco uređaji za međusobnu razmenu osnovnih informacija (npr. vrsta uređaja, model, verzija operativnog sistema itd.)
- OSI Layer 2 protokol
  - nezavisan od konkretnog medijuma i tehnologije
  - koristi SNAP format

4.1 Verzije CDP protokola

- CDPv1 od verzije IOS-a 10.3 do 12.0(3)T
- CDPv2 od IOS-a 12.0(3)T nadalje

4.1 CDP operacija

- Svaki Cisco mrežni uređaj (ruter, svič) periodično šalje poruke *(advertisements)*
  - barem jedna IP adresa uređaja
  - *holdtime* period
- Slanje CDP poruka je podrazumevano uključeno na Cisco uređaju
- CDP poruke primaju samo uređaji koji se nalaze na istom medijumu kao i uređaj koji ih šalje

4.1 CDP sused

- CDP sused je Cisco uređaj povezan na istu fizičku mrežu sa kojima se razmenjuju CDP paketi
- Lista svih CDP suseda se dobija komandom `show cdp neighbors`

4.1 Informacije o CDP susedu

- Naziv uređaja
- Po jedna adresa svakog konfigurisanog Layer 3 protokola
- Nazivi interfejsa
- Tip uređaja
- Verzija operativnog sistema
- Model uređaja
- *Holdtime*
- VTP domen (CDPv2)
- *Native VLAN* (CDPv2)
- *Full/half duplex* (CDPv2)

4.1 Prikazivanje CDP suseda (primer)

```
cisco-bgp>show cdp neighbors
Capability Codes: R - Router, T - Trans Bridge, B - Source Route Bridge
                  S - Switch, H - Host, I - IGMP, r - Repeater

Device ID        Local Intrfce     Holdtme    Capability  Platform  Port ID
Cisco-neuro      Ser 5/0            142          R        1601      Ser 0
Cisco-FMU        Ser 3/2            162          R        1720      Ser 0
Cisco-FLU        Ser 4/2            168          R        1720      Ser 0
Cisco-RUU        Ser 4/1            153          R        1720      Ser 0
Cisco-FPU        Ser 4/0            141          R        1720      Ser 0
cisco-bfspc      Ser 5/2            161          R        1601      Ser 0
cisco-tirsova    Ser 5/1            121          R        1601      Ser 0
cisco-sumarski   Ser 5/3            150          R        1601      Ser 0
Cisco            Ser 6/2            177          R        4500      Ser 0
cisco2950        Fas 0/0            129         S I       WS-C2950T-Fas 0/24
cisco6509        Fas 0/1            129        R S I      WS-C6509  Fas 3/38
cisco-bgp>
```

4.1 Slanje i prijem CDP paketa

- Podrazumevano:
  - CDP paketi se šalju svakih 60 sekundi
  - informacija o CDP susedu se čuva 180 sekundi bez dobijanja novog CDP oglašavanja
- Parametri mogu biti različiti za različlite interfejse, i mogu se videti komandom `show cdp interfaces`

4.1 Prikazivanje globalnih CDP parametara (primer)

```
cisco-bgp>show cdp
Global CDP information:
        Sending CDP packets every 60 seconds
        Sending a holdtime value of 180 seconds
        Sending CDPv2 advertisements is  enabled
```

4.1 Prikazivanje CDP parametara interfejsa (primer)

```
cisco-bgp>show cdp interface FastEthernet 0/1
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
  Encapsulation ARPA
  Sending CDP packets every 60 seconds
  Holdtime is 180 seconds
cisco-bgp>
```

4.1 Prikaz informacija o CDP susedu

- Komanda `show cdp entry <deviceID>` prikazuje sve informacije o CDP susedu sa datim imenom
- Komanda `show cdp neighbors detail` prikazuje informacije na takav način o svim CDP susedima

4.1 Prikazivanje podataka o susedu (primer)

```
cisco-bgp>show cdp entry cisco6509
-------------------------
Device ID: cisco6509
Entry address(es):
  IP address: 147.91.7.234
Platform: cisco WS-C6509,  Capabilities: Router Switch IGMP
Interface: FastEthernet0/1,  Port ID (outgoing port): FastEthernet3/38
Holdtime : 154 sec

Version :
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) s72033_rp Software (s72033_rp-PSV-M), Version 12.2(17b)SXA,  RELEASE SOFTWARE (fc1)
TAC Support: http://www.cisco.com/tac
Copyright (c) 1986-2003 by cisco Systems, Inc.
Compiled Tue 30-Dec-03 23:26 by ccai

advertisement version: 2
VTP Management Domain: 'RCUB'
Native VLAN: 7
Duplex: full
```

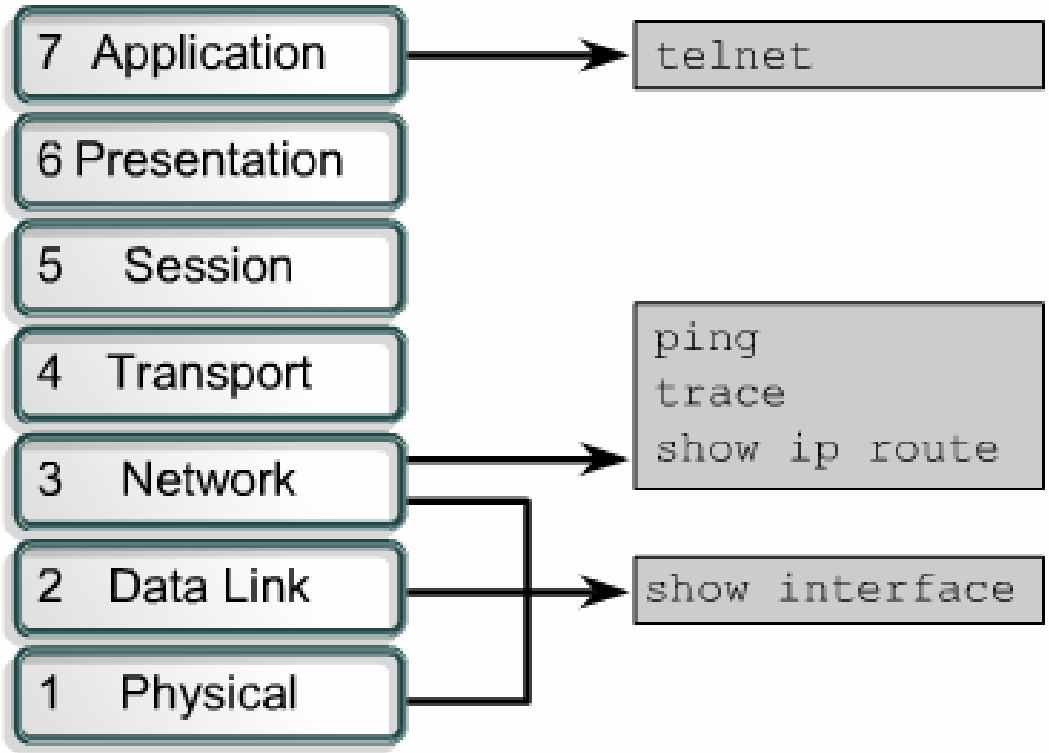
4.1 CDP konfiguracija

- CDP se globalno zabranjuje/dozvoljava komandom `[no] cdp run` u *global configuration* modu
- Slanje CDP poruka na pojedinom interfejsu se zabranjuje/dozvoljava komandom `[no] cdp enable` u *interface configuration* modu

4.1 CDP *Troubleshooting*

Command	Description
`clear cdp table`	Deletes the CDP table of information about neighbors.
`clear cdp counters`	Resets the traffic counters to zero.
`show cdp traffic`	Displays CDP counters, including the number of packets sent and received and checksum errors.
`show debugging`	Displays information about the types of debugging that are enabled.
`debug cdp adjacency`	CDP neighbor information
`debug cdp events`	CDP events
`debug cdp ip`	CDP IP information
`debug cdp packets`	CDP packet-related information
`cdp timer`	Specifies how often the Cisco IOS software sends CDP updates.
`cdp holdtime`	Specifies the hold time to be sent in the CDP update packet.
`show cdp`	Displays global CDP information, including timer and hold-time information.

4.2 Testiranje mreže po OSI nivoima



4.2 Telnet servis

- Telnet omogućava CLI pristup udaljenom uređaju (ruter, računar)
  - usput se testira rad svih OSI slojeva između dva uređaja
- OSI Layer 7 protokol
- Koristi TCP protokol (port 23)

4.2 Telnet na Cisco ruterima (1)

- Telnet sesija se uspostavlja iz *user* moda:
  - komandom `telnet <IP adresa ili ime>`
  - komandom `connect <IP adresa ili ime>`
  - sa IP adresom/imenom odredišta
- Telnet sesija se završava komandama `exit` ili `logout`
- Posle 10 minuta neaktivnosti, telnet sesija na ruter se automatski prekida

4.2 Telnet na Cisco ruterima (2)

- Telnet sesija se može suspendovati sa Ctrl+Shift+6 pa X, tako da se vrati kontrola na početni uređaj
- Spisak aktivnih sesija se dobija komandom `show sessions` iz *user* moda
- Suspendovana sesija se prekida komandom `disconnect <IP adresa ili ime>`

4.2 Telnet na Cisco ruterima (3)

- Povratak na poslednju suspendovanu sesiju se vrši sa Enter
- Ukoliko je više sesija suspendovano, željena sesija se vraća komandom `resume <IP adresa ili ime>`

4.2 Telnet (primer 1)

```
cisco-bgp#telnet cisco3548-pmf-c2
Translating "cisco3548-pmf-c2"...domain server (147.91.1.5) [OK]
Trying cisco3548-pmf-c2.rcub.bg.ac.yu (147.91.3.76)... Open


User Access Verification

Username: djordjev
Password:

cisco3548-pmf-c2>exit

[Connection to cisco3548-pmf-c2 closed by foreign host]Deleting login
   session

cisco-bgp#
```

4.2 Telnet (primer 2)

```
cisco-bgp#telnet cisco3548-pmf-c2
Translating "cisco3548-pmf-c2"...domain server (147.91.1.5) [OK]
Trying cisco3548-pmf-c2.rcub.bg.ac.yu (147.91.3.76)... Open


User Access Verification

Username: djordjev
Password:

cisco3548-pmf-c2> ^x
cisco-bgp# Enter
[Resuming connection 1 to cisco3548-pmf-c2 ... ]

cisco3548-pmf-c2>
```

4.2 Telnet (primer 3)

```
cisco-bgp#telnet cisco3548-pmf-c2
Translating "cisco3548-pmf-c2"...domain server (147.91.1.5) [OK]
Trying cisco3548-pmf-c2.rcub.bg.ac.yu (147.91.3.76)... Open


User Access Verification

Username: djordjev
Password:

cisco3548-pmf-c2> ^x
cisco-bgp#disconnect cisco3548-pmf-c2
Closing connection to cisco3548-pmf-c2 [confirm]
Deleting login session

cisco-bgp#
```

4.2 Telnet (primer 4)

```
cisco-bgp#telnet cisco3548-pmf-c2
Translating "cisco3548-pmf-c2"...domain server (147.91.1.5) [OK]
Trying cisco3548-pmf-c2.rcub.bg.ac.yu (147.91.3.76)... Open


User Access Verification

Username: djordjev
Password:

cisco3548-pmf-c2> ^x
cisco-bgp#show sessions
Conn Host                Address            Byte  Idle Conn Name
*  1 cisco3548-pmf-c2    147.91.3.76           0     0 cisco3548-pmf-c2

cisco-bgp#
```

4.2 Ping servis

- Ping omogućava proveru putanje od izvorišta do odredišta:
  - izvorište šalje ICMP *Echo Request* paket
  - Po dobijanju *Echo Request* paketa, odredište šalje *Echo Reply* paket
- Osnovi mehanizam testiranja za IP mrežu

4.2 Ping na Cisco ruterima

- Ping se startuje komandom `ping <IP adresa ili ime>` iz *user* moda
- Podrazumevano se šalju pet *Echo Request* paketa, za svaki od njih ispisuje se karakter "!" ako je dobijen *Echo Reply* paket, odnosno "." ako odgovor nije dobijen za određeno vreme

4.2 Ping (primer)

```
cisco-bgp>ping 147.91.1.5

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 147.91.1.5, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/4 ms
cisco-bgp>ping 147.91.1.6

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 147.91.1.6, timeout is 2 seconds:
....U
Success rate is 0 percent (0/5)
cisco-bgp>
```

4.2 *Traceroute* servis

- Traceroute omogućava praćenje odlazne putanje paketa, koristeći TTL polje IP paketa:
  - izvorište šalje paket sa TTL=1 prema odredištu
  - prvi ruter na putanji dobija paket, odbacuje ga i vraća ICMP *Time Exceeded* poruku
  - izvorište šalje paket sa TTL=2 prema odredištu
  - drugi ruter na putanji dobija paket, odbacuje ga i vraća ICMP *Time Exceeded* poruku
  - itd.
  - kada paketi stignu do odredišta vratiće se ICMP *Port Unreachable* poruka

4.2 *Traceroute* na Cisco ruterima

- Traceroute se startuje komandom `traceroute <IP adresa ili ime>` iz *user* moda
- Podrazumevano se šalju po tri paketa za svaki TTL; u slučaju dobijanja ICMP Time Exceeded poruke ispisuje se ukupno vreme od slanja do prijema; u slučaju da se ne dobije odgovor za određeno vreme ispisuje se "*"
- Komanda `traceroute` se prekida sa **Ctrl+Shift+6**

4.2 Traceroute (primer)

```
cisco-bgp>traceroute www.yahoo.com
Translating "www.yahoo.com"...domain server (147.91.1.5) [OK]

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to www.yahoo.akadns.net (216.109.118.65)

  1 cisco6509.rcub.bg.ac.yu (147.91.7.234) 0 msec 0 msec 0 msec
  2 195.178.35.17 [AS 8400] 8 msec 4 msec 0 msec
  3 t2a4-p2-2.de-fra.eu.bt.net (166.49.147.141) 32 msec 28 msec 40 msec
  4 t2c2-ge7-0.de-fra.eu.bt.net (166.49.172.44) 44 msec 24 msec 28 msec
  5 t2c2-p1-0.nl-ams2.eu.bt.net (166.49.195.234) 36 msec 32 msec 36 msec
  6 t2c2-p3-0.uk-eal.eu.bt.net (166.49.195.37) 40 msec 40 msec 52 msec
  7 t2c2-p5-0.us-ash.eu.bt.net (166.49.164.22) 116 msec 116 msec 116 msec
  8 exchange-cust1.ash.equinix.net (206.223.115.16) 112 msec 116 msec 112 msec
  9 vlan220-msr2.dcn.yahoo.com (216.115.96.165) 116 msec 116 msec 116 msec
 10 vl33.bas2-m.dcn.yahoo.com (216.109.120.154) 112 msec 116 msec
    vl32.bas1-m.dcn.yahoo.com (216.109.120.150) 112 msec
 11 www.yahoo.akadns.net (216.109.118.65) 112 msec 112 msec 120 msec
```

Sadržaj poglavlja

- 5.1 Sekvenca podizanja rutera
- 5.2 Upravljanje fajl sistemom

5.1 Sekvenca podizanja rutera

- POST
- Učitavanje i izvršavanje *bootstrap* programa
- Učitavanje i izvršavanje operativnog sistema
- Učitavanje *startup* konfiguracije

5.1 Proces podizanja: POST

- POST *(power-on self test)* verfikuje stanje hardvera
  - CPU
  - memorija
  - interfejsi

5.1 Proces podizanja: b*ootstrap*

- Učitava IOS *image*
  - iz *Flash* memorije
  - sa TFTP servera
  - iz ROM-a
- Predaje dalje izvršavanje IOS-u

5.1 Proces podizanja: IOS

- Locira sve hardverske i softverske resurse i ispisuje ih na konzoli
- Uzima *startup* konfiguraciju iz NVRAM memorije i počinje svoj rad
- U slučaju da je NVRAM prazan pokreće se dijalog za inicijalno konfigurisanje rutera *(setup dialog)*

5.1 Konfiguracioni registar

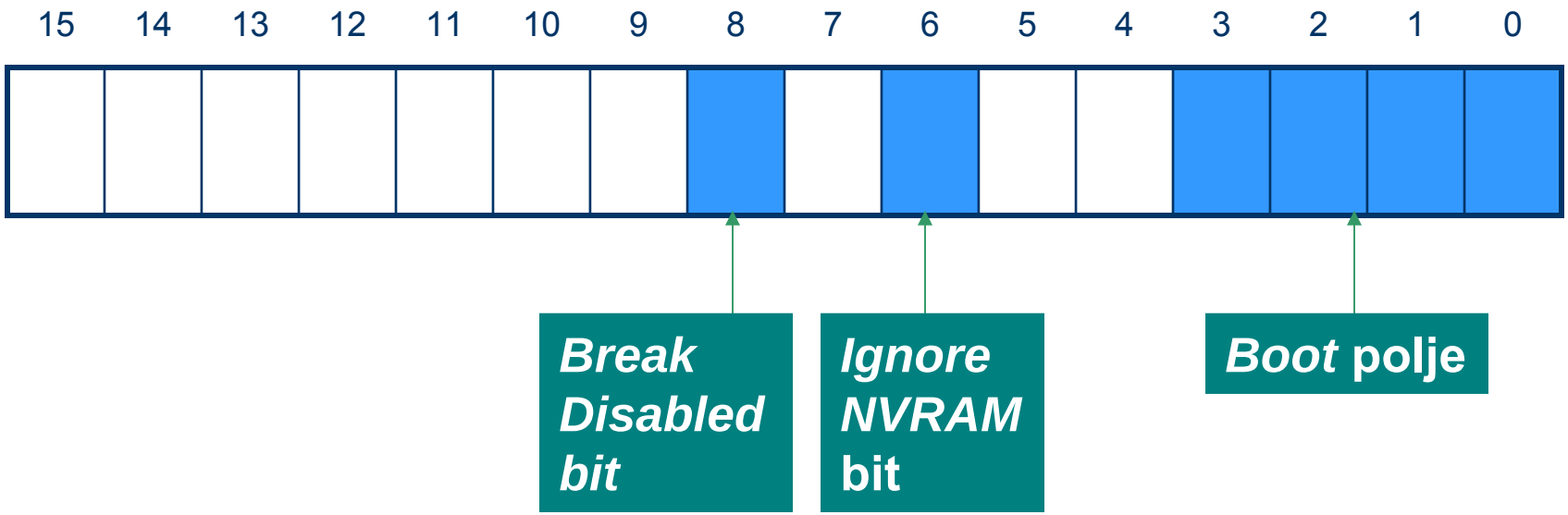
- 16-bitni registar koji definiše razne parametre koje koristi *bootstrap* program
- Čuva se u NVRAM memoriji
- Uvek se prikazuje u heksadecimalnom obliku

5.1 Pristup konfiguracionom registru

- Vrednost konfiguracionog registra se može videti na kraju ispisa **`show version`** komande *user* moda
- Vrednost konfiguracionog registra se postavlja komadom **`config-register`** iz *global configuration* moda

5.1 Bitovi konfiguracionog registra

Konfiguracioni registar



5.1 Proces pronalaženja IOS-a (1)

1. Ispituje se *boot* polje konfiguracionog registra:
   a) vrednost 0x0 → ruter se zaustavlja u rommon modu
   b) vrednost 0x1 → uzima se IOS iz ROM-a (“RXBOOT”)
   c) vrednost 0x2 do 0xF → nastavlja se *booting* proces
2. Traže se `boot system` komande u startup konfiguraciji

5.1 Proces pronalaženja IOS-a (2)

3. Ako `boot system` komande postoje:
   a) uzima se jedna po jedna komanda i pokušava se pronaći IOS fajl na zadatom mestu
   b) ukoliko se IOS nigde ne pronađe:
      1. ako se IOS fajl tražio samo na TFTP serverima, učitava se IOS fajl iz Flash-a, ili iz ROM-a
      2. ako se IOS tražio i u Flash memoriji odmah se učitava IOS iz ROM-a

5.1 Proces pronalaženja IOS-a (3)

4. Ako nema `boot system` komandi:
   a) uzima se prvi IOS fajl iz Flash memorije
   b) uzima se IOS fajl sa TFTP servera sa *default* imenom
   c) uzima se IOS fajl iz ROM-a

5.1 `Boot system` komande (1)

- Komande `boot system` iz *global configuration* moda specificiraju jedno ili više mesta odakle se traži IOS softver
  - Flash memorija
  - TFTP server
  - ROM
- U konfiguraciji može postojati više `boot system` komandi

5.1 `Boot system` komande (2)

Komanda	Opis
`boot system flash <ime IOS fajla>`	Traži se IOS softver sa zadatim imenom u Flash memoriji
`boot system tftp <ime IOS fajla> <IP adresa TFTP servera>`	Traži se IOS softver sa zadatim imenom na TFTP serveru na zadatoj IP adresi
`boot system rom`	Učitava se IOS softver iz ROM memorije

5.1 Komande vezane za proces podizanja rutera (1)

- Komanda `reload` *privileged* moda startuje ponovno podizanje rutera *(reboot)*
- Komanda `setup` *privileged* moda startuje ponovnu inicijalizaciju kroz *setup dialog*

5.1 Komande vezane za proces podizanja rutera (1)

- Komanda `erase startup-config` (`write erase` na IOS 10.3) briše sadržaj NVRAM memorije
  - pri sledećem podizanju rutera pokrenuće se *setup dialog*
- `show startup-config`
- `show running-config`

5.1 Moguće situacije pri podizanju rutera (1)

- Nema startup konfiguracije ili pogrešne `boot system` komande
  - npr. `boot system` komande u *startup* konfiguraciji pokazuju na pogrešno ime *image* fajla, koga ruter ne uspeva da pronađe i završava u *rommon* modu
  - treba ih ukloniti pomoću prefiksa no u *global configuration* modu i uneti ispravne

5.1 Moguće situacije pri podizanju rutera (2)

- Pogrešna vrednost konfiguracionog registra
  - npr. *boot* polje konf. registra je 0x0 ili 0x1 i ruter ne podiže IOS već i završava u *rommon* modu
  - upisati ispravnu vrednost konf. registra:
    - u *rommon* modu komandom `confreg <hex vrednost>`
    - u IOS *global configuration* modu komandom `config-register <hex vrednost>`

5.1 Moguće situacije pri podizanju rutera (3)

- Neispravan image u flešu
  - pri podizanju se javlja neka od sledećih poruka:
    - `open: read error...requested 0x4 bytes, got 0x0`
    - `trouble reading device magic number`
    - `boot: cannot open "flash:"`
    - `boot: cannot determine first file name on device "flash:"ú`
  - potrebno je prebaciti ispravan IOS image u fleš sa TFTP servera
- Hardverski problem

5.2 Fajlovi na Cisco ruteru

- IOS *image* (fleš memorija)
- *Startup* konfiguracija (NVRAM memorija)
  - *running* konfiguracija se ne čuva u obliku fajla!

5.2 *Cisco IOS File System (IFS)*

- Jedinstveni interfejs za sve fajl sisteme na ruteru:
  - fleš memorija
  - NVRAM
  - mrežni fajl sistemi (TFTP, rcp, FTP)
  - *running* konfiguracija
  - ROM
- Od verzije IOS-a 12.x
- Ime fajla je u obliku <prefiks fajl sistema>:<ime fajla>

5.2 Prefiksi IFS fajl sistema

Prefix	Description
bootflash:	Bootflash memory
flash:	Flash memory. This prefix is available on all platforms. For platforms that do not have a device named flash, the prefix flash: is aliased to slot0:. Therefore, the prefix flash: can be used to refer to the main flash memory storage area on all platforms.
flh:	Flash load helper log files
ftp:	File Transfer Protocol (FTP) network server
nvram:	NVRAM
rcp:	Remote copy protocol (rcp) network server
Slot0:	First Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA) flash memory card
Slot1:	Second PCMCIA flash memory card
system:	Contains the system memory, including the running configuration
Tftp:	TFTP network server

5.2 Imena fajlova u IFS (primer)

Ime fajla	Opis
`system:running-config`	*Running* konfiguracija
`nvram:startup-config`	*Startup* konfiguracija
`rcp:`	Fajl kome će biti pristupano preko rcp protokola
`ftp:`	Fajl kome će biti pristupano preko FTP protokola

5.2 Imena fajlova pre IFS (primer)

Ime fajla	Opis
`running-config`	*Running* konfiguracija
`startup-config`	*Startup* konfiguracija
`rcp`	Fajl kome će biti pristupano preko rcp protokola
`tftp`	Fajl kome će biti pristupano preko TFTP protokola

5.2 Delovi imena IOS *image* fajlova

- Naziv familije rutera
  - Cisco 2600 (“c2600”), Cisco 3600 (“c3600”)
- Oznaka mogućnosti *(feature set)*
  - IP (“i”), Plus (”s”), Enterprise (”j”), Firewall (”o”) ...
- Oznaka formata
  - kompresovan fajl (”z”), izvršavanje iz memorije (”m”)
- Oznaka verzije
  - 12.1(3) (”121-3”)

5.2 Upravljanje konfiguracionim fajlovima

- Preko TFTP protokola
  - komanda `copy tftp {running-config|startup-config}`
  - komanda `copy {running-config|startup-config} tftp`
- Preko *copy/paste* opcije terminalskog programa

5.2 Kopiranje *running* konfiguracije na TFTP server (primer)

```
GAD#copy running-config tftp
Address or name of remote host
[]?192.168.119.20
Destination filename [GAD-confg]?
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
624 bytes copied in 7.05 secs
GAD#
```

5.2 Kopiranje *running* konfiguracije sa TFTP servera (primer)

```
GAD#copy tftp running-config
Address or name of remote host []?
192.168.119.20
Source filename []?GAD-confg
Destination filename [running-config]?
Accessing tftp://192.168.119.20/GAD-
confg…
Loading GAD-confg from 192.168.119.20
(via FastEthernet 0/0):
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
[OK-624 bytes]
624 bytes copied in 9.45 secs
GAD#
```

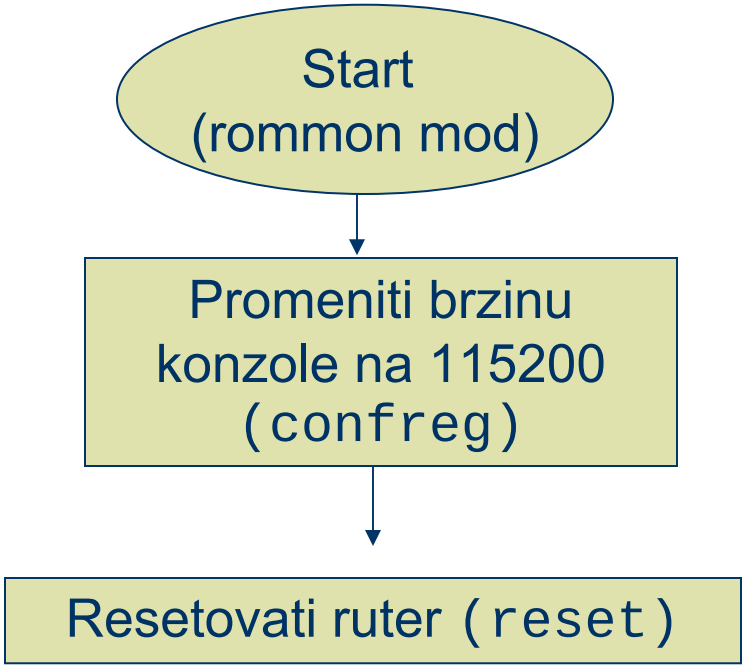
5.2 Upravljanje IOS *image* fajlovima

- Preko TFTP protokola (IOS)
  - komanda `copy tftp flash`
  - komanda `copy flash tftp`
- Preko Xmodem protokola terminalskog protokola (rommon)
- Preko TFTP protokola (rommon)

5.2 Kopiranje IOS *image* fajla sa TFTP servera (primer)

```
GAD#copy tftp flash
Address or name of remote host []?192.168.119.20
Source filename []? C2600-js-l_121-3.bin
Destination filename [C2600-js-l_121-3.bin]?
Accessing tftp://192.168.119.20/ C2600-js-l_121-3.bin
Erase flash: before copying? [confirm]
Erasing the flash file system will remove all files
Continue? [confirm]
Erasing device eeeeee…eeeeeeeeeeeee…erased
Loading C2600-js-l_121-3.bin from 192.168.119.20 (via
FastEthernet 0/0): !!!!!!!!!!!!!!…!!!!!!!!!!!!!!!!!!
Verifying Check sum ............OK
[OK-8906589 bytes]
8906589 bytes copied in 277.45 secs
GAD#
```

5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko Xmodem protokola (1)



5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko Xmodem protokola (2)

Promeniti brzinu terminalskog programa na 115200

↓

Pokrenuti Xmodem prijem na ruteru (`xmodem -c <fajl>`)

↓

Pokrenuti Xmodem slanje na računaru (Transfer->Send File)

5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko Xmodem protokola (3)

Vratiti konfiguracioni registar
`(config-reg 0x2102)`

↓

Promeniti brzinu konzole na 9600
`(line con0`
`speed 9600)`

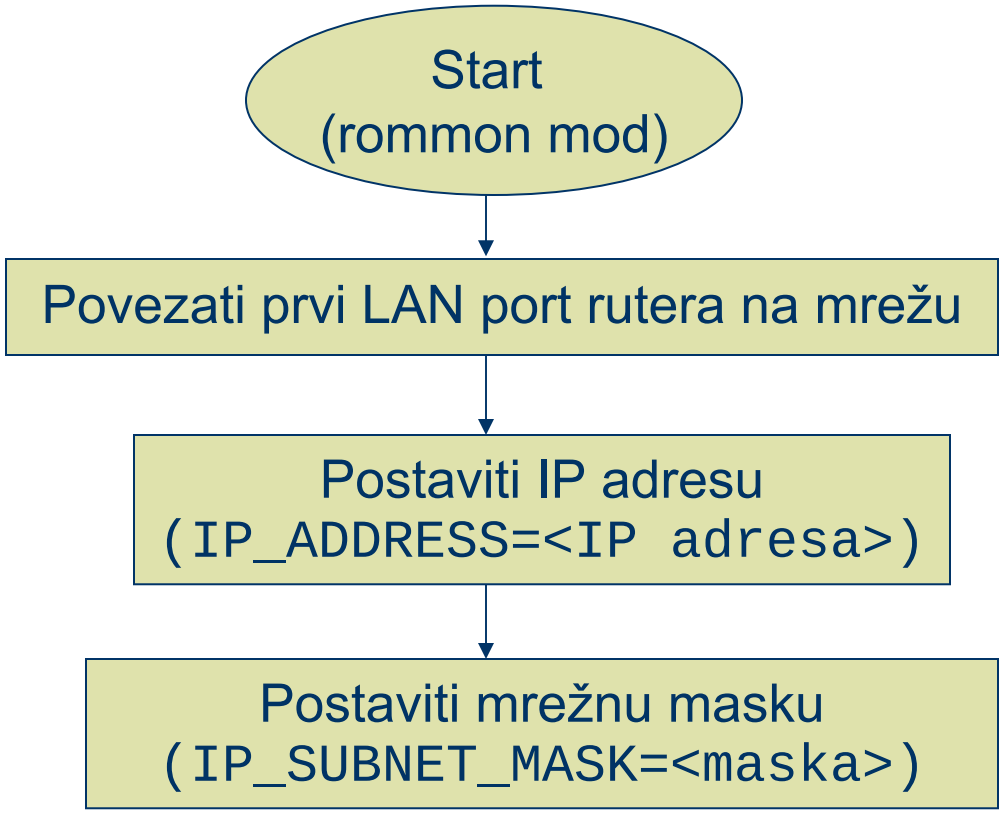
↓

Promeniti brzinu terminalskog programa na 9600

↓

Stop

5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko TFTP protokola iz rommon moda (1)



5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko TFTP protokola iz rommon moda (2)

Postaviti IP adresu *default gateway-a*
(`DEFAULT_GATEWAY=<IP adresa>`)

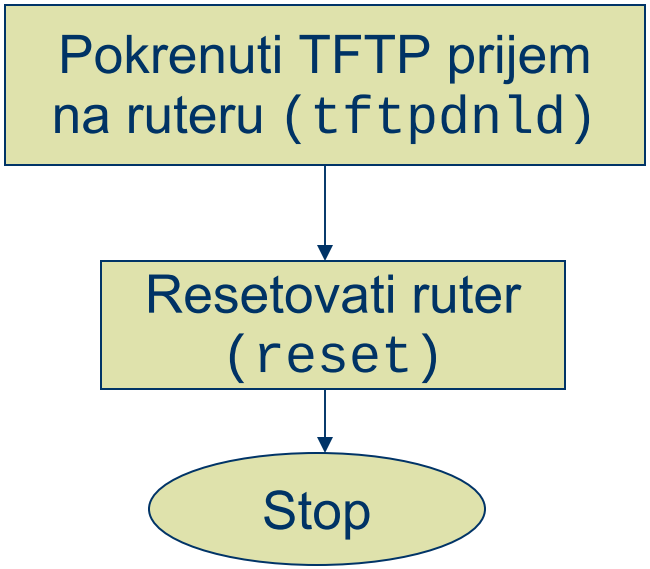
↓

Postaviti IP adresu TFTP servera
(`TFTP_SERVER=<IP adresa>`)

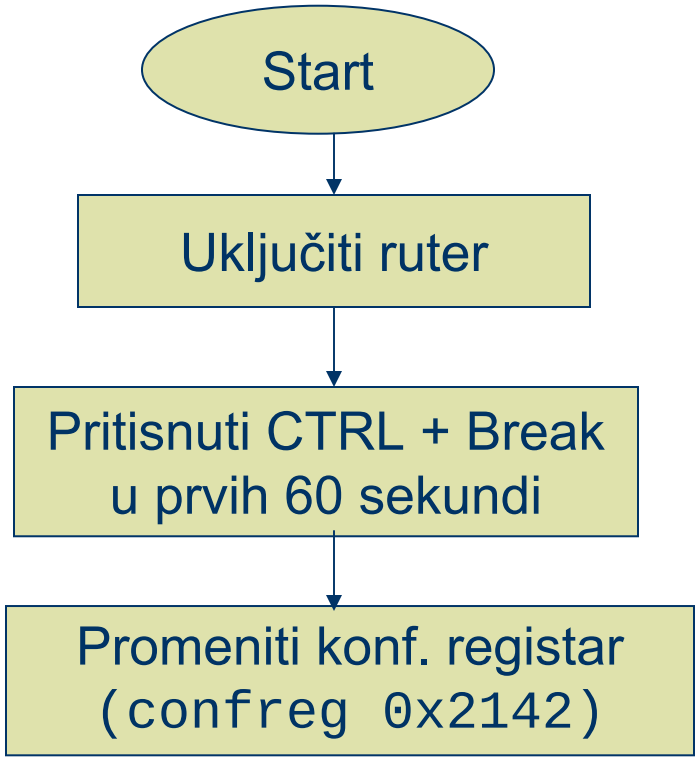
↓

Postaviti ime fajla
(`TFTP_FILE=<ime>`)

5.2 Kopiranje IOS *image* fajla preko TFTP protokola iz rommon moda (3)



5.2 *Password recovery* (1)



5.2 *Password recovery* (2)

Resetovati ruter (`reset`)

↓

Izbeći *setup* dijalog (`no`)

↓

Ući u *privileged* mod (`enable`)

↓

Vratiti *startup* konfiguraciju (`copy start run`)

5.2 *Password recovery* (3)

Ući u globalni konf. mod
`(config term)`

↓

Uneti *enable* lozinku
`(enable secret class)`

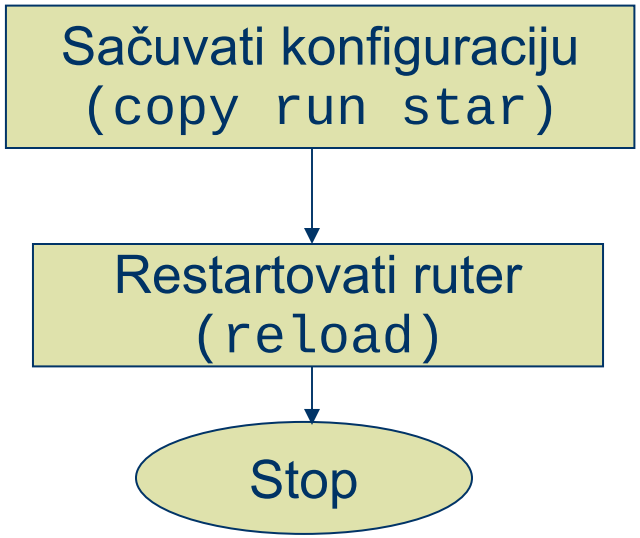
↓

Vratiti konf. registar
`(config-register 0x2102)`

↓

CTRL + Z

5.2 *Password recovery* (4)



Sadržaj poglavlja

- 6.1 Uvod u statičko rutiranje
- 6.2 Dinamičko rutiranje
- 6.3 Protokoli rutiranja

6.1 Statičke i dinamičke rute

- Statičke rute unosi manuelno administrator rutera u njegovu konfiguraciju
- Dinamičke rute se automatski unose u tabelu rutiranja, pomoću nekog od protokola za rutiranje

6.1 Primena statičkih ruta

- U slučaju kada ne želimo da razmenjujemo informacije putem protokola za rutiranje (npr. sigurnosni razlozi)
- U *stub network* slučaju, tj. kada odredišna mreža ima samo jedan link prema ostatku IP mreže (smanjuje potrebni propusni opseg)

6.1 Administrativna distanca

- Vrednost koja daje prioritet određenim protokolima rutiranja u slučaju da više njih želi da upiše rutu u tabelu rutiranja za isto odredište
  - protokol koji ima manju administrativnu distancu će dobiti prednost

6.1 Podrazumevane administrativne distance

Protokol	Podrazumevana administrativna distanca
Connected ruta	0
Statička ruta	1
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
RIP	120

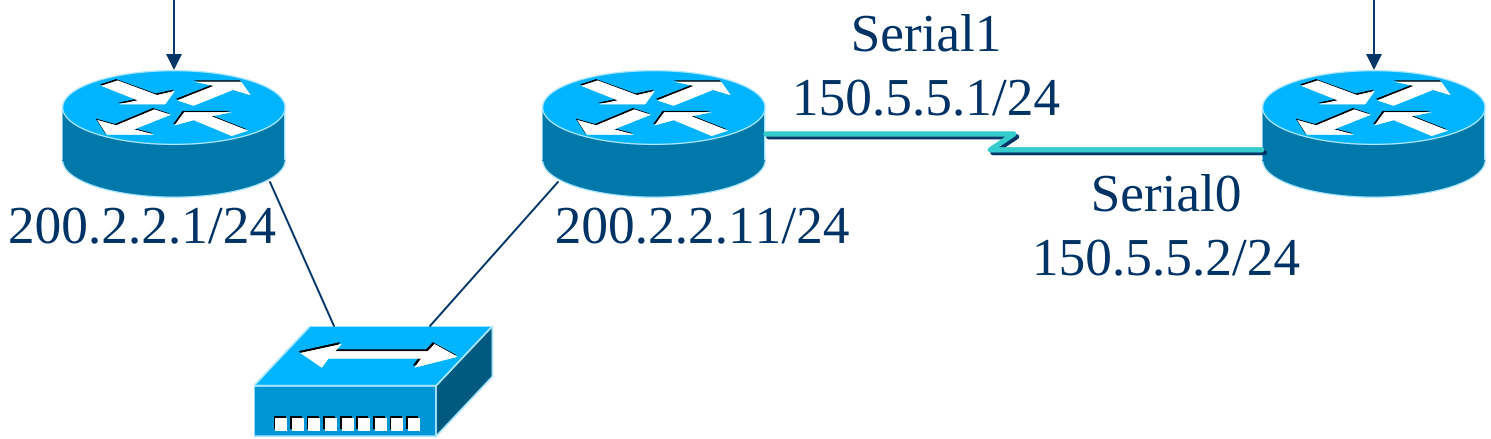
6.1 Kreiranje statičkih ruta

- Statičke rute se kreiraju komandom
  `ip route <odredišna mreža> <maska> {<addresa sledećeg rutera> | <interfejs>} [<admin. distanca>]`
  u *global configuration* modu
- U slučaju da je izlazni interfejs nije podignut, ili ako je adresa sledećeg rutera nedostupna, iako komanda stoji u konfiguraciji ruta se neće postaviti u tabelu rutiranja

6.1 Statičke rute (primer)

```
ip route 150.5.5.0 255.255.255.0 200.2.2.11
```

```
ip route 200.2.2.0 255.255.255.0 Serial0
```



6.1 *Default* ruta

- *Default* ruta se koristi ako u tabeli rutiranja ne postoji eksplicitna ruta prema odredištu
- Odredišna mreža za *default* rutu je 0.0.0.0/0
  - ruta se koristi ako je <odredišna IP adresa> AND <maska rute> = <prefiks rute>
  - ovde je maska rute 0.0.0.0, tako da svaka AND daje 0.0.0.0 što je i prefiks rute → *default* ruta se može koristiti za svako odredište

6.1 Pregled tabele rutiranja

- Tabela rutiranje se ispisuje pomoću komande `show ip route` iz *user EXEC* moda

6.1 Pregled tabele rutiranja (primer)

Command

```
Router> show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E-EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level 1, L2 - IS-IS level 2
       * - candidate default

Gateway of last resort is not set

    144.253.0.0 is subnetted (mask is 255.255.255.0), 1 subnets
C      144.253.100.0 is directly connected, Ethernet1
R   133.3.0.0
R   153.50.0.0 [120/1] via 183.8.128.12, 00:00:09, Ethernet0
    183.8.0.0 is subnetted (mask is 255.255.255.128), 4 subnets
R      183.8.0.128 [120/1] via 183.8.128.130.00, 00:00:17, Serial0
                   [120/1] via 183.8.64.130, 00:00:17, Serial1
C      183.8.128.0 is directly connected, Ethernet0
C      183.8.64.128 is directly connected, Serial1
C      183.8.128.128 is directly connected, Ethernet0
R   192.3.63.0
```

Odredišna mreža

Administrativna distanca/metrika

R=RIP ruta
C=connected
S=statička ruta

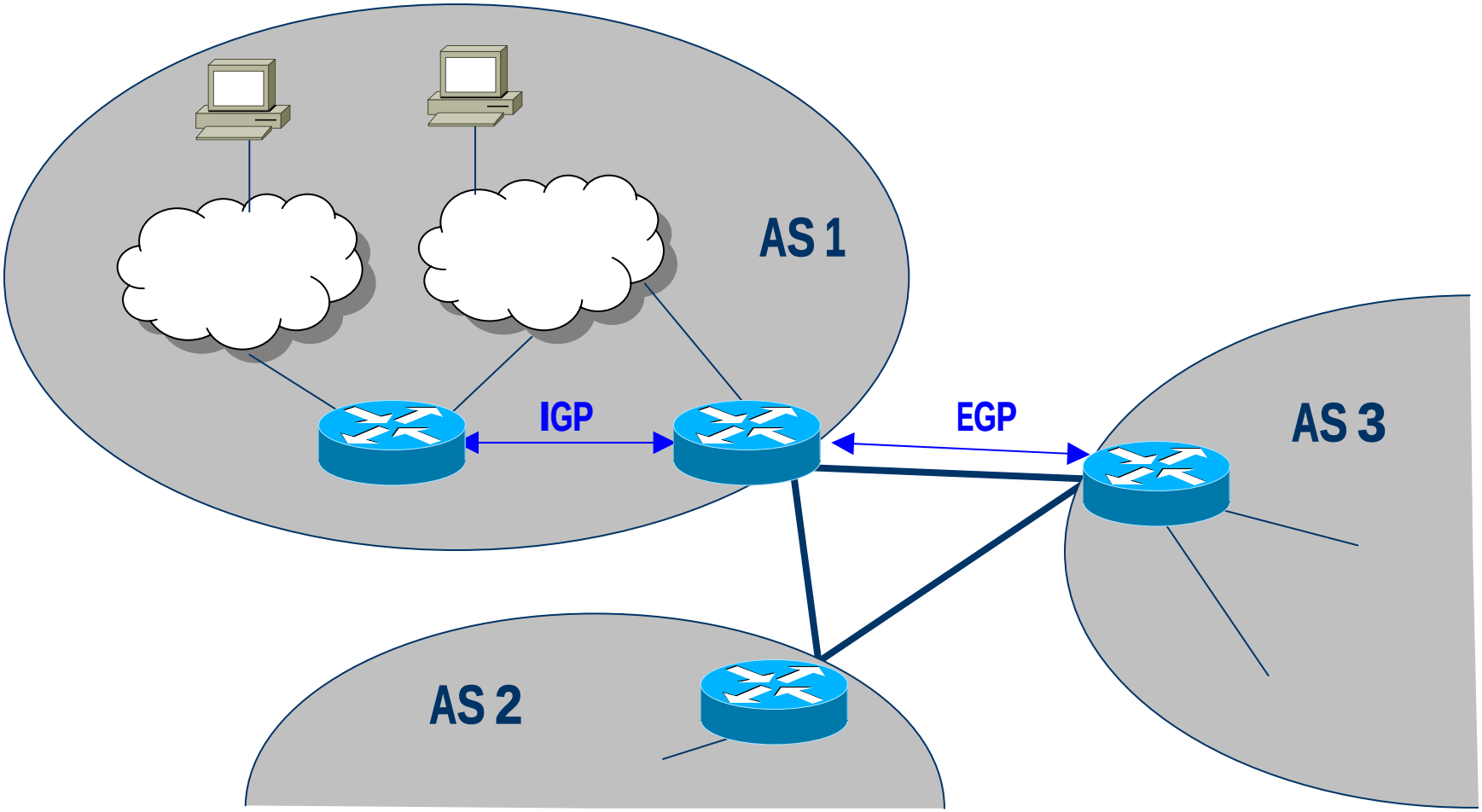
6.2 Autonomni sistem

- Skup IP mreža pod jedinstvenom administrativnom organizacijom
- Svaki AS ima jedinstveni 16-bitni broj

6.2 Podela protokola rutiranja prema mestu korišćenja

- U okviru autonomnog sistema *(Interior Gateway Protocol - IGP)*
  - RIP
  - OSPF
  - IGRP
  - EIGRP
- Između autonomnih sistema *(Exterior Gateway Protocol - EGP)*
  - BGP

6.2 EGP i IGP protokoli



6.2 Karakteristike protokola rutiranja

- Kako se šalju oglašavanja?
- Od čega se oglašavanja sastoje?
- Kada se šalju oglašavanja?
- Kako se određuju primaoci oglašavanja?

6.2 Pojam metrike

- Algoritam iza protokola rutiranja mora odrditi najbolju putanju prema odredištu
- Svaka putanja prema nekoj mreži se kvantifikuje podatkom zvani metrika
- U tabelu rutiranja se postavlja ruta sa najmanjom metrikom

6.2 Mogući tipovi metrike

- propusni opseg *(bandwidth)*
- kašnjenje *(delay)*
- opterećenje *(load)*
- pozudanost *(reliability)*
- broj rutera na putanji *(hop count)*
- kašnjenje na linku po IBM PC kloku *(ticks)*
- administrativna vrednost (cost)

6.2 Tipovi protokola za rutiranje

- *distance-vector*
- *link-state*

6.2 *Distance-vector* koncept

- Ruter sa *distance-vector* protokolom:
  - periodično oglašava svoju tabelu rutiranja susednim ruterima
  - prima poruku *(routing update)* od susednih rutera i dodaje vrednost metrike *(distance vector)* za taj link
  - ruta sa najmanjom metrikom se upisuje u tabelu rutiranja
  - mreža koja je direktno priključena na ruter se oglašava sa metrikom 0 ili 1

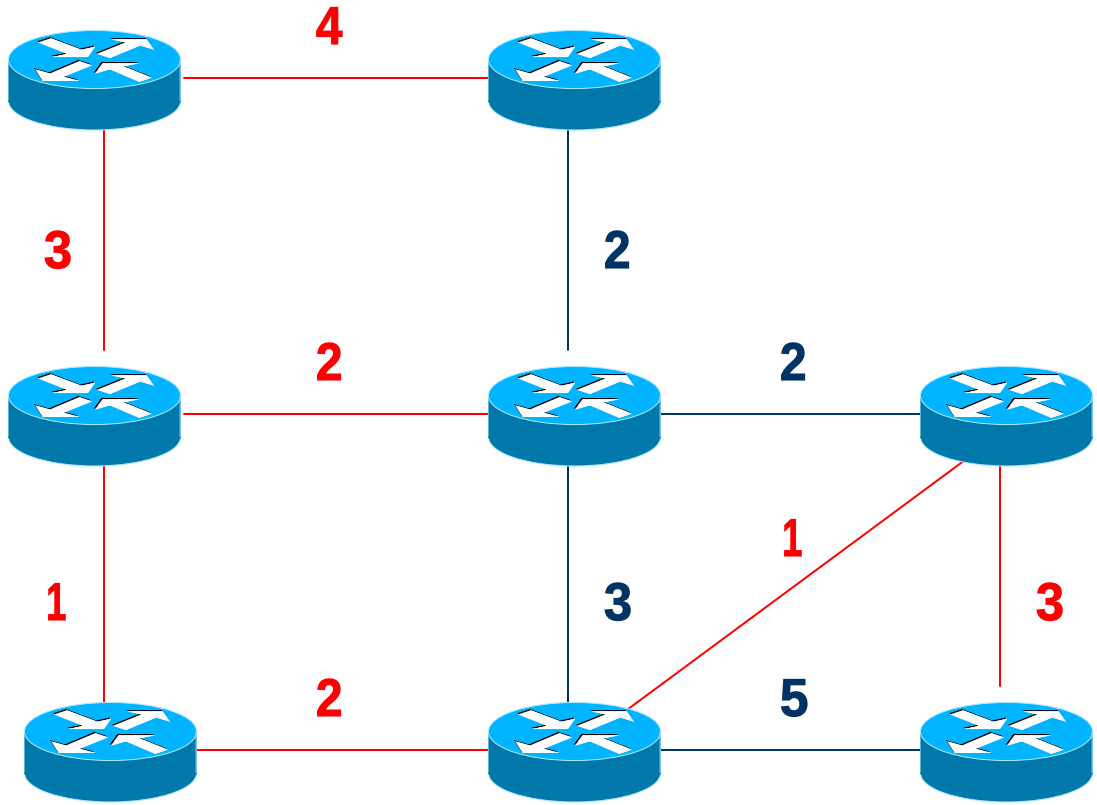
6.2 *Link-state* koncept

- Ruter sa *link-state* protokolom
  - oglašava status svojih interfejsa (linkova) svim susednim ruterima koji ih prosleđuju svim ostalim ruterima u oblasti *(area)* u LSA paketima
  - na osnovu svih dobijenih LSA paketa rekonstruiše kompletnu topologiju oblasti *(topological database)* i na osnovu nje SPF algoritmom izračunava putanju do svake odredišne mreže
  - kada se neki link uspostavi/prekine odmah oglašava promenu novim LSA

6.2 Oglašavanje mreža *link-state* protokolom

- Ruteri međusobno prenose informacije preko LSA *(link state advertisement)* poruka
- LSA poruke “poplavljuju” oblast *(flooding)*

6.2 Topologija oblasti



A	
B	4
C	3
D	5
E	4
F	6
G	10
H	7

6.2 Resursi za *link-state* protokole

- *Link-state* protokoli zauzimaju više resursa nego *distance-vector* protokoli
  - procesorsko vreme (zbog SPF algoritma)
  - memorija (zbog topologije)
- Na početku (plavljenje), *link-state* protokoli troše dosta propusnog opsega, ali se po uspostavljenom stanju potrošnja svodi na slanje LSA-ova samo po promeni topoolgije

6.2 Poređenje *distance-vector* i *link-state* protokola

distance-vector	*link-state*
Ruteri nemaju kompletnu topologiju oblasti, već samo informacije od svojih suseda	Ruteri imaju kompletnu topologiju oblasti
Ruter po ruter dodaje metriku	Svaki ruter zasebno računa metriku
Periodični *routing update*; spora konvergencija	*Routing update* na svaki događaj; brza konvergencija
Oglašava tabelu rutiranja	Oglašava *link-state* portova

6.3 IP protokoli za rutiranje (1)

- RIP
  - IGP *distance vector* protokol
  - metrika je broj hopova do odredišta (>15 = ∞)
  - oglašavanje na svakih 30 s
  - definisan u RFC 1058
- IGRP
  - IGP *distance vector* protokol
  - metrika je kombinacija propusnog opsega/kašnjenja/opterećenja/pouzdanosti
  - oglašavanje na svakih 90 s
  - Cisco *proprietary* protokol

6.3 IP protokoli za rutiranje (2)

- OSPF
  - IGP *link-state* protokol
  - metrika je cena (dobija se prema propusnom opsegu)
  - SPF algoritam
  - definisan u RFC 2328
- EIGRP
  - IGP napredni *distance vector* protokol
  - metrika je kombinacija propusnog opsega/kašnjenja/opterećenja/pouzdanosti
  - DUAL algoritam
  - oglašavanje na svakih 90 s, odnosno po potrebi
  - Cisco *proprietary* protokol

6.3 IP protokoli za rutiranje (3)

- BGP
  - EGP *distance vector* protokol
  - metrika je broj autonomnih sistema do odredišta

6.3 Konfigurisanje protokola za rutiranje

- Specifikacija protokola
- Specifikacija mreža koje se oglašavaju/interfejsa preko kojih se šalju oglašavanja
- Konfiguracija adresa na interfejsima

6.3 Specifikacija protokola za rutiranje

- Specifikacija protokola se vrši komandom `router <protokol> <opcije>` iz *global configuration* moda
- Ovom komandom se prelazi u *router configuration* mod
  - dostupne komande su zavisne od izabranog protokola

6.3 Specifikacija mreža koje se oglašavaju

- Mreže koje se oglašavaju se zadaju komandom `network <major network>` u *router configuration* modu
- Detalji komande `network` zavise od specifičnog protokola

Sadržaj poglavlja

- 7.1 *Distance vector* rutiranje
- 7.2 RIP
- 7.3 IGRP

7.1 Oglašavanje kod *distance vector* protokola

- Oglašavanja *(advertisements, routing updates)* se sastoje od ruta iz tabele rutiranja i njihovim metrikama
- Oglašavanje se šalju susednim ruterima
- Oglašavanja se šalju:
  - periodično
  - pri svakoj promeni topologije

7.1 Promena topologije kod *distance-vector* protokola

- Kada se neki link ruterskog interfejsa prekine ili uspostavi, ruter će to oglasiti svojim susedima
  - ...a oni svojim susedima itd.
- Postoji određeno vreme koje mora da prođe da bi se u mreži uspostavilo stabilno stanje – konvergencija
- U međuvremenu, moguća je pojava petlji

7.1 *Counting to infinity* pojava

- Problem: iako je mreža nedostupna, ruteri međusobno razmenjuju informacije o njoj, nepretano povećavajući metriku – *counting to infinity*
- Rešenje: ograničavanje maksimalne metrike, tj. uvođenje metrike koja označava da je mreža nedostupna *(unreachable)*
- Kada mreža potane nedostupna ruter je oglašava sa beskonačnom metrikom

7.1 Ostala rešenja za petlje u rutiranju

- Uvođenje beskonačne metrike rešava problem petlji u rutiranju ali na vrlo spor način
- Dodatne tehnike
  - *split horizon*
  - *route poisoning*
  - *triggered updates*
  - *holddown*

7.1 *Split horizon*

- U oglašavanju se ne šalju mreže koje su već dobijene preko tog interfejsa

7.1 *Route poisoning*

- U oglašavanju se mreže koje su već dobijene preko tog interfejsa šalju sa beskonačnom metrikom

7.2 *Triggered update*

- Pored redovnih periodičnih oglašavanja, ruter će slati *routing update* i u trenutku kada se desi neka promena (npr. promena metrike rute)

7.2 *Holddown*

- Kada se od rutera, od koga neka ruta već dobijena, sada ta ista ruta dobije sa beskonačnom metrikom započine *holddown* period
- Za vreme *holddown* perioda:
  - prihvataju se samo oglašavanja iste rute sa manjom metrikom od originalne
  - ruta se oglašava i dalje sa beskonačnom metrikom

7.2 RIP protokol

- Opisan u RFC 1058 dokumentu
- *Distance-vector* protokol
- Oglašavanja se šalju na svakih 30 sekundi
- Metrika je *hop-count*
- Metrika 16 označava da je odredišna mreža nedostupna

7.2 Verzije RIP protokola

- Osnovna verzija je RIPv1
- RIPv2 donosi sledeća poboljšanja:
  - autentifikacija
  - VLSM
  - slanje oglašavanja putem multicast-a

7.2 Pokretanje RIP procesa

- RIP proces se pokreće komandom `router rip` iz *global configuration* moda
- RIP proces se gasi komandom `no router rip`

7.2 Oglašavanje mreža (1)

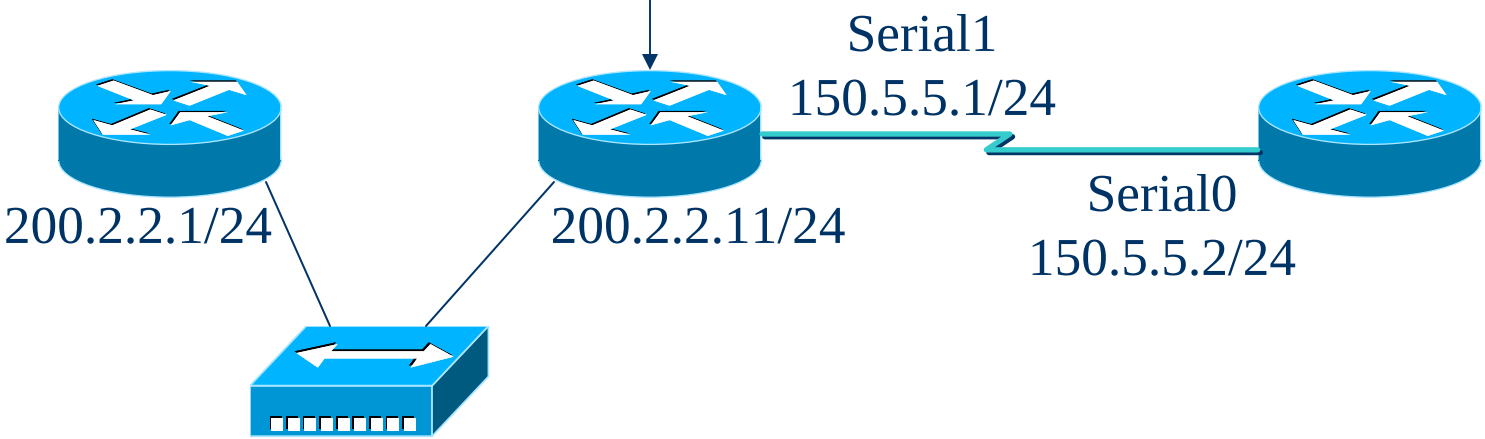
- Mreže koje se oglašavaju se zadaju komandom `network <major network>` u *router configuration* modu
  - mora da postoji barem jedan interfejs koji pripada toj mreži
- Ne postoji mogućnost oglašavanja pojedinih podmreža
- Ako se kao argument navede adresa podmreže, efekat je isti kao da se upisala adresa klase

7.2 Oglašavanje mreža (2)

- Oglašavanja se šalju samo preko interfejsa koji pripadaju mrežama koje se oglašavaju
- Oglašavanja se primaju sa svih interfejsa
- Po *default-u* se oglašavaju:
  - mreže koje su specificirane `network` komandama
  - mreže koje su dobijene RIP protokolom od drugih rutera

7.2 Konfigurisanje RIP protokola

```
router(config)# router rip
router(config-router)# network 200.2.2.0
router(config-router)# network 150.5.0.0
```



7.2 Opciona podešavanja RIP procesa (1)

- Dodavanje ofseta metrici rute
- Podešavanje tajmera
- Specifikacije verzije protokola
- Uključivanje autentifikacije
- Konfiguracija sumarizacije rute na interfejsu

7.2 Opciona podešavanja RIP procesa (2)

- Verifikacije sumarizacije ruta
- Isključivanje automatske sumarizacije
- Istovremeni rad RIP i IGRP procesa
- Isključivanje validacije izvora oglašavanja
- Isključivanje *split horizon*-a
- Povezivanje RIP-a na WAN

7.2 Isključivanje *split horizon* tehnike

- *Split horizon* na interfejsu se isključuje komandom `no ip split horizon` u *interface configuration* modu

7.2 `ip classless` komanda

- Komanda `ip classless` omogućava da se za rutiranje iskoristi ruta prema mreži ili default ruta u slučaju da ne postoji ruta prema podmreži
- Zadaje se u global *configuration* modu
- Od verzije 11.3 pa nadalje je uključena po *default-u*

7.2 Pregled parametara RIP protokola (1)

- Pregled svih konfigurisanih protokola se dobija komandom `show ip protocols` iz *user* moda

7.2 Pregled parametara RIP protokola (2)

Command

```
Router> show ip protocol
Routing Protocol is rip
  Sending updates every 30 seconds, next due in 13 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Redistributing: rip
  Routing for Networks:
    183.8.0.0
    144.253.0.0
  Routing Information Sources:
  Gateway                Distance        Last Update
    183.8.128.12           120            0:00:14
    183.8.64.130           120            0:00:19
    183.8.128.130          120            0:00:03
  Distance: (default is 120)
```

Preostalo vreme do sledećeg oglašavanja

Vrednost RIP tajmera

Mreže zadate `network` komandom

Susedni ruteri od kojih su dobijeni *routing update-i*

7.2 RIP tajmeri

Oznaka	Opis	*Default* vrednost (sec)
update	Period u kome se šalju oglašavanja	30
invalid	Vreme u kome se očekuje ponovni *update* za rutu; ako istekne, ruta se i dalje koristi, i oglašava sa metrikom 16	180
holddown	Period koji počinje sa prijemom rute sa metrikom 16 i za vreme kojeg se ne prihvataju rute sa lošijom metrikom	180
flush	Period posle koga se ruta izbacuje iz tabele	240

7.2 Debagovanje RIP protokola (1)

- Debagovanje RIP protokola se započinje komandom `debug ip rip`
- Debagovanje se prekida sa:
  - `no debug ip rip` (samo RIP protokol)
  - `no debug all` ili `undebug all` (kompletno)
- Pri debagovanju se ispisuju sva poslata i primljena oglašavanja

7.2 Debagovanje RIP protokola (2)

Command

```
Router# debug ip rip
RIP Protocol debugging is on
Router#
RIP: received update from 183.8.128.130 on Serial0
     183.8.0.128 in 1 hops
     183.8.64.128 in 1 hops
     0.0.0.0 in 16 hops (inaccessible)
RIP: received update from 183.8.64.140 on Serial1
     183.8.0.128 in 1 hops
     183.9.128.128 in 1 hops
     0.0.0.0 in 16 hops (inaccessible)
RIP: received update from 183.8.128.130 on Serial0
     183.8.0.128 in 1 hops
     183.8.64.128 in 1 hops
     0.0.0.0 in 16 hops (inaccessible)
RIP: sending update to 255.255.255.255 via Ethernet0 (183.8.128.2)
     subnet 183.8.0.128, metric 2
     subnet 183.8.64.128, metric 1
     subnet 183.8.128.128, metric 1
     default 0.0.0.0, metric 16
     network 144.253.0.0, metric 1
RIP: sending update to 255.255.255.255 via Ethernet1 (144.253.100.202)
     default 0.0.0.0, metric 16
     network 153.50.0.0, metric 2
     network 183.8.0.0, metric 1
```

Primljeno oglašavanje

Poslato oglašavanje

7.2 Pasivni interfejs

- Pasivni interfejs označava interfejs preko koga se ne šalju oglašavanja, ali mogu da se primaju
  - važi samo kod *distance vector* protokola
- Konfiguriše se komandom `passive interface <interfejs>` u *router configuration* modu

7.2 Balansiranje saobraćaja - *load balancing (1)*

- Balansiranje saobraćaja se dešava ako u tabeli rutiranja imamo više ruta sa istom metrikom
  - za IGRP/EIGRP metrika može da se razlikuje za zadati koeficijent
- Po *default-u* na Cisco ruteru svaki protokol može da instalira do 4 rute po odredištu (6 za statičke rute)
  - može se promeniti komandom `maximum-paths <broj>` u *global configuration* modu do maks. 6

7.2 Balansiranje saobraćaja - *load balancing (2)*

- Ako Cisco ruter radi u *process switching* modu, za svaki paket prema odredišnoj mreži prema kojoj se balansira saobarćaj se koristi druga putanja
- Ako Cisco ruter radi u *fast switching* modu, za svaku IP adresu iz odredišne mreže prema kojoj se balansira saobraćaj se koristi jedna od putanja po slučajnom izboru

7.2 Statičke rute i RIP

- Statičke rute kojima je odredište dato kao interfejs se po *default-u* šalju u RIP oglašavanjima
- Statičke rute kojima je odredište dato kao IP adresa se po *default-u* ne šalju u RIP oglašavanjima
  - potrebna je komanda `redistribute static` iz *router configuration* moda

7.3 IGRP protokol

- Cisco *proprietary* protokol
- *Distance-vector* protokol
- Oglašavanja se šalju na svakih 90 sekundi

7.3 IGRP metrika (1)

- IGRP metrika se računa na osnovu:
  - najmanjeg propusnog opsega na putanji
  - kumulativnog kašnjenja
  - najmanje vrednosti opterećenja, pouzdanosti, MTU
- Svaki parametar može imati različit uticaj na ukupnu metriku preko njegovog težinskog faktora

7.3 IGRP metrika (2)

Metric = [K1 * Bandwidth + (K2 * Bandwidth)/(256-load) + K3*Delay]*[K5/(reliability + K4)]

- Metrika je 24-bitna vrednost
- *Default* težinski faktori su takvi da se samo propusni opseg i kašnjenje uzimaju u obzir
  - K1 = K3 = 1
  - K2 = K4 = K5 = 0

7.3 Tipovi IGRP ruta

- *Interior* ruta je ruta za podmrežu u okviru matičnog AS-a
- *System* ruta je ruta prema mreži *(major network)* u okviru matičnog AS-a
- *Exterior* ruta je ruta prema mreži van matičnog AS-a

7.3 IGRP tajmeri (1)

- *Update* interval
  - period između slanja oglašavanja
  - podrazumevano 90 sekundi
- *Invalid* tajmer
  - ako se ruta ne dobije ponovo za vreme *invalid* tajmera, proglašava se nedostupnom *(inaccessible), stavlja se u hold-down stanje* i oglašava se beskonačnom metrikom
  - podrazumevano 270 sekundi

7.3 IGRP tajmeri (2)

- *Holddown* tajmer
  - vreme u kome ruta stoji u *hold-down* stanju, od kada se dobije sa beskonačnom metrikom
  - podrazumevano 280 sekundi
- *Flush* tajmer
  - vreme (počev od poslednjeg oglašavanja) posle koga se ruta izbacuje iz tabele rutiranja
  - podrazumevano 630 sekundi

7.3 Pokretanje IGRP procesa

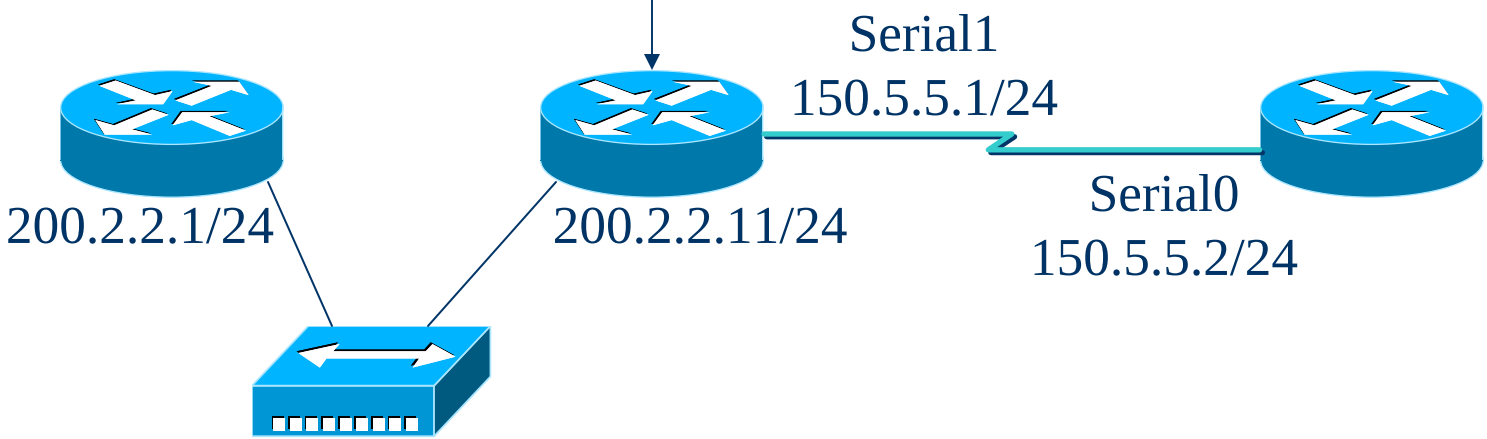
- IGRP proces se pokreće komandom `router igrp <AS number>` iz *global configuration* moda
- IGRP proces se gasi komandom `no router igrp <AS number>`
- Da bi ruteri komunicirali preko IGRP protokola moraju imati konfigurisan isti broj autonomnog sistema

7.3 Oglašavanje mreža

- Mreže koje se oglašavaju se zadaju komandom `network <major network>` u *router configuration* modu
  - mora da postoji barem jedan interfejs koji pripada toj mreži
- Oglašavanja se šalju samo preko interfejsa koji pripadaju mrežama koje se oglašavaju

7.3 Konfigurisanje IGRP protokola

```
router(config)# router igrp 12345
router(config-router)# network 200.2.2.0
router(config-router)# network 150.5.0.0
```



7.3 Tehnike IGRP protokola

- *Split horizon*
- *Hold-down*
- *Poison-reverse*

7.3 IGRP *hop count*

- Maksimalni *hop count* za IGRP je 255
- *Default hop count* za IGRP je 100
- Mreže koje imaju *hop count* veći od zadatog se oglašavaju sa beskonačnom metrikom

7.3 Pregled parametara i debagovanje IGRP protokola

- Pregled svih konfigurisanih protokola se dobija komandom `show ip protocols` iz *user* moda
- Debagovanje IGRP protokola se započinje komandom `debug ip igrp events` ili `debug ip igrp transactions`

Sadržaj poglavlja

- 8.1 TCP/IP poruke o greškama
- 8.2 TCP/IP upravljačke poruke

8.1 Osobine IP protokola

- *Connectionless*
  - odredište se ne kontaktira pre slanja IP paketa
- *Unreliable*
  - IP paket se može odbaciti na svom putu
  - izvorišni računar nema informaciju da li je poslati paket stigao ili ne
  - ukoliko se paket “izgubio na putu” izvorišni računar dobija obaveštenje o tome ali ne šalje paket ponovo
- *Best effort*

8.1 Zašto IP paket ne stigne na odredište?

- Ruter nema rutu za odredišnu adresu
- Sledeći ruter na putanji je nedostupan
- Poslednji ruter na putanji ne može da isporuči paket odredišnom računaru
- Istekao TTL paketa
- Zagušen link

8.1 ICMP protokol

- Protokol iz TCP/IP skupa protokola kojim se:
  - šalju informacije o greškama
  - šalju upravljačke informacije

8.1 Prenos ICMP poruka

- ICMP poruka se enkapsulira u IP paket
- U slučaju kada ruter odbacuje IP paket koji nosi ICMP poruku o grešci, ne šalje se nova poruka o grešci

8.1 Generički format ICMP poruke

TYPE	CODE	CHECKSUM
DATA		

8.1 Polja ICMP poruke

- Polje *TYPE* sadrži tip ICMP poruke
- Polje CODE sadrži podtip ICMP poruke
- Polje CHECKSUM sadrži vrednost pomoću koje se proverava integritet poruke

8.1 Tipovi ICMP poruka

ICMP Message Types	
0	Echo Reply
3	Destination Unreachable
4	Source Quench
5	Redirect/ Change Request
8	Echo Request
9	Router Advertisement
10	Router Selection
11	Time Exceeded
12	Parameter Problem
13	Timestamp Request
14	Timestamp Reply
15	Information Request
16	Information Reply
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply

8.1 ICMP poruke o greškama

- Poruke koje se šalju kada ruter odbaci paket
  - šalju se uređaju koji je generisao paket
- Tipovi poruka:
  - *Destination Unreachable*
  - *Source Quench*
  - *Redirect*
  - *Time Exceeded*
  - *Parameter Problem*

8.1 *Time Exceeded* poruka

- Šalje se kada ruter primi paket koji u TTL polju ima vrednost 1
  - označava da se paket odbacio zato što je suviše kružio mrežom tj. najverovatnije ušao u petlju *(routing loop)*
- Koristi se za implementaciju *traceroute* servisa

8.1 *Destination* Unreachable poruka

- Šalje se kada ruter odbaci paket jer ne može da ga isporuči sledećem ruteru ili odredišnom računaru

8.1 Format *Destination Unreachable* poruke

TYPE (3)	CODE	CHECKSUM
UNUSED (0)		NEXT-HOP MTU
IP HEADER + FIRST 64 BITS OF DATAGRAM		

8.1 Kodovi *Destination* Unreachable poruke (1)

- *Network unreachable* (0)
  - ruter nema rutu prema odredištu
- *Host unreachable* (1)
  - ruter je na istoj fizičkoj mreži kao i odredište ali ne može da prosledi paket

8.1 Kodovi *Destination* Unreachable poruke (1)

- *Port unreachable* (3)
  - segment koji je odredišni računar primio je namenjen portu koji nije pridružen nijednom procesu
- *Fragmentation needed and DF set* (4)
  - ruter mora da fragmentira paket (MTU odredišnog interfejsa je manji od veličine paketa) ali paket ima setovan bit *Do Not Fragment*

8.1 *Parameter Problem* poruka

- Šalje se kada ruter odbaci paket zbog neke pogrešne vrednosti IP zaglavlja i ne može da pošalje specifičniju poruku

8.1 Format *Parameter Problem* poruke

TYPE (12)	CODE (0 ili 1)	CHECKSUM
POINTER	UNUSED (0)	
IP HEADER + FIRST 64 BITS OF DATAGRAM		

8.1 *Redirect/Change Request* poruka (1)

- Šalje se kada ruter zaključi da je prosledio paket neoptimalnom putanjom
  - ako je ruter poslao paket preko istog interfejsa preko koga ga je primio, onda taj ruter nije neophodan deo putanje
- Računar/ruter koji primi *Redirect* poruku menja svoj ulaz u tabeli rutiranja za dato odredište

8.1 *Redirect/Change Request* poruka (3)

- Cisco ruter šalje *Redirect* poruku kada su zadovoljeni svi sledeći uslovi:
  - odlazni interfejs paketa je isti kao ulazni
  - izvorišna adresa u paketu se nalazi na istoj mreži/podmreži kao adresa sledećeg rutera
  - ne koristi se *source-routing* za paket
  - korišćena ruta nije *default* ruta i nije dobija drugom *Redirect* porukom
  - slanje *Redirect* poruka na interfejsu nije administativno zabranjeno komandom `no ip redirects`

8.1 Format *Redirect/Change Request* poruke

TYPE (5)	CODE (0-3)	CHECKSUM
ROUTER INTERNET ADDRESS		
IP HEADER + FIRST 64 BITS OF DATAGRAM		

8.1 *Source Quench* poruka

- Služi za notifikaciju odbacivanja paketa zbog zagušenja *(congestion)*:
  - ruter na putanji je odbacio paket jer nema mesta u odlaznom baferu za interfejs
  - odredišni računar je odbacio paket jer nema više mesta u prijemnom baferu
- Računar koji primi *Source Quench* poruku treba da smanji brzinu slanja paketa prema tom odredištu
  - zadatak transportnog sloja

8.2 Upravljačke ICMP poruke

- Poruke koje nisu rezultat greške (npr. odbačeni paket) već informacija hostu
- Tipovi poruka:
  - *Echo Reply*
  - *Echo Request*
  - *Time Stamp Request*
  - *Time Stamp Reply*
  - *Address Mask Request*
  - *Address Mask Reply*
  - *Router Advertisement*
  - *Router Solicitation*

8.2 *Echo Request* i *Echo Reply* poruke

- Služe za testiranje veze između dva uređaja (ping servis)
  - izvorišni računar šalje *Echo Request* poruku
  - kada dobije *Echo Request* poruku odredišni računar šalje *Echo Reply* poruku

8.2 Format *Echo* Reply i *Echo Request* poruke

TYPE (0 ili 8)	CODE (0)	CHECKSUM
IDENTIFIER		SEQUENCE NUMBER
DATA		

8.2 *Timestamp Request* i *Timestamp Reply* poruke

- Služi za upit stanja časovnika na drugom računaru:
  - izvorišni računar šalje *Timestamp Request* poruku (upisuje vreme slanja zahteva)
  - kada dobije *Timestamp Request* poruku, odredišni računar šalje *Timestamp Reply* poruku (upisuje vreme kada je primio zahtev i poslao odgovor)
- Sinhronizacija časovnika se danas radi NTP protokolom
  - ovaj tip poruka je prevaziđen *(obsolete)*

8.2 Format *Timestamp Reply* i *Timestamp Request* poruke

TYPE (13 ili 14)	CODE (0)	CHECKSUM
IDENTIFIER		SEQUENCE NUMBER
ORIGINATE TIMESTAMP		
RECEIVE TIMESTAMP		
TRANSMIT TIMESTAMP		

8.2 *Information Request* i *Information Reply* poruke

- Služi za dobijanje IP adrese hosta
- Inicijalizacija se danas vrši pomoću BOOTP/DHCP protkola
  - ovaj tip poruka je prevaziđen *(obsolete)*

8.2 *Address Mask Request* i *Address Mask Reply* poruke

- Služe za dobijanje mrežne maske:
  - izvorišni računar šalje *Address Mask Request* poruku ruteru ili kao ograničeni *broadcast*
    - ako zna svoju IP adresu ruter upisuje *default* masku klase; ako ne zna, u polje SOURCE ADDRESS upisuje 0.0.0.0
  - kada dobije *Address Mask* poruku, ruter šalje *Address Mask Reply* poruku u koju upisuje masku koja je konfigurisana na tom interfejsu

8.2 Format *Address Mask Request* i *Address Mask Reply* poruke

TYPE (17 ili 18)	CODE (0)	CHECKSUM
IDENTIFIER		SEQUENCE NUMBER
ADDRESS MASK		

8.2 *Router Advertisement* poruka

- Služi za oglašavanje adrese *default gateway-a* na jednom segmentu
- Ruter šalje *Router Advertisement* poruke
  - periodično
    - kao ograničeni broadcast (255.255.255.255) ili kao multicast na adresu 224.0.0.1 *(AllHosts)*
  - kao odgovor na zahtev hosta (*Router Solicitation* poruka)

8.2 Format *Router Advertisement* poruke

TYPE (9)	CODE (0)	CHECKSUM
NUMBER OF ADDRESSES	ADDRESS ENTRY SIZE	LIFETIME
ROUTER ADDRESS 1		
PREFERENCE LEVEL 1		
ROUTER ADDRESS 2		
PREFERENCE LEVEL 2		

8.2 *Router Solicitation* poruka

- Služi za dobijanje adrese *default gateway-a*:
  - izvorišni računar šalje *Router Solicitation* poruku
    - kao ograničeni broadcast (255.255.255.255) ili kao multicast na adresu 224.0.0.2 *(AllRouters)*
  - kada dobije *Router Solicitation* poruku, ruter šalje *Router Advertisement* poruku u koju upisuje adresu koja je konfigurisana na tom interfejsu

8.2 Format *Router Solicitation* poruke

TYPE (10)	CODE (0)	CHECKSUM
RESERVED		

Sadržaj poglavlja

- 9.1 Ispitivanje tabele rutiranja
- 9.2 Testiranje mreže
- 9.3 Pregled metoda *troubleshooting-a*

9.1 Statičke rute – prednosti i mane

- Prednosti:
  - manje zauzeće procesora
  - ne troše propusni opseg
  - bezbedne od pogrešnih informacija
  - predvidljivost rada
- Mane:
  - kompleksno održavanje
  - neprilagodljivost

9.1 Dinamičke rute – prednosti i mane

- Prednosti:
  - prilagodljive svakoj topologiji u mreži
  - jednostavno postavljanje i održavanje
- Mane:
  - zauzimaju resurse rutera (procesor, memorija)
  - troše propusni opseg

9.1 Kreiranje *default* rute

- Kreiranjem statičke rute:
  - `ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 {<adresa>|<interfejs>}`
- Određivanjem *default* mreže:
  - `ip default-network <mreža>`

9.1 Komanda `ip default-network`

- Komanda `ip default-network <mreža>` *global configuration* moda postavlja *default* rutu prema istom ruteru/interfejsu kao i prema odredištu koje se daje kao argument
- Mora postojati ruta (statička ili dinamička) prema odredištu koje se zadaje

9.1 Administrativna distanca (1)

- Ukoliko više protokola želi da stavi rutu za istu odredišnu mrežu, bira se protokol koji ima najmanju administrativnu distancu
- Rute za direktno povezane mreže imaju najmanju moguću administrativnu distancu (0)
- Statičke rute imaju administrativnu distancu 1

9.1 Administrativna distanca (2)

Protocols	Default Administrative Distances
Connected	0
Static	1
EIGRP summary route	5
eBGP	20
EIGRP (Internal)	90
IGRP	100
OSPF	110
IS	115
RIP	120
EIGRP (External)	170
iBGP (external)	200

9.1 Metrika

- Vrednost koja određuje najbolju rutu prema odredištu – u tabeli rutiranja se nalazi ruta sa najmanjom metrikom
- U tabeli rutiranja se može naći više ruta prema odredištu:
  - ako postoji više ruta sa istom metrikom (RIP, OSPF)
  - ako postoji više ruta kojima se metrika razlikuje za dati faktor (varijansa)

9.1 Pregled tabele rutiranja (1)

- Tabela rutiranja se ispisuje pomoću komande `show ip route [<mreža>|<protokol>]` iz *user EXEC* moda

9.1 Pregled tabele rutiranja (2)

- Ako je navedena `<mreža>` ispisuju se sve rute prema datoj adresi hosta/mreže
  - `show ip route 192.168.1.0`
  - `show ip route 10.2.3.4`
- Ako je naveden `<protokol>` ispisuju se sve rute koje je u tabelu ubacio dati protokol (tj. njegov proces)
  - `show ip route rip`
  - `show ip route connected`
  - `show ip route static`

9.1 Pregled tabele rutiranja (3)

- Podaci za svaku rutu:
  - odredišna mreža (prefiks/dužina maske)
  - odlazni interfejs/IP adresa sledećg hopa
  - izvor (protokol rutiranja, statička ruta, direktno povezana ruta)
  - administrativna distanca
  - metrika rute
  - protokoli rutiranja koji oglašavaju rutu
  - vreme kada je dobijeno poslednje oglašavanje za rutu kod *distance vector* protokola

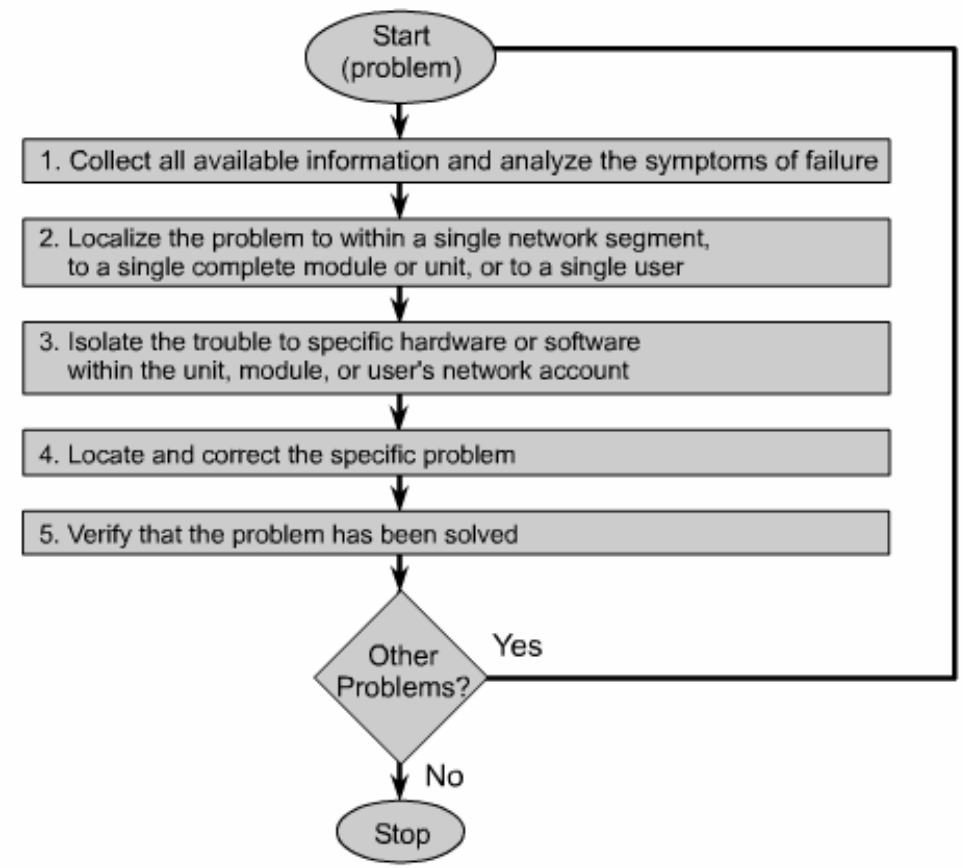
9.1 Pregled tabele rutiranja (primer)

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
S       10.0.2.0 [1/0] via 192.168.3.2
S       10.0.1.0 is directly connected, Serial0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R    192.168.2.0/24 [120/1] via 192.168.3.2, 00:00:15,Serial0/1
C    192.168.3.0/24 is directly connected, Serial0/1
```

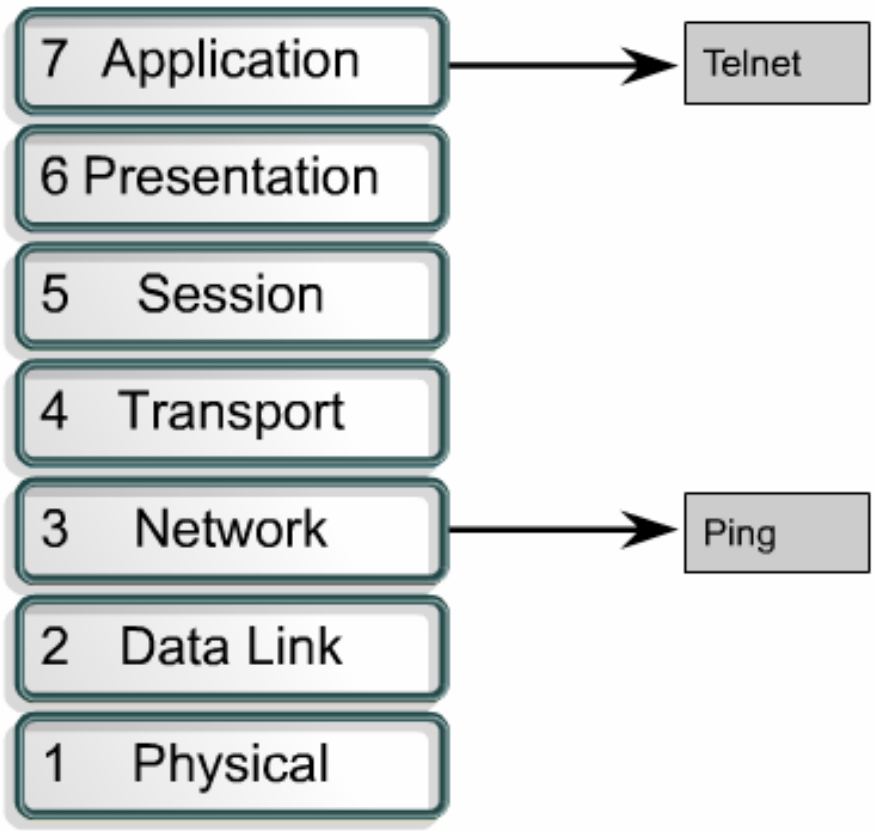
9.1 Pregled pojedinačne rute (primer)

```
Router#show ip route 10.0.1.0
Routing entry for 10.0.1.0/24
  Known via "static", distance 1, metric 0 (connected)
  Routing Descriptor Blocks:
  * directly connected, via Serial0/1
      Route metric is 0, traffic share count is 1

Router#show ip route 10.0.2.0
Routing entry for 10.0.2.0/24
  Known via "static", distance 1, metric 0
  Routing Descriptor Blocks:
  * 192.168.3.2
      Route metric is 0, traffic share count is 1
```

9.2 Proces otkrivanja grešaka *(troubleshooting)*



9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima



9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima – fizički sloj (1)

- Problemi na fizičkom sloju:
  - prekinuti kablovi
  - nepriključeni kablovi
  - kablovi priključeni na pogrešan port
  - loše priključeni kablovi (povremena veza)
  - pogrešan tip kablova
  - problemi sa transiverom
  - DTE/DCE problemi
  - uređaj isključen

9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima – fizički sloj (2)

- Metodi *troubleshooting-a* na fizičkom sloju:
  - LED diode na interfejsima
  - provera tipa kablova i načina njihovog priključenja
  - pregled interfejsa (`show interface`)

9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima – sloj veze

- Problemi na sloju veze:
  - pogrešno konfigurisani interfejsi
  - pogrešna Layer 2 enkapsulacija
  - pogrešno postavljen takt na serijskim DCE interfejsima
  - problemi sa NIC karticama
- Metodi *troubleshooting-a* na fizičkom sloju:
  - pregled interfejsa (`show interface`)

9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima – mrežni sloj (1)

- Problemi na mrežnom sloju:
  - protokol za rutiranje nije konfigurisan
  - konfigurisan pogrešan protokol rutiranja
  - pogrešne IP adrese
  - pogrešne mrežne maske

9.2 Testiranje mreže po OSI slojevima – mrežni sloj (2)

- Metodi *troubleshooting-a* na mrežnom sloju:
  - ping
  - pregled tabele rutiranja (`show ip route`)
  - pregled rada protokola za rutiranje (`show ip protocols`)
  - pregled konfiguracije (`show running-config`)

9.2 Alati za *troubleshooting*

- `ping`
- `telnet`
- `show interfaces`
- `show cdp neighbors`
- `traceroute`
- `show ip route`
- `show ip protocols`
- `show controllers serial`
- `debug`

9.2 Ping

- Startuje se komandom `ping <IP adresa ili ime>` iz *user* ili *privileged* moda
- Podrazumevano se šalju pet *Echo Request* paketa

9.2 Prošireni ping

- Prošireni ping omogućava dodatne opcije pri slanju paketa:
  - broj *Echo Request* paketa
  - veličina *Echo Request* paketa
  - eksplicitno postavljanje izvorišne IP adrese
- Startuje se sa komadom `ping` bez argumenata
- Dostupan samo u *privileged* modu

9.2 Rezultati `ping` komande

Karakter	Značenje
!	Dobijen *Echo Reply* paket
.	Odgovor nije primljen u predviđenom vremenu
U	Dobijena *Destination Unreachable* ICMP poruka
C	Dobijena *Source Quench* ICMP poruka
I	Prekid komande
?	Dobijen nepoznat paket
&	Dobijena *Time To Live Exceeded* ICMP poruka

9.2 Telnet

- Testira raspoloživost svih OSI slojeva
- Test metode:
  - telnet sa hosta/rutera na host/ruter
- U slučaju da telnet test ne prolazi, onda testiramo mrežu na trećem OSI nivou

9.3 Komanda `show interface` (1)

- Ispisuje status interfejsa rutera:
  - Layer 1 status
  - Layer 2 status
  - status ulaznog/izlaznog reda za čekanje
  - broj prenetih bajtova i paketa
  - broj grešaka na interfejsu, resetovanja interfejsa i promena statusa *(carrier transition)*

9.3 Komanda `show interface` (2)

Command Output

```
Router#show interfaces serial 1

Serial1 is up, line protocol is up

  Hardware is cxBus Serial
  Description: 56Kb Line San Jose - MP
  Internet address is 150.136.190.203, subnet mask is 255.255.255.0
  MTU 1500 bytes, BW 56 Kbit, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255
  Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)
  Last input 0:00:07, output 0:00:00, output hang never
  Last clearing of show interfaces counters 2w4d
  Output queue 0/40, 0 drops; input queue 0/75, 0 drops
  Five minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  Five minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
      16263 packets input, 1347238 bytes, no buffer
      Received 13983 broadcasts, 0 runts, 0 giants
      2 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 2 abort
      0 input packets with dribble condition detected
      22146 packets output, 2383680 bytes, 0 underruns
      0 output errors, 0 collisions, 2 interface resets, 0 restarts
      1 carrier transitions
```

Status sloja veze

Status fizičkog sloja

9.3 Komanda `show interface` (3)

Interfejs (Layer 1)	*Line protocol* (Layer 2)	Opis
up	up	Interfejs operativan
up	down	Problem na sloju 2
down	down	Problem na sloju 1
administratively down	administratively down	Interfejs zatvoren

9.3 Komanda `show interface` – česti problemi (1)

- Veliki broj promena statusa *(carrier transition):*
  - problemi u mreži servis provajdera
  - neispravan CSU/DSU ili ruter
- Veliki broj ulaznih grešaka *(input errors):*
  - neispravna oprema
  - šum u liniji
  - neispravan ili predugačak kabl
  - oštećen kabl
  - neispravan CSU/DSU ili ruter

9.3 Komanda `show interface` – česti problemi (2)

- Veliki broj resetovanja interfejsa:
  - loša linija
  - neispravan CSU/DSU ili ruter
- Neispravan Layer 2 status:
  - DCE strana ne daje signal takta
  - neslaganje u Layer 2 enkapsulaciji

9.3 Komanda `show cdp neighbors`

- Prikazuje listu susednih Cisco uređaja
  - `show cdp neighbors detail` prikazuje detaljne informacije o svim CDP susedima
- Ukoliko u listu suseda nema Cisco rutera za koji znamo da treba da je povezan, verovatno je u pitanju problem na fizičkom sloju

9.3 Traceroute (1)

- Omogućava praćenje odlazne putanje paketa, koristeći TTL polje IP paketa:
  - izvorište šalje paket sa TTL=1 prema odredištu
  - prvi ruter na putanji dobija paket, odbacuje ga i vraća ICMP *Time Exceeded* poruku
  - izvorište šalje paket sa TTL=2 prema odredištu
  - drugi ruter na putanji dobija paket, odbacuje ga i vraća ICMP *Time Exceeded* poruku
  - itd.
  - kada paketi stignu do odredišta vratiće se ICMP *Port Unreachable* poruka

9.3 Traceroute (2)

- *Traceroute* se startuje komandom `trace <IP adresa ili ime>` iz *user* moda
- Podrazumevano se šalju po tri paketa za svaki TTL
- Izvršenje komande se prekida sa **Ctrl+Shift+6**

9.3 Rezultati `trace` komande

Karakter	Značenje
<vreme>	Dobijena *Time To Live Exceeded* ICMP poruka
*	Odgovor nije primljen u predviđenom vremenu
!H	Dobijena *Destination Host Unreachable* ICMP poruka
!N	Dobijena *Destination Network Unreachable* ICMP poruka
!U	Dobijena *Destination Port Unreachable* ICMP poruka
!P	Dobijena *Destination Protocol Unreachable* ICMP poruka

9.3 Komanda `show ip protocols`

- Ispisuje detalje za svaki konfigurisani protokol rutiranja
- Za RIP/IGRP prikazuje se:
  - perioda slanja oglašavanja
  - vreme za koje će se poslati sledeće oglašavanje
  - povezane mreže koje se oglašavaju
  - ruteri od kojih su dobijena oglašavanja

9.3 Komanda show ip protocols (primer)

```
Router#show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds, next due in 14 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Outgoing update filter list for all interfaces is
  Incoming update filter list for all interfaces is
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any version
    Interface             Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    FastEthernet0/0       1     1 2
    Serial0/1             1     1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Routing for Networks:
    192.168.1.0
    192.168.3.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.3.2          120      00:00:17
  Distance: (default is 120)
```

9.3 Komanda `show controllers serial` (1)

- Ispisuje detalje serijskog kontrolera
- Najznačajnija informacija je tip priključenog serijskog kabla (DCE ili DTE)

9.3 Debagovanje *(debugging)*

- Omogućava *run-time* pregled rada rutera
- Pokreće se komandom `debug <parametri>`
- Zaustavlja se komandama `undebug all` ili `no debug all`
- **Pažnja: debagovanje značajno opterećuje ruter i mora se pažljivo koristiti!**

9.3 Debagovanje primljenih paketa (primer)

```
Router#debug ip packet
IP packet debugging is on
Router#
00:11:49: IP: s=192.168.1.1 (local), d=255.255.255.255 (FastEthernet0/0), len 72
, sending broad/multicast
00:11:49: IP: s=192.168.3.1 (local), d=255.255.255.255 (Serial0/1), len 52, send
ing broad/multicast
00:11:50: IP: s=0.0.0.0 (FastEthernet0/0), d=255.255.255.255, len 328, rcvd 2
00:12:00: IP: s=192.168.3.2 (Serial0/1), d=192.168.1.1, len 100, rcvd 4
00:12:00: IP: s=192.168.1.1 (local), d=192.168.3.2 (Serial0/1), len 100, sending

00:12:00: IP: s=192.168.3.2 (Serial0/1), d=192.168.1.1, len 100, rcvd 4
00:12:00: IP: s=192.168.1.1 (local), d=192.168.3.2 (Serial0/1), len 100, sending

Router#und all
All possible debugging has been turned off
```

9.3 Debagovanje RIP oglašavanja (primer)

```
Router#debug ip rip
RIP protocol debugging is on
Router#
00:12:16: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via FastEthernet0/0 (192.168
.1.1)
00:12:16: RIP: build update entries
00:12:16:       network 192.168.2.0 metric 2
00:12:16:       network 192.168.3.0 metric 1
00:12:16: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial0/1 (192.168.3.1)
00:12:16: RIP: build update entries
00:12:16:       network 192.168.1.0 metric 1
00:12:37: RIP: ignored v1 update from bad source 192.168.2.1 on FastEthernet0/0
00:12:37: RIP: received v1 update from 192.168.3.2 on Serial0/1
00:12:37:      192.168.2.0 in 1 hops
Router#und all
All possible debugging has been turned off
Router#
```

9.3 Ispis poruka debagovanja

- Podrazumevano, poruke debagovanja se prikazuju samo na konzoli
- Poruke debagovanja u telnet sesiji se prikazuju komadom `terminal monitor` i uklanjaju sa `terminal no monitor`
- Postoji i mogućnost zadržavanja poruka u internom baferu i slanja poruka na server

Sadržaj poglavlja

- 1.1 VLSM
- 1.2 RIP verzija 2

1.1 IPv4 adresiranje (1)

- Klasno *(classful)* adresiranje
  - definisano u RFC 791 (1981)
  - podela adresnog prostora u klase (A, B, C)
  - svaka Layer 2 mreža se adresira posebnom klasom
- Podmrežavanje *(subnetting)*
  - definisano u RFC 950 (1985)
  - podela dodeljene klase u podmreže fiksne veličine
  - svaka Layer 2 mreža se adresira posebnom podmrežom

1.1 IPv4 adresiranje (2)

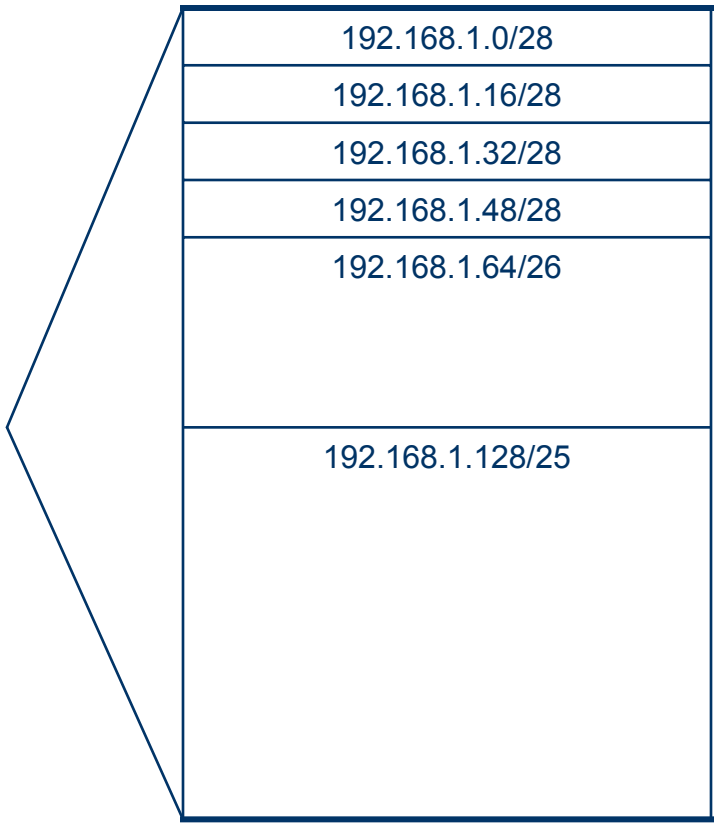
- VLSM *(Variable-Length Subnet Masking)*
  - definisano u RFC 1009 (1987)
  - podela dodeljene klase u podmreže različith veličina
  - svaka Layer 2 mreža se adresira posebnom podmrežom odgovarajuće veličine
- CIDR *(Classless Inter-Domain Routing)*
  - definisano u RFC 1517-1520 (1993)
  - podela adresnog prostora u blokove različite veličine

1.1 VLSM (1)

- Metod podele klase u podmreže različite veličine
  - svaka podmreža ima 2^n adresa
- U VLSM podmrežavanju ne postoji jedna maska za sve podreže, već se za svaku podmrežu definiše posebna maska
  - maska mreže < maska podmreže ≤ 30

1.1 Primer VLSM podele adresa (1)

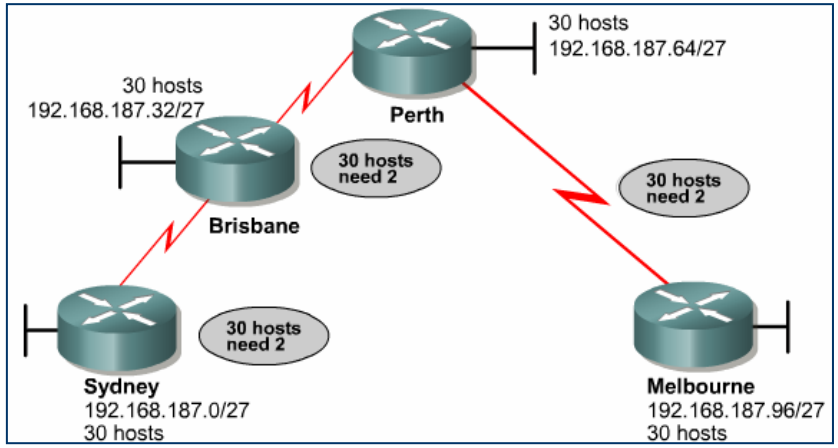
192.168.1.0/24

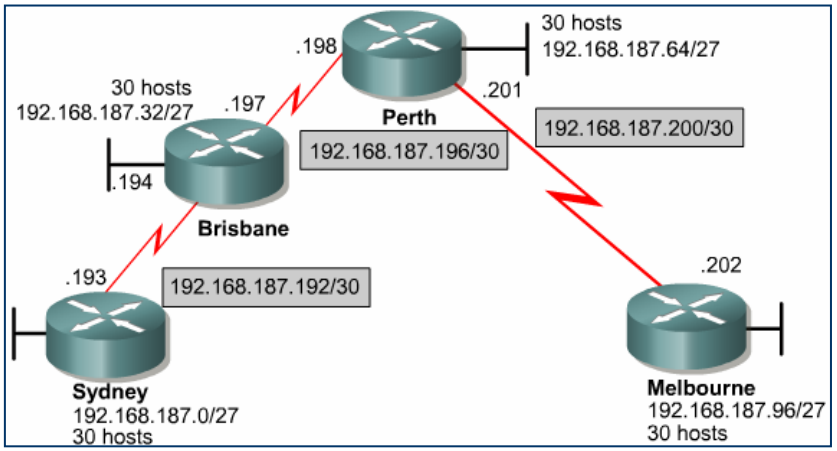


1.1 Primer VLSM podele adresa (2)

- Podmreža 192.168.1.0/28
  - ukupno 16 adresa (14 se može koristiti)
  - maska 255.255.255.240
- Podmreža 192.168.1.64/26
  - ukupno 64 adresa (62 se može koristiti)
  - maska 255.255.255.192
- Podmreža 192.168.1.128/25
  - ukupno 128 adresa (126 se može koristiti)
  - maska 255.255.255.128

1.1 Prednosti VLSM podmrežavanja





1.1 VLSM podela klase (1)

- Odredimo najveću potrebnu veličinu podmreže (najkraća maska)
- Podelimo klasu na najveće podmreže
- Uzmemo jednu slobodnu podmrežu i podelimo je na manje delove
- ...

1.1 VLSM podela klase (2)

- Primer: klasu 200.1.1.0/24 delimo na podmreže od 16 (/28) i 64 (/26) adresa:
  - 200.1.1.0/26
  - 200.1.1.64/26
    - 200.1.1.64/28
    - 200.1.1.80/28
    - 200.1.1.96/28
    - 200.1.1.112/28
  - 200.1.1.128/26
  - 200.1.1.192/26

1.1 VLSM podela klase (3)

Subnetted Address: 172.16.32.0/20

In Binary 10101100.00010000.00100000.00000000

VLSM Address: 172.16.32.0/26

In Binary 10101100.00010000.0010 0000. 00 000000

1st subnet:	172	•	16	.0010	0000.00	000000 =	172.16.32.0/26
2nd subnet:	172	•	16	.0010	0000.01	000000 =	172.16.32.64/26
3rd subnet:	172	•	16	.0010	0000.10	000000 =	172.16.32.128/26
4th subnet:	172	•	16	.0010	0000.11	000000 =	172.16.32.192/26
5th subnet:	172	•	16	.0010	0001.00	000000 =	172.16.33.0/26
	Network			**Subnet**	**VLSM Subnet**	**Host**	

1.1 VLSM podela klase (4)

- Podmreža se ne može nalaziti bilo gde u klasi!
  - Primer: 192.168.1.32/26
    - hostid(192.168.1.32/26) = 100000_2 !
    - /26 blok ima 64 adresa i može početi na četvrtom oktetu 0, 64, 128 ili 192
  - Primer: 172.16.22.0/20
    - hostid(172.16.22.0/20) = 1000000000_2 !
    - /20 blok ima 1024 adresa i može početi na trećem oktetu 0, 16, 32, 48 … 224,240 (četvrti oktet je 0)

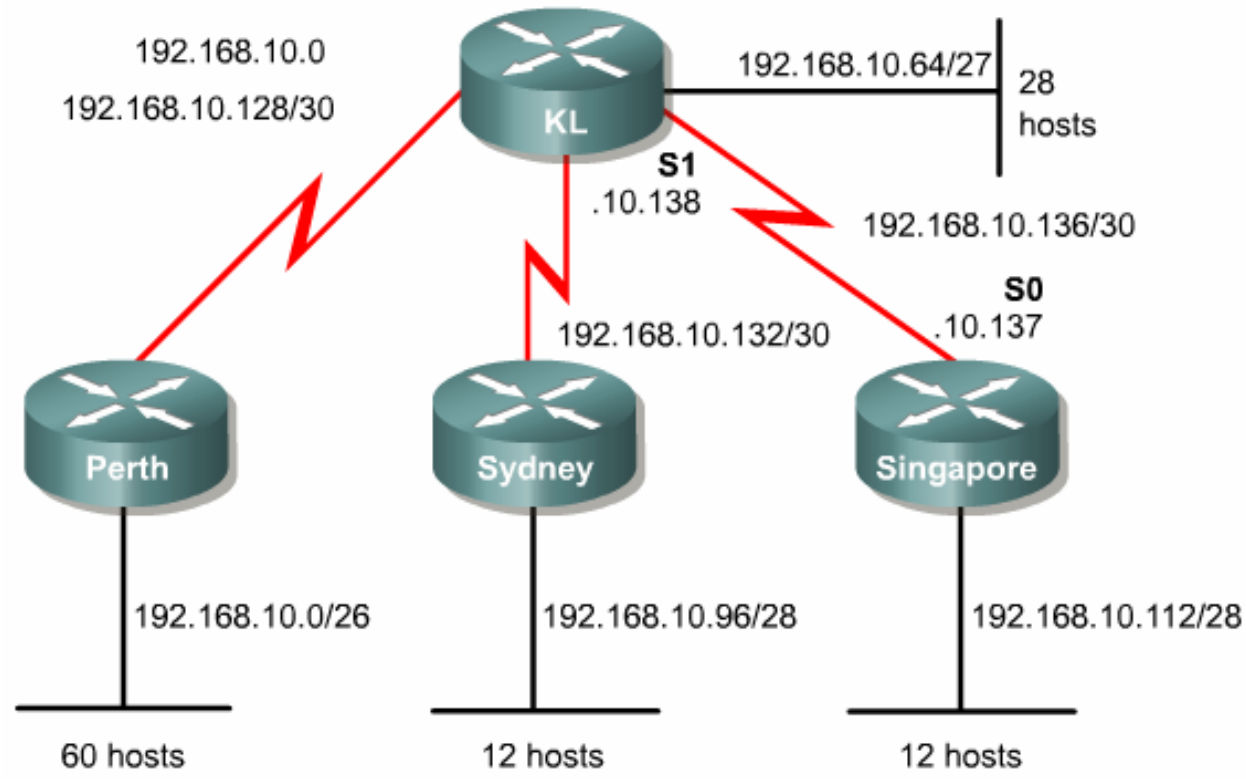
1.1 Ograničenja kod podmrežavanja fiksnom maskom

- RFC 950 je nametnuo određena ograničenja pri podmrežavanju, zbog kompatibilnosti sa *clasful-only* ruterima:
  - prva i poslednja podmreža se ne koriste (*subnetid=00*..00 i *subnetid=11.11*)
  - *subnetid* mora imati minimalno dva bita

1.1 Ograničenja kod VLSM podmrežavanja

- Kod VLSM-a ne postoje prethodna ograničenja
  - zvanično ukinuta u RFC 1812 (1995)
- Kod Cisco rutera, korišćenje prve podmreže (*subnetid=00*..00) se mora navesti komandom `ip subnet-zero` u *global configuration* modu
  - uključeno po *default-u* od verzije 12.0 nadalje

1.1 Primer VLSM konfiguracije



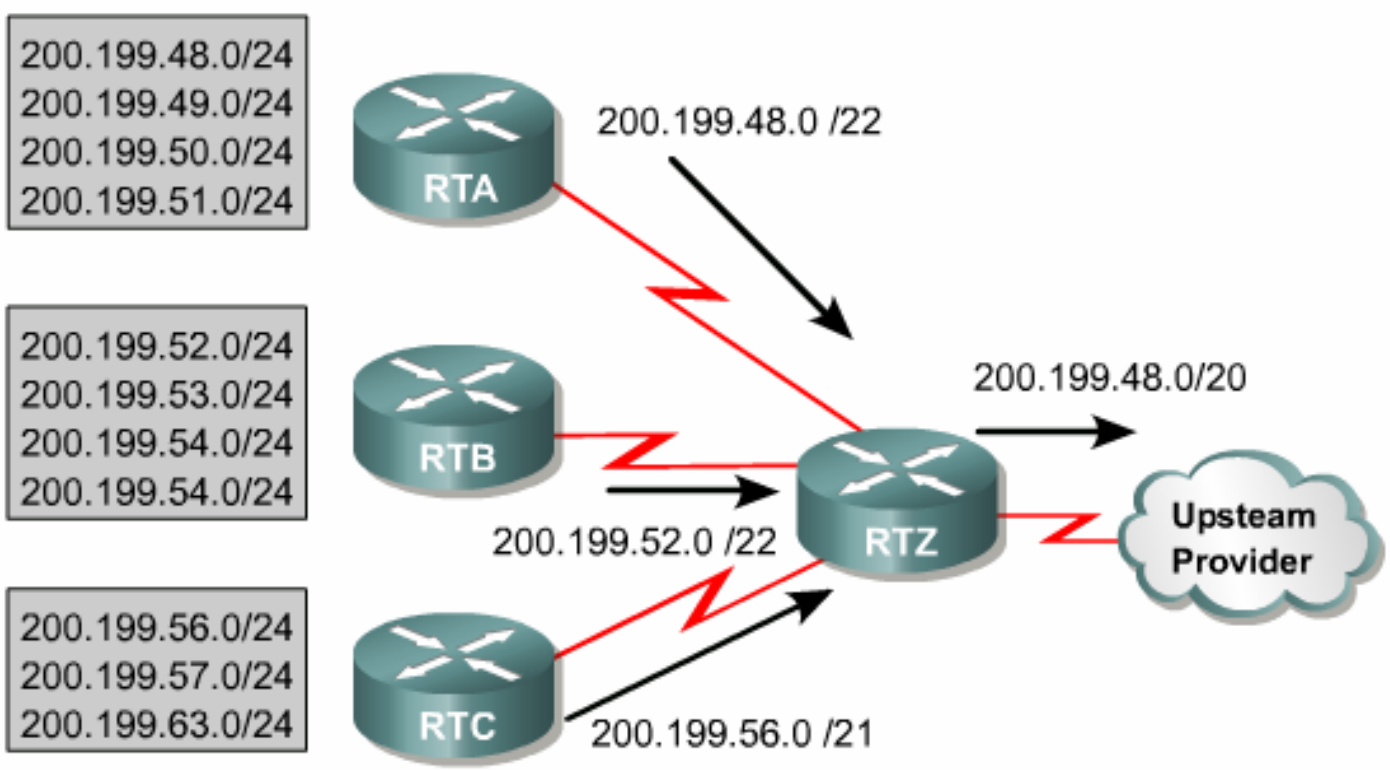
1.1 VLSM i protokoli rutiranja

- Protokoli rutiranja koji se mogu koristiti kod VLSM podmrežavanja moraju uz svaki prefiks prenositi i mrežnu masku
  - OSPF
  - EIGRP
  - RIPv2
  - BGP

1.1 CIDR (1)

- Metod agregacije susednih mreža/podmreža u jedinstven blok (supernet)
- Primene:
  - dodeljivanje adresa ne samo u vidu A, B ili C klasa
  - oglašavanje agregirane rute umesto pojedinačnih ruta
- Praktično, CIDR briše granice klasa, i definiše jedinstvenu šemu označavanja IP blokova sa prefiksom i mrežnom maskom

1.1 CIDR (2)


200.199.48.0/24
200.199.49.0/24
200.199.50.0/24
200.199.51.0/24
200.199.52.0/24
200.199.53.0/24
200.199.54.0/24
200.199.54.0/24
200.199.56.0/24
200.199.57.0/24
200.199.63.0/24
RTA
RTB
RTC
RTZ
200.199.48.0 /22
200.199.52.0 /22
200.199.56.0 /21
200.199.48.0/20
Upsteam Provider

1.2 RIPv2 (1)

- Zajedničko u odnosu na RIPv1:
  - *distance vector* protokol koji koristi *hop count* metriku (16 – beskonačna metrika)
  - slanje oglašavanja na svakih 30 sekundi
  - *holddown* i *split horizon* tehnike.

1.2 RIPv2 (2)

- Poboljšanja u odnosu na RIPv1:
  - podrška za VLSM
  - autentifikacija (*cleartext* i MD5)
  - eksplicitna *next hop* adresa rute
  - eksterna oznaka rute
  - *multicast* slanje oglašavanja (adresa 224.0.0.9)

1.2 RIPv2 konfiguracija (1)

- Slično RIPv1 konfiguraciji
  - `router rip`
  - `network`
- RIPv2 oglašavanje se uključuje komandom `version 2` u *router configuration* modu

1.2 RIPv2 konfiguracija (2)

`version` komanda	Prijem v1 poruka	Slanje v1 poruka	Prijem v2 poruka	Slanje v2 poruka
Ne postoji	X	X	X	
`version 1`	X	X		
`version 2`			X	X

1.2 RIPv2 pregled stanja i *troubleshooting*

- Iste komande kao RIPv1:
  - `show ip protocols`
  - `show ip interface brief`
  - `show ip route`
  - `show running-config`
  - `debug ip rip`

Sadržaj poglavlja

- 2.1 *Link-state* protokoli rutiranja
- 2.2 *Single Area* OSPF koncepti
- 2.3 *Single Area* OSPF konfiguracija

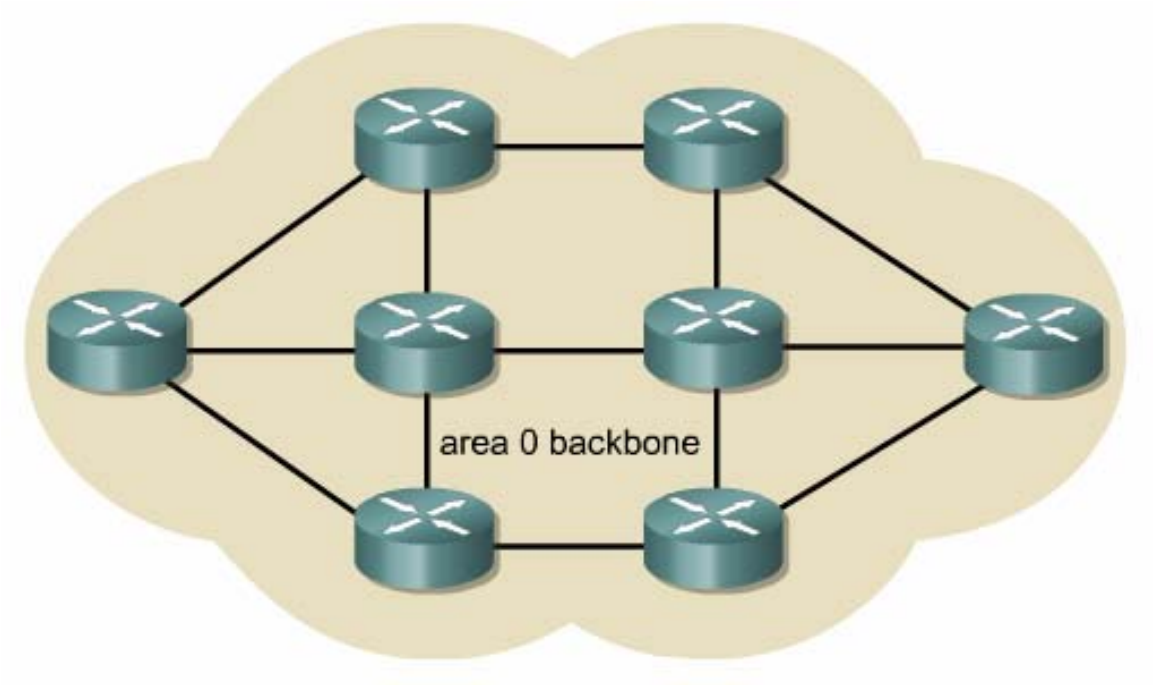
2.2 Open Shortest Path First – OSPF

- *Open-standard link-state* protokol
- Definisan u RFC 2328 (verzija 2)
- Robustan i skalabilan protokol

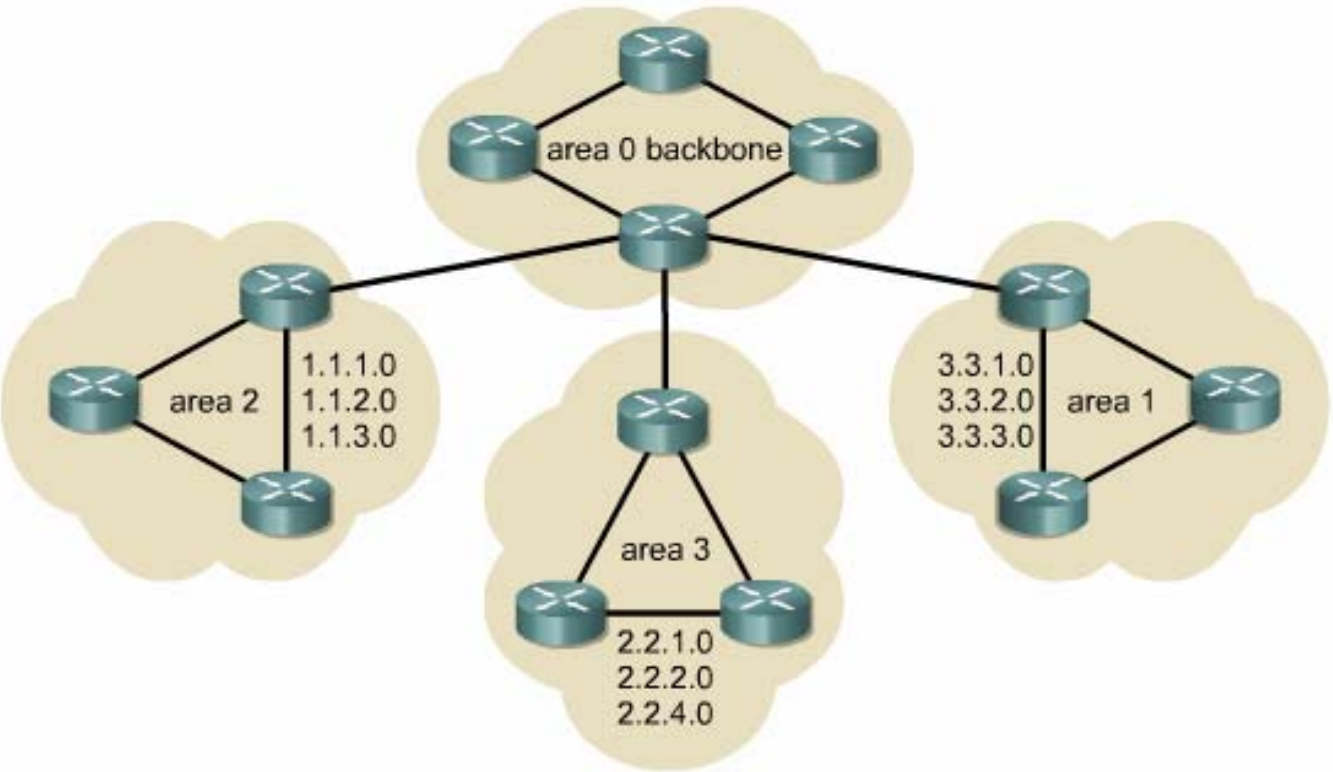
2.2 Oblasti *(Areas)*

- OSPF mreža se deli na oblasti:
  - ruter poznaje kompletnu topologiju samo oblasti kojoj pripada
- Svaka oblast ima 32-bitni identifikator (Area ID)
- Oblast 0 (*Area* 0) spaja sve ostale oblasti i omogućava razmenu ruta između njih
- U slučaju manje mreže, cela mreža je oblast 0

2.2 *Single Area* OSPF



2.2 *Multiple Area* OSPF



2.2 OSPF terminologija (1)

- *Link*
  - interfejs na ruteru
- *Link-state*
  - stanje interfejsa
- *Link-state database (topological database)*
  - skup svih *link-state*-ova rutera u oblasti
- *Cost*
  - metrika linka, koja se računa prema njegovom propusnom opsegu

2.2 OSPF terminologija (2)

- *Routing table*
  - tabela rutiranja koja se generiše iz *link-state* baze podataka SPF algoritmom
- *Adjacencies table*
  - tabela susednih OSPF rutera
- Designated Router (DR) i Backup Designated Router (*BDR)*
  - izabrani ruteri na LAN segmentu koji komuniciraju sa ostalim ruterima
  - OSPF ruter na LAN segmentu komunicira samo sa DR i BDR

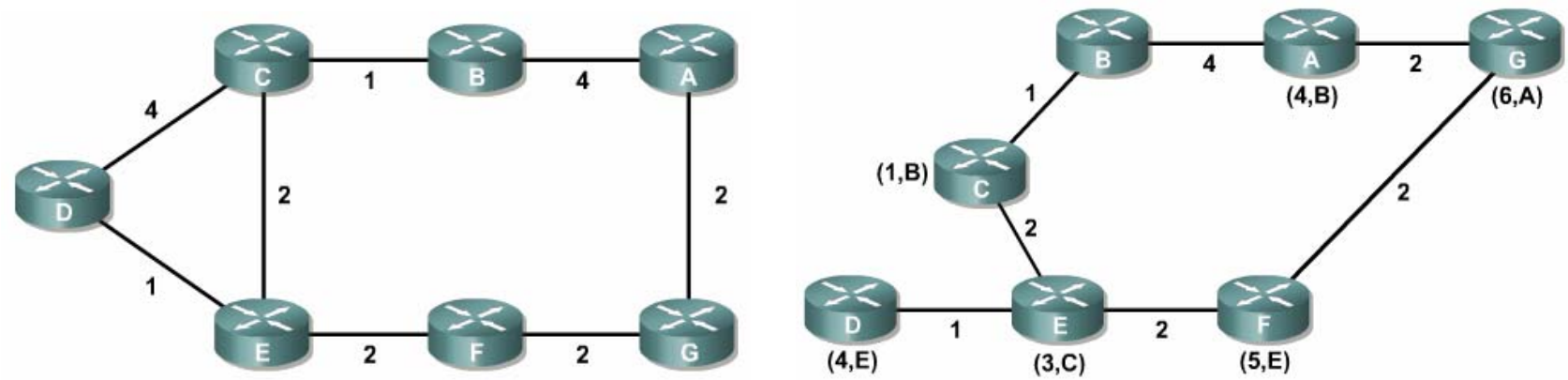
2.2 Poređenje *link state* i *distance vector* protokola

Distance Vector	Link State
• View network topology from neighbors perspective • Adds distance vectors from router to router • Frequent, periodic updates: Slow convergence • Passes copies of routing tables to neighbor routers • Use flat topology	• Gets common view of entire network topology • Calculates the shortest path to other routers • Event-triggered updates: Faster convergence • Passes link-state routing updates to other routers • Allows hierarchical design for large internetworks

2.2 SPF algoritam (1)

- *Shortest path first* (SPF) algoritam određuje najkraći put prema odredištu kroz mrežu
- Ulazni parametar je graf mreže:
  - čvorovi
  - grane sa težinom

2.2 SPF algoritam (2)



A	B	C	D	E	F	G
B/4	A/4	B/1	C/4	C/2	E/2	A/2
G/2	C/1	D/4	E/1	D/1	G/2	F/2
		E/2		F/2		

2.2 Tipovi OSPF mreže (1)

- Point-to-Point
  - *leased line* serijski linkovi (PPP, HDLC)
- Broadcast Multiaccess
  - LAN linkovi (Ethernet, Token Ring, FDDI)
- NBMA
  - Frame Relay serijski linkovi
- Point-to-Multipoint

2.2 Tipovi OSPF mreže (2)

Tip mreže	DR/BDR izbor	Određivanje/broj suseda	Slanje poruka
point-to-point	Ne	Automatsko (1)	multicast
broadcast	Da	Automatsko (više)	multicast
NBMA	Da	Manuelno (više)	unicast
point-to-multipoint broadcast	Ne	Automatsko/ Manuelno (više)	multicast
point-to-multipoint non-broadcast	Ne	Manuelno (više)	unicast

2.2 OSPF susedi

- OSPF sused *(neighbor)* je ruter na istoj fizičkoj mreži sa kojim se razmenjuju *link-state*-ovi
- Između OSPF suseda se uspostavlja relacija susednosti *(adjacency)*
  - susednost se uspostavlja samo ako se ruteri dogovore oko osnovnih parametara (npr. ID oblasti)
  - ako se susednost ne uspostavi, ruteri ne razmenjuju *link state-ove!*

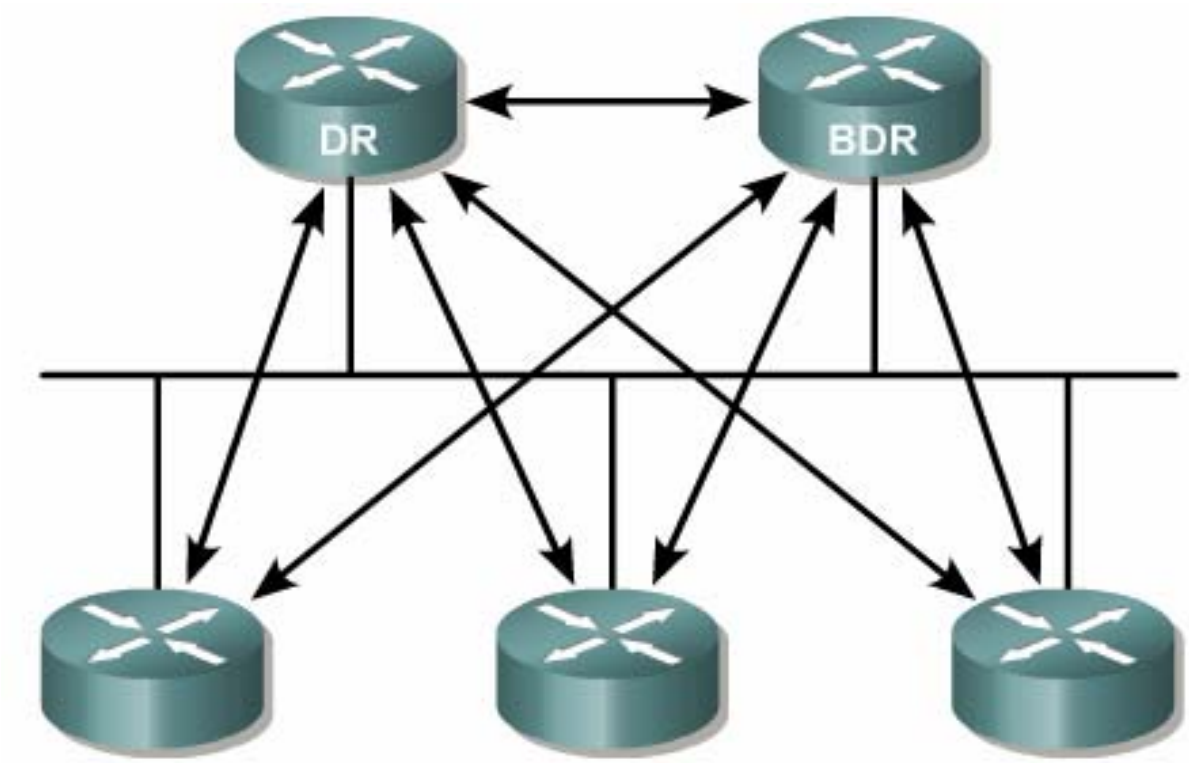
2.2 OSPF susedi na Broadcast Multiaccess mreži (1)

- Ako bi svaka dva rutera na Broadcast Multiaccess mreži uspostavljala susednost, broj tih relacija može biti jako veliki
  - n*(n-1)/2
- Rešenje: definiše se jedan izabrani ruter (Designated Router – DR) koji sa kojim svi ostali uspostavljaju susednost
- DR šalje *link-state*-ove svim ostalim ruterima na multicast adresu 224.0.0.5 *(AllSPFRouters)*

2.2 OSPF susedi na Broadcast Multiaccess mreži (2)

- Zbog otpornosti na otkaze, osim DR bira se i njegov zamenik (Backup Designated Router – BDR) koji preuzima ulogu DR kada se on otkaže
- Ostali ruteri oglašavaju svoje link-state-ove na multicast adresu 224.0.0.6 *(AllDRouters)*
- DR/BDR se biraju i na NBMA mreži

2.2 OSPF susedi na Broadcast Multiaccess mreži (3)



2.2 OSPF paketi

- Enkapsuliraju se direktno u IP paket
- Tipovi:
  - *Hello*
  - *Database Description (DD)*
  - *Link-State Request*
  - *Link-State Update (LSU)*
  - *Link-State Acknowledgement (LSAck)*

2.2 Zaglavlje OSPF paketa

Version	Type	Packet Length
Router ID		
Area ID		
Checksum		Authentication Type
Authentication Data		

2.2 *Hello* paketi

- *Hello* paketi služe za:
  - uspostavljanje susednosti
  - izbor DR/BDR
  - ispitivanje da li je sused aktivan
    - na svakih 10 sekundi na Point-to-Point/Broadcast Multiaccess interfejsima
    - na svakih 30 sekundi na NBMA interfejsima
- Šalju se na adresu 224.0.0.5

2.2 Format *Hello* paketa

Network Mask		
Hello Interval	Options	Router Priority
Dead Interval		
Designated Router		
Backup Designated Router		
Neighbor Router ID		
Neighbor Router ID		
(additional Neighbor Router ID fields can be added to the end of the header, if necessary)		

2.2 Stanja OSPF suseda (1)

- *Down*
  - početak uspostavljanja susednosti
- *Init*
  - poslat inicijalni *Hello* paket
- *Two-way*
  - dobijen inicijalni *Hello* paket; uspostavljena bidirekciona komunikacija
- *ExStart*
  - ruteri se dogovaraju ko je od njih Master u komunikaciji

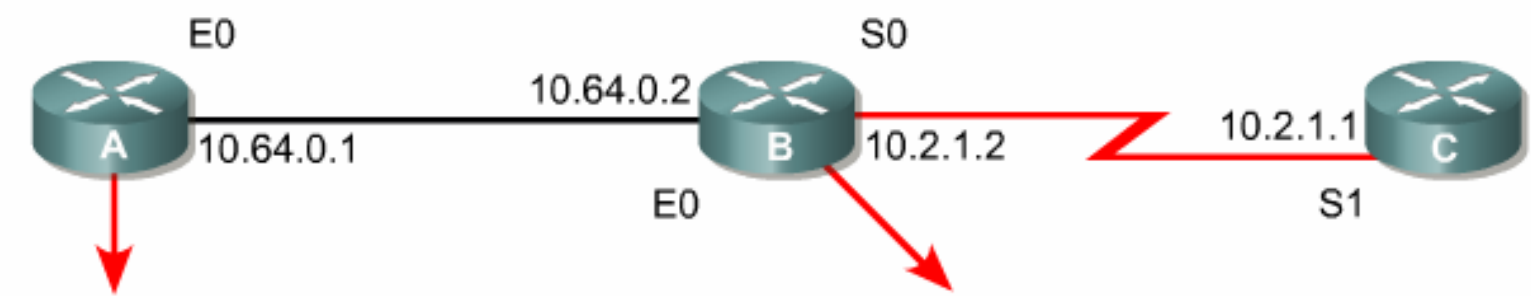
2.2 Stanja OSPF suseda (2)

- *Exchange*
  - ruteri šalju LSA zaglavlja sa opisom svoje *link-state* baze podataka; ukoliko LSA ne postoji ili je zastareo šalje se zahev za LSA
- *Loading*
  - ruter je završio slanje svoje link-state baze podataka i sada prima *link-state*-ove od suseda
- *Full*
  - *link-state* baze podataka su sinhronizovane

2.3 Osnovna OSPF konfiguracija (1)

- OSPF proces se startuje komandom `router ospf <process ID>`
  - moguće je uspostaviti više nezavisnih OSPF procesa na ruteru (retko potrebno)
  - 1 ≤ process ID ≤ 65535
- Interfejsi se postavljaju u oblast komandom `network <address> <wildcard> area <area ID>`
  - jednom `network` komandom možemo postaviti više interfejsa u istu oblast
  - `<wildcard>` ima isti oblik kao kod ACL

2.3 Osnovna OSPF konfiguracija (2)




```
<Output Omitted>
interface Ethernet0
ip address 10.64.0.1 255.255.255.0
!
<Output Omitted>
router ospf 1
network 10.64.0.0 0.0.0.255 area 0
```

```
<Output Omitted>
interface Ethernet0
ip address 10.64.0.2 255.255.255.0
!
interface Serial0
ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
<Output Omitted>
router ospf 1
network 10.2.1.2 0.0.0.0 area 0
network 10.64.0.2 0.0.0.0 area 0
```

2.3 Router ID (1)

- Svaki OSPF ruter mora imati jedinstveni Router ID u formi IP adrese jednog njegovog interfejsa
- Po *default-u* Cisco ruter uzima najveću aktivnu IP adresu interfejsa kao Router ID
- U slučaju da interejs sa tom adresom nije aktivan, OSPF proces ne funkcioniše!

2.3 Router ID (2)

- Zbog stabilnosti OSPF procesa treba uzeti Router ID sa interfejsa koji je uvek aktivan → *loopback* interfejs
- Ukoliko ruter ima jedan *loopback* interfejs, njegova adresa će biti uzeta kao Router ID
- Ukoliko ruter ima više *loopback* interfejsa, najveća *loopback* adresa će biti uzeta kao Router ID

2.3 Izbor DR/BDR (1)

- U izboru DR/BDR uzimaju se dva parametra:
  - prioritet (primarni)
  - router ID (sekundarni)
- Router sa najvećim prioritetom na segmentu postaje DR:
  - prioriteti mogu biti od 0 do 255
  - *default* prioritet je 1
  - prioritet 0 sprečava ruter da postane DR/BDR

2.3 Izbor DR/BDR (2)

- Prioritet na interfejsu se postavlja komandom `ip ospf priority <priority>` u *interface configuration* modu
- Ukoliko svi ruter imaju isti prioritet, DR postaje ruter sa najvećim Router ID
  - NE uzimaju se u obzir adrese na interfejsima!
- Izabrani DR/BDR ostaju i ako se u međuvremenu nekom ruteru konfiguriše najveći prioritet

2.3 Metrika (1)

- Metrika interfejsa se računa prema formuli 10^8/<propusni opseg>
- Propusni opseg serijskog interfejsa se definiše komandom `bandwidth`
  - ne mora da ima nikakve veze sa stvarnim propusnim opsegom
- Metrika interfejsa se može eksplicitno definisati komandom `ip ospf cost <cost>` u *interface configuration* modu

2.3 Metrika (2)

Medium	Cost
56 kbps serial link	1785
T1 (1.544 Mbps serial link)	64
E1 (2.048 Mbps serial link)	48
4 Mbps Token Ring	25
Ethernet	10
16 Mbps Token Ring	6
100 Mbps Fast Ethernet, FDDI	1

2.3 Autentifikacija (1)

- Po *default-u*, ruteri ne proveravaju da li je poruka poslata od strane pravog rutera, ili da nije menjana u putu
- Moguće je konfigurisati autentifikaciju između rutera u oblasti na dva načina:
  - cleartext
  - MD5

2.3 Autentifikacija (2)

- *Cleartext* autentifikacija podrazumeva da su oba suseda konfigurisana sa istim lozinkom
  - lozinka se šalje u zaglavlju svakog paketa u *cleartext-u*
- *Cleartext* autentifikacija za oblast se uključuje komandom `area <area ID> authentication` u *router configuration* modu
- Lozinka se postavlja komandom `ip ospf authentication-key <password>` u *interface configuration* modu

2.3 Autentifikacija (3)

- MD5 autentifikacija podrazumeva kreiranje heša napravljenog MD5 algoritmom od poruke i tajnog ključa
  - u zaglavlju paketa se ne šalje ključ već heš *(message digest)*
- MD5 autentifikacija za oblast se uključuje komandom `area <area ID> authentication message-digest` u *router configuration* modu
- Lozinka se postavlja komandom `ip ospf message-digest-key <key-id> md5 <encryption-type> <key>` u *interface configuration* modu

2.3 *Hello* i *Dead* intervali

- *Hello* interval definiše periodu slanja Hello paketa
  - po *default-u* 10 sekundi na *broadcast*, 30 sekundi na NBMA
  - može se promeniti komandom `ip ospf hello-interval <seconds>`
- *Dead* interval definiše koliko je susednost validna bez dobijanja novog *Hello* paketa
  - po default-u 4 x *Hello* interval
  - može se promeniti komandom `ip ospf dead-interval <seconds>`

2.3 Česti razlozi za neuspostavljanje susedstva

- Jedan ruter ne šalje *Hello* pakete
- *Hello* i *Dead* intervali nisu isti na obe strane
- Tipovi mreže nisu isti na obe strane
- Različite lozinke za autentifikaciju

2.3 Pregled OSPF statusa

- `show ip protocol`
- `show ip ospf interface`
- `show ip ospf`
- `show ip ospf neighbor detail`
- `show ip ospf database`

2.3 Propagacija *default* rute

- Ako je *default* ruta definisana, ona se propagira OSPF susedima komandom `default-information originate` u *router configuration* modu

Sadržaj poglavlja

- 3.1 EIGRP koncepti
- 3.2 EIGRP konfiguracija
- 3.3 *Troubleshooting* protokola rutiranja

3.1 *Enhanced Internal Gateway Routing Protocol* - EIGRP

- Kreiran 1994. godine kao unapređenje IGRP-a
- Cisco *proprietary* protokol
- Kompatibilan sa IGRP

3.1 IGRP – EIGRP poređenje

- Metrika
  - EIGRP metrika (32 bita) = IGRP metrika (24 bita) * 256
- Maksimalni broj hopova
  - 224 za EIGRP, 255 za IGRP
- Automatska redistribucija
  - EIGRP proces će automatski redistribuirati rute IGRP procesa sa istim brojem autonomnog sistema
- Označavanje eksternih ruta
  - sve rute koje dobijene od drugih protokola će biti posebno označene (D EX tip u tabeli rutiranja)

3.1 EIGRP strukture podataka

- Tabela suseda *(neighbor table)*
- Tabela topologije *(topology table)*
- Tabela rutiranja

3.1 Tabela suseda

- Sadrži listu svih susednih rutera
  - slično *adjacency* tabeli kod OSPF-a
- Susedni ruteri periodično razmenjuju *hello* pakete
- U *hello* paketu svaki sused oglašava *hold* period – vreme za koje je susedstvo aktivno bez dobijanja novog *hello* paketa

3.1 Tabela topologije (1)

- Tabela koja sadrži sva dobijena odredišta
- Na osnovu tabele topologije DUAL algoritam određuje najbolje rute i stavlja ih u tabelu rutiranja

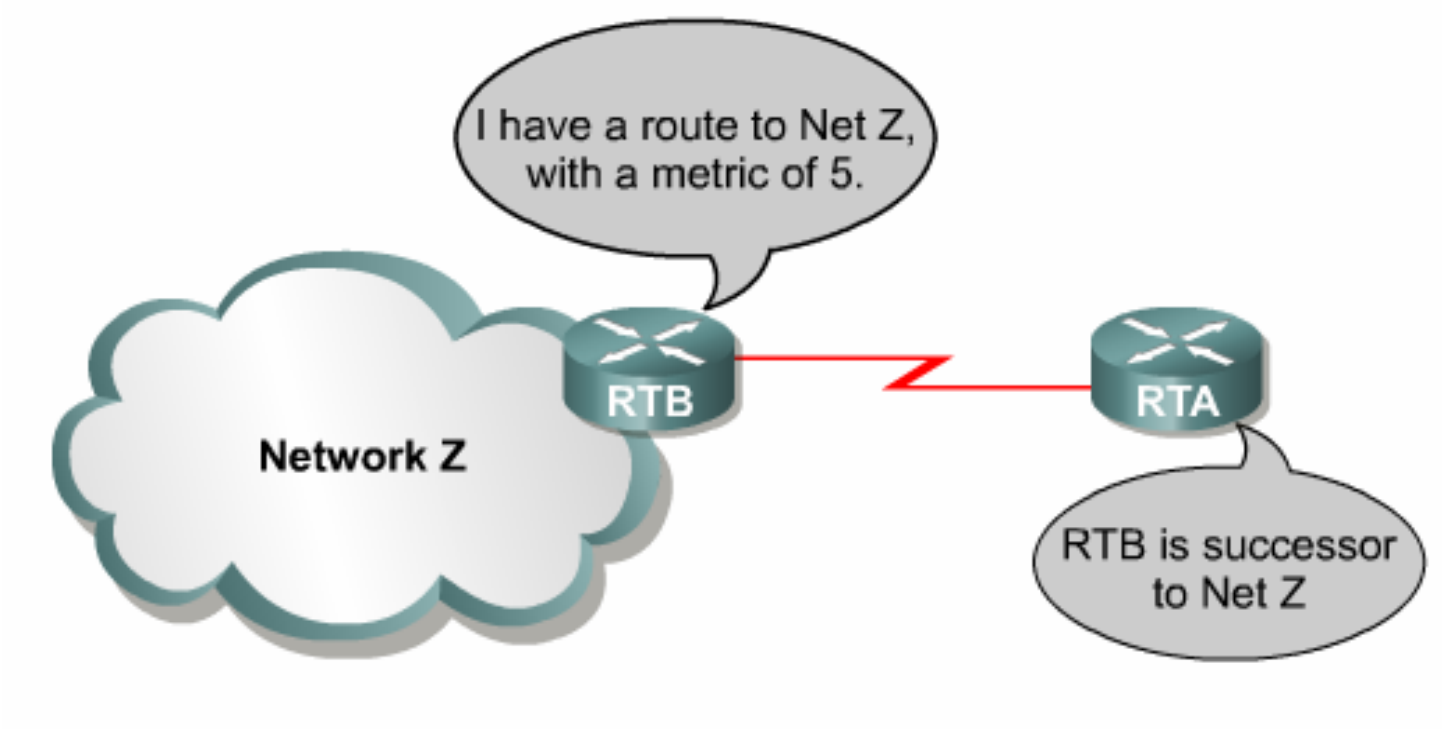
3.1 Tabela topologije (2)

- Polja u tabeli topologije:
  - *Feasible distance (FD)*
  - *Reported distance (RD)*
  - *Route Source*
  - *Interface information*
  - *Route status*
    - *Passive (P)*
    - *Active (A)*

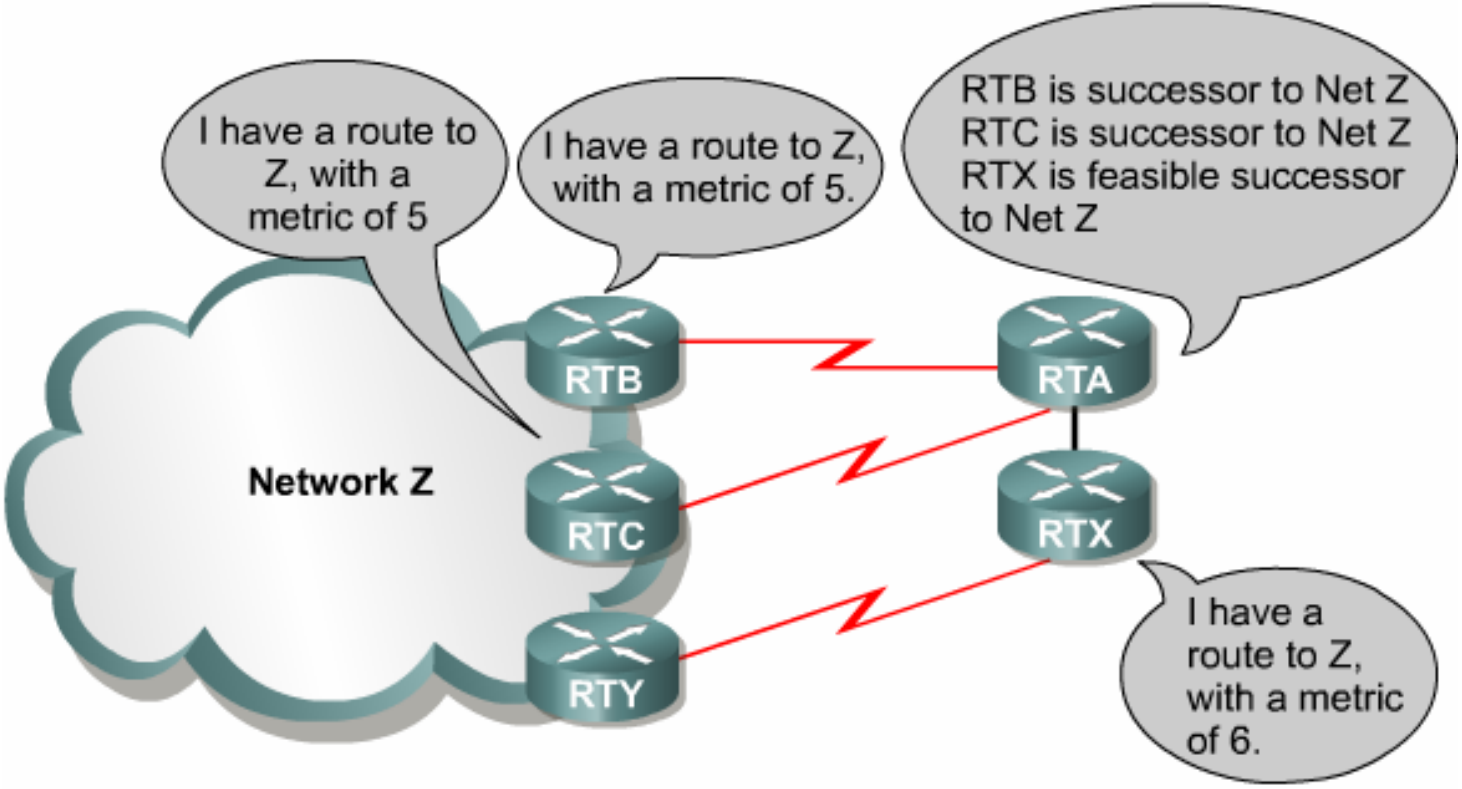
3.1 Pojam *successor-a* (1)

- *Successor* je najbolja ruta prema odredišu
  - *Successor* rute se stavljaju u tabelu rutiranja
  - može biti do četiri *Succesor* rute
- *Feasible Successor (FS)* je “druga najbolja” ruta
  - ako interfejs *Succesor* rute padne i ako postoji FS on se odmah instalira u tabelu rutiranja
  - da bi ruta postala FS njen RD mora biti manji od FD *Successor-a*
  - ako interfejs *Succesor* rute padne i ne postoji FS, ruter stavlja rutu u *Active* stanje i pita sve susedne rutere za to odredište

3.1 Pojam *successor-a* (2)



3.1 Pojam *successor-a* (3)



3.1 Prednosti EIGRP-a u odnosu na *distance vector* protokole

- Brza konvergencija (DUAL algoritam)
- Efikasno korišćenje propusnog opsega
- Podrška za VLSM
- Podrška za IP, IPX i AppleTalk protokole preko PDM modula

3.1 EIGRP tehnologije (1)

- Uspostavljanje susedstva
  - RIP/IGRP šalju i primaju oglašavanja bez uspostavljanja susedstva
  - susedni ruteri međusobno razmenjuju *hello* poruke (*default* na svakih 5 sekundi)
  - putem susedstva, ruteri
    - primaju nove rute
    - identifikuju kada su drugi ruteri nedostupni
    - otkrivaju kada ruter koji je bio nedostupan ponovo postane aktivan

3.1 EIGRP tehnologije (2)

- *Reliable Transport Protocol* (RTP)
  - protokol transportnog nivoa koji garantuje pouzdan prenos informacija između suseda
  - EIGRP ne koristi TCP zato što mora biti nezavisan od konkretnog Layer 3 protokola
  - neki paketi se prenose nepouzdano (npr. *hello*) dok se same informacije o rutama prenose na pouzdan način

3.1 EIGRP tehnologije (3)

- *Diffusing Update Algorithm* (DUAL)
  - pun naziv je DUAL *finite-state machine* (FSM)
  - algoritam kalkulacije ruta
  - ulaz u algoritam su tabela suseda i topologije
  - izlaz su *Successor* i *Feasible Successor* rute
  - obezbeđuje da je svaka ruta *loop-free*

3.1 EIGRP tehnologije (4)

- *Protocol-dependent Modules* (PDM)
  - EIGRP je napravljan da podrži rutiranje bilo kog Layer 3 protokola preko posebnih modula
  - trenutno postoje moduli za IP, IPX i AppleTalk
  - funkcije IP modula:
    - slanje/prijem EIGRP paketa koji nose IP podatke
    - notifikacija DUAL mašine o novim IP informacijama
    - ubacivanje ruta koje izračunao DUAL u IP tabelu rutiranja
    - redistribucija ruta naučenih od drugih IP protokola za rutiranje

3.1 Tipovi EIGRP paketa (1)

- *Hello*
  - uspostavljanje, re-uspostavljanje i održavanje veze između suseda
  - šalju se nepouzdano (bez potvrde prijema) na *multicast* adresu 224.0.0.10 (IP)
  - u slučaju izostanka *hello* paketa, susedstvo se čuva *hold* period (po *default-u* 3x *hello* period)
  - ruteri mogu postati susedi iako nemaju isti *hello* i *hold* period (za razliku od OSPF-a)

3.1 Tipovi EIGRP paketa (2)

- *Acknowledgements*
  - potvrda prijema paketa kod pouzdanog prenosa
  - šalju se nepouzdano (bez potvrde prijema) kao *unicast*
- *Update*
  - paketi koji nose informacije o rutiranju
  - šalju se pri uspostavljanju susedstva (*unicast*) ili pri promeni topologije (*multicast*)
  - šalju se pouzdano (sa potvrdom prijema)

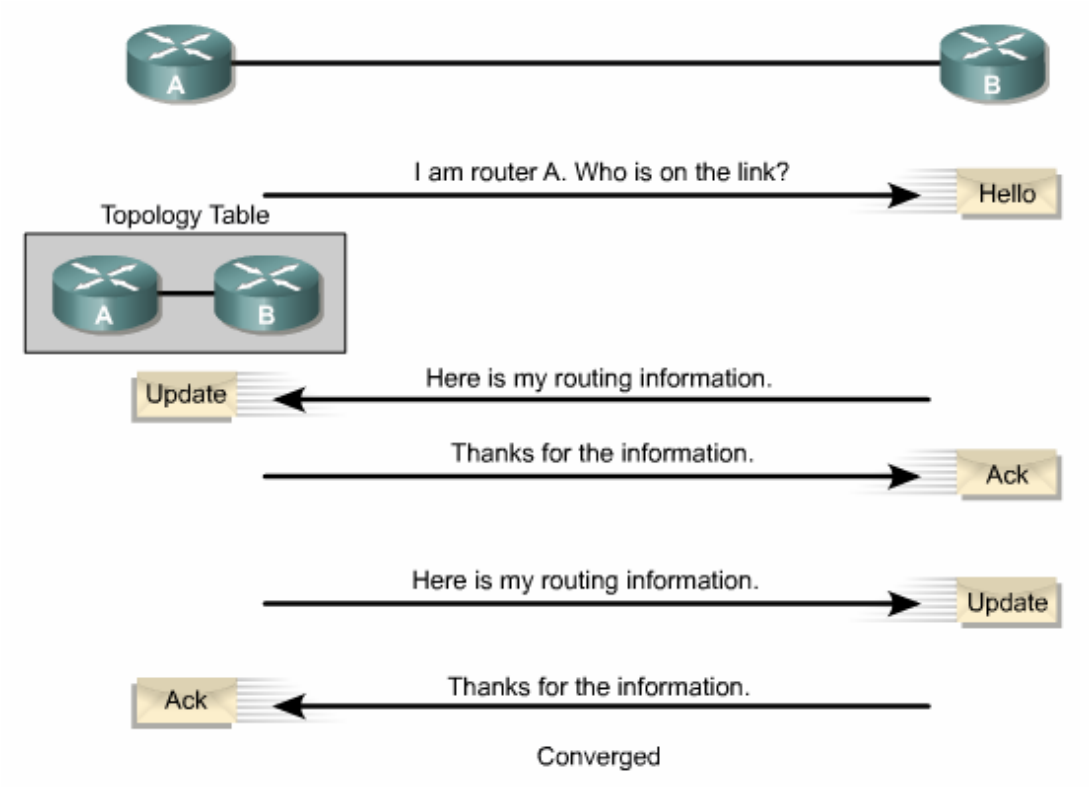
3.1 Tipovi EIGRP paketa (3)

- *Query*
  - upit susedima za rutu ako ne postoji FS
  - šalju se pouzdano (sa potvrdom prijema) kao *unicast* ili *multicast*
- *Reply*
  - odgovor na *Query* paket
  - šalju se pouzdano (sa potvrdom prijema) kao *unicast*

3.1 Podrazumevani *hello/hold* periodi

Bandwidth	Example Link	Default Hello Interval	Default Hold Time
1.544 Mbps or less	Multipoint Frame Relay	60 seconds	180 seconds
Greater than 1.544 Mbps	T1, Ethernet	5 seconds	15 seconds

3.1 Uspostavljanje susedstva



3.2 Osnovna EIGRP konfiguracija (1)

- EIGRP proces se startuje komandom `router eigrp <AS-number>`
  - svi ruteri u AS moraju biti konfigurisani sa istim brojem AS
- Mreže koje pripadaju autonomnom sistemu se konfigurišu komandom `network <network-number>`
  - mreže na koje je ruter direktno priključen

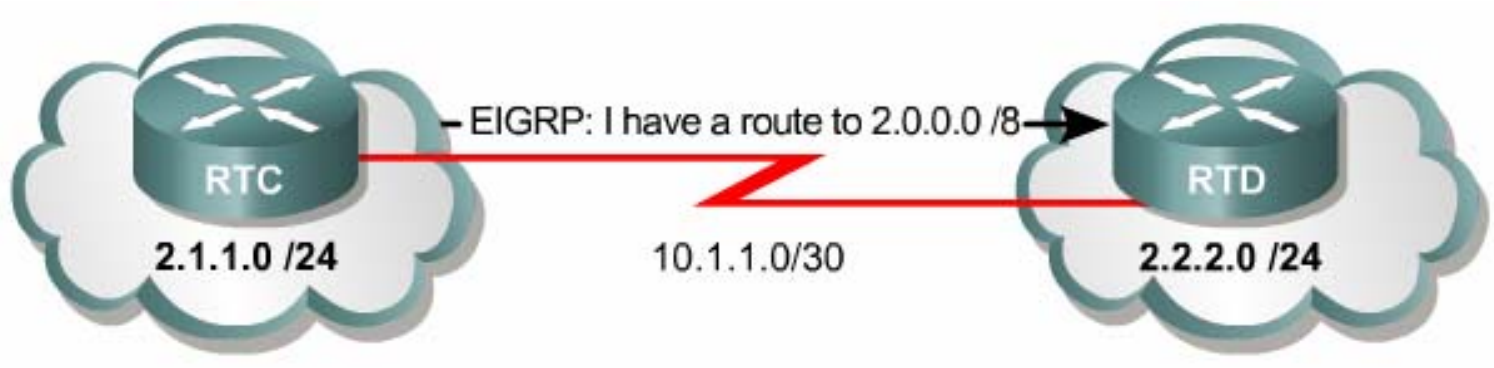
3.2 Osnovna EIGRP konfiguracija (2)

- Propusni opseg na serijskim interfejsima se postavlja komandom `bandwidth <kilobits>`
  - vrlo bitno jer EIGRP određuje metriku prema propusnom opsegu
  - ukoliko se ne stavi eksplicitno koristi se default vrednost od 1.544 Mbps (T1)
- Ispis poruka za svaku promenu statusa suseda se konfiguriše komandom `eigrp log-neighbor-changes` u *interface configuration* modu

3.2 Automatska sumarizacija ruta (1)

- EIGRP automatski oglašava sumarizovanu rutu cele klase na granici sa drugom klasom
  - podmreže jedne klase razdvojene drugom klasom - nepoželjna situacija
- Isključuje se komandom `no auto-summary` u *router configuration* modu

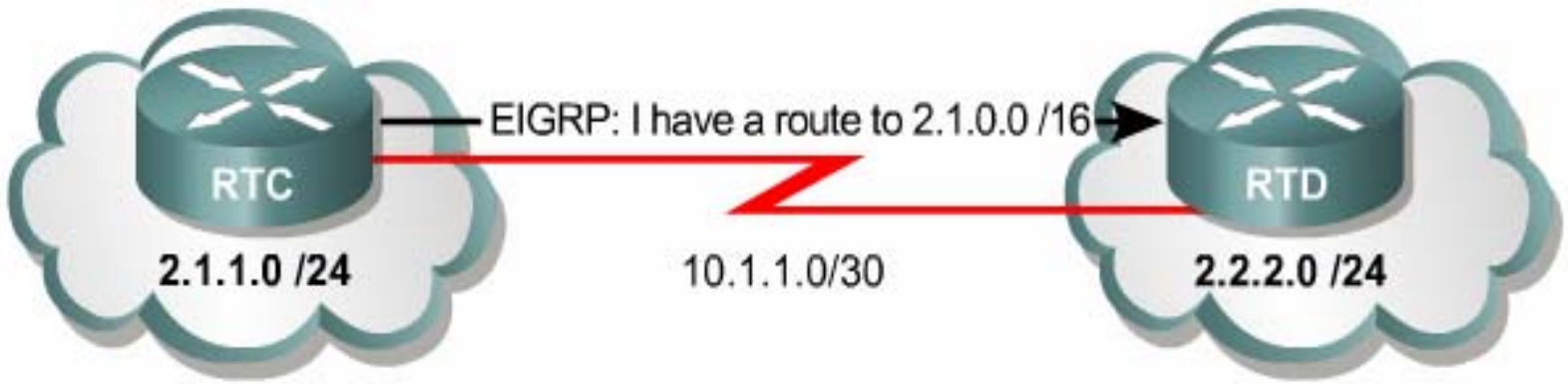
3.2 Automatska sumarizacija ruta (2)



3.2 Manuelna sumarizacija ruta (1)

- Ukoliko se želi sumarna ruta koja nije na granici klase, ona se može manualno podesiti
- Sumarna ruta se konfiguriše komandom `ip summary-address eigrp <AS-number> <ip-address> <mask> [<administrative-distance>]` u *interface configuration* modu
- U tabeli će se pojaviti sumarna ruta koja pokazuje na Null0 interfejs i koja se efektivno neće koristiti

3.2 Manuelna sumarizacija ruta (2)




```
RTC(config-if)#ip summary-address eigrp 100 2.1.0.0 255.255.0.0
```

3.2 Pregled EIGRP statusa

Command	Description
show ip eigrp neighbors [*type number*] [**details**]	Displays EIGRP neighbor table. Use the type and number options to specify an interface. The details keyword expands the output.
show ip eigrp interfaces [*type number*] [*as-number*] [**details**]	Shows EIGRP information for each interface. The optional keywords limit the output to a specific interface or AS. The details keyword expands the output.
show ip eigrp topology [*as-number* | [[*ip-address*] *mask*]]	Displays all feasible successors in the EIGRP topology table. Optional keywords can filter output based on AS number or specific network address.
show ip eigrp topology [active | pending | zero-successors]	Depending on which keyword is used, displays all routes in the topology table that are either active, pending, or without successors.
show ip eigrp topology all-links	Displays all routes, not just feasible successors, in the EIGRP topology.
show ip eigrp traffic [*as-number*]	Displays the number of Enhanced IGRP packets sent and received. Command output can be filtered by including an optional AS number.

3.2 Komanda `show ip eigrp neighbors` (primer)

```
Cisco-RMF#show ip eigrp neighbors
IP-EIGRP neighbors for process 176
H   Address                 Interface   Hold Uptime   SRTT   RTO  Q  Seq
                                        (sec)         (ms)       Cnt Num
0   194.106.179.130         Se1           11 00:08:47   96  1140  0  109
Cisco-RMF#show ip eigrp neighbors detail
IP-EIGRP neighbors for process 176
H   Address                 Interface   Hold Uptime   SRTT   RTO  Q  Seq
                                        (sec)         (ms)       Cnt Num
0   194.106.179.130         Se1           10 00:10:16   96  1140  0  109
   Version 11.2/1.0, Retrans: 1, Retries: 0
```

3.2 Polja u tabeli suseda

- *Neighbor address*
  - adresa suseda
- *Smooth Round-Trip Timer (SRTT)*
  - prosečno RTT vreme između suseda; koristi se za određivanje intervala za retransmisiju
- *Queue count (Q Cnt)*
  - broj paketa koji čekaju u redu za slanje
- *Sequence Number (Seq No)*
  - broj sekevence poslednjeg paketa koji je dobijen od suseda

3.2 Komanda `show ip eigrp topology` (primer)

```
Cisco-RMF#show ip eigrp topology
IP-EIGRP Topology Table for process 176

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
       r - Reply status

P 0.0.0.0/0, 1 successors, FD is 2560256000
         via Redistributed (2560256000/0)
         via 194.106.179.130 (21024000/20512000), Serial1
P 194.106.179.0/25, 1 successors, FD is 20553728
         via 194.106.179.130 (20553728/297728), Serial1
P 194.106.181.32/27, 1 successors, FD is 20540160
         via 194.106.179.130 (20540160/284160), Serial1
P 194.106.181.32/30, 1 successors, FD is 20537600
         via 194.106.179.130 (20537600/281600), Serial1
P 147.91.5.128/29, 1 successors, FD is 281600
         via Connected, Ethernet0
```

3.2 Komanda `show ip eigrp interface` (primer)

```
Cisco-RMF#show ip eigrp interfaces
IP-EIGRP interfaces for process 176

                     Xmit Queue   Mean   Pacing Time   Multicast    Pending
Interface    Peers   Un/Reliable  SRTT   Un/Reliable   Flow Timer   Routes
Et0            0        0/0         0       0/10           0           0
Se0            0        0/0         0       5/190        250           0
Se1            1        0/0        96       5/190        190           0
```

3.3 Neki razlozi za neispravno funkcionisanje EIGRP protokola

- Layer 1 ili Layer 2 problem
- Neusklađeni AS brojevi EIGRP procesa na ruterima
- Zagušen link ili link neaktivan
- Izlazni interfejs neaktivan
- Oglašeni interfejs nije aktivan
- Automatska sumarizacija kod razdvojenih podmreža *(discontiguous subnets)*

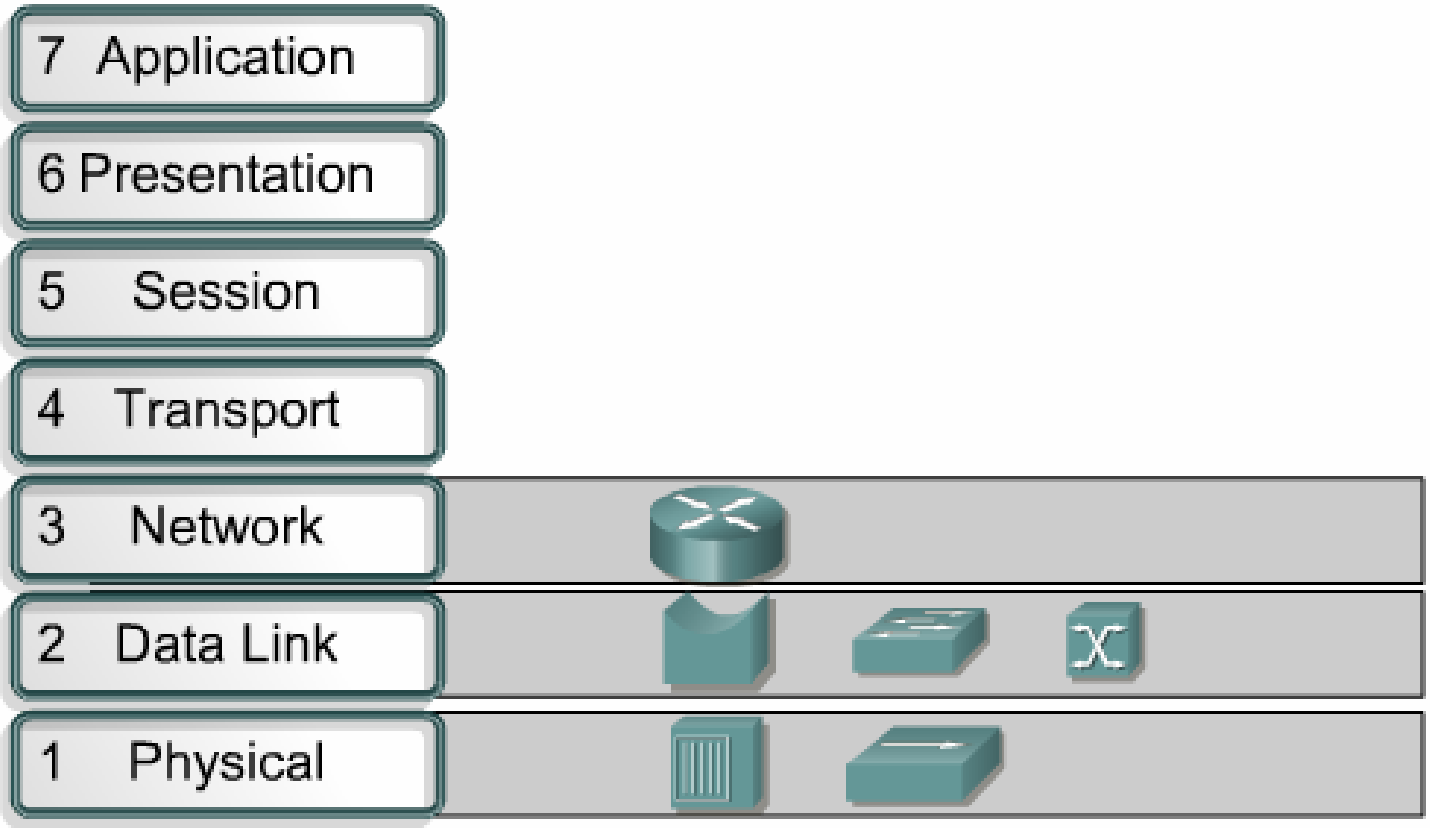
Sadržaj poglavlja

- 4.1 Uvod u Eternet/802.3 LAN
- 4.2 Uvod u LAN svičing
- 4.3 Funkcionisanje sviča

4.1 Eternet

- Najkorišćenija LAN tehnologija
- Zasnovana na deljenom medijumu i CSMA/CD šemi
- Originalno napravljena za brzinu od 10 Mbps; kasnije doneti standardi za 100 Mbps (Fast Ethernet) i 1 Gbps (Gigabit Ethernet)
- Koristi više medijuma, od kojih su najpopularniji UTP i optički kablovi

4.1 Eternet uređaji



4.1 Eternet uređaji: bridž (1)

- Spaja dva mrežna segmenta
- Svaki segment je poseban kolizioni domen (ne prosleđuje kolizije)
- Oba segmenta su isti *broadcast* domen (prosleđuje *broadcast* okvire)
- Prima kompletan okvir i proverava CRC pre prosleđivanja *(store-and-forward),*

4.1 Eternet uređaji: bridž (2)

- Kreira bridžing tabelu u kojoj pamti sve MAC adrese i segment na kome se nalaze:
  - okvir se prosleđuje na drugi port ako adresa ne postoji u tabeli ili ako ukazuje na drugi segment

4.1 Eternet uređaji: svič (1)

- Spaja više mrežnih segmenata (mikrosegmenti)
- Svaki segment je poseban kolizioni domen (ne prosleđuje kolizije)
- Svi segmenti su isti *broadcast* domen (prosleđuje *broadcast* okvire)
- Kreira CAM *(Content Addressable Memory)* tabelu

4.1 Faktori koji utiču na smanjenje Ethernet/802.3 performansi (1)

- *Broadcast* način prenosa okvira
- CSMA/CD šema pristupa medijuma koja dozvoljava samo jednoj stanici da šalje okvir u jednom trenutku
- Multimedijalne aplikacije + broadcast priroda Etherneta = zagušenje *(congestion)*

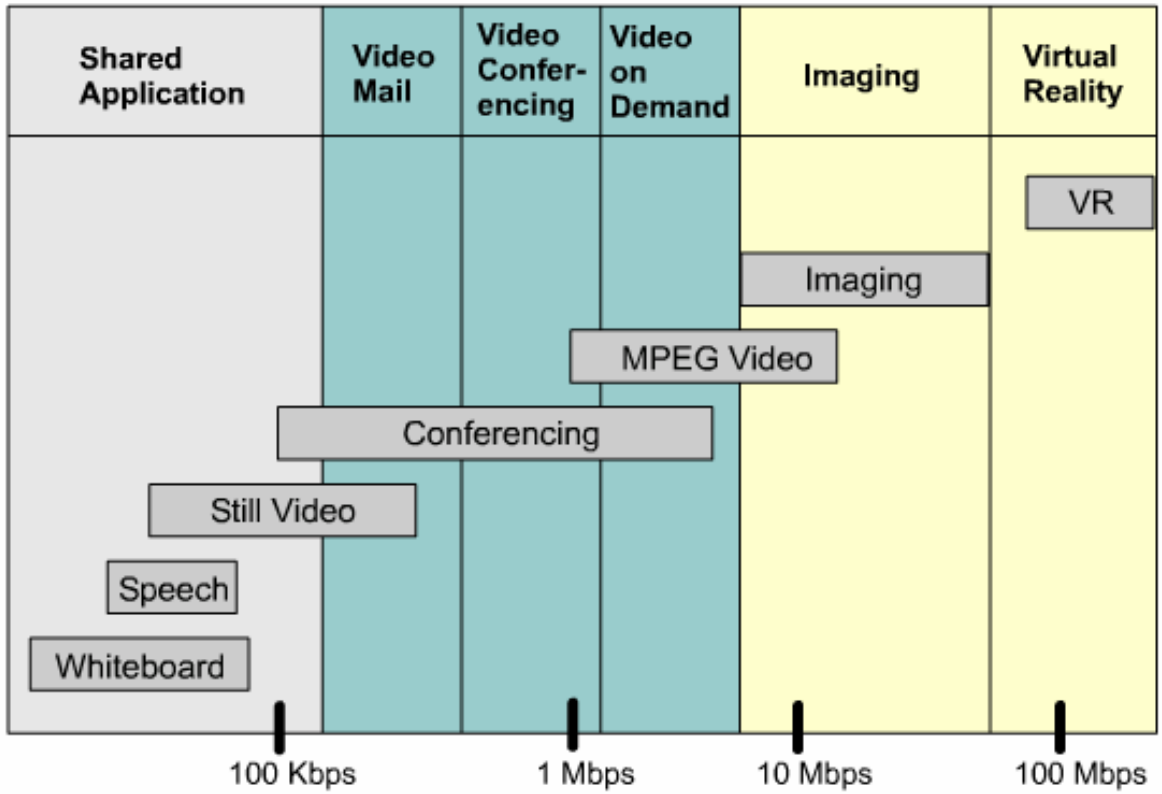
4.1 Faktori koji utiču na smanjenje Ethernet/802.3 performansi (2)

- Kašnjenje u prenosu bitova okvira kroz mrežu, kao i kašnjenje pri prenosu bitova/okvira kroz LAN uređaje
- Proširenje LAN mreže putem ripitera

4.1 *Half-duplex* prenos

- Standardni Ethernet predstavlja *half-duplex* tehnologiju, tj. samo jedna stanica može da šalje okvir u jednom trenutku
- U slučaju da i druga stanica započne prenos okvira, dešava se kolizija
  - obe stanice zaustavljaju prenos okvira i šalju *jam* signal
  - svaka stanica čeka određeno vreme (*backoff time*) i pokušava da ponovo pošalje okvir

4.1 Propusni opseg multimedijalnih aplikacija



4.1 Kašnjenje u Ethernet mreži

- Vreme prenosa okvira od izvorišta do odredišta
- Tri izvora kašnjenja:
  - kašnjenje u NIC-evima (oko 1 μs)
  - propagacija signala kroz medijum (oko 0.5 μs na 100 m Cat 5 UTP)
  - kašenjenje u uređajima
    - meri se od prijema prvog bita do slanja poslednjeg bita
    - najveće u ruterima, najmanje u svičevima

4.1 Vreme transmisije u 10BASE-T mreži

- 10 Mb/s → 1 bit se šalje za 100 ns (10^{-7} s)
- 1 bajt se šalje za 800 ns
- Najmanji okvir od 64 bajtova (sa zaglavljem) se šalje za 51.2 μs
- Najveći okvir od 1518 bajtova (sa zaglavljem) se šalje za 1.214 ms

4.1 *Full-duplex* prenos (1)

- *Full-duplex* prenos u Ethernet mrežama omogućava da stanica prima i šalje okvir istovrememeno
- U *full-duplex* prenosu ne važi CSMA/CD prenos i nema kolizija!
  - *half-duplex* koristi najviše oko 50-60% propusnog opsega
  - *full-duplex* koristi 100% i to u oba smera

4.1 *Full-duplex* prenos (2)

- *Full-duplex* prenos je podržan na sledećim medijumima:
  - UTP kabl (10BASE-T, 100BASE-TX)
  - optički kabl (10BASE-FL, 100BASE-FX)
- *Full-duplex* prenos je moguć na relacijama:
  - računar ↔ računar
  - svič ↔ računar
  - svič ↔ svič

4.2 LAN segmentacija

- LAN segmentacija predstavlja podelu mreže na više kolizionih domena tj. LAN segmenata
- LAN segmentacija se može vršiti pomoću
  - bridževa
  - svičeva
  - rutera

4.2 Prednosti LAN segmentacije

- Više segmenata → manji kolizioni domeni → manje računara koji se bore za deljeni medijum → veći propusni opseg za svaki računar (manje zagušenje)

4.2 LAN segmentacija sa bridževima/svičevima

- Iza svakog porta sviča/bridža nalazi se posebni kolizioni domen tj. segment
  - u slučaju *full-duplex* veza nema ni kolizija
- Segmentacija sa Layer 2 mrežnim uređajima je potpuno transparentna za sve stanice na mreži

Bridževi povećavaju kašnjenje u mreži 10%-30%

4.2 LAN segmentacija sa ruterima

- Segmentacija sa ruterima nije transparentna za stanice u LAN mreži jer mogu pripadati različitim Layer 3 podmrežama
- Slabije performanse od segmentacije sa svičevima

Ruteri povećavaju kašnjenje u mreži 20%-30%

4.2 Layer 2 i Layer 3 svičing (1)

- Layer 2 svičing se odnosi na prosleđivanje okvira, preko informacija iz Layer 2 zaglavlja (tj. MAC adresa)
- Layer 3 svičing se odnosi na prosleđivanje paketa, preko informacija iz Layer 3 zaglavlja (tj. IP adresa)

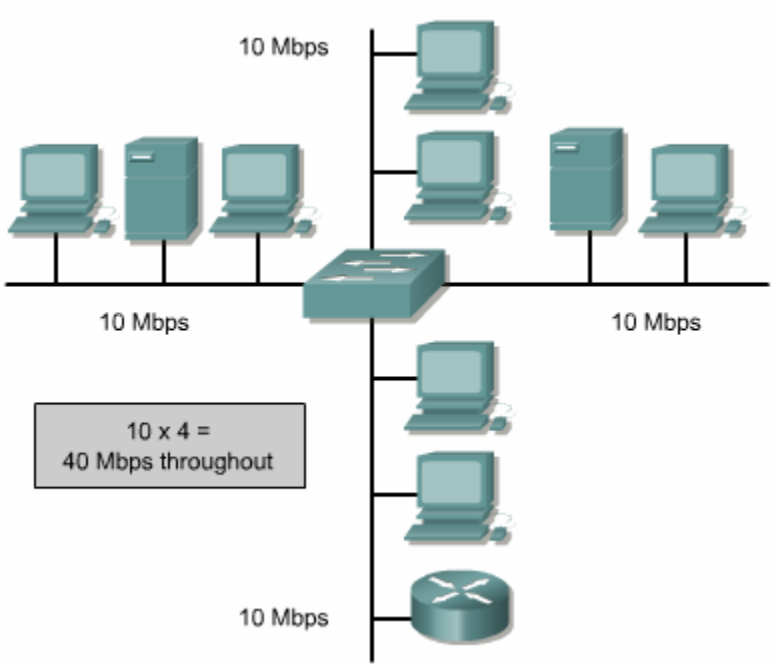
4.2 Layer 2 i Layer 3 svičing (2)

- Prema tipu svičinga koji obavlja, uređaj može biti Layer 2 svič ili Layer 3 svič
- Funkcionisanje rutera + arhitektura sviča = Layer 3 svič

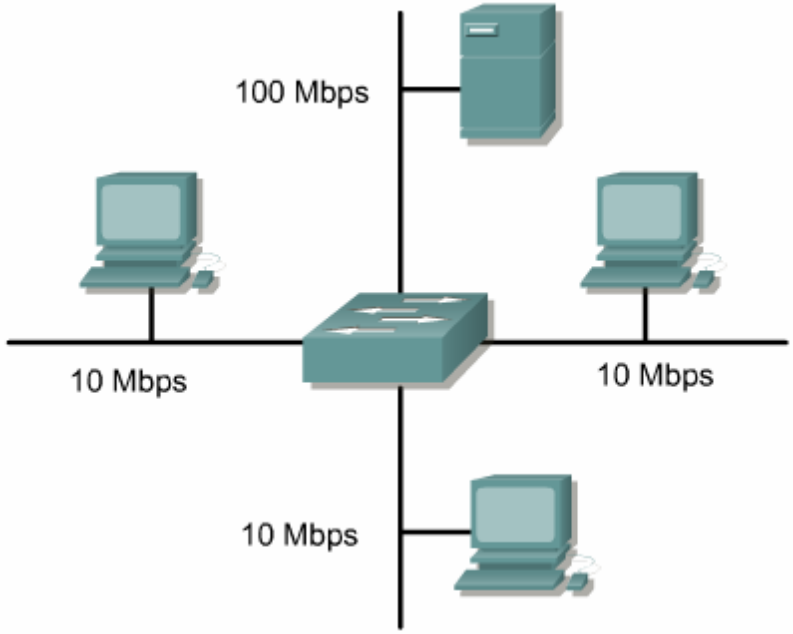
4.2 Simetrični i asimetrični svičing (1)

- Simetrični svičing je prenos okvira između portova sa istim propusnim opsegom
- Asimetrični svičing je prenos okvira između portova sa različitim propusnim opsezima
  - zahteva bafere za privremeno smeštanje okvira

4.2 Simetrični i asimetrični svičing (2)



Simetrični svičing



Asimetrični svičing

4.2 Baferi kod asimetričnog svičinga

- U asimetričnom svičingu, zbog različitih propusnih opsega portova, mora postojati bafer gde se smeštaju okviri koji čekaju da budu preneseni na odredišni port
- Dva tipa bafera:
  - *port-based memory buffering*
  - *shared memory buffering*

4.2 *Port-based memory buffering*

- Svaki port sviča sadrži bafer u vidu reda za čekanje
- Svaki primljeni okvir na tom portu se stavlja u bafer (na kraj reda)
- Svič uzima okvire iz redova i šalje ih na odgovarajući izlazni port
  - jedan zagušen izlazni port povećava kašnjenje i za okvire koji ne idu na taj port

4.2 *Shared memory buffering*

- Postoji jedan bafer na nivou sviča u koji se smeštaju svi prispeli okviri
  - jedan deo bafera se dinamički dodeljuje svakom portu
- Svi okviri u baferu koji su predviđeni za isti izlazni port se povezuju u listu

4.2 Metodi svičinga

- Metodi svičinga definišu kako svič prenosi okvire sa izvorišnog na odredišni port
- Tri metoda:
  - *store-and-forward*
  - *cut-through*
    - *fast-forward*
    - *fragment-free*

4.2 *Store-and-forward* svičing

- Svič primi ceo okvir, smesti ga u bafer i onda ga prosledi na izlazni port
- Karakteristike
  - veće kašnjenje od ostalih metoda
  - CRC okvira se proverava u sviču i okvir se ne prosleđuje ako nije ispravan

4.2 *Cut-through/fast-forward* svičing

- Svič primi okvir do polja *destination address*, odredi izlazni port i prosleđuje okvir na izlazni port uporedo sa prijemom
- Karakteristike:
  - najmanje kašnjenje od ostalih metoda
  - CRC okvira se ne proverava u sviču, tako da se prosleđuju i okviri sa greškom

4.2 *Cut-through/fragment-free* svičing

- Svič primi prvih 64 bajtova okvira, odredi izlazni port i prosleđuje okvir na izlazni port uporedo sa prijemom
- Karakteristike:
  - nešto veće kašnjenje od *cut-through* ali značajno manje od *store-and-forward* ostalih metoda
  - CRC okvira se ne proverava u sviču, ali se izbegavaju greške koje se dešavaju u prvih 64 bajtova (npr. kolizija)

4.2 *Adaptive Cut-through* svičing

- Hibridni mod između *cut-through* i *store-and-forward*:
  - inicijalno se koristi *cut-through* metod
  - ako broj grešaka pređe određenu granicu (“error sensing”) menja se na *store-and-forward* metod

Sadržaj poglavlja

- 5.1 LAN dizajn
- 5.2 LAN svičevi

5.1 Ciljevi LAN dizajna (1)

- Funkcionalnost
  - LAN mreža mora da obezbedi rad korisničkih aplikacija sa zadovoljavajućom brzinom i pouzdanošću (mreža mora da “radi”)
- Skalabilnost
  - LAN mreža mora da omogući porast (saobraćaja, korisnika, aplikacija) bez značajnih promena u koncepciji (mreža mora da “raste”)

5.1 Ciljevi LAN dizajna (2)

- Prilagodljivost
  - LAN mreža mora biti dizajnirana tako da se može prilagođavati budućim aplikacijama i protokolima
- Upravljivost
  - LAN mreža mora biti dizajnirana tako da omogući nadzor i upravljanje celom mrežom (mreža mora da bude “upravljiva”)

5.1 Kritične komponente LAN dizajna

- Smeštanje servera
- Kolizioni domeni
- Segmentacija
- *Broadcast* domeni

5.1 Smeštanje servera (1)

- Serveri obezbeđuju deljenje resursa (mrežnih diskova, štampača, aplikacija)
- Tipičan server ne radi i kao obična radna stanica
- Prema funkciji, serveri se dele na:
  - korporacijske servere *(enterprise servers)*
  - servere radnih grupa *(workgroup servers)*

5.1 Smeštanje servera (2)

- Korporacijski server koriste svi korisnici na mreži
  - DNS
  - e-mail
- Korporacijski server se priključuje na svič u MDF-u (poželjno najmanje 100 Mbps)

5.1 Smeštanje servera (3)

- Server radne grupe koristi određena grupa korisnika
  - specijalizovane baze podataka
  - specijalizovane aplikacije
- Server radne grupe se priključuje na svič u IDF-u (poželjno najmanje 100 Mbps)

5.1 Metodologija dizajniranja LAN mreža

- Prikupljanje zahteva od korisnika
- Analiza zahteva
- Dizajniranje Layer 1,2 i 3 strukture
- Dokumentacija

5.1 Prikupljanje zahteva (1)

- Potrebni podaci:
  - organizaciona struktura
  - istorija (budućnost) organizacije
  - veličina
  - projektovani rast

5.1 Prikupljanje zahteva (2)

- Pitanja:
  - ko će koristiti mrežu?
  - kakav je nivo znanja korisnika?
  - koje su aplikacije od posebne važnosti (*mission-critical applications*)?
  - ko je odgovoran za buduće održavanje mreže?

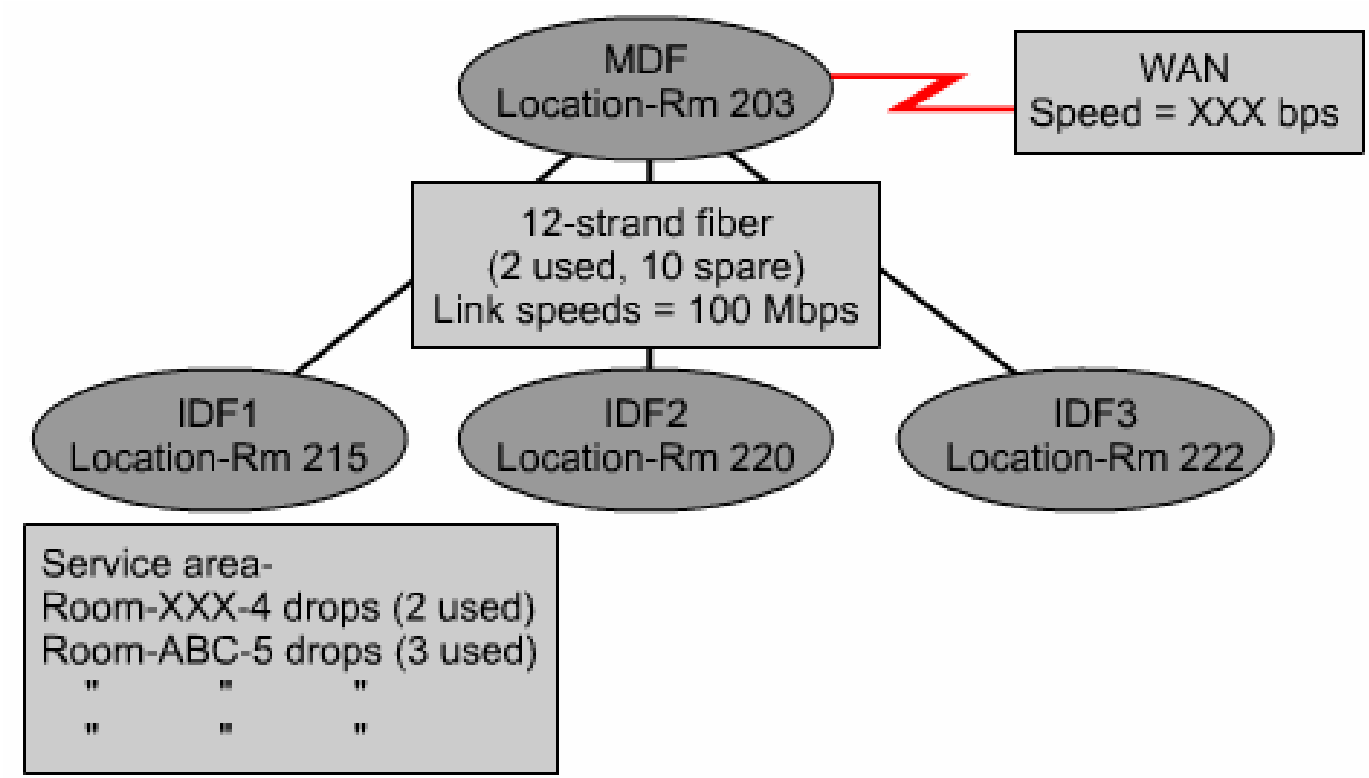
5.1 LAN dizajn: Layer 1 (1)

- Najvažniji zadaci:
  - izbor kablova
    - optički kablovi u backbone-u
    - UTP kablovi u horizontalnoj instalaciji
  - izbor topologije
    - jedna koncentracija (zvezda)
    - više koncentracija (stablo)

5.1 LAN dizajn: Layer 1 (2)

- Rezultat dizajna:
  - određivanje i imenovanje kablovskih čvorišta
  - tip i količina kablova vertikalne instalacije
  - određivanje kablova za dodatni *(spare)* kapacitet
  - lista svih kablovskih linija

5.1 LAN dizajn: Layer 1 (3)



5.1 LAN dizajn: Layer 1 (4)

IDF1
Location-Rm XXX

Connection	Cable ID	Cross Connection Paired#/Port#	Type of Cable	Status
IDF1 to Rm 203	203-1	HCC1/Port 13	Category 5e UTP	Used
IDF1 to Rm 203	203-2	HCC1/Port 14	Category 5e UTP	Not Used
IDF1 to Rm 203	203-3	HCC2/Port 3	Category 5e UTP	Not Used
IDF1 to MDF	IDF1-1	VCC1/Port 1	Multimode fiber	Used
IDF1 to MDF	IDF1-2	VCC1/Port 2	Multimode fiber	Used

5.1 LAN dizajn: Layer 2

- Najvažniji zadaci:
  - određivanje L2 tehnologije
  - određivanje broja potrebnih portova po koncentraciji
  - izbor modela svičeva
  - određivanje topologije povezivanja svičeva

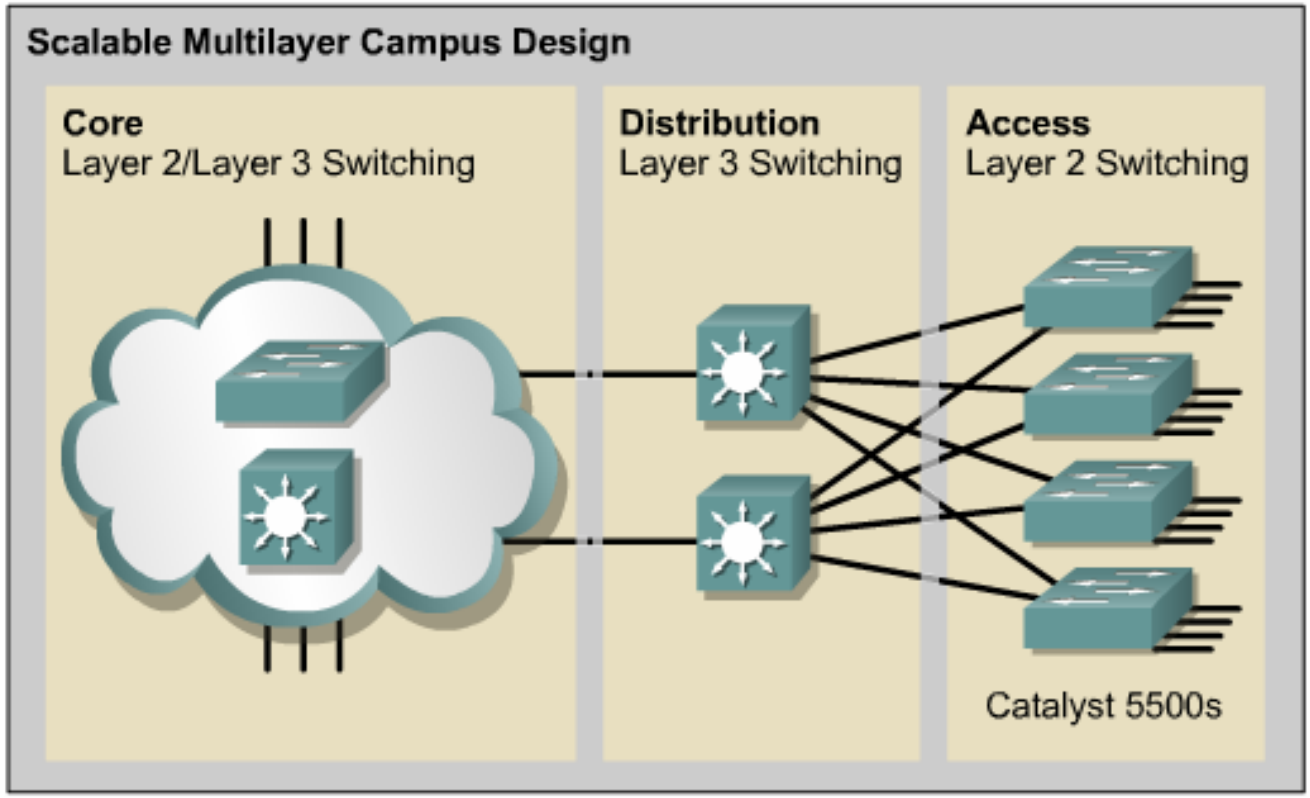
5.1 LAN dizajn: Layer 3

- Najvažniji zadaci:
  - određivanje L3 adresne šeme
  - povezivanje na WAN mrežu
  - sigurnosna politika

5.2 Hijerarhijski LAN model (1)

- Troslojni model mreže:
  - *Access* sloj
  - *Distribution* sloj
  - *Core* sloj

5.2 Hijerarhijski LAN model (2)



5.2 *Access* sloj (1)

- Pristupni deo mreže na koji se povezuju radne stanice i serveri
- Funkcije:
  - mikrosegmentacija
  - filtriranje na MAC nivou
  - *switched/shared bandwidth*

5.2 *Access* sloj (2)

- Tipičan uređaj u *Access* sloju je L2 svič sa velikom gustinom portova i niskom cenom
- Modeli Cisco svičeva za *Access* sloj:
  - Catalyst 1900
  - Catalyst 2820
  - Catalyst 2950
  - Catalyst 4000
  - Catalyst 5000

5.2 *Distribution* sloj (1)

- Srednji deo mreže koji određuje broadcast domene i omogućava napredne Layer 3 tehnike (npr. paketski filtri)
- Funkcije:
  - agregacija veza prema čvorištima *Access* sloja
  - definicija *broadcast* domena
  - *inter-VLAN* rutiranje

5.2 *Distribution* sloj (2)

- Tipičan uređaj u *Distribution* sloju je L3 svič sa visokim performansama
- Modeli Cisco svičeva za *Distribution* sloj:
  - Catalyst 2926G
  - Catalyst 5000
  - Catalyst 6000

5.2 *Core* sloj (1)

- Centralni deo mreže
- Sve se podređuje što bržem prenosu paketa:
  - nema ACL na interfejsima
- Realizacija na L2 ii L3 nivou

5.2 *Core* sloj (2)

- Tipičan uređaj u *Core* sloju je Eternet/ATM svič (L2) ili ruter sa visokim performansama
- Modeli Cisco svičeva za *Core* sloj:
  - Catalyst 6500
  - Catalyst 8500
  - IGX 8400
  - Lightstream 1010

Sadržaj poglavlja

- 6.1 Startovanje sviča
- 6.2 Konfiguracija sviča

6.1 Cisco Catalyst svič

- Specijalizovani uređaj koji spaja hostove na Eternet mrežu
- Arhitektura specijalizovanog računara
  - CPU
  - memorija
  - operativni sistem
- Upravljanje preko konzolnog porta
- Svičevi tipično nemaju on/off prekidač

6.1 LED diode na Catalyst sviču (1)

- *System LED*
  - svetli ako sistem ima napajanje i ispravno funkcioniše
- *Remote Power Supply (RPS) LED*
  - svetli ako se svič napaja iz udaljenog izvora napajanja
- *Port Status LEDs*
  - pokazuje status porta

6.1 LED diode na Catalyst sviču (2)

- *Port Mode LED*
  - definiše karakteristiku porta koju prikazuju *PortStatus LED* diode
    - STAT (status)
    - UTL (iskorišćenost)
    - FDUP (dupleks)
    - 100 (10 ili 100 Mbps)
  - menja se sa *Mode* dugmetom na prednjoj strani sviča

6.1 LED diode na Catalyst sviču (3)

Port Mode	Boja Port Status LED diode	Značenje
STAT	Dioda isključena	Nema linka
	Neprekidna zelena	Link aktivan
	Trepćuće zelena	Prijem/slanje okvira
	Naizmenično žuta/zelena	Link u kvaru
	Neprekidna žuta	Port je neakktivan jer je softverski isključen ili blokiran od Spanning-tree protokola

6.1 LED diode na Catalyst sviču (4)

Port Mode	Boja Port Status LED diode
UTL	Ukoliko su sve diode uključene koristi se više od 50% ukupnog propusnog opsega Ukoliko je isključena dioda sasvim desno koristi se manje od 50% ukupnog propusnog opsega Ukoliko su isključene dve diode sasvim desno koristi se manje od 25 ukupnog propusnog opsega ltd.

6.1 LED diode na Catalyst sviču (5)

Port Mode	Boja Port Status LED diode	Značenje
FDUP	Dioda isključena	Half-duplex
	Neprekidna zelena	Full-duplex

Port Mode	Boja Port Status LED diode	Značenje
100	Dioda isključena	10 Mbps
	Neprekidna zelena	100 Mbps

6.1 LED diode tokom POST

- *System LED*
  - dok POST traje *System LED* je isključena
  - ako se POST završi uspešno svetli zeleno
  - ako se POST završi neuspešno svetli žuto
- *Port Status LED*
  - u prvih 30 sekundi svetli žuto
  - ukoliko se uspostavi link svetli zeleno
  - ukoliko se link ne uspostavi ne svetli

6.1 Podizanje sviča

- Proces podizanja sviča se može pratiti preko računara koji povezan na konzolni port i HyperTerminal programa
- Na kraju POST-a svič nudi mogućnost konfiguracije preko *System Configuration* dijaloga
  - sličan *Setup* dijalogu na ruteru ali jednostavniji

6.1 CLI kod Catalyst svičeva

- Veoma sličan kao kod rutera:
  - User i Priviliged EXEC modovi
  - konfiguracioni modovi
  - dobijanje pomoći (‘?’)
    - *word help* (kompletiranje započete reči)
    - *command syntax help* (lista mogućih reči)

6.2 Default konfiguracija sviča

- *Hostname* je `Switch`
- Nema IP adresu
  - IP adresa sviča se postavlja na interfejsu `Vlan1`
- Nema lozinki na con i vty linijama
- Svi portovi su istom *broadcast* domenu (nema VLAN-ova)
- *Spanning-tree* je uključen

6.2 Sadržaj fleš memorije

- Default
  - IOS fajl
  - `env_vars` fajl
  - poddirektorijum `html`
- `config.text` fajl sadrži *startup* konfiguraciju
- `vlan.dat` fajl sadrži konfiguraciju VLAN-ova

6.2 Komanda show version (primer)

```
cisco2950-ucionica#show version
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C2950 Software (C2950-I6Q4L2-M), Version 12.1(14)EA1a, RELEASE SOFTWARE (fc1)
Copyright (c) 1986-2003 by cisco Systems, Inc.
Compiled Tue 02-Sep-03 03:33 by antonino
Image text-base: 0x80010000, data-base: 0x805C0000

ROM: Bootstrap program is CALHOUN boot loader

cisco2950-ucionica uptime is 4 weeks, 4 days, 43 minutes
System returned to ROM by power-on
System image file is "flash:/c2950-i6q4l2-mz.121-14.EA1a.bin"

cisco WS-C2950G-24-EI (RC32300) processor (revision H0) with 20710K bytes of memory.
Processor board ID FOC0802X41R
Last reset from system-reset
Running Enhanced Image
24 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Gigabit Ethernet/IEEE 802.3 interface(s)

32K bytes of flash-simulated non-volatile configuration memory.
Base ethernet MAC Address: 00:0F:23:3E:E8:80
Motherboard assembly number: 73-7280-05
Power supply part number: 34-0965-01
Motherboard serial number: FOC08022627
Power supply serial number: PHI075103K4
Model revision number: H0
Motherboard revision number: A0
Model number: WS-C2950G-24-EI
System serial number: FOC0802X41R
Configuration register is 0xF
```

6.2 Komanda `dir flash:`(primer)

```
cisco2950-ucionica#dir flash:
Directory of flash:/

    2  -rwx         273   Jan 01 1970 00:01:24  env_vars
    3  -rwx        3196   Mar 22 1993 00:51:14  vlan.dat
    4  -rwx        3803   Mar 01 1993 00:12:17  config.text
    7  -rwx         110   Mar 01 1993 00:02:13  info
    8  -rwx     2958970   Mar 01 1993 00:03:51  c2950-i6q4l2-mz.121-14.EA1a.bin
    9  drwx        2304   Mar 01 1993 00:05:02  html
   84  -rwx         110   Mar 01 1993 00:05:14  info.ver

7741440 bytes total (2475008 bytes free)
```

6.2 Komanda show interface (primer)

```
cisco2950-ucionica#show interfaces FastEthernet 0/1
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up (connected)
  Hardware is Fast Ethernet, address is 000f.233e.e881 (bia 000f.233e.e881)
  MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit, DLY 1000 usec,
     reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive set (10 sec)
  Half-duplex, 10Mb/s
  input flow-control is off, output flow-control is off
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input never, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: fifo
  Output queue: 0/40 (size/max)
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
     112580 packets input, 27550553 bytes, 0 no buffer
     Received 1248 broadcasts (0 multicast)
     0 runts, 0 giants, 0 throttles
     40 input errors, 40 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored
     0 watchdog, 63 multicast, 0 pause input
     0 input packets with dribble condition detected
     1163910 packets output, 198902898 bytes, 0 underruns
     0 output errors, 4287 collisions, 2 interface resets
     0 babbles, 0 late collision, 6248 deferred
     0 lost carrier, 0 no carrier, 0 PAUSE output
     0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

6.2 Brisanje konfiguracije

- Brisanje VLAN konfiguracije
  - `delete flash:vlan.dat`
- Brisanje *startup* konfiguracije
  - `erase startup-config`
- Restartovanje sviča
  - `reload`

6.2 Osnovna konfiguracija (1)

- Lozinke
  - `login` (*line configuration* mod)
  - `password` (*line configuration* mod)
- IP adresa
  - `interface vlan 1` (*global configuration* mod)
  - `ip address` (*interface configuration* mod)
  - `ip default-gateway` (*global configuration* mod)

6.2 Osnovna konfiguracija (2)

- Konfiguracija porta
  - `speed` (*interface configuration* mod)
  - `duplex` (*interface configuration* mod)
- HTTP server
  - `ip http server` (*global configuration* mod)
  - `ip http port` (*global configuration* mod)

6.2 Tabela MAC adresa

- Pregled tabele se izvodi komandom `show mac-address-table`
- Svi ulazi u tabeli se brišu komandom `clear mac-address-table`
- Ulaz u tabeli zastareva i uklanja se posle 300 sekundi

6.2 Komanda show mac-address-table

```
Switch#show mac-address-table
Dynamic Address Count:                  2
Secure Address Count:                   0
Static Address (User-defined) Count:    0
System Self Address Count:              13
Total MAC addresses:                    15
Maximum MAC addresses:                  8192
Non-static Address Table:
Destination Address  Address Type  VLAN  Destination
Port
-------------------  ------------  ----  ---------------
0010.7a60.ad7e       Dynamic          1  FastEthernet0/2
00e0.2917.1884       Dynamic          1  FastEthernet0/5
```

6.2 Statički ulaz u tabeli MAC adresa

- Statički ulaz se može postaviti iz sledećih razloga:
  - ne zastareva
  - samo tačno određen računar se može priključiti na dati port
- Cisco 2950 konfiguracija (*global configuration* mod):
  - `mac-address-table static <mac-address> interface <interface-id> {vlan <vlan name>}`
- Cisco 2900XL konfiguracija (*global configuration* mod):
  - `mac-address-table static <mac-address> <in-port> <out-port-list> {vlan <vlan name>}`

6.2 *Port Security*

- Mogućnost limitiranja MAC adresa koje se mogu naučiti preko određenog interfejsa
  - komanda `port security max-mac-count <broj>` u *interface configuration* modu
- U slučaju prekršaja moguće je zatvoriti port ili poslati SNMP *trap* poruku
  - komanda `port security action [shutdown|trap]` u *interface configuration* modu

6.2 Konfiguracija novog sviča u mreži

- Konfiguracija *hostname-a*
- Konfiguracija lozinki
- Konfiguracija IP parametara
  - IP adresa
  - adresa *default gateway-a*
- Konfiguracija lozinki

6.2 Upravljanje svičem

- Održavanje konfiguracije
- *Backup*-ovanje *running* konfiguracije
- *Backup*-ovanje IOS fajla

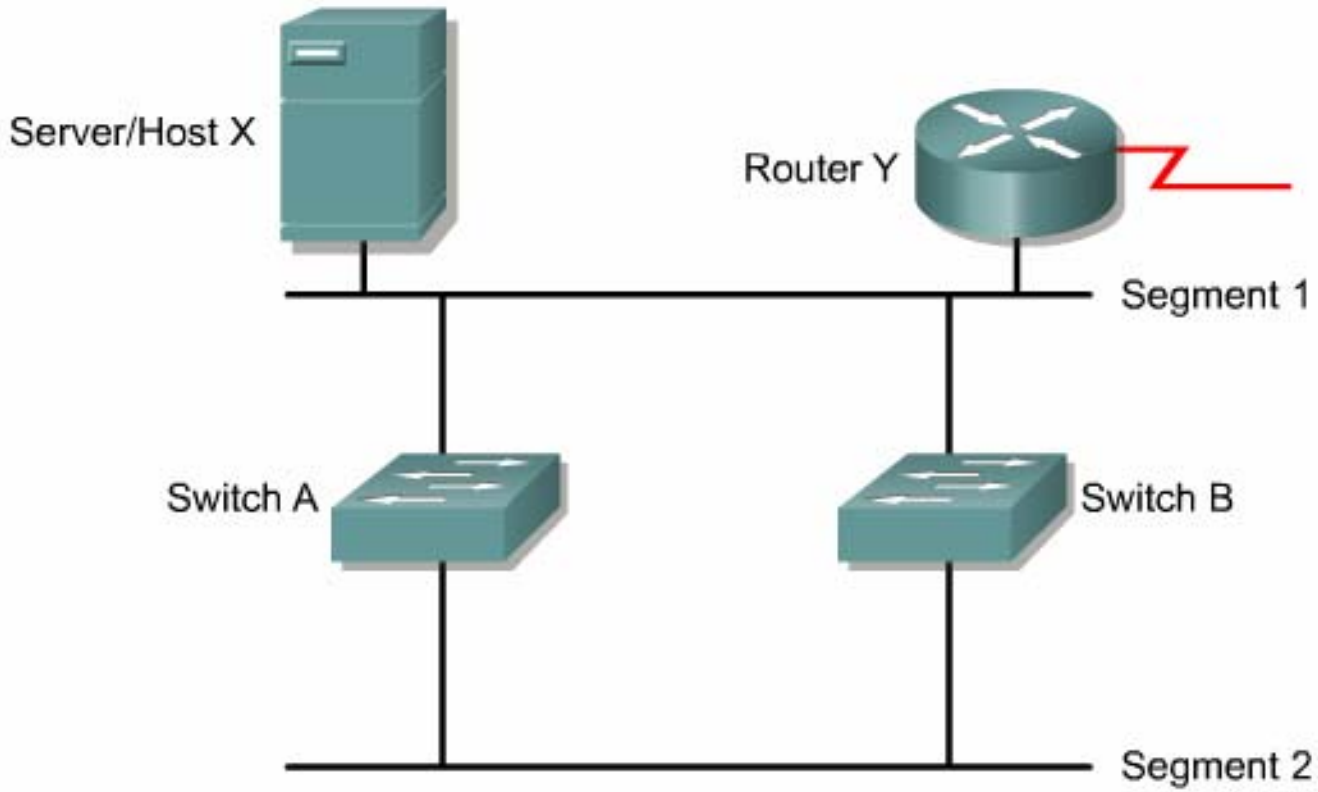
Sadržaj poglavlja

- 7.1 Redudantne topologije
- 7.2 *Spanning-Tree* protokol

7.1 Redudantnost

- Cilj: funkcionisanje mreže uprkos otkazima linka i/ili uređaja *(fault tolerance)*
  - dostupnost mreže 99.999 % vremena *(five nines)*
- Rešenje: u dizajn mreže uračunati dodatne linkove i/ili uređaje (redudantnost)

7.1 Redudantna topologija L2 svičeva



7.1 Problemi kod reudantnosti L2 svičeva

- *Broadcast storm*
- Višestruke kopije frejmova
- Nestabilnost MAC tabele

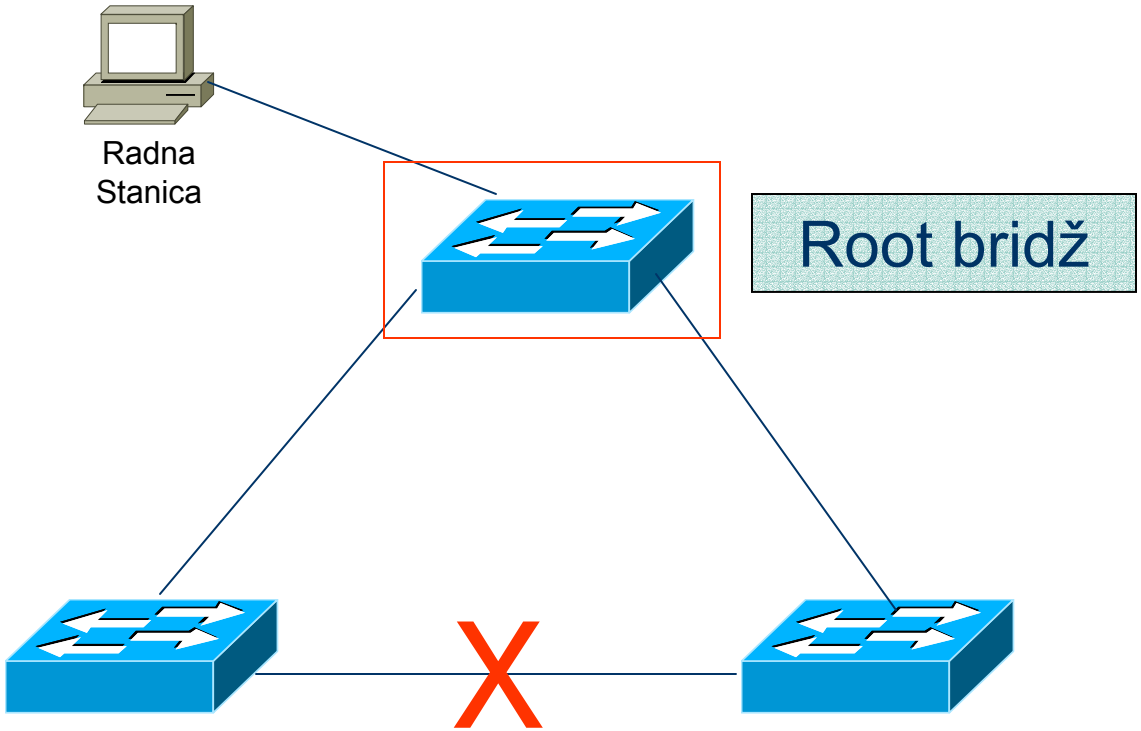
7.2 *Spanning-Tree* (1)

- Da bi mreža Etnernet bridževa i svičeva funkcionisala, topologija prosleđivanja okvira mora biti aciklična (bez petlji), tj. u obliku stabla – *spanning tree*
- *Spanning-Tree* se dobija od postojeće mreže bridževa/svičeva, tako što se deaktiviraju linkovi koji prave petlje

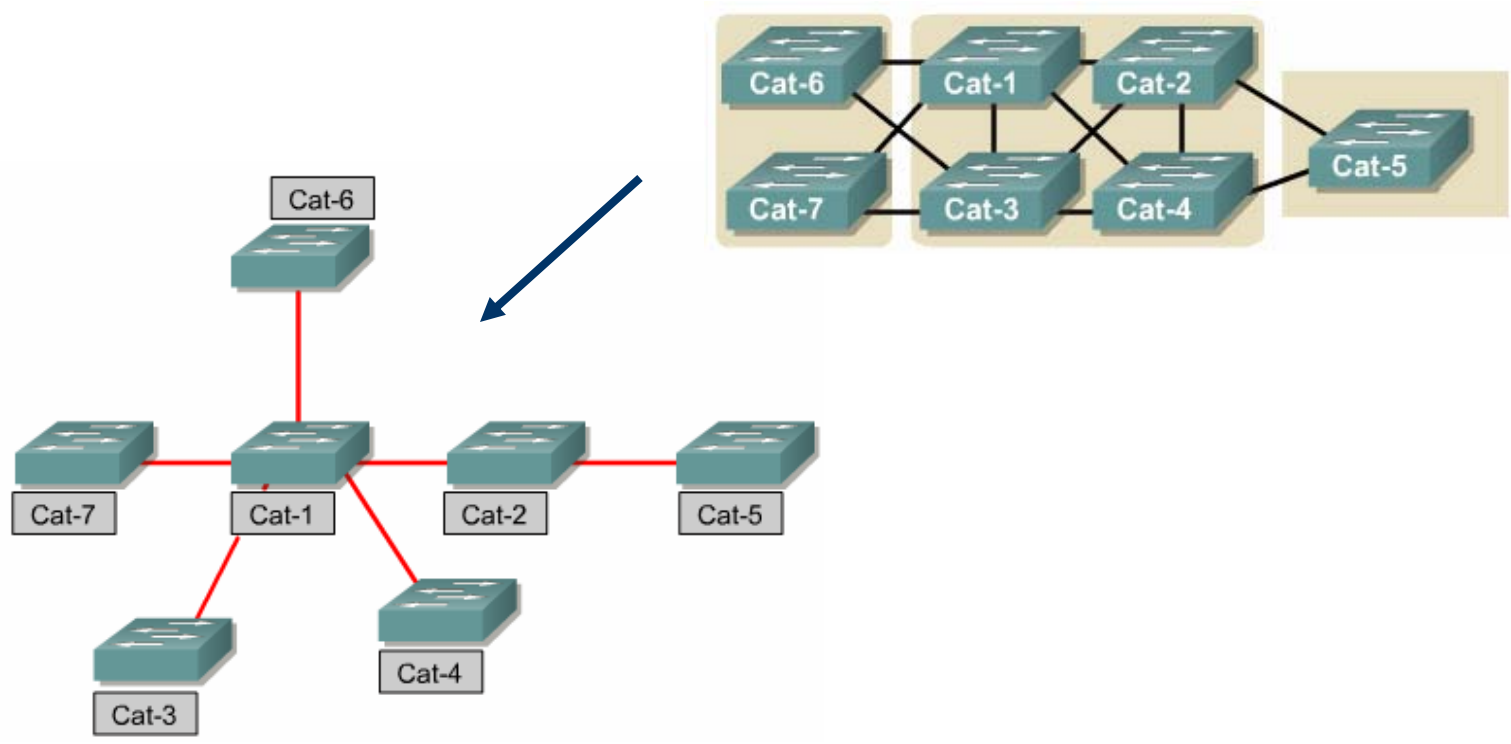
7.2 *Spanning-Tree (2)*

- Čvorovi su bridževi i svičevi
- Grane su linkovi koji ih povezuju
- Uređaj na vrhu stabla se naziva *root* bridž

7.2 *Spanning-Tree (3)*



7.2 *Spanning-Tree (4)*



7.2 *Spanning-Tree* protokol

- *Spanning-Tree* se određuje putem *spanning-tree* protokola (STP)
- Standard IEEE 802.1D
- Svičevi i bridževi međusobno komuniciraju putem BPDU (*Bridge* PDU) okvira
  - šalju se svake dve sekunde
  - u stabilnom stanju šalje ih samo *root* bridž, dok ih ostali bridževi/svičevi samo prosleđuju

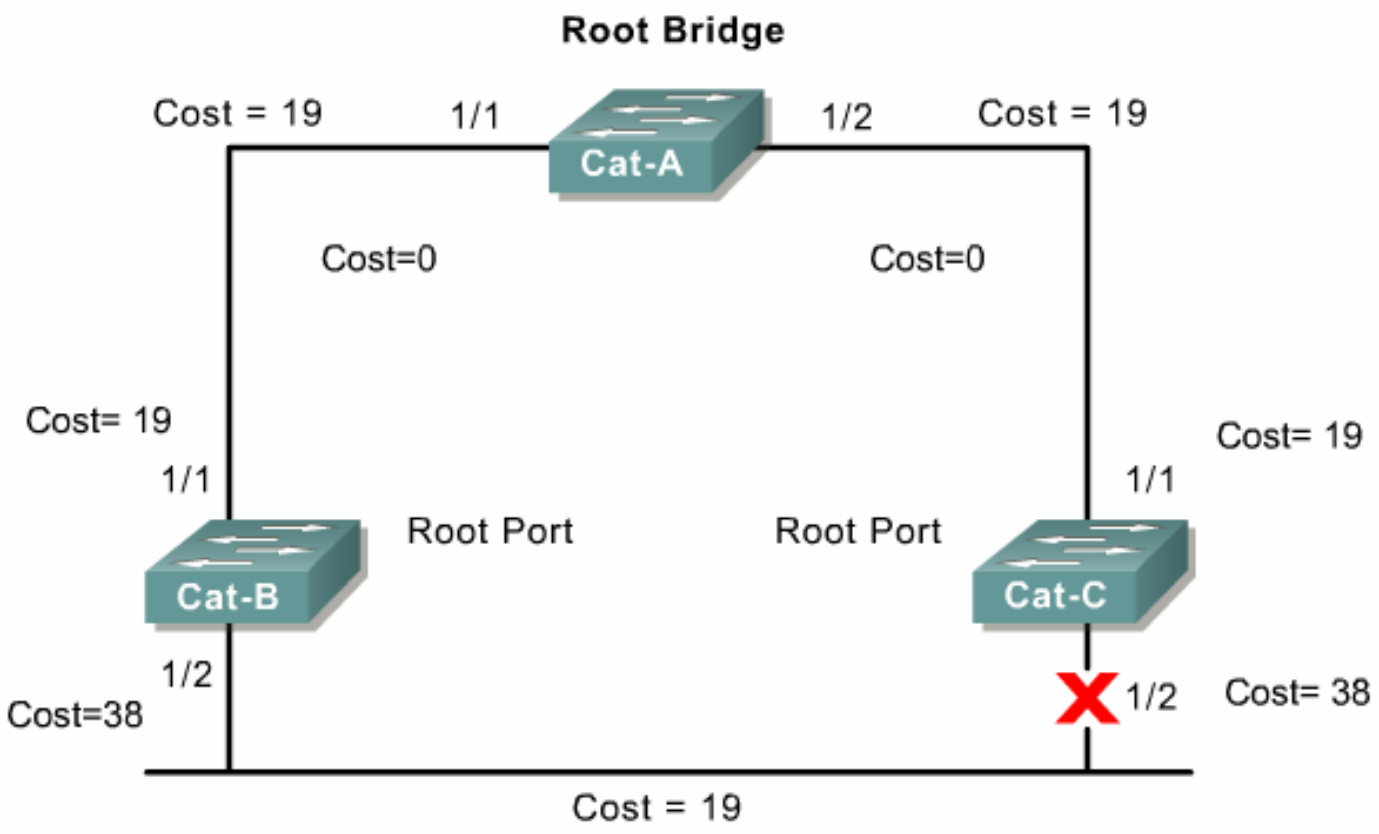
7.2 *Spanning-Tree* algoritam (1)

- Izbor *root* bridža
- Računanje najkraće putanje do *root* bridža
- Izbor sviča najbližeg *root* bridžu za svaki LAN segment *(designated switch)*
- Selekcija *root* porta na svakom sviču
- Selekcija *designated* portova; blokiranje ostalih portova svičeva na segmentu

7.2 *Spanning-Tree* algoritam (2)

- U *Spanning-Tree* mreži postoji:
  - jedna *root* bridž
  - po jedan *root* port za svaki ne-*root* bridž
  - po jedan *designated* port sa svaki segment

7.2 *Spanning-Tree* algoritam (3)



7.2 Izbor *root* bridža

- *Root* bridž se bira na osnovu:
  - prioriteta (16 bita)
  - MAC adrese (48 bita)
- Kao *root* bridž se bira bridž/svič sa najmanjim konfigurisanim prioritetom
  - *default* prioritet kod Cisco svičeva je 32768
- Ako više bridževa/svičeva ima isti konfigurisani prioritet *root* bridž postaje onaj sa najmanjom MAC adresom

7.2 Računanje putanje do root bridža (1)

- Cena putanje se računa kao zbir cena svih linkova do *root* bridža
- Cena linka se računa prema propusnom opsegu

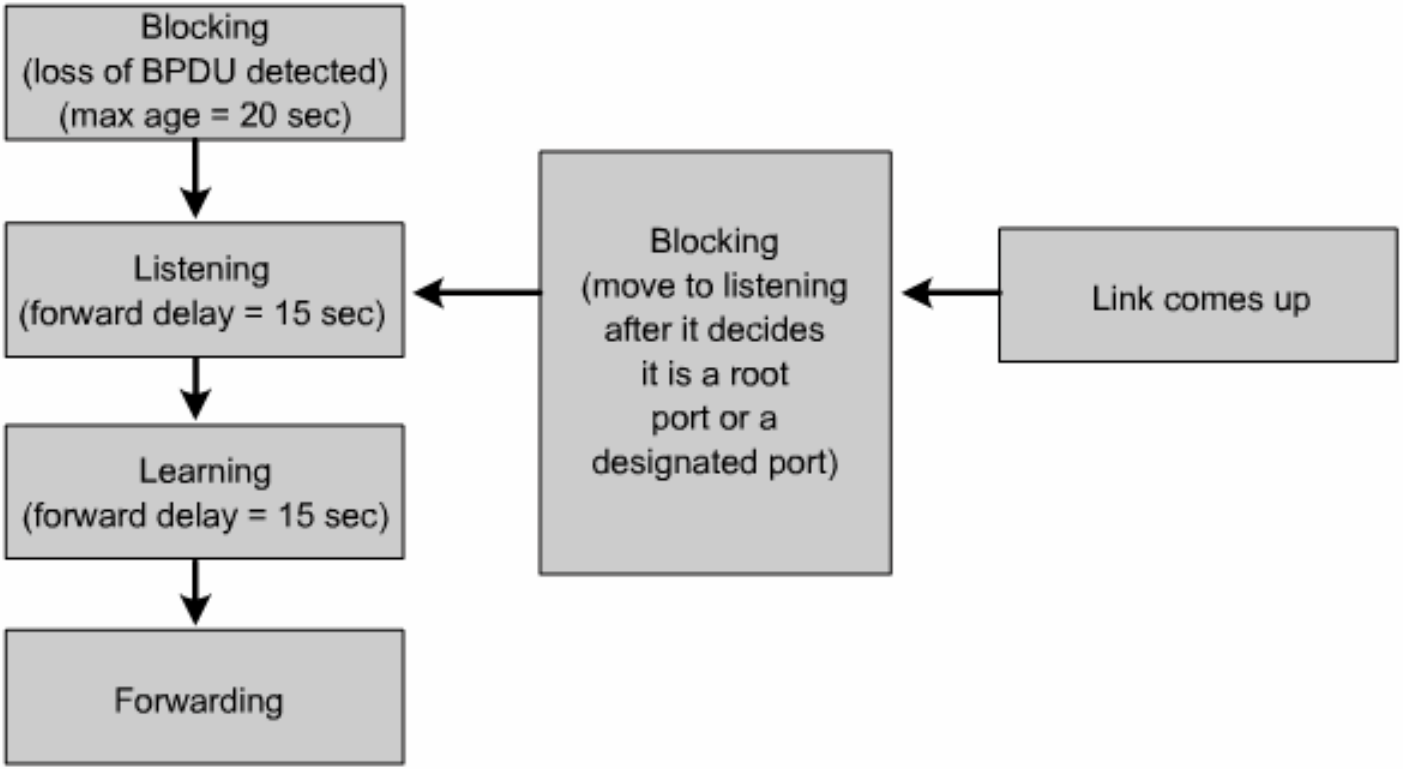
7.2 Računanje putanje do *root* bridža (2)

Link Speed	Cost(Revised IEEE Spec)	Cost (Previous IEEE Spec)
10 Gbps	2	1
1 Gbps	4	1
100 Mbps	19	10
10 Mbps	100	100

7.2 STP stanja portova (1)

- *blocking*
  - ne prosleđuju se okviri, primaju se BPDU-ovi
- *listening*
  - ne prosleđuju se okviri, primaju se BPDU-ovi
  - traje 15 sekundi
- *learning*
  - ne prosleđuju se okviri, uče se MAC adrese
  - traje 15 sekundi
- *forwarding*
  - prosleđuju se okviri, uče se MAC adrese
- *disabled*
  - ne prosleđuju se okviri, ne primaju se BPDU-ovi

7.2 STP stanja portova (2)



7.2 *Spanning-Tree* rekalkulacija

- Traje 50 sekundi:
  - 20s *max age*
  - 15s *listening forward delay*
  - 15s *learning forward delay*

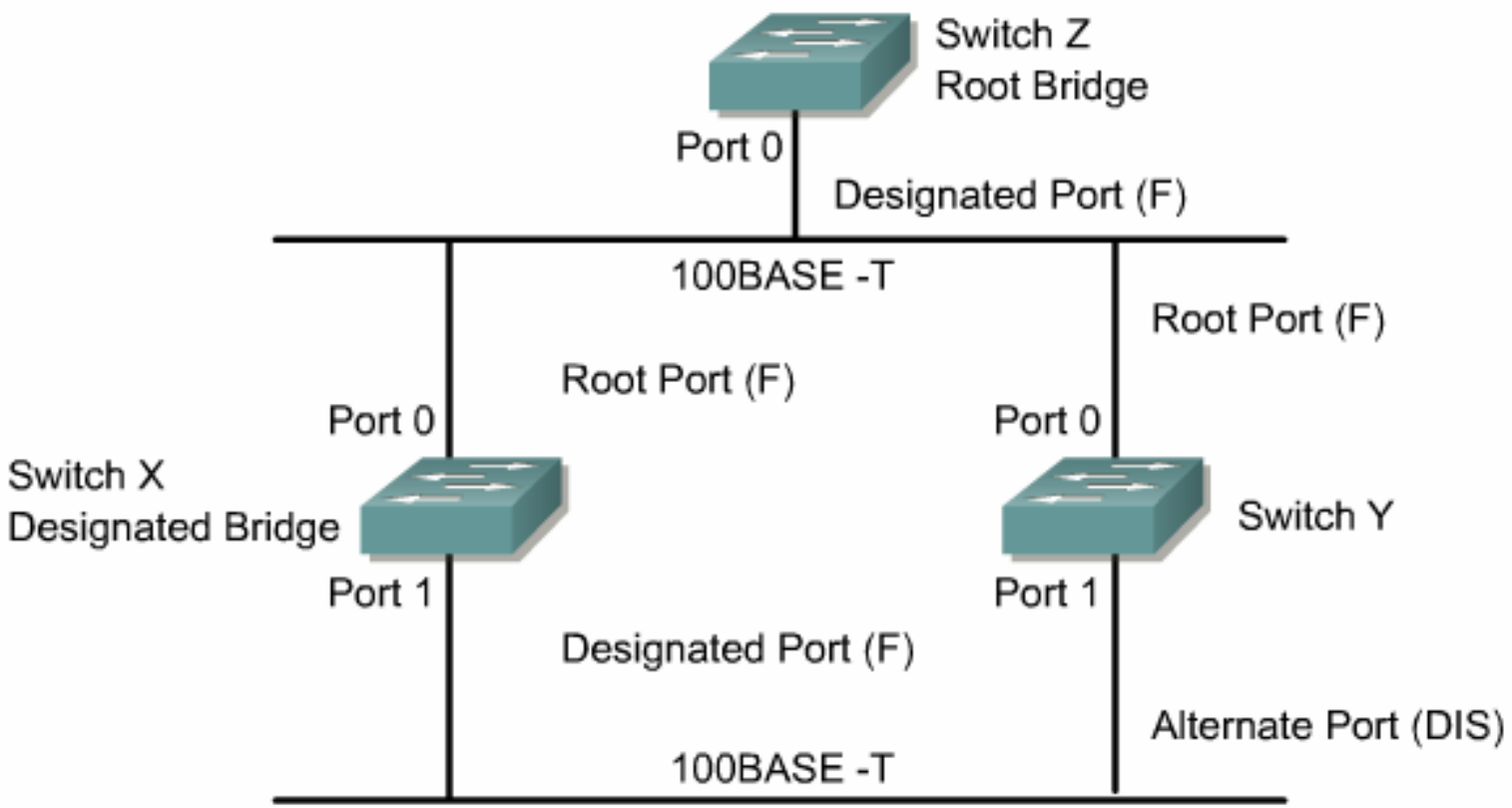
7.2 *Rapid Spanning–Tree* (1)

- Standard IEEE 802.1w
- Osnovne razlike:
  - jasnija definicija tipova portova
  - definicija tipova linkova koji odmah mogu otići u *forwarding* stanje
  - svaki svič u konvergiranoj mreži šalje BPDU

7.2 *Rapid Spanning–Tree* (2)

- Tipovi linkova:
  - *point-to-point*
    - *full-duplex* link prema drugom sviču
    - može odmah u *forwarding* stanje
  - *edge-type*
    - link prema radnoj stanici
    - može odmah u *forwarding* stanje
  - *shared*
    - *half-duplex* link prema drugom sviču
- Nove uloge portova:
  - *alternate*
  - *backup*

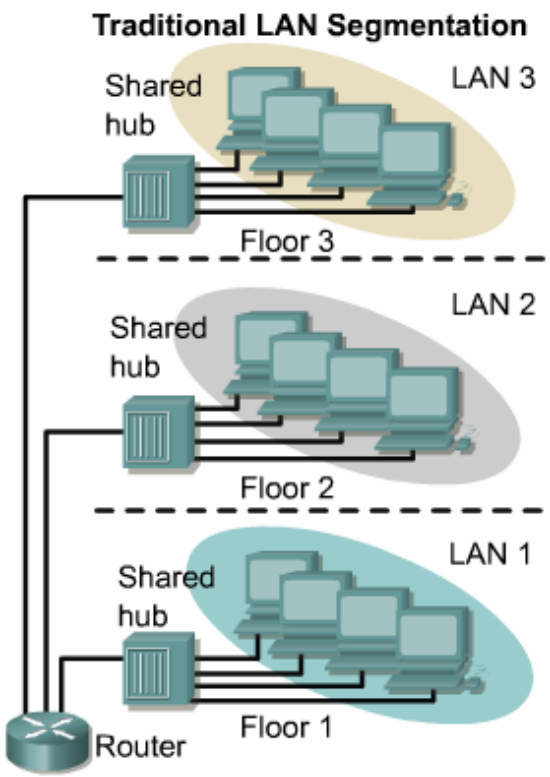
7.2 *Rapid Spanning–Tree* (3)



Sadržaj poglavlja

- 8.1 VLAN koncepti
- 8.2 VLAN konfiguracija
- 8.3 VLAN *troubleshooting*

8.1 Tradicionalna LAN segmentacija



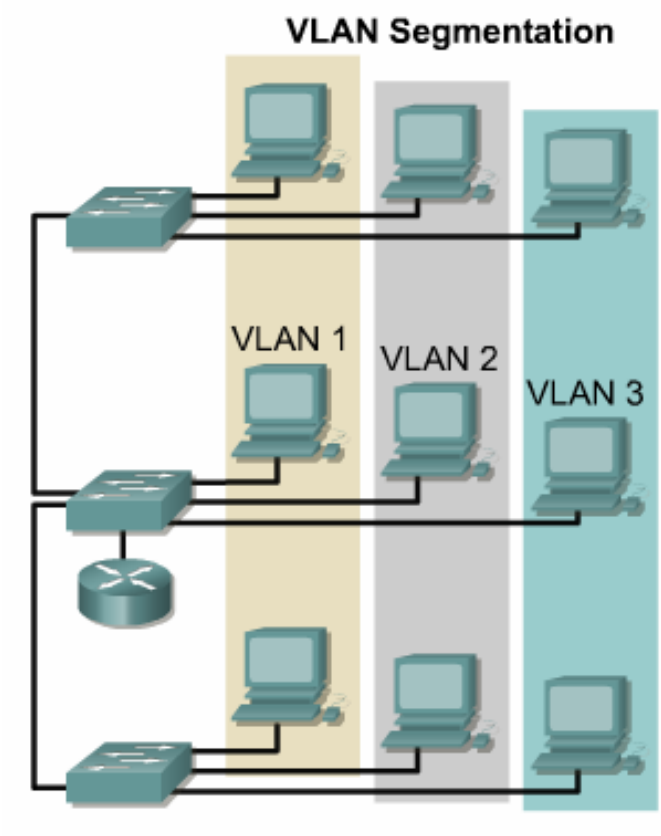
8.1 VLAN tehnologija (1)

- VLAN je logička grupa uređaja ili njihovih korisnika kreirana prema zajedničkoj funkciji, odeljenju ili aplikaciji, nezavisno od njihove fizičke lokacije
- VLAN-ovi se softverski konfigurišu na sviču

8.1 VLAN tehnologija (2)

- Svaki VLAN predstavlja poseban *broadcast* domen
  - okvir poslat na *broadcast* MAC adresu (FF:FF:FF:FF:FF:FF) primaju samo stanice u istom VLAN-u
- Svaki VLAN ima jedinstveni VLAN ID
  - podrazumevani VLAN ID je 1

8.1 VLAN segmentacija



8.1 Osobine VLAN-ova

- VLAN-ovi ograničavaju *broadcast* domene
- Komunikacija između VLAN-ova se obavlja pomoću rutera
- Administrator određuje pripadnost VLAN-u
- VLAN se može rasprostirati na više fizičkih uređaja

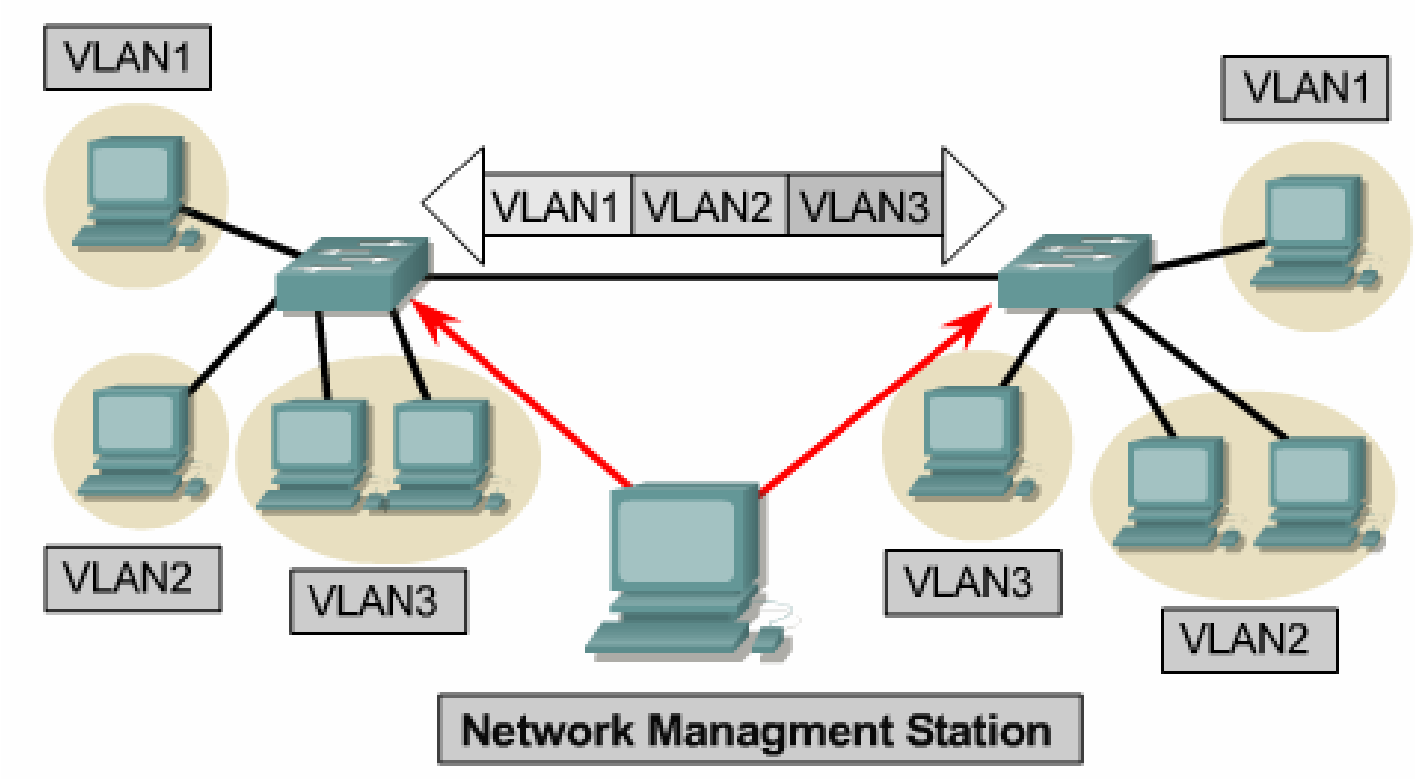
8.1 Funkcionisanje VLAN-ova

- Svaki svič porta pripada određenom VLAN-u
- Za svaki VLAN postoji posebna *forwarding* tabela
- Kada stigne okvir, traži se MAC adresa u *forwarding* tabeli za taj VLAN; ako se ne nađe, okvir se prosleđuje na sve portove koji pripadaju tom VLAN-u (osim dolaznog)

8.1 Statički VLAN-ovi (1)

- Port sviča se statički postavlja u VLAN od strane administratora
  - svi uređaji iza jednog porta pripadaju istom VLAN-u
- *Port-centric (port-based)* VLAN-ovi
- Prednosti:
  - sigurnost
  - laka konfiguracija
  - lako nadgledanje

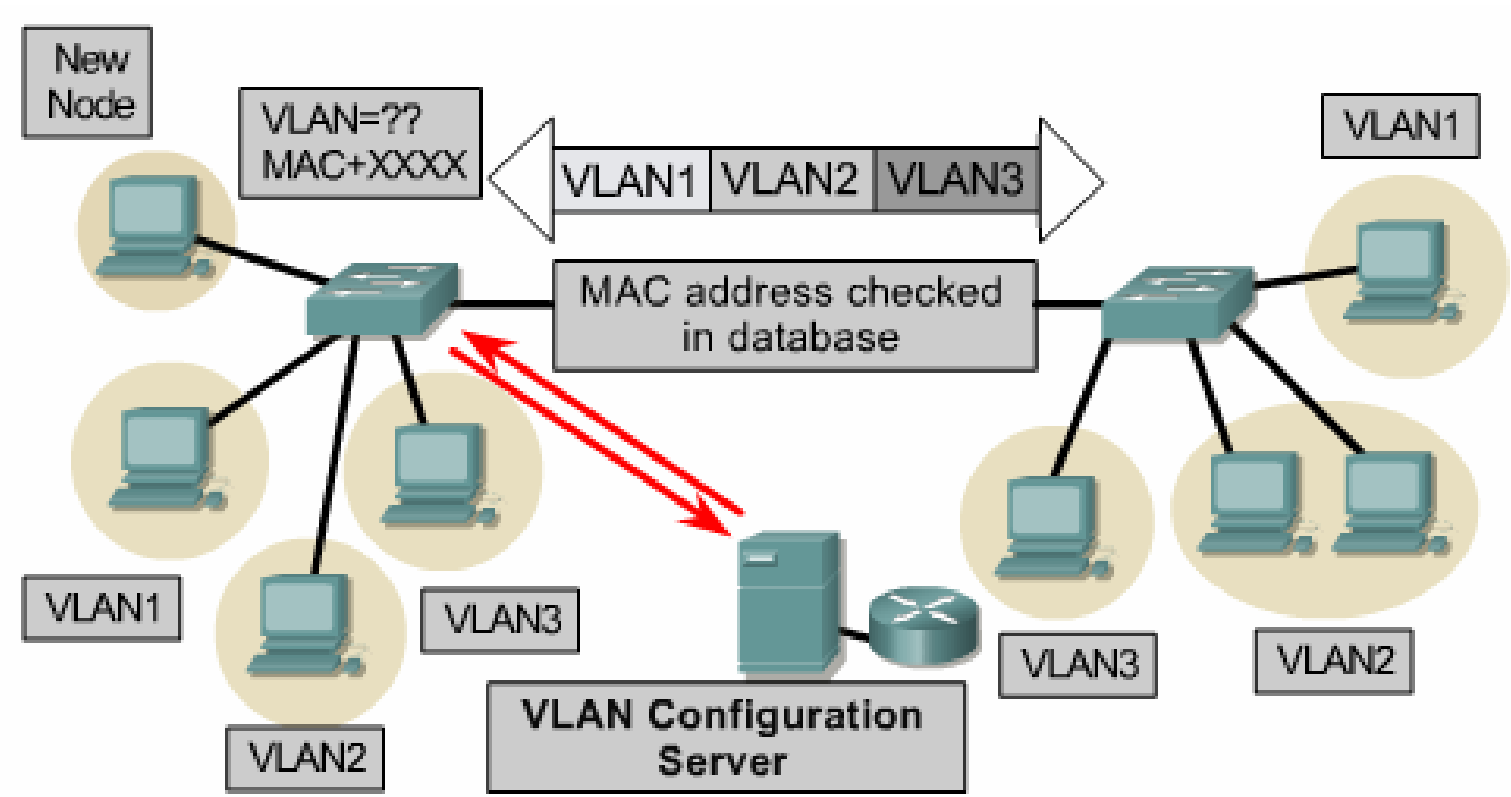
8.1 Statički VLAN-ovi (2)



8.1 Dinamički VLAN-ovi (1)

- Za svaki primljeni okvir se automatski određuje VLAN u zavisnosti od izvorišne MAC ili IP adrese
  - uređaji iza jednog porta mogu pripadati različitim VLAN-ovima
- *MAC address-based (protocol-based)* VLAN-ovi
- Potreban je server (Cisco Works 2000) koji će određivati VLAN za svaku MAC (IP) adresu
- Prednosti:
  - automatska rekonfiguracija kada se stanica pomeri na drugi port sviča
  - notifikacija nepoznate adrese na mreži

8.1 Dinamički VLAN-ovi (2)



8.1 Funkcionisanje VLAN-ova između svičeva (1)

- Na linkovima između svičeva prolaze okviri koji pripadaju različitim VLAN-ovima (*trunk* link)
- Okvir na *trunk* linku nosi oznaku VLAN--u kome pripada
- Šeme označavanja okvira:
  - IEEE 802.1Q
  - ISL

8.1 Funkcionisanje VLAN-ova između svičeva (2)

Tagging	Method	Media	Description
Inter-Switch Link (ISL)	Fast Ethernet	ISL header encapsulates the LAN frame and there is a VLAN ID field in the ISL header	Frame is lengthened.
802.IQ	Fast Ethernet	IEEE defined Ethernet VLAN protocol	Header is modified.
802.IQ	FDDI	IEEE defined standard: The 802.10 protocol incorporates a mechanism whereby LAN traffic can carry a VLAN identifier	VLAN ID is the essential piece of required header information.
LAN Emulation (LANE)	ATM	No tagging	Virtual connection implies a VLAN ID.

8.1 Prednosti VLAN-ova

- Pomeranje i dodavanje stanice u mreži
  - povežemo stanicu na svič
  - konfigurišemo novi port tako da pripada istom VLAN-u kao port na kome je stanica prethodno radila
  - za korisnika se ništa nije promenilo!
- Kontrola *broadcast-a*
  - stanica dobija samo *broadcast* iz svog VLAN-a
- Povećana sigurnost
  - komunikacija između VLAN-ova prolazi kroz ruter tako da se mogu postaviti paketski filtri

8.2 *End-to-End* VLAN-ovi

- Korisnici se grupišu u VLAN-ove nezavisno od fizičke lokacije već zavisno od grupe ili funkcije
- 80/20 obrazac saobraćaja *(traffic flow pattern)*
  - 80% u okviru VLAN-a
  - 20% izvan
- Promena lokacije odnosno pristupnog porta ne menja pripadnost VLAN-u

8.2 *Geographic* VLAN-ovi

- VLAN-ovi se kreiraju prema geografskom položaju
- 20/80 obrazac saobraćaja
  - 20% u okviru VLAN-a
  - 80% izvan
- Predvidljiviji i kontrolisaniji pristup resursima

8.2 Preporuke kod kreiranja VLAN-ova na Catalyst svičevima

- Maksimalni broj VALN-ova zavisi od modela sviča
- VLAN 1 dolazi po *default-u* i ne mora da se konfiguriše
- VLAN 1 je Ethernet VLAN
- Cisco Discovery Protocol (CDP) i VLAN Trunking Protocol (VTP) oglašavanja se šalju na VLAN 1.
- Catalyst 29xx IP address je po *default-u* u *broadcast* domenu VLAN-a 1
- Svič mora biti u VTP server modu da bi kreirao/brisao VLAN-ove

8.2 VLAN *database* mod

- VLAN konfiguracija se izvodi u *VLAN database* modu
  - kreiranje/brisanje/modifikacija VLAN-ova
  - VTP konfiguracija
- U *VLAN database* mod se ulazi komandom `vlan database` iz *Privileged* EXEC moda
- Iz *VLAN database* moda se komandom `exit` prihvataju unesene komande i vraća u *Privileged* EXEC mod

8.2 Konfiguracija VLAN-ova (1)

- VLAN se kreira komandom `vlan <number>` u *VLAN database* modu
- VLAN se postavlja na interfejs komandom `switchport access vlan <number>` u *interface configuration* modu

8.2 Konfiguracija VLAN-ova (2)

- VLAN se briše komandom `no vlan <number>` u *VLAN database* modu
  - portovi koji su pridruženi VLAN-u koji je obrisan postaju neaktivni

8.2 Pregled VLAN statusa

- `show vlan`
- `show vlan brief`
- `show vlan id <number>`

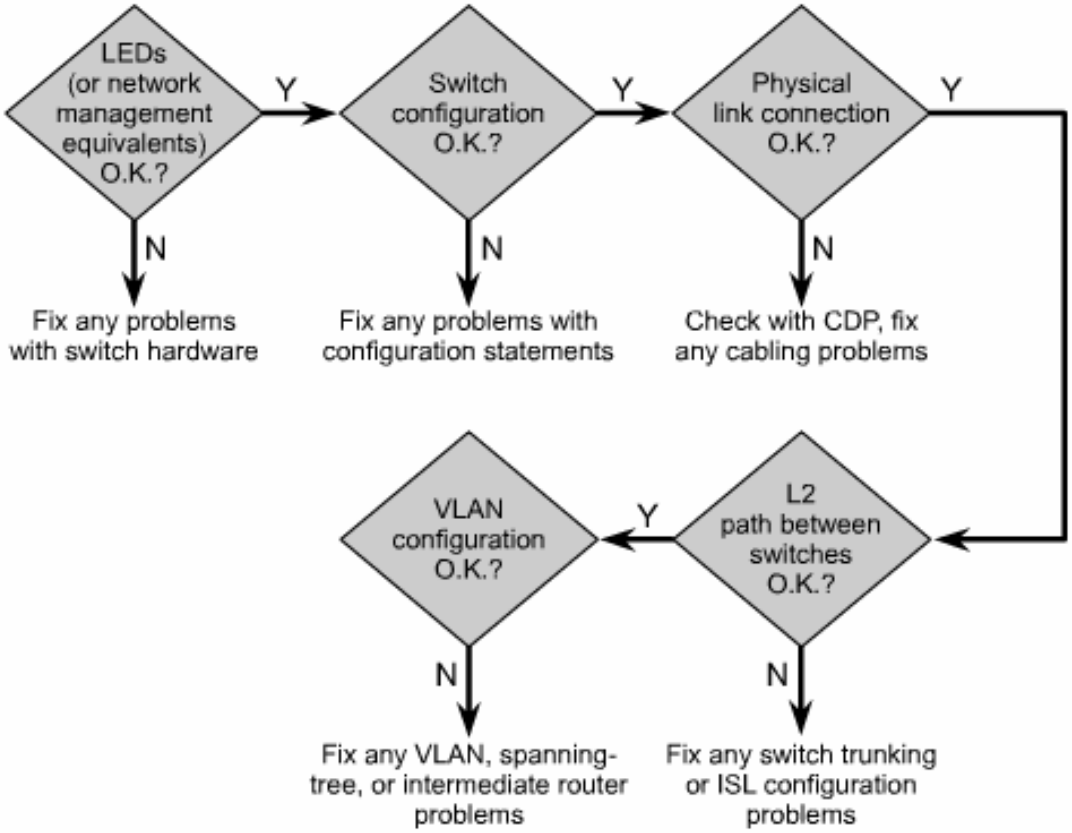
8.2 *Komanda show vlan* (primer)

```
cisco2950-ucionica#show vlan id 11

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
11   RCUB_CLASSROOM_LAN               active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7
                                                Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
                                                Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                                Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24

VLAN Type  SAID       MTU   Parent RingNo BridgeNo Stp  BrdgMode Trans1 Trans2
---- ----- ---------- ----- ------ ------ -------- ---- -------- ------ ------
11   enet  100011     1500  -      -      -        -    -        0      0

Remote SPAN VLAN
----------------
Disabled

Primary Secondary Type              Ports
------- --------- ----------------- ------------------------------------------
```

8.2 *Komanda show vlan* brief (primer)

```
cisco2950-ucionica#show vlan brief

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active    Gi0/1, Gi0/2
10   RCUB_WINDOWS_LAN                 active
11   RCUB_CLASSROOM_LAN               active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7
                                               Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
                                               Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                               Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23
1002 fddi-default                     act/unsup
1003 token-ring-default               act/unsup
1004 fddinet-default                  act/unsup
1005 trnet-default                    act/unsup
```

8.3 VLAN *troubleshooting*



8.3 Potencijalni VLAN problemi

- Različit skup VLAN-ova je konfigurisan na svakom sviču tj. na svakom kraju *trunk* linka
- Različite *trunk* enkapsulacije na krajevima *trunk* linka
- Različiti VLAN-ovi na krajevima *non-trun*k linka između svičeva
- VLAN sa istim imenom je konfigurisan na više svičeva sa različitim VLAN ID

8.3 *VLAN troubleshooting:* scenario 1

- Problem: *trunk* link između sviča i rutera se ne uspostavlja
- Metode provere:
  - proveriti da li su portovi povezani i da nemaju *alignment* ili FCS greške (`show interface`)
  - proveriti brzinu i dupleks (`show int status, show interface`)
  - proveriti IP adresu, masku i VLAN mapiranje za svaki interfejs rutera (`show running-config`)
  - proveriti da li IOS na ruteru podržava VLAN trunking (`show version`)

8.3 *VLAN troubleshooting:* scenario 2

- Problem: VLAN status ne propagira preko VTP-a
- Metode provere:
  - proveriti da li su svičevi povezani *trunk* linkovima (`show int status`)
  - proveriti da li svi svičevi imaju isti VTP domen (`show vtp status`)
  - proveriti da li je svič u server ili klijent modu (`show vtp status`)
  - proveriti da li svi svičevi imaju istu VTP lozinku

Sadržaj poglavlja

- 1.1 NAT i PAT
- 1.2 DHCP

1.1 Privatne IP adrese (1)

- Blokovi adresa koji su namenjeni za privatno korišćenje
- Definisani u RFC 1918
- Ruta prema mreži sa privatnim adresama se ne može naći u tabelama rutiranja Internet rutera

1.1 Privatne IP adrese (2)

Class	RFC 1918 Internal Address Range	CIDR Prefix
A	10.0.0.0 - 10.255.255.255	10.0.0.0/8
B	172.16.0.0 - 172.31.255.255	172.16.0.0/12
C	192.168.0.0 - 192.168.255.255	192.168.0.0/16

1.1 Javne IP adrese

- Blokovi adresa koji su rutabilni na Internetu
- Veliki blokovi javnih adresa se dodeljuju Internet provajderima od strane regionalnih Internet registara (RIR)
  - RIPE (Evropa, Bliski Istok, Afrika)
  - ARIN (Severna i Južna Amerika)
  - APNIC (Azija i pacifički region)
- ISP dodeljuju adrese svojim korisnicima

1.1 *Network Address Translation* (NAT)

- Metod translacije izvorišnih i/ili odredišnih adresa u IP paketu pri njegovom prolasku kroz ruter
- Najčešće korišćenje NAT-a je povezivanje mreže sa privatnim adresama na Internet
  - ruter prema ISP-u translira privatnu izvorišnu adresu paketa u jednu od definisanih javnih adresa
  - u paketu koji dolazi sa Interneta se vrši obrnuta translacija
  - translacije se čuvaju u tabeli

1.1 NAT termini (Cisco)

- ***Inside local address***
  - Lokalna IP adresa hosta na unutrašnjoj (inside) mreži. Tipično adresa iz privatnog bloka.
- ***Inside global address***
  - Globalna IP adresa u koju se translira lokalna adresa. Tipično adresa iz javnog bloka.
- ***Outside local address***
  - Lokalna (najčešće privatna) IP adresa hosta na mreži van unutrašnje mreže (npr. Internet)
- ***Outside global address***
  - Globalna (najčešće javna) IP adresa hosta na mreži van unutrašnje mreže (npr. Internet)

1.1 Statički i dinamički NAT

- Statički NAT predstavlja fiksno mapiranje između lokalne i globalne adrese
  - definiše se statički
  - omogućuje hostu sa privatne mreže da bude vidljiv sa javne mreže (Internet)
- Dinamički NAT predstavlja dinamičko dodeljivanje globalne adrese iz skupa (pula) javnih adresa

1.1 *Port Address Translation* (PAT)

- Metod translacije adresa gde se blok lokalnih adresa translira u jednu globalnu adresu
- Osim izvorišne adrese PAT koristi i izvorišni TCP/UDP port:
  - u tabeli se čuva mapiranje (lokalna adresa port, lokalni port) → (globalna adresa port, globalni port)

1.1 Prednosti NAT-a

- Nije potrebno ponovno adresiranje kada promeni ISP
- Racionalnije korišćenje javnih IP adresa
  - npr. PAT omogućava da cela mreža izlazi na Intenet sa samo jednom javnom adresom
- Veća bezbednost
  - host sa Interneta ne može poslati paket hostu na privatnoj mreži (osim ako se ne definiše statičko mapiranje)

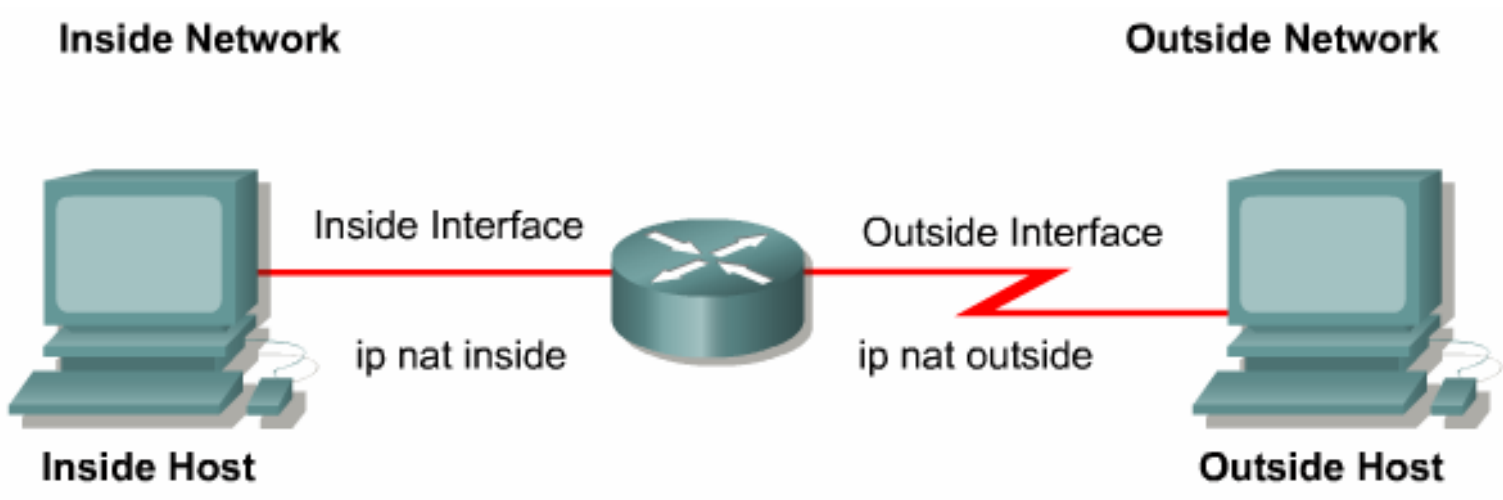
1.1 NAT/PAT konfiguracija

- Konfiguracija unutrašnjih/spoljašnjih interfejsa
- Konfiguracija statičkog mapiranja
- Konfiguracija dinamičkog mapiranja
  - konfiguracije pula globalnih adresa
  - konfiguracija ACL lokalnih adresa
  - konfiguracija dinamičkog NAT-a
- Konfiguracija PAT-a

1.1 Konfiguracija unutrašnjih/spoljašnjih interfejsa (1)

- Interfejs se označava kao unutrašnji komandom `ip nat inside` u *interface configuration* modu
- Interfejs se označava kao spoljašnji komandom `ip nat outside` u *interface configuration* modu

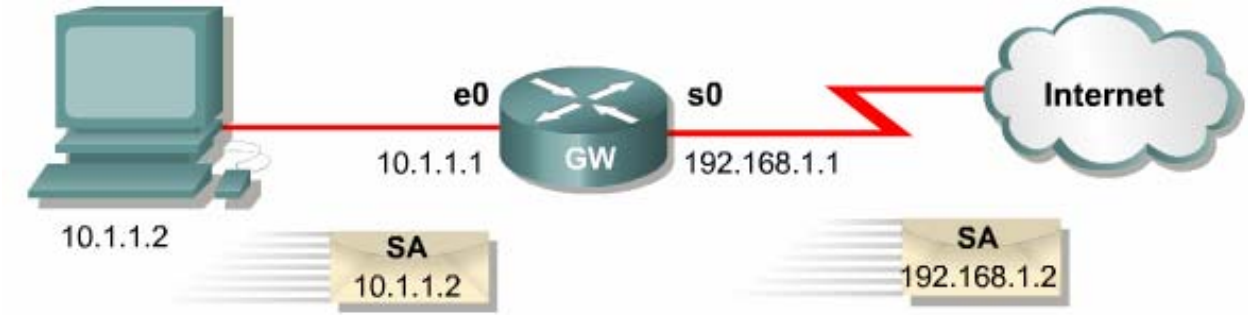
1.1 Konfiguracija unutrašnjih/spoljašnjih interfejsa (2)



1.1 Konfiguracija statičkog mapiranja (1)

- Statičko mapiranje se definiše komandom `ip nat inside source static <local address> <global address>`

1.1 Konfiguracija statičkog mapiranja (2)

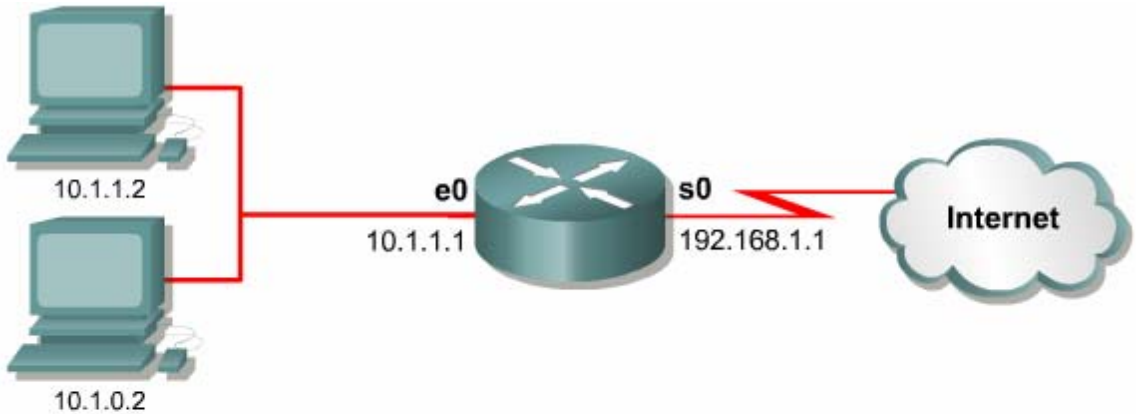



```
hostname GW
!
ip nat inside source static 10.1.1.2 192.168.1.2
!
interface ethernet 0
  ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
  ip nat inside
!
interface serial 0
  ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
  ip nat outside
!
```

1.1 Konfiguracija dinamičkog mapiranja (1)

- Pul javnih adresa se definiše komandom `ip nat pool <name> <start IP> <end IP> {netmask <mask> | prefix-length <length>}`
- Lokalne adrese se definišu standardnom ACL
- Dinamički NAT se definiše komandom `ip nat inside source list <std-ACL-number> pool <pool-name>`

1.1 Konfiguracija dinamičkog mapiranja (2)

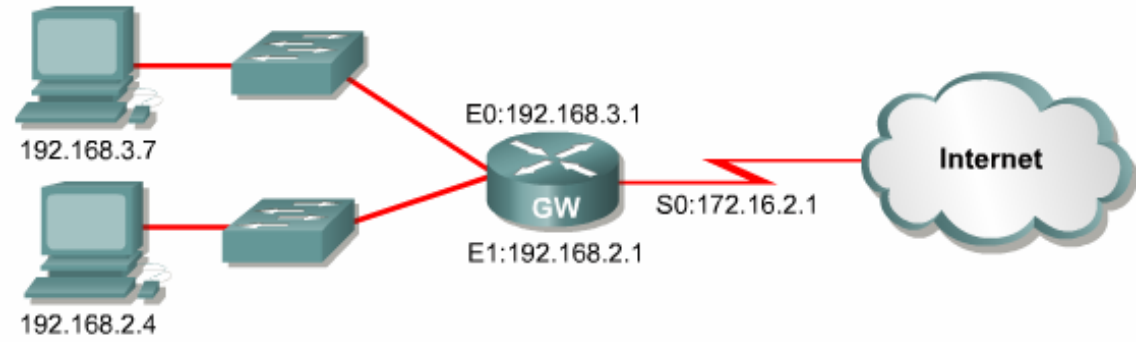



```
ip nat pool nat-pool1 179.9.8.80 179.9.8.95 netmask 255.255.255.0
ip nat inside source list 1 pool nat-pool1
!
interface ethernet 0
  ip address 10.1.1.1 255.255.0.0
  ip nat inside
!
interface serial 0
  ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
  ip nat outside
!
access-list 1 permit 10.1.0.0 0.0.0.255
```

1.1 Konfiguracija PAT-a (1)

- PAT sa više javnih adresa se definiše komandom `ip nat inside source list <std-ACL-number> pool <pool-name> overload`
- PAT sa javnom adresom izlaznog interfejsa se definiše komandom `ip nat inside source list <std-ACL-number> interface <interface-name> overload`

1.1 Konfiguracija PAT-a (2)




```
interface ethernet 0
  ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
  ip nat inside
!
interface ethernet 1
  ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
  ip nat inside
!
interface serial 0
  ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
  ip nat outside
!
ip nat inside source list 1 interface serial 0 overload
!
access-list 1 permit 192.168.2.0 0.0.0.255
access-list 1 permit 192.168.3.0 0.0.0.255
```

1.1 Brisanje aktivnih translacija

- `clear ip translation *`
  - brisanje svih dinamičkih ulaza u tabeli
- `clear ip translation inside <global-ip> <local-ip>`
  - brisanje specifičnog NAT ulaza
- `clear ip translation protocol inside <global-ip> <global-port> <local-ip> <local-port>`
  - brisanje specifičnog PAT ulaza

1.1 Pregled NAT/PAT statusa (1)

- `show ip nat translation`
  - prikaz aktivnih translacija
- `show ip nat statistics`
  - prikaz broja aktivnih translacija, unutrašnjih i spoljašnjih interfejsa

1.1 Pregled NAT/PAT statusa (2)

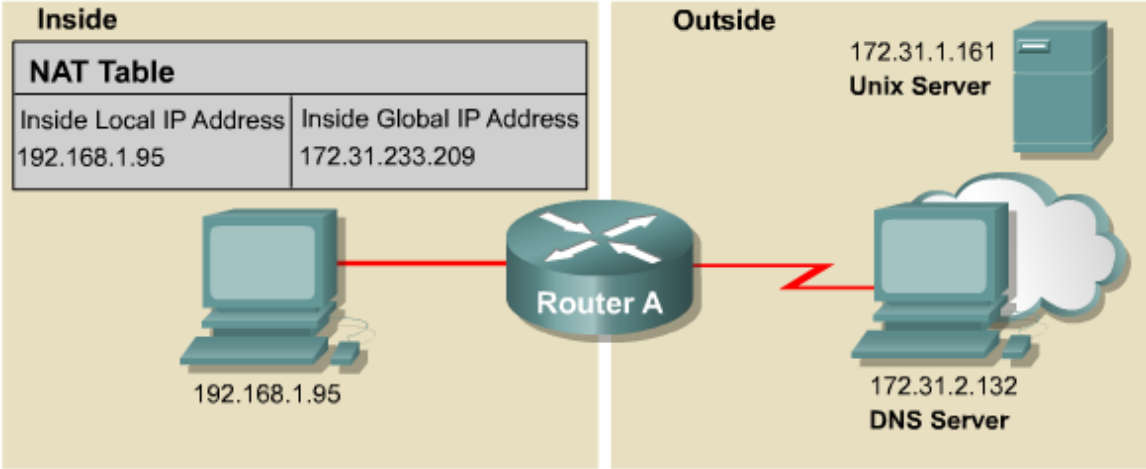
```
Router#show ip nat translation
Pro Inside global     Inside local     Outside local   Outside global
172.16.131.1          10.10.10.1             ---             ---
```

```
Router#show ip nat statistics
Total active translations: 1 (1 static, 0 dynamic; 0 extended)
Outside interfaces:
Serial0
Inside interfaces:
Ethernet0, Ethernet1
Hits: 5 Misses:0
```

1.1 NAT/PAT *troubleshooting* (1)

- `debug ip nat [detailed]`
  - prikaz svih paketa nad kojima se radi NAT
  - detalji ispisa za paket:
    - izvorišna adresa (“s=a.b.c.d”)
    - translirana adresa (“→ x.y.z.w”)
    - odredišna adresa (“d=a.b.c.d”)
    - identifikacija paketa (“[ID]”)

1.1 NAT/PAT *troubleshooting* (2)




```
RouterA#debug ip nat
NAT:   s= 192.168.1.95    → 172.31.233.209,        d=172.31.2.132 [6825]
NAT:   s= 172.31.2.132,     d=172.31.233.209,    → 192.168.1.95 [21852]
NAT:   s= 192.168.1.95    → 172.31.233.209,        d=172.31.1.161 [6826]
NAT*:  s= 172.31.1.161,     d=172.31.233.209,    → 192.168.1.95 [23311]
NAT*:  s= 192.168.1.95    → 172.31.233.209,        d=172.31.1.161 [6827]
NAT*:  s= 192.168.1.95    → 172.31.233.209,        d=172.31.1.161 [6828]
NAT*:  s= 172.31.1.161      d=172.31.233.209,    → 192.168.1.95 [23313]
NAT*:  s= 172.31.1.161,     d=172.31.233.209,    → 192.168.1.95 [23313]
```

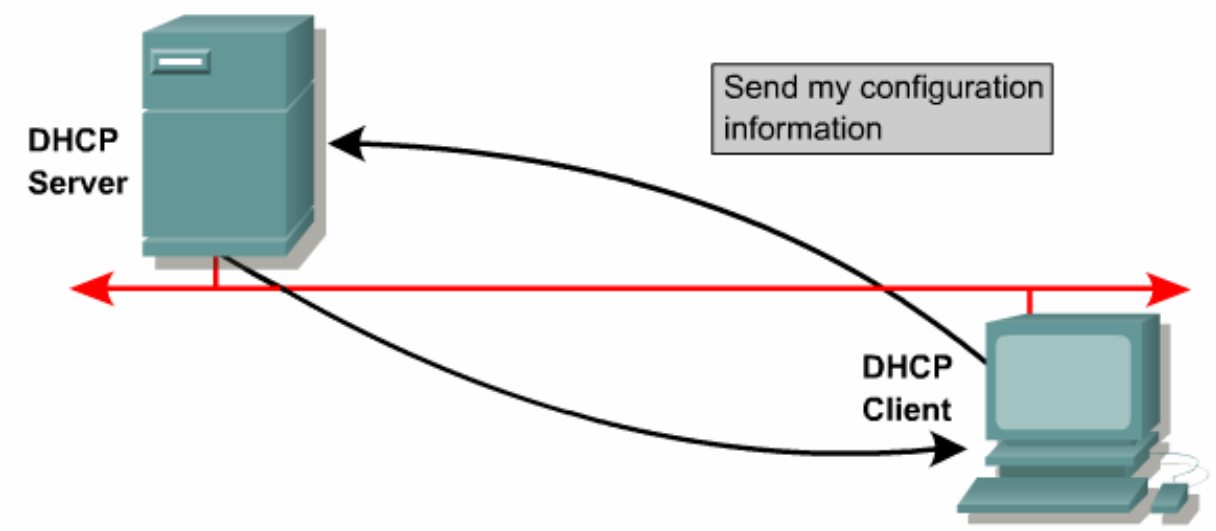
1.1 Nedostaci NAT-a

- Ukoliko protokol predviđa da se adresa i(ili brojevi portova prenose u aplikacionom sloju NAT ne funkcioniše
  - uređaj koji radi NAT mora prepoznati protokol u uraditi dodatnu promenu podataka u paketu
- Povećano kašnjenje
- Slabije performanse
- Nemogućnost praćenja putanje sa hosta na host
- Nemogućnost direktnog saobraćaja prema hostu bez statičkog mapiranja

1.2 Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)

- Protokol za inicijalizaciju mrežnih parametara radne stanice
- Opisan u RFC 2131
- Klijent-server protokol

1.2 Funkcionisanje DHCP-a




```
Here is Your Configuration:
• IP Address: 192.204.18.7
• Subnet Mask: 255.255.255.0
• Default Routers: 192.204.18.1, 192.204.18.3
• DNS Servers: 192.204.18.8, 192.204.18.9
• Lease Time: 5 days
```

1.2 Prenos DHCP poruka

- DHCP poruke se enkapsuliraju u UDP datagrame:
  - zahtev (klijent→server) koristi port 67
  - odgovor (server→klijent) koristi port 68
- Isti način prenosa koristi i BOOTP protokol

1.2 BOOTP/DHCP razlike

- BOOTP dodeljuje fiksnu adresu hostu prema njegovoj MAC adresi, što mora biti predefinisano; DHCP dodeljuje slobodnu adresu iz pula
- BOOTP dodeljuje adresu na neograničen period; DHCP iznajmljuje adresu na određen period, posle koga klijent mora ponovo da je zatraži
- BOOTP inicijalizuje samo četiri osnovna parametra; DHCP može inicijalizovati preko 30 različitih parametara

1.2 Metodi dodeljivanja adresa

- Automatska alokacija
  - permanentno dodeljivanje adrese klijentu
- Manuelna alokacija
  - dodeljivanje predefinisane adrese klijentu
- Dinamička alokacija
  - dodeljivanje adrese kljentu iz pula

1.2 DHCP operacija (1)

- Klijent šalje DHCPDISCOVER poruku kao *broadcast*
- Serveri odgovaraju DHCPOFFER porukom (kao *unicast*) koja sadrži predloženu konfiguraciju
- Klijent primi DHCPOFFER poruke, i izabranom serveru pošalje DHCPREQUEST poruku

1.2 DHCP operacija (2)

- Ako server prihvata iznajmljivanje šalje DHCPACK poruku; ako je adresu u međuvremenu iznajmio šalje DHCPNACK poruku
- Ukoliko klijent zaključi da je dobijena adresa već dodeljena, šalje DHCPDECLINE poruku
- Kada klijentu više ne treba IP adresa (npr. uređaj se gasi) šalje se DHCPRELEASE poruka

1.2 DHCP konfiguracija (1)

- Po *default-u,* na Cisco ruteru je uključen DHCP server
- DHCP server se isključuje komandom no `service dhcp` iz *global configuration* moda

1.2 DHCP konfiguracija (2)

- DHCP pool se konfiguriše komandom `ip dhcp pool <name>` iz *global configuration* moda
- Ova komanda prelazi u *DHCP configuration* mod gde se definišu ostali parametri:
  - pul adresa sa komandom `network <prefix> [<mask>|<prefix-length>]`
  - default gateway sa komandom `default-router <address>`
  - DNS server sa komandom `dns-server <address>`
  - `itd.`

1.2 DHCP konfiguracija (3)

- Adrese koje pripadaju pulu ali koje se ne dodeljuju dinamički se definišu komandom `ip dhcp excluded-address <low-address> <high-address>` iz *global configuration* moda

1.2 Pregled DHCP statusa

- `show ip dhcp binding`
  - prikaz dodeljenih adresa
- `show ip dhcp statistics`
  - prikaz broja primljenih/poslatih poruka itd.

1.2 DHCP *troubleshooting*

- `debug ip dhcp server events`
  - prikaz svih događaja na DHCP serveru:
    - iznajmljivanje adrese iz pula
    - vraćanje adrese u pul
    - provera isteka vremena iznajmljivanja

Sadržaj poglavlja

- 2.1 Pregled WAN tehnologija
- 2.2 WAN tehnologije
- 2.3 WAN dizajn

2.2 Analogni modemi (1)

- Prenos podataka preko telefonske mreže *(Public Switched Telephone Network – PSTN)*
  - mreža namenjena za prenos analognih signala (glas)
  - digitalni podaci se MOdulišu pi slanju i DEModulišu na prijemu
- Tehnologija namenjena za povremenu vezu malog kapaciteta za male količine podataka

2.2 Analogni modemi (2)

- Propusni opseg zavisi od kvaliteta bakarne parice do telefonske centrale *(local loop) i* digitalizacije prenosnog puta:
  - do 33 kbps (standardno)
  - do 56 kbps (ako je jedan kraj veze digitalizovan)
- Cena zavisi od:
  - razdaljine krajnjih tačaka
  - vremena kada je izvršen poziv
  - trajanja poziva

2.2 Analogni modemi (3)

- Prednosti:
  - jednostavnost
  - dostupnost *(availability)*
  - niska cena implementacije
- Mane:
  - mali propusni opseg
  - dugo uspostavljanje veze

2.2 ISDN (1)

- Tehnologija koja omogućava uspostavljanje kompletno digitalnih *circuit-switched* veza
- Lokalni deo *(local loop)* je digitalizovan i sadrži kanale dva tipa:
  - B kanal namenjen za prenos podataka
    - 64 kbps
  - D kanal namenjen za signalizaciju
    - 16 kbps (BRI) ili 64 kbps (PRI)
    - može se koristiti za prenos podataka malog kapaciteta (npr. tipičnih X.25 veza od 9.6 kbps)

2.2 ISDN (2)

- ISDN servisi
  - *Basic Rate Interface (BRI)*
    - 2xB + 1xD
  - *Primary Rate Interface (PRI)*
    - u Evropi 30xB + 1xD (odgovara E1)
    - u SAD 23xB + 1xD (odgovara T1)

2.2 ISDN (3)

- Vreme uspostavljanja poziva je manje od 1s
- B kanali kod BRI servisa se mogu agregirati za ukupni opseg od 128 kbps
- Česte primene:
  - povezivanje malih mreža
  - dodatni propusni opseg iznajmljenim linijama
  - *backup* iznajmljenim linijama

2.2 Iznajmljena linija (1)

- Prekonfigurisana linija kroz TDM mrežu servis provajdera
- Dostupna 24h
- Cena zavisi od razdaljine krajnjih tačaka i propusnog opsega
  - generalno skuplji od paketskih servisa kao Frame Relay

2.2 Iznajmljena linija (2)

Line Type	Signal Standard	Bit Rate Capacity
56	DS0	56 kbps
64	DS0	64 kbps
T1	DS1	1.544 Mbps
E1	ZM	2.048 Mbps
E3	M3	34.064 Mbps
J1	Y1	2.048 Mbps
T3	DS3	44.736 Mbps
OC-1	SONET	51.84 Mbps
OC-3	SONET	155.54 Mbps
OC-9	SONET	466.56 Mbps
OC-12	SONET	622.08 Mbps
OC-18	SONET	933.12 Mbps
OC-24	SONET	1244.16 Mbps
OC-36	SONET	1866.24 Mbps
OC-48	SONET	2488.32 Mbps

2.2 X.25

- Prva paketska WAN tehnologija
- Layer 3 tehnologija
- Pristup mreži je moguć preko stalnih (PVC) ili povremenih (SVC) veza odnosno virtuelnih konekcija
- Najveći propusni opseg je 48 kbps
- Tipična aplikacija je POS čitač kartica

2.2 Frame Relay (1)

- Paketska WAN tehnologija koja je nasledila X.25
- Najvažnije razlike:
  - Layer 2 tehnologija
  - veći propusni opseg (do 4 Mbps)
  - manje kašnjenje
  - prenos podataka i glasa

2.2 Frame Relay (2)

- Cena se određuje prema:
  - kapacitetu veze prema Frame Relay mreži
  - garantovanom opsegu za svaku virtuelnu konekciju *(Commited Information Rate – CIR)*
- Idealan za povezivanje više geografski udaljenih LAN-ova:
  - potreban je samo jedan serijski port na ruteru
  - daljina lokacija ne utiče na cenu

2.2 ATM

- Tehnologija namenjena za prenos podataka, glasa i pokretne slike u javnim i privatnim mrežama
- Prenos podataka se odvija u ćelijama:
  - svaka ćelija je fiksne veličine od 53 bajtova (5 bajtova zaglavlja + 48 bajtova podataka)
  - pogodno za prenos saobraćaja koji zahteva malo kašnjenje
  - manje efikasno od paketskih tehnologija jer se skoro 10% opsega troši na zaglavlja
- Slična paketskim tehnologijama
  - virtuelne konekcije (PVC i SVC)

2.2 DSL (1)

- Tehnologija koja omogućava prenos podataka preko postojeće lokalne linije sa velikim propusnim opsezima (reda Mbps)
- Servis dostupan 24h
- *Broadband* tehnologija
  - prenos na više frekvencija
- Simetrične (SDSL) i asimetrične (ADSL) varijante
- Propusni opseg zavisi od dužine i kvaliteta lokalne linije:
  - dužina mora biti manja od 5.5 km (3.5 milja)

2.2 DSL (2)

Service	Download	Upload
ADSL	64 kbps - 8.192 Mbps	16 kbps - 640 kbps
SDSL	1.544 Mbps - 2.048 Mbps	1.544 Mbps - 2.048 Mbps
HDSL	1.544 Mbps - 2.048 Mbps	1.544 Mbps - 2.048 Mbps
IDSL	144 kbps	144 kbps
CDSL	1 Mbps	16 kbps - 160 kbps

2.2 DSL (3)

- Neke DSL tehnologije omogućavaju korišćenje opsega od 0-4 kHz koga koristi analogni prenos glasa
- DSL servis podrazumeva vezu prema Internet provajderu
  - ukoliko se želi veza prema korporacijskoj mreži mora se koristiti neka od VPN tehnologija
- Glavni problem je raspoloživost servisa

2.2 Kablovski modem

- Prenos podataka preko kablovskog sistema za distribuciju TV signala
- Uređaj za povezivanje je kablovski modem:
  - 30-40 Mbps podataka u jednoj 6 MHz kanalu
- Servis dostupan 24h
- Svi kablovski pretplatnici dele raspoloživi opseg

Sadržaj poglavlja

- 4.1 ISDN koncepti
- 4.2 ISDN konfiguracija
- 4.3 DDR konfiguracija

4.1 ISDN

- Skup standarda koji definišu kompletnu *circuit-switched* digitalnu mrežu *(end-to-end digital network)* preko postojeće telefonskog kabliranja
  - praktično, digitalni dodatak klasičnoj telefonskoj mreži

4.1 Prednosti ISDN-a u odnosu na POTS

- Mogućnost prenosa glasa, podataka i video signala
- Mnogo brže uspostavljanje veze (<1s)
- Brži prenos informacija odnosno veći propusni opseg (64 odnosno 128 kbps)

4.1 ISDN protokoli

- Rad na ISDN standardima je započet u kasnim 60-im, a objavljeni su 1984. godine od strane CCITT (današnji ITU-T)
- ISDN standardi su objavljivani u tri ITU-T serije: E, I i Q

4.1 “E” standardi

- “E” standardi definišu protokole i preporuke standardne telefonske mreže za ISDN:
  - E.164 - format adresiranja (format tel. brojeva)

4.1 “I” standardi

- “I” standardi definišu koncepte, terminologiju i generalne metode:
  - I.100 – generalna koncepcija i struktura ostalih dokumenata iz I serije
  - I.200 – ISDN servisi
  - I.300 – mrežni aspekti
  - I.400 – UNI *(User-Network Interface)*

4.1 “Q” standardi

- “Q” standardi definišu protokole za signalizaciju i svičing:
  - Q.921 – prenos podataka preko D kanala (LAPD)
  - Q.931 – signalizacija poziva

4.1 Tipovi ISDN kanala

- B (bearer) kanal
  - kanal za prenos podataka
  - 64 kbps
- D (delta) kanala
  - kanal za prenos signalizacije
  - 16 ili 64 kbps

5.4 ISDN servisi

- *Basic Rate Interface* (BRI)
  - 2xB kanal za prenos podataka (2x64 kbps)
  - 1xD kanal za prenos signalizacije (1x16 kbps)
- *Primary Rate Interface* (PRI)
  - 30xB kanal za prenos podataka (30x64 kbps)
  - 1xD kanal za prenos signalizacije (1x64 kbps)

4.1 ISDN slojevi

- ISDN standardi definišu tri sloja:
  - fizički sloj *(physical)*
  - sloj veze *(data link)*
  - mrežni sloj *(network)*

4.1 Odnos OSI i ISDN slojeva (1)

- Za korisnika mreže (B kanal):
  - IP će se koristiti na mrežnom OSI nivou
  - PPP će se koristiti na drugom
  - ISDN će biti na prvom sloju
- Za ISDN mrežu (D kanal):
  - ISDN protokoli na OSI slojevima 1-3

4.1 Odnos OSI i ISDN slojeva (2)

	D channel	B channel
Layer 3	DSS1 (Q.931)	IP/IPX
Layer 2	LAPD (Q.921)	HDLC/PPP/FR/LAPB
Layer 1	I.430/I.431	

4.1 ISDN fizički sloj

- Fizički sloj BRI servisa definisan je u dokumentu I.430, dok je fizički sloj PRI servisa definisan u dokumentu I.431
- Na fizičkom nivou definiše se raspored bitova za raličite kanale (B1, B2, D):
  - NT frejm (NT → TE)
  - TE frejm (TE → NT)

4.1 Format NT frejma (1)

1	1	8	1	1	1	1	1	8	1	1	1	8	1	1	1	8	3
F	L	B1	E	D	A	F	F	B2	E	D	S	B1	E	D	S	B2	...

- B1
  - 2x8 bita za prvi B kanal
- B2
  - 2x8 bita za drugi B kanal
- D
  - 2x2 bita za D kanal

4.1 Format NT frejma (2)

1	1	8	1	1	1	1	1	8	1	1	1	8	1	1	1	8	3
F	L	B1	E	D	A	F	F	B2	E	D	S	B1	E	D	S	B2	...

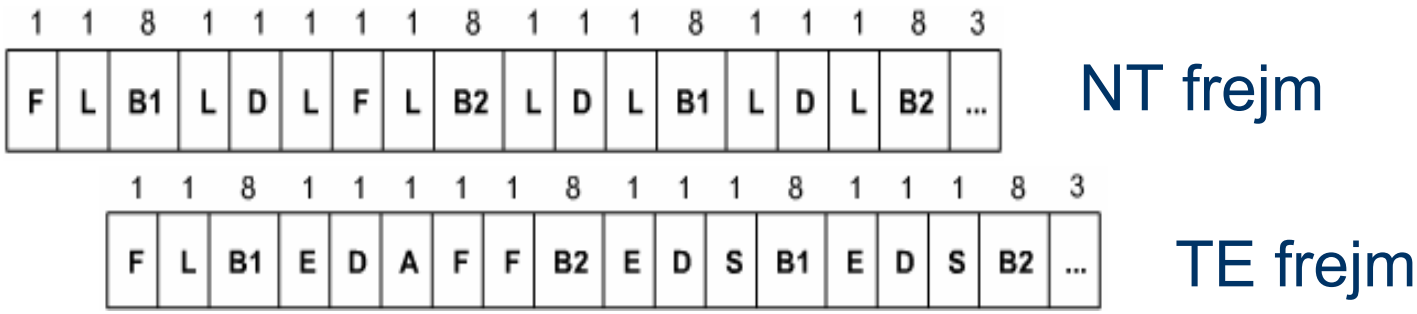
- F *(Framing)*
  - prvi je uvek 1, a ostali služe za *multiframing*
- L *(Load balancing)*
- E *(Echo)*
- S (*Spare)*
- A *(Activation)*
  - za aktivaciju TE uređaja

4.1 Format TE frejma

1	1	8	1	1	1	1	1	8	1	1	1	8	1	1	1	8	3
F	L	B1	L	D	L	F	L	B2	L	D	L	B1	L	D	L	B2	...

- Nema *Echo* (E), *Spare* (S) i *Activation* (A) bitova

4.1 TE↔NT komunikacija



- TE frejm kasni dva bita u odnosu na NT frejm, zbog Echo mehanizma kojim se omogućava multipleksiranje po D kanalu *(contention resolution)*

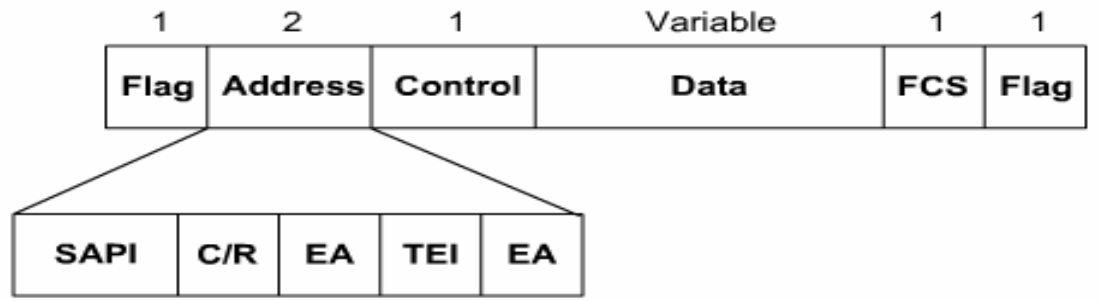
4.1 Brzina na ISDN BRI linku

- Frejm se ukupno sastoji od 48 bita:
  - 4x8=32 bita za B1 i B2 kanale
  - 2x2=4 bita za D kanal
  - 12 ostalih bita
- Frejmovi se šalju 4000 puta u sekundi:
  - bitska brzina je 4000 x 48 = 192 kbps
  - “korisna” brzina (B1, B2, D) je 4000 x 36 = 144 kbps

4.1 ISDN sloj veze

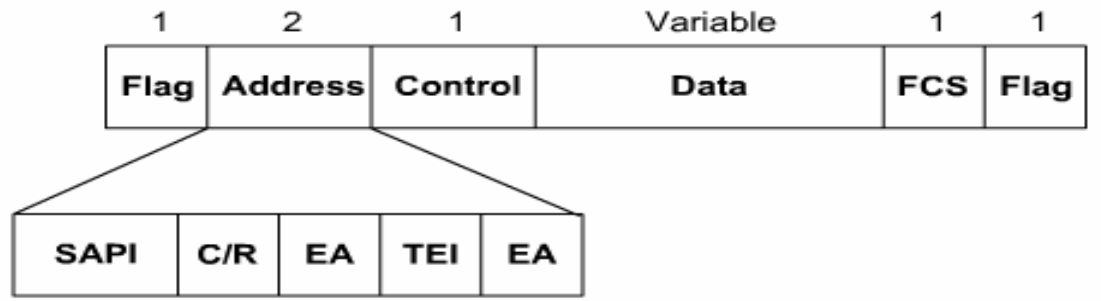
- ISDN sloj veze definiše format frejmova koji se šalju po D kanalu – LAPD *(Link Access Procedure on the D channel)*
  - sličan HDLC formatu

4.1 Format LAPD frejma (1)



- Flag
  - ekvivalentan sa HDLC *Flag* poljem
- SAPI (6 bitova)
  - tip ISDN Layer 3 protokola
- C/R
  - da li je frejm komanda ili odgovor

4.1 Format LAPD frejma (2)

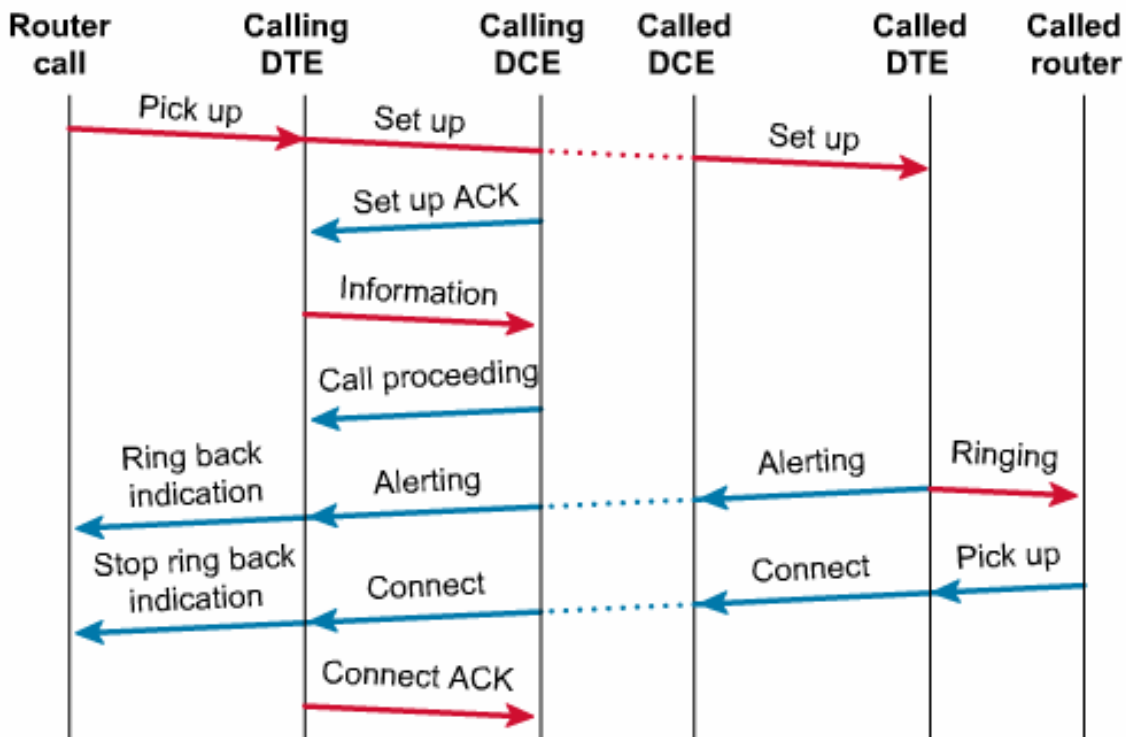


- TEI (7 bitova)
  - adresa primaoca
  - sve 1-ice (127) predstavljaju *broadcast*
- Control
  - ekvivalentan sa HDLC *Control* poljem

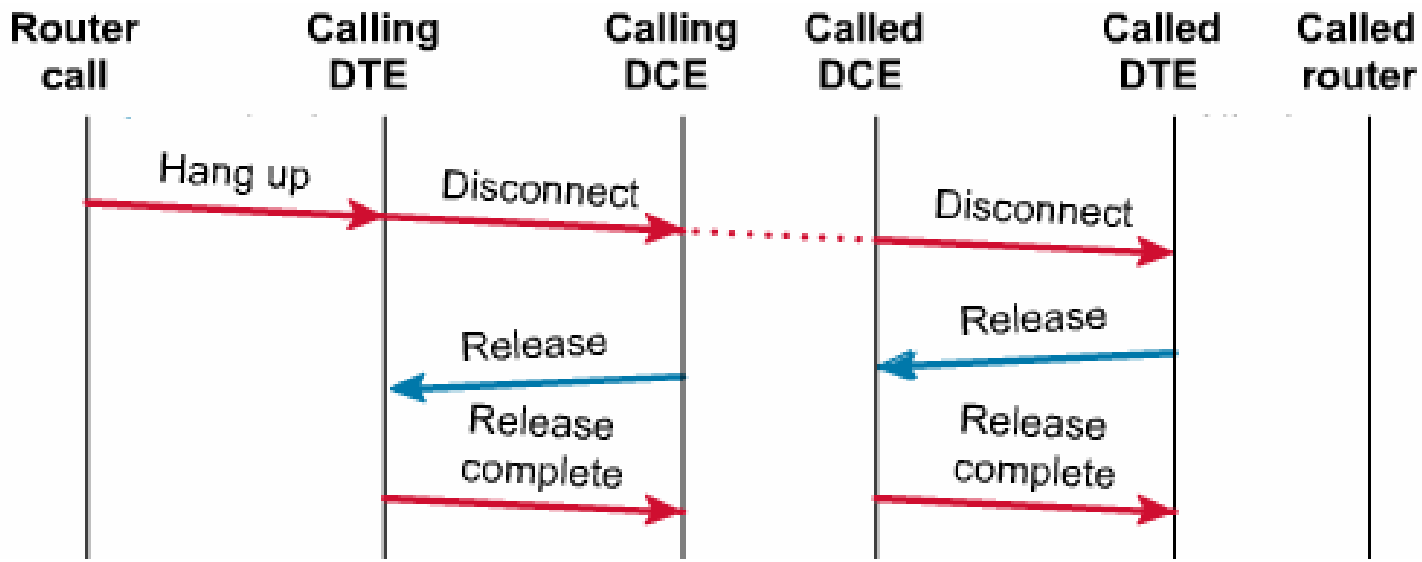
4.1 ISDN mrežni sloj

- Mrežni ISDN sloj je definisan u dokumentima I.450 (Q.930) i I.451 (Q.931)
- Definiše sigalizaciju za uspostavljanje i raskidanje poziva, status veze itd.

4.1 Uspostavljanje ISDN veze



4.1 Raskidanje ISDN veze



4.1 ISDN uređaji (1)

- TE1
  - terminalni uređaj u ISDN mreži
- TE2
  - terminalni uređaj koji nije predviđen za ISDN mrežu i koji zahteva adapter
- TA
  - adapter koji omogućava TE2 uređajima da se priključe na ISDN mrežu

4.1 ISDN uređaji (2)

- NT1
  - uređaj koji se priključuje na *local loop* i koji se spaja sa ISDN svičem
  - u SAD NT1 je CPE, dok ga u drugim delovima sveta obezbeđuje servis provajder
- NT2
  - uređaj na koji se priključuju TE1 i TA
- Najčešće su NT1 i NT2 jedan uređaj (“NT1/2”)

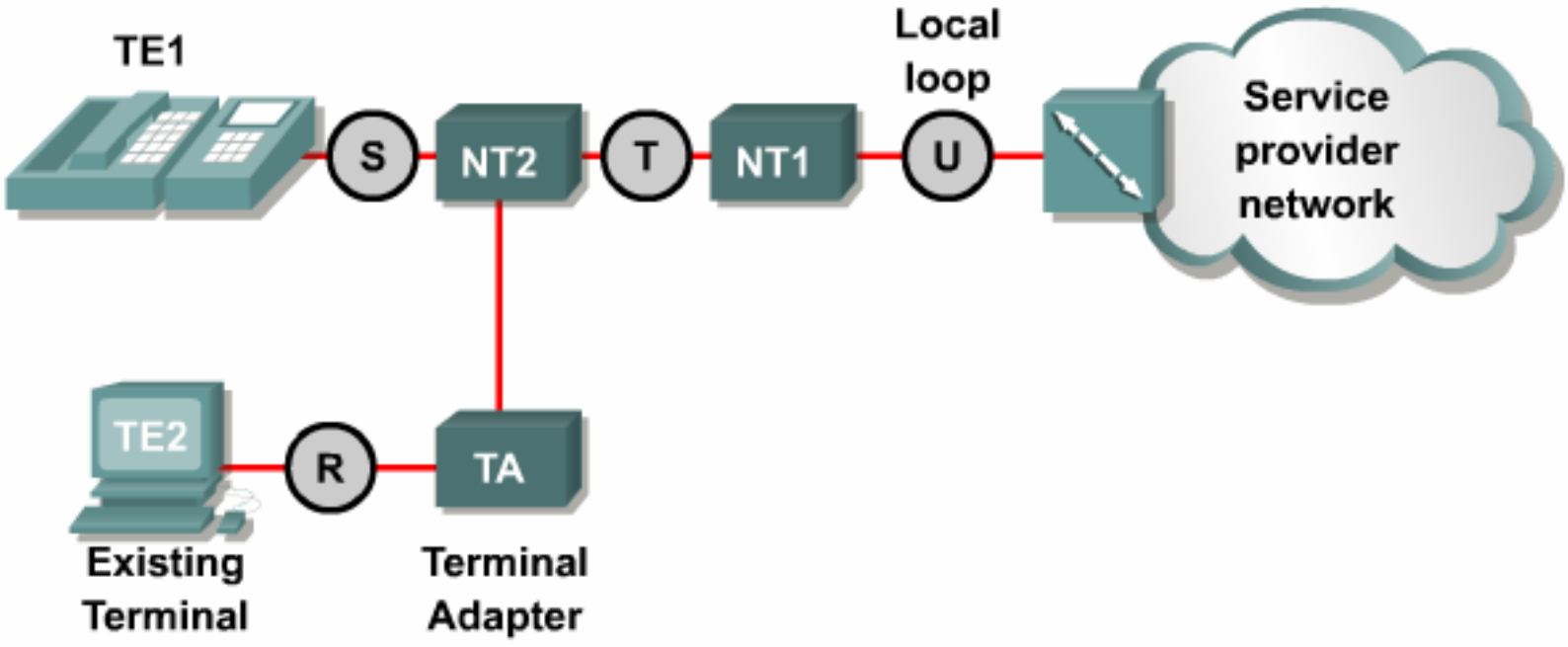
4.1 ISDN referentne tačke (1)

- S
  - tačka povezivanja NT2 i TE1/TA
  - četvorožična veza *(four-wire)*
- T
  - tačka povezivanja NT1 i NT2
  - električno ekvivalentna sa S referentnom tačkom

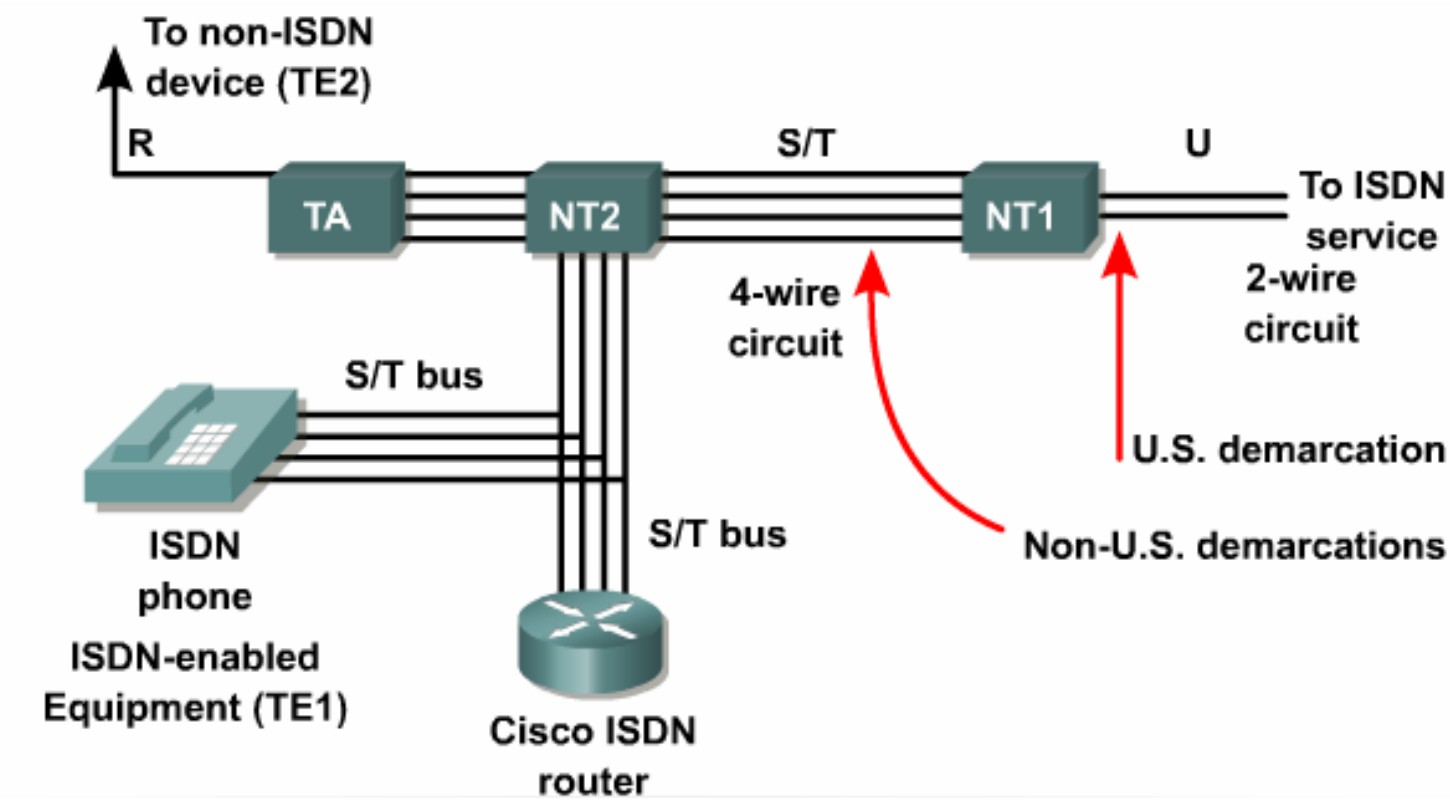
4.1 ISDN referentne tačke (2)

- R
  - tačka povezivanja TA i TE2
- U
  - tačka povezivanja NT1 (NT1/2) i ISDN sviča
  - dvožična veza *(two-wire)*

4.1 ISDN referentne tačke (3)



4.1 ISDN referentne tačke (4)



4.1 ISDN BRI CPE

- Ruter sa ISDN BRI portom:
  - S/T (Evropa)
  - U (SAD)
- ISDN TA za PC računar

4.1 Tipovi ISDN standarda

- Iako je ISDN definisan od strane ITU-T, mnogi proizvođači su modifikovali odnosno dopunjavali zvanični standard
  - ATT 5ESS (SAD)
  - Nortel DMS-100 (SAD)
  - NTT (Japan)
  - Net3 (Evropa)

4.1 *Service Profile Identifier* (SPID)

- Neki ISDN standardi zahtevaju da se ISDN konekciji dodeli poseban identifikator – SPID
- SPID izgleda slično telefonskom broju, sa dodatim ciframa na početku odnosno na kraju

4.2 Konfiguracija ISDN-a (1)

- Tipa ISDN sviča
- BRI konfiguracija
  - SPID
- PRI
  - vremenskih slotovi
  - rejming
  - linijski kod
  - D kanal
  - definisanje interesantnog saobraćaja
  - postavljanje statičkih ruta prema ISDN odredištima

4.2 Konfiguracija tipa ISDN sviča (1)

- Tip ISDN sviča se postavlja komandom `isdn switch-type <tip>` u *global configuration* modu
- Poseban tip sviča je none, koji, praktično, onemogućava korišćenje ISDN interfejsa
- Posle promene tipa sviča neophodno je restartovati ruter

4.2 BRI konfiguracija

- SPID za pojedine B kanale se definiše komandom `isdn spid` u *interface configuration* modu
- Format:
  - `isdn spid<B kanal> <SPID> [<ldn>]`
- Argumenti:
  - `<B kanal>` - broj B kanala (1 ili 2)
  - `<ldn>` - lokalni ISDN broj

4.2 PRI konfiguracija (1)

- Fizičkih parametari PRI linka se definišu u modu odgovarajućeg E1/T1 kontrolera
- U *controller configuration* mod se prealzi komandom `controller {E1|T1} <number>`

4.2 PRI konfiguracija (2)

- Slotovi koji sadrže B i Da kanale se specificiraju komandom `pri-group timeslots <first>-<last>`
- Linijski kod se konfiguriše komandom `linecode {ami | b8zs | hdb3 }`
  - HDB3 za E1, AMI ili B8ZS za T1
- Frejming se konfiguriše komandama:
  - `framing { crc4 | no-crc4 } (E1)`
  - `framing { sf | esf } (T1)`

4.2 PRI konfiguracija (3)

- Interfejs za D kanal se definiše komandama:
  - interface serial <slot/port>:15 (E1)
  - interface serial <slot/port>:23 (T1)

4.2 PRI konfiguracija (4)

T1 Sample Configuration

```
Router(config)#controller t1 1/0
Router(config-controller)#framing esf
Router(config-controller)#linecode b8zs
Router(config-controller)#pri-group timeslots 1-24

Router(config-controller)#interface serial3/0:23
Router(config-if)#isdn switch-type primary-5ess
Router(config-if)#no cdp enable
```

E1 Sample Configuration

```
Router(config)#controller e1 1/0
Router(config-controller)#framing crc4
Router(config-controller)#linecode hdb3
Router(config-controller)#pri-group timeslots 1-31

Router(config-controller)#interface serial3/0:15
Router(config-if)#isdn switch-type primary-net5
Router(config-if)#no cdp enable
```

4.2 Pregled ISDN statusa (1)

- `show isdn status`
  - status svih slojeva ISDN interfejsa
- `show isdn active`
  - pozvani broj
  - vreme do raskidanja veze
  - Advice of Charge (AOC)
  - jedinice za računanje troškova
  - da li se AOC informacija daje tokom poziva ii na njegovom kraju

4.2 Pregled ISDN statusa (2)

- `show dialer`
  - trenutni status poziva
  - vrednosti tajmera
  - razlog poziva
  - uređaj sa kojim je ostvarena veza
- `show interface bri`
  - enkapsulacija na B kanalu i njen status

4.2 Pregled ISDN statusa (3)

Cisco

```
BranchF#show interface bri0/0:1
BRI0:1 is up, line protocol is up
  Hardware is BRI
  MTU 1500 bytes, BW 64 Kbit, DLY 20000 usec, rely
255/255, load 1/255
  Encapsulation PPP, loopback not set, keepalive set
(10 sec)
  LCP Open
  Open: IPCP, CDPCP
  Last input 00:00:01, output 00:00:01, output hang
never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0 (size/max/drops); Total output
drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max
```

4.2 Pregled ISDN statusa (4)

Cisco

```
Cork#show isdn status
Global ISDN Switchtype = basic-ni
ISDN BRI0/0 interface
dsl 0, interface ISDN Switchtype = basic-ni
    Layer 1 Status:
ACTIVE
    Layer 2 Status:
TEI = 64, Ces = 1, SAPI = 0, State =
MULTIPLE_FRAME_ESTABLISHED
TEI = 65, Ces = 2, SAPI = 0, State =
MULTIPLE_FRAME_ESTABLISHED
    Spid Status:
TEI 64, ces = 1, state = 5(init)
    spid1 configured, no LDN, spid1 sent, spid1 valid
    Endpoint ID Info: epsf = 0, usid = 70, tid = 1
TEI 65, ces = 2, state = 5(init)
    spid2 configured, no LDN, spid2 sent, spid2 valid
```

4.2 ISDN *troubleshooting (1)*

- `debug isdn q921`
  - prikazuje LAPD frejmove koji se razmenjuju između ISDN uređaja i ISDN sviča
- `debug isdn q931`
  - prikazuje poruke o uspostavljanje i raskidanju konekcije koje se razmenjuju između ISDN uređaja

4.2 ISDN *troubleshooting (2)*

```
central#debug isdn q931
ISDN Q931 packets debugging is on
central#ping 192.168.1.2

1d11h: ISDN BR0/0: TX ->  SETUP pd = 8  callref = 0x02
1d11h:         Bearer Capability i = 0x8890
1d11h:         Channel ID i = 0x83
1d11h:         Keypad Facility i = '5552000'
1d11h: ISDN BR0/0: RX <-  CALL_PROC pd = 8  callref = 0x82
1d11h:         Channel ID i = 0x89
1d11h: ISDN BR0/0: RX <-  CONNECT pd = 8  callref = 0x82
1d11h:         Channel ID i = 0x89
1d11h: ISDN BR0/0: TX ->  CONNECT_ACK pd = 8  callref = 0x02
1d11h: %LINK-3-UPDOWN: Interface BRI0/0:1, changed state to up
1d11h: %ISDN-6-CONNECT: Interface BRI0/0:1 is now connected to
5552000 .!!!!
```

4.3 Dial-on Demand Routing (DDR)

- Način korišećenja ISDN interfejsa:
  - definiše se koji paketi mogu inicirati poziv (“interesantni saobraćaj”)
  - dok je poziv aktivan svi paketi mogu prolaziti kros ISDN interfejs
  - posle određenog vremena u kome nema interesanntog saobraćaja poziv se raskida

4.3 DDR operacija

- Ruter prima paket i određuje odlazni interfejs
- Ako je odlazni interfejs DDR određuje se da li paket pripada interesantnom saobraćaju
- Prema adresi sledećeg hopa određuje se broj na koji se vrši poziv; vrši se poziv ako poziv na taj broj nije već aktivan
- Kada je poziv aktivan kroz link se šalje sav saobraćaj prema tom hopu
- Svaki paket interesantnog saobraćaja resetuje *idle* tajmer; kada tajmer dođe do kraja poziv se raskida

4.3 Tipovi DDR-a

- *Legacy DDR*
- *Dialer Profiles*

4.3 *Legacy* DDR konfiguracija

- Definisanje statičkih ruta
- Definisanje interesantnog saobraćaja
- Definisanje informacija za poziv

4.3 Postavljanje statičkih ruta prema ISDN odredištima

- Za specificikaciju saobraćaja koji ide preko ISDN BRI linka, u DDR modelu se koriste statičke rute:
  - protokoli rutiranja nisu pogodni za DDR zato što periodično šalju pakete koji bi stalno uspostavljali ISDN konekciju
- Koriste se statičke rute sa IP adresom kao odredištem (IP adresa drugog kraja linka)

4.3 Definisanje interesantnog saobraćaja (1)

- Interesantni saobraćaj se postavlja komandom `dialer-list` u *global configuration* modu
- Interesantni saobraćaj se može definisati na dva načina:
  - svaki paket određenog protokola
  - svaki paket koji prolazi ACL

4.3 Definisanje interesantnog saobraćaja (2)

- Format:
  - `dialer-list <broj dialer liste> protocol ip permit`
  - `dialer-list <broj dialer liste> protocol ip list <broj ACL>`

4.3 Povezivanje sa listom interesantnog saobraćaja

- Povezivanje ISDN BRI interfejsa sa listom interesantnog saobraćaja (*dialer* listom) se izvodi pomoću komande `dialer-group` u *interface configuration* modu
- Format:
  - `dialer-group <broj dialer liste>`

4.3 Definicija ISDN odredišta

- ISDN odredište se definiše komandom `dialer map` u *interface configuration* modu
- Format:
  - `dialer map ip <IP adresa odredišta> <ISDN broj>`

4.3 Konfiguracija tajmera za raskidanje veze

- Vreme posle koga se, ako nije bilo saobraćaja kroz ISDN konekciju, link raskida definiše komanda `dialer idle-timeout` u *interface configuration* modu
- Format:
  - `dialer idle-timeout <vreme u sekundama>`

4.3 *Dialer Profiles*

- Razdvajanje logičkog nivoa (L2/L3 parametri, parametir poziva) od fizičkog interfejsa
- Elementi:
  - Dialer interfejs
  - pul fizičkih interfejsa *(dialer pool)*
  - fizički interfejs

4.3 *Dialer Profiles* konfiguracija

- Konfiguracija Dialer interfejsa
- Povezivanje Dialer interfejsa sa fizičkim interfejsima
- Konfiguracija fizičkih interfejsa

4.3 Konfiguracija Dialer interfejsa

- `ip address`
- `encapsulation`
- `idle-timeout`
- `dialer-group`
- `dialer string`
- `dialer remote-name`

4.3 Konfiguracija fizičkih interfejsa

- Fizički interfejs se postavlja pul komandom `dialer pool-member <pool-number>`
- Na fizičkom interfejsu se konfiguriše L2 enkapsulacija (PPP) ali ne i L3 parametri

4.3 Povezivanje Dialer interfejsa sa fizičkim interfejsima

- Dialer interfejs se povezuje sa pulom fizičkih interfejsa komandom `dialer pool <pool-number>`

4.3 Pregled DDR statusa

- `show dialer`
- `show isdn active`
- `show isdn status`

4.3 DDR *troubleshooting (1)*

- `debug dialer events`
  - poruka kada se DDR link uspostavi i prikaz paketa koji je izazvao poziv
- `debug dialer packets`
  - prikaz svakog paketa koji prolazi kroz DDR interfejs

4.3 DDR *troubleshooting (2)*

```
central#debug dialer events
Dial on demand events debugging is on

central#ping 192.168.1.2
Type escape sequence to abort. Sending 5, 100-byte ICMP Echos to
192.168.1.2, timeout is 2 seconds:

1d11h: BR0/0 DDR: rotor dialout [priority]
1d11h: BR0/0 DDR: Dialing cause ip (s=192.168.1.1, d=192.168.1.2)
1d11h: BR0/0 DDR: Attempting to dial 5554000
1d11h: %LINK-3-UPDOWN: Interface BRI0/0:1, changed state to up
1d11h: %ISDN-6-CONNECT: Interface BRI0/0:1 is now connected to
5552000 ..!!!
```

Sadržaj poglavlja

- 5.1 Frame Relay koncepti
- 5.2 Konfiguracija Frame Relay-a

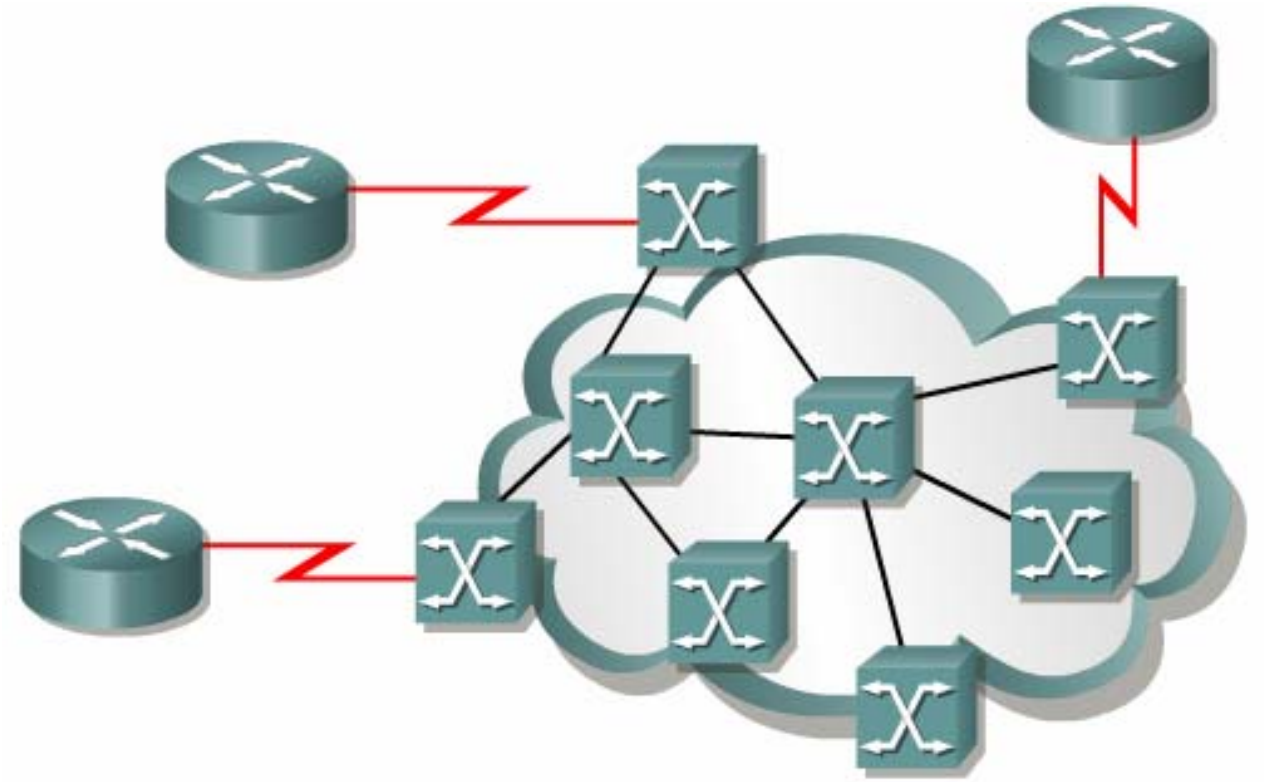
5.1 Osnove Frame Relay-a

- Paketski *connection-oriented* WAN servis
- ITU-T i ANSI standard
- Layer 2 tehnologija
  - LAPF format okvira (izveden iz HDLC)

5.1 Uređaji u FR mreži

- FR pristupni uređaj (*Frame Relay Access Device* – FRAD)
  - “DTE” uređaj
- FR svič
  - “DCE ” uređaj

5.1 FR topologija



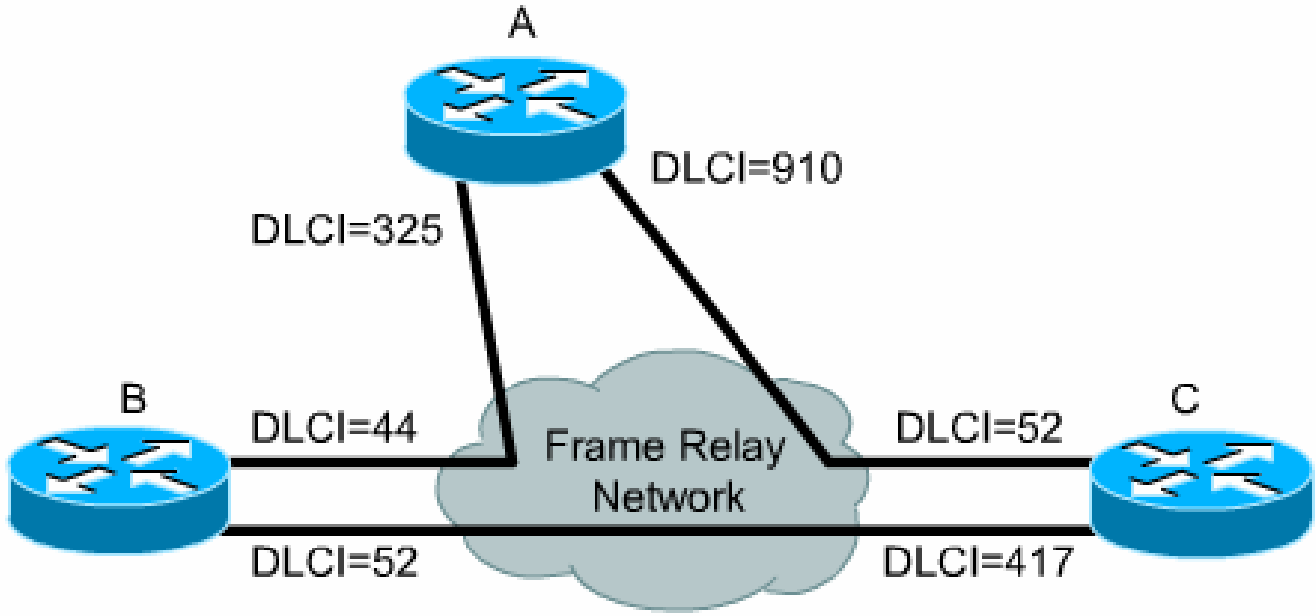
5.1 Virtuelno kolo (Virtual Circuit - VC)

- Konekcija između dva DTE uređaja
  - svaki uređaj može imati više virtuelnih kola prema više DTE uređaja kroz jedan fizički link do DCE sviča
- Tipovi:
  - PVC (permanentno virtuelno kolo)
  - SVC (virtuelno kolo koje se uspostavlja po potrebi)

5.1 *Data Link Channel Identifier* - DLCI

- Oznaka virtuelnog kola
  - svaki okvir nosi identifikaciju virtuelnog kola kome pripada
- Ima lokalnu važnost
  - jedno virtuelno kolo nema jedisnstven identifikator već svaki uređaj na njegovom putu ga nezavisno označava
- FR svič prosleđuje frejmove na osnovu DLCI polja okvira
  - sadrži tabeli u kojoj se (ulazni port, ulazni DLCI) mapira u (odlazni port, odlazni DLCI)

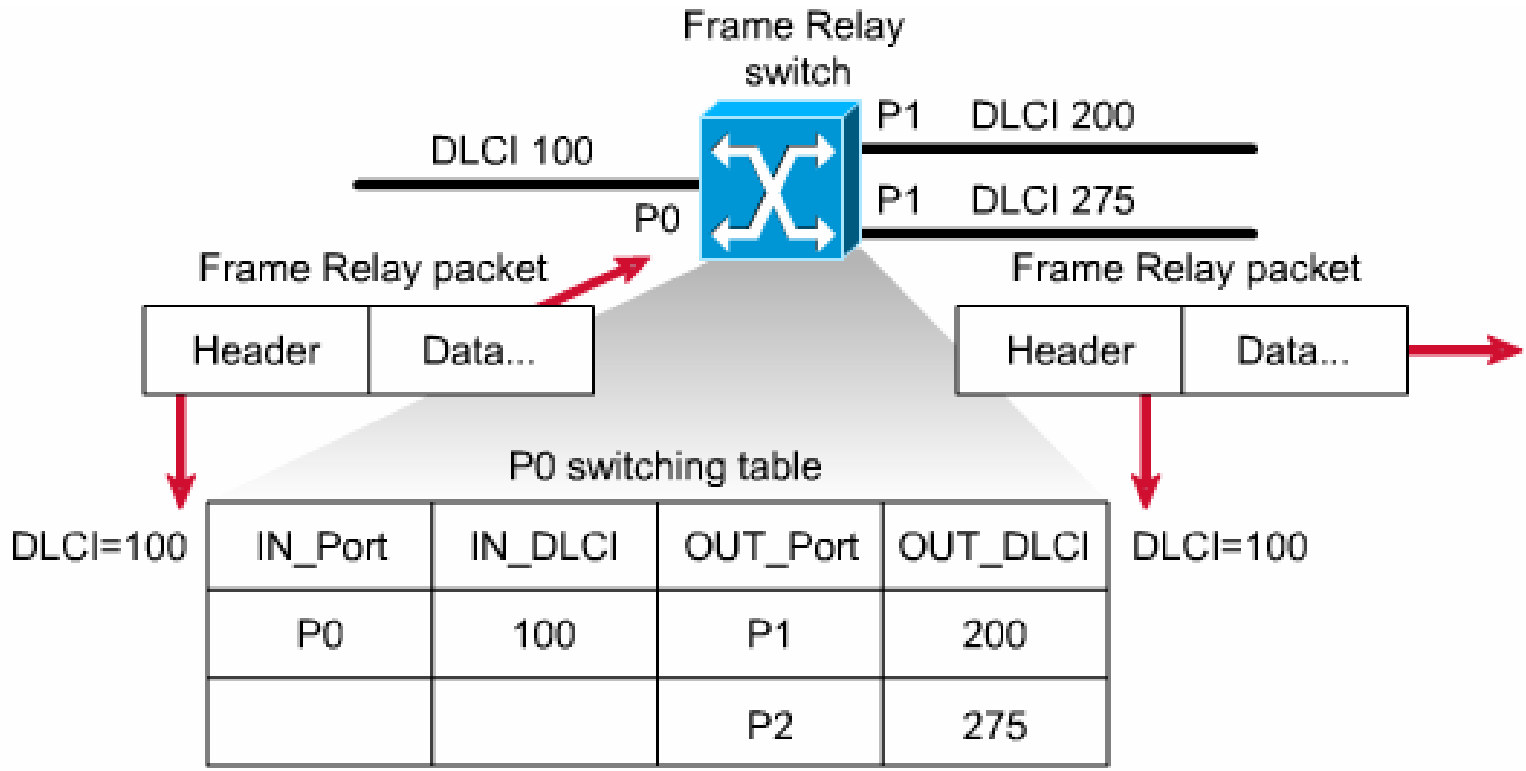
5.1 VC u FR mreži



5.1 FR svičing tabela (1)

- FR svičevi sadrže svičing tabelu, na osnovu koje određuju kako prosleđuju FR okvir
- Svaka FR svičing tablea sadrži sledeće kolone:
  - dolazni port
  - dolazni DLCI
  - odlazni port
  - odlazni DLCI

5.1 FR svičing tabela (2)



IN_Port	IN_DLCI	OUT_Port	OUT_DLCI
P0	100	P1	200
		P2	275

5.1 Propusni opseg virtuelnih kola (1)

- Za svako virtualno kolo se definiše garantovani propusni opseg – CIR *(Commited Information Rate)*
- Može se dozvoliti da virtuelno kolo zauzme i više opsega – EIR *(Extended Information Rate)*
  - CIR+EIR <= fizička brzina DTE porta *(port speed)*
- Okviri koji prelaze CIR se obeležavaju DE *(Discard Eligibility)* bitom u zaglavlju
  - u slučaju zagušenja i potrebe odbacivanja okvira iz reda za čekanje prvo će se prebaciti okviri sa DE bitom

5.1 Propusni opseg virtuelnih kola (2)

- Implementacija kontrole propusnog opsega virtuelnog kola:
  - ulazni prametri: interval provere (Tc), broj bita u Tc za CIR (Bc), broj bita u Tc za EIR (Be)
  - u svakom intervalu se broje bitovi okviri virtuelnih kola; ako brojač pređe Bc, okviru se setuje DE bit; ako brojač pređe Be, okvir se odbacuje
  - na kraju intervala brojač se umanjuje za Bc i prenosi u sledeći interval

5.1 Notifikacija zagušenja u FR mreži

- U slučaju da FR svič odbaci okvir:
  - u zaglavlju okvira istog virtuelnog kola koji idu u smeru odbačenog frejma se setuje FECN *(Forward Explicit Congestion Notification)* bit
  - u zaglavlju okvira istog virtuelnog kola koji idu u smeru suprotnom od smera odbačenog frejma se setuje BECN *(Backward Explicit Congestion Notification)* bit

5.1 Format Frame Relay frejma (1)

1	2	Variable	2	1
Flag	Address, including DLCI, FECN, BECN, and DE bits	Data	FCS	Flag

5.1 Format Frame Relay frejma (2)

- *Flag* (0x7E)
  - označava početak i kraj frejma
- *Addressing*
  - bitovi 0-9: DLCI
  - bitovi 13-15: FECN, BECN, DE

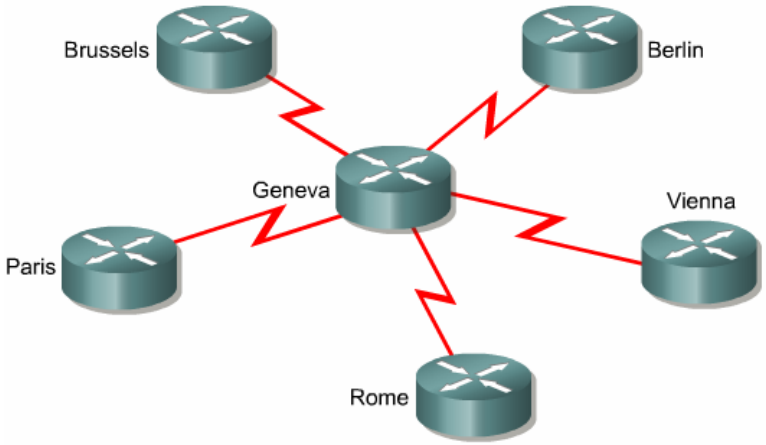
5.1 Funkcionisanje FRAD-a

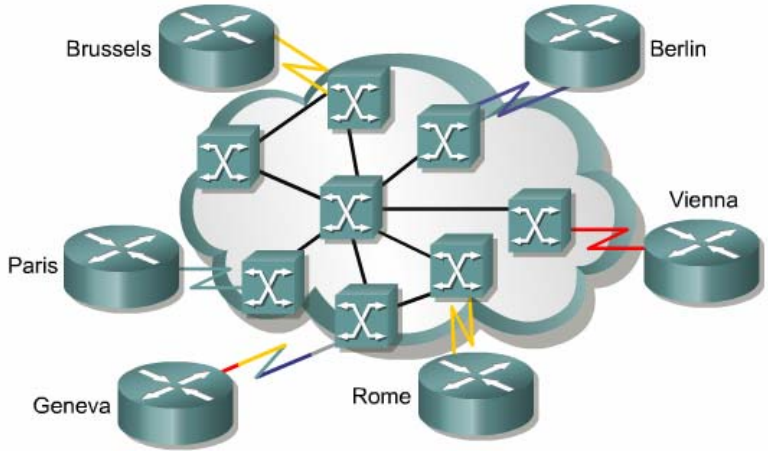
- Preuzme se paket (IP, IPX itd.) koji treba da se pošalje preko interfejsa koji predstavlja FR virtuelno kola
- Formira se FR zaglavlje (koje sadrži DLCI), čeksum i *flag* (0x7E)
- Fizički sloj pošalje formirani okvir kroz serijski link

5.1 FR topologije

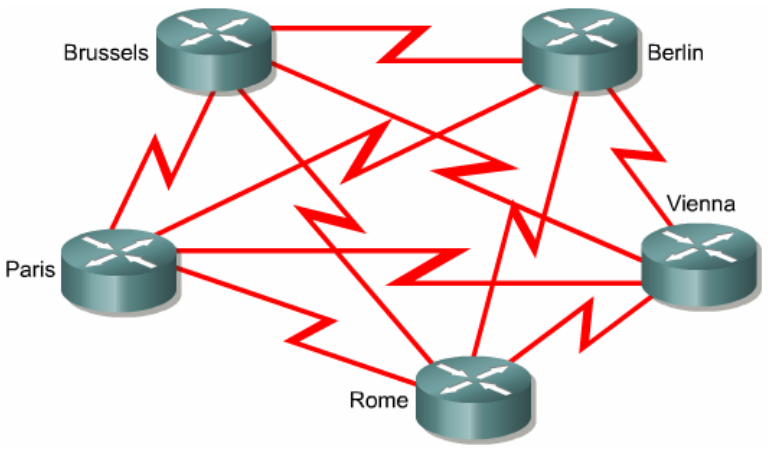
- *point-to-point*
- *star*
- *full mesh*
- *partial mesh*

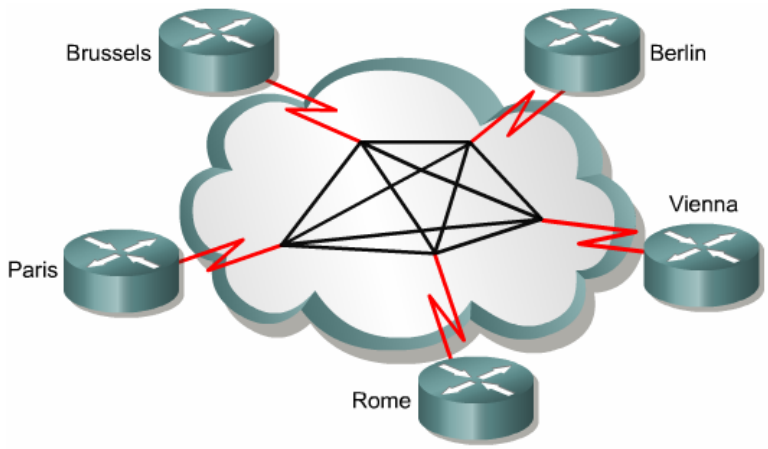
5.1 FR topologije - *star*





5.1 FR topologije – *full mesh*





5.1 LMI

- LMI je, kao dodatak dotadašnjem standardu, usvojila grupa proizvođača kako bi obezbedila prenos informacija o statusu mreže
- LMI poruke se prenose u standardnim frejmovima sa posebnim DLCI vrednostima
- Tipovi:
  - Cisco
  - Ansi T1.617 Annex D
  - ITU-T Q.933A Annex A

5.1 Rezervisane DLCI vrednosti

0	LMI (ANSI, ITU)
1..15	Reserved for future use
992..1007	CLLM
1008..1022	Reserved for future use (ANSI, ITU)
1019..1022	Multicasting (Cisco)
1023	LMI (Cisco)

5.1 Format LMI frejma (1)

1	2	1	1	1	1	Variable	2	1
Flag	**LMI DLCI**	**Unnumbered information indicator**	**Protocol discriminator**	**Call reference**	**Message type**	**Information element(s)**	**FCS**	**Flag**

5.1 Format LMI frejma (2)

- *LMI DLCI (1023)*
- Fiksna polja (zbog uklapanja sa formatom LAPD frejma)
  - *Unnumbered information indicator (0x48)*
  - *Protocol Discriminator (9)*
  - *Call reference (0)*

5.1 Format LMI frejma (3)

- Tip poruke
  - *status*
  - *status-enquiry*
- Podaci *(Information elements)*
  - *IE type*
  - *IE length*
  - *IE data*

5.1 LMI funkcije

- *Heartbeat* mehanizam (verifikacija rada VC)
- *Multicast* mechanism
- *Global addressing* mehanizam (globalna važnost DLCI-va)
- Kontrola toka
- Statusne poruke za VC

5.1 LMI funkcije: status VC i *heartbeat* mehanizam

- Po startovanju ruter šalje *status inquiry* poruku na FR interfejs
- FR svič odgovara *status* porukom koja sadrži sva konfigurisana virtuelna kola na tom interfejsu
- Periodično, ruter šalje *status inquiry* poruku, na koje FR svič šalje samo promene statusa

5.1 LMI funkcije: *multicasting*

- *Multicasting* omogućava da se FR frejm pošalje na više destinacija koje pripadaju jednoj *multicast* grupi
- Za *multicasting* su odvojeni DLCI od 1019 do 1022

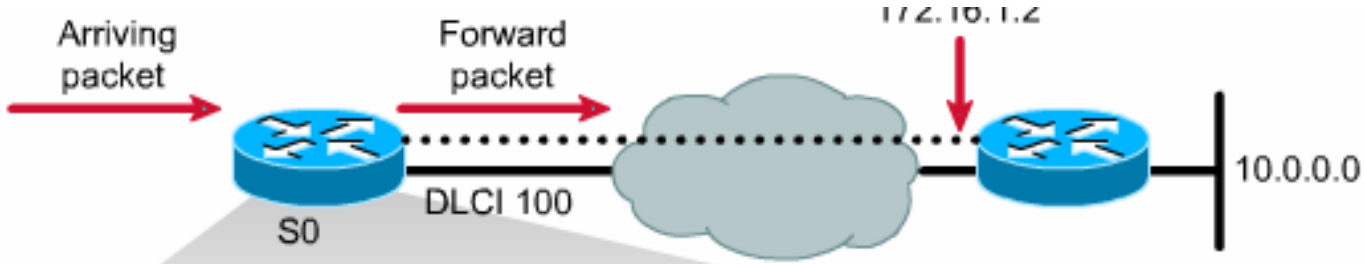
5.1 LMI funkcije: *global addressing*

- Globalno adresiranje omogućava da DLCI dobije važnost na nivou cele FR mreže
  - jedna PVC ima samo jedan DLCI
- Globalno adresiranje omogućava da DLCI postane analogan Layer 2 adresi

5.1 Mapiranje između DLCI i Layer 3 adresa (1)

- Problem: ruter treba da prosledi paket drugom ruteru preko FR mreže – koji PVC/DLCI odgovara IP adresi sledećeg hopa?
- Rešenje: kreiranje FR mape – tabele koja spaja DLCI sa adresama susednih FR rutera
- FR mapa se popunjava statički ili dinamički

5.1 Mapiranje između DLCI i Layer 3 adresa (2)



Routing table

Network	Address of next router	Interface
10.0.0.0	172.16.1.2	S0

Main memory

Frame Relay map

Address of next router	DLCI
172.16.1.2	100

Physical interface

5.1 Mapiranje između DLCI i Layer 3 adresa (3)

- Dinamičko popunjavanje FR mape se izvodi preko Inverznog ARP protokola:
  - prvi ruter šalje *Inverse ARP* zahtev preko svih virtuelnih kola (u zahtevu navodi svoju mrežnu adresu)
  - po dobijanju zahteva svi drugi ruteri šalje *Inverse ARP* odgovor u kome navode svoju mrežnu adresu na virtuelnom kolu preko koga je primljen zahtev

5.2 Frame Relay konfiguracija

- Konfiguracija FR na fizičkom interfejsu
- Konfiguracija FR preko podinterfejsa
- Konfiguracija rutera kao FR sviča

5.2 Konfiguracija FR na fizičkom interfejsu

- Specifikacija Layer 3 adresiranja (`ip adress`)
- Specifikacija Frame Relay enkapsulacije
- Konfiguracija tipa LMI
- Konfiguracija inverznog ARP-a

5.2 Specifikacija Frame Relay enkapsulacije

- Frame Relay enkapsulacija na interfejsu se postavlja komandom `encapsulation frame-relay {[cisco|ietf]}` u *interface configuration* modu
- Opcioni argument predstavlja format FR okvira:
  - ako se PVC pravi sa ne-Cisco ruterom onda je obavezno `ietf`
  - *default je* `cisco` format okvira

5.2 Konfiguracija tipa LMI

- Tip LMI signalizacije se postavlja komandom `frame-relay lmi-type [ansi|cisco|q933a]}` u *interface configuration* modu
- Od verzije 11.2 IOS je u stanju da sam odredi tip LMI *(LMI autosensing)*, tako da ova komanda nije neophodna

5.2 Frame Relay i IP adresiranje

- Postoje nekoliko varijanti IP adresiranja na FR mreži:
  - svi ruteri dostupni preko serijskog FR interfejsa su na istoj IP podmreži
  - svaki PVC je posebna IP podmreža
  - grupa PVC-ova pripada jednoj IP podmreži

5.2 Koncept podinterfejsa

- Podinterfejsi predstavljaju logičke interfejse koji se kreiraju na jednom fizičkom interfejsu
  - svi podinterfejsi imaju istu enkapsulaciju, koju nasleđuju od fizičkog interfejsa
  - svaki podinterfejs ima svoju IP adresu, tj. pripada posebnoj IP mreži

5.2 Tipovi podinterfejsa

- *Point-to-point* podinterfejs predstavlja vezu prema drugom ruteru
  - svaki *point-to-point* podinterfejs pripada posebnoj IP mreži
  - *point-to-point* podinterfejs se mora posebnom komandom povezati sa PVC DLCI-em
- *Multipoint* podinterfejs predstavlja vezu prema grupi rutera

5.2 Konfiguracija FR preko podinterfejsa

- Konfiguracija fizičkog interfejsa (`interface serial <broj>`)
  - specifikacija Frame Relay enkapsulacije (`encapsulation frame-relay`)
- Konfiguracija podinterfejsa (`interface serial <broj>/<broj podinterfejsa> [point-to-point|multipoint]`)
  - specifikacija Layer 3 adresiranja (`ip adress`)
  - povezivanje podinterfejsa sa DLCI

5.2 Povezivanje podinterfejsa sa DLCI

- Podinterfejs se povezuje sa PVC-om pomoću `frame-relay interface-dlci <dlci>` u *subinterface configuration* modu

5.2 Konfiguracija inverznog ARP-a

- Inverzni ARP je podrazumevano uključen na fizičkom interfejsu i *multipoint* podinterfejsu
  - na *point-to-point* podinterfejsu inverzni ARP se ne koristi jer za tim nema potrebe
- Inverzni ARP se isključuje komandom `no frame-relay inverse-arp`

5.2 Konfiguracija statičkog FR mapiranja

- Statički ulaz u tabeli FR mapiranja se definiše komandom `frame-relay map` u *interface configuration* modu
- Format (za IP):
  - `frame-relay map ip <IP adresa> <DLCI> [broadcast]`

5.2 Konfiguracija rutera kao FR sviča

- Konfiguracija FR svičinga
- Specifikacija Frame Relay enkapsulacije (`encpsulation frame-relay`)
- Konfiguracija DCE FR interfejsa
- Konfiguracija statičkog ulaza u FR svičing tabeli

5.2 Konfiguracija FR svičinga

- FR svičing se uključuje komandom `frame-relay switching` u global *configuration* modu

5.2 Konfiguracija DCE FR interfejsa

- Serijski FR interfejs se postavlja u DCE mod komandom `frame-relay intf-type dce` u *interface configuration* modu

5.2 Konfiguracija statičkog ulaza u FR svičing tabeli

- Statički ulaz u FR svičing tabeli se postavlja u komandom `frame-relay route` u *interface configuration* modu
- Format:
  - `frame-relay route <ulazni DLCI> interface <naziv interfejsa> <odlazni DLCI>`

5.2 Pregled FR statusa

- `show interfaces serial`
  - prikazuje *multicast* DLCI, LMI DLCI
- `show frame-relay pvc`
  - prikazuje status svih PVC-ova
- `show frame-relay map`
  - prikaz FR mape
- `show frame-relay lmi`
  - LMI statistika (broj primljenih/poslatih LMI frejmova)

5.2 Prikazivanje statusa PVC-ova (primer)

```
cisco-bgp#show frame-relay pvc

PVC Statistics for interface Serial1/0 (Frame Relay DTE)

              Active     Inactive      Deleted       Static
  Local          1            0            0            0
  Switched       0            0            0            0
  Unused         0            0            0            0

DLCI = 101, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial1/0.2

  input pkts 141974838     output pkts 74049172     in bytes 256327565
  out bytes 2953633141     dropped pkts 0           in pkts dropped 0
  out pkts dropped 0                out bytes dropped 0
  in FECN pkts 4610        in BECN pkts 638         out FECN pkts 0
  out BECN pkts 0          in DE pkts 14580830      out DE pkts 0
  out bcast pkts 59171     out bcast bytes 18343010
  5 minute input rate 43000 bits/sec, 24 packets/sec
  5 minute output rate 49000 bits/sec, 8 packets/sec
  pvc create time 5w6d, last time pvc status changed 6d03h
```

5.2 Status PVC-ova

- ACTIVE
  - PVC je u ispravnom stanju i može da prenosi frejmove
- INACTIVE
  - PVC je konfigurisan na lokalnom sviču ali nije aktivan (problem u udaljenoj strani)
- DELETED
  - PVC nije konfigurisan na lokalnom sviču
- STATIC
  - LMI nije konfigurisan

5.2 Korišćenje PVC-ova

- SWITCHED
  - uređaj se ponaša kao DCE (FR svič) za dati PVC
- LOCAL
  - uređaj se ponaša kao DTE (ruter) za dati PVC
- UNUSED
  - PVC nije definisan na ruteru

5.2 FR *troubleshooting*

- `debug frame-relay lmi`
  - prikazuje primljene i poslate LMI poruke
  - primljene poruke mogu biti tipa 0 (kompletna poruka) ili tipa 1
  - poruka tipa 0 sadrži oglašavanje svih konfigurisanih PVC-ova sa njihovim statusom:
    - 0x0 - INACTIVE
    - 0x2 – ACTIVE
    - 0x4 – DELETED

5.2 Prikazivanje LMI poruka (primer)

```
cisco-bgp#debug frame-relay lmi
Frame Relay LMI debugging is on
Displaying all Frame Relay LMI data
Jun 21 13:04:06: Serial1/0(out): StEnq, myseq 4, yourseen 6, DTE up
Jun 21 13:04:06: datagramstart = 0x7DFAB14, datagramsize = 14
Jun 21 13:04:06: FR encap = 0x00010308
Jun 21 13:04:06: 00 75 95 01 01 01 03 02 04 06
Jun 21 13:04:06:
Jun 21 13:04:06: Serial1/0(in): Status, myseq 4, pak size 14
Jun 21 13:04:06: RT IE 1, length 1, type 1
Jun 21 13:04:06: KA IE 3, length 2, yourseq 7 , myseq 4
Jun 21 13:04:16: Serial1/0(out): StEnq, myseq 5, yourseen 7, DTE up
Jun 21 13:04:16: datagramstart = 0x7A00FD4, datagramsize = 14
Jun 21 13:04:16: FR encap = 0x00010308
Jun 21 13:04:16: 00 75 95 01 01 00 03 02 05 07
Jun 21 13:04:16:
Jun 21 13:04:16: Serial1/0(in): Status, myseq 5, pak size 34
Jun 21 13:04:16: RT IE 1, length 1, type 0
Jun 21 13:04:16: KA IE 3, length 2, yourseq 8 , myseq 5
Jun 21 13:04:16: PVC IE 0x7 , length 0x3 , dlci 101, status 0x2
Jun 21 13:04:16: PVC IE 0x7 , length 0x3 , dlci 102, status 0x2
Jun 21 13:04:16: PVC IE 0x7 , length 0x3 , dlci 103, status 0x2
Jun 21 13:04:16: PVC IE 0x7 , length 0x3 , dlci 104, status 0x0
Jun 21 13:04:26: Serial1/0(out): StEnq, myseq 6, yourseen 8, DTE up
Jun 21 13:04:26: datagramstart = 0x7A01254, datagramsize = 14
Jun 21 13:04:26: FR encap = 0x00010308
Jun 21 13:04:26: 00 75 95 01 01 01 03 02 06 08
Jun 21 13:04:26:
```

Sadržaj poglavlja

- 6.1 Radne stanice i serveri
- 6.2 Upravljanje mrežom

6.1 Radna stanica

- Klijentski računar koji izvršava aplikacije
  - procesiranje teksta
  - tabelarna proračunavanja
- Pristupa mrežnim resursima na transparentni način pomoću *network shell* softvera:
  - presreće zahtev sa resursom (fajl, štampač);
  - određuje da li je reč o lokalnom resursu ili ne;
  - ukoliko je reč u resursu koji nije lokalni, pristupa mu preko određenog protokola
- *Diskless* radne stanice nemaju disk, već dobijaju operativni sistem od mrežnog servera

6.1 Operativni sistem na radnim stanicama

- Microsoft Windows
  - XP, Windows 2000, Windows NT (i klijent i server)
  - Windows 98, Windows ME (samo klijent)
- Unix
  - za specifične funkcije:
    - CAD
    - dizajn električnih kola
    - kompjuterska animacija
    - upravljanje mreže

6.1 Server

- Računar kome pristupaju klijenti za pristup resursima
  - aplikacije
  - fajlovi
  - štampači i sl.
- Na serveru se instalira mrežni operativni sistem *(Network Operating System - NOS)*
- Tipično sa moćnijim hardverom nego klijenti

6.1 Klijent-server model

- Većina operativnih sistema i protokola (WWW, FTP i sl.) je napravljena u klijent-server modelu:
  - na serveru se nalazi *daemon* aplikacija kojoj pristupaju klijenti
  - radnim stanicama se nalaze klijentske aplikacije koje kontaktiraju server i prikazuju tražene podatke

6.1 Mrežni operativni sistem (Network Operating System – NOS)

- Operativni sistem na serverima
- Predviđen za pristup velikog broja korisnika i izvršavanje više procesa konkurentno *(multitasking)*
- Glavne karaktristike:
  - performanse
  - nadgledanje i upravljanje
  - bezbednost
  - skalabilnost
  - robusnost

6.1 Popularni mrežni operativni sistemi

Novell	UNIX	Windows	Linux
Netware	HP-UX	NT	Red Hat
IntraNetWare	Sun Solaris	Server 2000	Caldera
GroupWise	BSD	.NET Server	SuSE
	SCO	Server 2003	Debian
	AIX		Slackware

6.1 Microsoft Windows (1)

- Windows NT 4.0
  - klijent i server verzije
  - svaki proces se izvršava u zasebnom okruženju (virtuelna mašina)
  - pojam domena:
    - svaki domen sadrži jedinstvenu tabelu korisnika (SAM) i resursa
    - SAM se čuva na dva domenska servera (primarni i *backup*)

6.1 Microsoft Windows (2)

- Windows 2000
  - verzije *Professional* (može biti i mini server, do 10 konekcija), *Server* i *Advanced Server*
  - *plug-and-play* tehnologija
  - podrška za enkripciju fajlova
  - pojam Aktivnog direktorijuma (server)
    - centralizovano mesto podataka o korisnicima, grupama, mrežnim resursima, bezbednosnim servisima
- Windows .NET server
  - Server verzija zasnovana na Windows 2000 Serveru
  - Podrška za XML Web servise

6.1 Unix

- Istorijat
  - 1969. počet razvoj u Bell Laboratories
  - u 70-im razvijan i na univerzitetima (University of California Berkeley)
  - tokom 80-ih se pojavljuju i komercijalne varijante:
    - Hewlett Packard UNIX (HP-UX)
    - Berkeley Software Design, Inc. (BSD UNIX
    - Santa Cruz Operation (SCO) UNIX
    - Sun Solaris
    - IBM UNIX (AIX)

6.1 Solaris/SunOS

- Proizvod firme Sun Microsystems
  - SunOS je osnovni operativni sistem je SunOS
  - Solaris je celokupno okruženje
- 64-bitni operativni sistem
- Najkorišćenija verzija Unix-a u velikim mrežama i Internet sajtovima

6.1 Linux (1)

- Kreiran 1991. godine od strane Linusa Torvaldsa kao Unix za Intel 80386 procesor
- *Open-source*
- Distribucije Linux-a:
  - Red Hat Linux
  - OpenLinux
  - Corel Linux
  - Slackware
  - Debian GNU/Linux
  - SuSE Linux
  - ...

6.1 Linux (2)

- Prednosti:
  - pravi 32-bitni operativni sistem
  - podrška za *preemptive* multitasking i virtuelnu memoriju
  - otvoren kod za poboljšanja

6.1 Apple Macintosh

- Porizvod firme Apple (hardver i operativni sistem)
- Popularan u obrazovnom okruženju, u grafičkom dizajnu
- Operativni sistem je Mac OS X 10 (Apple System 10)
  - Kernel deo (Darwin)
    - zasnovan na Unix-u
  - GUI deo (Aqua)
    - kombinacija Microsoft Windows XP i Linux X Windows okruženja

6.1 Najčešći mrežni servisi

Service	TCP/IP Protocol
World WIde Web	HTTP
File Transfer	FTP, TFTP
File Sharing	NFS
Internet Mail	SMTP, POP3, IMAP
Remote Administration	Telnet
Directory Services (Internet)	DNS, LDAP
Automatic Network Address Configuration	DHCP
Network Administration	SNMP

6.2 Nadzor i upravljanje mrežom

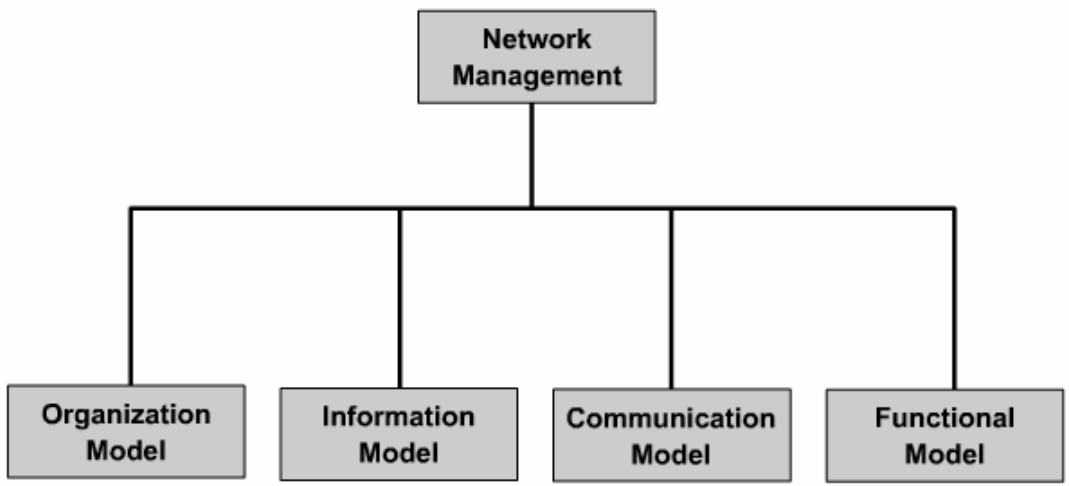
- Kako mreže postaju sve kompleksnije, njihovo održavanje postaje sve komplikovanije
  - ne samo održavanje mrežne infrastrukture već i mrežnih servisa
- U jednom trenutku, postaje nephodno uvođenje posebnih alata za upravljanje mrežom

6.2 Zadaci u nadzoru i upravljanju mreže

- Nadzor dostupnosti mreže *(Monitoring network availability)*
- Poboljšana automatizacija *(Improved automation)*
- Nadzor vremena odgovora *(Monitoring response time)*
- Bezbednost *(Security features)*
- Prerutiranje saobraćaja *(Traffic rerouting)*
- Mogućnost oporavka *(Restoration capability)*
- Registracija korisnika *(User registration)*

6.2 OSI model upravljanja (1)

- Model upravljanja mrežom donesen od strane ISO (OSI grupa)
- Sastoji se od četiri podmodela



6.2 OSI model upravljanja (2)

- *Organizational* model
  - komponente sistema (NMS, agent itd.) i njihovi odnosi
- *Informational* model
  - struktura informacija *(Structure of Management Information – SMI)*
- *Communicational* model
  - komunikacija između menadžera i agenta

6.2 OSI model upravljanja (3)

- *Functional* model
  - NMS aplikacije
  - pet funkcionalnosti NMS aplikacija (FCAPS):
    - *Fault*
    - *Configuration*
    - *Accounting*
    - *Performance*
    - *Security*

6.2 Standardi za upravljanje mrežama

- *Simple Network Managemnt Protocol (SNMP)*
  - skup standarda za upravljanje
    - protokol
    - struktura podataka
    - skup objekata
  - standard (v1) od 1989. godine
  - verzija 2c od 1993. godine
- *Common Management Information Protocol (CMIP)*

6.2 Komponente SNMP organizacionog modela (1)

- Stanica za upravljanje *(Management station – NMS)*
  - jedan ili više računara na kojima se nalazi aplikacija za upravljanje *(network monitoring application – NMA)*
  - NMA prima komande od korisnika i prosleđuje ih agentima
- Agent *(Management agent)*
  - komponenta mrežnog uređaja (ruter, svič i sl.) koja komunicira sa NMS
  - odgovara na zahteve NMS, ili joj šalje podatke o nekom događaju *(trap)*

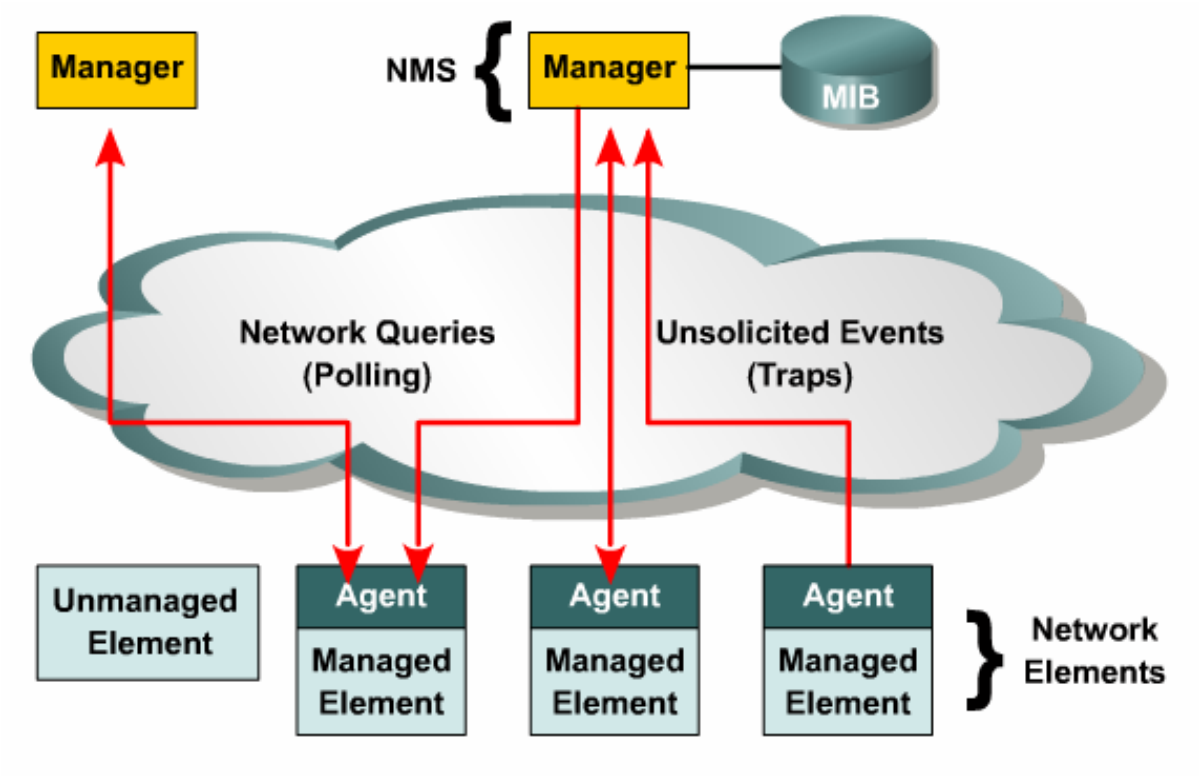
6.2 Komponente SNMP organizacionog modela (2)

- MIB *(Management information base)*
  - standardizovna baza podataka na agentu
  - između ostalog, sadrži:
    - broj i stanje virtulenih kola
    - broj poruka o grešakama određenog tipa
    - broj primljenih/poslatih bajtova i paketa
    - maksimalna veličina reda za čekanje
    - broj primljenih/poslatih *broadcast* paketa
    - status interfejsa *(up, down)*

6.2 Komponente SNMP organizacionog modela (3)

- Protokol za upravljanje *(Network management protocol)*
  - protokol aplikativnog nivoa za komunikaciju između NMS i agenta
  - koristi UDP (port 161 i 162)
  - tipovi poruka:
    - *Get*
    - *Set*
    - *Trap*

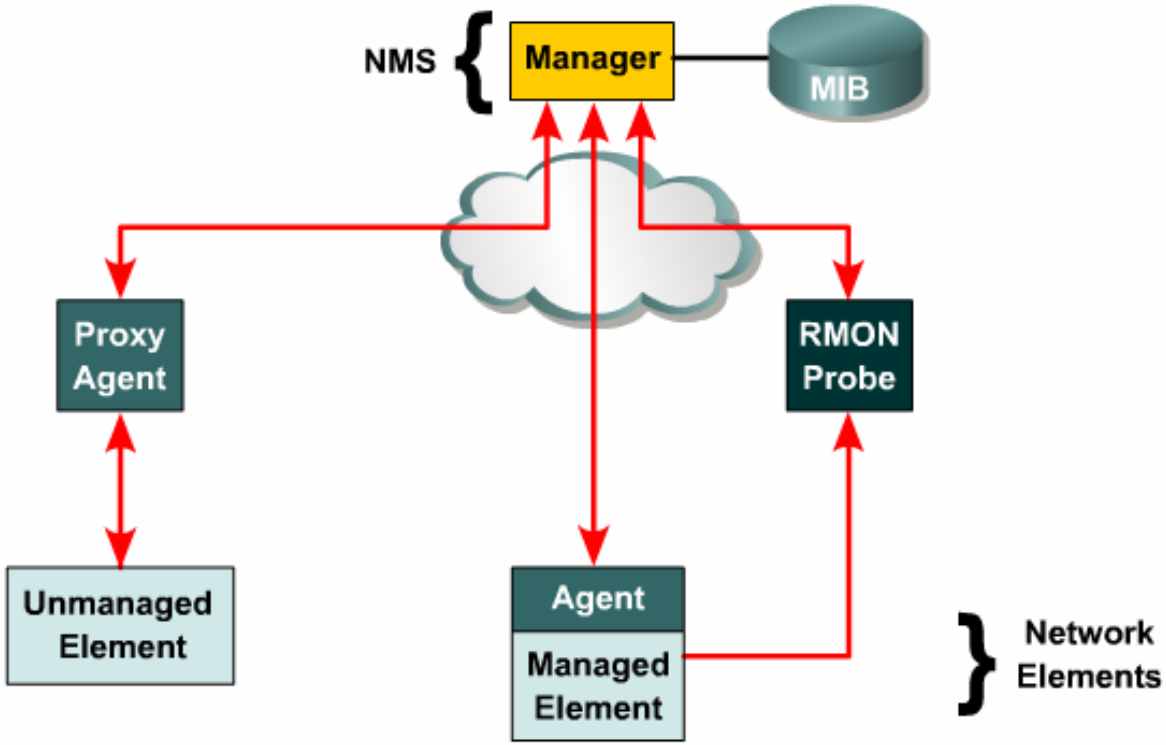
6.2 Komponente SNMP organizacionog modela (4)



6.2 SNMP *Two-tier* i *three-tier* modeli (1)

- Ukoliko uređaj u svom softveru sadrži agenta, NMS ga kontaktira direktno (*Two-tier* model)
- Ukoliko uređaj ne sadrži agenta, potreban je poseban uređaj *(Proxy Agent)* koga NMS kontaktira i koji posebnim komandama upravlja uređajem

6.2 SNMP *three-tier* model



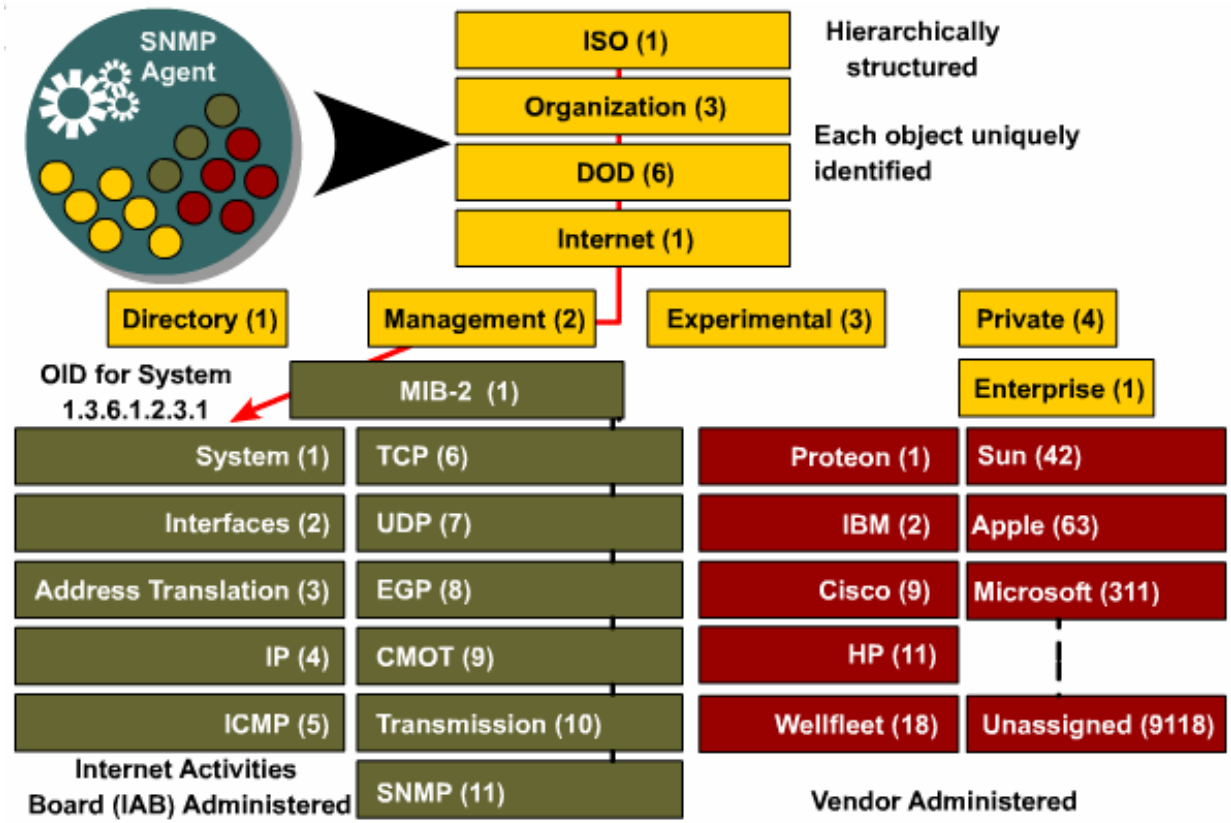
6.2 Centralizovano i distribuirano upravljanje

- Ukoliko postoji samo jedna NMS, upravljanje je centralizovano
- Ukoliko postoji više NMS, upravljanje je distribuirano:
  - glavna NMS i klijentske NMS
    - glavna NMS čuva sve podatke
  - NMS sa podjednakom odgovornošću
    - svaka NMS čuva deo podataka

6.2 SMI

- Struktura MIB se definiše u SMI standardu
  - tipovi podatka
  - imenovanje objekata
  - kodovanje objekata za prenos preko mreže
- Objekti u MIB-u se imenuju prema hijerarhijskoj strukuri
- Naziv objekta se opisuju u ASN.1 notaciji

6.2 ASN.1 stablo objekata



6.2 MIB

- MIB-ovi mogu biti standardizovani ili *proprietary:*
  - svaki uređaj treba da podržava standardizovane MIB-ove
  - ukoliko uređaj nudi funkcionalnosti koje nisu pokrivene standardizovanim MIB-ovima, njima se može upravljati preko *proprietary* MIB-ova
- Standardizovani MIBovi
  - MIB I
    - najvažniji objekti za *fault* i *configuration* upravljanje
    - 114 objekata
  - MIB II
    - 185 objekata

6.2 SNMPv1 poruke

- Zahtevi od NMS prema agentu se šalju u tri tipa poruke:
  - *GetRequest*
  - *GetNextRequest*
  - *SetRequest*
- Na svaki zahtev agent odgovara sa *GetResponse* porukom
- Agent šalje *Trap* poruke NMS-u

6.2 Autentifikacija SNMP poruka (1)

- SNMP v1 i v2c sprovode autentifikaciju preko *community* stringa
  - NMS i agent moraju imati isti *community* string
  - može postojati više *community* stringova, npr jedan za *read-only* i jedan za *read-write* pristup
  - često korišćenji *community* stringovi:
    - *public (read-only)*
    - *private (read-write)*
- SNMPv3 nudi i druge autentifikacione metode

6.2 Autentifikacija SNMP poruka (2)

	Level	Auth	Encryption	What Happens
SNMPv1	noAuthNoPriv	Community String		Uses a community string match for authentication
SNMPv2c	noAuthNoPriv	Community String		Uses a community string match for authentication
SNMPv3	noAuthNoPriv	Username		Uses a username string match for authentication
SNMPv3	authNoPriv	MD5 or SHA		Provides authentication based on HMAC-MD5 or HMAC-SHA algorithms
SNMPv3	authPriv	MD5 or SHA	DES	Adds DES 56-bit encryption in addition to authentication based on DES-56

6.2 SNMPv2

- Poboljšanja u odnosu na SNMPv1:
  - 64-bitni brojači
  - *GetBulkRequest* za prenos više objekata u poruci

6.2 Konfiguracija SNMP agenta

- SNMP agent se uključuje komandom `snmp-server community <string> [ro|rw]` u *global configuration* modu
- Postavljanje SNMP varijable *SysLocation* se izvodi komandom `snmp-server location <string>`
- Postavljanje SNMP varijable *SysContact* se izvodi komandom `snmp-server contact <string>`

6.2 RMON

- MIB koji definiše podatke vezane ne samo za jedan uređaj, već za segment LAN mreže
  - RMON1 za sloj veze
  - RMON2 za slojeve od mrežnog do aplikacionog
- RMON *probe* je uređaj koji skuplja sve okvire na segmentu i pravi bazu podataka koju dostavlja NMS stanici
- Deli sa na 10 grupa:
  - 9 za Eternet
  - 1 za Token Ring

6.2 RMON grupe (1)

- *Statistics*
  - broj paketa, bajtova, grešaka itd. za celu mrežu
- *History*
  - podaci iz *Statistics* grupe za jedan vremenski interval
- *Alarm*
  - slanje upozorenja ako određeni parametar premaši zadati prag *(threshold)*

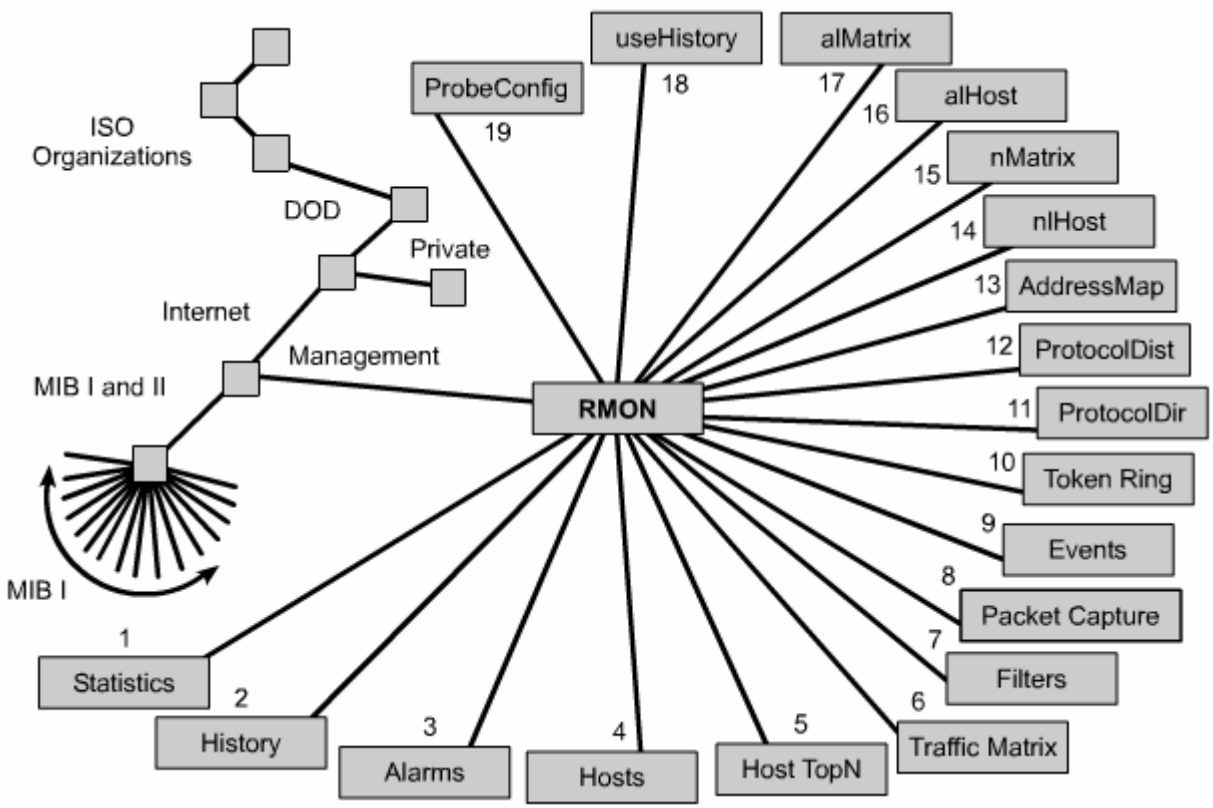
6.2 RMON grupe (2)

- *Host*
  - broj paketa, bajtova, grešaka itd. za svaki uređaj na mreži
- *Host TOPN*
  - tabela hostova koji imaju najvećih N vrednosti nekog parametra na mreži (npr. poslatih frejmova)
- *Matrix*
  - statistika saobraćaja između dva uređaja na mreži

6.2 RMON grupe (3)

- *Filter*
  - uslov koji treba da zadovolje frejmovi da bi ušli u statistiku
- *Packet Capture*
  - frejmovi na mreži u jednom vremenskom intervalu
- *Event*
  - događaji koji su generisani od ostalih RMON grupa
- *Token Ring*
  - specifični brojači za Token Ring mrežu

6.2 RMON u MIB hijerarhiji



6.2 *Syslog* (1)

- Mehanizam za centralizovano čuvanje poruka koje generiše ruter:
  - poruke se po *default-u* ispisuju na konzoli i mogu se prikazivati u Telnet sesiji komandom `terminal monitor`
  - pomoću *syslog-a* ruter može poslati poruku *syslog* serveru
- Baziran na Unix protokolu

6.2 *Syslog* (2)

- Svaka *syslog* poruka sadrži:
  - vreme kada je kreirana *(timestamp)*
  - mesto gde se smešta *(facility)*
  - nivo poruke *(severity)*
  - tekst poruke

6.2 *Syslog* nivoi

Severity level	Description
0	Emergencies
1	Alerts
2	Critical
3	Errors
4	Warnings
5	Notifications
6	Informational
7	Debugging

IOS Syslog Default Level → 6

6.2 Syslog konfiguracija (1)

- Slanje poruka na sva odredišta se uključuje komandom `logging on`
- Slanje poruka na *syslog* server se uključuje `logging <hostname> | <ip address>`

6.2 Syslog konfiguracija (2)

- Najveći nivo poruka koji će se slati *syslog* serveru se postavlja komadom `logging trap <level>`
- Ispis vremena generisanja poruke se podešava komandom `service timestamps log datetime`