



Preddiplomski studij

Računarstvo

Komunikacijske mreže

6.

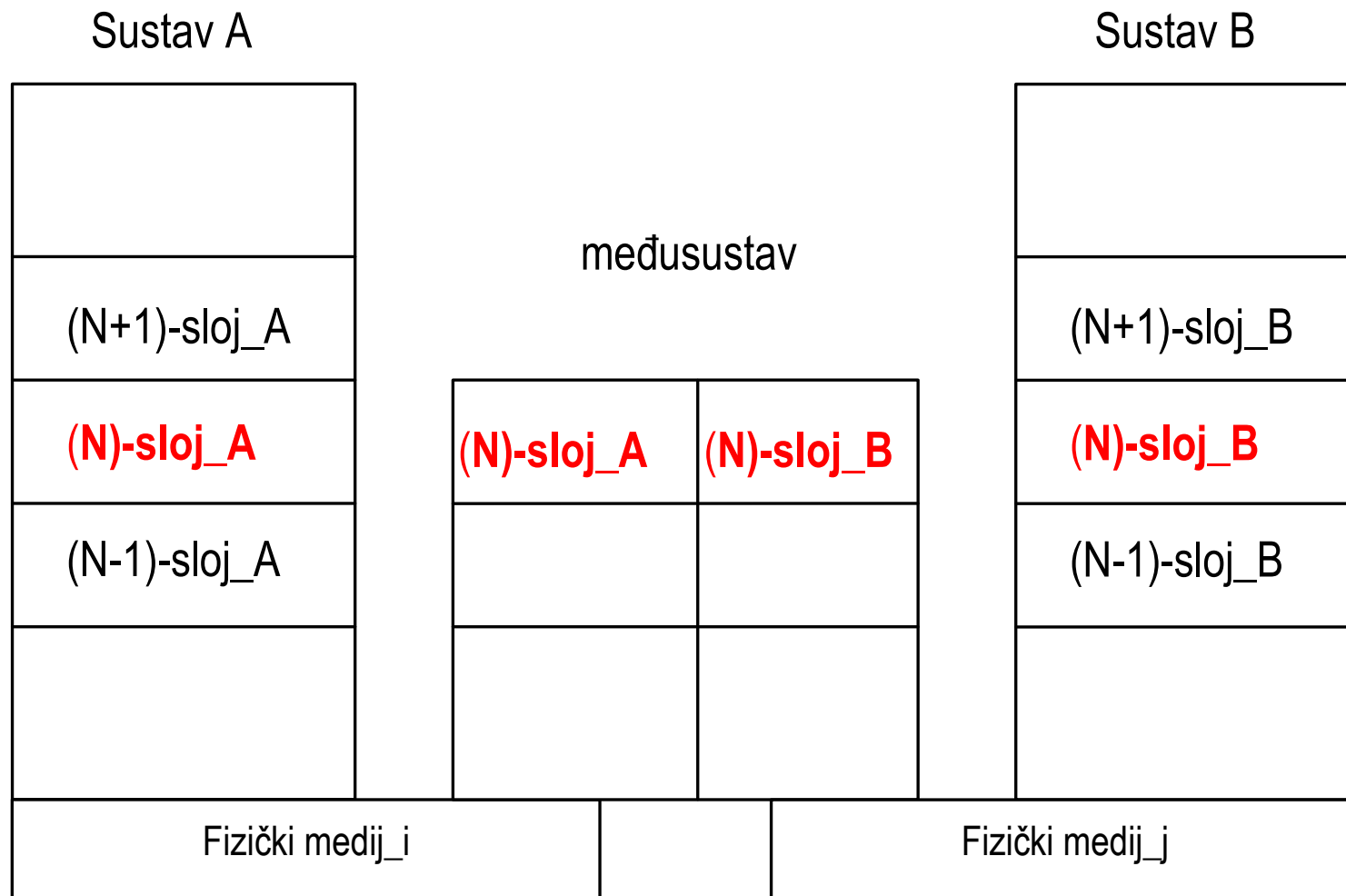
Međusobno povezivanje mreža

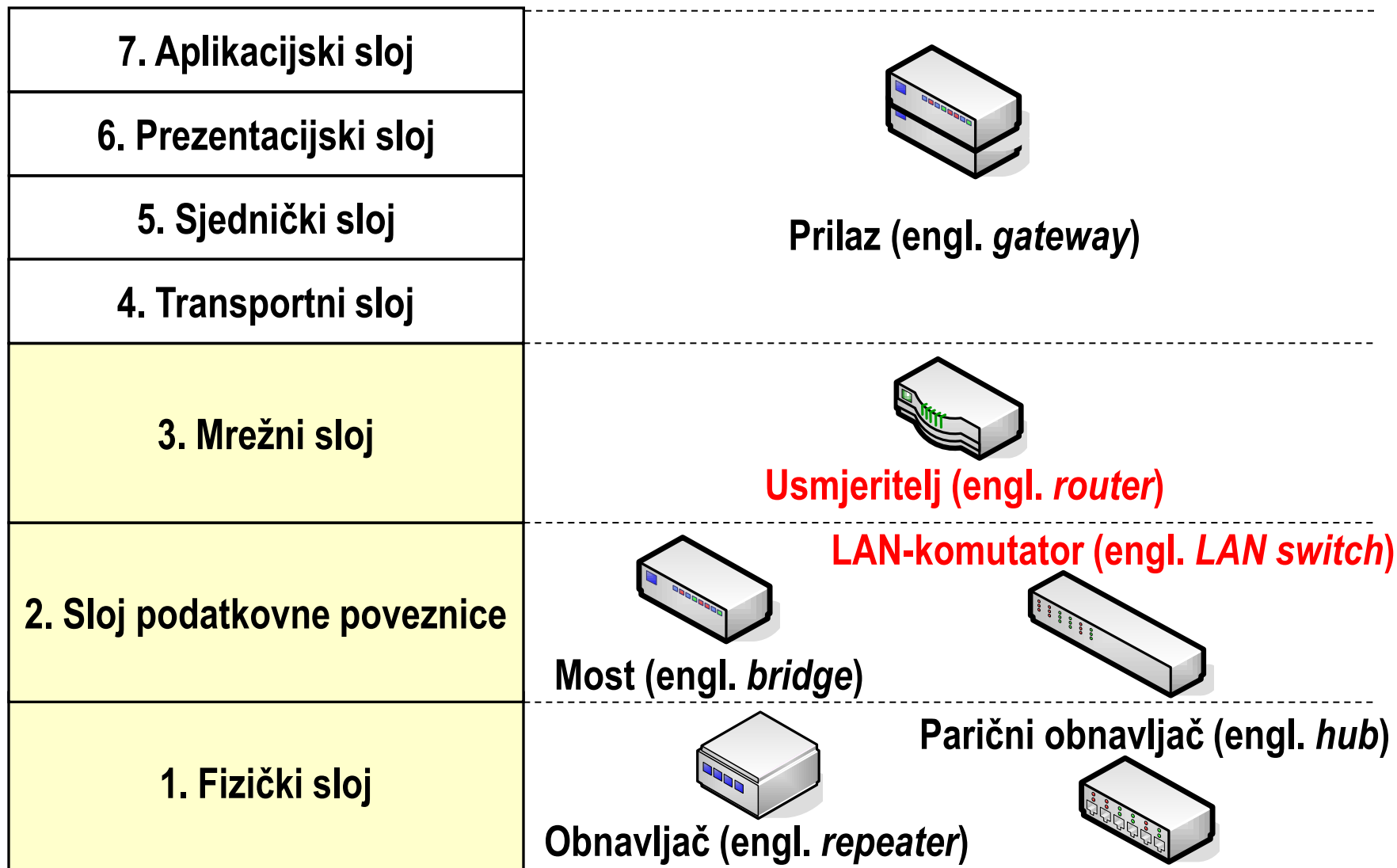
Ak.g. 2011./2012.

- ◆ Načela povezivanja mreža i mrežni uređaji
- ◆ Povezivanje lokalnih mreža
- ◆ Povezivanje u mrežnom sloju: IP-mreža
- ◆ Evolucija lokalne mreže vrste *Ethernet*
- ◆ IMUNES: modeli mreža, emulacija i simulacija mreža

1. Ustanoviti zahtjeve na povezivanje
 - kakvu komunikaciju treba ostvariti?
 - koje aplikacije i usluge treba podržati?
2. Odrediti moguća rješenja povezivanja
 - arhitektura: slojevi u kojima se ostvaruje povezanost
 - funkcionalnost: mrežni uređaji kojima se ostvaruje povezanost
3. Odabrati najpovoljnije rješenje
 - tehnologija
 - performanse
 - troškovi

Načela povezivanja mreža (2/2)





Povezivanje lokalnih mreža

A. Bažant, G. Gledec, Ž. Ilić, G. Ježić, M. Kos, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, V. Sinković: Osnovne arhitekture mreža, Element, 2007.

4. Lokalne mreže

Fizički sloj:

- ◆ generička arhitektura: obnavljač (engl. *repeater*)
- ◆ druge izvedbene arhitekture:
 - parični obnavljač (engl. *hub*)

Sloj podatkovne poveznice:

- ◆ generička arhitektura: most (engl. *bridge*)
- ◆ druge izvedbene arhitekture:
 - ◆ MAC-most (engl. *MAC bridge*)
 - ◆ komutator drugog sloja/L2-komutator (engl. *L2 switch*)
 - ◆ LAN-komutator (engl. *LAN switch*), Ethernetski komutator (engl. *Ethernet switch*)
- ◆ Svi primjeri: Ethernet LAN

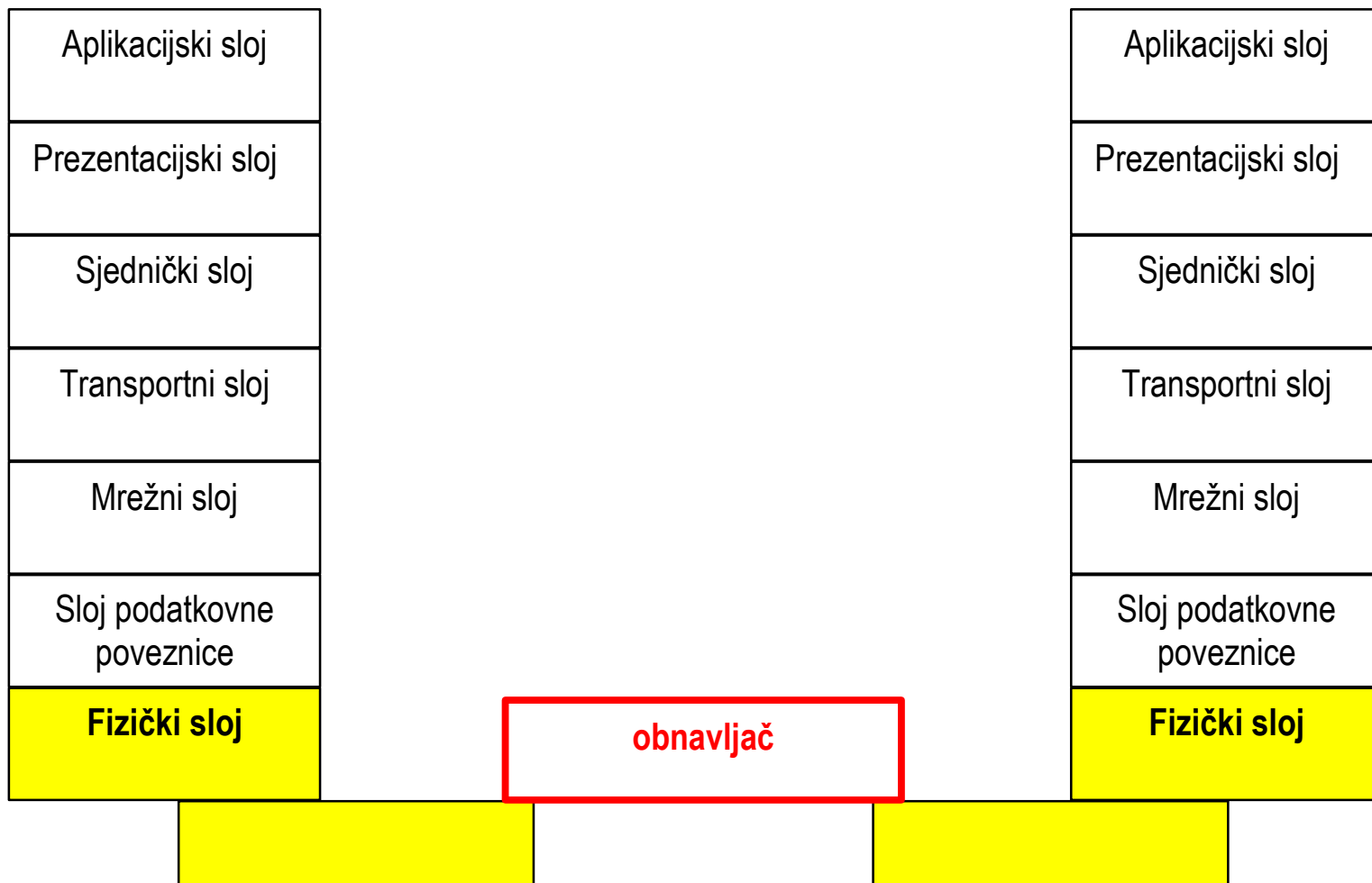
Na performanse povezanih mreža utječu:

Domena sudara (engl. *collision domain*)

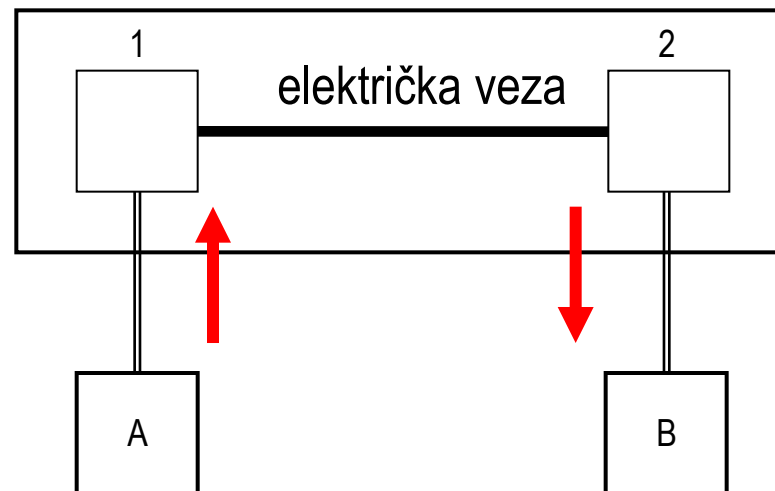
- ♦ dio mreže unutar kojeg se javlja sudar kad dvije ili više stanica istodobno šalju okvire
- ♦ javlja se samo u lokalnoj mreži

Domena razasijanja (engl. *broadcast domain*)

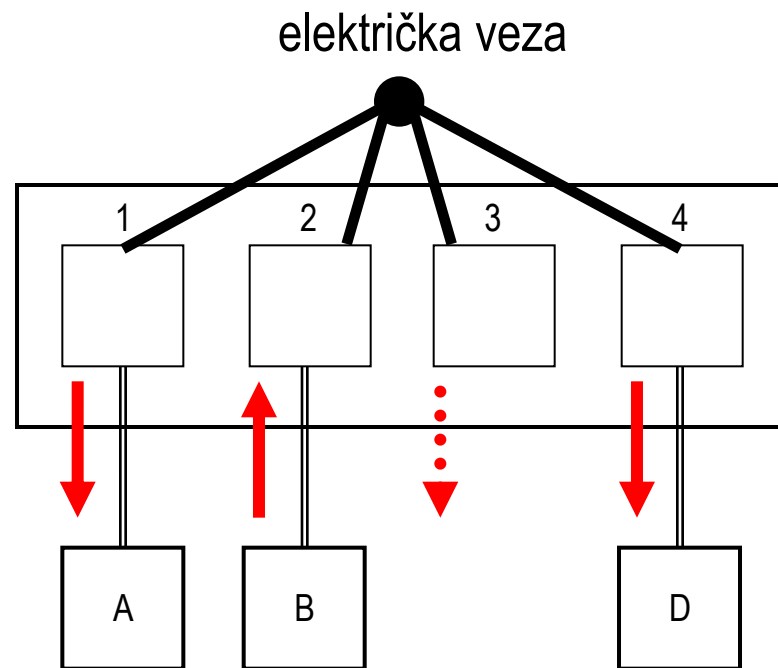
- ♦ dio mreže unutar kojeg se svim stanicama razasilju jedinice podataka
- ♦ javlja se u svim mrežama i svim slojevima s mogućnošću razasijanja jedinica podataka



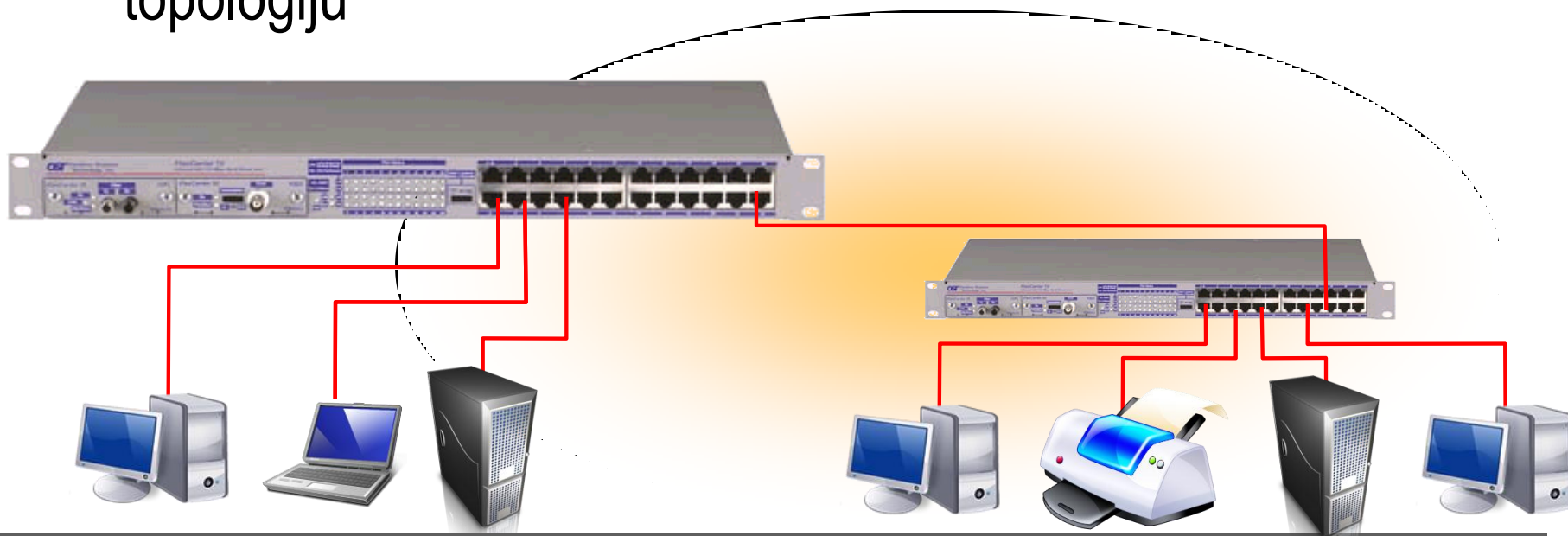
- ♦ uređaj fizičkog sloja koji povezuje dva segmenta lokalne mreže (koaksijalni kabel) i obnavlja signal izobličen zbog prigušenja i disperzije
- ♦ fizička i logička topologija sabirnice
- ♦ unosi dodatno kašnjenje



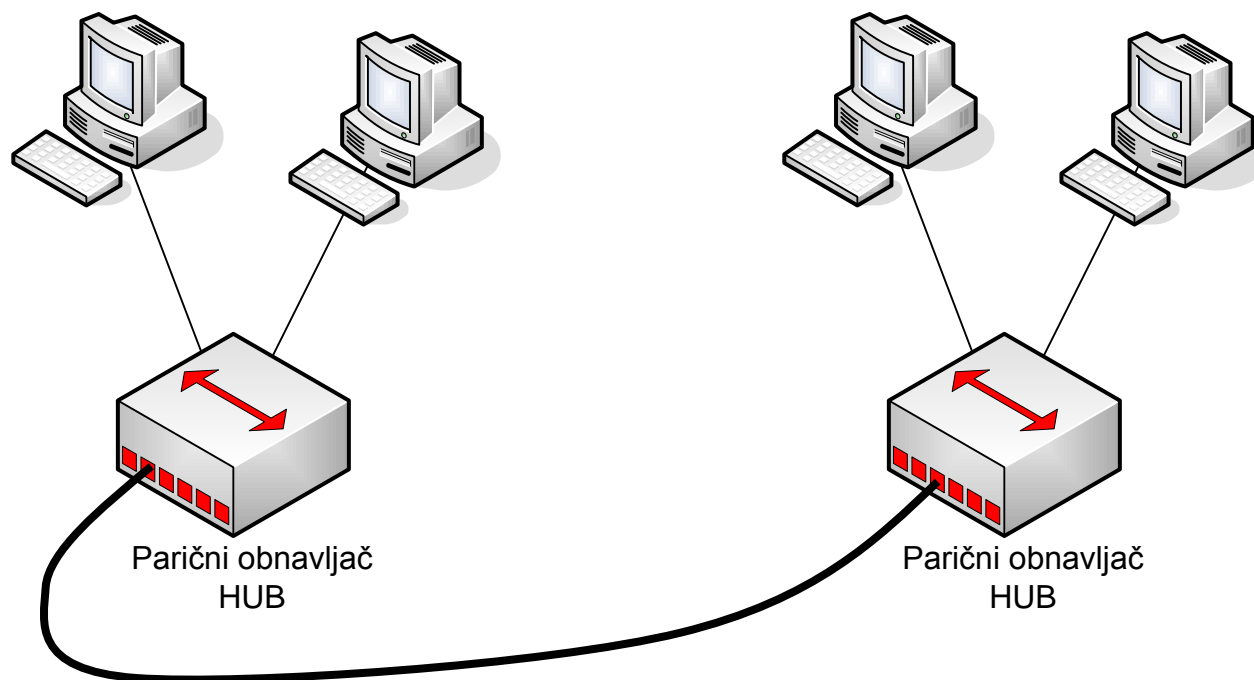
- ♦ uređaj koji povezuje stanice spojene paricom u lokalnu mrežu i obnavlja signal
- ♦ fizička topologija zvijezde, a logička sabirnice
- ♦ unosi dodatno kašnjenje



- ◆ ne razdvaja domene sudara (svake dvije stanice mogu izazvati sudar)
- ◆ ne razdvaja domene razašiljanja (svim se stanicama razašilju okviri)
- ◆ parični obnavljači mogu se povezivati u stablastu topologiju



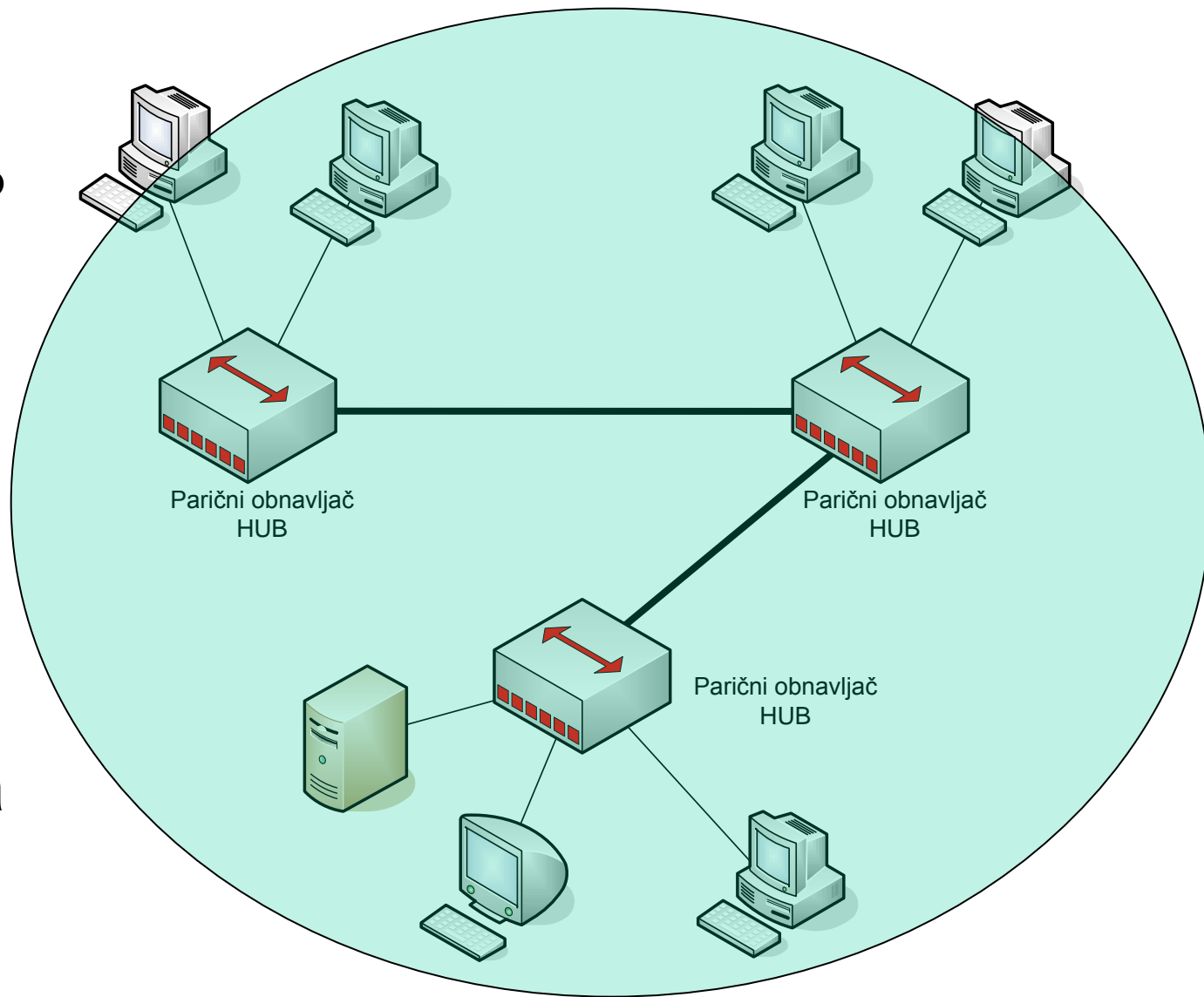
Je li dopušteno ovakvo povezivanje paričnih obnavljača?

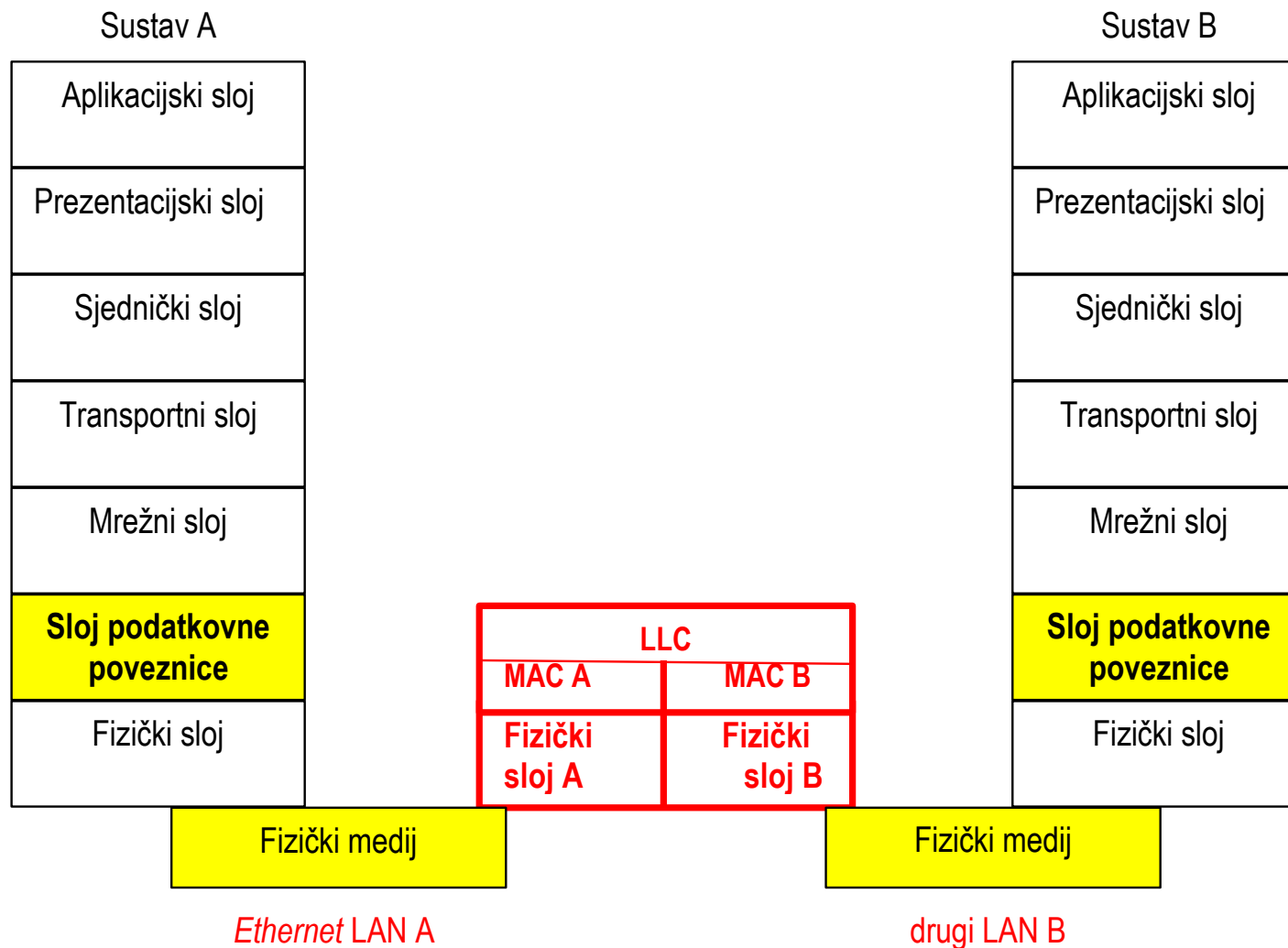


Je li dopušteno povezivanje paričnih obnavljača u petlju?

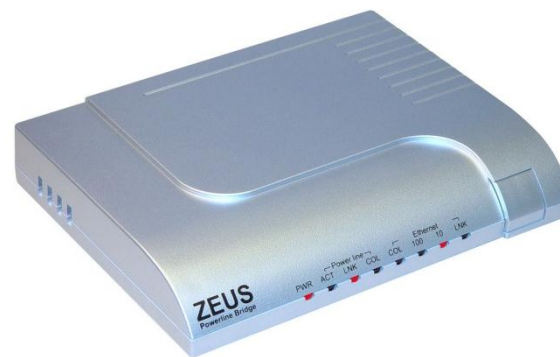
Koliko domena
sudara postoji?

Koliko domena
razašiljanja
postoji?

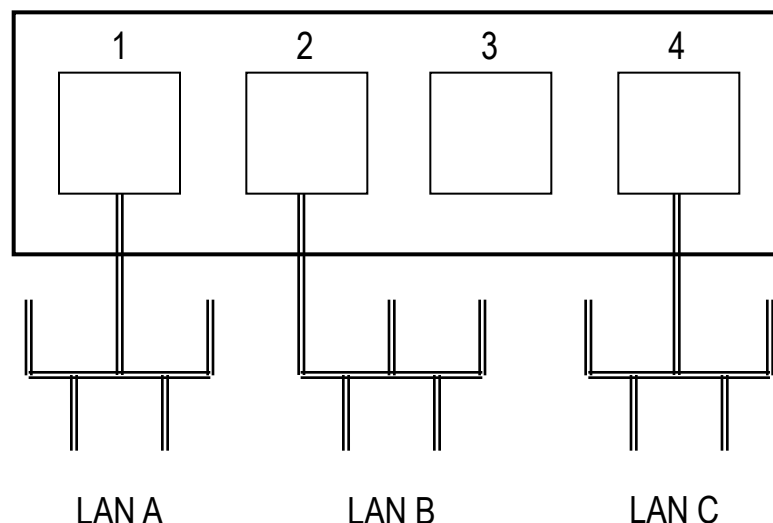


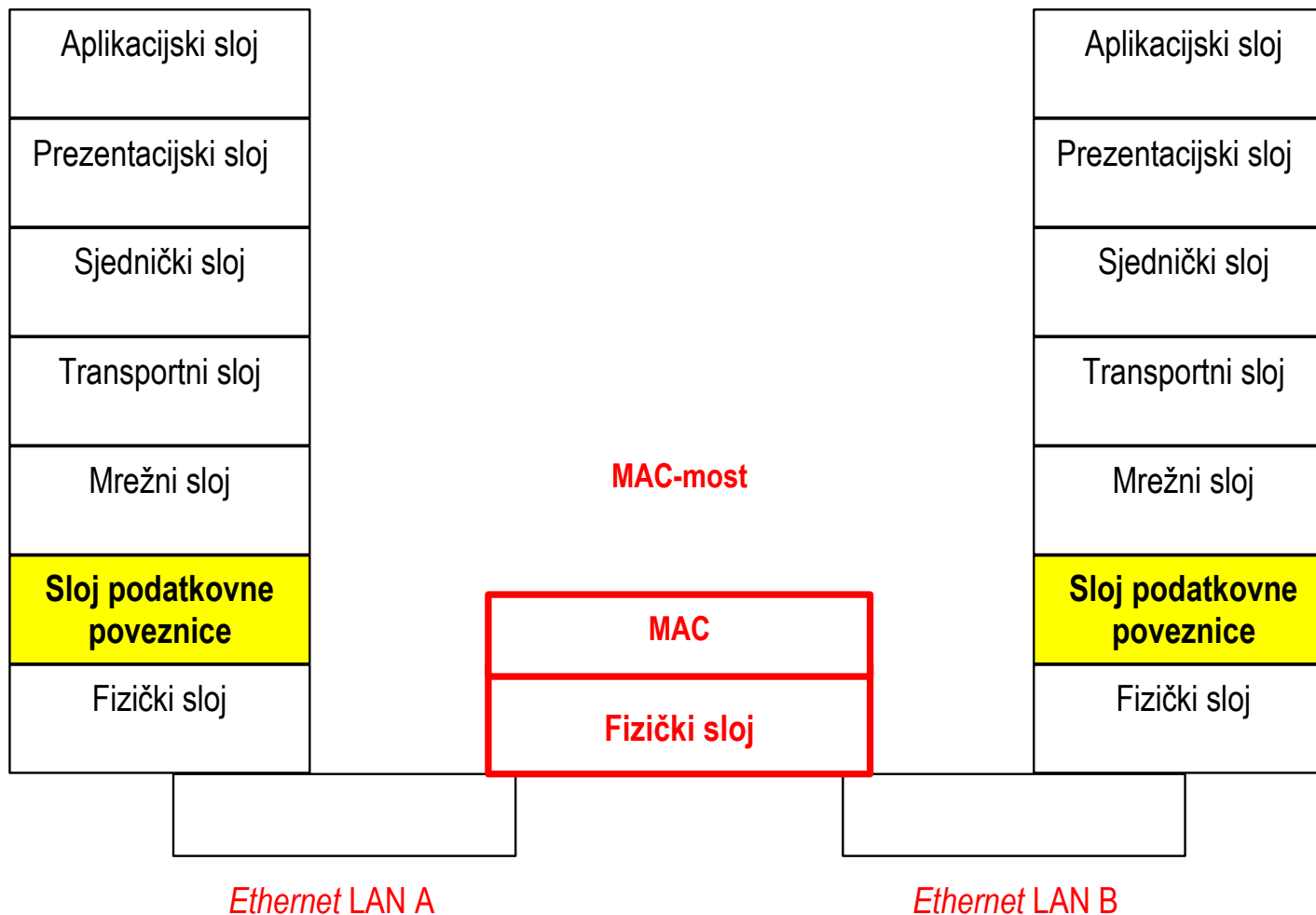


- ♦ uređaj sloja podatkovne poveznice koji omogućuje povezivanje lokalnih mreža različite ili iste izvedbe te različitih ili istih brzina prijenosa
- ♦ provodi prosljeđivanje okvira na temelju MAC-adrese

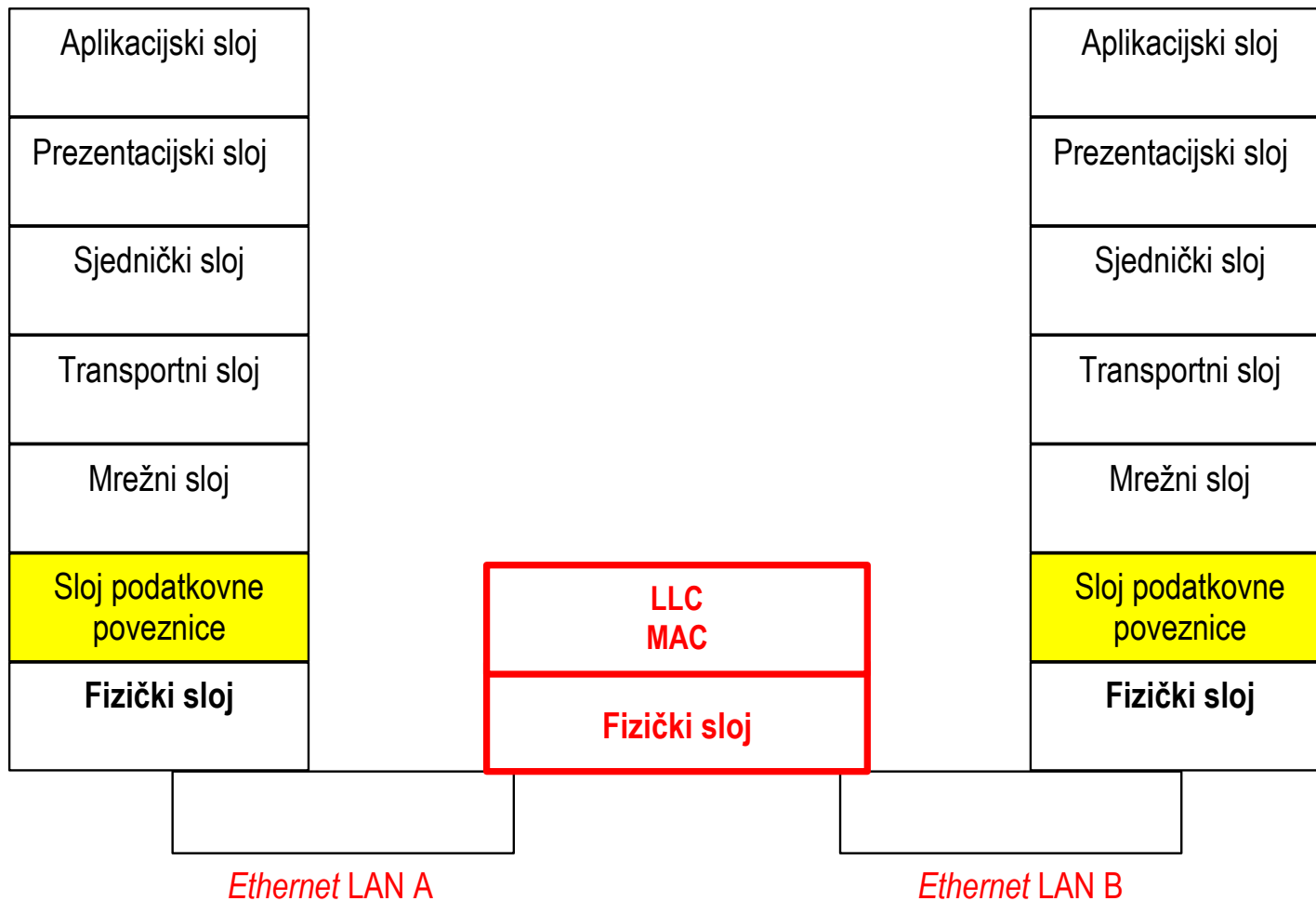


- ◆ razdvaja domene sudara - svaka lokalna mreža zasebna je domena sudara
 - sudar moguć samo unutar iste mreže
- ◆ ne razdvaja domene razašiljanja
 - svim se stanicama u svim mrežama razašilju okviri





Komutator drugog sloja, LAN-komutator

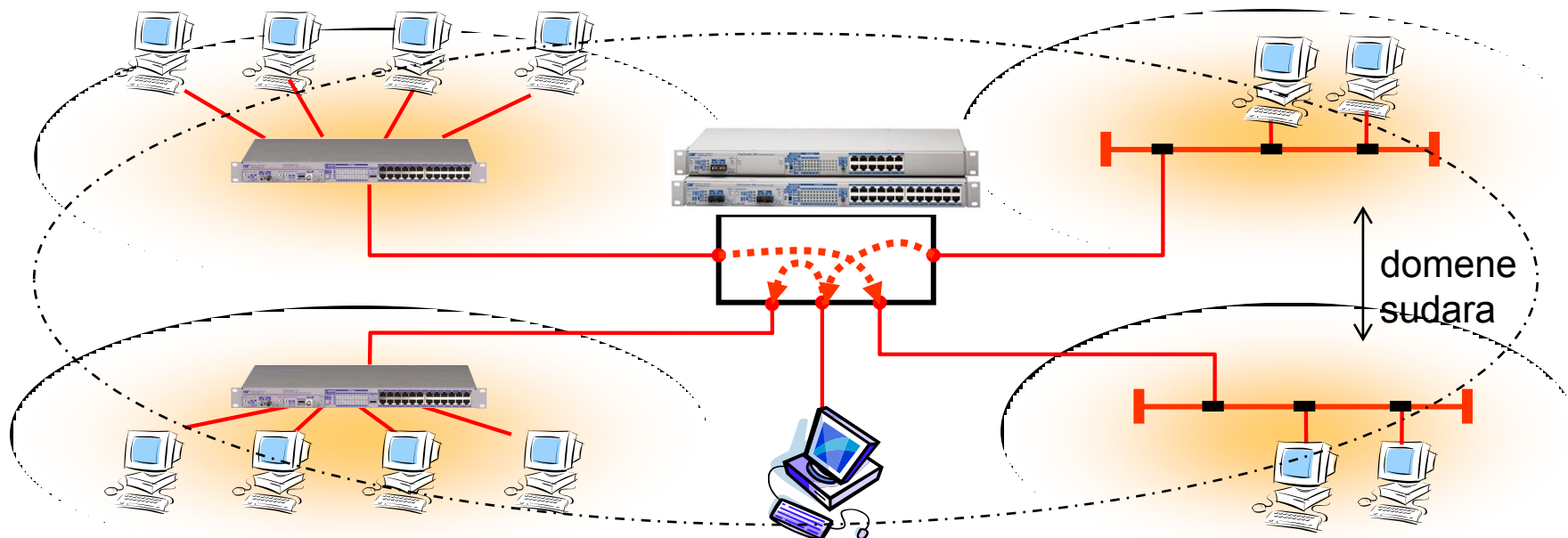


- ♦ uređaj sloja podatkovne poveznice koji omogućuje povezivanje istovrsnih lokalnih mreža istih ili različitih brzina prijenosa
- ♦ proslijeđivanje okvira na temelju MAC-adrese



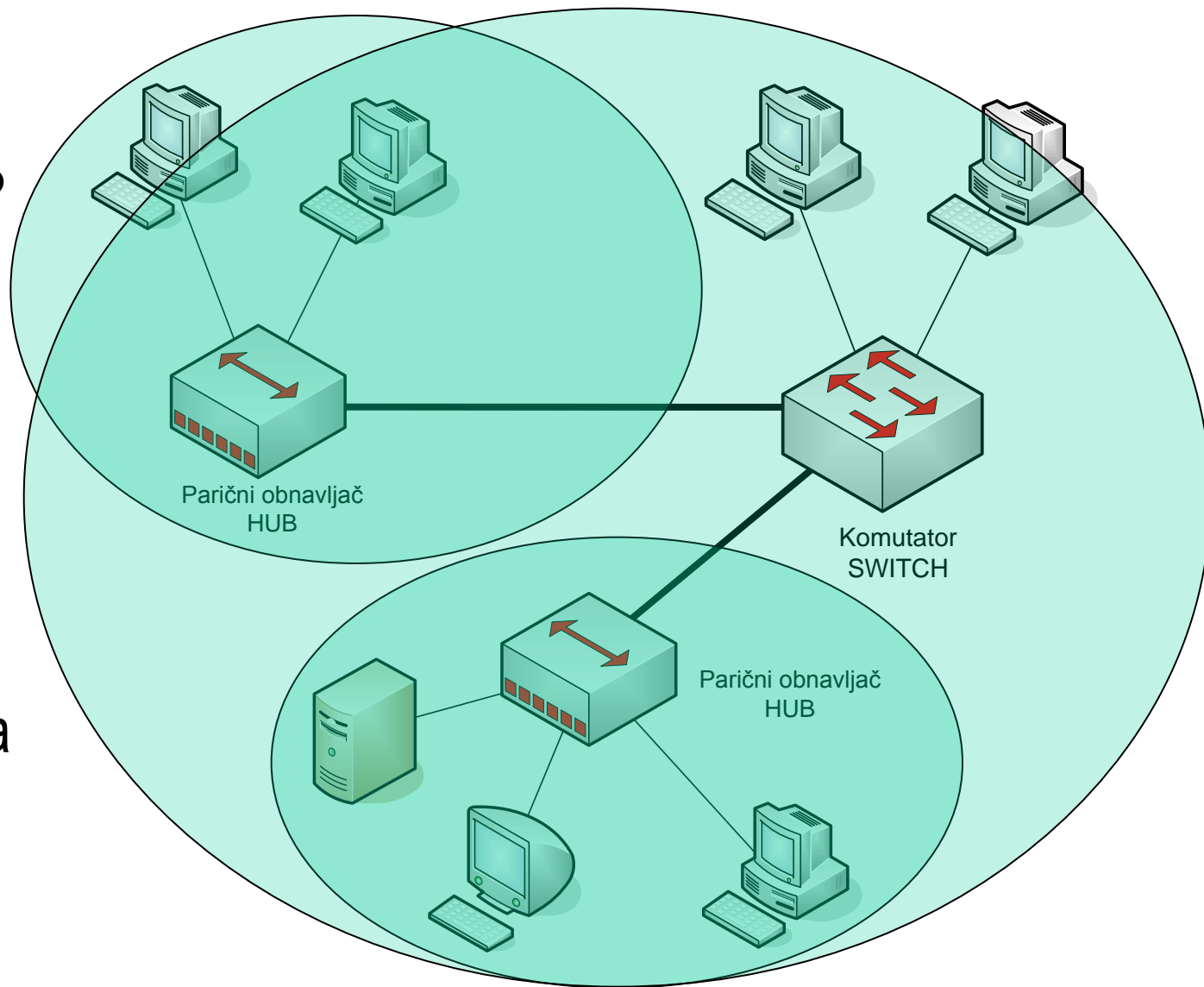
Rješenje koje se primjenjuje u današnjim lokalnim mrežama:

- ◆ razdvaja domene sudara - svaka mreža zasebna je domena sudara
 - sudar moguć samo unutar jedne mreže
- ◆ ne razdvaja domene razašiljanja
 - svim se stanicama u svim mrežama razašilju okviri
- ◆ LAN-komutatori mogu se međusobno povezivati



Koliko domena sudara postoji?

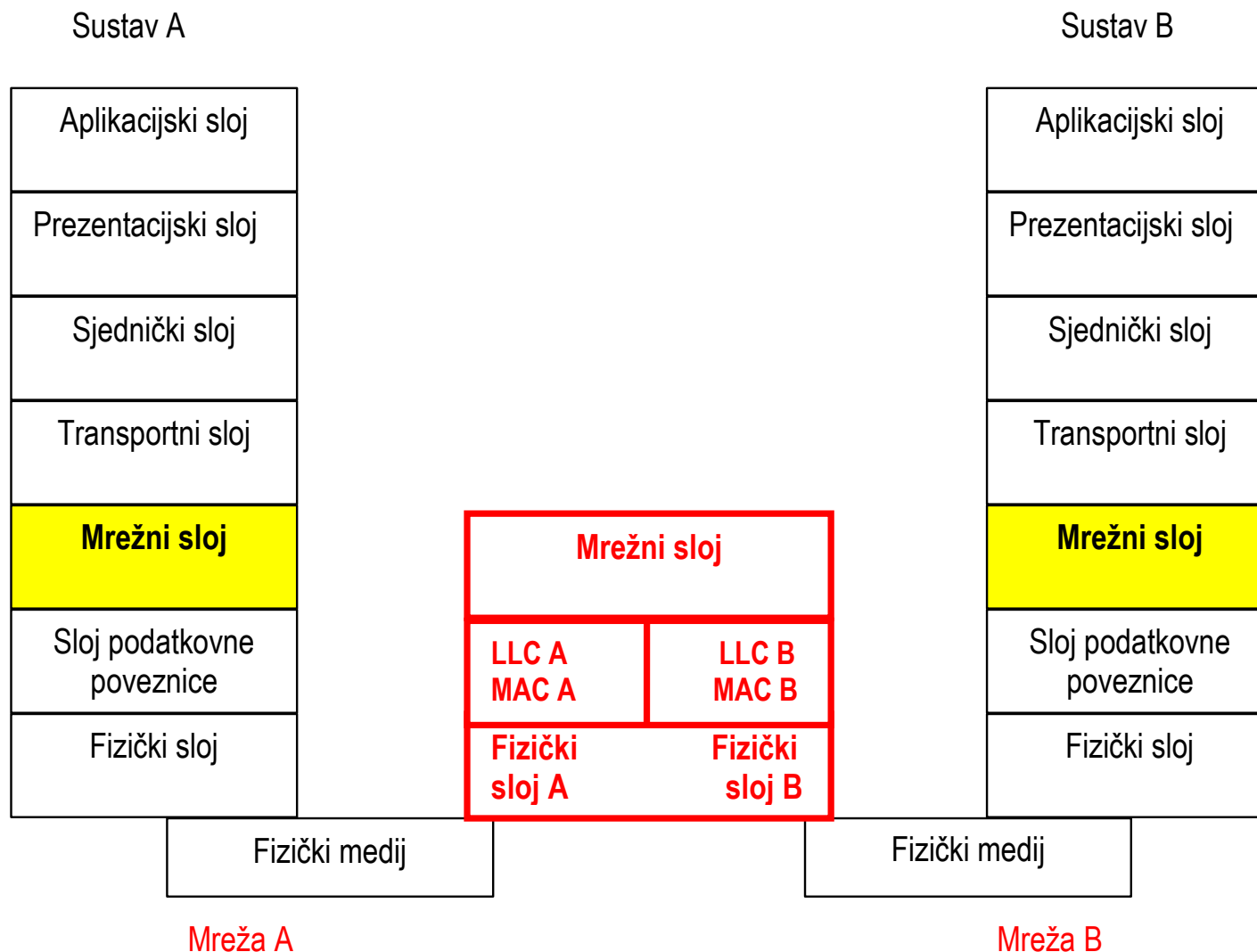
Koliko domena razašiljanja postoji?



Povezivanje u mrežnom sloju

Mrežni sloj:

- ◆ generička arhitektura: usmjeritelj, usmjernik (engl. *router*)
- ◆ druge izvedbene arhitekture:
 - slično kao kod mostova, gdje se funkcije LAN-komutatora drugog sloja izvode sklopovski, za potrebe povezivanja u lokalnim mrežama primjenjuju se LAN-komutatori trećeg sloja (engl. *L3 switch*) sa sklopovski izvedenim funkcijama prosljeđivanja paketa
- ◆ Svi primjeri: IP-mreža



Uređaj mrežnog sloja:

- ◆ razdvaja domene sudara okvira - svaka mreža zasebna je domena sudara
- ◆ razdvaja domene razašiljanja okvira - svaka mreža zasebna je domena razašiljanja
- ◆ usmjeritelji se mogu međusobno povezivati

U Internetu i drugim IP-mrežama:

- ◆ usmjerava i prosljeđuje datagrame

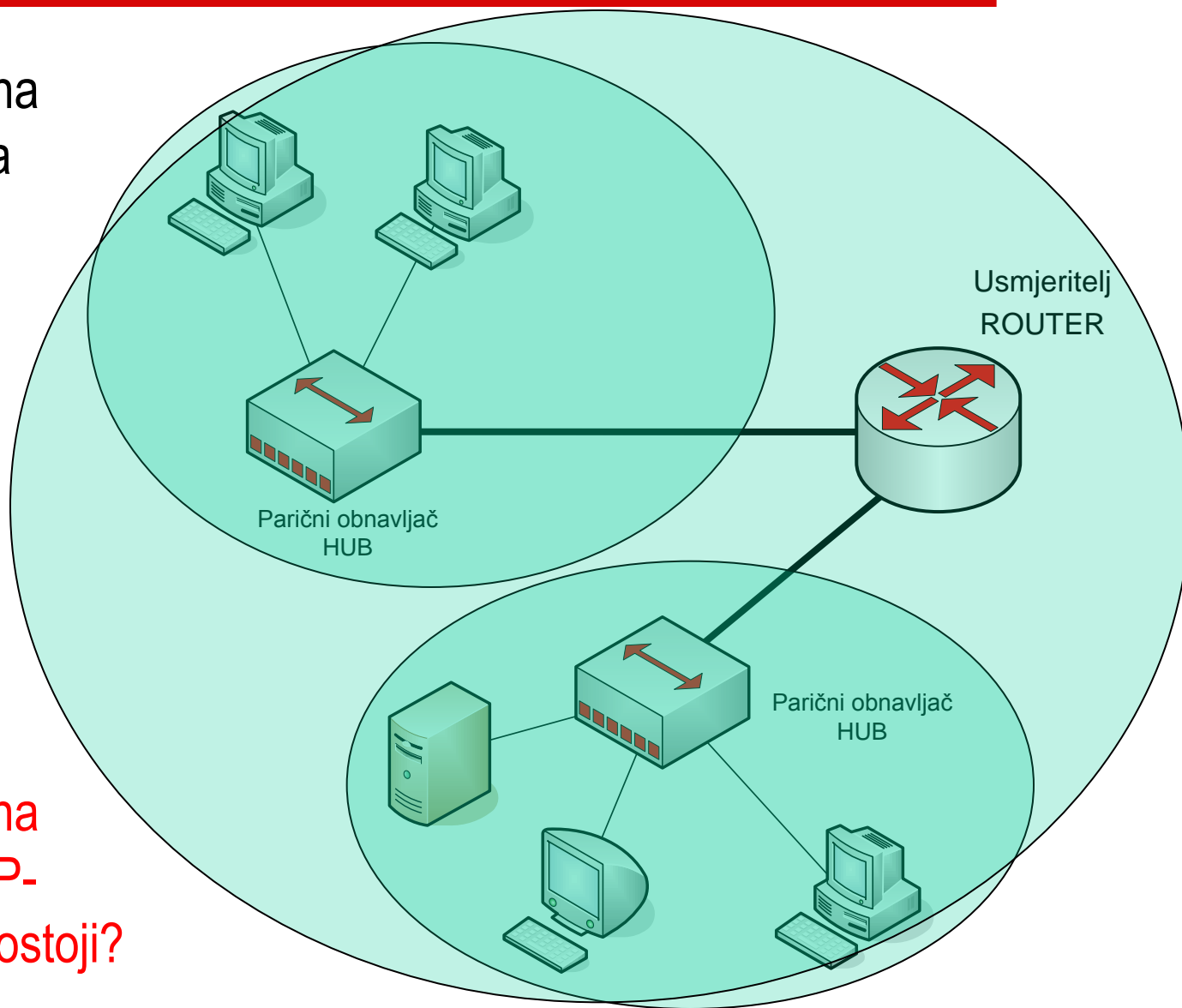


Povezivanje s usmjeriteljem (1/2)

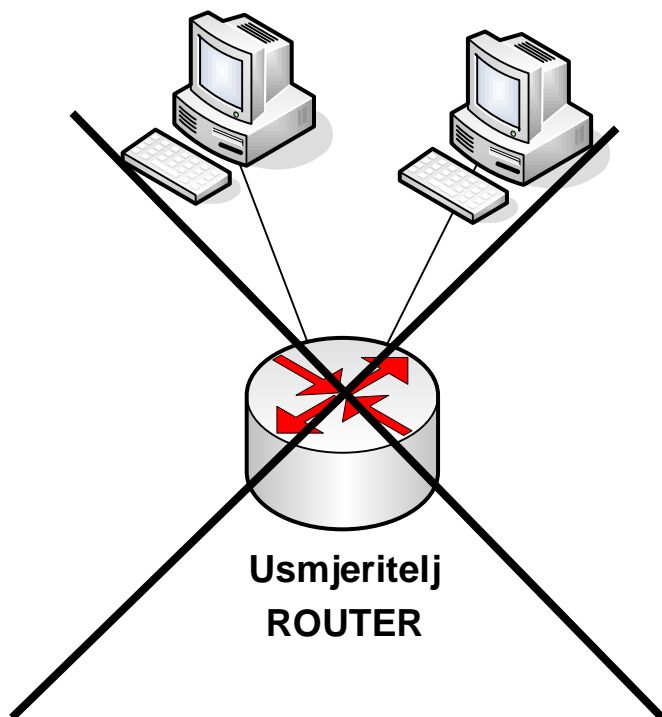
Koliko domena
sudara okvira
postoji?

Koliko
domena
razašiljanja
okvira
postoji?

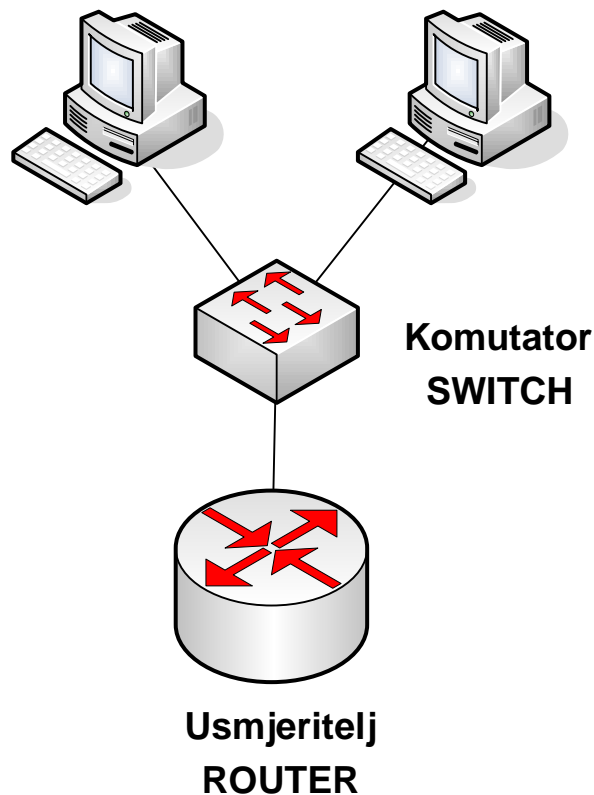
Koliko domena
razašiljanja IP-
datagrama postoji?



“Mitska” topologija



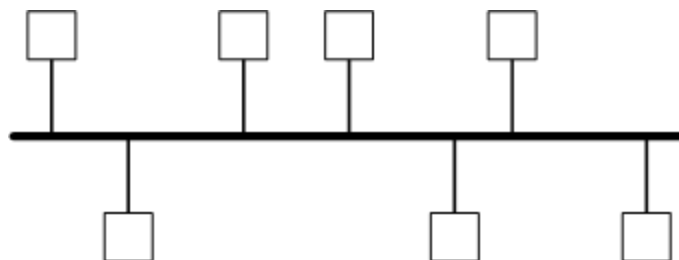
Realna topologija



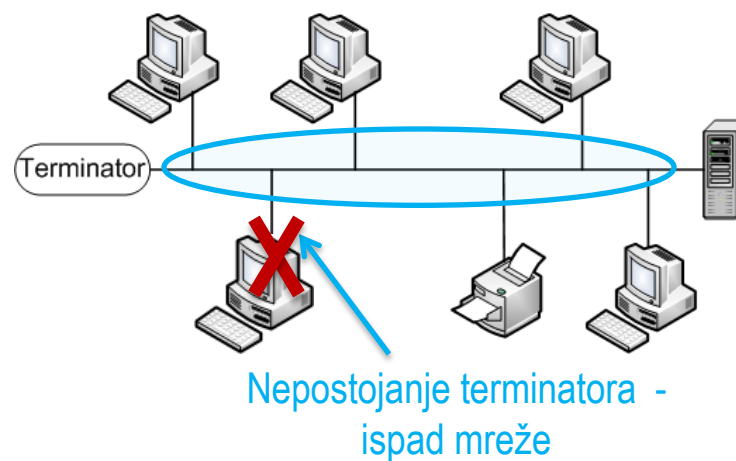
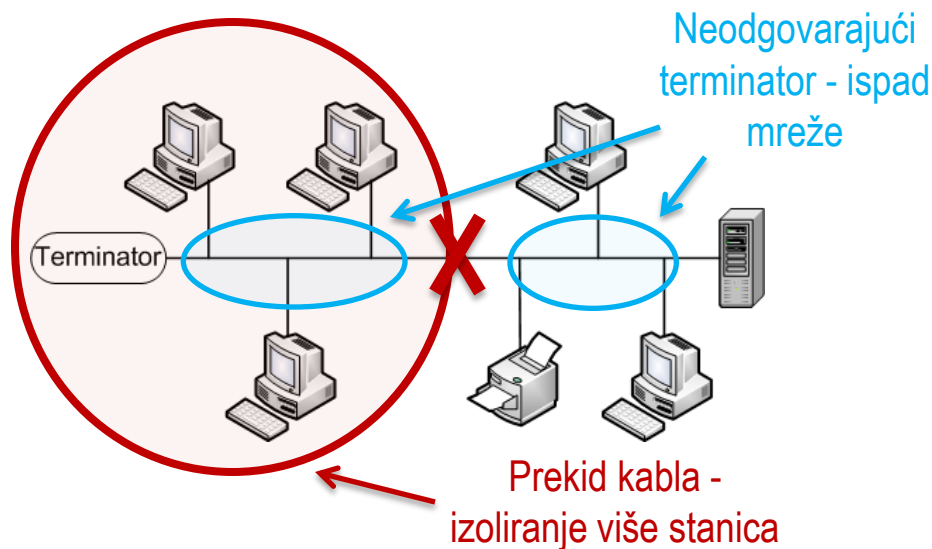
Ustanovite razloge zbog kojih se u mrežama ne primjenjuje “mitska”, već realna topologija!

Evolucija lokalne mreže vrste *Ethernet*

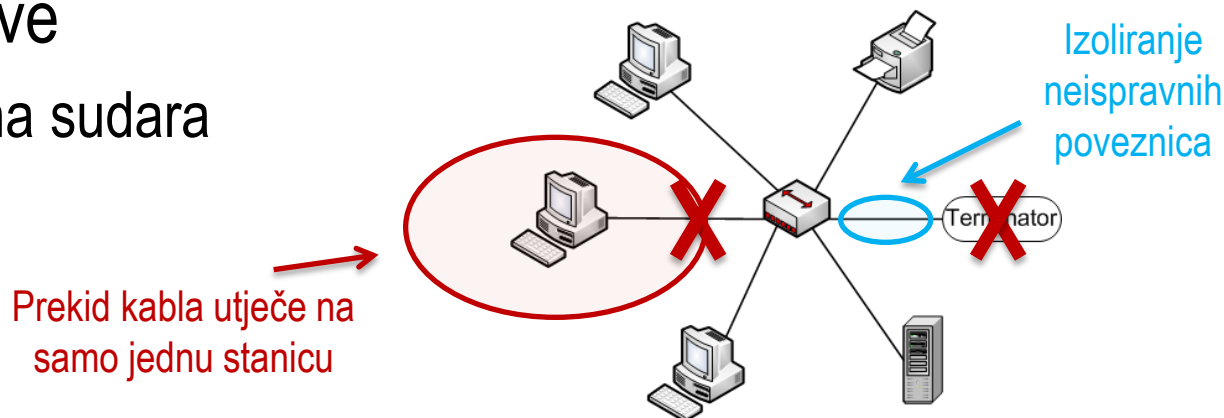
- ♦ dijeljeni medij (topologija je sabirnica)
- ♦ postupak CSMA/CD
- ♦ koaksijalni kabel kao medij
 - izvedba 10BASE5 (*ThickNet*)
 - izvedba 10BASE2 (*ThinNet*)
- ♦ poludvosmjerni (engl. *half-duplex*) prijenos podataka
- ♦ jedna domena sudara



- ◆ problemi sabirničke topologije
 - prekid koaksijalnog kabla uzrokuje ispad mreže
 - dodatni problemi koaksijalnog kabla
 - uzemljenje
 - terminator
 - dodavanje/uklanjanje čvorova može dovesti do ispada cijele mreže



- ◆ prekid/neispravnost pojedinačnog kabla (segmenta) utječe samo na jedan čvor
- ◆ pojava neoklopljene upredene parice (engl. *Unshielded Twisted Pair*, UTP)
 - UTP-kabel jeftiniji i jednostavniji za rukovanje
 - izvedba 10BASE-T koristi kategorije Cat3 i Cat4 kabla
- ◆ pojavljuje se parični obnavljač - izolira neispravne čvorove/kablove
 - ◆ jedna domena sudara

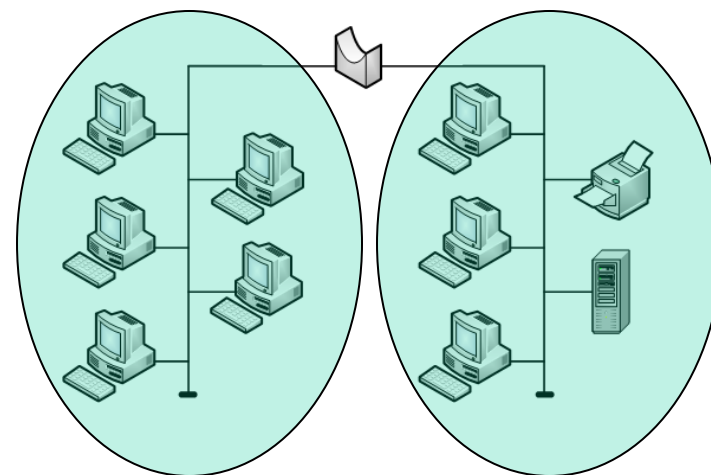


♦ postupak CSMA/CD

- broj sudara raste s porastom prometa u mreži
 - otežana upravljivost mreže
 - moguć ispad mreže

♦ uređaj most

- razdvaja domene sudara
- poboljšava performanse mreže

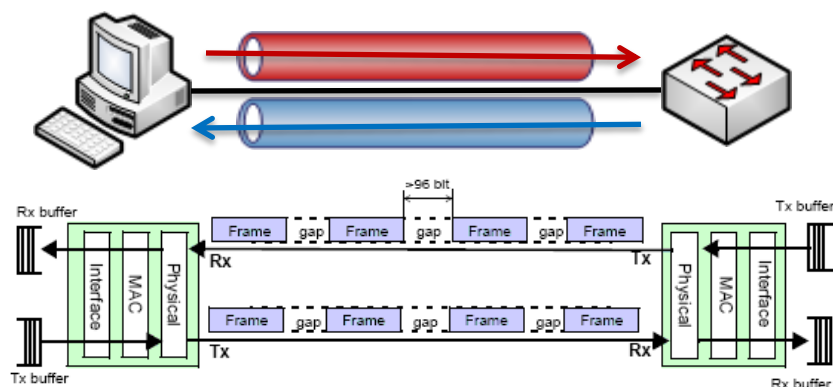


2 domene sudara

- ◆ 10BASE-T - dominacija početkom 90-ih
 - poludvosmjerni smjer prijenosa podataka + CSMA/CD - jednostavnost
 - obnavljači, parični obnavljači - jednostavni, jeftini

- ◆ dominacija korištenja UTP-a - omogućuje pojavu dvosmjernog (engl. *full-duplex*) MAC-a
 - medij više nije dijeljen
 - 10BASE-T uređaji šalju podatke na jednoj parici, a primaju ih na drugoj
 - dva odvojena kanala

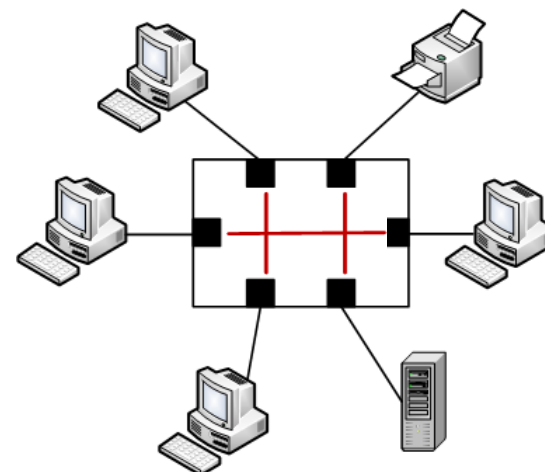
- ◆ istovremeno primanje i slanje okvira
 - dva neovisna kanala: **slanje** i **primanje**
- ◆ komunikacija od točke do točke (engl. *point-to-point*)
- ◆ zadržan razmak između okvira (engl. *interframe gap*)
- ◆ kontrola toka - zahtjev primatelja za privremenim zaustavljanjem slanja okvira (okviri prebrzo stižu)



- ◆ pojava sudara nije moguća - **CSMA/CD više nije potreban**
 - CS (“osluškivanje” medija) - medij nikada nije zauzet (različiti, neovisni kanali za primanje i slanje okvira)
 - nema više natjecanja za medij
 - MA (višestruki pristup) - na krajevima svake poveznice nalazi se samo jedna stanica (jedna šalje, druga prima)
 - CD (otkrivanje sudara) - nema sudara (signal zagušenja je nepotreban)

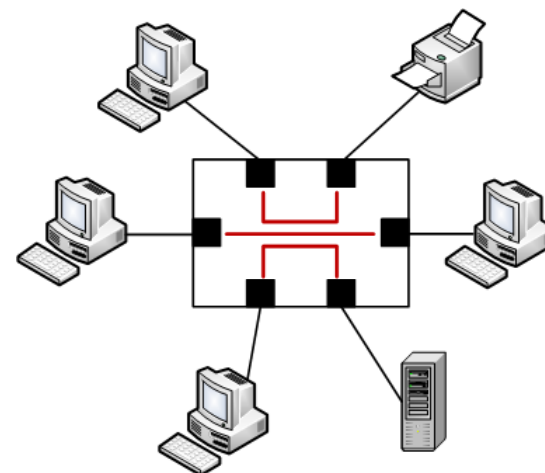
♦ parični obnavljač

- unutar “crne kutije” je **sabirnica**
- fizička topologija zvijezde, a logička sabirnice
- samo jedna stanica u istom trenutku može slati podatke

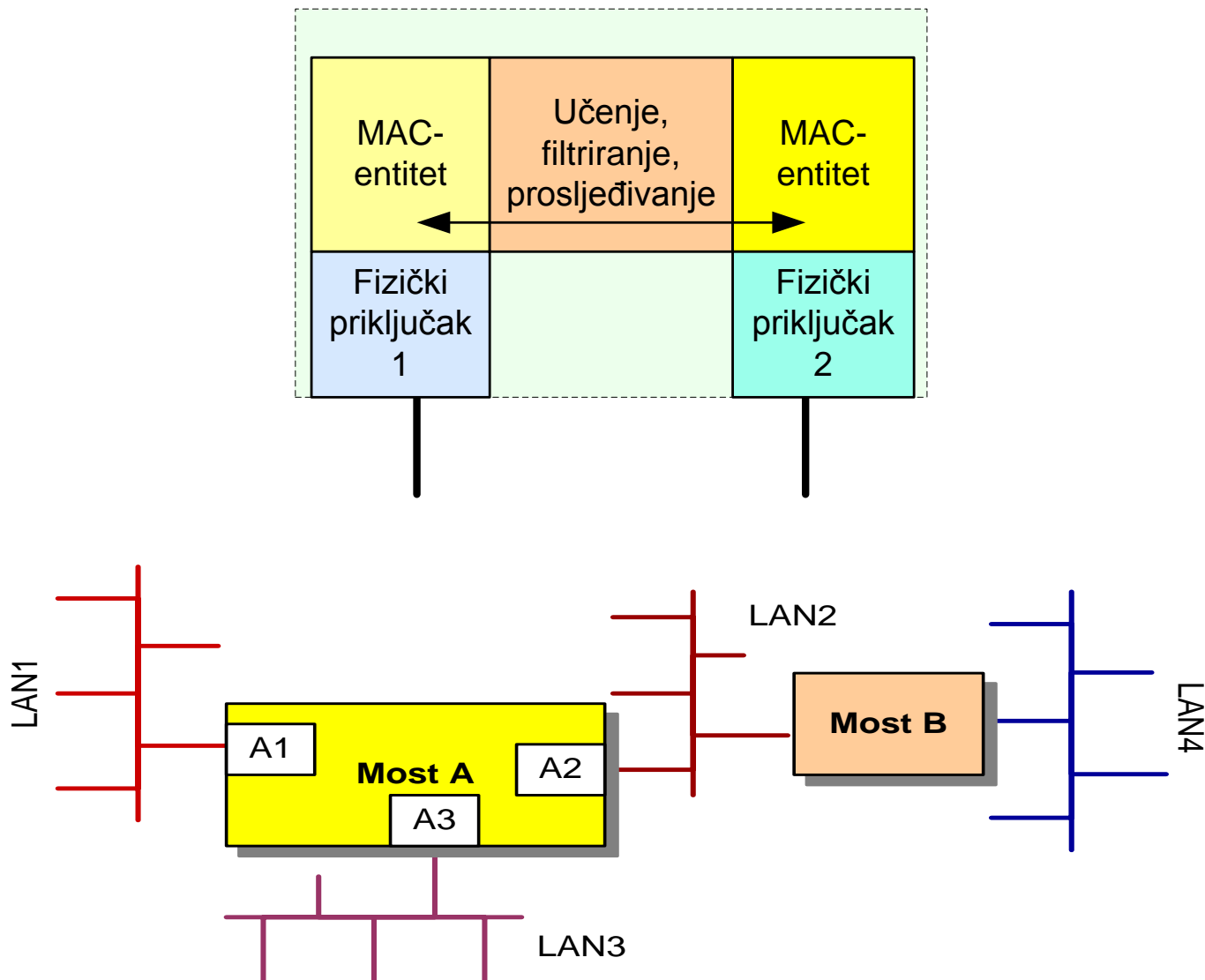


♦ ethernetski komutator

- fizička i logička topologija zvijezde
- omogućena istovremena komunikacija između različitih stanica



Most - načelo rada

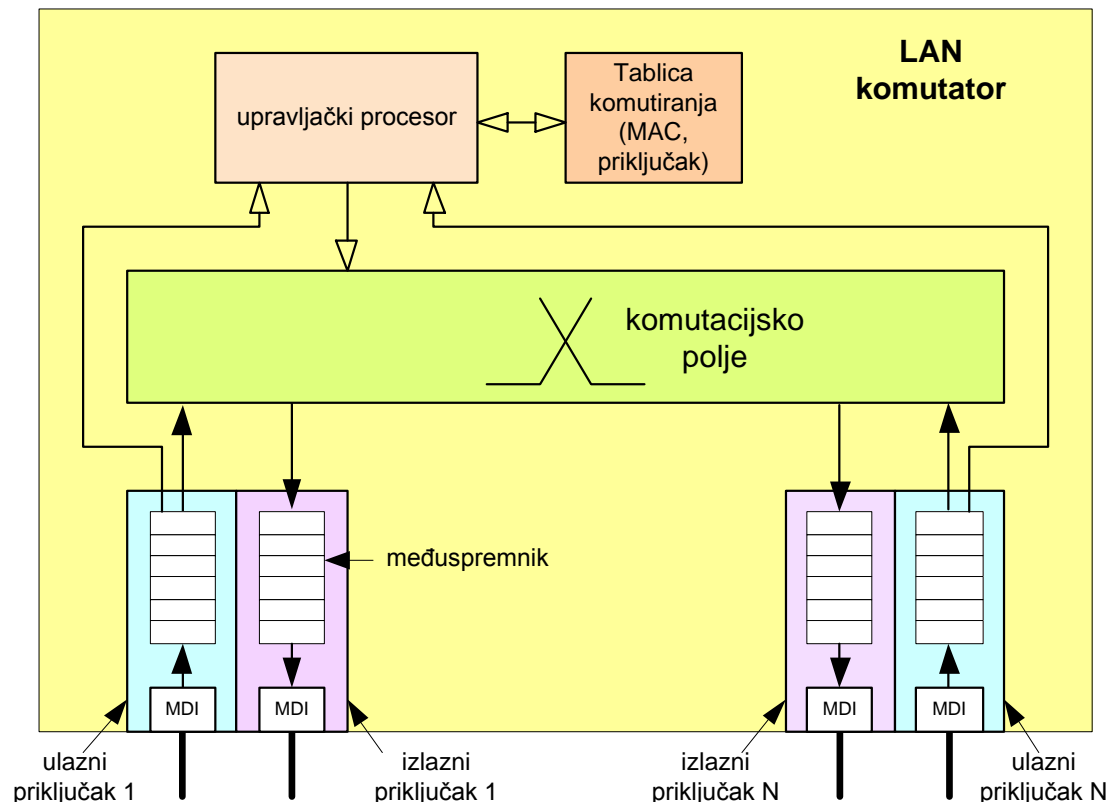


- ♦ u suvremenim ethernetским mrežama koristi se komutirana (engl. *switched*) topologija
- ♦ jedan mrežni segment spaja krajnji korisnički uređaj s komutatorskim priključkom ili dva komutatorska priključka međusobno
- ♦ broj stanica (STA) na svakom mrežnom segmentu je maksimalno dva
- ♦ višestruki pristup više nije potreban
- ♦ poludvosmjerni način prijenosa zamijenjen je dvosmjernim prijenosom

- ◆ MDI (*Medium Dependent Interface*) - fizički priključak

- ◆ Ulazni repovi

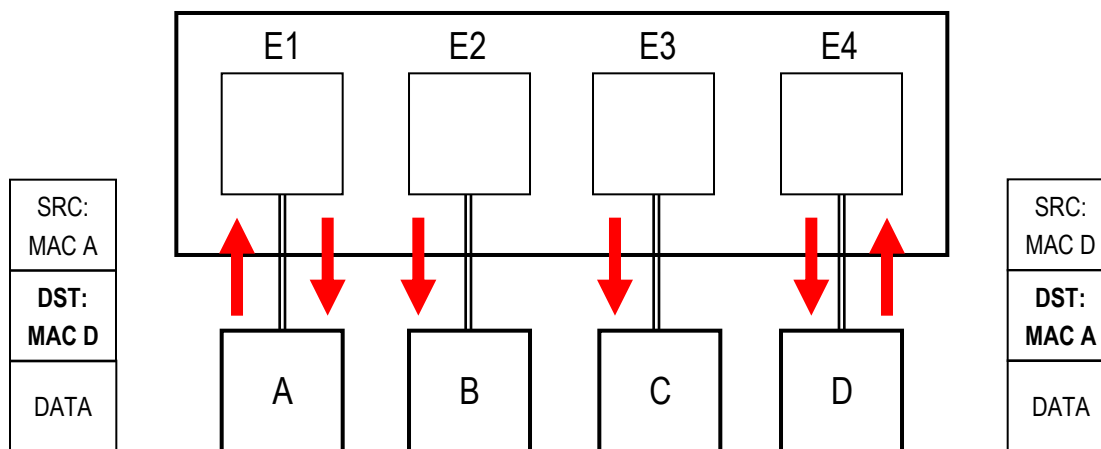
- metoda *spremi pa proslijedi*
- metoda *pročitaj adresu pa proslijedi*



- ◆ Pojedinačni izlazni repovi
- ◆ Dijeljeni izlazni rep

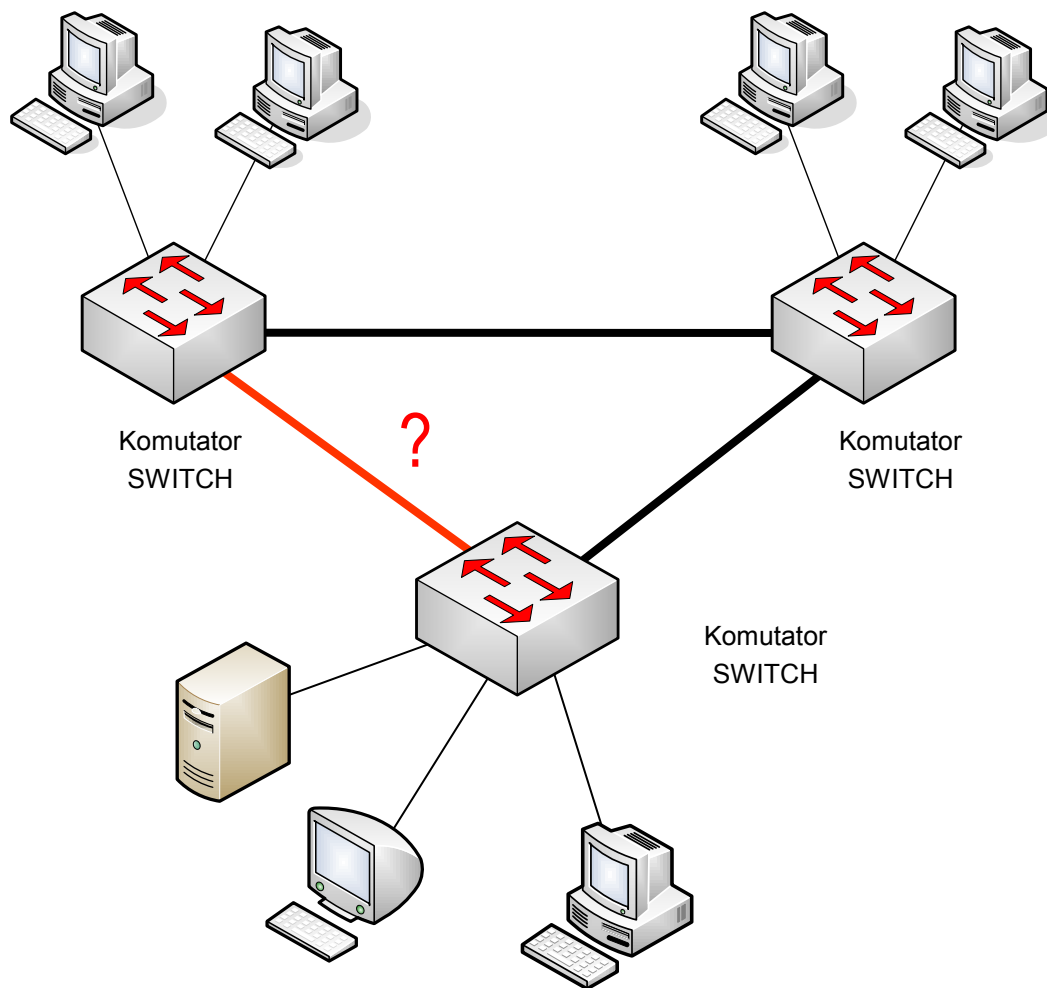
- ♦ primjer prospajanja

Tablica komutiranja	
E1	A
E2	-
E3	-
E4	D



- ♦ dodatak 6. predavanju

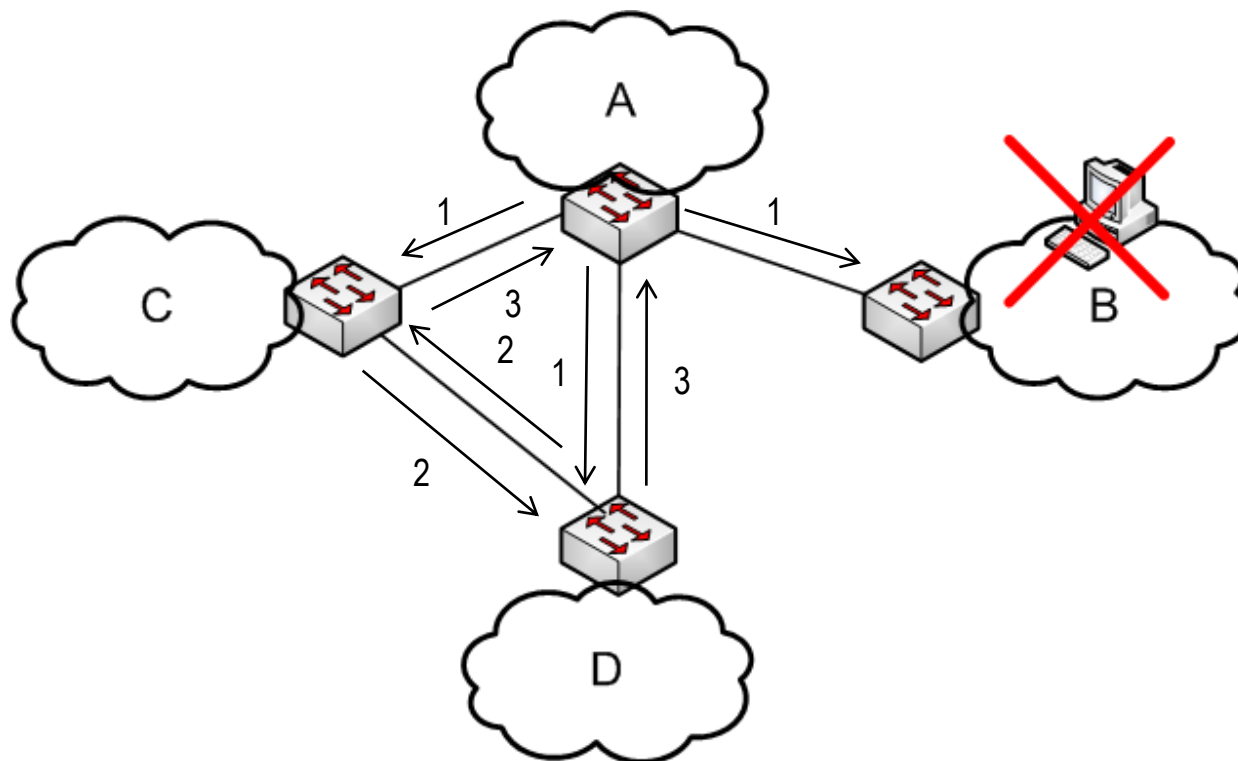
Primjer: KM-2011_06_dodatak_LAN_komutator.swf



Zašto nije dopušteno
povezivanje LAN-
komutatora u petlju?

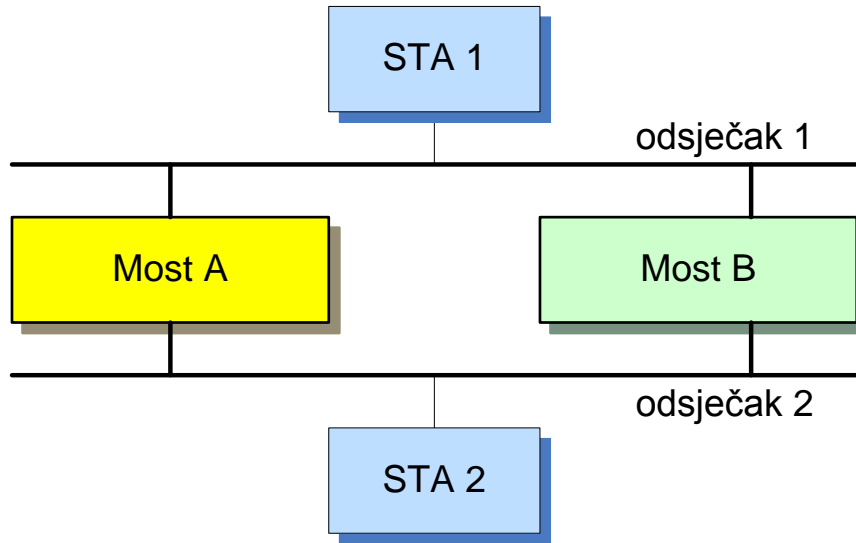
- ◆ definiran standardom IEEE 802.1D
- ◆ problem: uspostava redundantnih poveznica među čvorovima mreže stvara petlju - razašiljanja se eksponencijalno umnožavaju
- ◆ “oluja” razašiljanja - praktički urušava mrežu!
- ◆ rješenje: implementacija protokola STP koji koristi algoritam *Spanning Tree*
- ◆ osnovna namjena - spriječiti redundantne puteve u LAN-u
- ◆ generira se (optimalna) stablasta topologija mreže
- ◆ omogućuje otkrivanje kvarova i oporavak mreže nakon ispada nekog od čvorova (komutatora, mostova)

Protokol STP - motivacija za uvođenje

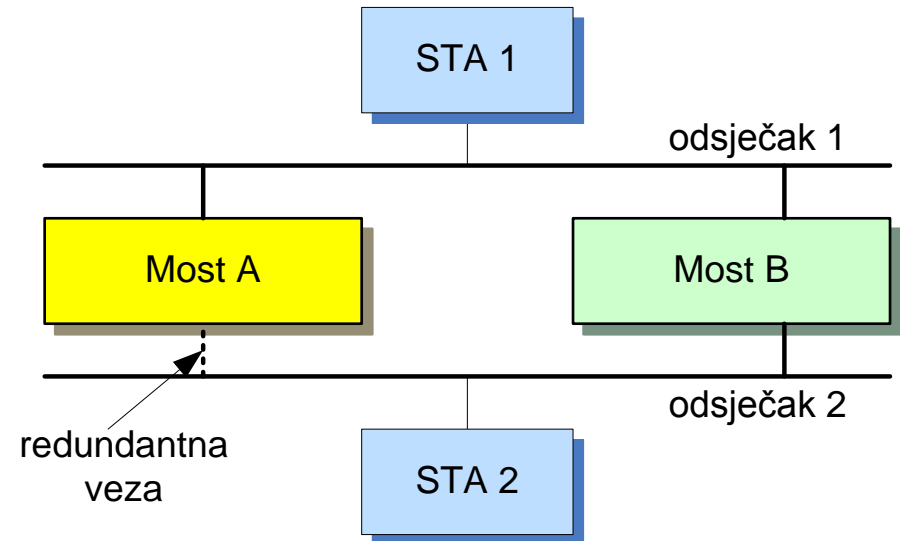


- ♦ stanica u mreži A pokušava komunicirati sa stanicom u mreži B (ali je ona nedostupna) - razašiljanje prema susjednim komutatorima
- ♦ komutatori u mrežama C i D također ne znaju za stanicu - daljnje razašiljanje
- ♦ komutatori C i D proslijeđuju okvire - stvara se petlja općeg razašiljanja (*broadcast*)

Protokol STP - načelo rada



konfiguracija s petljom



konfiguracija bez petlje

- ◆ podrška za dvosmjerni prijenos podataka
- nema domena sudara (sudar nije moguć)
- nije potrebno odgađati transmisiju
- *propusnost = 2 x širina pojasa*
- komunikacija od točke do točke
- ◆ najveća udaljenost između stanica - ovisna o mediju, a ne o protokolu
- ◆ CSMA/CD - podržan radi kompatibilnosti “prema natrag”
- ◆ pregovaranje o mogućnostima stanica (različite brzine, dvosmjerni/poludvosmjerni prijenos podataka)

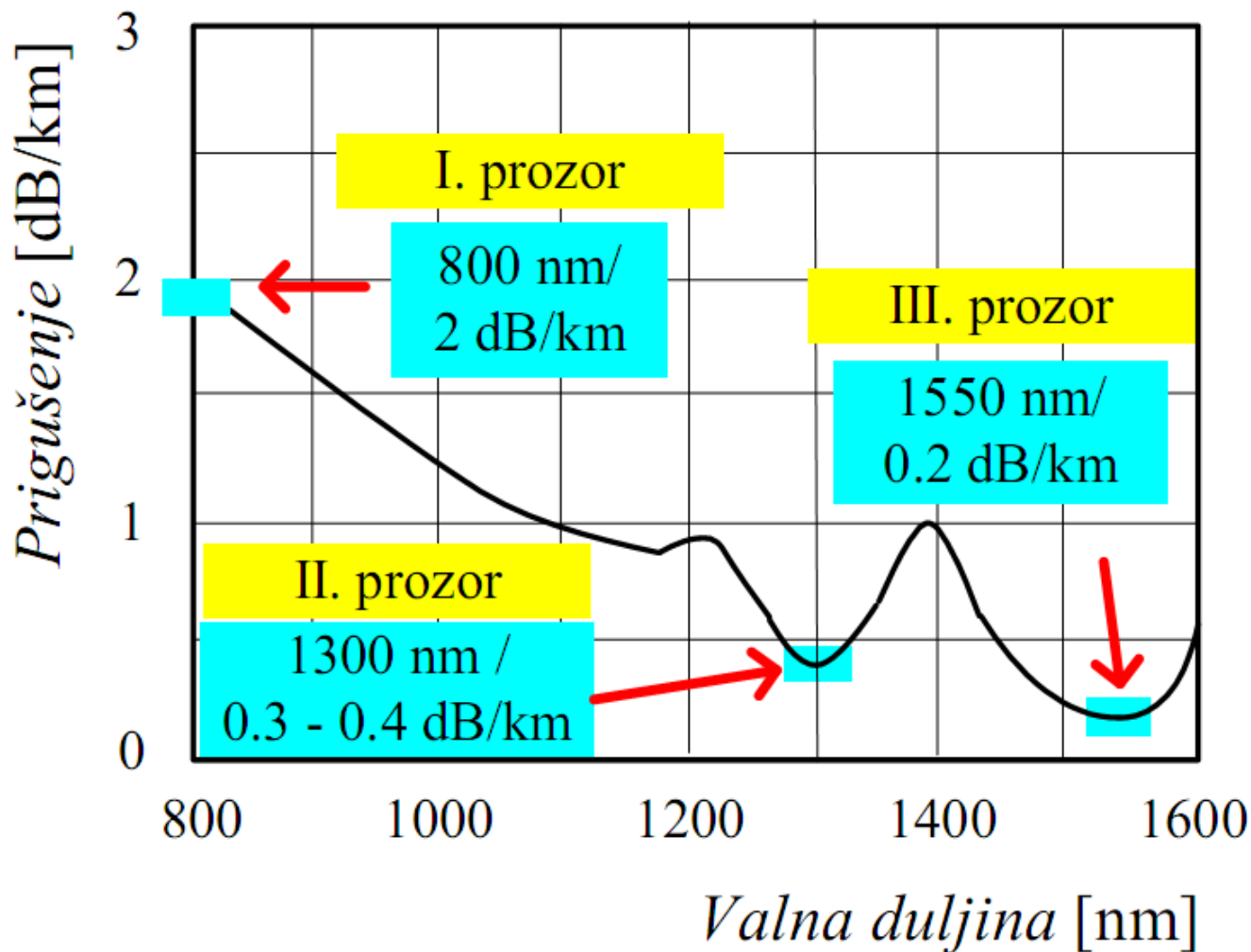
- ♦ potreba za sve većim brzinama



- ◆ zajednički naziv za skup ethernetских standarda koji omogućuju prijenosne brzine do 100 Mbit/s
 - standard uveden 1995.
- ◆ povezivanje stanica
 - parični obnavljač (poludvosmjerni prijenos podataka)
 - ethernetски komutator (dvosmjerni prijenos podataka)
- ◆ vrste prijenosnih medija:
 - 100BASE-T2 (korištenje 2 parica UTP kategorije 3)
 - 100BASE-T4 (korištenje 4 parica UTP kategorije 3)
 - 100BASE-TX (korištenje 2 parica UTP kategorije 5/5e)
 - 100BASE-FX i 100BASE-SX (korištenje 2 optičkih niti)
 - 100BASE-BX (korištenje 1 optičke niti)

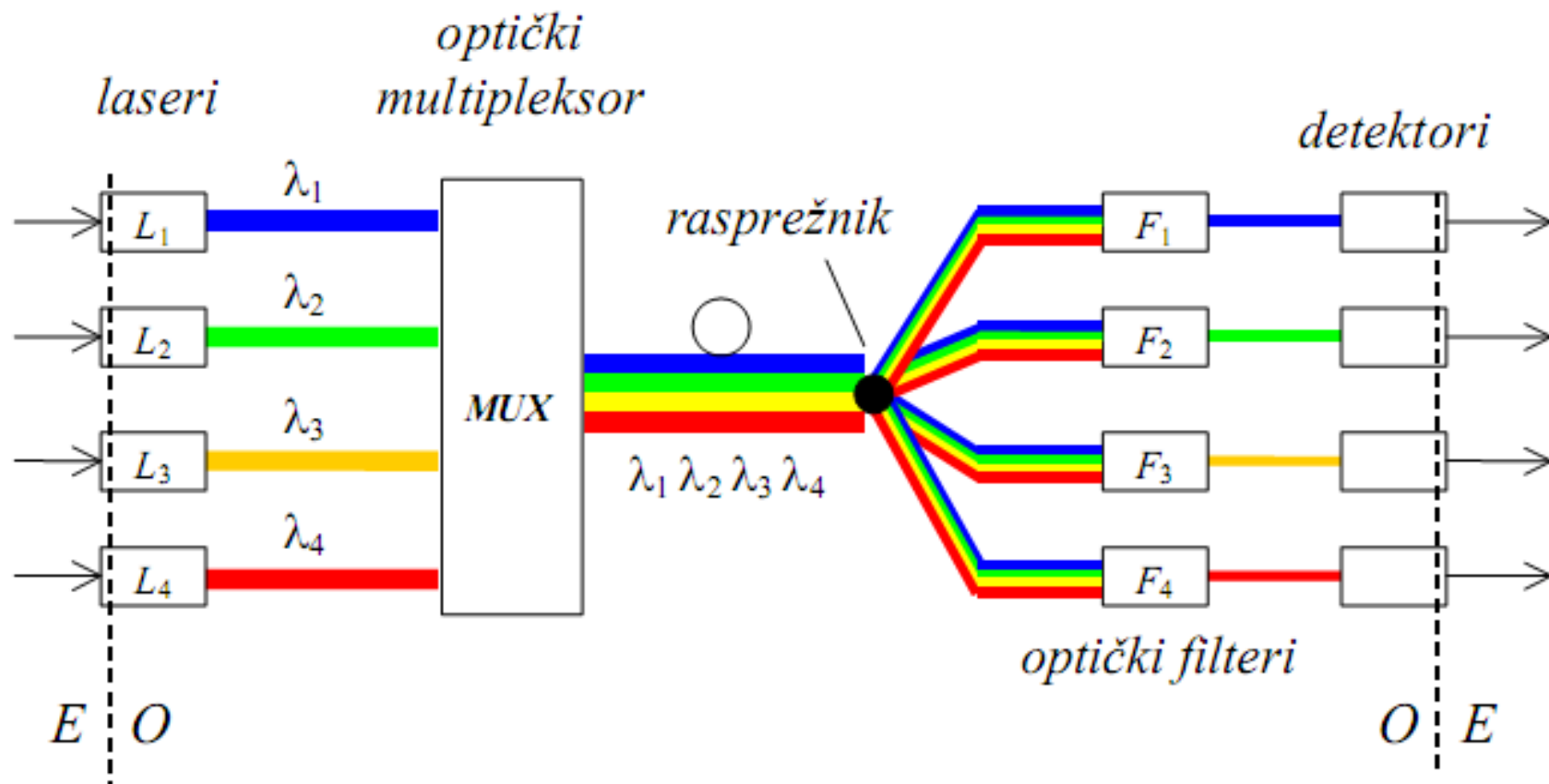
- ◆ *Gigabit Ethernet* (GbE, standard uveden 1998.)
 - omogućuje prijenosne brzine do 1 Gbit/s
 - 1000BASE-T (propisuje uporabu 4 parice)
 - 1000BASE-X (propisuje uporabu optičkih niti)
 - povezivanje stanica
 - parični obnavljač (poludvosmjerni prijenos podataka)
 - ethernetski komutator (dvosmjerni prijenos podataka)
- ◆ *10 Gigabit Ethernet* (10GbE, uveden 2006.)
 - UTP (Cat 6) i optika
 - isključivo ethernetski komutatori (dvosmjerni prijenos podataka)
- ◆ *100 Gigabit Ethernet* (100GbE, standard u razvoju)
 - isključivo optika

- ◆ vrlo veliki kapacitet
 - *brzina prijenosa x udaljenost* = konstanta na nekom stupnju razvoja tehnologije
 - rekord (ožujak 2010): 69.1 Tbit/s x 240 km (1 vlakno, 432 λ , WDM)
(<http://www.ntt.co.jp/news2010/1003e/100325a.html>)
- ◆ malo gušenje (0.2 dB/km)
 - obnavljanje se provodi na većim udaljenostima
- ◆ niski BER
- ◆ viša cijena (sučelja i instrumenata)
- ◆ samo 2R regeneracija signala
 - pojačavanje i uobličavanje signala
 - ne i vremensko obnavljanje signala



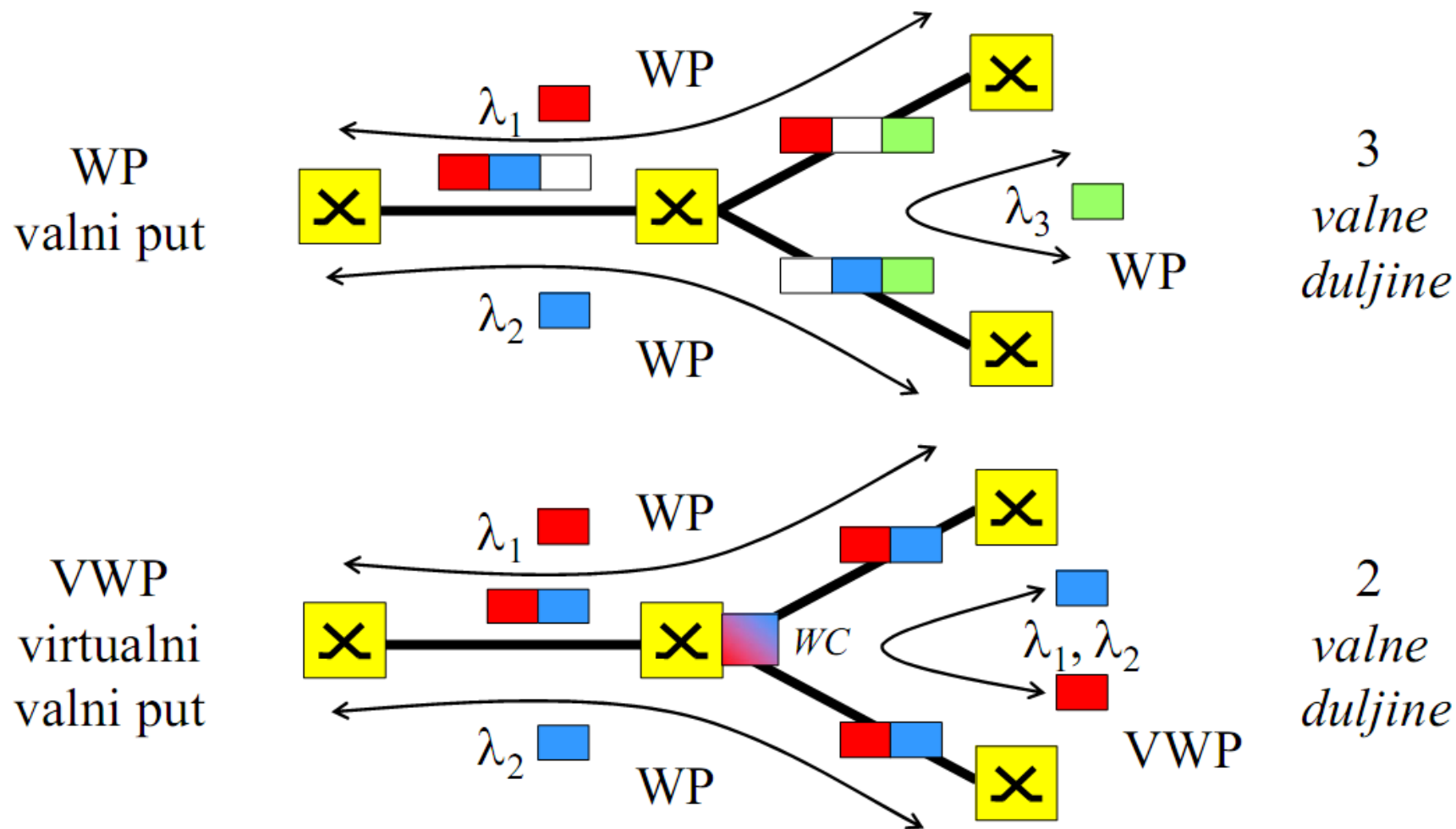
A. Bažant i dr. "Osnovne arhitekture mreža", Element, Zagreb, 2007.

Multipleksiranje s valnom podjelom (WDM)



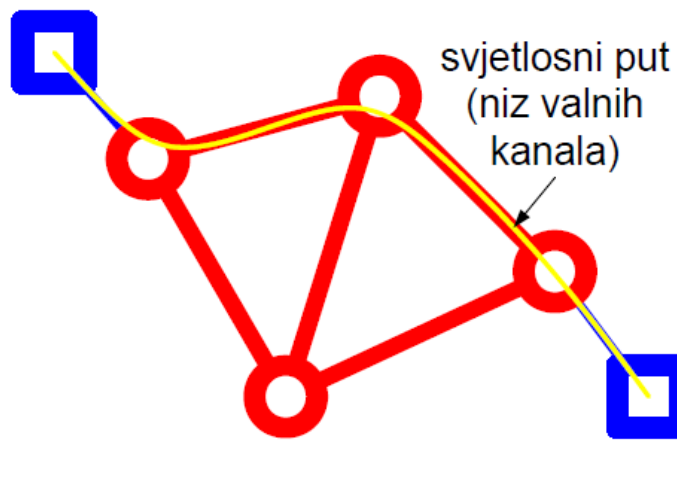
A. Bažant i dr. "Osnovne arhitekture mreža", Element, Zagreb, 2007.

Optički prijenos: dodjela valnih duljina



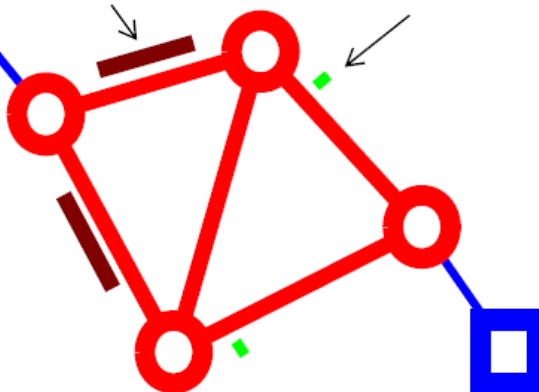
A. Bažant i dr. "Osnovne arhitekture mreža", Element, Zagreb, 2007.

Komutacija kanala (circuit switching)

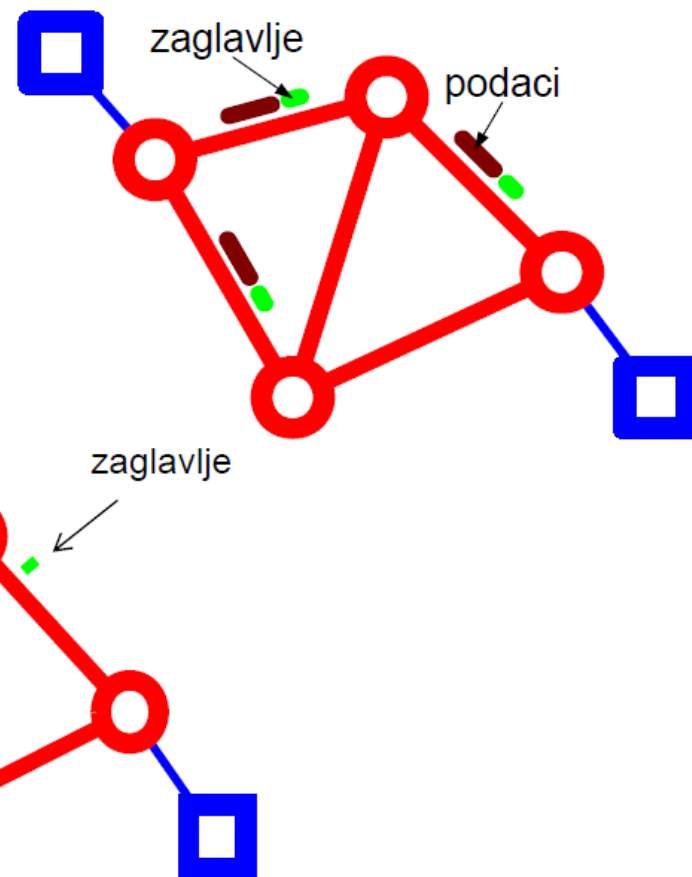


Komutacija snopova (burst switching) (O)BS

snop podataka
više paketa



Komutacija paketa (packet switching) (O)PS



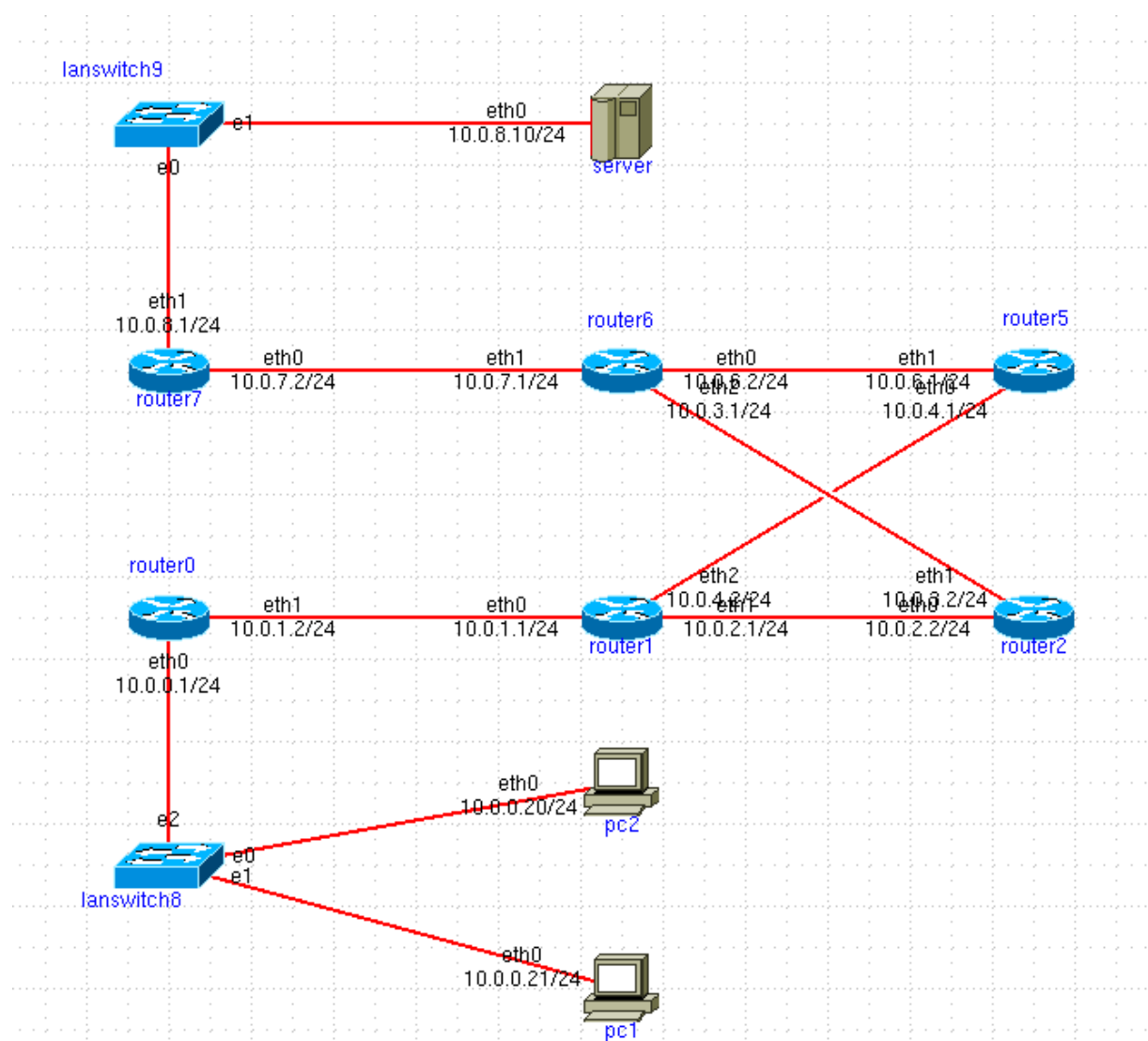
Izvor: Fotoničke telekomunikacijske mreže, predavanja.

- ◆ ethernetski komutatori + dvosmjerni prijenos podataka
- ◆ nema sudara - nema ograničenja udaljenosti
- ◆ *Fast Ethernet, Gigabit Ethernet*, itd.
- ◆ *Gigabit Ethernet* postaje WAN-tehnologija
 - najveća udaljenost između dva čvora prelazi 100 km
- ◆ grupiranje više kanala u tzv. ethernetске kanale (engl. *Ethernet channels*)
 - više fizičkih poveznica se grupiraju u jednu logičku

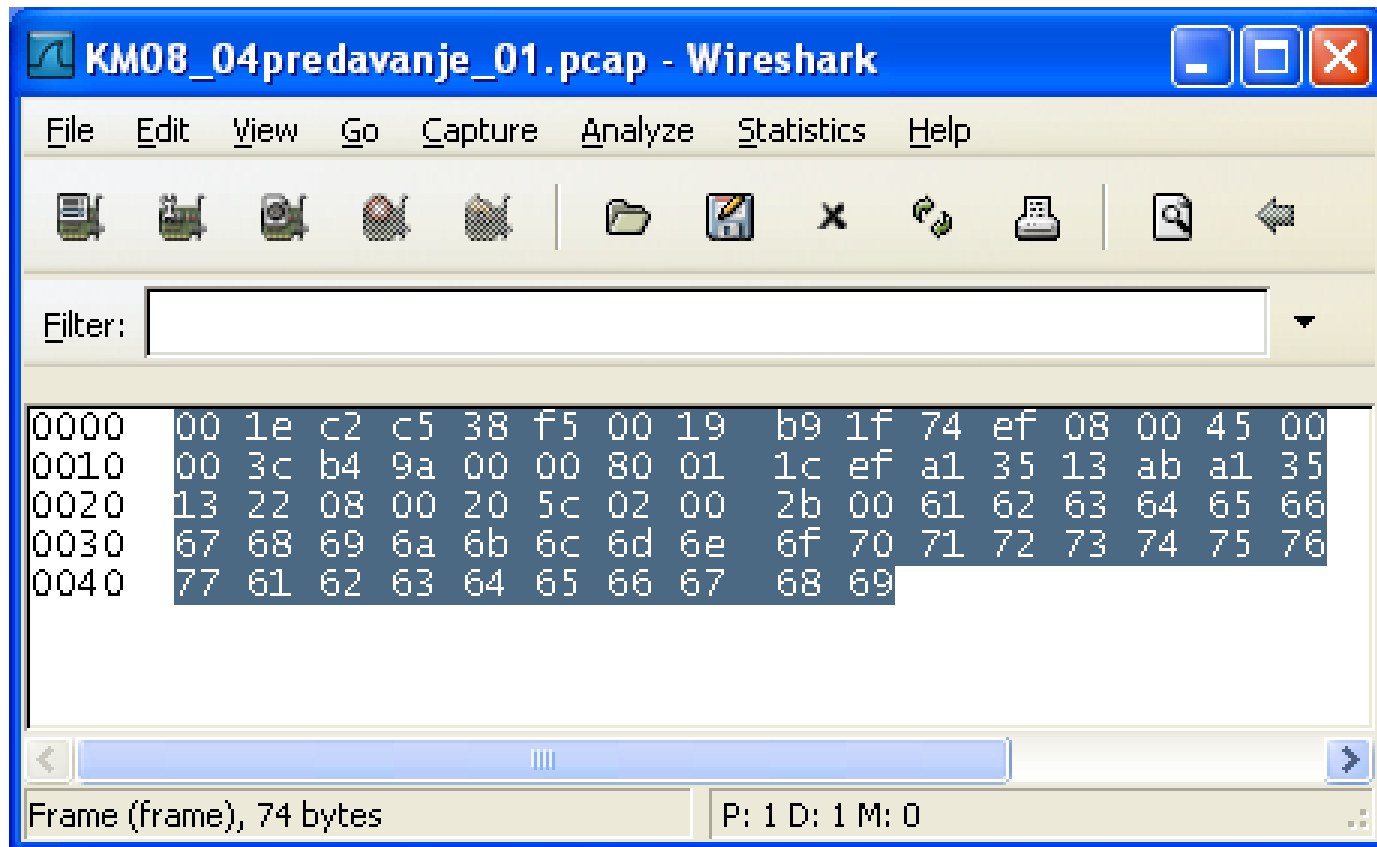
IMUNES: modeli mreža, emulacija i simulacija mreža

- ◆ *Integrated MUltiprotocol Network Emulator/Simulator*
- ◆ mogućnosti:
 - ◆ obrada mreža s velikim brojem računala (čvorova)
 - ◆ kratko vrijeme pokretanja simulacije
 - ◆ realistični rezultati simulacije
 - ◆ mogućnost **emulacije**
 - ◆ komunikacija simulirane i stvarne mreže

Primjer mrežne topologije



Demo: IMUNES



PDU-ovi kroz referentni model OSI



+	Frame 53 (74 bytes on wire, 74 bytes captured)
-	Ethernet II, Src: Dell_1f:74:ef (00:19:b9:1f:74:ef), Dst: 00:1e:c2:c5:38:f5 (00:1e:c2:c5:38:f5)
+	Destination: 00:1e:c2:c5:38:f5 (00:1e:c2:c5:38:f5)
+	Source: Dell_1f:74:ef (00:19:b9:1f:74:ef)
	Type: IP (0x0800)
-	Internet Protocol, Src: 161.53.19.171 (161.53.19.171), Dst: 161.53.19.34 (161.53.19.34)
	Version: 4
	Header length: 20 bytes
+	Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
	Total Length: 60
	Identification: 0xb49a (46234)
-	Flags: 0x00
	0... = Reserved bit: Not set
	.0.. = Don't fragment: Not set
	..0. = More fragments: Not set
	Fragment offset: 0
	Time to live: 128
	Protocol: ICMP (0x01)
+	Header checksum: 0x1cef [correct]
	Source: 161.53.19.171 (161.53.19.171)
	Destination: 161.53.19.34 (161.53.19.34)
-	Internet Control Message Protocol
	Type: 8 (Echo (ping) request)
	Code: 0
	Checksum: 0x205c [correct]
	Identifier: 0x0200
	Sequence number: 11008 (0x2b00)
	Data (32 bytes)