

Ethernet

Popularni protokol za LAN mreže
Najniži nivo TCP/IP protokola

Industrijski sistemi i protokoli -

Drugi deo – predavanje 5

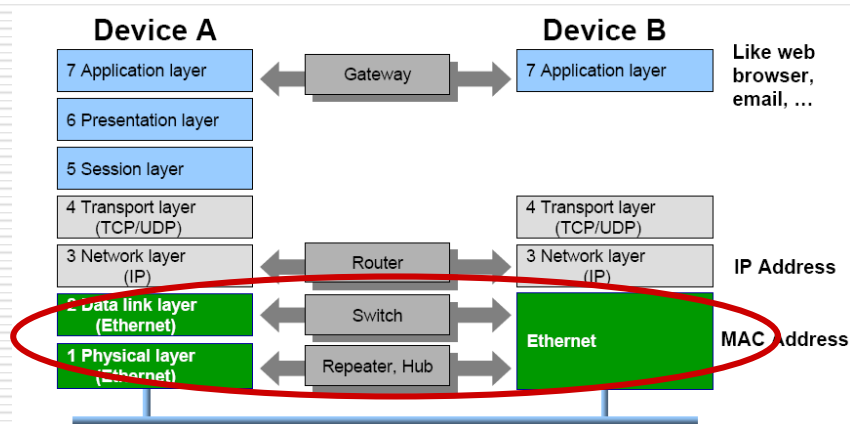
05/2024

prof. Darko Marčetić

Osnovni principi Ethernet-a

□ Ethernet

- Skup pravila (protokola) koji se primenjuju na prvom i drugom sloju OSI referentnog modela (ili na MAC adresnom nivou TCP/IP referentnog modela).
- Ovim protokolima se definiše (standardizuje) način **prenosa podataka** između računarskih sistema u okviru LAN mreže koju čine veći broj stanica (računara) priključenih na zajednički prenosni medijum
 - definiše se fizički medium za prenos podataka
 - Skup pravila za fer pristup deljenom prenosnom kanalu
 - Definiše se struktura Ethernet rama (paketa koji putuje)
 - MAC adresisanje



Ethernet pokriva fizički i nivo podataka a u praksi uglavnom obezbeđuje vezu između računara i switch uređaja

Ethernet ram – osnovna jedinica za prenos podataka preko Etherneta

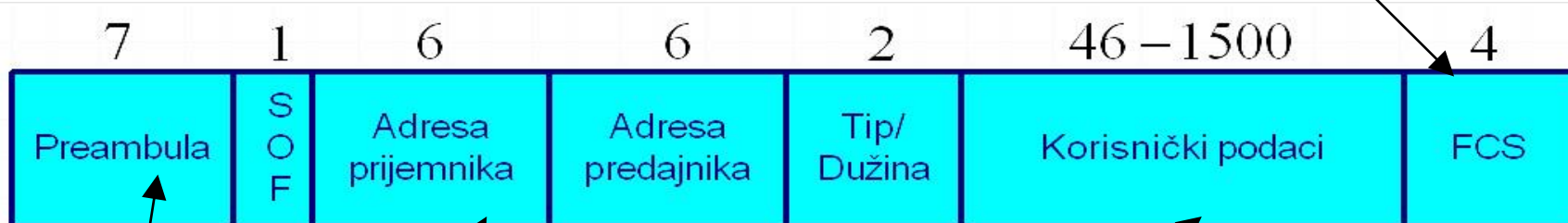
Ethernet frame (Ethernet ram)

Podaci se preko Ethernet mreže prenose Ethernet ramovima.

Veličina rama (bez preambule + SOF bajta): 64-1518 bajta

Checksum polje.

Koristi CRC-32 algoritam za detekciju grešaka



Sinhronizaciona sekvenca

Prvo 7 bajtova kao niz naizmeničnih 0 i 1. Poslednji SOF (osmi) bajt: "10101011" služi za zaključavanje DPLL petlje prijemnika

MAC ili "hardverske" adrese.

One definišu koji računar šalje ovaj ram i kome taj ram ide. Svaka MAC ima 6 bajtova, 248 ili 56 000/stanovniku Zemlje. Prva 3 bajta dodeljena proizvođaču.

Korisnički podaci

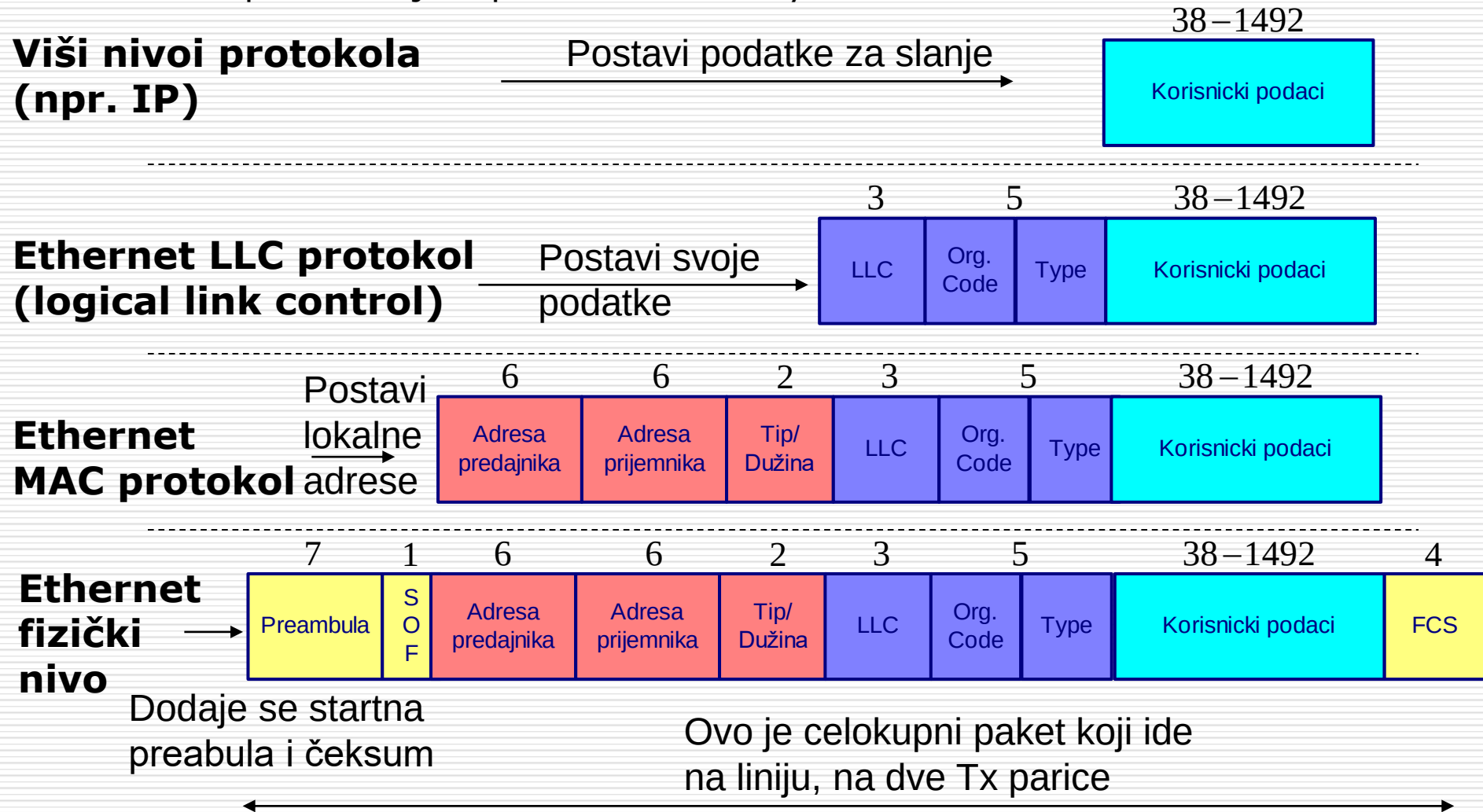
Polje od 46 do 1500 bajta korisničkih informacija. Kada se primi Ethernet ram, samo sadržaj ovog polja ide na dalju obradu tj šalje se odgovarajućem protokolu višeg nivoa. Minimum 46 karaktera, manje od 46 bajtova se mora dopuniti "nul" karakter.

Tip Ethernet protokola i dužina

Dva tumačenja: DIX standard: SAP (Service Access Point) ili IEEE 802.3: dužina korisničkog polja IEEE 802.3: LLC identifikuje protokol višeg nivoa

Formiranje Ethernet rama

Viši nivoi TCP/IP protokola sa jedne računara šalje drugom neke podatke. Podaci se prvo razbiju u pakete do 1492 byte-a. Zatim:



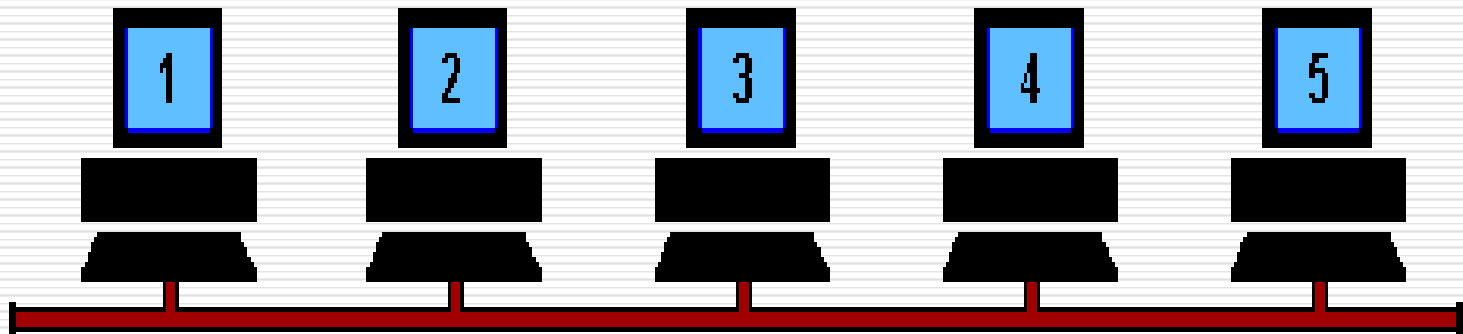
Načini pristupa Ethernet mediju za prenos podataka – start i novi

Sada znamo kako da zapakujemo podatke i upisali smo destinacionu i Polaznu adresu i zaštitu od greške. Ethernet ram je spreman. Ali, kada da počnemo slanje?

Pristup Ethernet medijumu za prenos

Stari način CSMA/CD –jedna linija za sve

- Višestruki pristup zajedničkom medijumu nadgledanjem prisustva nosećeg signala uz detekciju koalizije (CSMA/CD)
 - Svaki računar na mreži proverava da li je kabl slobodan za emitovanje. Kada oseti da nema saobraćaja na mreži, šalje podatke i za to vreme ni jedna drugi računar ne može slati svoje podatke dok poslati ne stignu do svog odredišta.
 - Ukoliko dođe do istovremenog slanja podataka (sudara) , oba prestaju sa emitovanjem podataka izvesno , različito vreme, a onda pokušaju ponovo.



Pristup Ethernet medijumu za prenos

Kod Ethernet mreže danas nema problema pristupa (svako može kad god hoće da priča, a ne kao kod Modbus, profiibus, CANbus). Moderni Ethernet obezbeđuje posvećeni pristup i full duplex !!!

❑ Svičevi i posvećen pristup

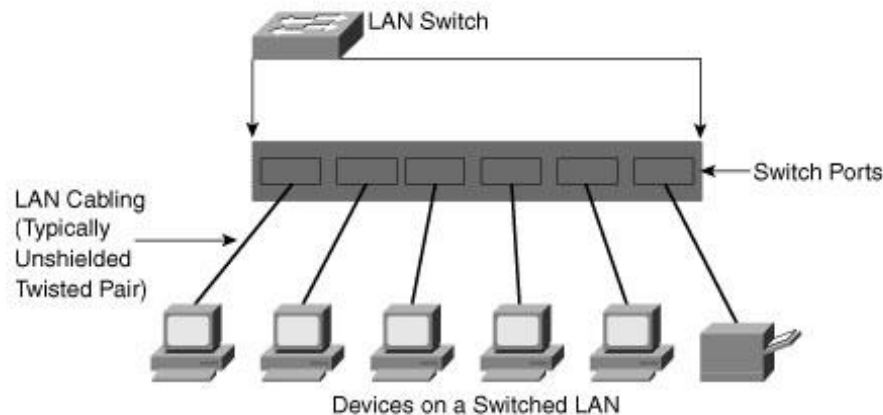
- Tipično, svaki uređaj na Ethernet mreži ima svoj link ka svič uređaju
- Link se realizuje bakarnim kablom sa upredenim paricama.

❑ Full duplex

- Svaka konekcija može poslužiti za istovremen prijem i slanje.
- Preko dve parice uređaj šalje podatke a preko druge dve prima.

❑ Potpuno izbegnute kolizije

- Svaka konekcija je dvosmerni point to point link.
- Nema potrebe za osluškivanjem medija i detekciju kolizije.



Ethernet fizički mediji

Ethernet fizički mediji – mediji koji se koriste za prenos podataka unutar Ethernet LAN mreže

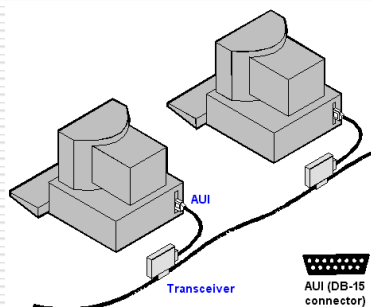
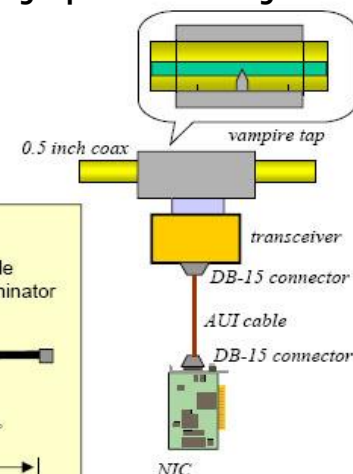
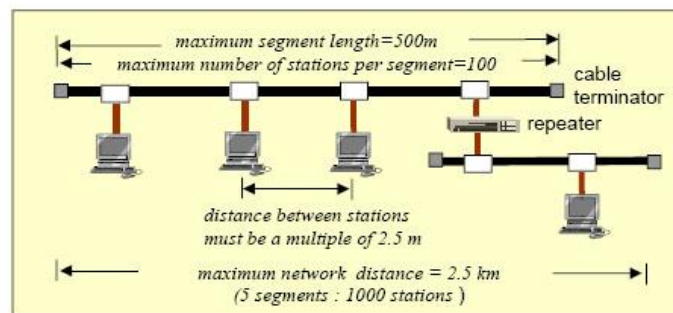
Ethernet fizički mediji - 10M

Stari 10-BASE-5 THICK COAX (802.3 - 1983)

- ❑ Takozvani **debeli ethernet** je prvi ethernet.
- ❑ Naziv 10Base5: 10(brzina prenosa 10 Mbps) BASE (osnovni opseg) i 5 (maks. dužina - 500m)
- ❑ Koristi debeli **koaksijalni kabel RG-8** . Prečnika 9,5 mm i $R=50$ ohm. U centru je jezgro (provodnik), zatim izolacioni omotač pa metalni omotač koji predstavlja drugi provodnik i na kraju spoljni omotač.
- ❑ Maksimalan broj stanica je iznosio 100 i rastojanje između dva priključka je moralo biti najmanje 2,5m
- ❑ Problem kolizije rešen sa CSMA/CD

Računarski sistemi su se povezivali na ovaj kabel preko transivera i N konektora (tzv vampirski priljučak) sa tri šiljka:

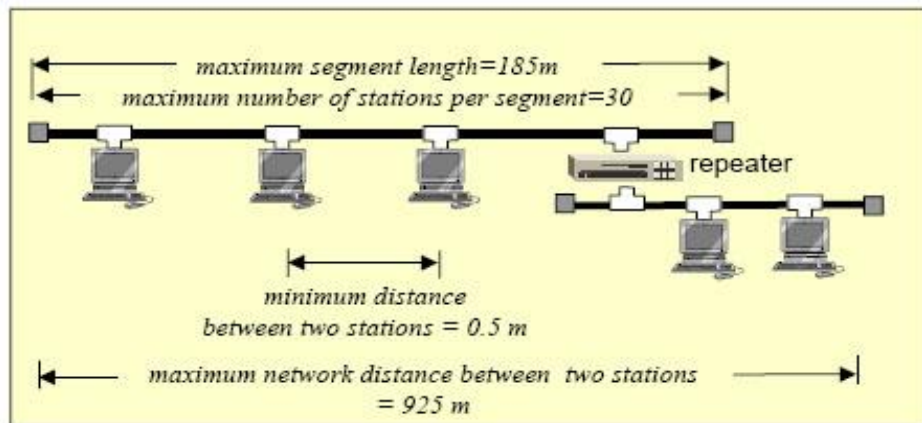
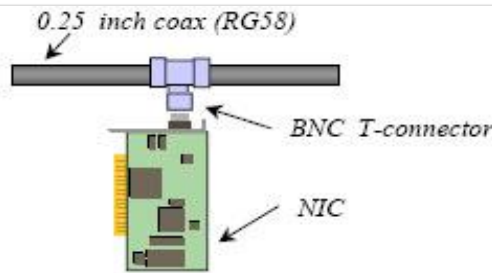
- ❑ jedan šiljak se kroz rupu probušeno bušilicom spaja na centralni provodnik
- ❑ dok se dva manja šilja ubadaju u spoljni provodnik.
- ❑ Na krajevima kabela nalaze se 50 omski terminatori.



Ethernet fizički mediji - 10M

Stari 10-BASE-2 THIN COAX (802.3a– 1985)

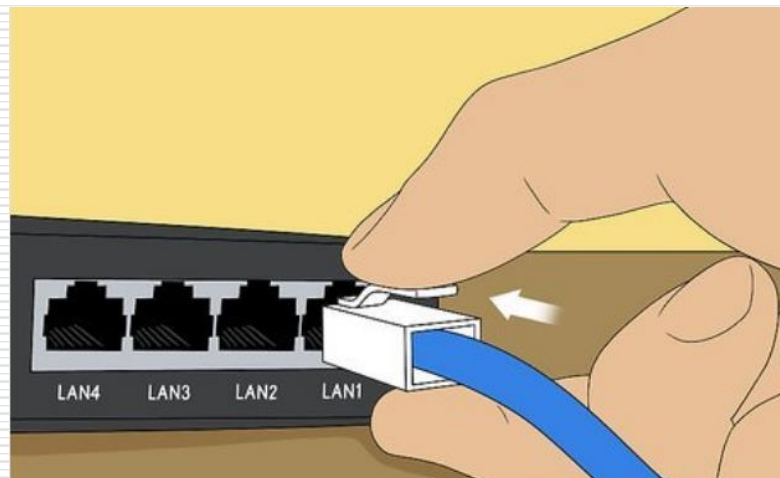
- ❑ 10Base2 je bio takozvani tanki ili jeftini Ethernet
- ❑ 10Base2 ima maks. dužinu segmenta 200m (185 u praksi)
- ❑ Koristi **koaksijalni kabel RG-58** otpornosti 75ohma,
- ❑ Kabel se terminira sa **BNC konektorima i terminatorima**,
- ❑ Računari se spajaju preko **BNC konektora i T članova**.
- ❑ Problem kolizije rešen sa CSMA/CD



Moderni Ethernet fizički mediji

Moderni Ethernet fizički mediji uvodi nove stvari

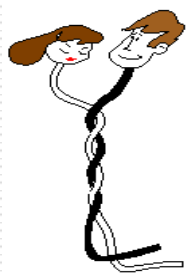
- ❑ **Upletene parice** umesto koaksijalnog kabla
Uvedene i kod 10 ali i kod 100 Mbps
- ❑ **Svičevi** –svako ima poseban posvećeni pristup preko jednog ulaza u switch, nema kolizije
Switchevi počeli da se uvode tek ko 100 Mbps standarda
- ❑ **Full duplex** , istovremen prijem i predaja podataka
- ❑ **Brži prenos**



Ethernet fizički mediji - 10-100M

Upredena parica

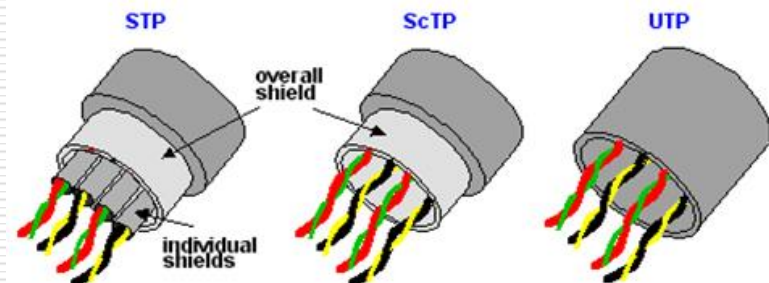
- ❑ dve bakarne žice malog prečnika koje su upredene
- ❑ koristi se za telefoniju i računarske mreže, dovodi do smanjena EMS i preslušavanja



Tipovi parica

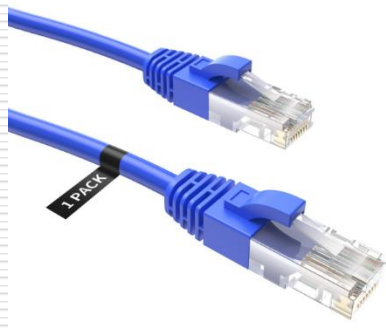
- ❑ oklopljene **Shielded Twisted Pairs- STP**
- ❑ neoklopljene **Unshield Twisted Pairs-UTP**

Uglavnom se primenjuju neoklopljene parice, jednostavnije za instalaciju, oklopljene moraju da budu dobro uzemljenje.



Kategorije kablova za bakarni Ethernet

- ❑ Svi imaju upredene parice
- ❑ CAT X --- Category X cable



		Application	
		MHz=bandwidth	
		Mbps/Gbps=maximum data rate	
Cat	Cable type		
1	UTP	Analog voice	
2	UTP	Digital voice up to 1 Mbps	
3	UTP, ScTP, STP	16 MHz,	4 Mbps
4	UTP, ScTP, STP	20 MHz,	16 Mbps
5	UTP, ScTP, STP	100 MHz,	100 Mbps
5e	UTP, ScTP, STP	100 MHz,	1 Gbps
6	UTP, ScTP, STP	200 MHz,	10 Gbps
7	STP, ScTP	600 MHz	

Ethernet fizički mediji - 100Mbit/s

Ethernet 100-BASE-X 100Mbit/s (802.3u - 1995)

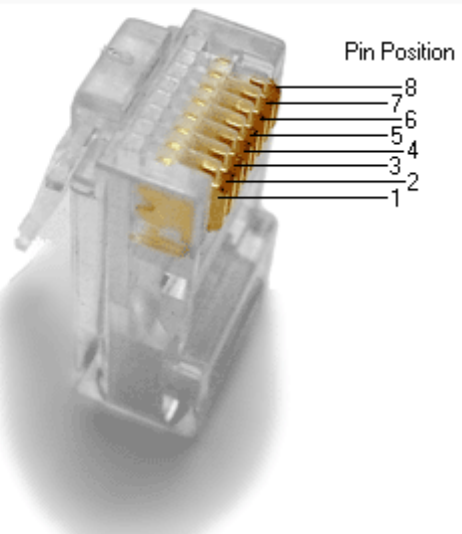
- ❑ UTP kabel verzije: 100-BASE-T4, 100-BASE-T2 , **100-BASE-TX CAT**
- ❑ Optika verzija: **FIBER 100-BASE-FX**

- ❑ Danas najpopularniji Ethernet standard,
- ❑ **uvodi prvi put switch uređaje i RJ45**

100 Mbit/s preko dve parice (po jedna u svakom smeru)

125 Mbaud/s zahteva $f_{\max} = 62.5$ MHz
UTP CAT 5 kabel, max. segment 100m

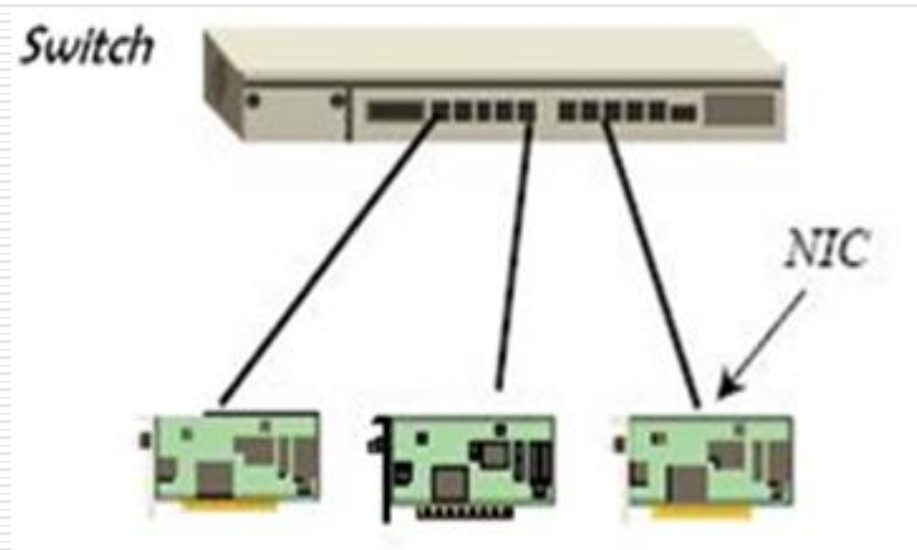
RJ 45 konektor (oznake pinova)

Pin	T568A Pair	T568B Pair	Wire	T568A Color	T568B Color	Pins on plug face (socket is reversed)
1	3	2	tip	 white/green stripe	 white/orange stripe	
2	3	2	ring	 green solid	 orange solid	
3	2	3	tip	 white/orange stripe	 white/green stripe	
4	1	1	ring	 blue solid	 blue solid	
5	1	1	tip	 white/blue stripe	 white/blue stripe	
6	2	3	ring	 orange solid	 green solid	
7	4	4	tip	 white/brown stripe	 white/brown stripe	
8	4	4	ring	 brown solid	 brown solid	

Ethernet fizički mediji - 100Mbit/s

Bakarna 100-BASE-TX CAT verzija počinje da koristi switch uređaje

- ☐ Switch-evi postaju kraljevi bakarnog Ethernet-a
- ☐ U switch svaki PC ima svoj ulaz, rešava se problem kolizije.
- ☐ Switch radi full duplex



Optička verzija 100-BASE-FX

- ☐ Fiber (prenos preko optičkih vlakana)
- ☐ Tačka-tačka linkovi isključivo



Ethernet fizički mediji - x Gbit/s

1 Gbit/s Ethernet 1000-BASE-X (802.3z – 1998)

- ❑ Dve UTP bakarne verzije: 1000-BASE-T, 1000-BASE-CX,
- ❑ Tri optičke verzije: FIBER 1000-BASE-SX , 1000-BASE-LX, 1000-BASE-LH

10 Gbit/s Ethernet (802.3ae - 2002)

- ❑ Optičke verzije 10G Ethernet
10G – BASE-SR, 10G-BASE-LR, 10G-BASE-EW
10G-BASE-LX4
- ❑ Bakarna verzija 10G Ethernet
10G-BASE-T (802.3an - 2006)
Radi preko UTP bakarne parice
 - ❑ Raspona 50m preko UTP CAT 6
 - ❑ Raspona 100m preko UTP CAT 7
 - ❑ Koristi sve 4 parice, po 2 u svakom smeru

Budućnost Ethernet...

- ❑ 802.3ap: 40G Ethernet
- ❑ Razmišlja se i o 100G Ethernetu

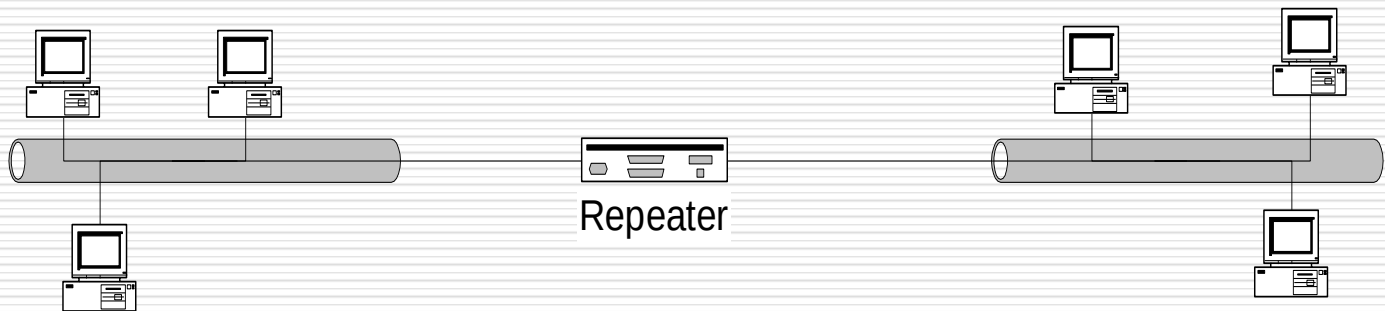
Ethernet uređaji

Ethernet uređaji: Repeater, Hub, Bridge Switch

Ethernet uređaji - Repeater i Hub

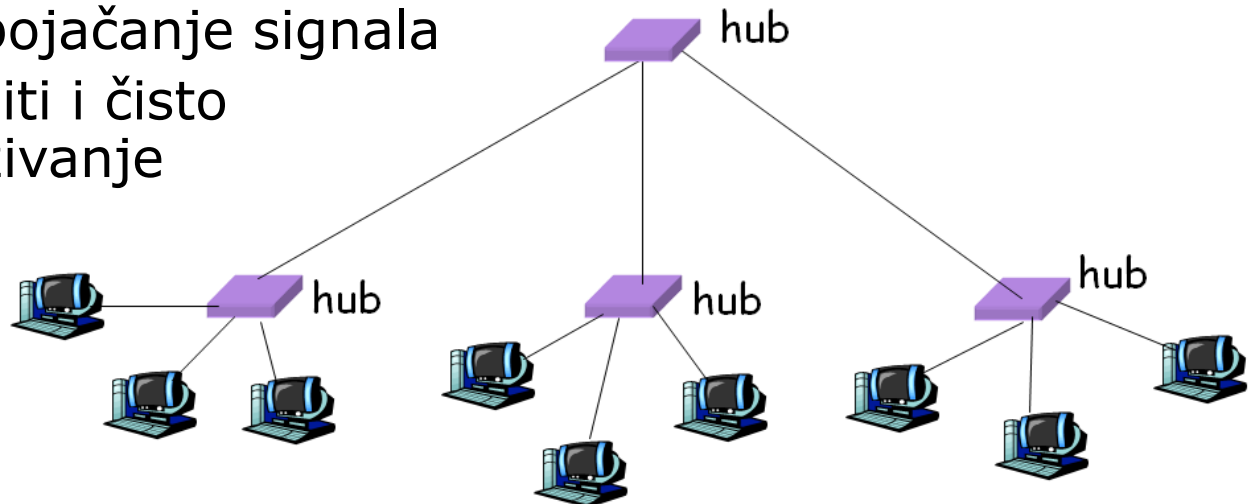
Repeater:

- pojačava signal i omogućava produživanje segmenta
- ne menja signal, sve sa ulaza se automatski prosleđuje na izlaz
- spajaju dva LAN segmenta



Hub:

- spaja više linija u jednu tačku
- može postojati pojačanje signala
- spajanje može biti i čisto galvansko povezivanje
- sličan ripiteru

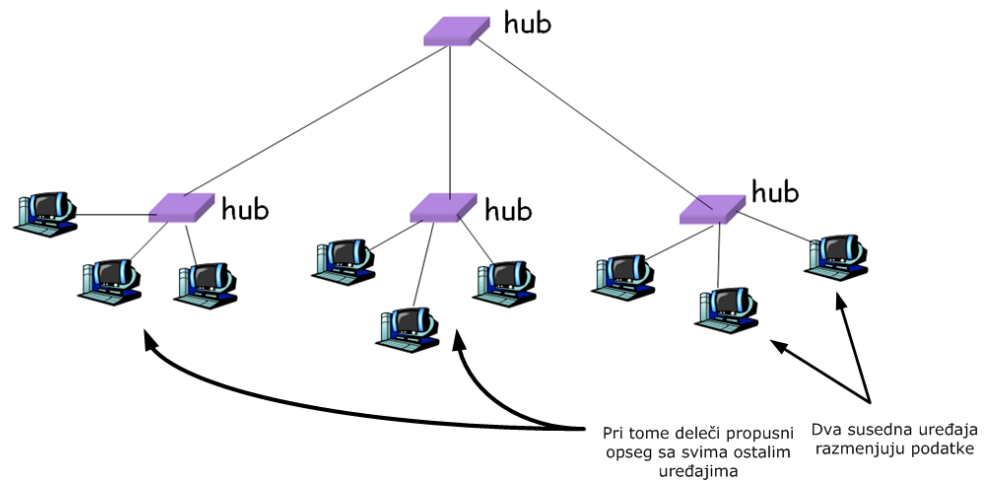


Ethernet uređaji - Repeater i Hub

Repeater i Hub kreiraju jedan koalizioni domen, i to im je neoprostivo ograničenje!

- Ako dva lokalna uređaja pričaju link je zauzet, svi moraju da čekaju i to da slušaju, to značajno umanjuje propusnu moć medija

Npr., imamo tri segmenta i čak i ako dva uređaja pričaju lokalno, svi uređaji na sva tri segmenta mogu samo da slušaju



□ Ne podržavaju različite LAN tehnologije

- ne skladište i ne analiziraju i ne modifikuju podatke
- što onemogućava povezivanje uređaja koji ne koriste istu brzinu signalizacije i koji koriste različite formate frejmova
- Npr. uređaji koji koriste 10Base-T i uređaji koji koriste 100Base-T ne mogu biti priključeni na isti hub

□ Mogu da podrže ograničenu dužinu segmenta

Ethernet uređaji - Switch

Svičevi rešavaju sve mane Repeatera i Huba i danas se praktično jedino koriste u LAN.

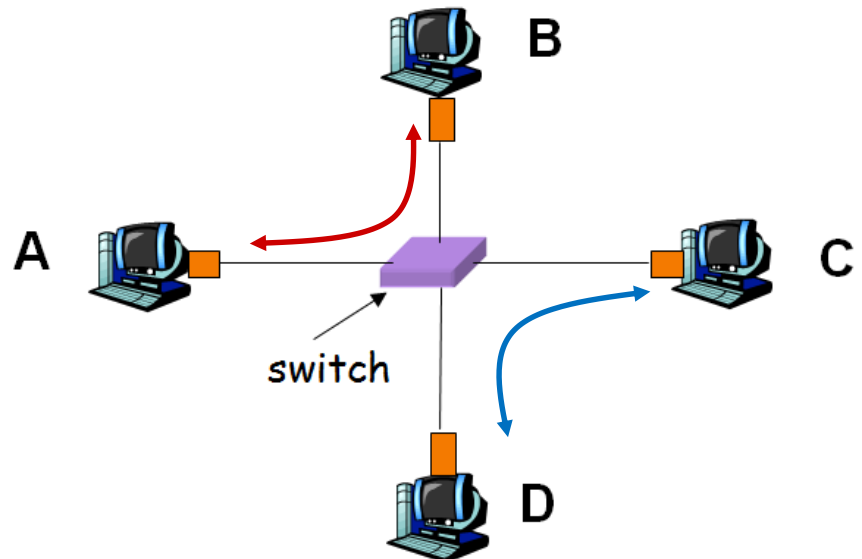
□Svičevi povezuju individualne uređaje

- Svaki uređaj ima svoj kolizioni domen, na zavisi od drugih,
- Postoje i briđevi, slični svičevima, ali oni odvajaju i po potrebi povezuju različite LAN segmente, a svičevi svaki uređaj pojedinačno

□Svičevi razdvajaju sve povezane uređaje i time podržavaju simultanu komunikaciju

U primeru na slici uređaj A priča sa B, svič na osnovu adresa u porukama preusmerava njihov saobraćaj jedan ka drugom, dok istovremeno uređaj C priča sa D, svič paralelno i njihovu komunikaciju preusmera, takođe na osnovu adresa.

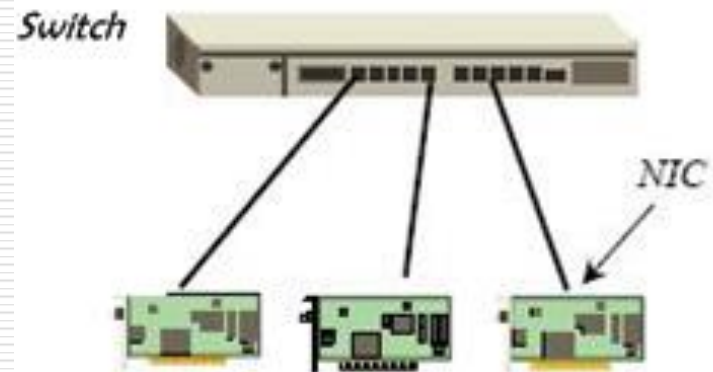
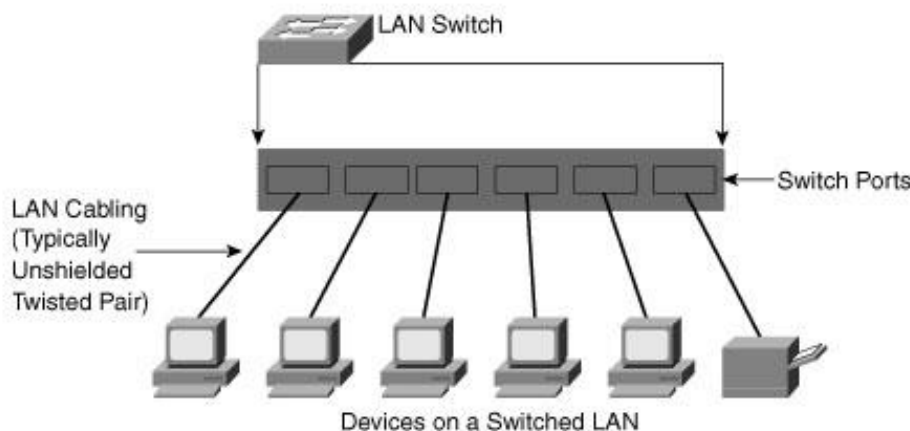
Dakle, A i B ne dobijaju poruke koje C i D salju, i obrnuto.



Ethernet uređaji - Switch

Prednosti - Izbegnuta ograničenja repitera i habova, posvećen pristup mediju i full duplex prenos

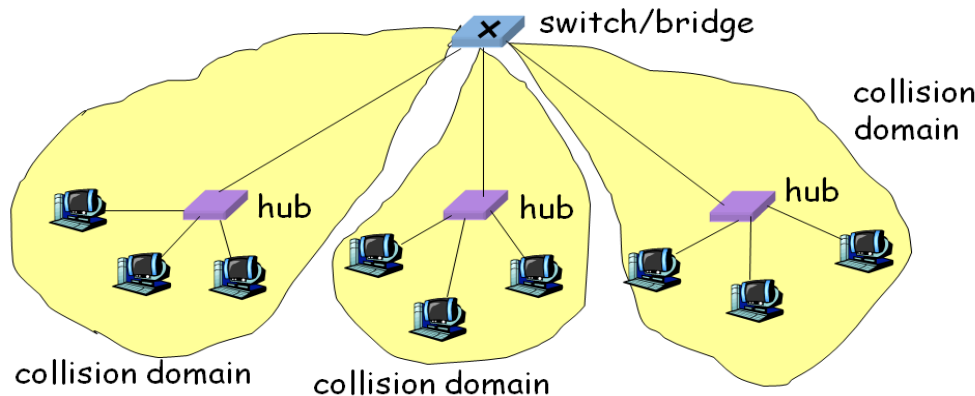
- ❑ **Svičevi i posvećeni pristup**
 - Tipčno, svaki uređaj ima svoj link
 - Link se realizuje bakarnim kablom sa upredenim paricama.
- ❑ **Full duplex**
 - Svaka konekcija može poslužiti za prijem i otpremu.
 - Prijem i otprema mogu da se odvijaju istovremeno.
 - Po dve parice uređaj šalje podatke a po druge dve prima podatke.
- ❑ **Potpuno izbegnute kolizije**
 - Svaka konekcija je dvosmerni *point to point* link.
 - Nema potrebe za osluškivanjem medija i detekciju kolizije.



Ethernet uređaji - Switch

Prednosti: Razdvajanje saobraćaja, nema kolizije, veći propusni opseg, privatnost, sigurnost...

- ❑ **Svičevi razbijaju mreže u LAN segmente**
- ❑ **Svičevi filtriraju pakete** (svaki frejm ide samo tamo gde treba)



- ❑ **Saobraćaj se prosleđuje samo tamo gde je neophodno**
 - na taj način smanjuje se opterećenje segmenta
 - Paket se prosleđuje tamo gde je neophodno da bi stigao na destinaciju
- ❑ **Povećava se udaljenost komuniciranja**
 - Manji kolizijski domen, veća daljina.
- ❑ **Poboljšava se privatnost i sigurnost poruke**
 - Frejm ne luta celom mrežom (kao kod ripitera i habova) već prolazi samo tamo gde je neophodno
- ❑ **Svič se može upotrebiti za spajanje različitih tehnologija**
 - 10Base T , 100Base T i 1000Base T

Ethernet uređaji - Switch

Kako switch da zna na koji port poslati pristigli paket?

- ☐ U nekoj kompaniji ima puno switch uređaja
- ☐ Svaki switch uređaj ima bar 10 portova na koje možemo povezati 10 računara ()
- ☐ Svi ti računari imaju NIC kartice sa ugraviranim MAC adresama, koje definišu taj računar,
- ☐ Administrator mreže bi mogao da povremeno popunjava tabelu unutar svakog svič uređaja u kojoj se nalazi info na kojem portu je koja MAC adresa (tabela parova: port, MAC)
 - ☐ Šta ako na isti port priključimo drugi računar (druga MAC adresa)?
 - ☐ Šta ako se otkačimo sa interneta, mi nismo više na raspolaganju?
 - ☐ Šta ako kupimo novi računar i stavimo ga na neki od preostalih portova na switch-u?



Administrator bi poludeo od posla, morao bi stalno da menja tabelu prosleđivanja.

Tabela prosleđivanja (tabela parova: PortNo, MAC) u sklopu svič uređaja je dobra ideja, ali morao se pronaći način da se ona samo popuni pri startu svič uređaja, i automatski osvežava ako se stanje u lokalnoj mreži promeni

Ethernet uređaji - Switch

Cilj je da se se tabela prosleđivanja paketa formira automatski unutar svič uređaja !!!!

- ❑ Svič automatski uči MAC adrese uređaja koji su povezani na njegove portove i u tabelu prosleđivanja zapisuje parove (MAC adresa, broj porta)
- ❑ Kada na neki port (ulaz) sviča stigne neki paket on pročita destinacionu MAC adresu koju taj paket nosi i na osnovu tabele prosleđivanja odluči na koji port će taj paket dalje da prosledi

Primer tabele prosleđivanja



MAC adresa

MAC Address

00:00:CD:15:62:10
00:04:00:4E:B5:0C
00:04:00:C1:6F:9A
00:04:76:E2:34:00
00:0D:60:32:DB:11
00:0D:60:32:DC:2E
00:0D:60:32:E0:3D
00:0D:60:33:27:D1
00:0F:20:34:F7:B5
00:0F:FE:E5:53:B9
00:0F:FE:E5:54:07
00:0F:FE:E5:98:00
00:0F:FE:E5:A8:E4
00:0F:FE:E5:AA:A0
00:0F:FE:E5:AB:86

Stack ID / Port Number

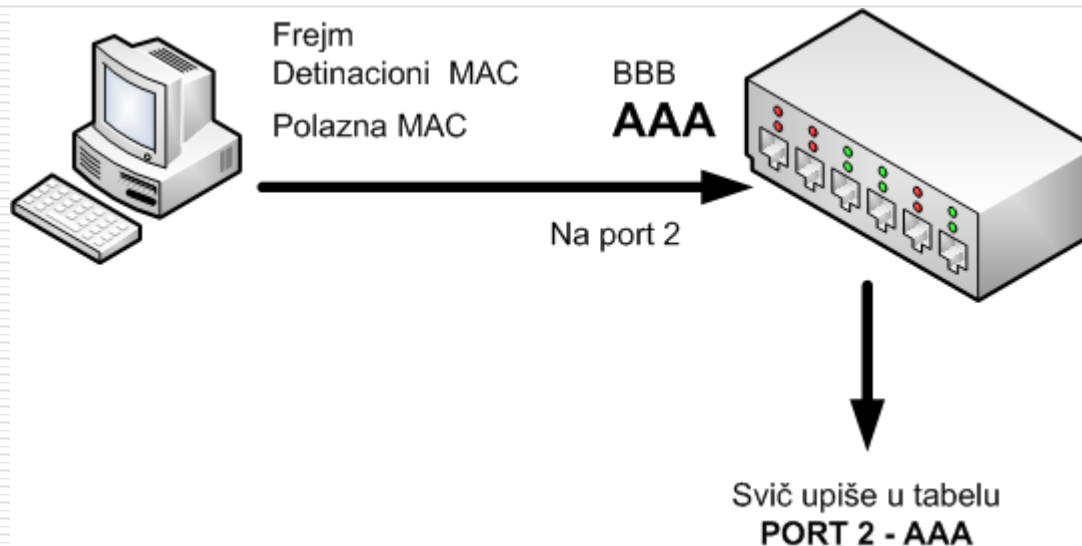
1 / 25
1 / 25
2 / 24
2 / 3
1 / 25
1 / 15
2 / 11
1 / 25
1 / 1
1 / 25
1 / 25
1 / 14
1 / 12
1 / 25

se prosleđuje na port

Ethernet uređaji - Switch

Kako svič uči MAC adrese uređaja koji su povezani na njegove portove?

- **Popunjavanje tabele prosleđivanja kada paket sa nekom MAC stigne na port X**
 - Frejm stigne na jedan port nekog sviča, na primer **port 2**
 - Svič čita polaznu **MAC** adresu (**AAA**) i ukoliko u tabeli nema zapisa za tu adresu unosi novi zapis u kojem povezuje polaznu adresu paketa sa portom na koji je došao
 - On sada ima taj par. Kada na neki drugi port pristigne frejm sa destinacionom MAC **AAA** odmah ga prosleđuje na **port 2**



Ethernet uređaji - Switch

Kako svič uči MAC adrese uređaja koji su povezani na njegove portove?

□ **Po pristizanju paketa**

- Frejm prištiže na port nekog sviča
- Svič čita destinacionu adresu i ukoliko u tabeli prosleđivanja postoji zapis za tu MAC adresu frejm se prosleđuje na odgovarajući port
- Ukoliko nema zapisa za tu MAC adresu svič pristigli frejm pušta na sve portove sem na onaj sa kojeg je pristigao

Pogledaj tabelu prosleđivanje

if pronađen zapis za destinaciju

then{

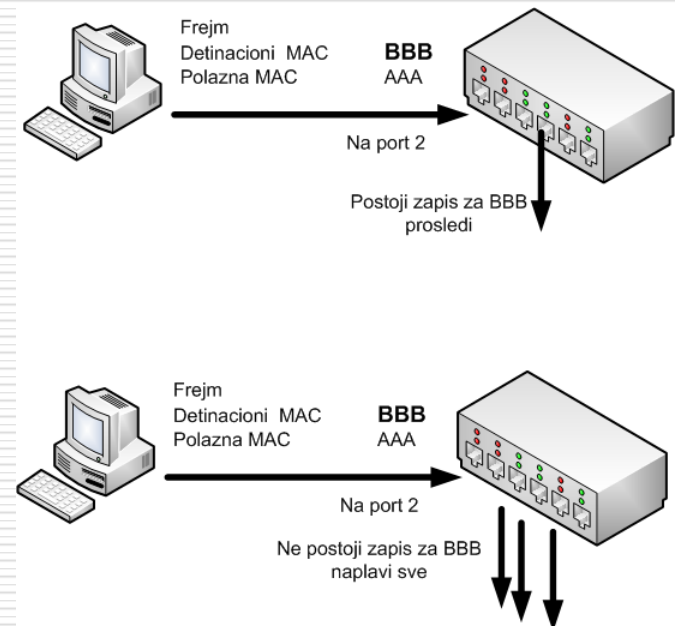
if ukoliko je destinacija isti port sa kojeg je frejm stigao

then odbaci frejm

else prosledi frejm na odgovarajući port

}

else naplavi sve portove osim dolaznog

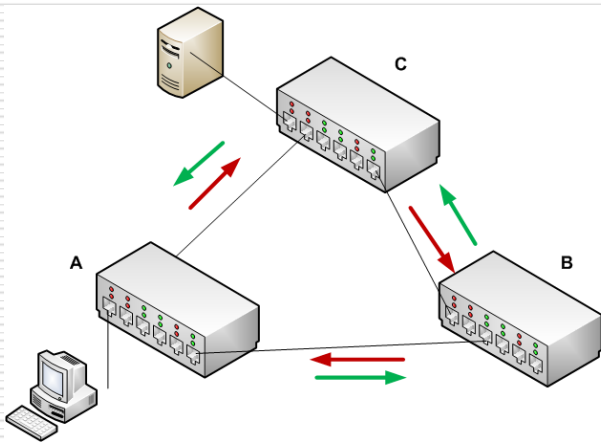


Ethernet uređaji - Switch

Kako svič uči MAC adrese uređaja koji su povezani na njegove portove?

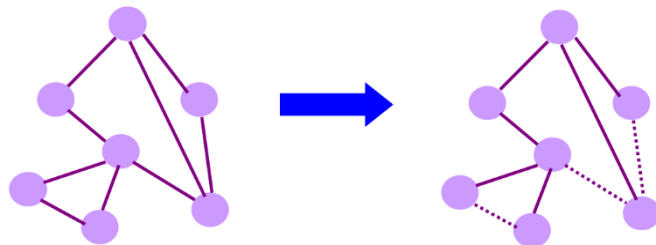
Brodcast ili naplavljanje portova može dovesti do petlji

- ❑ Svič pušta frejm na sve portove sem dolaznog
- ❑ Ukoliko je zbog greške ili sa namerom povećanja pouzdanosti došlo do povezivanja u petlju
- ❑ Dolazi do beskonačnog brodkasta



- ❑ A brodkastuje prema B (zeleno) i prema C (crveno)
- ❑ C prosleđuje crveno prema B koji ga vraća u A koji ponovo šalje na C
- ❑ B prosleđuje zeleno na C koji ga vraća u A koji ponovo šalje na B
- ❑ Vrlo brzo svičevi ne rade ništa drugo sem brodkasta

Rešenje je spanning trees:



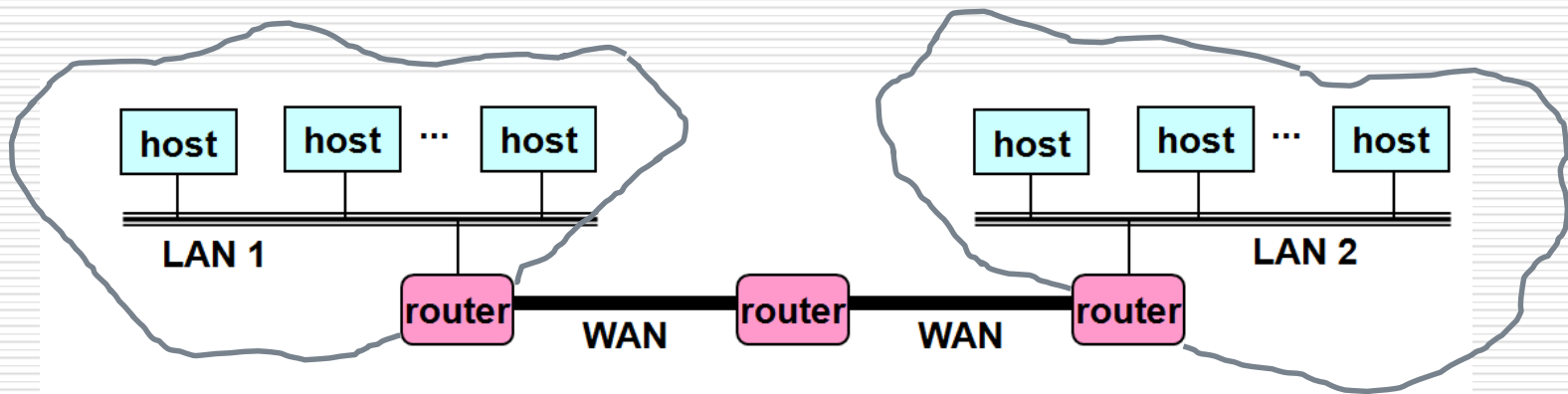
Ethernet

- ❑ Spanning tree prekida petlje:
 - Pomoću *spaning trees* protokola svičevi detektuju duple linkove
 - Po detektovanju lošiji linkovi se deaktiviraju (isprekidane linije)
 - U slučaju otkaza glavnog linka ovi deaktivirani linkovi se aktiviraju

Ethernet uređaji - Ruteri

Ruteri – kraljevi interneta, granica Etherneta, sa njima izlazimo van na lokalne mreže. Sledeće predavanje !

- ❑ Ukoliko želimo da se povežemo sa zaista udaljenim računarom neophodan nam je novi protokol nivo.
- ❑ IP protokol – internet protokol, sledeće predavanje !!!!
- ❑ Ruteri povezuju mreže a ne zasebne uređaje !!!!
- ❑ Ruteri barataju sa adresama mreža i paketima
- ❑ Do skora ruteri su predstavljali granice do kojih se ethernet protokol prostirao
- ❑ Ipak, danas se Ethernet može koristiti i na WAN mrežama



LAN = Local Area Network
WAN = Wide Area Network

- ❖ Svičevi su vrata između soba u stanu
- ❖ Ruter je izlazna vrata našeg stana