

Mrežni uređaji, protokoli i topologije

Sadržaj

* Hronologija razvoja TCP/IP i OSI modela

- Serijska veza dva računara, veza više računara, potreba za adresiranjem

* Mrežni uređaji

- Repeater, Hub, Bridž, Svič, Ruter, Gateway

* Mrežne topologije

- Point-to-point, magistrala, zvezda, proširena zvezda

* Mrežni protokoli

- Protokoli data-link, mrežnog, transportnog i aplikativnog nivoa
- Ethernet, ARP, IP, TCP, UDP

* Arhitekture i topologije savremenih računarskih mreža

- Hierarhijski model
- Enterprise Architecture

Hronologija razvoja TCP/IP i OSI modela

Važni događaji u razvoju mreža

- * 1947. – izmišljen tranzistor
- * 1950. – prvo integrisano kolo
- * 1957. – DARPA postavlja zahteve za ARPAnet
- * 1962. – DoD: koncept decentralizacije računarskih sistema
- * 1969. – ARPAnet implementiran na Stanfordu
- * 1970. – AlohaNet na Havajskim ostrvima
- * 1977. – patentiran Ethernet
- * 1980. – standardizovane 10Mbps Eth. Mreže
- * 1981. – ustanovljen je pojam Interneta
- * 1987. – Internet broji par 10,000 korisnika
- * 1989. – broj računara na Internetu prelazi 100,000
- * 1990. – ARPAnet postaje Internet
- * 1991. – pojava WWW koncepta I web prezentacija
- * 1992. – Internet premašuje 1,000,000 korisnika
- * 2001. – Preko 110,000,000 korisnika Interneta
- * 2009. – 625,000,000 (januara 2009.)
- * 2015. – 80% planete

Osnovna komunikacija

* Za komunikaciju su dovoljna dva sloja:

- 1. sloj, **fizički sloj**, definiše fizičke karakteristike konektora, medijuma za prenos, kodiranje i sl.
- 2. sloj, **data-link sloj**, uvodi semantiku nad podacima

Serijska veza dva računara

* Standardi na fizičkom nivou (1. nivo) definišu:

- Naponske nivoe za predstavljanje logičkih stanja
- Kodiranje
- Tip kabla
- Konektore
- Raspored pinova

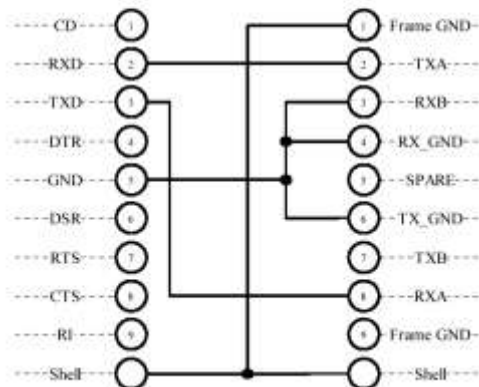
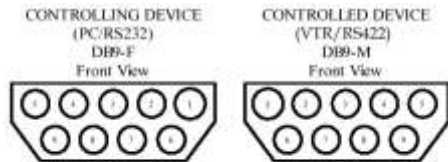
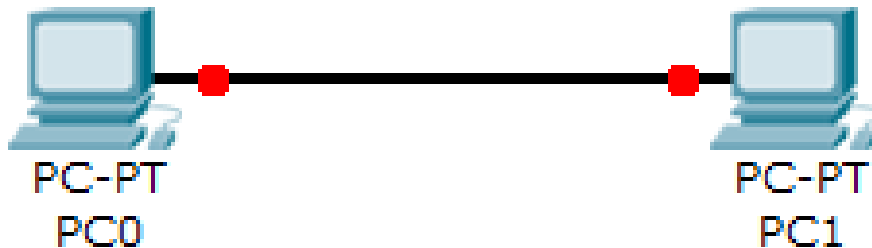
* Poznati standardi za serijsku komunikaciju (Fizički nivo!!!)

- RS-232, RS-449
- HSSI
- X.25
- Smart-serial



Serijska veza dva računara

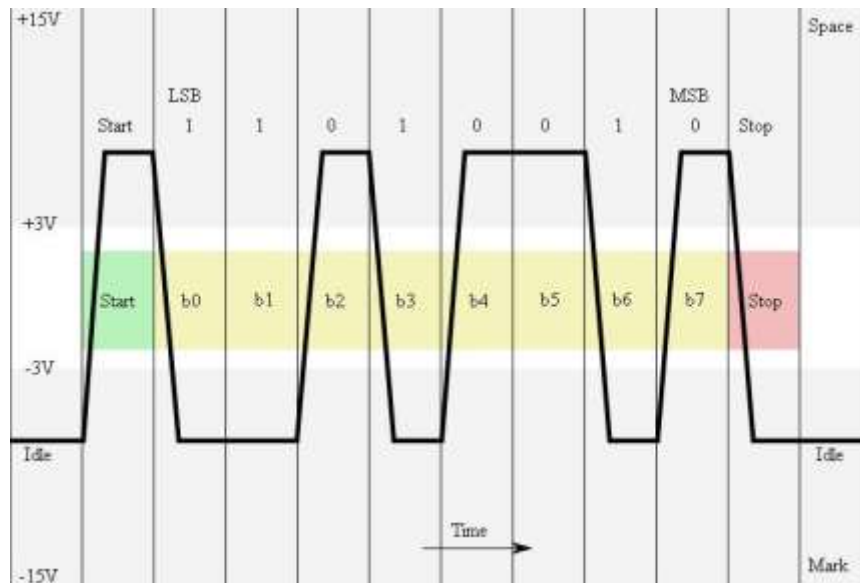
- * Jedan od najpoznatijih standarda fizičkog nivoa je RS-232



Serijska veza dva računara

* Standardi 2. nivo, data-link nivo daju semantiku bitovima

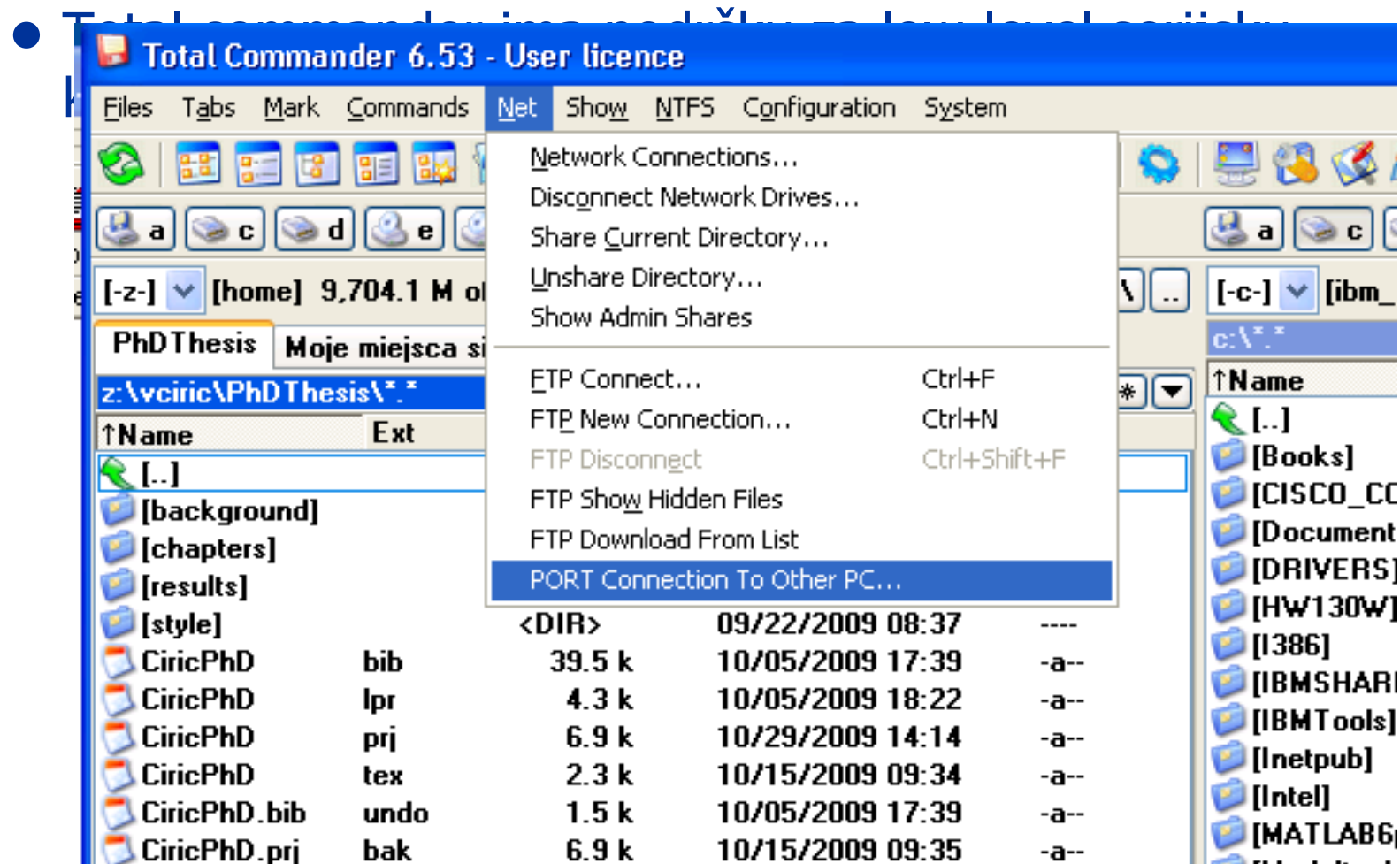
- UART i USART su standardi pogodni za prenos ASCII kodiranih podataka



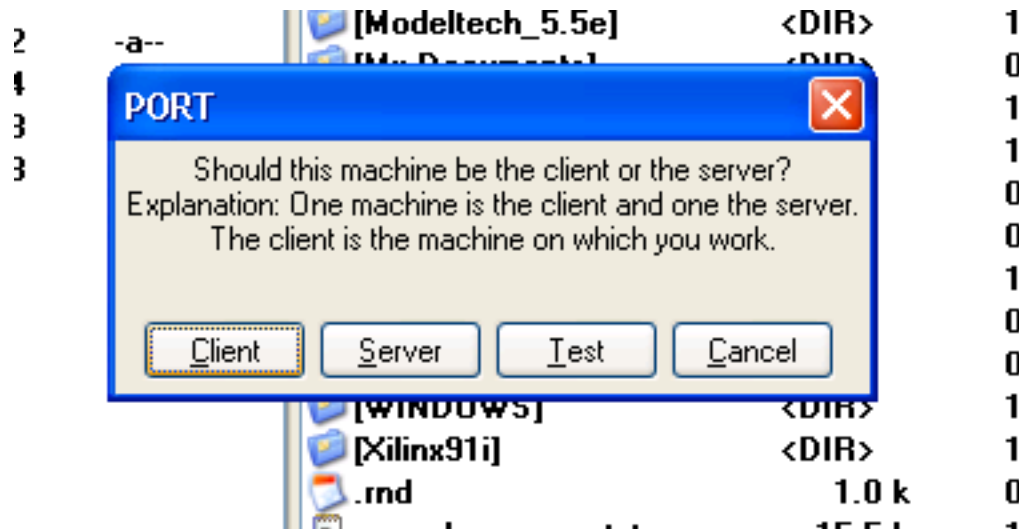
- Neki protokoli 2. nivo:
 - Jednostavni: UART, USART,
 - Napredniji: HDLC, PPP, SLIP, FrameRelay, i dr.

Razmena fajlova preko serijskog kabla

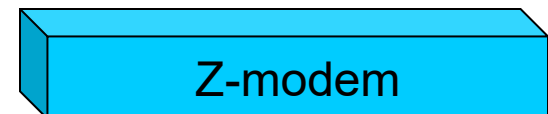
- * Postoje i standardi za razmenu veće količine binarnih podataka, npr. fajlova



Razmena fajlova preko ser. kabla



➤ L2



Z-modem

➤ L1

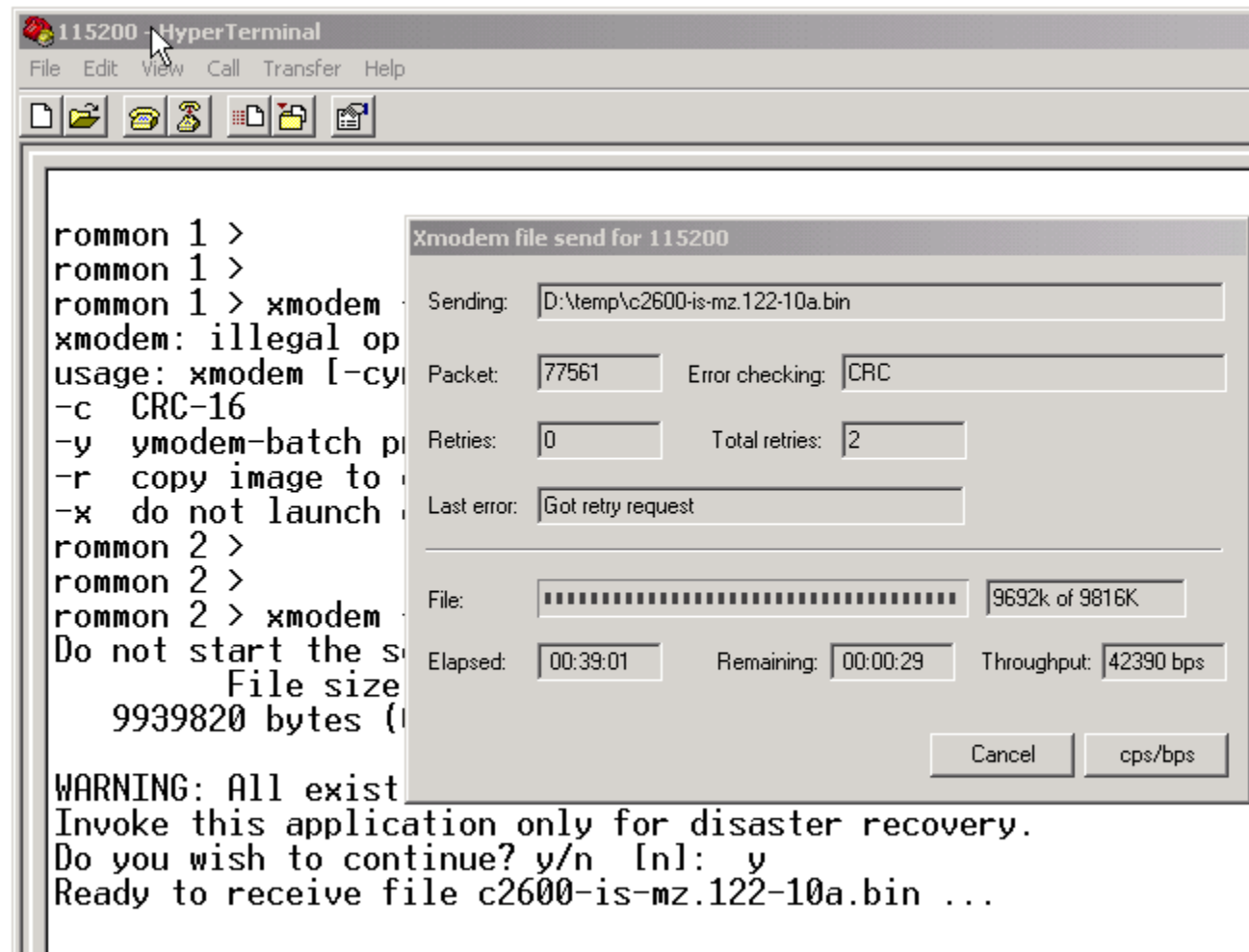


RS 232

Razmena fajlova preko ser. kabla

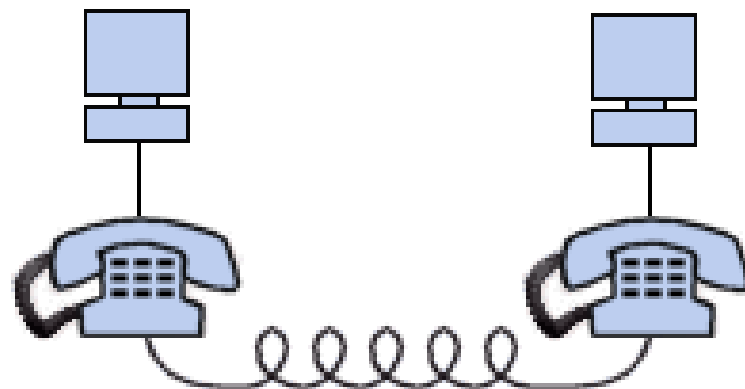
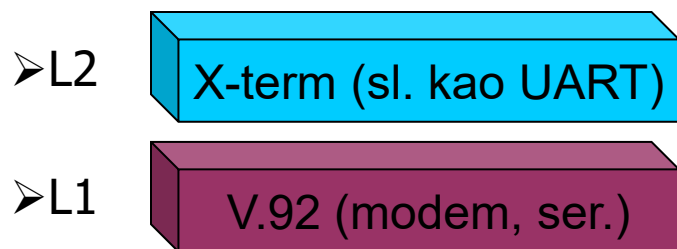
* Protokoli 2. nivoa za slanje fajlova direktno preko serijskog kabla:

- x-modem
- z-modem
- ...

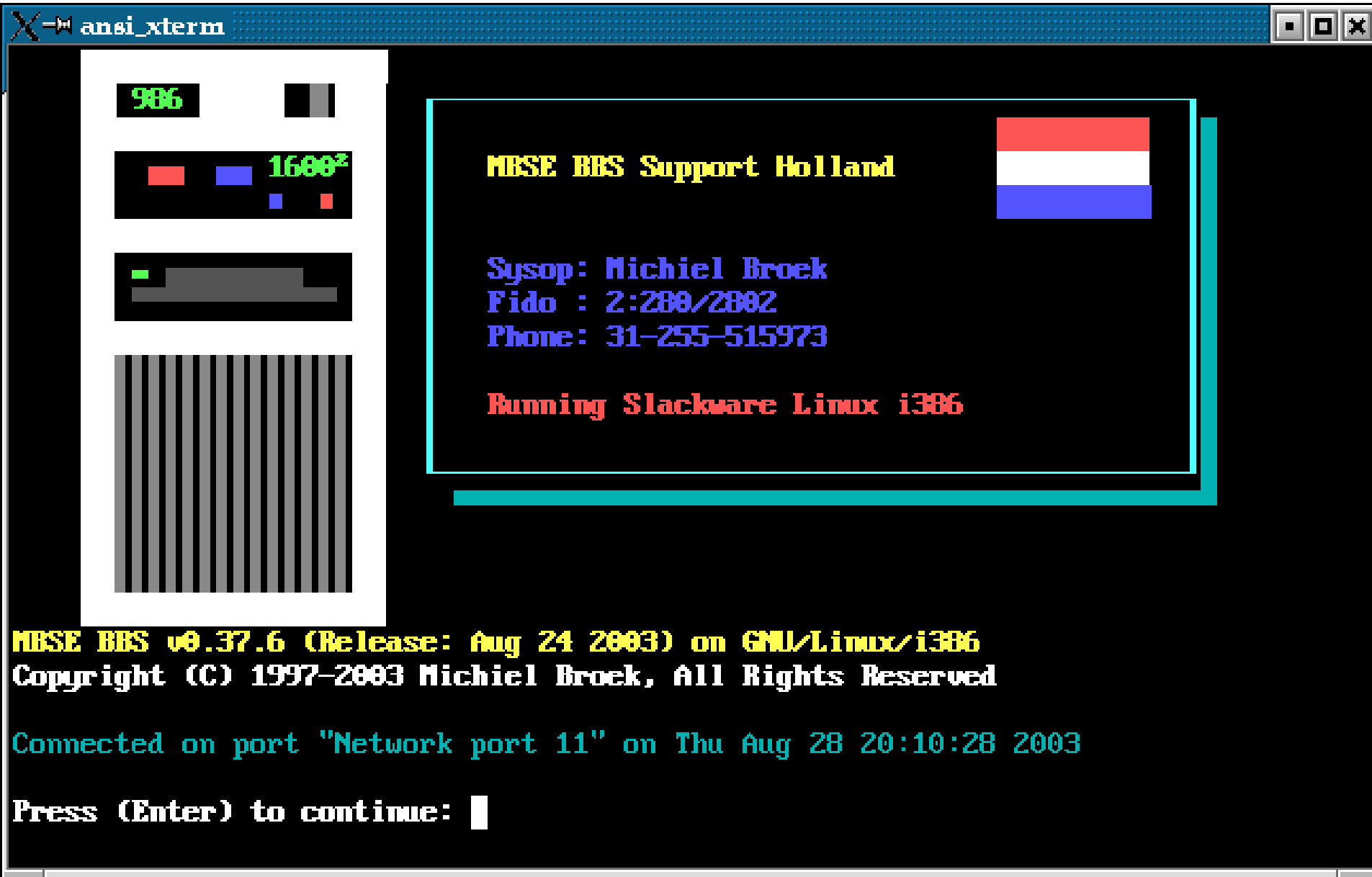


Builton Board System

- * BBS sistemi su sustemi koji su bili popularni pre pojave interneta (80-tih i 90-tih). To su sistemi slični današnjem teletextu.
- * Neophodno je da se korisnik poveže, npr. modemom, direktno na BBS server
 - Neophodan je softver koji podržava modemsku konekciju, kao npr. HyperTerminal, Tera-term, Putty, i dr.
- * Nakon povezivanja server šalje stranu u ASCII formatu, a korisnik bira opcije
- * Izborom stavki menija, na ovaj način bilo je moguće i preuzimati i fajlove. Dolaskom korisnika do fajla BBS je pokretao npr. Z-modem protokol i čekao da i korisnik uradi isto



Builen Board System



Builton Board System

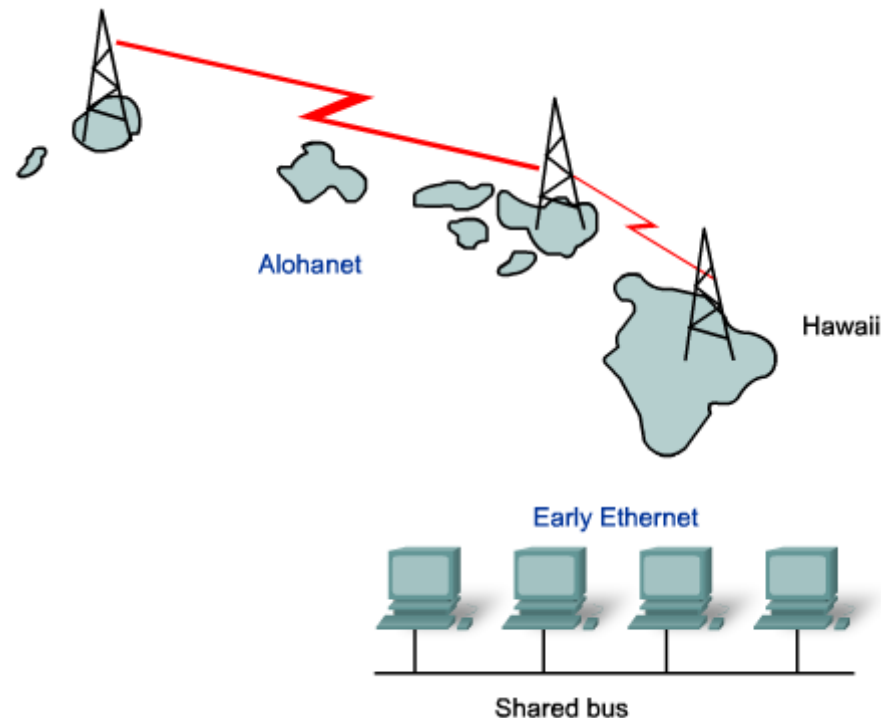
```
X-ansi_xterm [N-Ned] Nieuwe software in Nederland #416
Date      : 26-08-2003 21:47:18 Echomail
From      : Lukas de Groen (2:280/1027)
To        : Iedereen
Subject   : Nieuwe bestanden op www.dreamlandbbs.com
          "+" Next reply: 417  "-" Reply to: 413
System name Dreamland BBS
Sysop      Lukas De Groen (lukas@dreamlandbbs.com)
Location   Dordrecht, The Netherlands
Remark     Dreamland BBS, your great source for files!
Network aka 2:280/1027@fidonet
Internet    http://www.dreamlandbbs.com
Running     MBSE BBS v0.37.2 on Linux-i386

Modem Phone number      Maximum speed      Fidonet Flags
-----
ISDN 31-78-6210372      64 kbits      XA,X75,CM
ISDN 31-78-6212902      64 kbits      XA,X75,CM
Modem 31-78-6210372     33.6 kbits     HST,VFC,U34,U42B,X2,U90,CM,XA
-----

Area ALLFILES - Allfiles listing Dreamland BBS
More (Y/n/=) █
```

Prvi pokušaji za povezivanje više rač.

- * 1970. - AlohaNet na Havajskim ostrvima
- * 1973. – Robert Metcalfe u Xerox-u projektovao Ethernet za vezu računara sa tadašnjim “brzim” štampačem. Zahtevi: brzina, deljenje resursa.

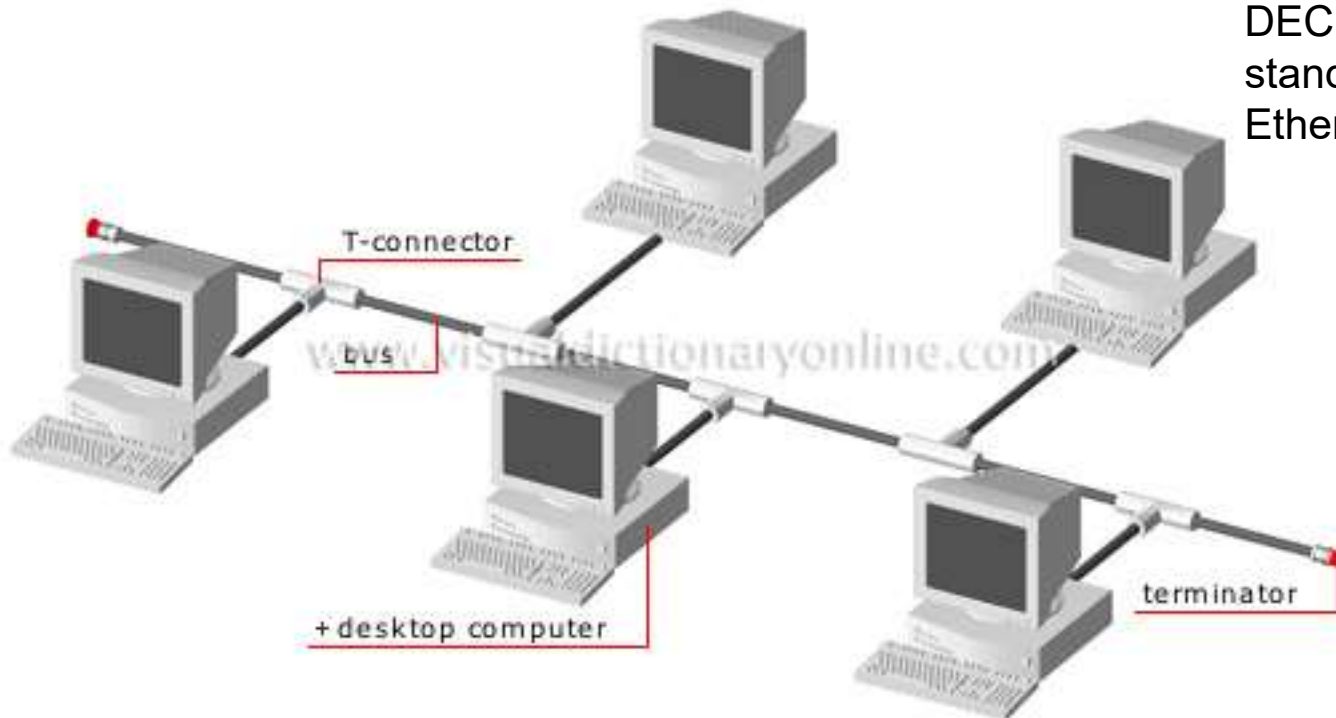


Pristup deljivom medijumu

Ethernet je originalno razvila kompanija **Xerox** 1973-1975.

Ethernet [patent](#) 1977.

DEC, Intel i Xerox 1980. godine standardizovali 10 Mbps Ethernet



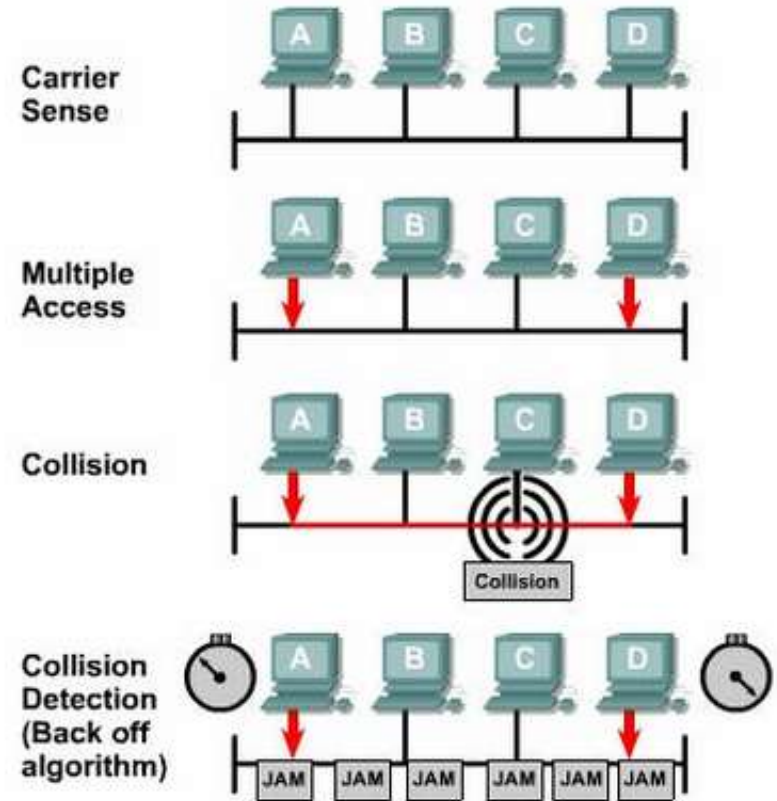
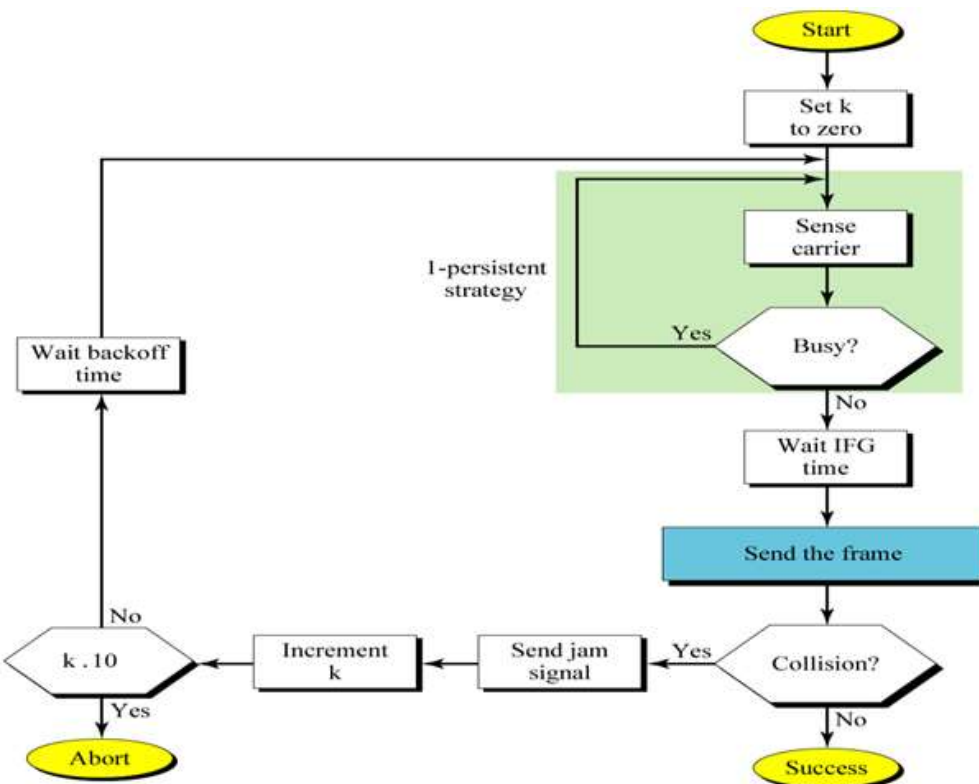
Ethernet

Fizička veza

Prisup deljivom medijumu

* Ethernet

- CSMA/CD algoritam za pristup deljivom medijumu
- Half-duplex veza
- MAC adrese za adresiranje uređaja

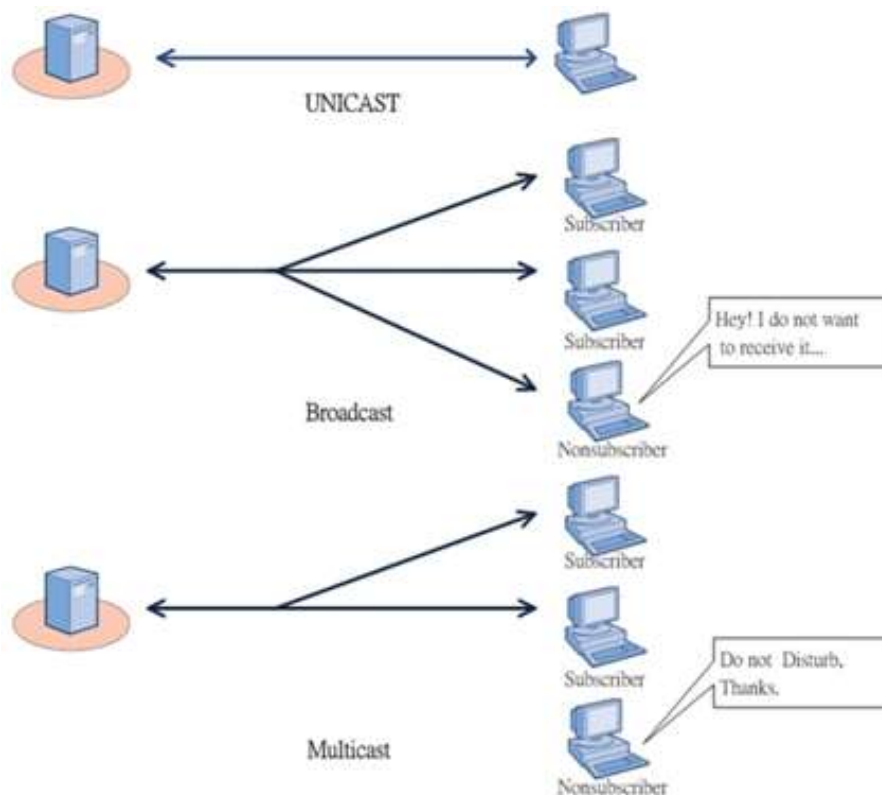


Ethernet frejm

Ethernet Frame							
Preamble	SFD	Destination	Source	Length Type	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 to 1500		4

Tipovi Ethernet frejmova

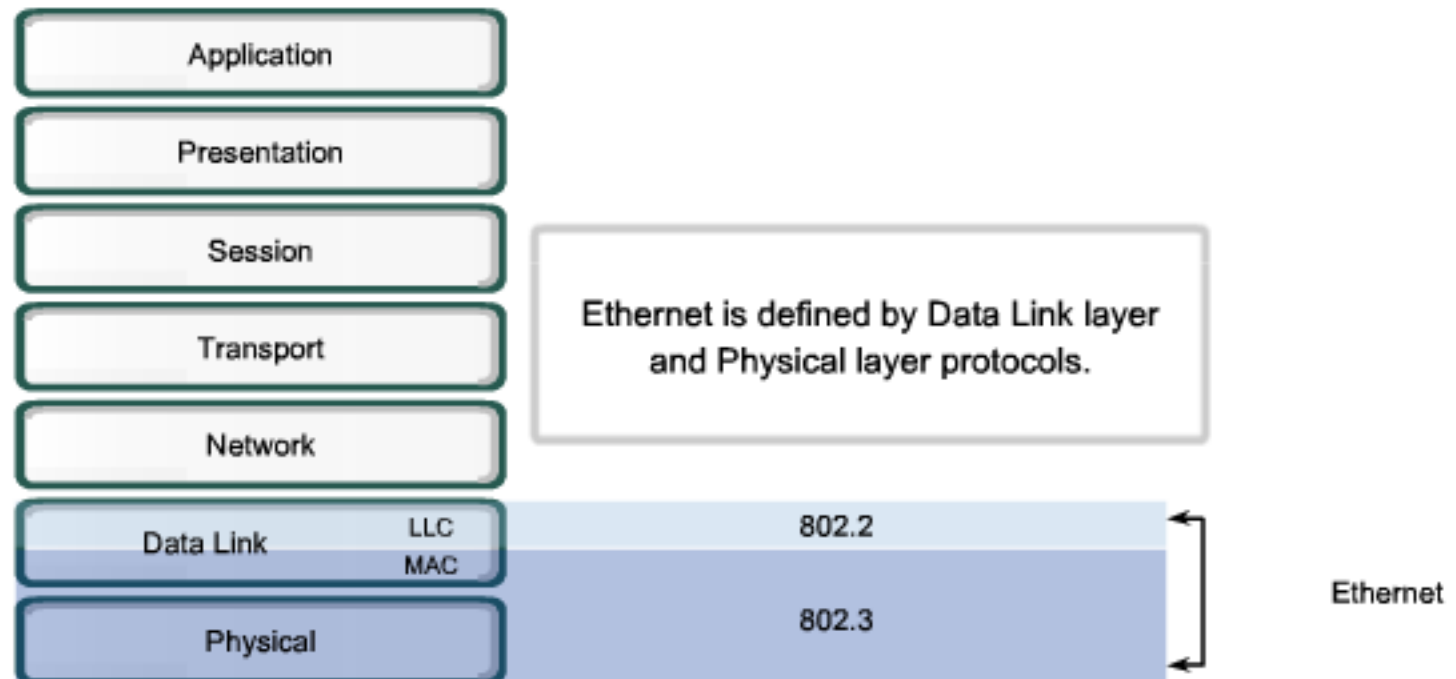
- * Unicast: 48-bit
- * Broadcast: FF-FF-FF-FF-FF-FF
- * Multicast: specijalne adrese koje su rezervisane od strane aplikacija. Npr. 01-00-5E-00-00-0A



Adresiranje hardverskim adresama

Ethernet je rešio dva problema:

1. Pristup zajedničkom medijumu
2. Adresiranje kada na mreži postoji više od dva čvora

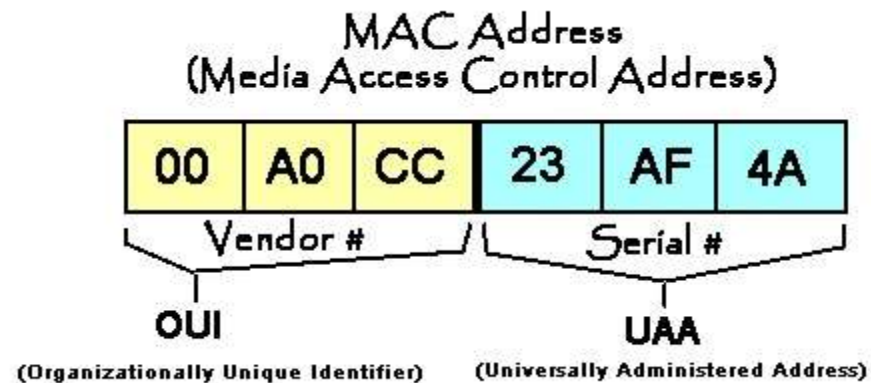


Ethernet standardi

U odnosu na tip kabla, izgled konektora, oblik signala i brzinu prenosa razlikuje se nekoliko standarda:

Logical Link Control Sublayer								
802.3 Media Access Control								
Physical Signaling Sublayer	10BASE5 500m) 50 Ohm Coax N-Style	10BASE2 (185m) 50 Ohm Coax BNC	10BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	100BASE-TX (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-CX (25m) 150 Ohm STP mini-DB-9	1000BASE-T (100m) 100 Ohm UTP RJ-45	1000BASE-ST (220-550m) MM Fiber SC	1000BASE-LX (550-5000m) MM or SM Fiber SC
Physical Medium								

- Da li su MAC adrese jedinstvene?

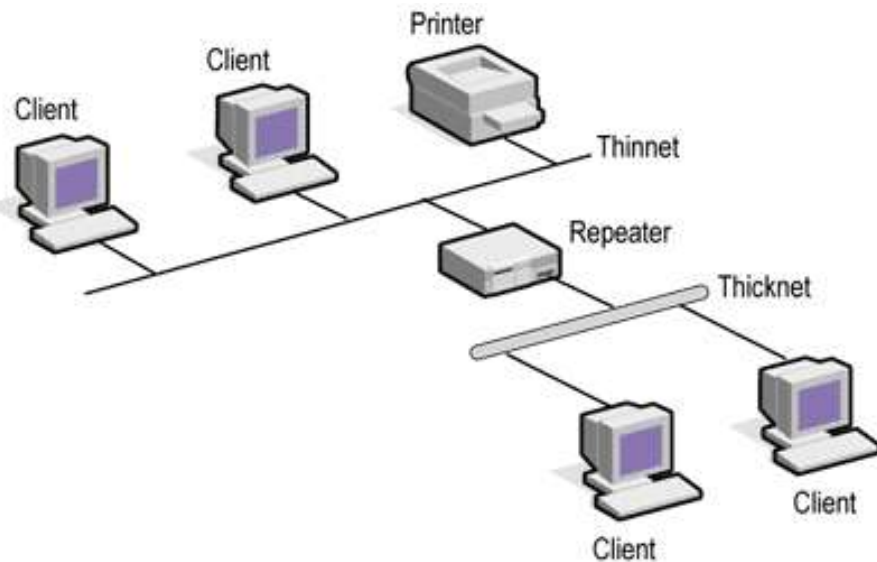


- Zbog čega je onda bilo neophodno uvođenje IP adresa?

Mrežni uređaji

Repeater i hub

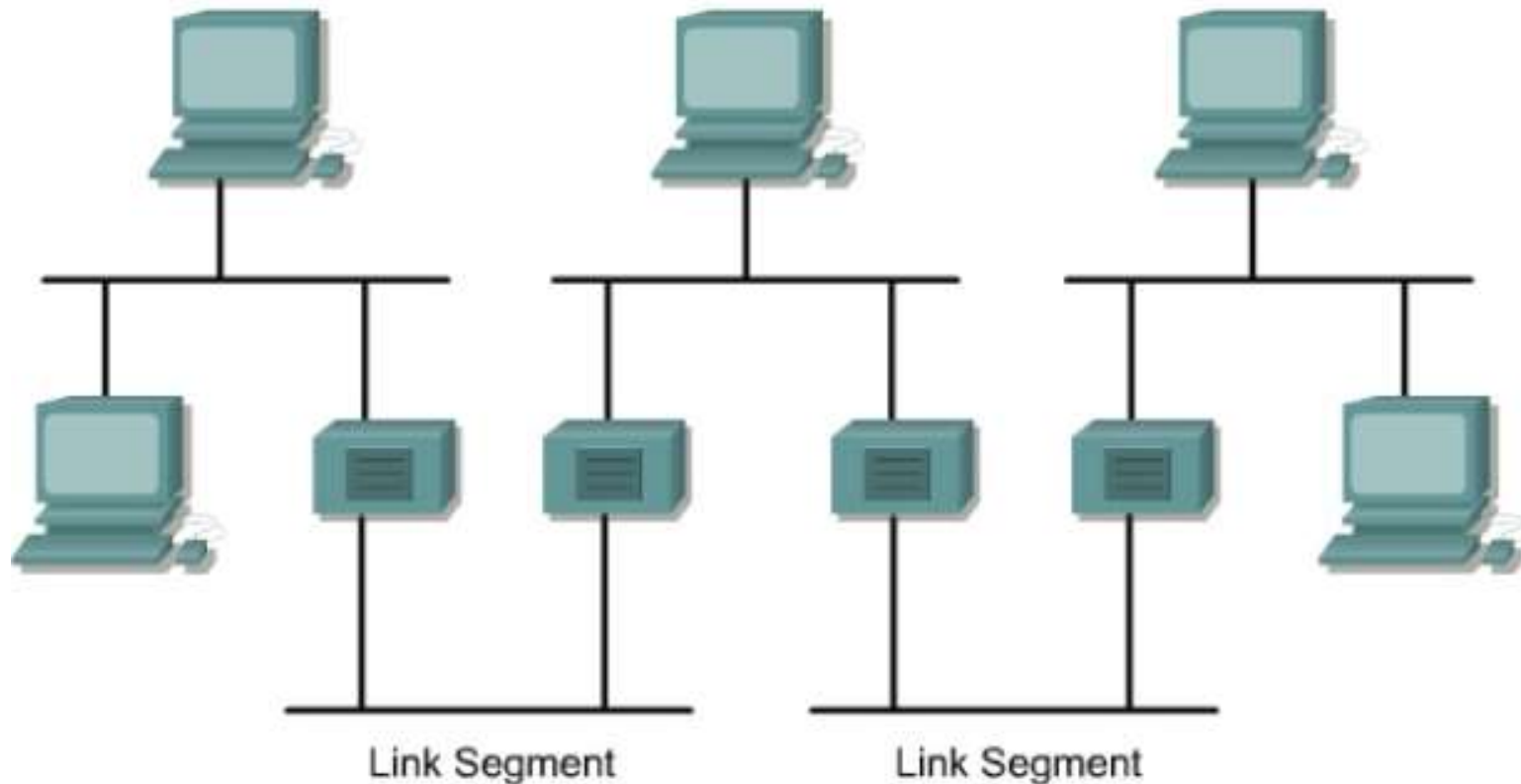
- * Repeater na mreži služi, pojednostavljeno rečeno, za pojačavanje signala kako bi se povećao domet, ili povezale dve mreže u jednu.
- * Hub je tzv. multi-port repeater (repeater sa više portova)
- * Oba uređaja su uređaji 1. nivoa OSI modela jer ne ulaze u semantiku bitova koje pojačavaju



- Potrebe su vremenom rasle.
 - Zahtev je bio povezivanje svih računara na svetu u jedinstvenu mrežu.
-
- Koliko računara je moguće povezati Ethernetom na jednom kolizionom domenu?
 - Kolika je maksimalna preporučena veličina kolizionog domena?

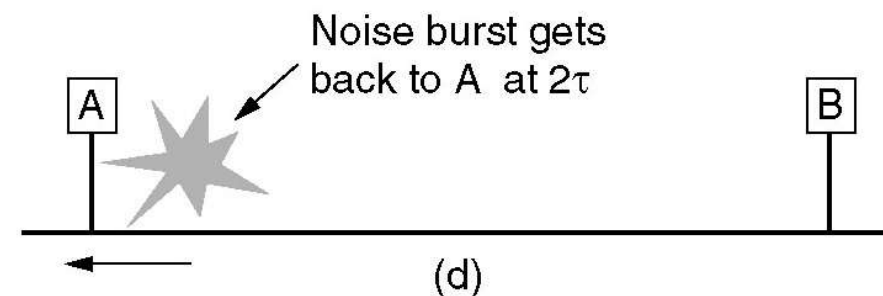
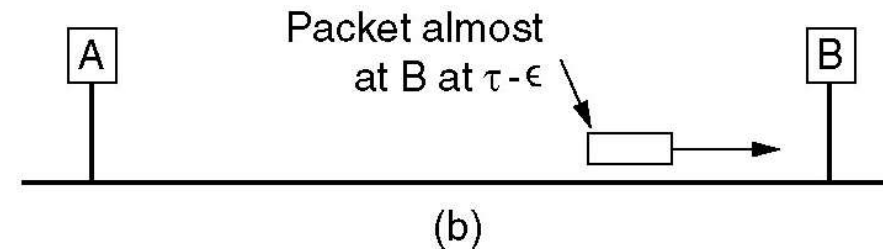
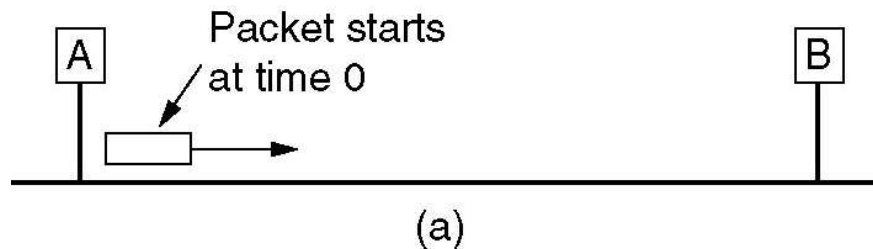
Pravilo 5-4-3-2-1

* 5 mreža, 4 veze, 3 mreže sa računarima, 2 mreže bez računara, 1 kolizijski domen



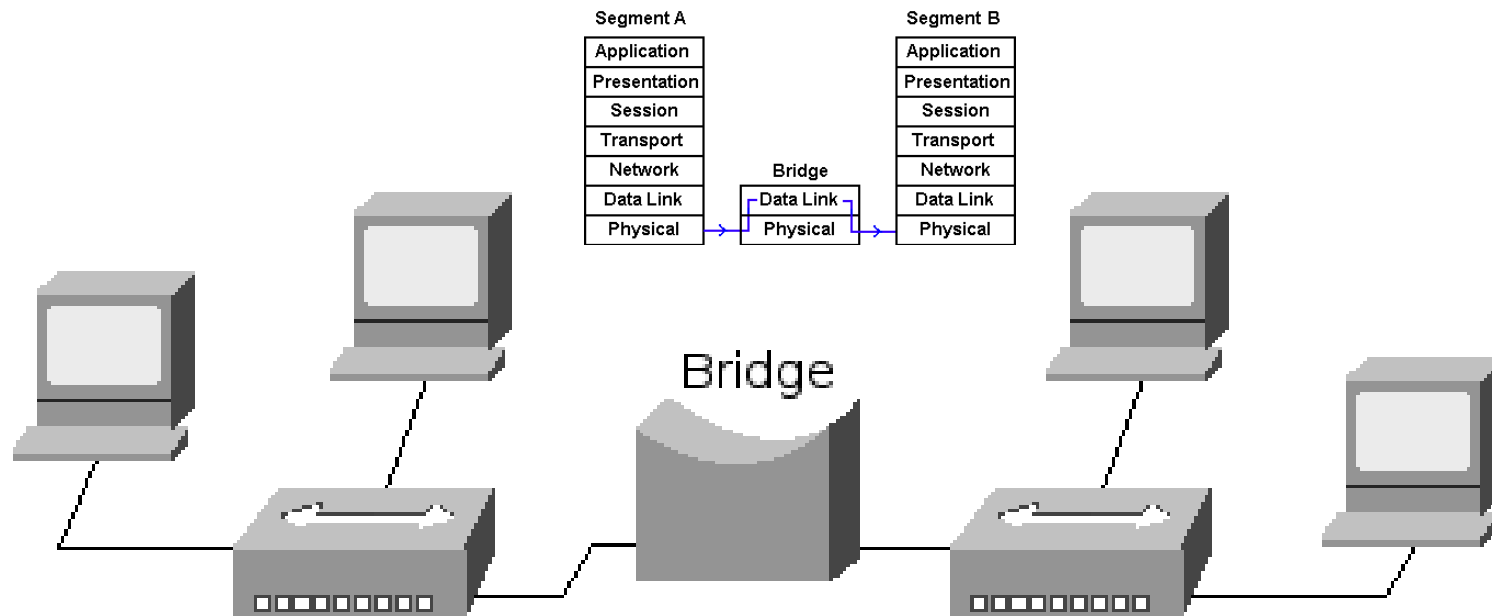
Problem veličine kolizionog domena

- * Učestala kolizija sa većim brojem računara
- * Nemogućnost da se kolizija detektuje ako je rastojanje između računara veće od "dužine" minimalnog frejma, t.j. na slici ako je vreme za koje frejm minimalne dužine napusti računar A manje od $2T$
- * Kolika je minimalna veličina Ethernet frejma koja zadovoljava uslov, ako je brzina mreže 100MBps, a maksimalno rastojanje po jednom segmentu 100m?



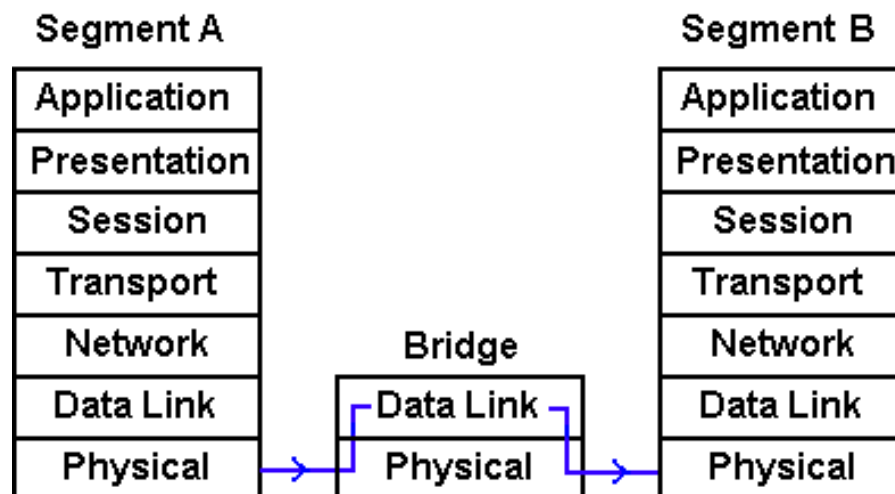
Bridž

- * Pvezivanje dva kolizijska domena i "prebacivanje" frejmova samo ako ima potrebe za tim.
- * Deli kolizijski domen na dva kolizijska domena



Bridž

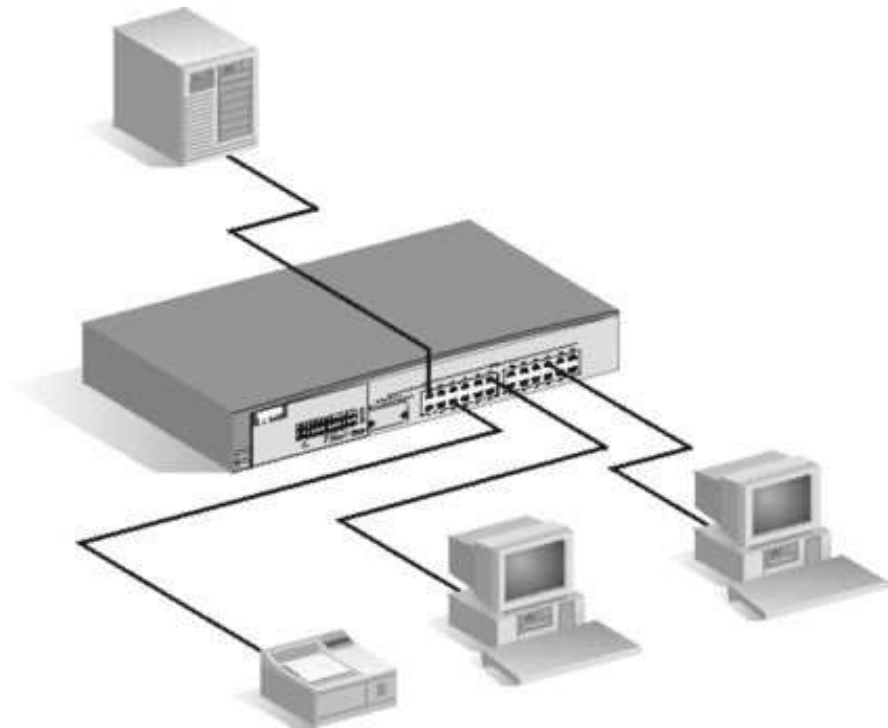
- * Bridž je uređaj 2. nivoa koji "razume" semantiku bitova na kolizionom domenu.
- * U osnovi ima dva interfejsa i sa jednog na drugi prosleđuje frejmove samo ako za tim ima potrebe, t.j. ako je odredišna MAC adresa "na drugoj" strani, u odnosu na stranu sa koga je došao frejm.
- * Bridž uči na osnovu izvornih MAC adresa "sa koje strane" je koji računar.
- * Ukoliko nema informaciju o odredišnom računaru bridž prosleđuje frejm "za svaki slučaj".
- * Bridž prosleđuje u svakom slučaju broadcast frejmove.



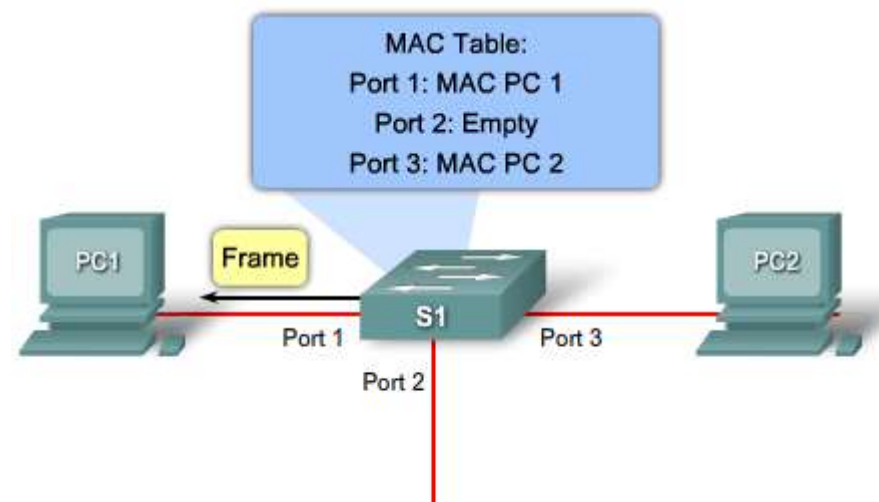
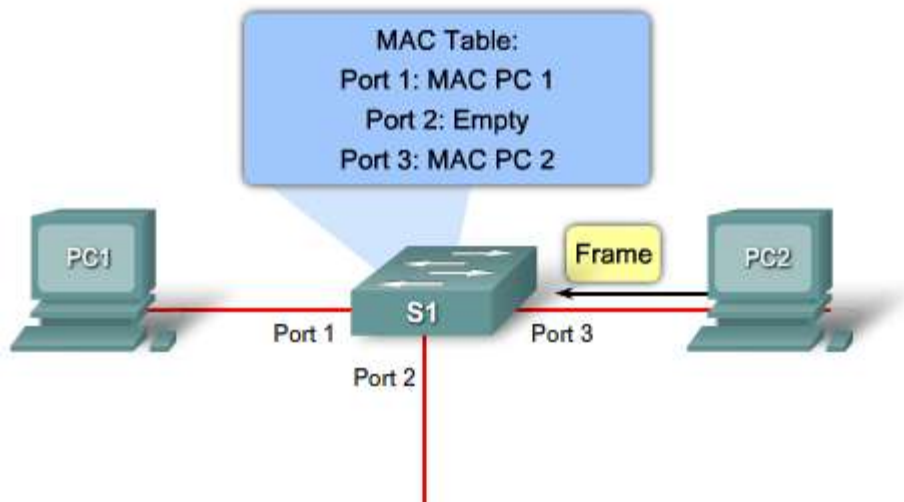
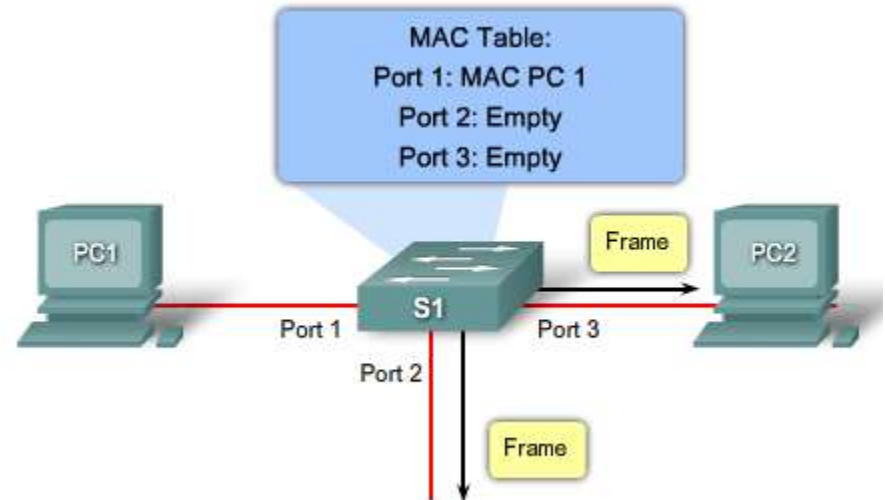
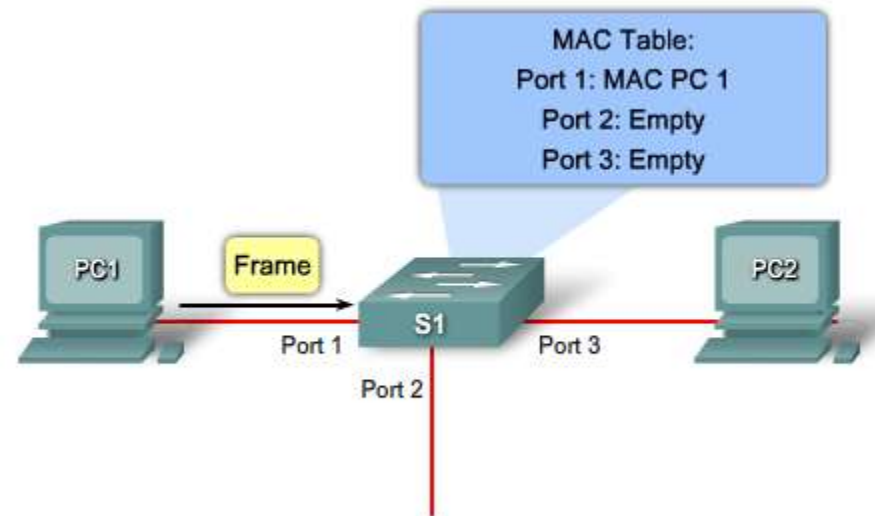
* Svič je multi-port bridž

- Deli kolizijsni domen
- Ne deli brodkast domen

* Uči izvorišne adrese, prosleđuje frejmove na osnovu odredišnih MAC adresa

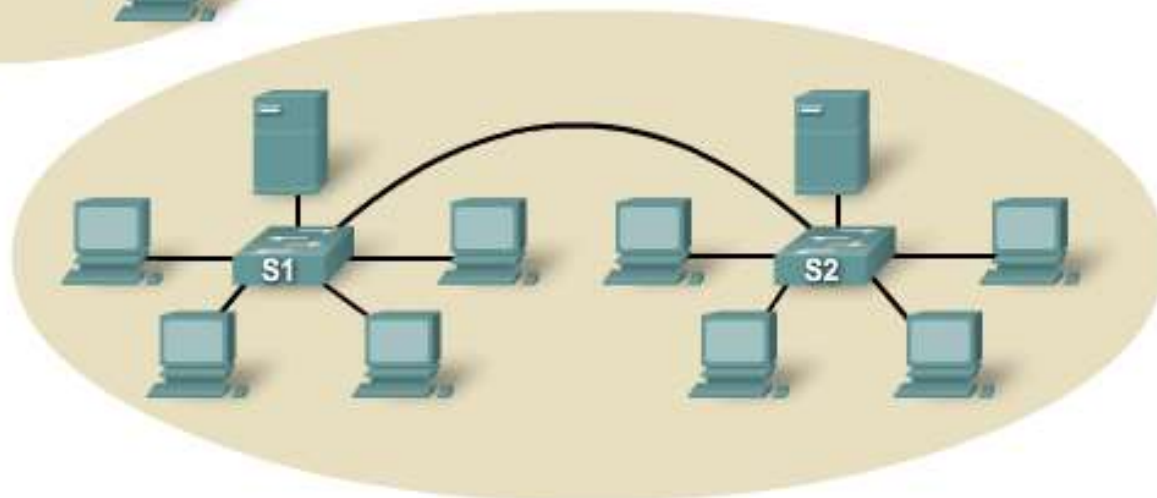
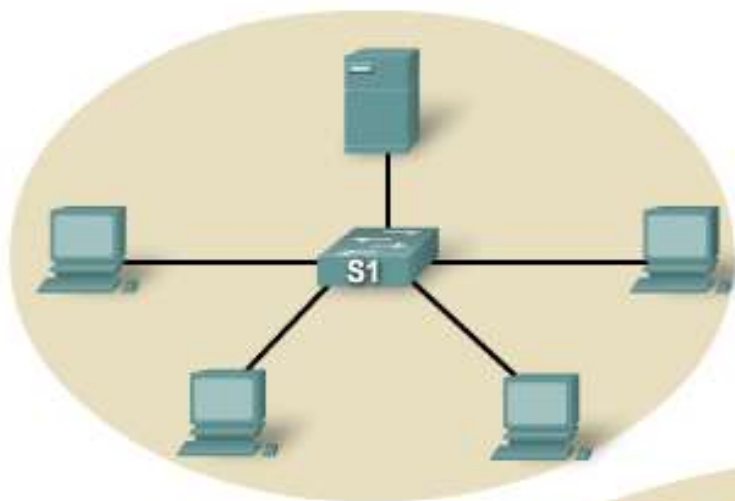


Princip rada



Veza dva sviča

- * Dva povezana sviče čine jedan brotkast domen
- * Razlog: brotkast frejm sa jednog računara će biti prosleđen svim računarima na svim svičevima



➤ Da li je "sve računare na svetu" (teoretski) moguće povezati Ethernetom u jednu mrežu?

Adresne šeme

* Najveći problem zbog čega nije sve računare moguće povezati u jednu mrežu preko Etherneta je veličina potrebne memorije za MAC adrese:

- Ethernet MAC nije hierarhijska adresna šema, pa svaki svič mora znati "sve adrese na svetu".
- Lako je pomnožiti veličinu MAC adrese i broj računara i videti da bi ova tabela bila velika par gigabajta.
- U današnje vreme to i ne bi bio problem, što se veličine tiče, ali treba imati u vidu da je Ethernet snadardizovan krajem 70-tih. Ovo je do pre par godina bilo tehnički teško izvodljivo
- Problem koji i dalje ostaje je brzina pretrage kroz ove podatke: i da svaki svič ima mac tabele od po par gigabajta, da li bi bila moguća pretraga za svaki frejm koji prođekroz svič, t.j. više hiljada puta u sekundi?

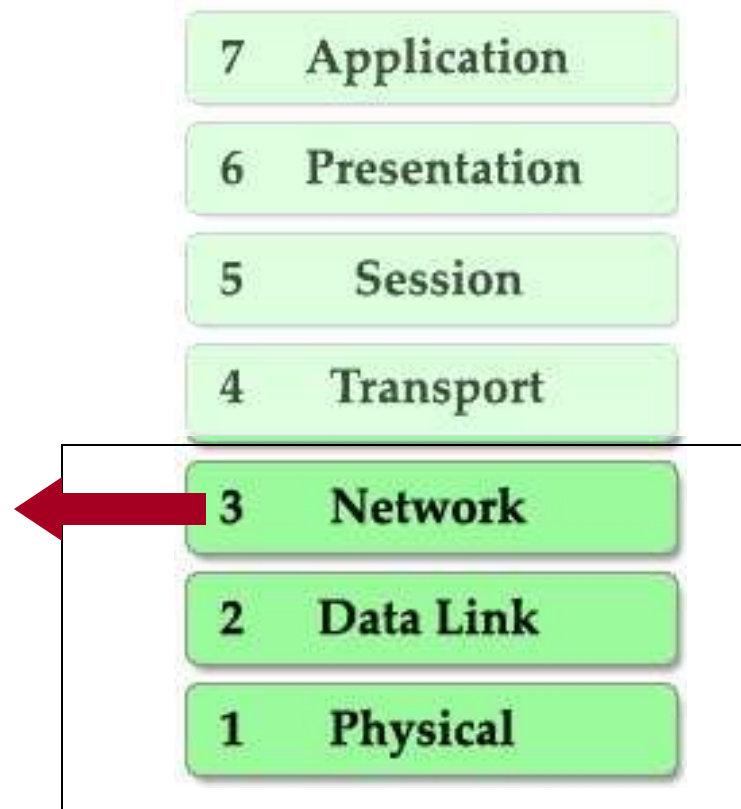
Hierarhijske adresne šeme

- * Zbog ovoga su uvedene tzv. hierarhijske adresne šeme poput IPv4.
- * Treći sloj OSI modela je uveden kao "lepak" za velike Ethernet mreže koje su se pojavile i koje je bilo nepraktično povezivati Ethernetom, t.j. "rutirati" između njih na osnovu MAC adresa.
- * Primer hierarhijske šeme je poštanska adresa:
 - Petar Petrović
 - Ul. Kralja Petra 29
 - 17000 Leskovac
 - Srbija
- * Ukoliko se na ovu adresu šalje pošta, značaj pojedinih polja je u obrnutom redosledu

IP adresna šema

- * IP protokol je uveden iz potrebe da se smanji tabela na osnovu koje bi se paketi rutirali.
- * Najznačajnija polja u hederu IP tabele su izvorišna i odredišna IP adresa

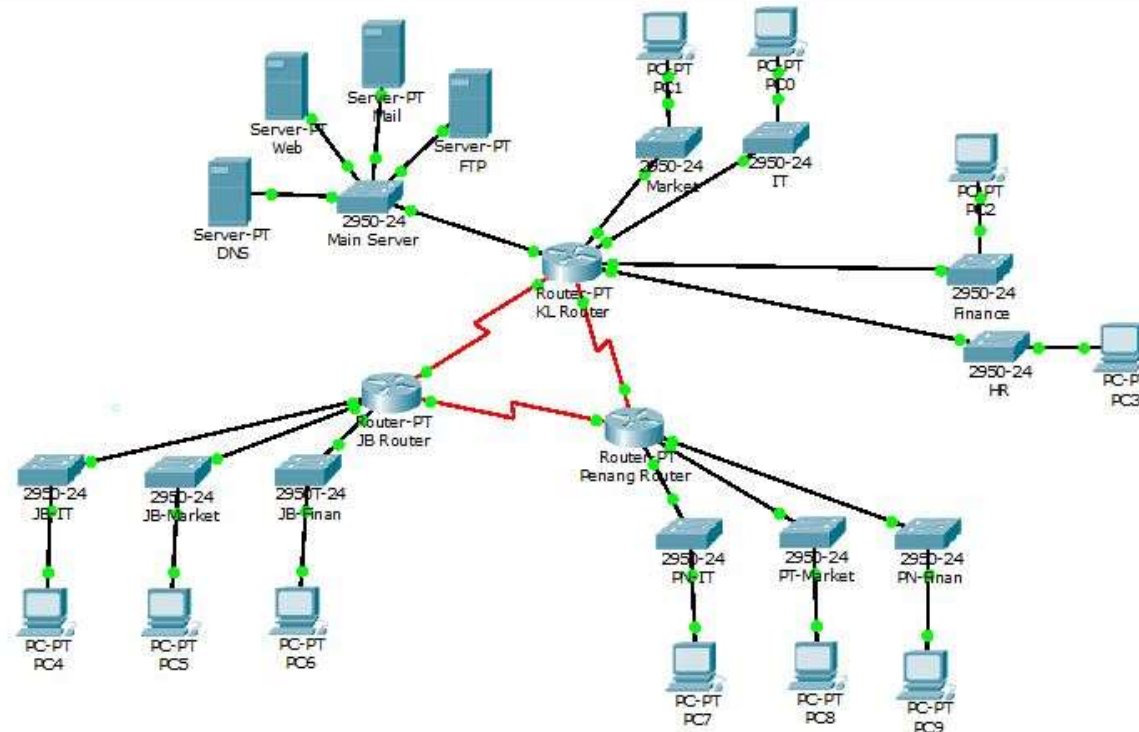
0	4	8	16	19	31
Version	Header Length	Service Type	Total Length		
Identification			Flags	Fragment Offset	
TTL		Protocol	Header Checksum		
Source IP Addr					
Destination IP Addr					
Options				Padding	



- * Posebna tema će biti posvećena projektovanju adresene šeme

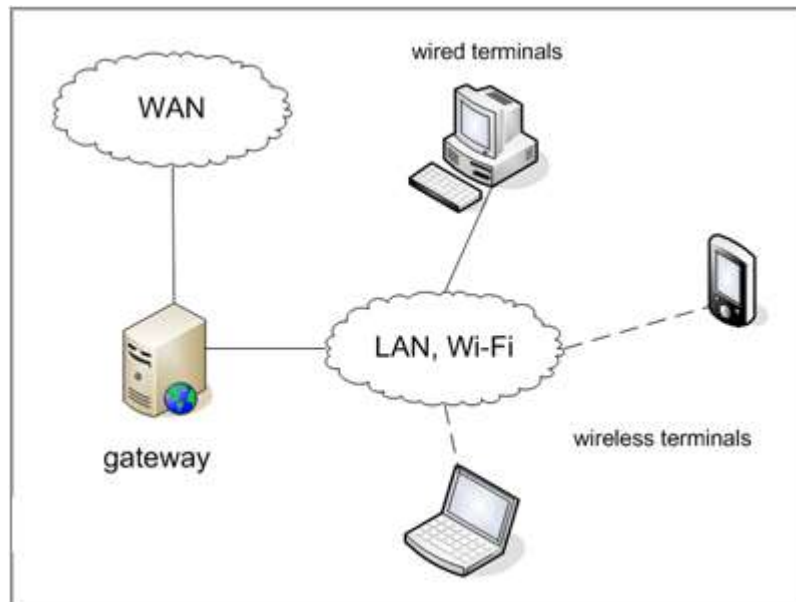
Ruteri

- * Ruteri su uređaji 3. nivoa
- * Odluke donose na osnovu odredišne IP adrese i svoje ruting tabele
- * Dele i kolizioni i brotkast domen

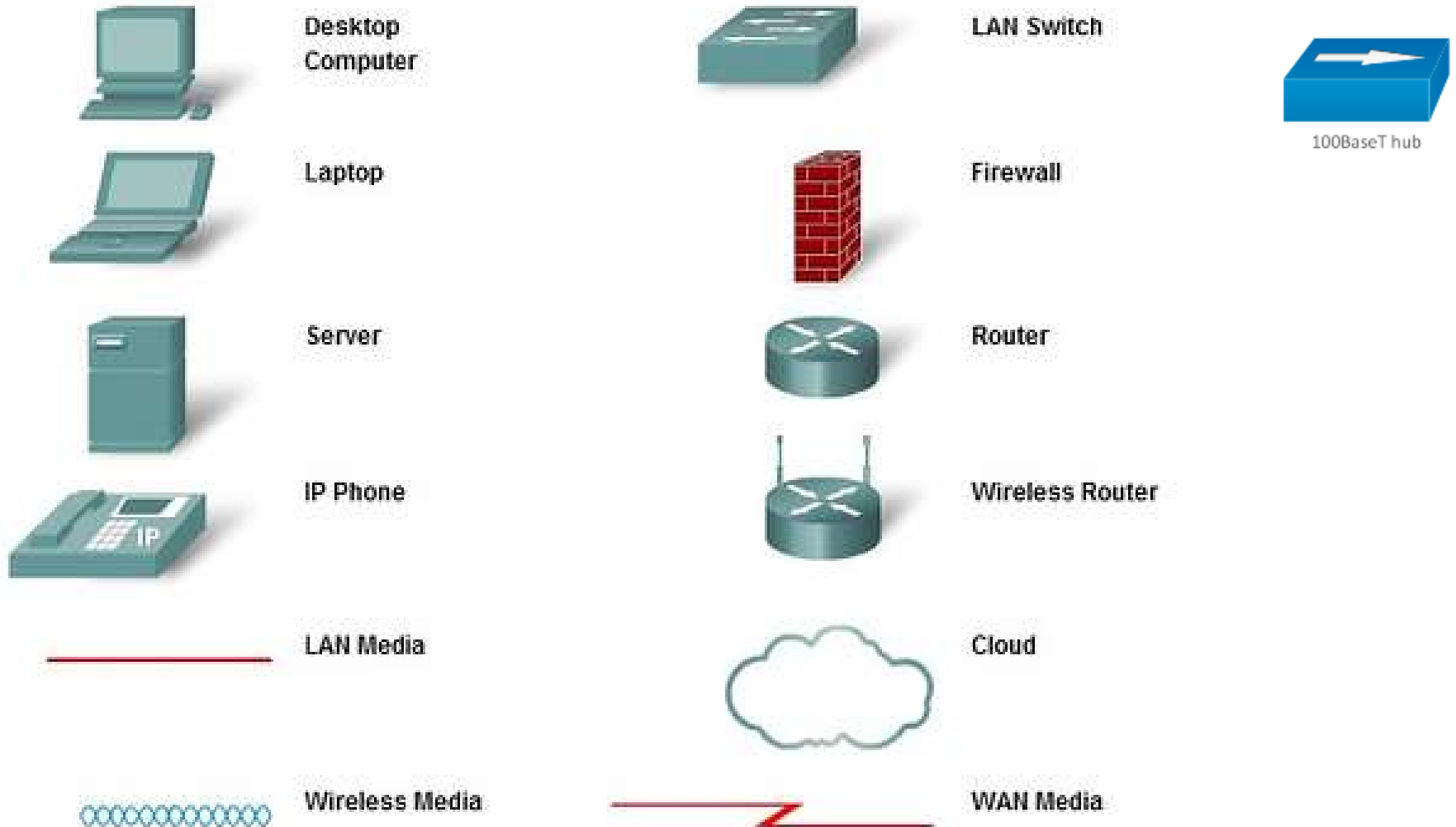


Gateway

- * Gateway je uređaj na lokalnoj mreži koji je zadužen za komunikaciju uređaja sa lokalne mreže sa “spoljašnim svetom”.
- * Ovo je uređaj 3. nivoa
- * Može biti PC računar sa posebnom konekcijom ka spoljašnjoj mreži, ili ruter



Oznake mrežnih uređaja na dijagramima



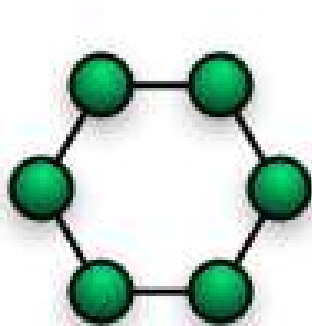
Mrežne topologije

Mrežne topologije

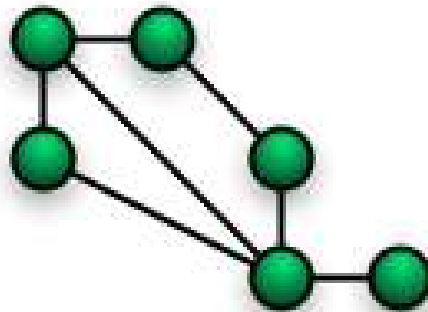
- * Point-to-point (p2p)
- * Point-to-multipoint
- * BMA – Broadcast MultiAccess,
 - npr. Ethernet
- * NBMA – Non-broadcast MultiAccess,
 - npr. FrameRelay protokol 2. nivoa, koji se koristi na zakupljenim linijama

Multiaccess mrežne topologije

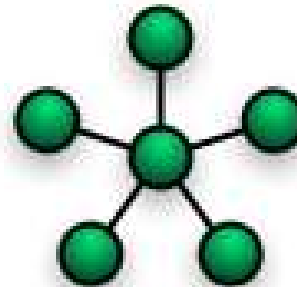
* Topologija predstavlja način povezivanja uređaja



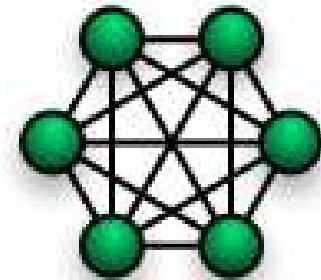
Ring



Mesh



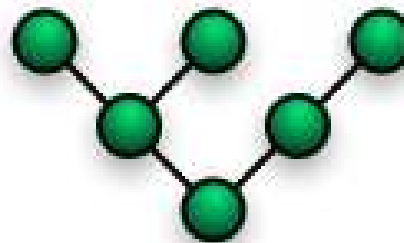
Star



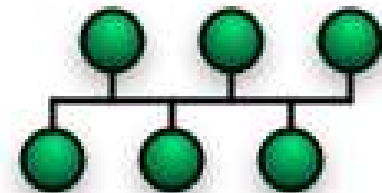
Fully Connected



Line



Tree



Bus

Mrežne topologije

* Razlikujemo

- Fizičke topologije

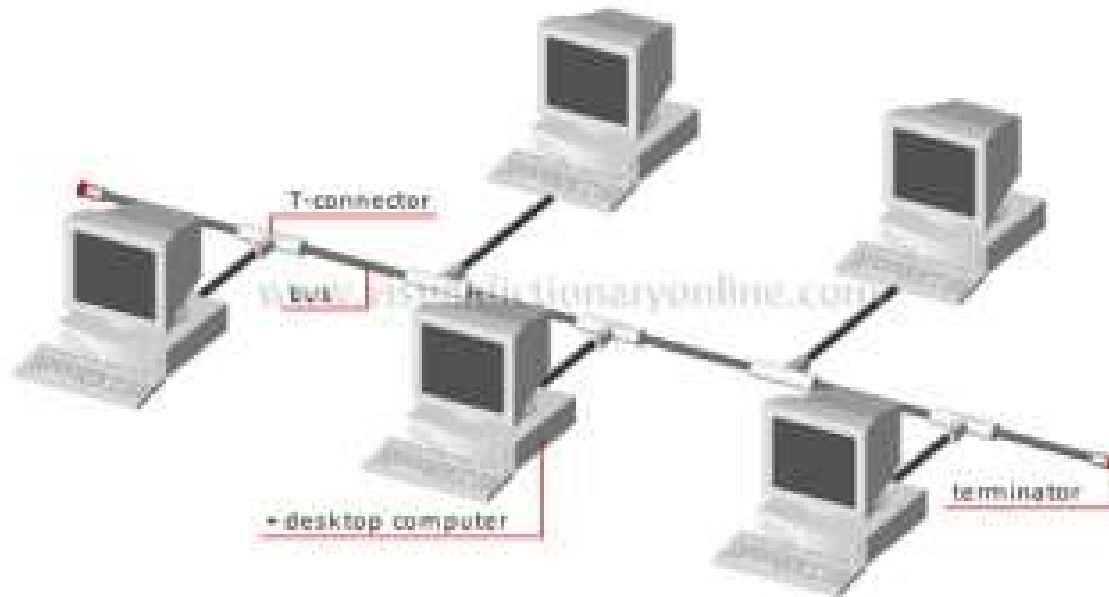
- Fizička topologija je određena fizičkim prostiranjem kablova i veza između uređaja

- Logičke topologije

- Logičku topologiju određuje način kretanja podataka između računara

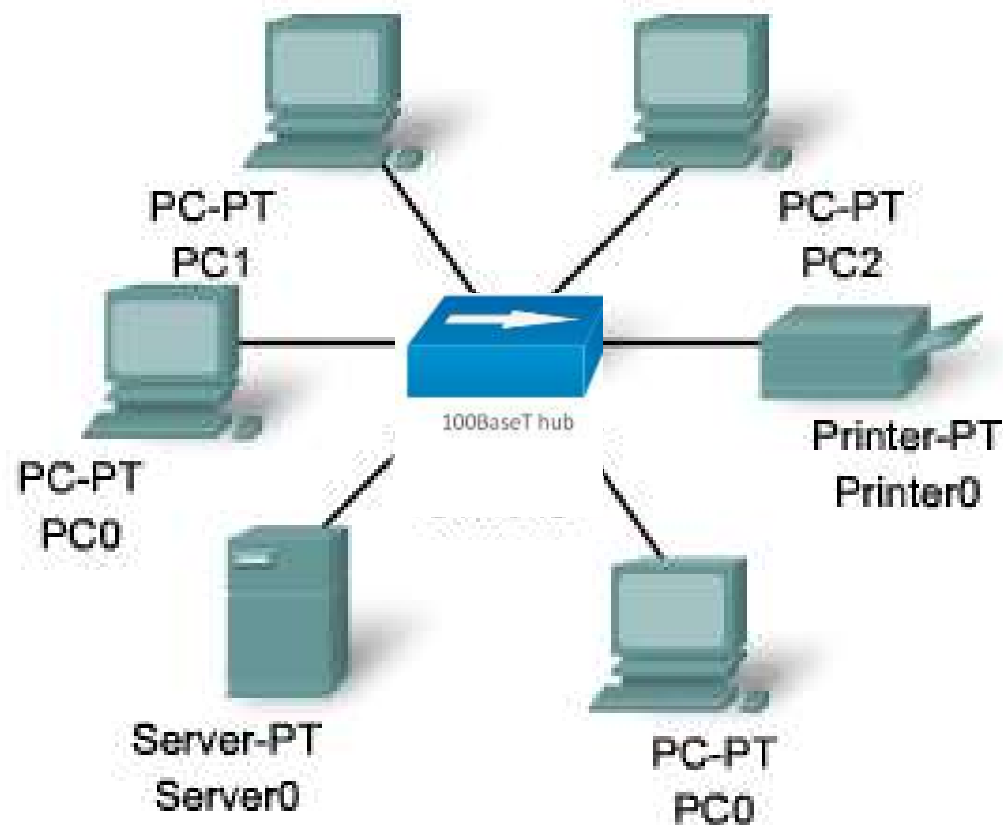
Ethernet topologije

- * Fizička: magistrala
- * Logička: magistrala



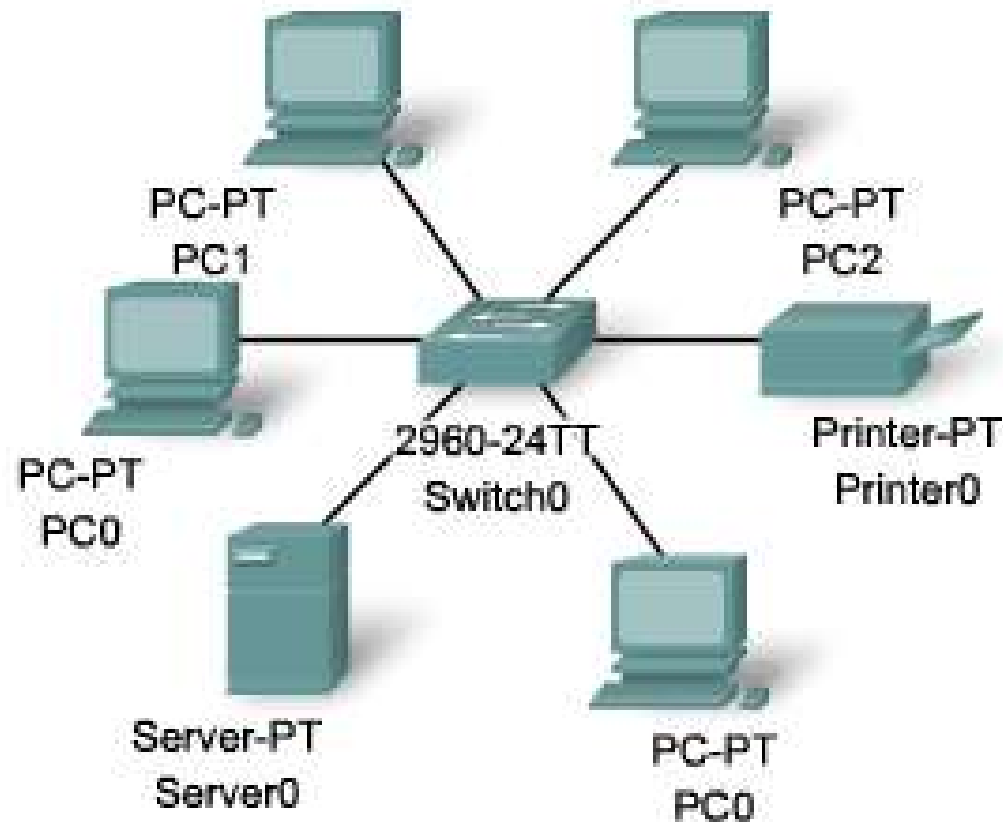
Ethernet topologija

- * Fizička: zvezda
- * Logička: magistrala



Ethernet topologija

- * Fizička: zvezda
- * Logička: zvezda



Mrežni protokoli

Protokoli neophodni za funkcionisanje mreže

* L2 –

- Ethernet, ARP

* L3 –

- IP

* L4 –

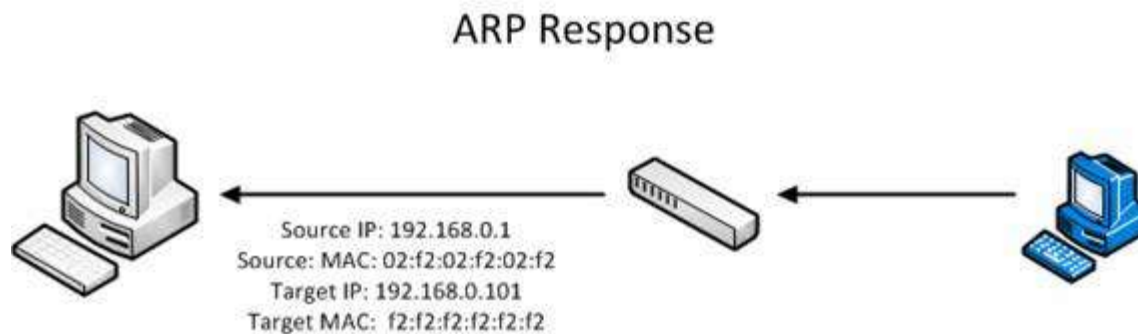
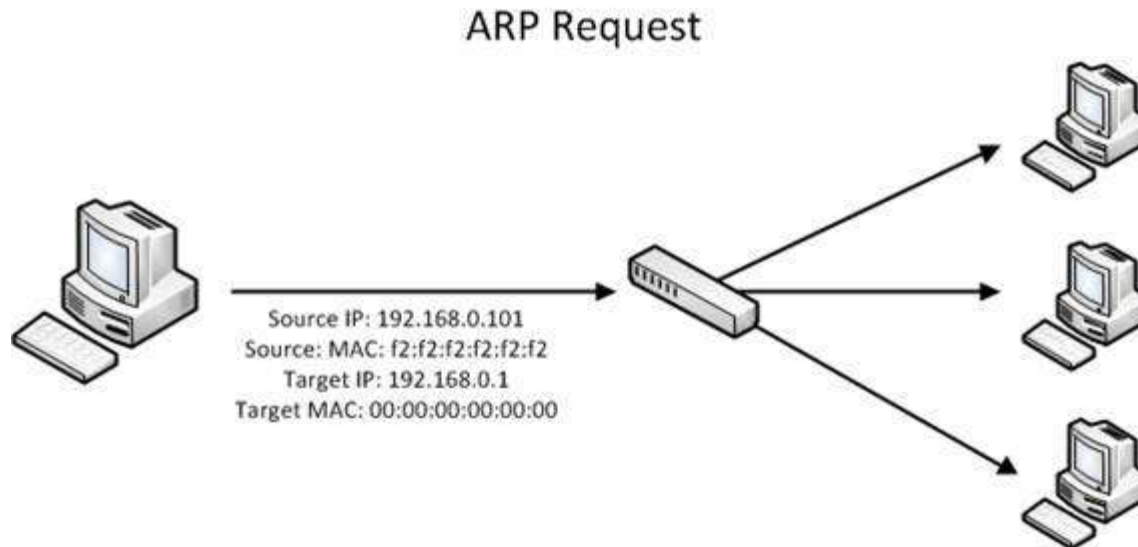
- TCP, UDP

* L7 –

- Ruting protokoli: RIPv1, RIPv2, RIPv6, OSPF, EIGRP, BGP,...

ARP

* Address Resolution Protocol



ARP

* ARP pri komunikaciji računara na istoj mreži

- PC A pinguje PC B, arp keš na PC A je prazan

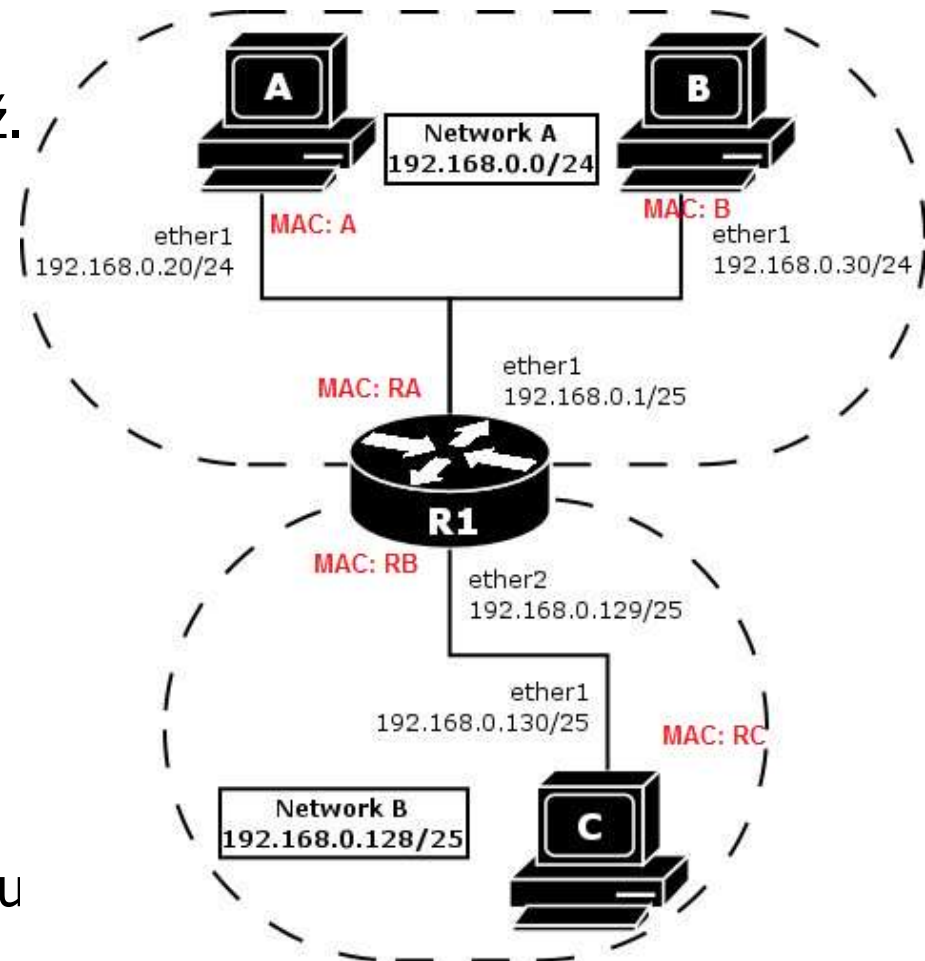
- A šalje ARP zahtev (broadcast)
i traži MAC adresu računara B,
jer je uvideo da su na istom mrež.

- Zahtev dolazi do B i RA

- Odgovara jedino B unicastom
jer prepoznaje svoju IP adresu

- Odgovor se vraća do A

- A saznaje MAC adresu, pa
pa može da nastavi enkapsulaciju
i pošalje ICMP ping

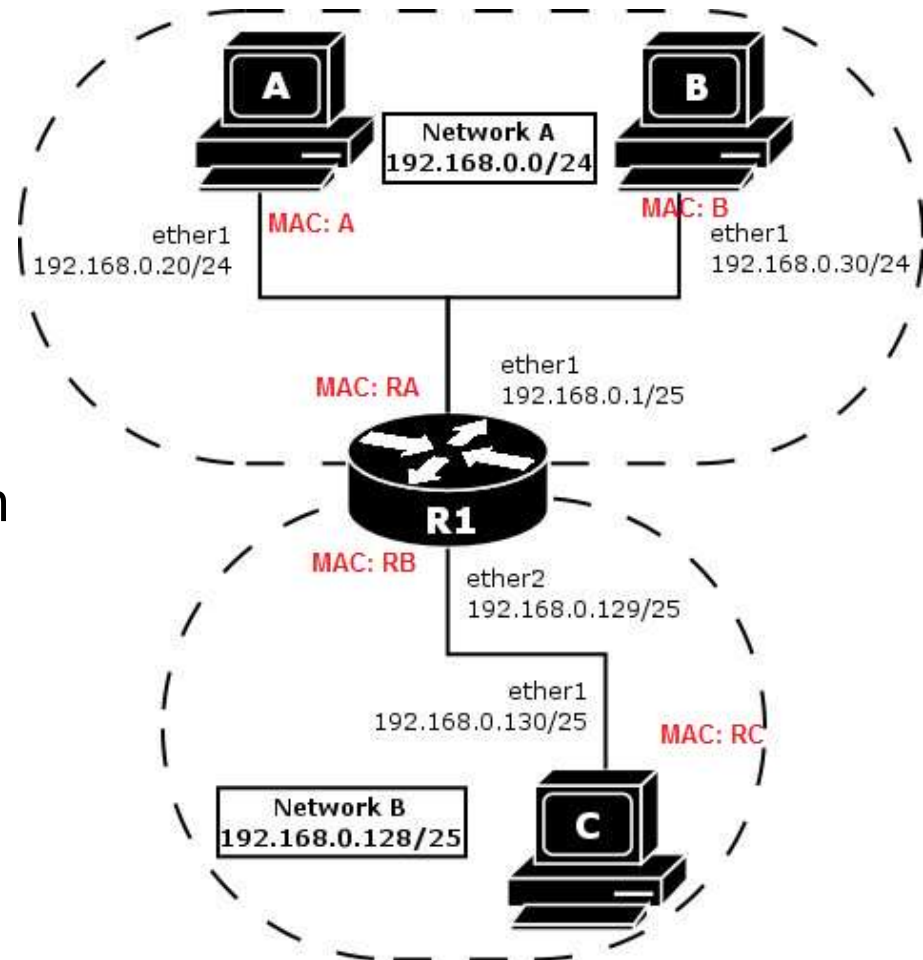


ARP

* ARP pri komunikaciji računara na različitim mrežama

- PC A pinguje PC C, arp keš na PC A je prazan

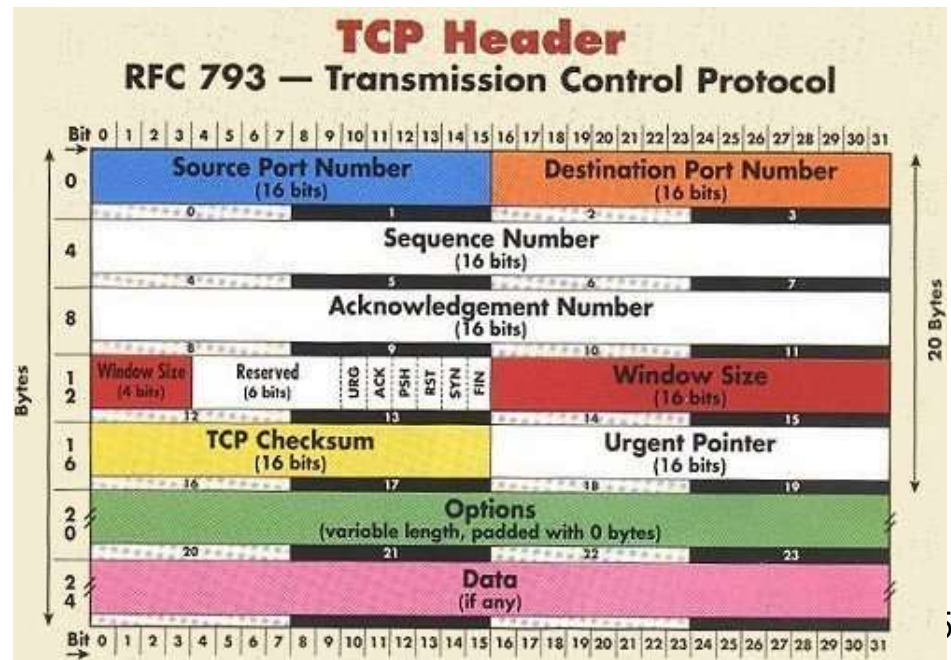
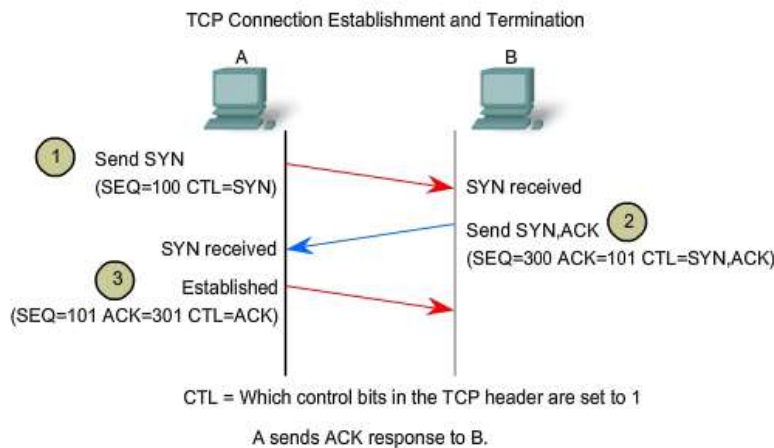
- A šalje ARP zahtev (broadcast) i traži MAC adresu rutera RA, jer je uvideo da su na različitim mrežama (traži gateway)
- Zahtev dolazi do B i RA
- Odgovara jedino RA unicastom jer prepoznaje svoju IP adresu
- Odgovor se vraća do A
- A saznaje MAC adresu...



TCP protokol

* TCP

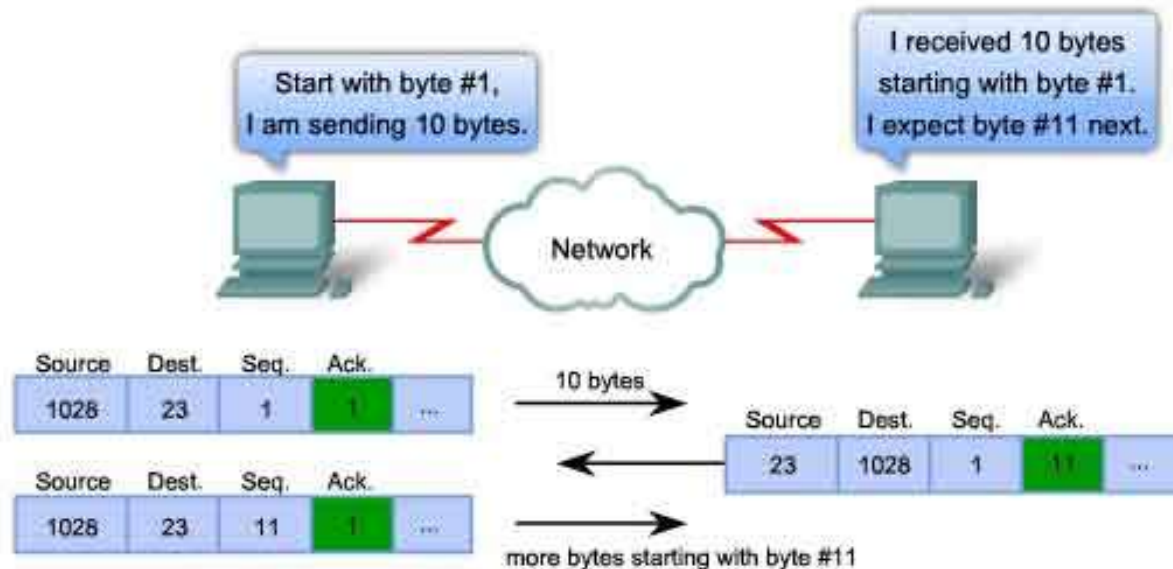
- Uspostava veze (3-way handshake)
- Segmentacija podataka sa višeg nivoa
- Označavanje aplikacija portovima
- Kontrola toka (flow-control) određivanjem veličine prozora
- Pouzdan prenos paketa, oporavak od gubitka segmenata
- Redosledna dostava i u slučaju vanredoslednog pristizanja segmenata (numeracija segmenata)



TCP pozitivna potvrda

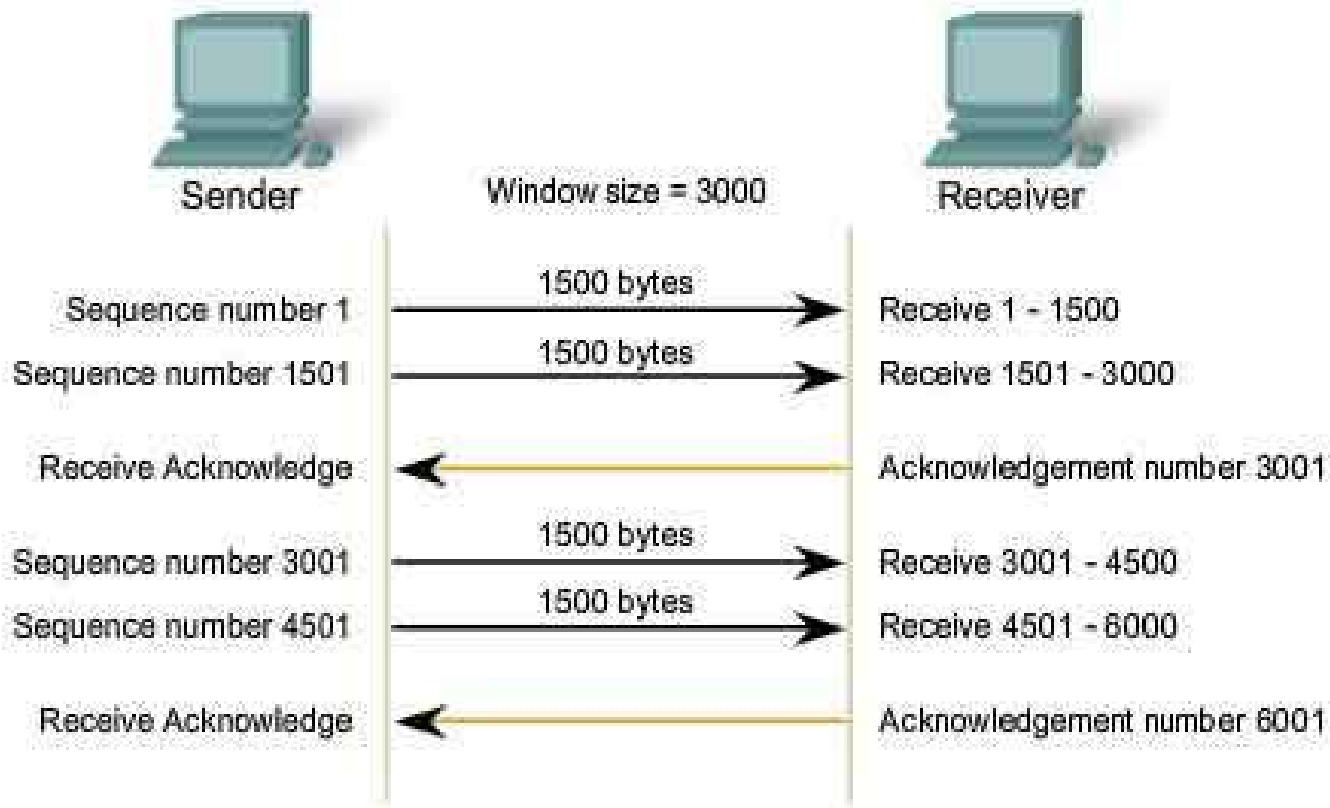
Acknowledgement of TCP Segments

Source Port	Destination Port	Sequence Number	Acknowledgement Numbers	...
-------------	------------------	-----------------	-------------------------	-----



TCP kontrola toka

TCP Segment Acknowledgement and Window Size



The **window size** determines the number of bytes sent before an acknowledgement is expected.

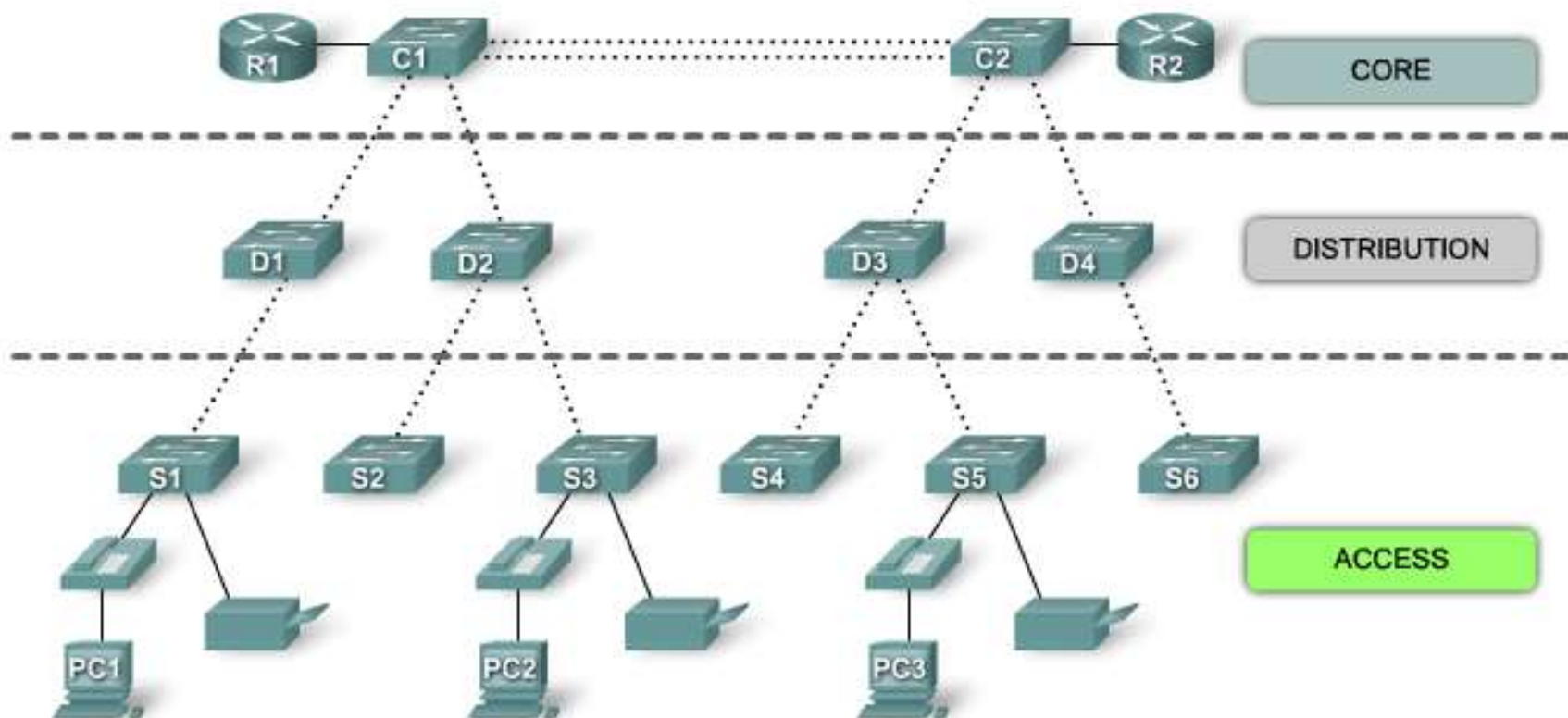
The **acknowledgement** number is the number of the next expected byte.

- Koja količina podataka se može preneti kroz mrežu brzine 1GBps ako je veličina prozora $W=65535$?
- Koja količina podataka se može preneti kroz mrežu brzine 1GBps ako je veličina prozora $W=1$?

Arhitekture i topologije savremenih računarskih mreža

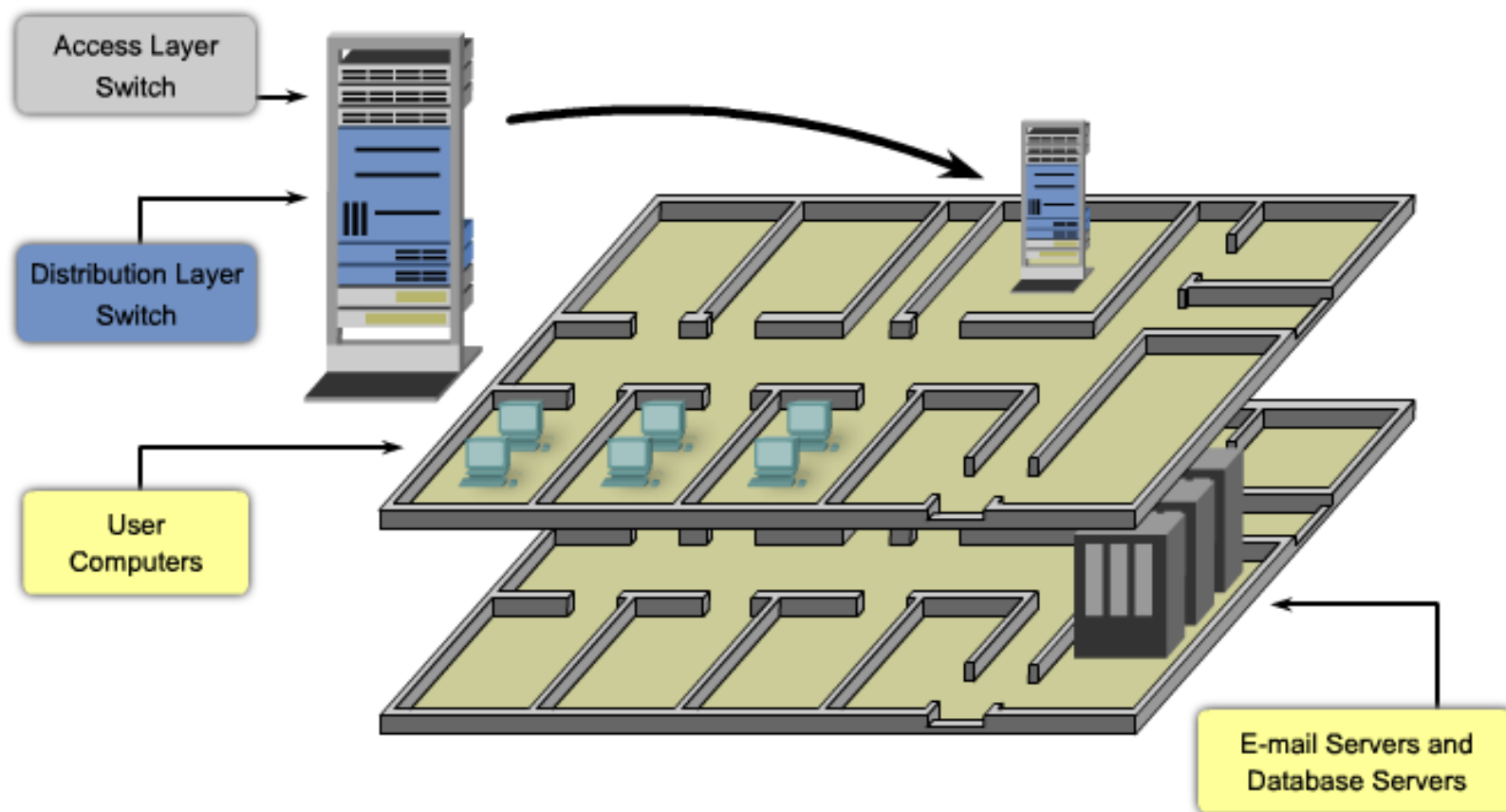
Savremene računarske mreže

* Hierarhijski model mreže – logički prikaz mreže



Savremene računarske mreže

* Hierarhijski model mreže – fizički prikaz mreže

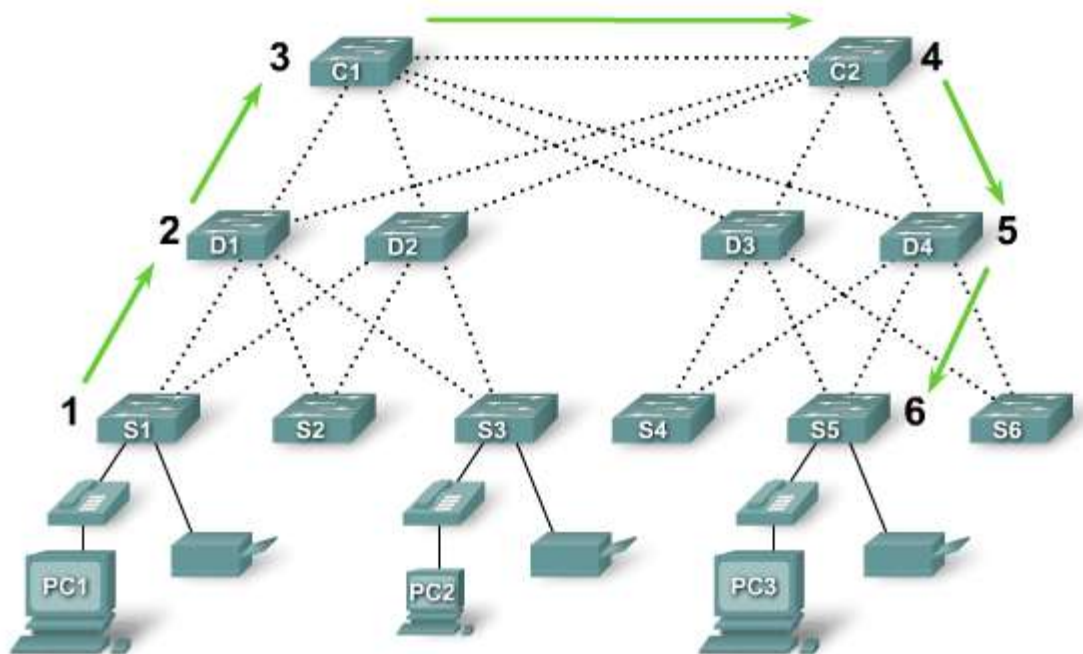


Prednosti hierarhijskog modela

- * Skalabilnost
- * Redundansa
- * Performanse
- * Bezbednost
- * Upravljivost
- * Održavanje

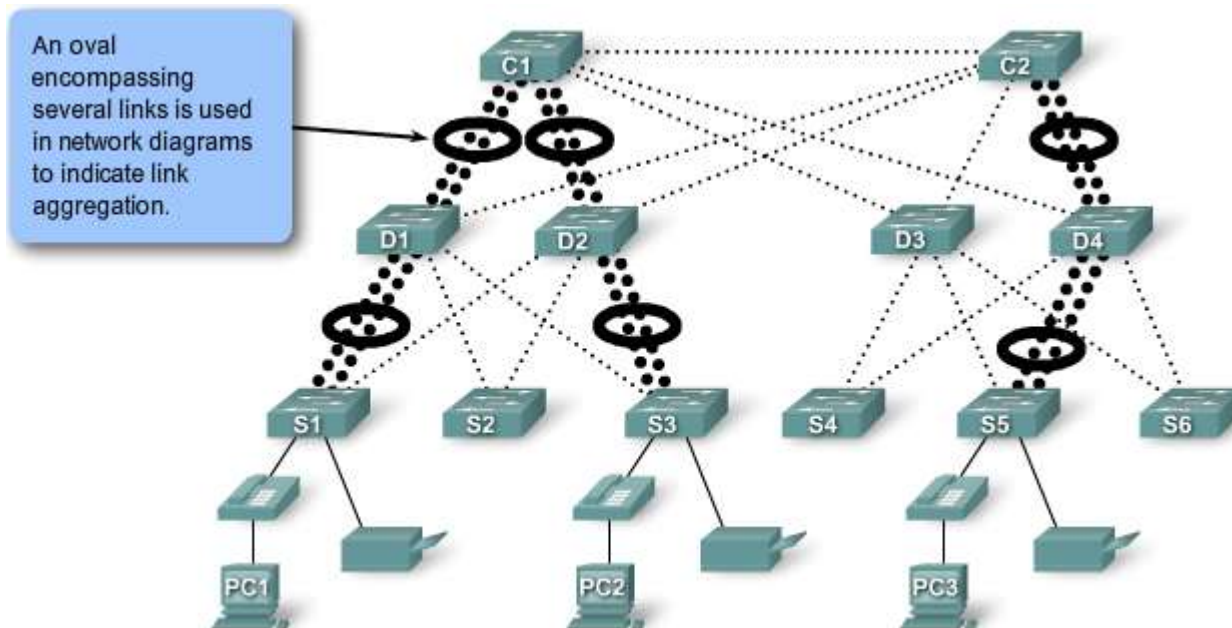
Dijametar mreže

- * Dijametar mreže je parametar u projektovanju mreže i predstavlja maksimalan broj uređaja kroz koje podaci mogu proći na mreži
- * Dijametar u hierarhijskom modelu je 6, mada se u nekim slučajevima (kod nekih protokola) računa i kao 7, zbog eventualnog dodavanja uređaja



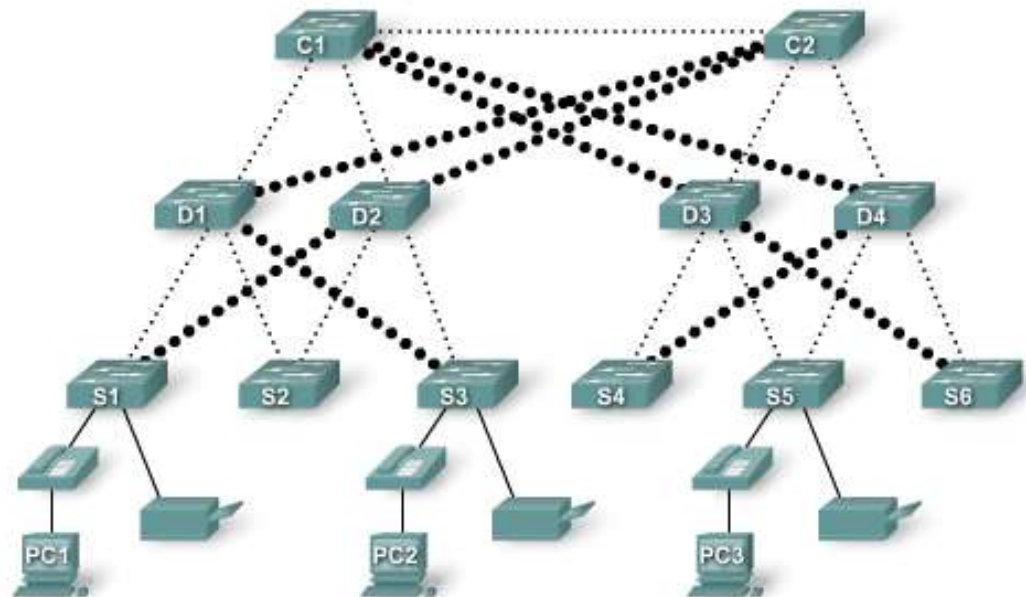
Agregacija propusnog opsega

- * Nekoliko fizičkih portova se može agregirati u jedan virtuelni port čiji je propusni opseg jednak proizvodu broja portova i propusnog opsega pojedinačnog porta.
- Tehnologija se zove *Link Agregation*, u Cisco implementaciji EtherChannel. Protokoli koje svič (generalno, uređaj) treba da podrži: PAgP (Cisco proprietary) ili LACP (IEEE standard)



Redundantni linkovi i komponente

- * Redundantnim linkovima i komponentama se postiže veća pouzdanost i dostupnost mreže
- * Karakteristika uređaja MTBF
 - Mean time between failures
- * Cilj: 99.999% vremena dostupna mreža
 - Koliko ukupno vremena godišnje može da ne radi mreža da bi ispunila ovaj uslov?



Konvergencija mreža

- * Konvergencija mreža je pojam kojim se ukazuje na osobinu savremenih mreža da prenose različite tipove saobraćaja, za koje su ranije korišćene različite mreže, a koji na ovakvoj mreži predstavljaju konkurenciju jedni drugima za propusnim opsegom na mreži. Npr. istovrmeni prenos glasa, videa i fajlova.

➤ "Legacy"



Large Telephone Switches



Small PBX Systems



Wiring Closet Infrastructure



Medium to Large Businesses

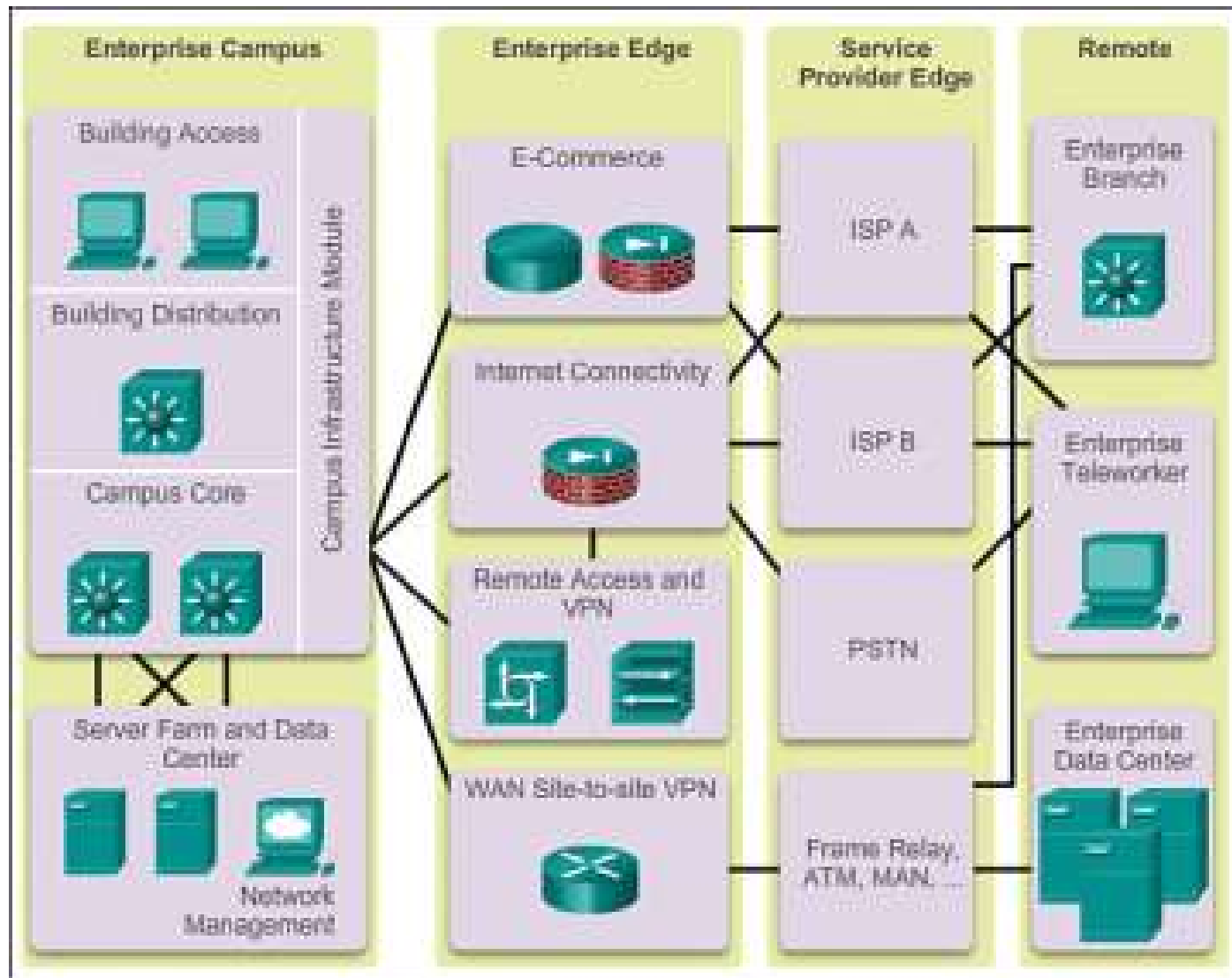


Small to Medium Businesses

➤ Savremene opcije



“Enterprise” arhitektura mreže



Cilj projektovanja

