

# Računarske mreže 1

## 4. deo: Protokoli u Ethernet mrežama

**Predavač:**

Prof. dr Slavko Gajin, [slavko.gajin@rcub.bg.ac.rs](mailto:slavko.gajin@rcub.bg.ac.rs)

**Asistenti:**

Stefan Tubić, [stefan.tubic@etf.bg.ac.rs](mailto:stefan.tubic@etf.bg.ac.rs)

Marko Mićović, [micko@etf.bg.ac.rs](mailto:micko@etf.bg.ac.rs)

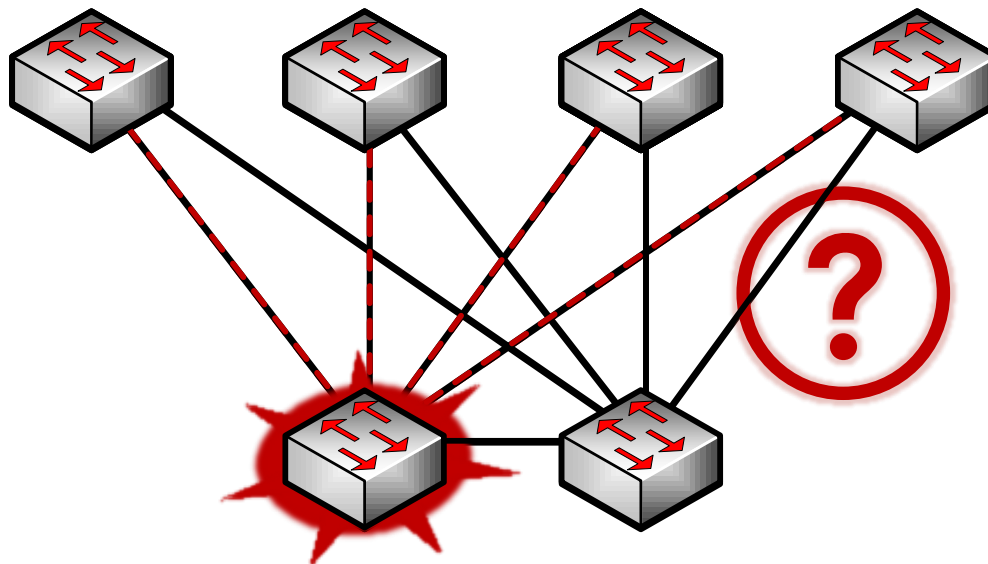
Kristijan Žiza, [ziza@etf.bg.ac.rs](mailto:ziza@etf.bg.ac.rs)

<http://elearning.rcub.bg.ac.rs>

2020. god

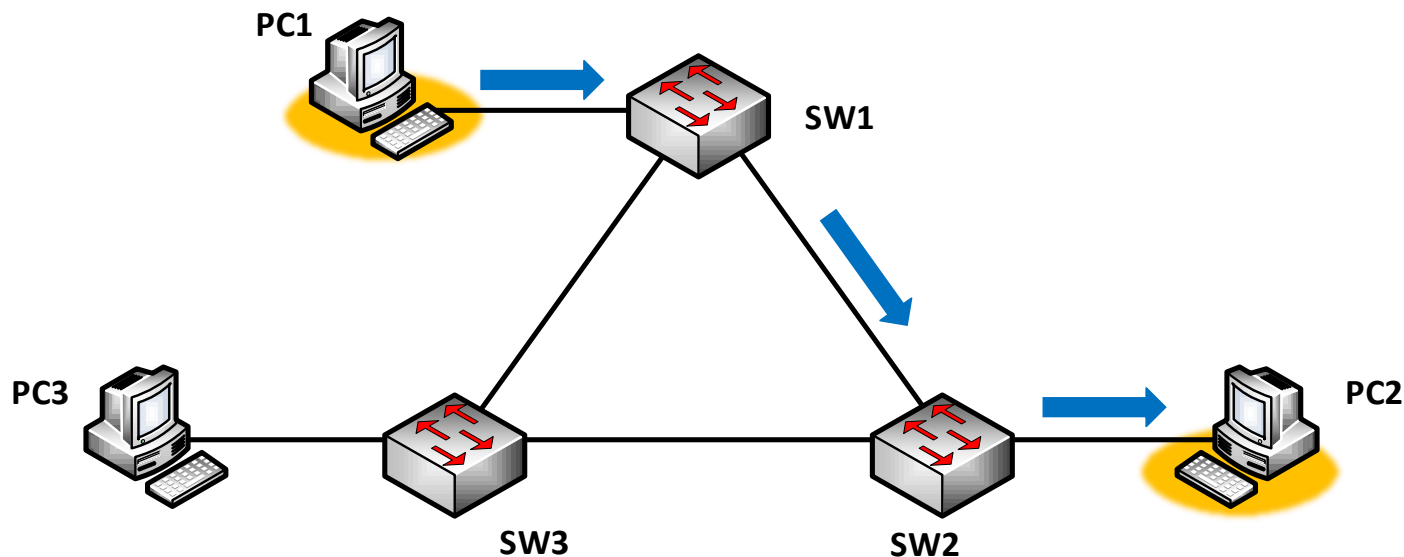
# Ethernet ograničenja

- Ograničenja
  - Skalabilnost
    - Rešenje: Bridževi, Svičevi
  - Otpornost bas topologije
    - Rešenje: Zvezdasta topologija (aciklično) - Hubovi, Svičevi
  - Otpornost zvezdaste topologije (prekid veze ili sviča)
    - Rešenje: Redundantna topologija (ciklično)
    - Problem: Originalni Ethernet ne predviđa i ne dozvoljava petlje



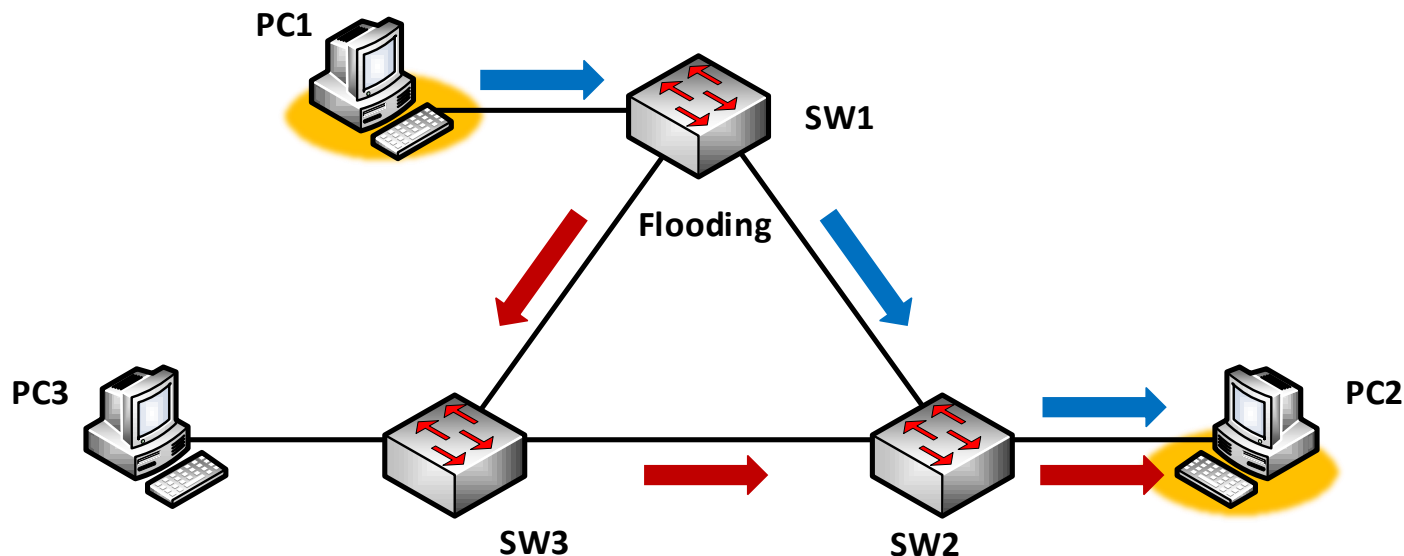
# Petlje u putanjama

- Ripiteri i habovi
  - Reemituju okvire na izlazne portove
  - U slučaju petlji, paketi će beskonačno da se vrte!
- Bridževi i svičevi
  - „Pametni“ ripiteri i habovi, ali ne prepoznaju petlje!
  - Prosleđivanje paketa – naizgled sve OK, ali...



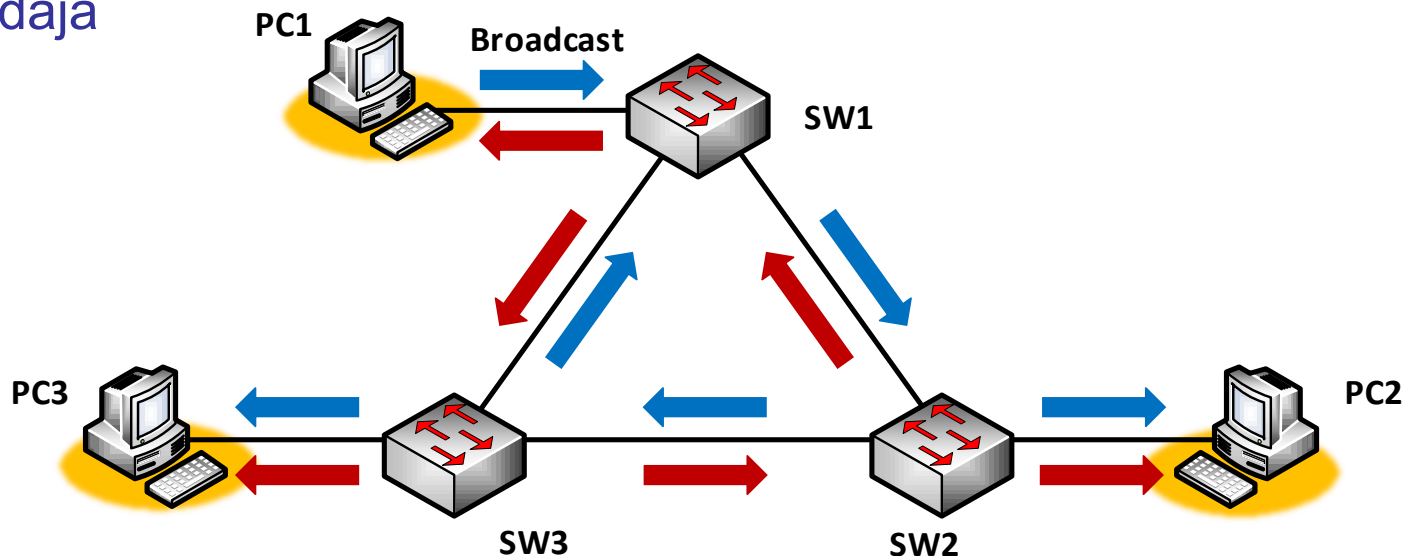
# Dupliranje pristiglih okvira

- Scenario: PC1 šalje unicast okvir za PC3
  - SW1 nema MAC adresu u bridžing tabeli
  - SW1 šalje kopije okvir na sve ostale portove (flooding)
  - Jedan okvir se prosleđuje od SW1 preko SW3 do odredišta
  - Drugi okvir se prosleđuje od SW1 preko SW2 i SW3 do odredišta
  - PC3 dobija dva identična okvira



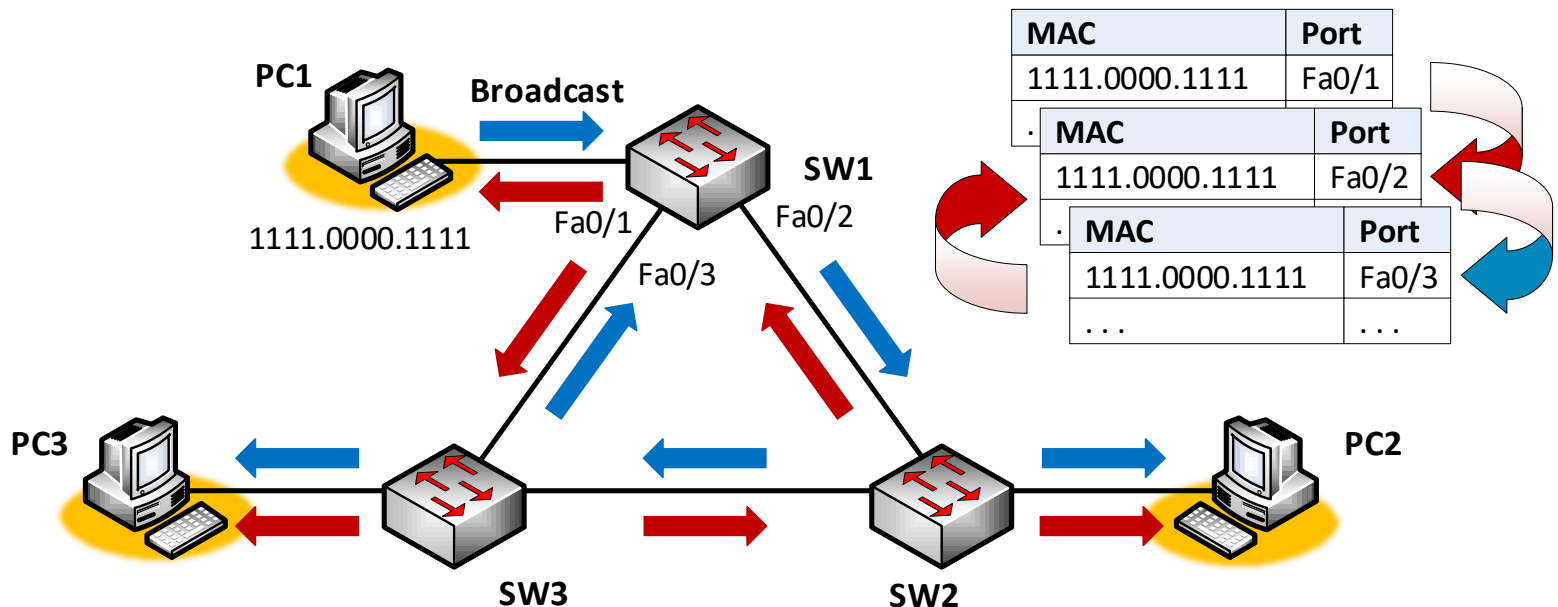
# Broadcast storm

- Scenario: PC1 šalje broadcast okvir (FFFF.FFFF.FFFF)
  - SW1 prosleđuje okvir na sve ostale portove, do SW2 i SW3
  - SW2, okvir od SW1, prosleđuje na sve ostale portove, do PC2 i SW3
  - SW3, okvir od SW2, prosleđuje na sve ostale portove, do PC3 i SW1
  - SW1, okvir od SW3, prosleđuje na sve ostale portove, do PC1 i SW2
  - Jedan okvir neprestano kruži u jednom smeru: SW1, SW2, SW3, SW1...
  - Drugi okvir neprestano kruži u drugom smeru: SW1, SW3, SW2, SW1...
  - U svakom sviču okviri se prenose do svih izlaznih portova i povezanih uređaja



# Nestabilnost bridžing tabela

- Scenario: PC1 šalje broadcast okvir (FFFF.FFFF.FFFF)
  - Dva ista broadcast okvira od PC1 kruže u različitim smerovima
  - Prvi okvir za PC1 menja port u Fa0/2 u bridžing tabeli
  - Drugi okvir za PC1 menja port u Fa0/3 u bridžing tabeli
  - Obe vrednosti su pogrešne – okviri ne mogu da se proslede do PC1

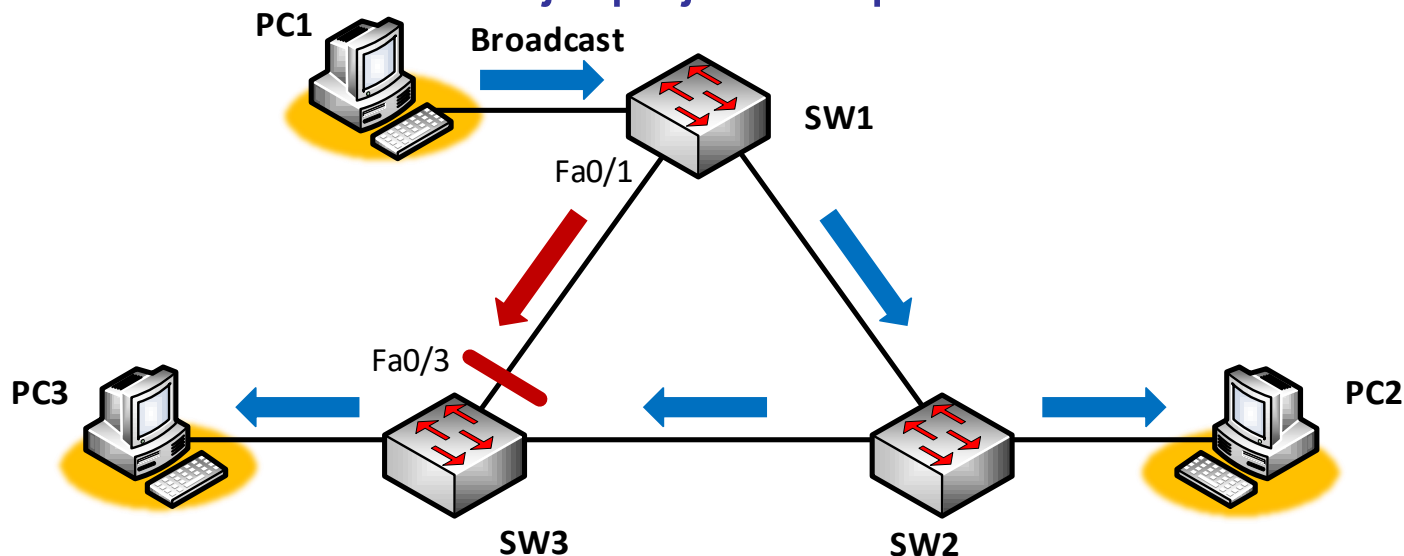


# Petlje u putanjama

- Dupliranje pristiglih okvira
  - Flading => Kruženja paketa u oba smera => Pristižu dupli unikast paketi
- *Broadcast storm*
  - Brodkast => Neprestano kruženje u oba pravca => Višestruki prijem
- Nestabilnost bridžing tabela
  - Neprestano kruženje u oba pravca => Oscilacija bridžing tabele => Pogrešne vrednosti

# Uklanjanje petlji

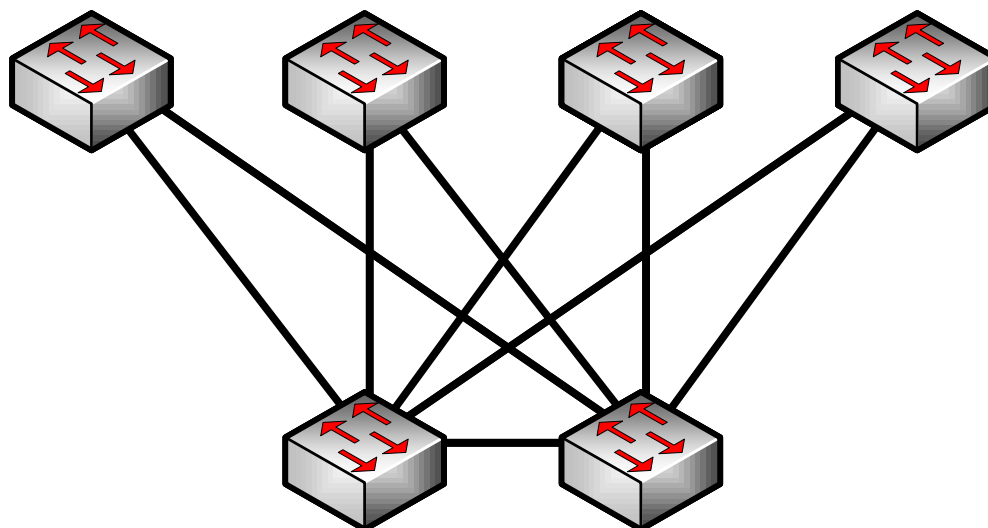
- Rešenje:
  - Sve petlje moraju da se ukinu, ali da se zadrži potpuna povezanost
  - Ukidanje petlji - Pojedini svičevi blokiraju pojedine portove
- Primer: SW3 blokira port Fa0/3
  - SW1 prosleđuje brodcast na oba porta prema SW2 i SW3
  - Brodcast okvir se odbacuje na ulazu u port Fa0/3 sviča SW3
  - Drugi broadcast okvir se ispravno prosleđuje do svih učesnika
- „Pojedini svičevi blokiraju pojedine portove“ – Kako?





# Spanning-Tree Protocol

- **STP - *Spanning-Tree Protokol*, IEEE 802.1D (1990)**
  - Protokol uklanjanja petlji u Ethernet mrežama (L2 nivo)
  - Pojedini portovi se blokiraju
  - Uspostavlja se stablu unutar topologije grafa („*spanning tree*“)
  - **Radia Perlmán**, Digital Equipment Corporation (DEC), 1985



# Spanning-Tree Protocol

- **Parametri:**

- **Identifikacija sviča/bridža (*Bridge ID*)**

- Dva polja (8 bajtova): *Bridge Priority* (2 bajta), MAC (6 bajtova)
- Prioritet se može setovati i forsirati određeni svič ima veći značaj u STP

- **Cena porta (*Port Cost*)**

- Celobrojna vrednost pridružena portu
- Ista za uparene portove za *point-to-point* vezama i deljenim segmentima
- Obrnuto proporcionalno brzini prenosa na portu
- Inicijalno: 1000 Mbps/Bandwidth
- Kasnije revidirano da bi se podržale brzine veće od 1 Gbps

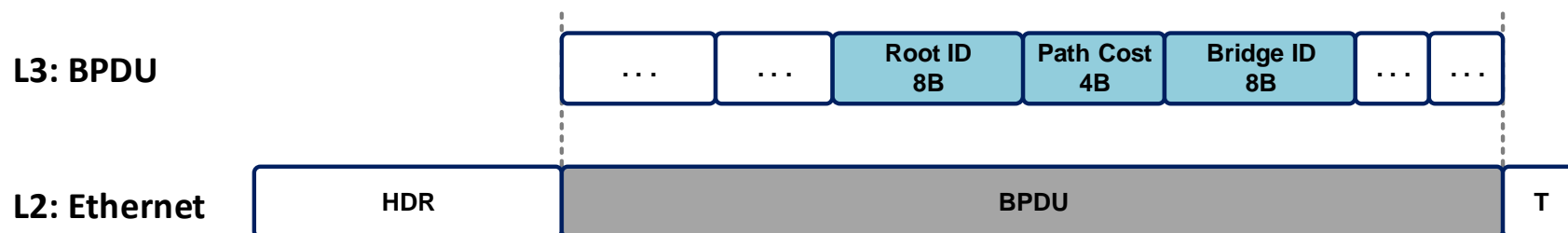
Brzina	IEEE Cost	Revidirani IEEE Cost
10 Mbps	100	<b>100</b>
100 Mbps	10	<b>19</b>
1 Gbps	1	<b>4</b>
10 Gbps	1	<b>2</b>

- **Cena putanje (*Path Cost*)**

- Suma cena portova na putu od izvora do odredišta (ulazni port – jedan po vezi)
- Određuje metriku putanja – za odlučivanje koja putanja je bolja
- Najbolja putanja ima najmanju cenu

# STP poruke

- Svičevi međusobno komuniciraju putem poruka **BPDU - *Bridge Protocol Data Unit***
  - Prenose STP informacije
  - Samo između susednih svičeva
  - Enkapsulirane unutar Ethernet okvira – STP predstavlja protokol 3. nivoa
    - Izvorišna MAC adresa – port sviča koji šalje okvir
    - Odredišna MAC – fiksna multikast MAC adresa (0180.C200.0000)
      - Prihvataju je samo STP svičevi, ostali uređaji odbacuju
- Tri vrste BPDU poruka
  - *Configuration* BPDU
  - TNC – *Topology Change Notification*
  - TCA – *Topology Change Acknowledgment*



# Sprovođenje STP

STP proces – kroz 4 faze:

## 1) Izbor *root* sviča (bridža)

- Svič sa najmanjom vrednošću *Bridge ID*

## 2) Izbor *root* portova (RP)

- Posmatrano **na sviču**:
  - Samo jedan port sviča od koga vodi putanja sa najnižom cenom do *root* sviča
- Uvek pripadaju STP stablu

## 3) Izbor *designated* portova (DP)

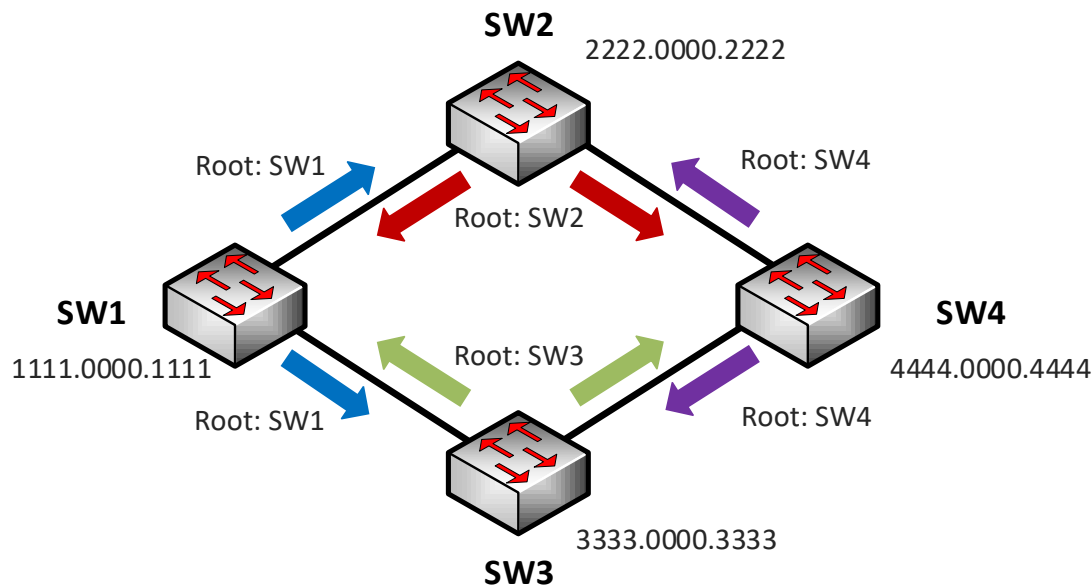
- Posmatrano **na segmentu** (deljeni medijum ili direktan link):
  - Samo jedan port od koga vodi putanja sa najnižom cenom do *root* sviča
- Mogu da pripadaju i STP stablu i ukinutim granama

## 4) Blokiranje preostalih portova

- Preostali portovi se blokiraju i prekidaju petlje
- Uvek pripadaju ukinutim granama

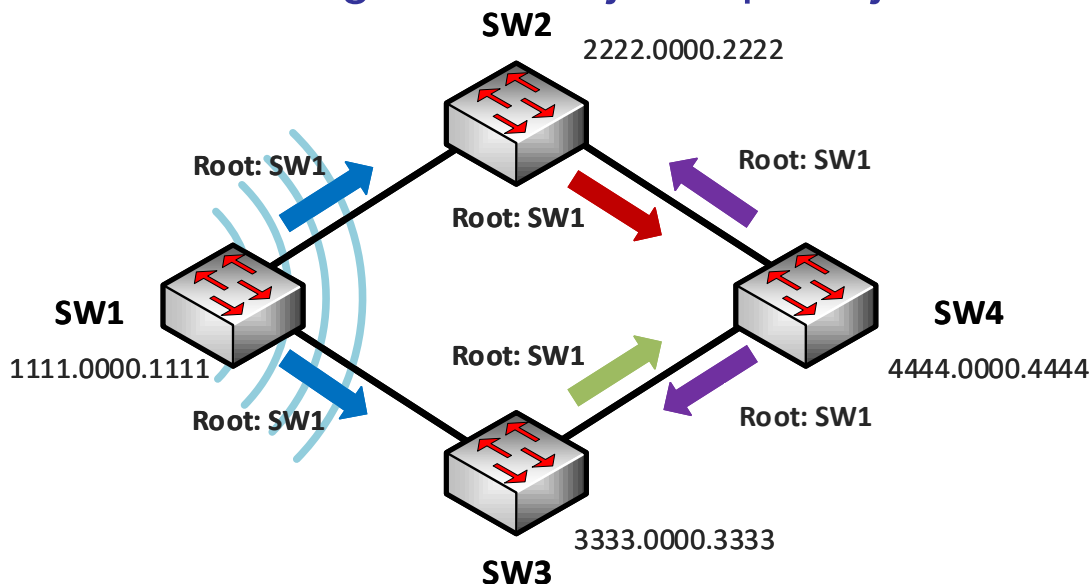
# Izbor *Root* sviča

- *Root* svič – svič sa najmanjom identifikacijom (*Bridge ID*)
- Inicijalno
  - Svičevi nemaju informacije o drugim svičevima i njihovim identifikacijama
  - Svaki svič nominuje sebe za *root* svič
    - *Configuration BPDU* poruku sa svojom identifikacijom u polju *Root Bridge ID* oglašava susednim svičevima



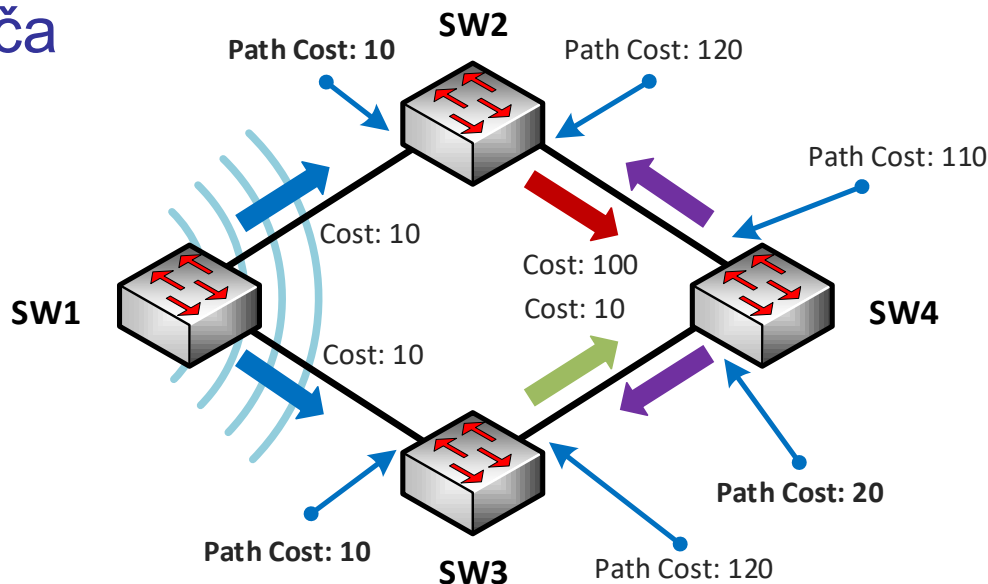
# Izbor *Root* sviča

- Susjedni svičevi kada prime *Configuration BPD* poruku
  - Ako je vrednost *Root Bridge ID* iz poruke **veća** od identifikacije sviča:
    - Svič nastavlja da oglašava sebe kao kandidata za *Root* svič
  - Ako je vrednost *Root Bridge ID* iz poruke **manja** od identifikacije sviča:
    - Svič počinje da oglašava dobijenu (manju) vrednost za *Root Bridge ID*
- Posle izvesnog vremena
  - Svi svičevi će da oglašavaju najmanju vrednost *Root Bridge ID*
  - Svi svičevi su se usaglasili da taj svič postaje *Root* svič



# Izbor *Root* portova

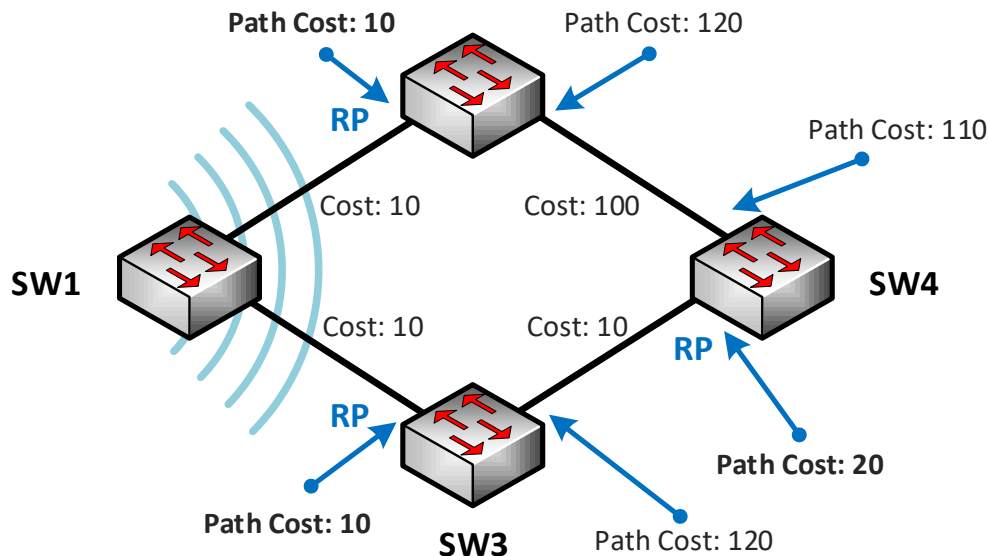
- Samo *Root* svič nastavlja da šalje *Configuration* BPDU
- Svi ostali svičevi primaju *Configuration* BPDU poruke, koje sadrže *Path Cost*
- Pri prijemu poruke u sviču, na *Path Cost* se dodaje *Port Cost*
- Svičevi reemituju BPDU sa novom vrednosti *Path Cost* dalje do ostalih svičeva
- Do svičeva dolaze poruke po svim putanjama sa cenom do *Root* sviča



# Izbor *Root* portova

- **Root port (RP)**

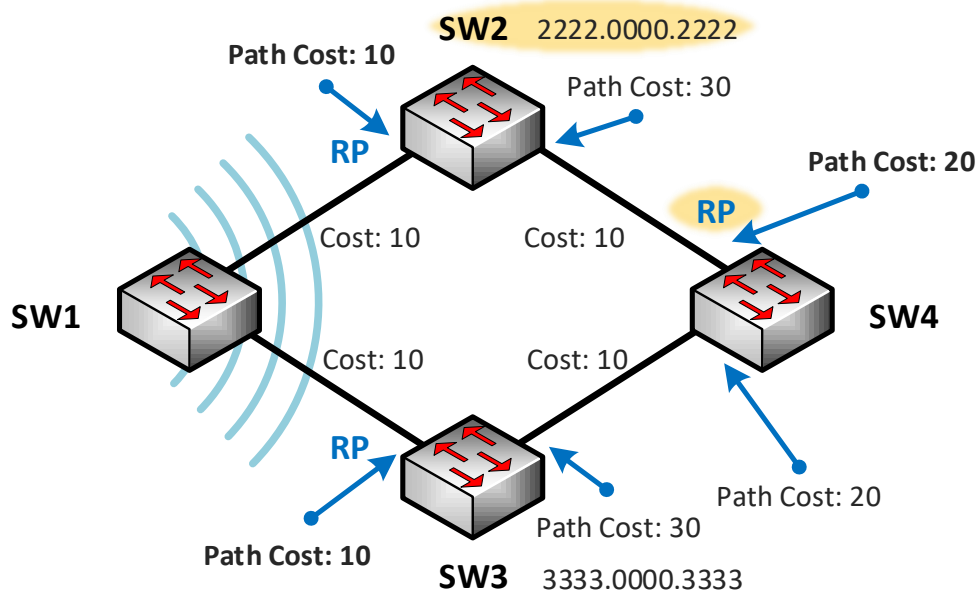
- Port sviča koji prima najmanju vrednost *Path Cost* (cena do *Root* sviča)
- Port sviča koji po „najboljoj“ putanji vodi do *Root* sviča
- **Samo jedan port na nivou sviča**
  - Šta kada više portova sviča dobija istu vrednost *Path Cost*?



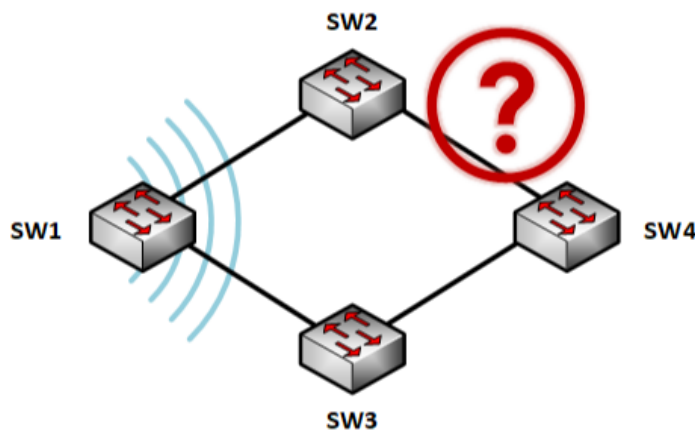


# Izbor *Root* portova

- Ako više portova dobijaju istu vrednost *Path Cost* (postoji više putanja do *Root* sviča sa istom cenom):
  - Bira se port koji dobija *Configuration* BPDU poruku od sviča sa manjom identifikacijom



# Da li svič na dva različita porta može da dobije BPDU pakete sa istom vrednosti polja "Bridge ID"?



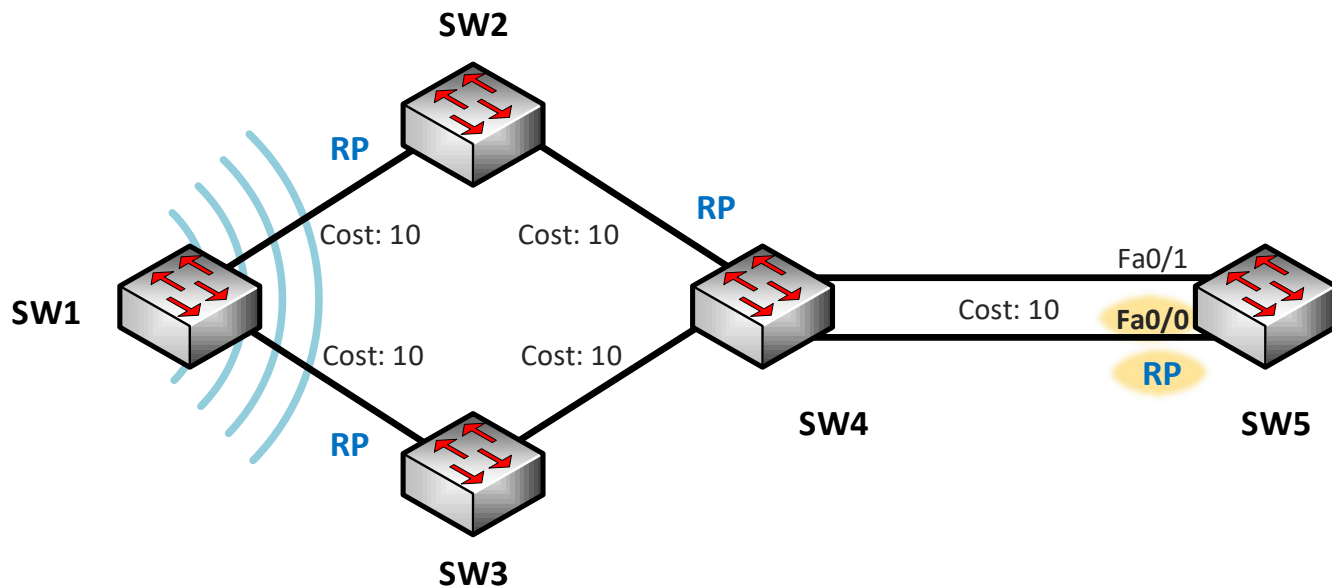
Ne, jer svičevi moraju da imaju različite identifikatore

Da, jer svičevima možemo da promenimo prioritet i učinimo da imaju iste identifikatore

Da, ako od istog sviča dobija BPDU paket na različite portove

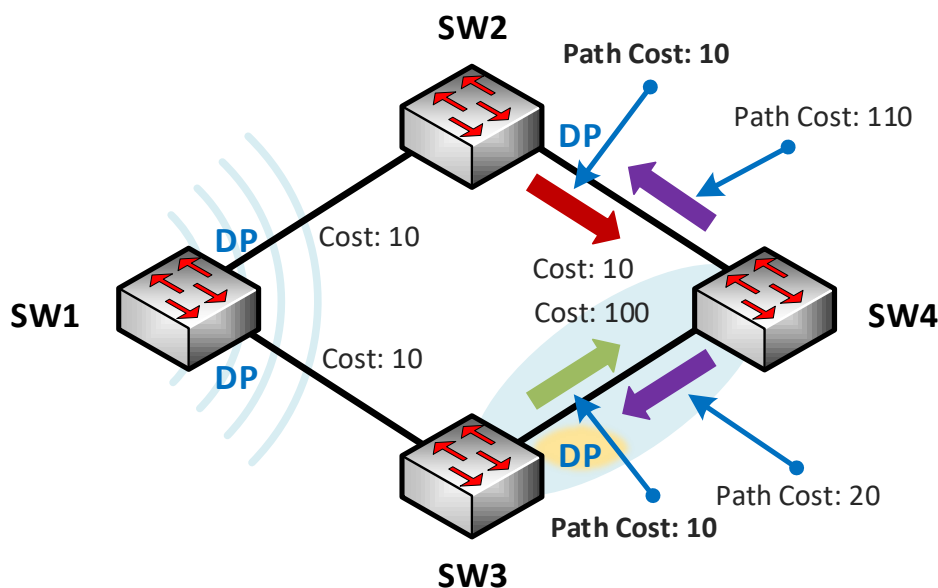
# Izbor *Root* portova

- Postoje dve paralelne veze sa svičom od kojeg se dobijaju *Configuration BPDUs* poruke sa istom vrednosti *Path Cost*
  - Bira se port sa manjim internim rednim brojem
  - Samo jedan Root port na nivo sviča!
- Svi *root* portovi su aktivni – *Forwarding* stanje



# Izbor *Designated* portova

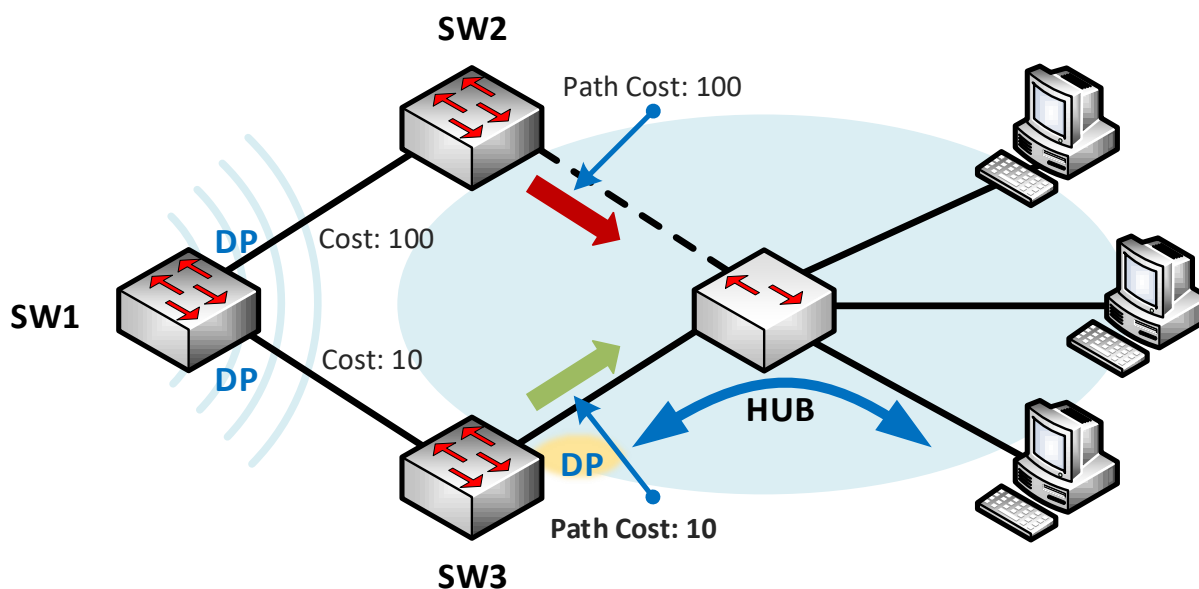
- *Designated* port (DP)
  - Posmatrano na nivou segmenta (link ili deljeni segment)
  - Port na segmentu čiji svič oglašava najmanju vrednost *Path Cost* (port na segmentu „najbliži“ *Root* sviču)
- Samo jedan port na segmentu može da bude *Designated* port
- Svi portovi *Root* sviča su DP
  - Prenose najmanju vrednost *Path Cost* (0)



# Izbor *Designated* portova

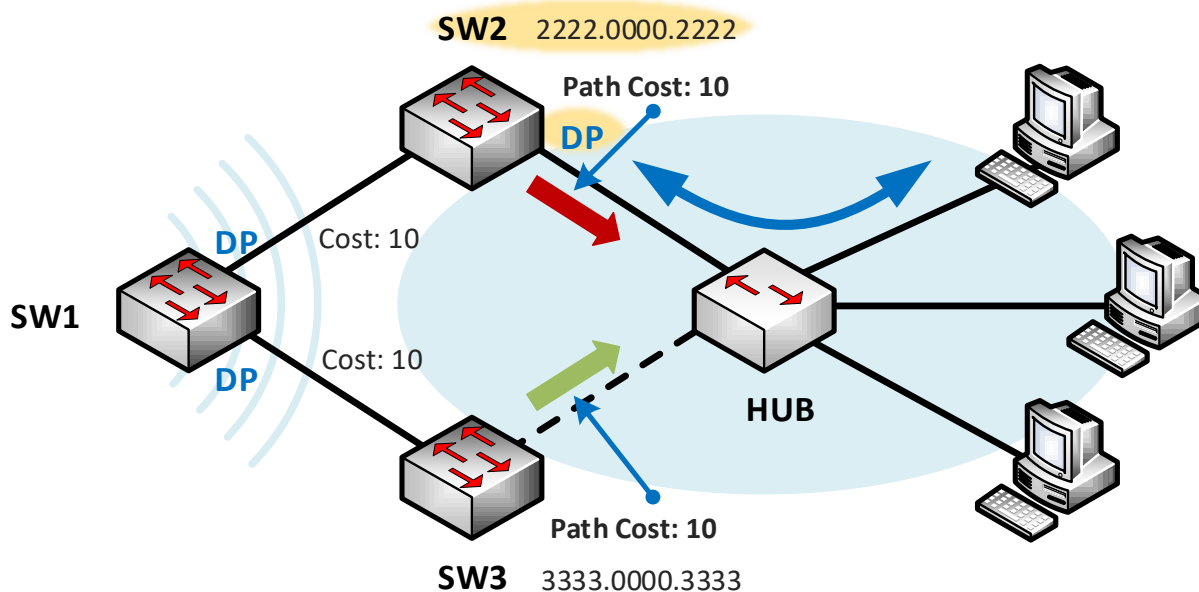
- Smisao

- DP na segmentu ostvaruje najbolju putanju prema *Root* sviču
- Svič ne zna da li je na njega direktno povezan drugi svič ili se nalazi hub sa krajnjim uređajima ili drugim svičevima
- DP obezbeđuje preferirani izlaz za saobraćaj uređaja na tom segmentu



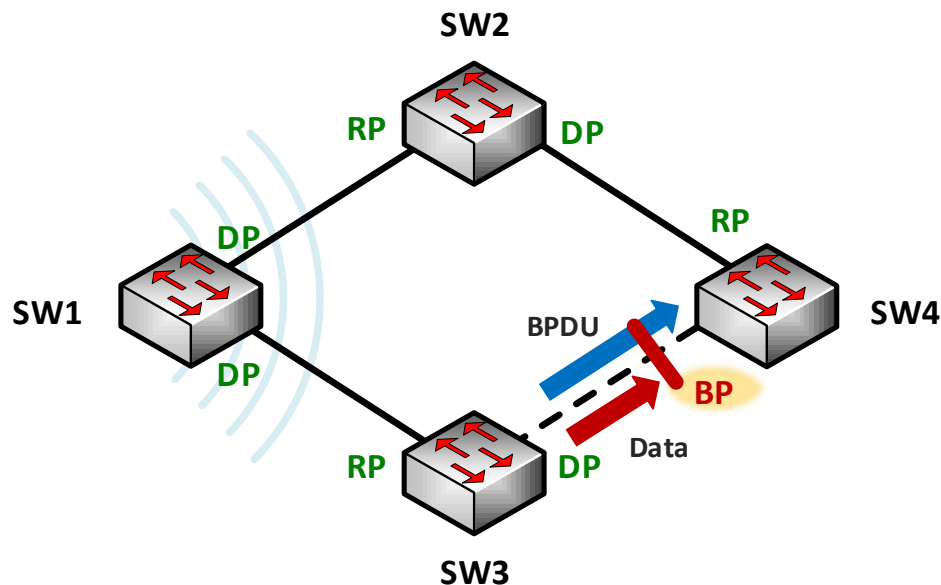
# Izbor *Designated* portova

- Ako više svičeva oglašava istu vrednost *Path Cost*
  - Bira se port na segmentu čiji svič ima manji bridž ID
- Svi designated portovi su aktivni – *Forwarding* stanje



# Blokirani portovi

- RP i DP se stavljaju u *Forwarding* stanje – prosleđuju okvire
- Svi ostali portovi se stavljaju u *Blocking* stanje - blokirani portovi (BP)
  - Svičevi ne prosleđuju okvire kroz svoje blokirane portove (izlazni smer)
  - Okviri pristižu sa linka na BP (ulazni smer)
    - Prihvataju se samo okviri sa BPDU porukama
    - Svi ostali okviri se odbacuju



# STP proces

SPT proces:

## 1) Izbor *Root* sviča

- Bridž sa najmanjom vrednosti *Bridge ID*
- Svi portovi *Root* sviča se stavljaju u *Forwarding* stanje

## 2) Izbor *Root* portova (RP)

- Svaki svič koji nije *Root*, mora da ima najviše jedan RP
- RP sviča je port koji ima najmanji *path cost* do *root* sviča
- RP određuju najbolju putanje do *Root* sviča, prema *path cost* metrici
- RP se stavljaju u *Forwarding* stanje

## 3) Izbor *designated* portova (DP)

- Bira se na svakom segmentu (deljenom ili *point-to-point*)
- DP se stavljaju u *Forwarding* stanje

## 4) Blokiranje preostalih portova

- Svi ostali portovi se proglašavaju za blokirane portove (BP)
- BP se stavljaju u *Blocking* stanje
- *Disabled* portovi - nepovezani portovi, ne razmatraju se (*Disabled* stanje)



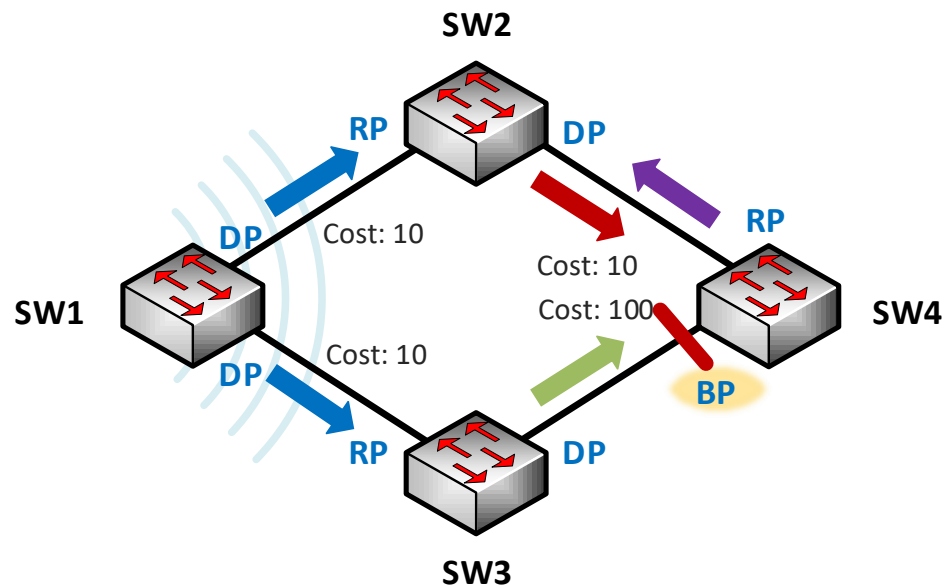
# STP

I think that I shall never see  
A graph more lovely than a tree.  
A tree whose crucial property  
Is loop-free connectivity.  
A tree which must be sure to span  
So packets can reach every LAN.  
First the Root must be selected  
By ID it is elected.  
Least cost paths from Root are traced  
In the tree these paths are placed.  
A mesh is made by folks like me  
Then bridges find a spanning tree.  
**Radia Perlman, 1985.**



# Stacionarno stanje

- Stacionarno stanje
  - *Root* svič
    - Emituje *Configuration BPDU* svake 2 sekund (*Hello* tajmer)
  - Ostali svičevi
    - Na svoje RP primaju *Configuration BPDU*
    - Na sve svoje DP reemituju *BPDU* poruku sa dva izmenjena polja: *ID pošiljaoca* i *Path Cost* (*Root Bridge ID* ostaje isti)
      - Tretiraju se kao nove poruke, ali koje originalno potiču od *Root* sviča



# STP konvergencija

- Promena topologije – promena stanja STP – „konvergencija“
  - Prekid ili dodavanje novih veza
- Osnovni problem:
  - Sprečavanje privremenih petlji tokom konvergencije
- Prelazak iz *Forwarding* u *Blocking* stanje - trenutno
  - Čim se detektuje potreba – *Path Cost* na tom portu više nije najbolji
- Prelazak iz *Blocking* u *Forwarding* stanje - postepeno
  - Na portu pristiže najbolja vrednost polja *Path Cost*
  - Oprezno, kako bi se dalo vremena ostalim svičevima da konvergiraju
  - Da se eliminiše mogućnost nastajanja petlji tokom konvergencije

# STP tajmeri

- **Hello** tajmer
  - Period oglašavanja *Configuration BPDUs* poruka od strane *Root* bridža
  - **2 sek**
- **Max Age** tajmer
  - U slučaju da svič više ne prima *BPDUs* poruke, vreme čekanja dok se ne pokrene novi proces uspostavljanja STP topologije
  - **10 x Hello** period
- **Forward Delay**
  - Vreme čekanja koje se dodatno uvodi kako bi se osiguralo da propagiraju sve informacije u sve delove mreže, kako bi se izbegle eventualne petlje tokom konvergencije
  - **15 sek**
- Tajmeri se oglašavaju u *Configuration BPDUs* porukama
  - Moraju da budu usaglašeni u celoj mreži (iste vrednosti na svim svičevima)

# STP stanja portova

- Stanje portova:

- **Blocking state**

- Ne prenose se okviri sa podacima
- Prihvataju se samo ulazni BPDU paketi

- **Listening state**

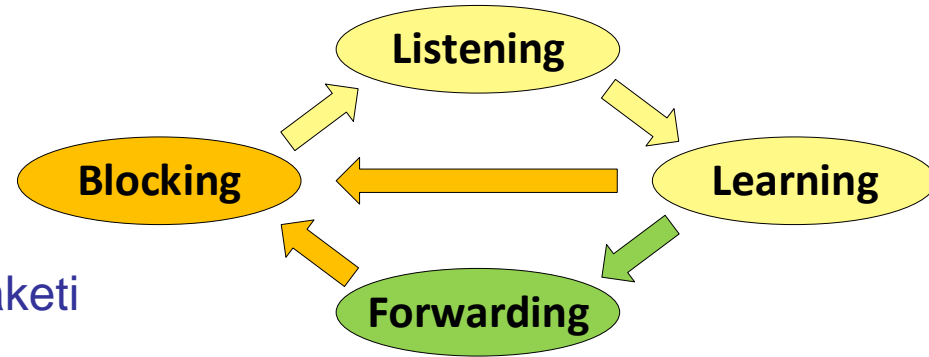
- Privremeno (tranziciono) stanje - 15 sek (*Forward Delay* tajmer)
- Ne prenose se okviri sa podacima
- **Počinju i da se šalju samo BPDU paketi**
- računa se STP parametri – cena od root sviča, RP, DP

- **Learning state**

- Privremeno (tranziciono) stanje - 15 sek (*Forward Delay* tajmer)
- **Prihvataju se okviri sa podacima, ali se oni ne prosleđuju (odbacuju se)**
  - Svič počinje da uči MAC adrese i formira validnu bridžing tabelu
  - Izbegava se previše fladinga nakon aktivacije porta

- **Forwarding state**

- Prenose se svi okviri u oba smera



# STP konvergencija

- **Prekid na vezama krajnjih uređaja (access links)**

- Svičevi inicijalno sve portove tretiraju na isti način i štite se od petlji

(1) SW4 detektuje promenu stanja (prekid veze na portu Fa0/3)

(2) SW4 šalje TCN BPDU poruku (*Topology Change Notification*) na RP, koju ostali svičevi prenose do *Root* sviča

(3) Root svič prima TCN BPDU i šalje *Configuration BPDU* poruku sa TCN flegom

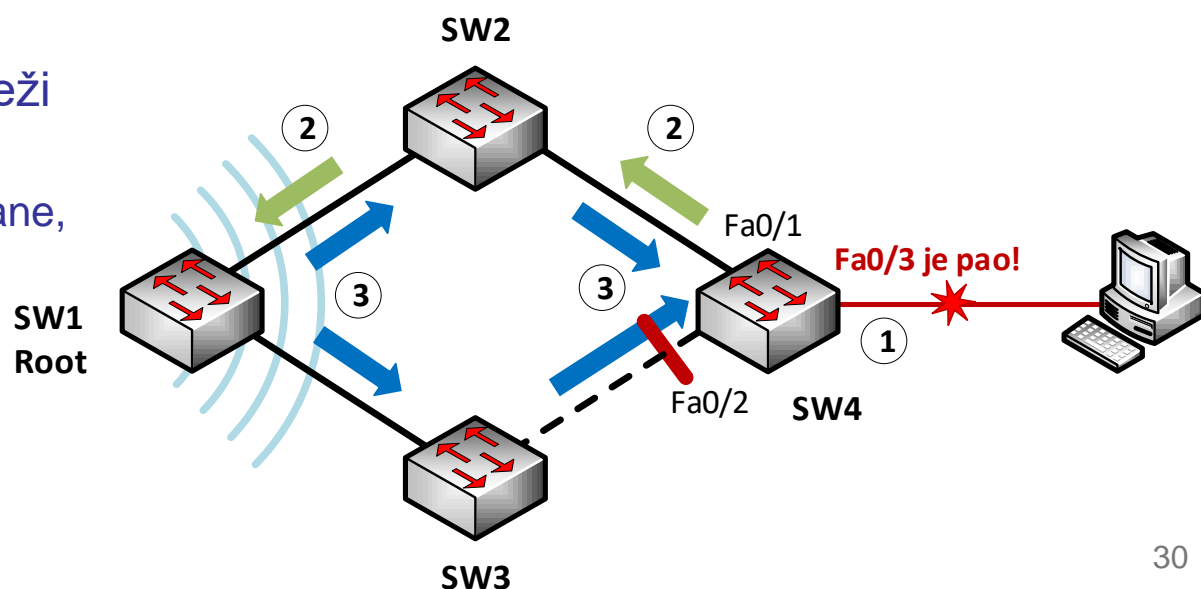
- Svi svičevi detektuju TCN fleg i preračunavaju stanje portova, uključujući i SW4, koji učitava BPDU na blokiranom portu Fa0/2

- Svi svičevi smanjuju *Aging* vreme u *bridging* tabelama na 15 sek (obrisaće se stariji podaci jer možda nisu više tačni)

- Nema konvergenije –

Stanja ostalih portova u mreži je nepromenjeno

- Neke MAC adrese su izbrisane, povećan *flooding*



# STP konvergencija

- **Prekid na direktnim vezama između svičeva**

- Svičevi detektuju na svojim portovima (L1 nivo)

(1) SW4 detektuje promenu stanja na portu Fa0/1 (prekid veze)

SW2 detektuje promenu stanja na port Fa0/2 (prekid veze)

(2) SW4 treba da pošalje TCN BPDU poruku, ali ne može jer je RP u prekidu

SW2 šalje TCN BPDU poruku na RP, koja se prenosi do *Root* sviča

(3) Root svič prima TCN BPDU i šalje *Configuration* BPDU poruku sa TCN flegom

- Svi svičevi detektuju TCN fleg i preračunavaju stanje portova, uključujući i SW4, koji učitava BPDU na blokiranom portu Fa0/2

- Svi svičevi smanjuju *Aging* vreme u *bridging* tabelama na 15 sek (obrisaće se stariji podaci jer možda nisu više tačni)

(4) SW4 detekuje bolji (jedini)

*Path Cost* na portu Fa0/2

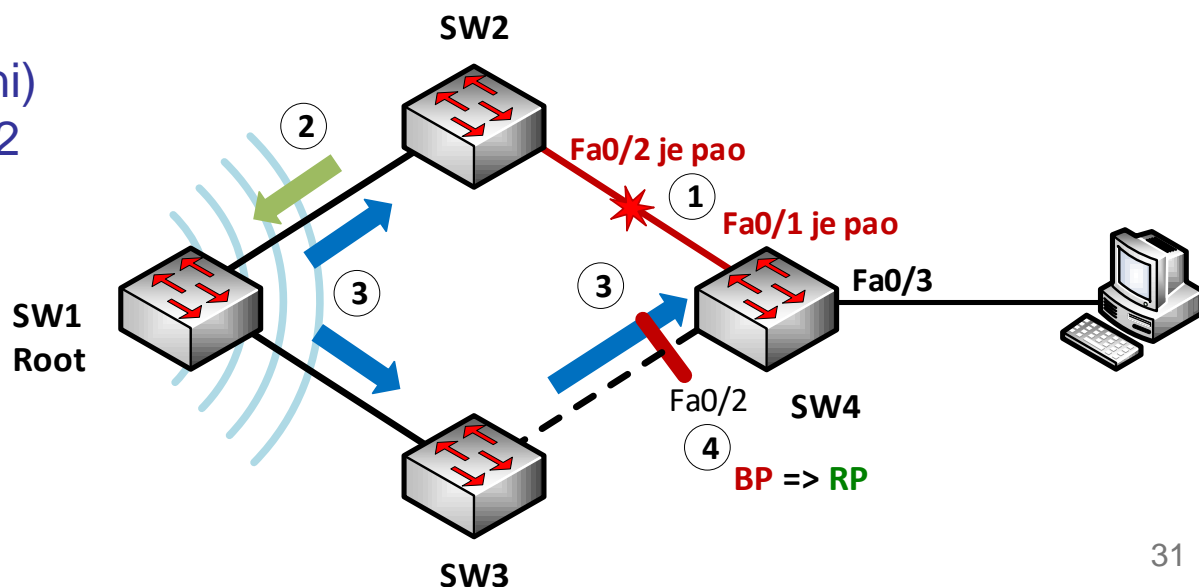
- *Listening* stanje – 15 sek

- *Learning* stanje – 15 sek

Fa0/2 postaje RP

- **Konvergencija**

- 30 sek



# STP konvergencija

- **Prekid na indirektnim vezama između svičeva**

- Svičevi su povezani preko L1 uređaja (npr. habovi i medija-konvertori na optiku)

(1) Prekid na indirektnoj vezi ne može da se detektuju na portovima svičeva

(2) SW4 detektuje prekid po izostanku 10 BPDU poruka –  $10 \times 2 \text{ sek} = 20 \text{ sek}$   
SW4 treba da pošalje TCN BPDU poruku, ali ne može jer je RP u prekidu

(3) Root svič nastavlja da oglašava *Configuration BPDU* poruke na 2 sek  
SW4 učitava *Configuration BPDU* na blokiranom portu Fa0/2

(4) SW4 detekuje bolji (jedini) *Path Cost* na portu Fa0/2

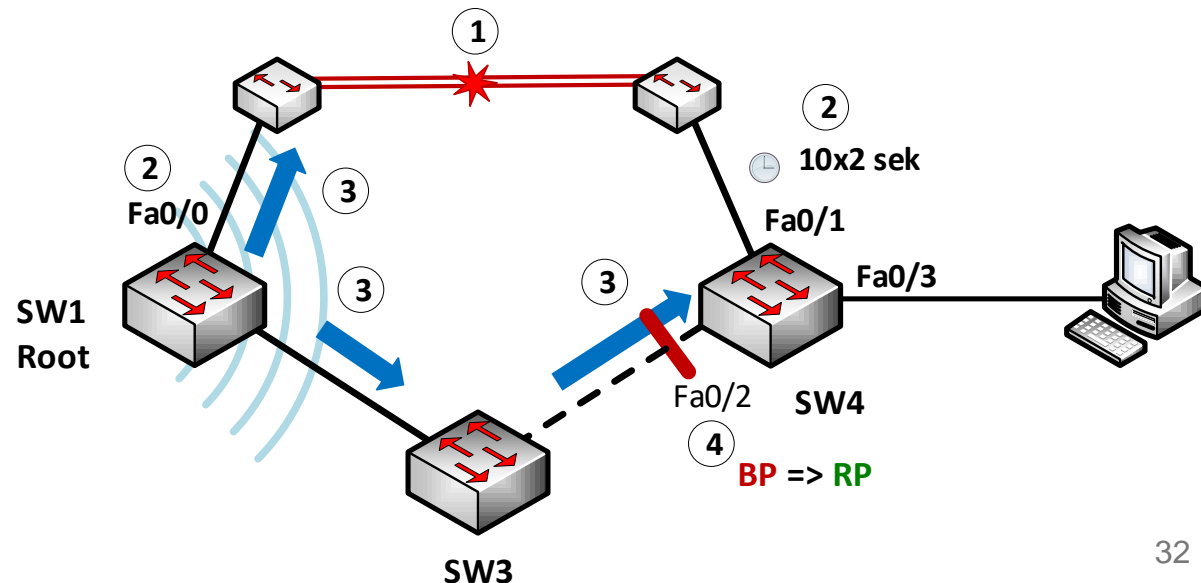
- *Listening* stanje – 15 sek

- *Learning* stanje – 15 sek

Fa0/2 postaje RP

- **Konvergencija**

- 50 sek

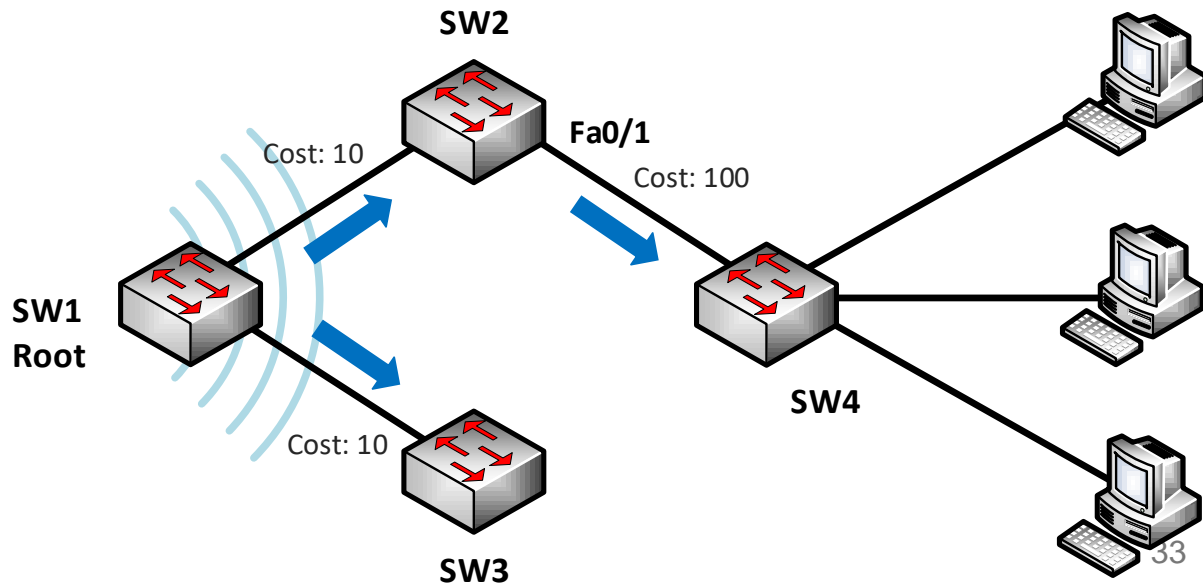




# STP konvergencija

- **Primer dodavanja nove veze**

- Inicijalno stanje – STP stablo je uspostavljeno
- *Root* svič šalje *Configuration* BPDU poruke na 2 sek
- Svi svičevi i korisnici su povezani



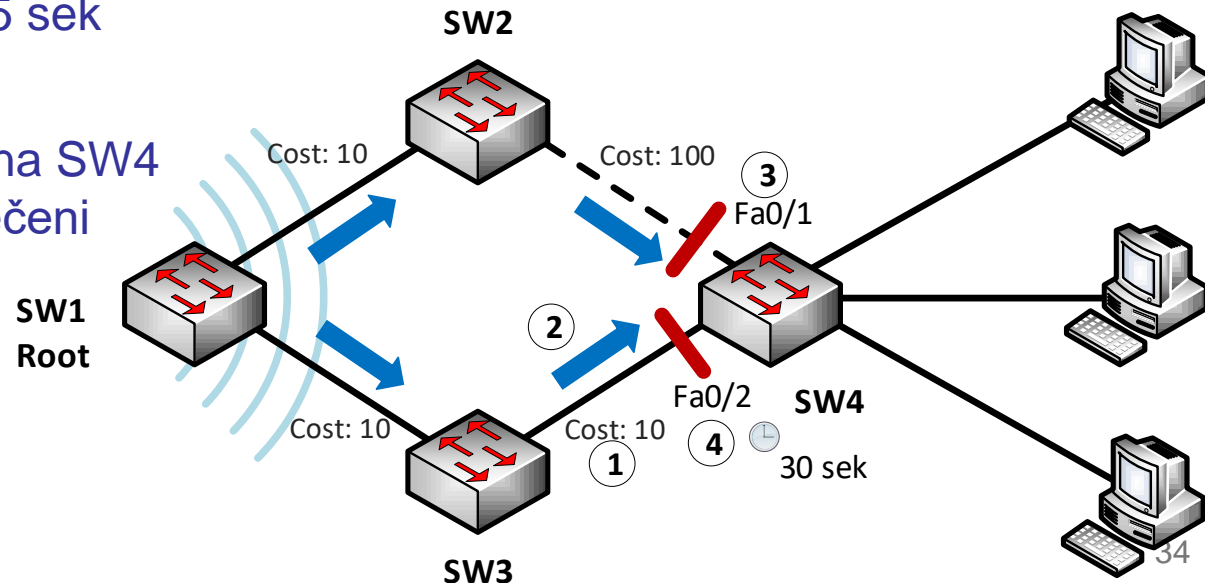
# STP konvergencija

## • Primer dodavanja nove veze

- (1) Dodaje se nova veza između SW3 i SW4, cena je 10
- (2) Configuration BPDU prolazi kroz novu vezu i dolazi do SW4
- (3) SW4 detektuje bolji Path Cost preko nove veze u odnosu na postojeću vezu preko SW2  
Port Fa0/1 (postojeća veza) se momentalno stavlja u blokirano stanje
- (4) Port Fa0/2 (nova veza) iz neaktivnog stanje prelazi u:
  - *Listening* stanje – 15 sek
  - *Learning* stanje – 15 sek

## • Posledica

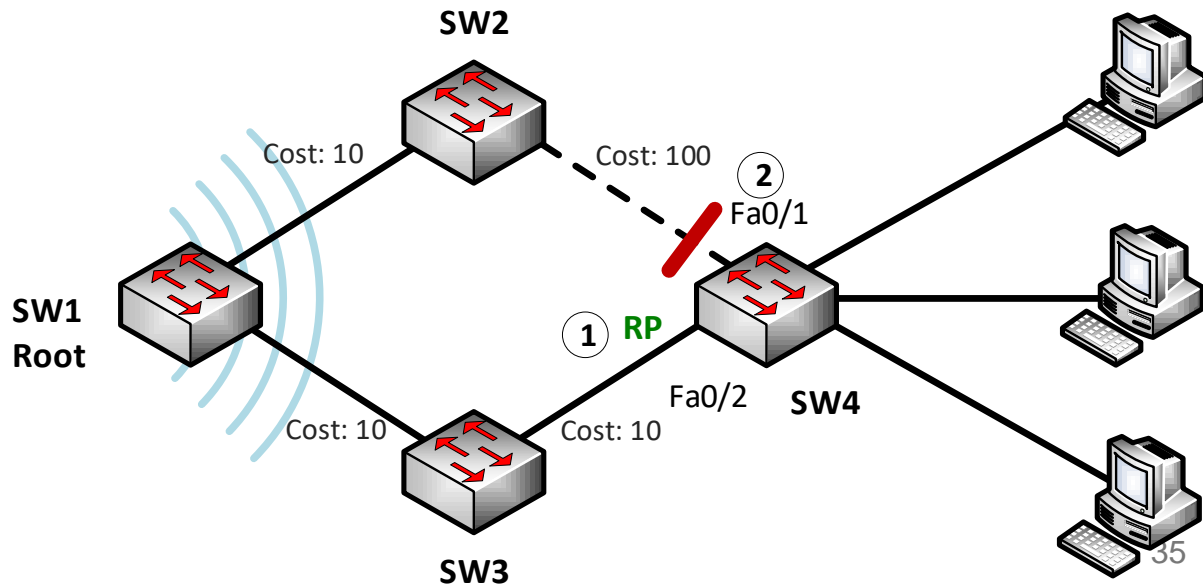
- Svi korisnici povezani na SW4 su 30 sekundi bili odsečeni od ostatka mreže



# STP konvergencija

- **Primer dodavanja nove veze**

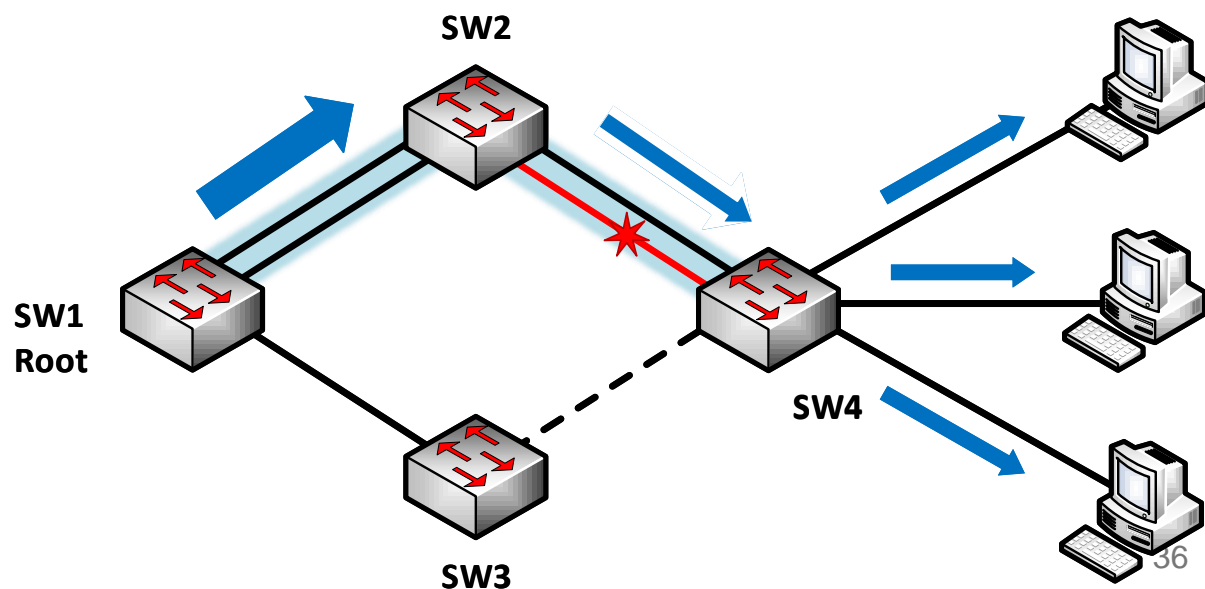
- (1) Nakon isteka 30 sekundi, posle *Listening* i *Learning* stanja port Fa0/2 sviča SW4 postaje RP i prelazi u *Forwarding* stanje
  - (2) Port Fa0/1 sviča SW4 ostaje u blokiranom stanju
- Konvergencija je završena, mreža je povezana
  - Posledica:
    - Svi korisnici povezani na SW4 su 30 sekundi bili odsečeni od ostatka mreže!



# STP i EtherChannel

- ***EtherChannel***

- Više paralelnih veza između dva sviča (uređaja) – **jedna logička veza**
  - Povećan kapacitet
  - Otpornost na otkaz pojedine veze
- STP
  - Povećana stabilnost - ako otkáže jedna veza, ne narušava se STP stablo
  - Sve veze moraju da se prekinu, da bi se pokrenula STP kovergencija

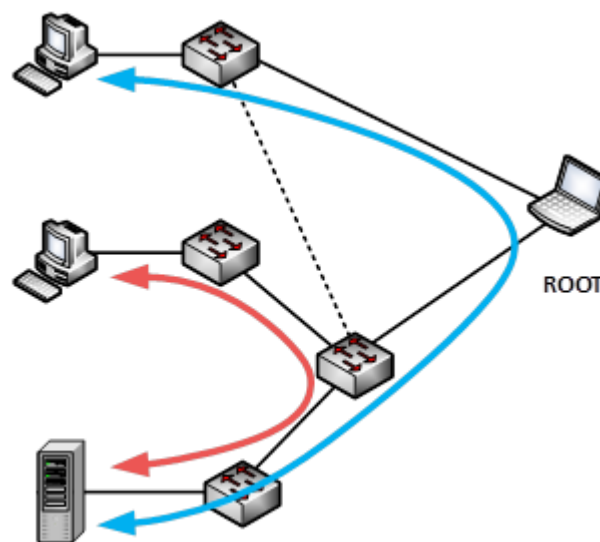
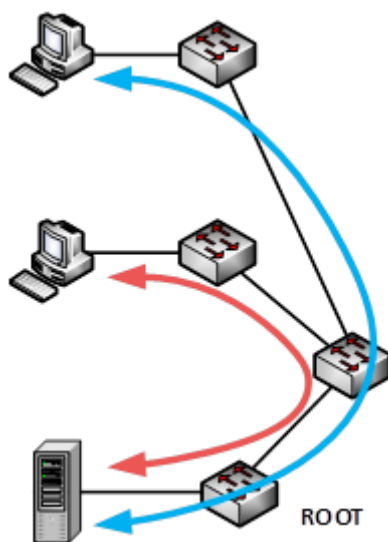


# STP opcije – *PortFast*

- STP se inicijalno sprovodi na svim portovima, čak i na onim na kojima nisu povezani svičevi, već drugi uređaji – pristupni portovi (*access*)
- Kada se uključi krajnji uređaj (npr. računar), na tom portu sviča dolazi do konvergencije:
  - Ulazi se *Listening* i *Learning* stanje
  - Uređaj može da čeka 30 sek da bi se zaštitili od petlji – nepotrebno !
- ***PortFast***
  - Konfiguriše se na pristupnim portovima da se odmah pređe u *forwarding* stanje
  - Na ovom portovima se ne generiše TCN BPDU
  - Postavljamo samo kada smo sigurni da nema petlji i neće ih biti u buduće
  - Ako se na port sa uključenom *PortFast* opcijom ipak poveže svič
    - STP će početi da funkcioniše
    - Preskače *Listening* i *Learning* stanje - ne štiti se dovoljno dobro od mogućih petlji
    - Problem su privremene petlje koje mogu da nastanu tokom konvergencije

# STP opcije - *Security*

- Scenario:
  - Napadač poveže svoj lap-top na druga dva sviča
  - Lap-top sprovodi funkciju sviča, sa postavljenim najboljim prioritetom i postane *root* svič
  - neoptimalna struktura stabla van kontrole administratora
  - kroz ovaj *root* svič prolazi veći deo saobraćaja, koji se može prisluškivati – npr. otkrivanje lozinki

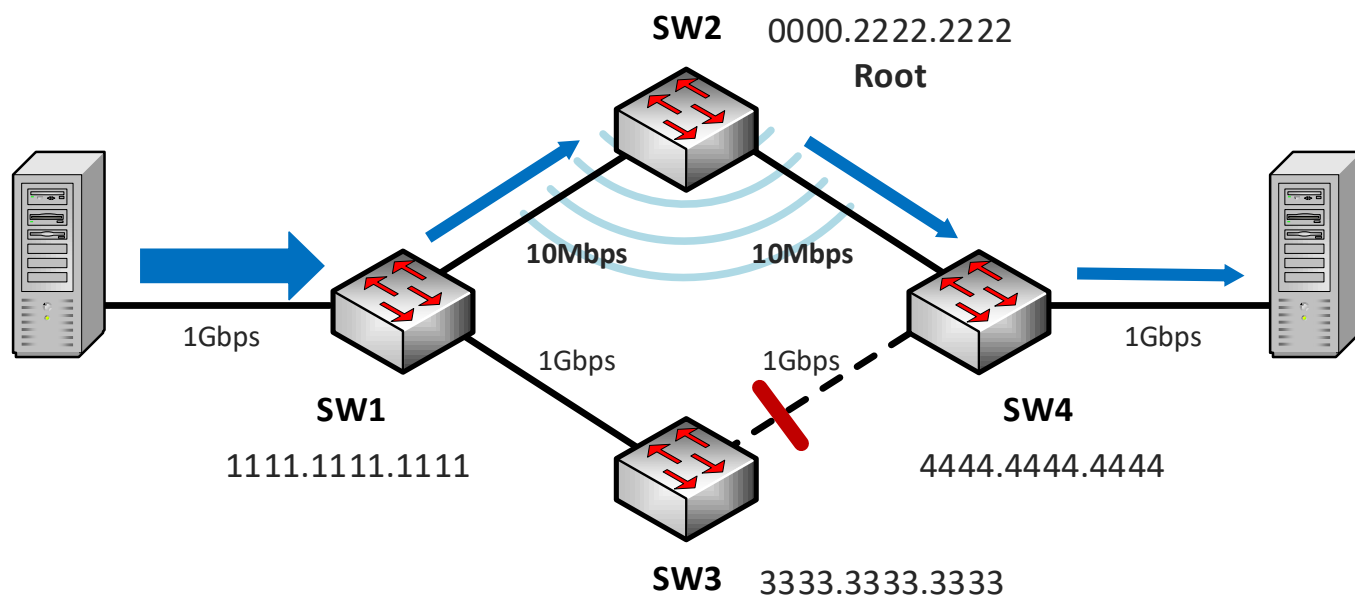


# STP opcije - *Security*

- Zaštita:
  - *BPDU Guard*
    - na *access* portovima se ne očekuju BPDU okviri
    - port se stavlja zabranjuje (*disabling*) ako se na njega prime BPDU okviri
    - port se aktivira kada prestane da prima BPDU okvire
    - primenjuje se u paru sa *PortFast* tehnikom
  - *Root Guard*
    - na portu se dozvoljava prijem BPDU okvira, ali se zabranjuje prijem BPDU okvira sa boljom *Bridge ID* vrednošću
    - sprečava se da se na tom portu javi bolji kandidat za *root* svič

# STP - osnovni problemi

- Spora konvergencija
  - Do 50 sekundi – osnovni problem !
- Nema *load-balancing-a*
  - koristi se samo jedan link, druge veze su blokirane
- Neoptimalne putanje saobraćaja
  - ako se ne postavi prioritet u bridge ID, root će biti svič sa najmanjom MAC adresom





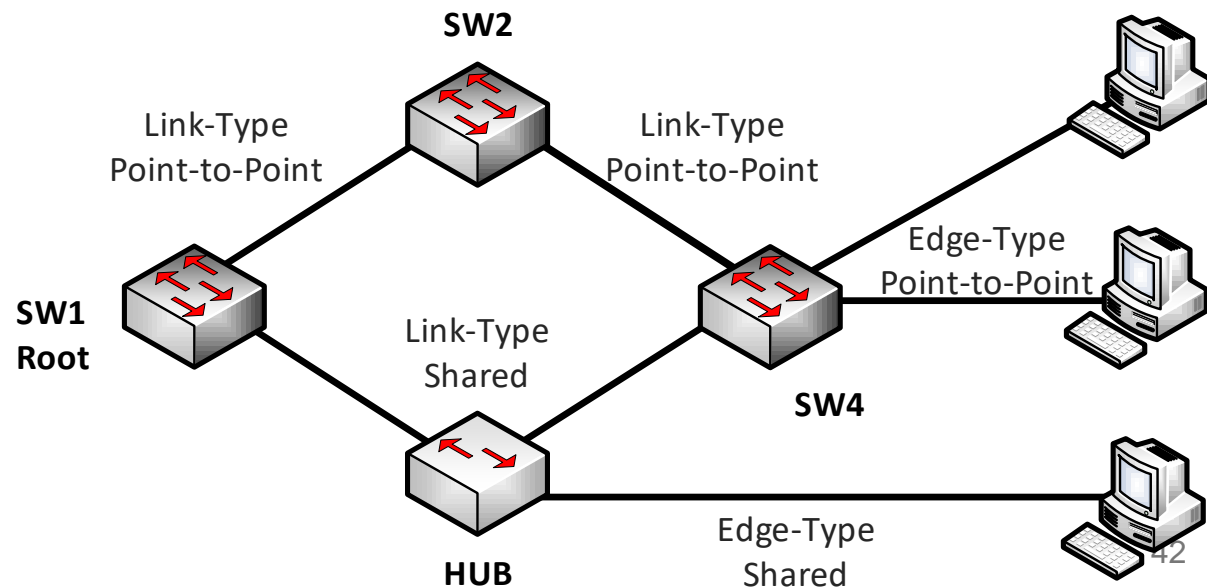
# RSTP - *Rapid Spanning Tree Protocol*

- Novi protokol – IEEE 802.1w
  - Sličan STP, ali unapređena verzija
  - Ubrzava STP konvergenciju
- Novi koncepti:
  - različiti tipovi veza (*link type, edge type*)
  - nove vrste portova (*alternate, backup*)
  - redefinisano stanje portova (izbačen *Listening state*)
- Port cost: 20Tbps/bandwidth

Brzina	IEEE Cost	Revidirani IEEE Cost	RSTP
10 Mbps	100	100	2.000.000
100 Mbps	10	19	200.000
1 Gbps	1	4	20.000
10 Gbps	1	2	2.000

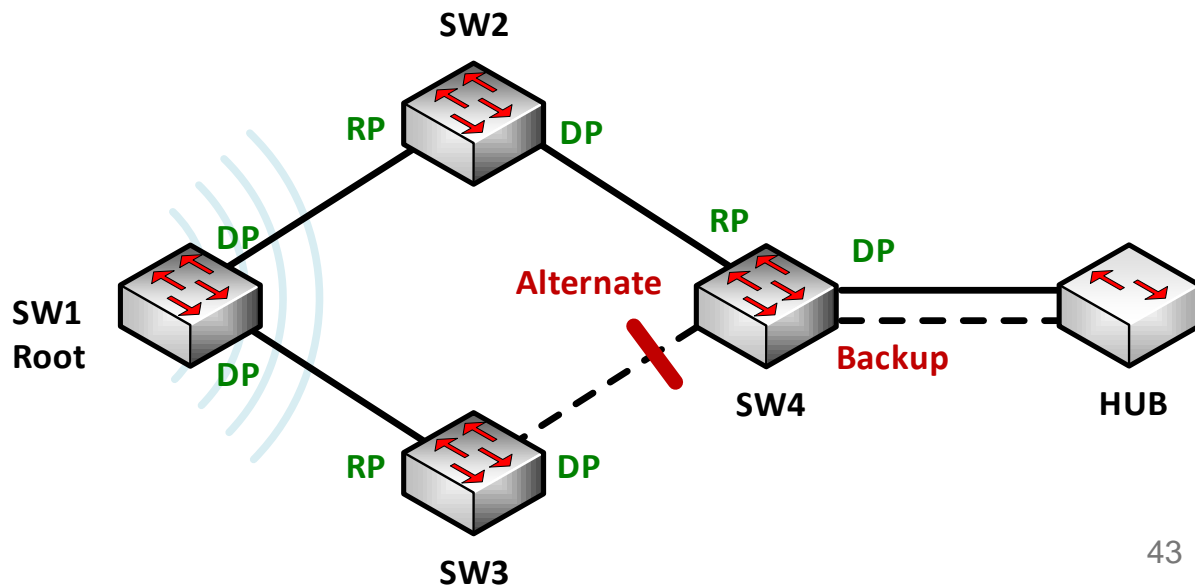
# RSTP – tipovi veza

- *Edge Type* – veze između sviča i krajnjih uređaja (hostova)
- *Link type* – veze između svičeva
  - *Point-to-Point* – direktne veze između svičeva
  - *Shared* – veza preko deljenog segmenta (haba)



# RSTP – nove vrste portova

- Na isti način se vrši izbor RP i DP
- Alternate port
  - Blokirani port, najbolji posle RP
  - Alternativa (zamenja) za RP - spreman da preuzme ulogu RP u slučaju da RP prestane da dobija *BPDUs* poruke sa najmanjim *Path Cost*
- Backup port
  - Specijalan i ekstremno redak slučaj - kada je svič povezan sa više veza na hab
  - Blokirani port, najbolji posle DP - Alternativni (zamenja) za DP

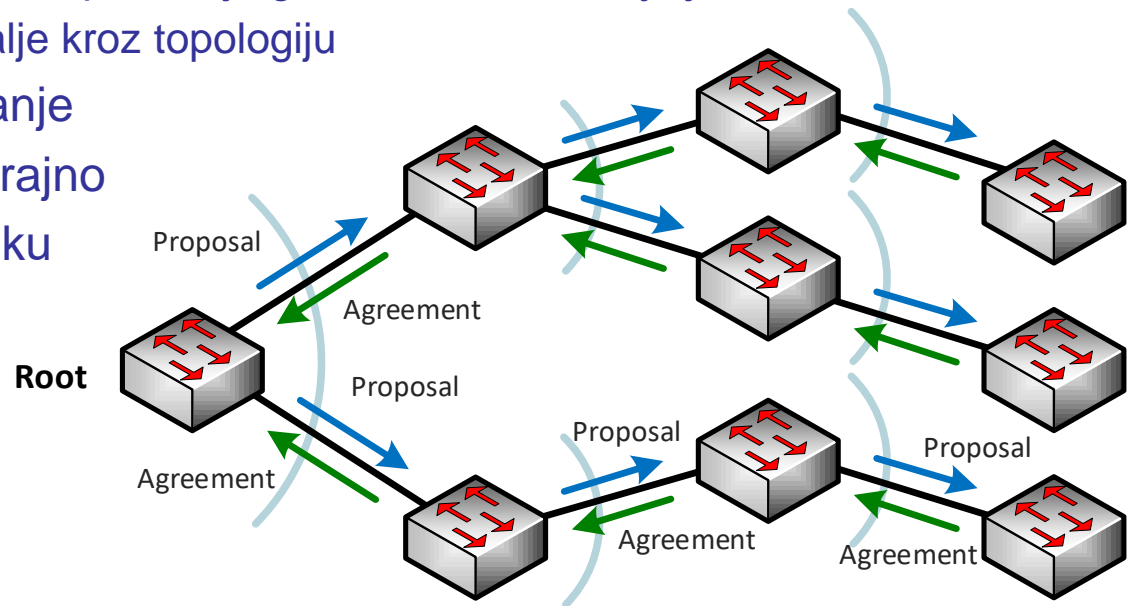


# RSTP kovergencija

- Promena topologije
  - prekid pojedinih veza - prestanak pristizanja *BPDU* paketa
  - dodavanje veza – generišu se novi *BPDU* paketi
- RSTP se različito ponaša u zavisnosti od vrste veze
- ***Edge Type***
  - STP veze do sviča i hostova tretira na isti način kao i veze između svičeva – povezani računar će da prođe kroz proces STP kovergencije od 50 sek.
  - PortFast - portovi na koje su vezani hostovi ne moraju da sprovode *Spanning Tree*, već se konfigurišu da odmah uđu u *Forwarding* stanje
  - RSTP koristi PortFast mehanizam na *Edge Type* vezama
  - Manuelno se konfiguriše na pojedinim portovima
- ***Link Type Shared***
  - RSTP se ponaša isto kao STP

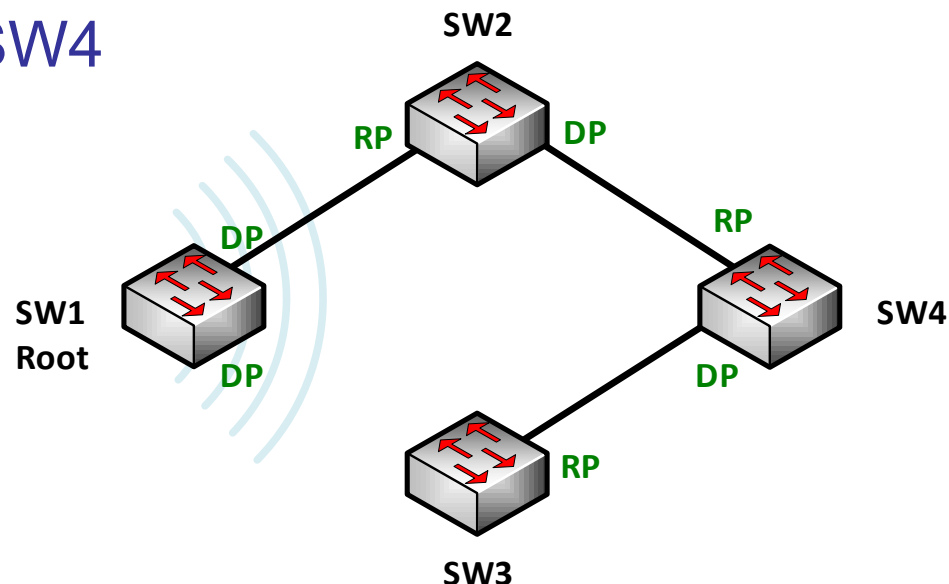
# RSTP kovergencija

- **Link Type Point-to-Point**
  - Unapređenja konvergencije
- **MaxAge**
  - RSTP koristi 3xHello interval – 6 sek.
- **Aktivna komunikacija između svičeva tokom procesa konvergencije**
  - Svičevi razmenjuju nove vrste BPDU poruka
    - *Proposal* – BPTU sa setovanim *Proposal* flegom
    - *Agreement* - BPDU kojom se potvrđuje grana u stablu – šalje je RP
    - Ovaj proces se prenosi dalje kroz topologiju
  - Ne koristi se *Listening* stanje
  - *Learning* stanje je kratkotrajno
  - Brzo se odlučuje o prelasku u *Forwarding* stanje
    - Obično za manje od 1 sekunde za sve svičeve u mreži



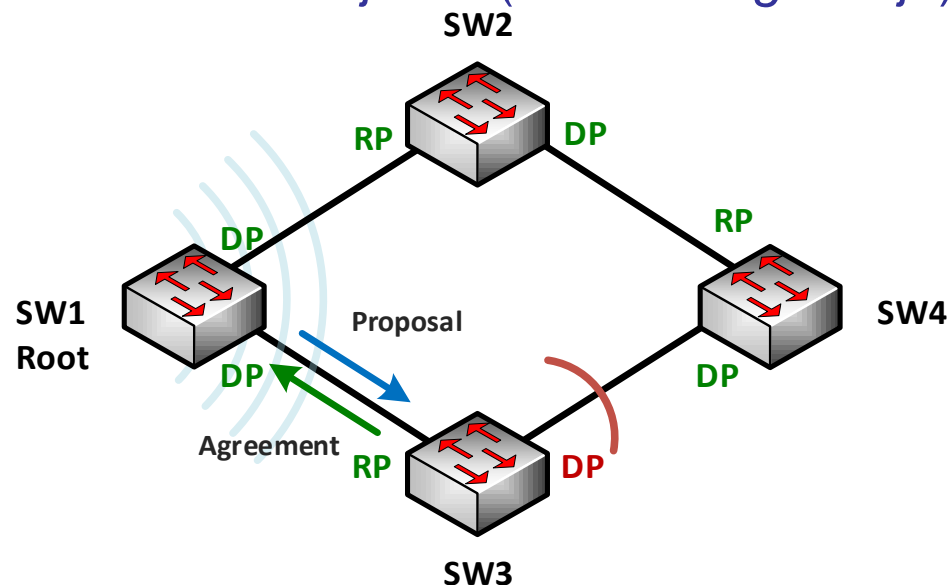
# RSTP primer

- Početno stanje - bez redundantnih veza
- SW1 je *root* svič
- Novo stanje – dodata redundantna veza između SW1 i SW3
- SW1 do SW3 oglašava BPDU sa bolji *Path Cost* nego što oglašava SW4
- Ovaj link treba da se uključi, tj. port da se stavi u *Forwarding* stanje
- Link između SW3 i SW4 treba blokirati



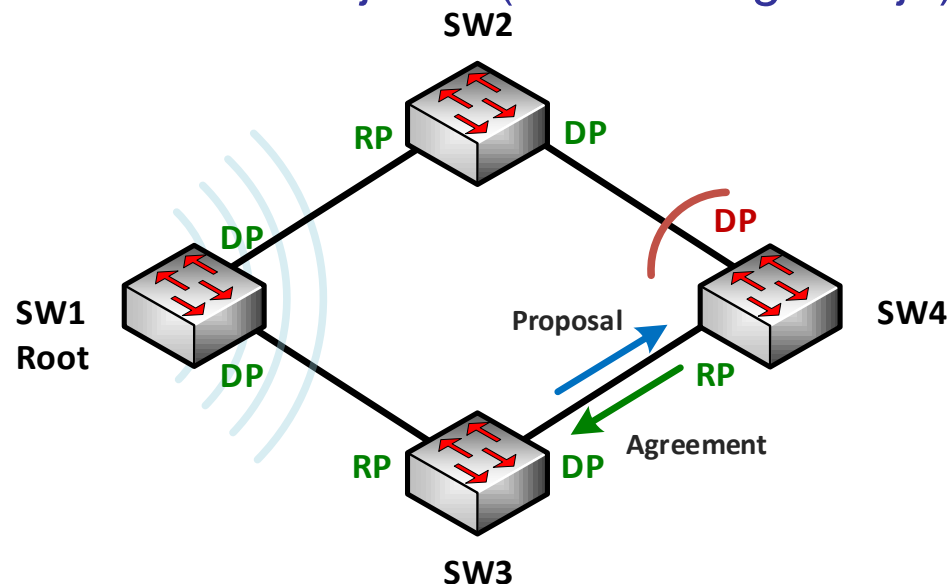
# RSTP primer

- BPDU od SW1 do SW3 ima setovan *Proposal* fleg (*Proposal* poruka)
- SW3 detektuje bolju putanju do *Root* sviča i ulazi u sinhronizaciju
  - Najpre se privremeno blokiraju svi ostali portovi da bi se sprečile petlje (veza između SW3 i SW4)
  - SW3 šalje *Agreement* poruku ka sviču SW1
  - SW1 i SW3 aktiviraju portove na novoj vezi (*Forwarding* stanje)
    - SW1 – DP
    - SW3 – RP



# RSTP primer

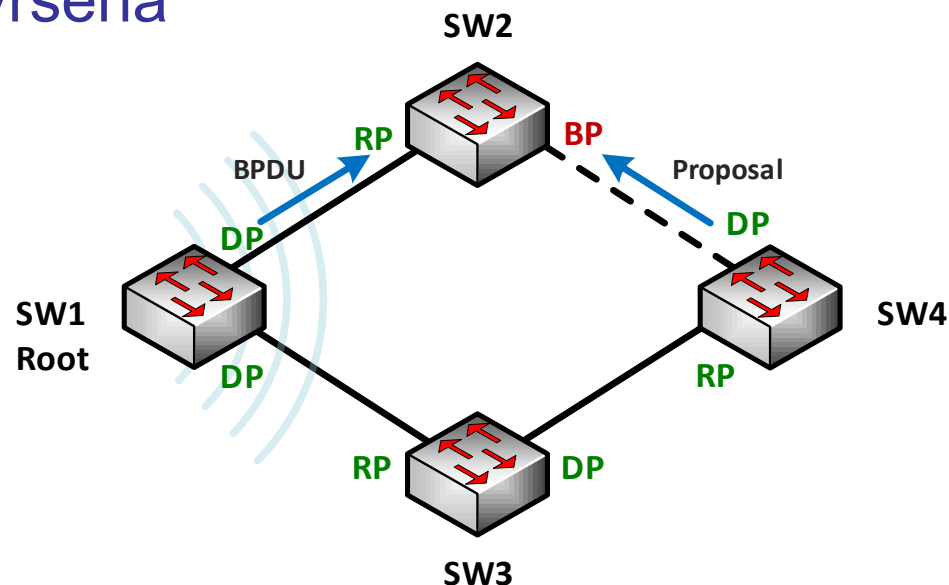
- SW3 šalje BPDU od SW4 sa setovanim *Proposal* flegom (*Proposal* poruka)
- SW4 detektuje bolju putanju do *Root* sviča i ulazi u sinhronizaciju
  - Najpre se privremeno blokiraju svi ostali portovi da bi se sprečile petlje (veza između SW4 i SW2)
  - SW4 šalje *Agreement* poruku ka sviču SW3
  - SW3 i SW4 aktiviraju portove na novoj vezi (*Forwarding* stanje)
    - SW3 – DP
    - SW4 – RP





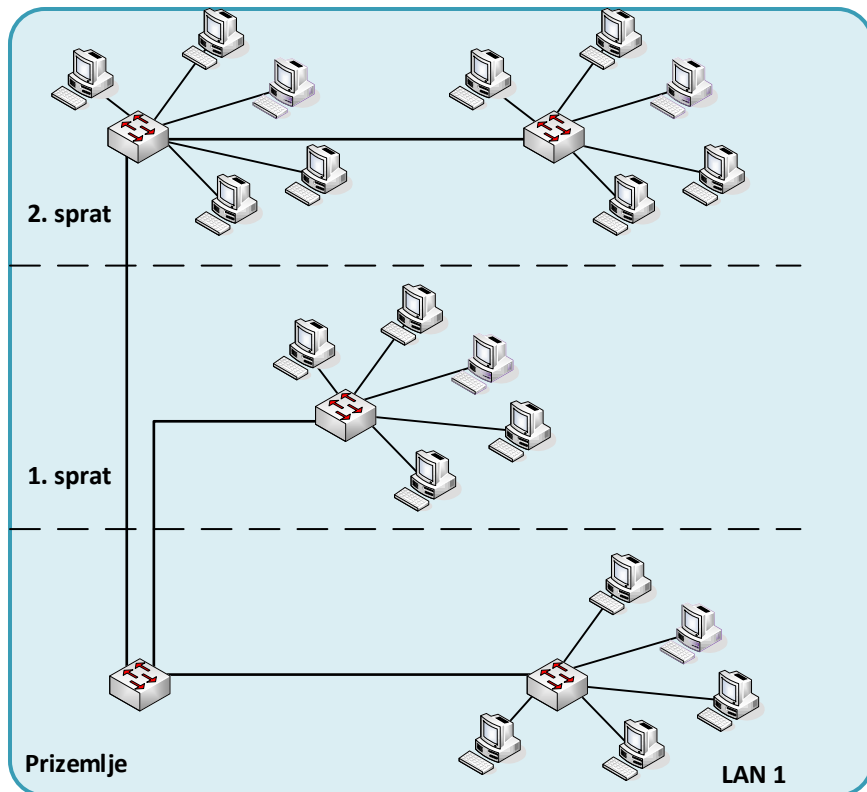
# RSTP primer

- SW4 šalje BPDU od SW2 sa setovanim *Proposal* flegom (*Proposal* poruka)
- SW2 dobija regularnu BPDU do SW1 sa boljim *Path Cost* i radi sledeće:
  - Stavlja port prema SW4 u blokirano stanje
  - Ne šalje *Agreement* poruku za aktivaciju veze prema SW4
  - Port prema SW1 ostaje u RP
- Konvergencija je završena



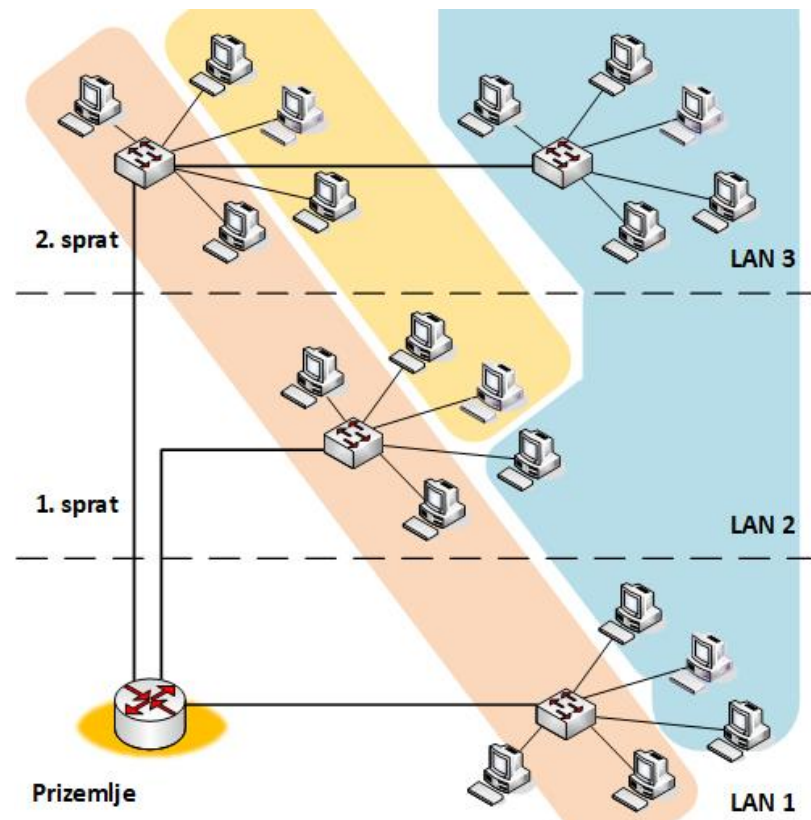
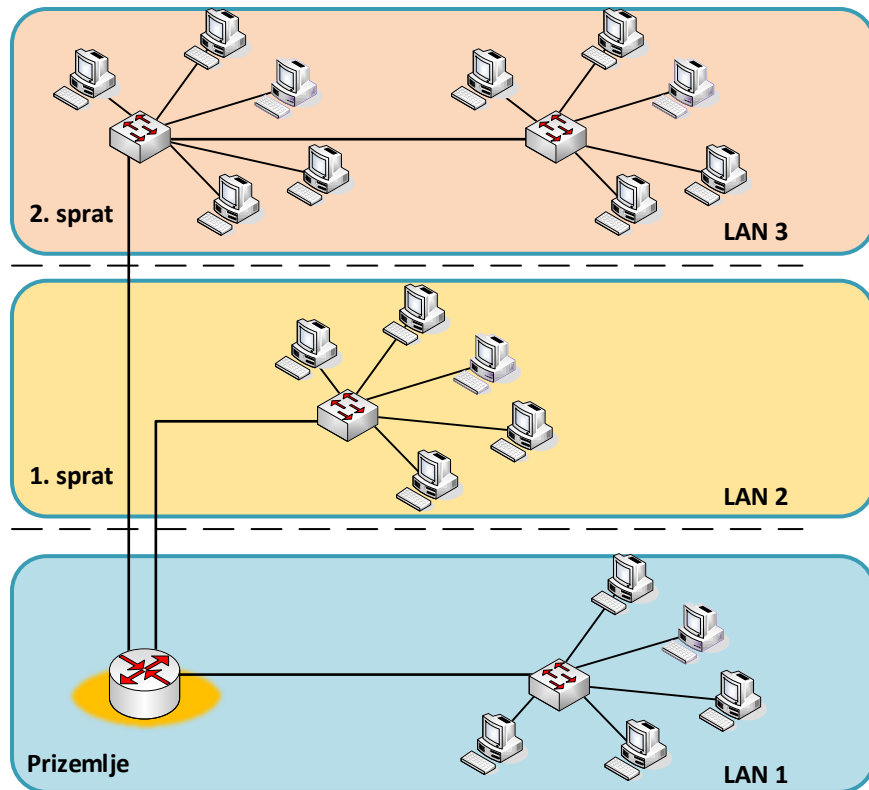
# VLAN – Virtualni LAN

- LAN mreže sa svičevima – jedinstvena mreža na L2 nivou
  - Podržavaju povezivanje velikog broj učesnika – različite logičke grupe
  - Jedan brodkast domen, čak i sa više različitih grupa korisnika
    - Moguće da paketi iz jedne grupe korisnika dospeju do uređaja koji pripada korisniku druge grupe – npr. poslovna komunikacija se meša sa javnom



# VLAN – Virtualni LAN

- Ruteri razdvajaju mrežu na više L2 segmenata - grupisano prema zajedničkoj nameni
  - Primer fakulteta: studentska služba, računovodstvo, kabineti, laboratorije
  - **Fizički** – tradicionalno grupisanje povezivanjem na posebne svičeve
  - **Virtualno** – pridruživanje uređaja u logičke grupe nezavisno od fizičke povezanosti

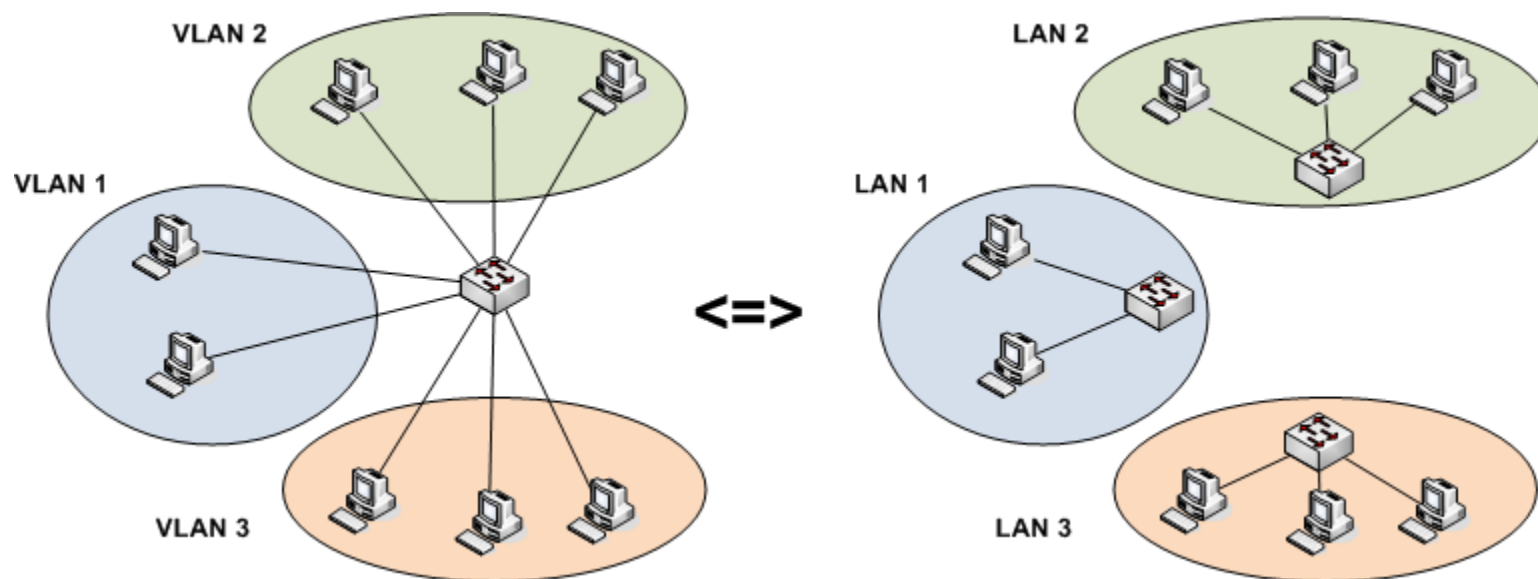


# VLAN – Virtualni LAN

- VLAN – *Virtual Local Area Network*
  - Logički deli fizičku LAN mrežu na nezavisne logičke LAN mreže
  - Podela na osnovu funkcije i vrste posla koja se obavlja u određenim delovima
- Konfigurisanje VLAN-ova se vrši na svičevima, softverski
- Računari povezani u određeni VLAN nisu svesni toga u kojem su VLAN-u
- Premeštanje računara u okviru jedne LAN mreže ne mora da izazove i promenu u načinu pristupa mreži
  - dovoljno je da se odgovarajući port postavi u odgovarajući VLAN
- VLAN-ovi pružaju skalabilnost i sigurnost, po cenu malo većeg administrativnog rada
- Komunikacija između VLAN-ova mora da se vrši kroz ruter kao kod različitih fizičkih LAN mreža
- Enkapsulacija paketa od hostova ka svičevima je klasična – Ethernet

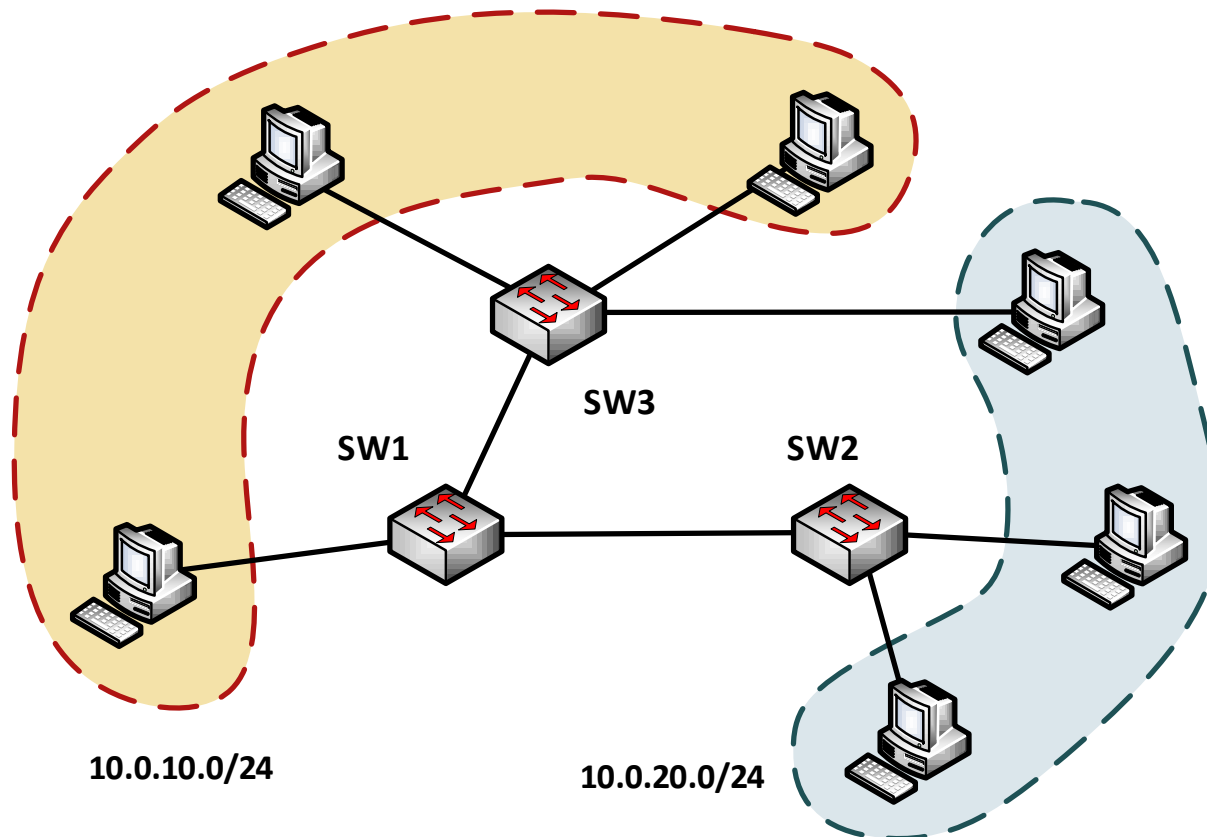
# VLAN – Virtualni LAN

- Podela fizičke LAN mreže na nezavisne logičke LAN mreže
- VLAN-ovi na jednom sviču



# VLAN – Virtualni LAN

- VLAN-ovi na više svičeva

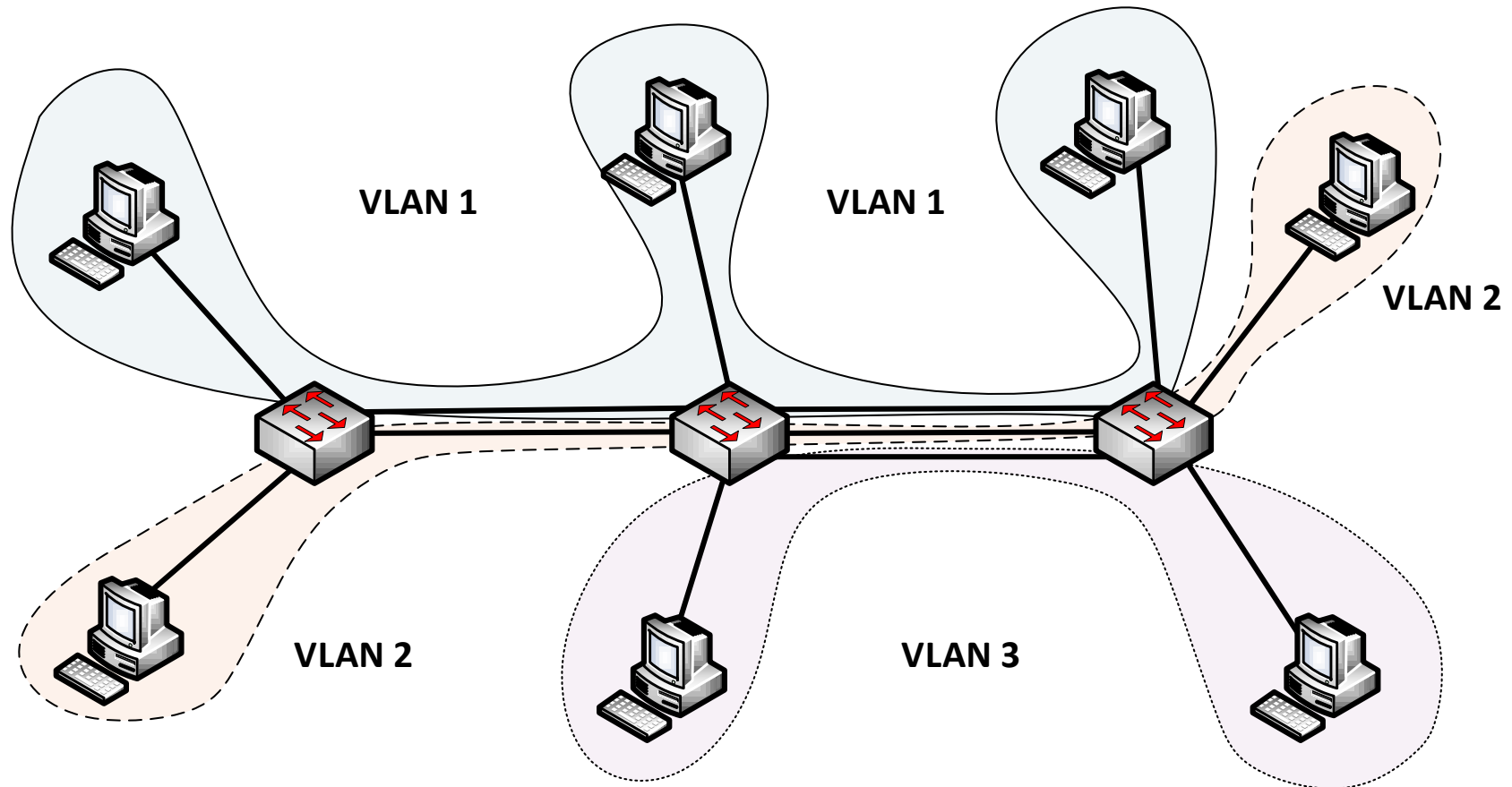


# Podela VLAN-ova

- Statički:
  - Određeni port sviča se pridružuje nekom VLAN-u prilikom konfigurisanja
  - Više administrativnog posla, ali jednostavnije praćenje
- Dinamički:
  - Na osnovu nekog parametra paketa saobraćaj se svrstava u određeni VLAN (MAC adresa, IP adresa,...)
  - Obično se konfiguriše nekim specijalizovanim softverom

# Povezivanje VLAN-ova sa više svičeva

- Klasično rešene - za svaki VLAN posebna veza
  - Neskaliabilno
  - Skupo – troše se portovi

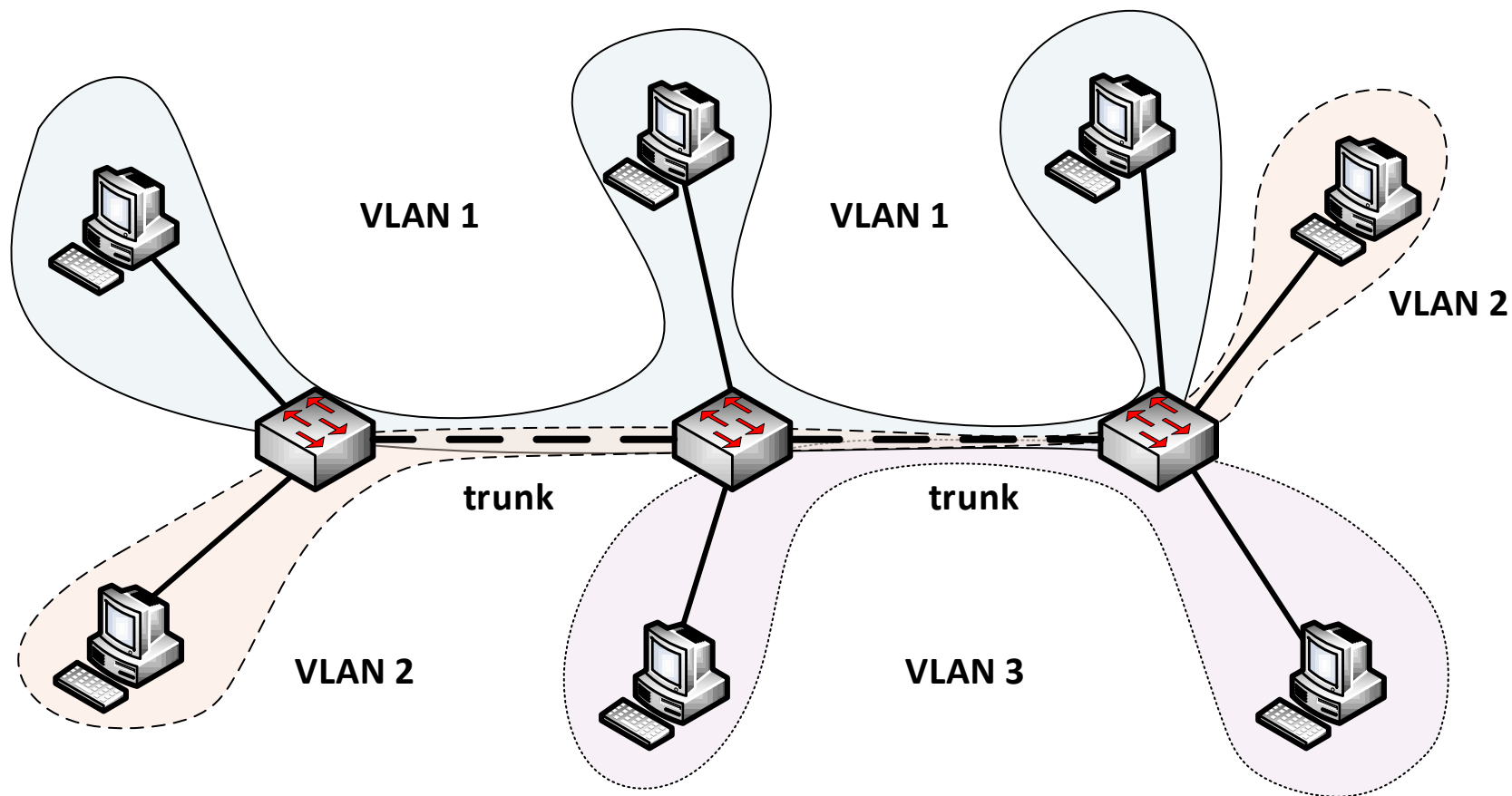




# Povezivanje VLAN-ova sa više svičeva

- *Trunk link*

Zajednička veza za sve VLAN-ove - *Trunk link*

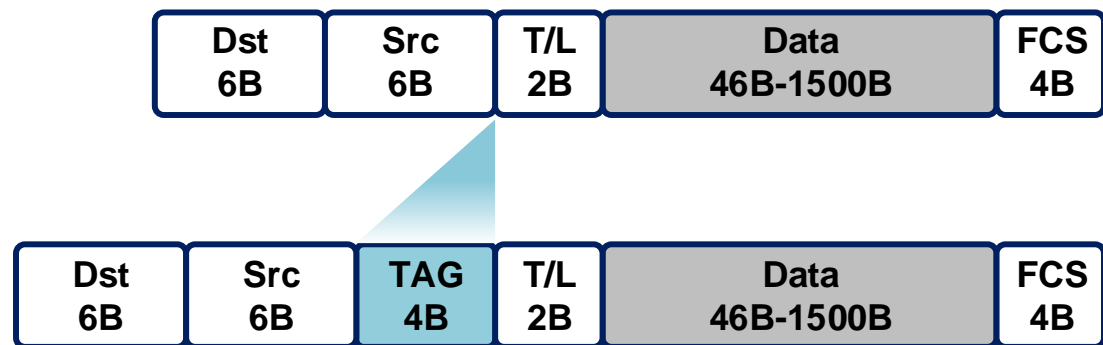


# VLAN *Frame Tagging*

- Prepoznavanje VLAN-ova na *trunk* vezama
  - VLAN *Frame Tagging* – IEEE 802.1Q standard
- Dodatna polja u Ethernet okviru - 802.1Q enkapsulacija
  - Na standardno Ethernet zaglavlje dodaje se tzv. tag - informacija o VLAN-u (VLAN ID)
  - Okvir je za veličinu taga veći od originalnog okvira – dodatna 4 bajta
- Primjenjuje se na *trunk* vezama
  - između dva sviča
  - između sviča i rutera
  - između sviča i servera

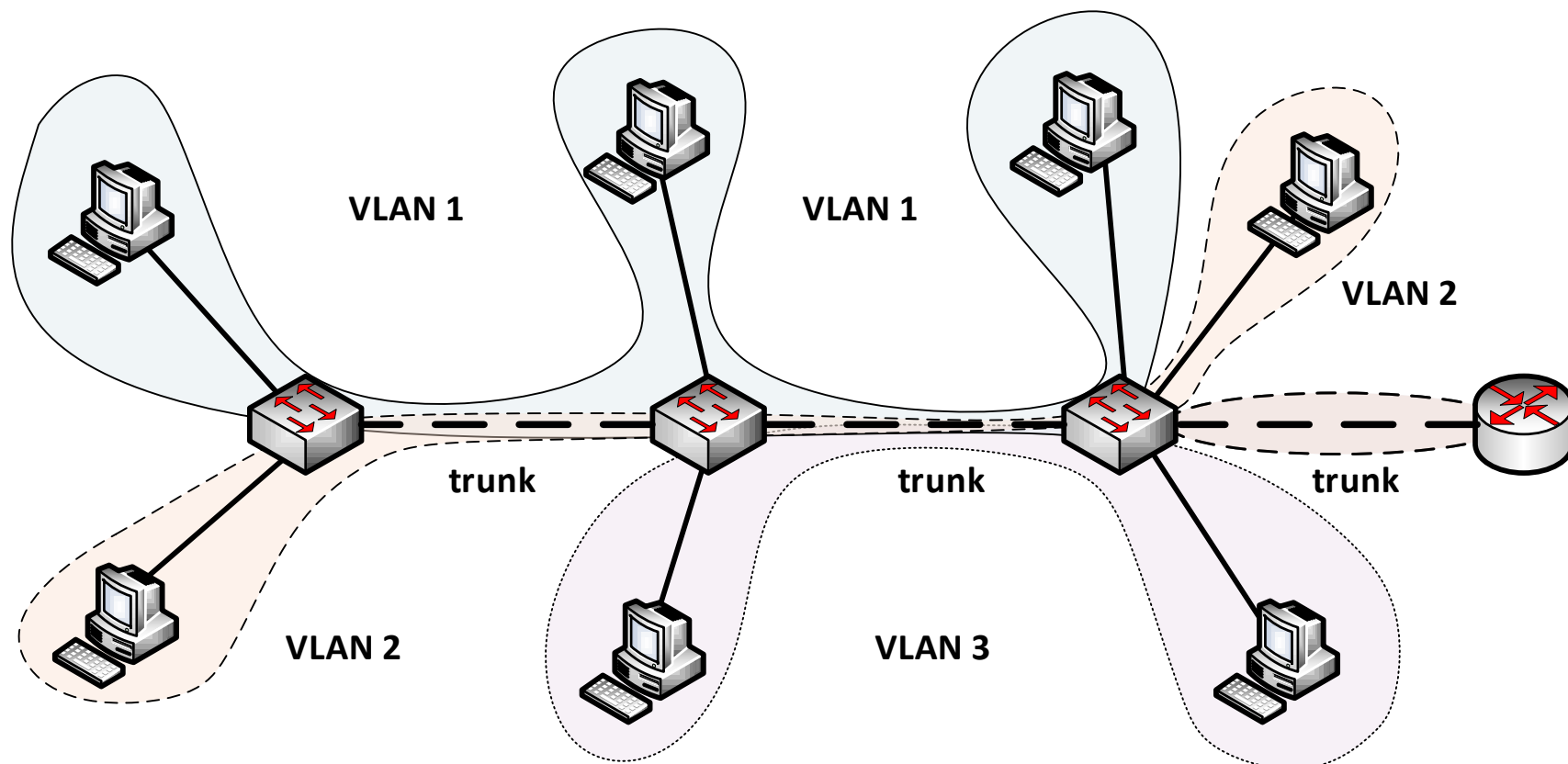
# VLAN *Frame Tagging*

- Poslednjih 12 bita su VLAN Identifier (VID) koji označava kom VLAN-u pripada okvir
- VID može da ima vrednosti od 0 do 4095
- neke vrednosti su rezervisane - 0, 1, 4095,...



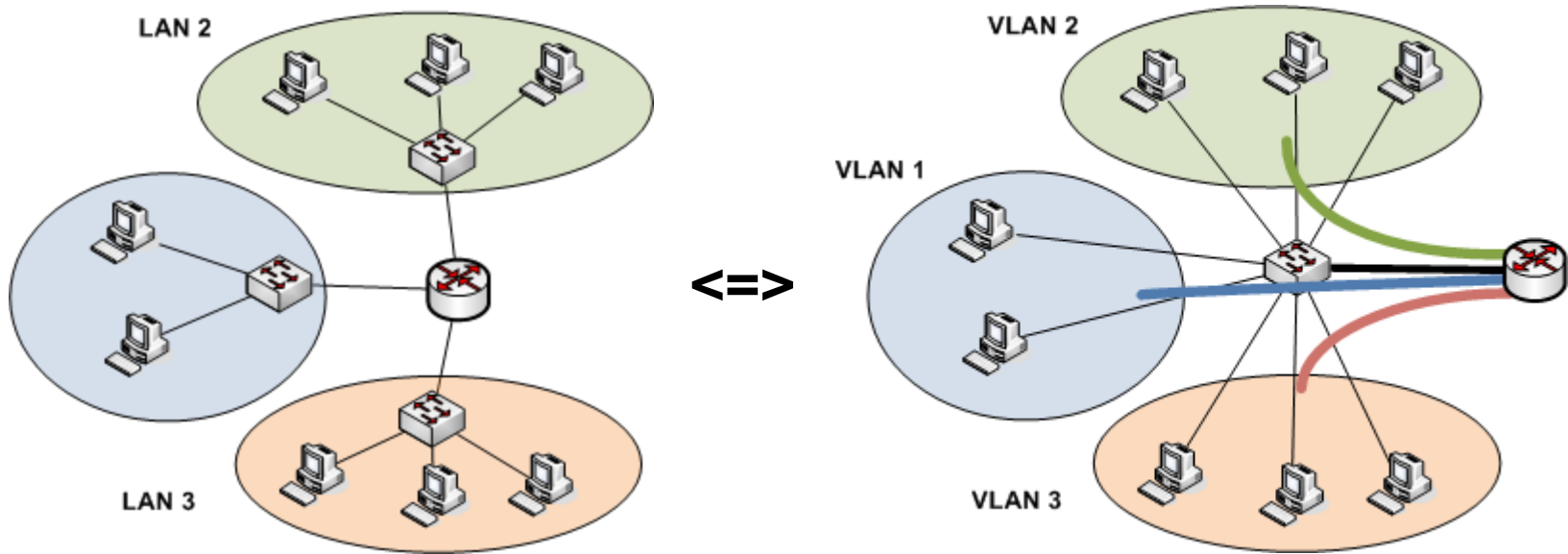
# Vrste portova

- **Trunk port** – na vezam koje prenose više VLAN-ova
- **Access port** – na vezam koje prenose samo jedan VLAN
- Vrste portova moraju da se poklope na obe strane jedne veze:
  - ili oba *access* ili oba *trunk* porta



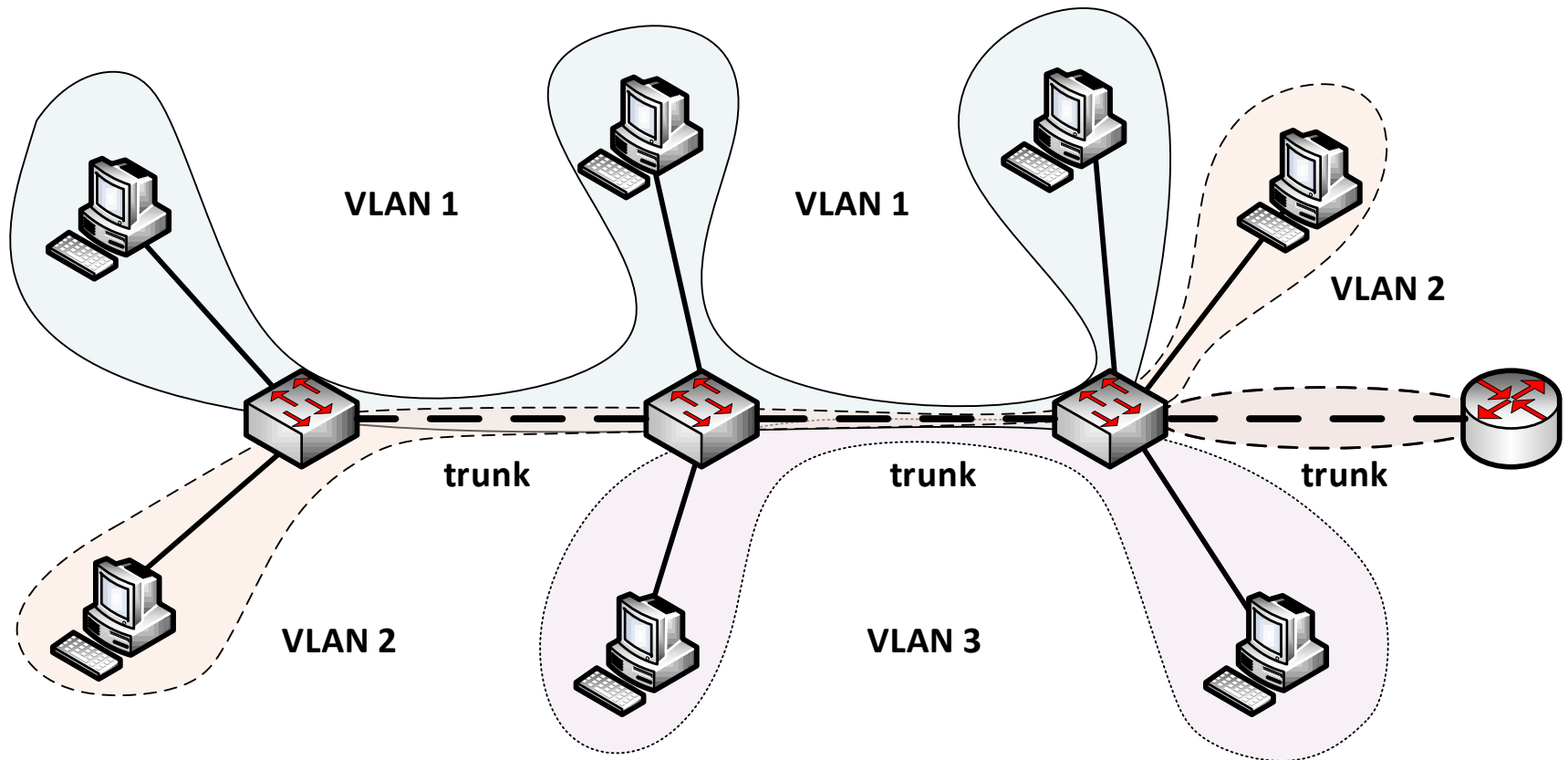
# Povezivanje VLAN-ova

- Povezivanje različitih LAN-ova (pa i različitih VLAN-ova) MORA se obaviti preko rutera (L3 nivo)
  - Trunk veza između sviča i rutera



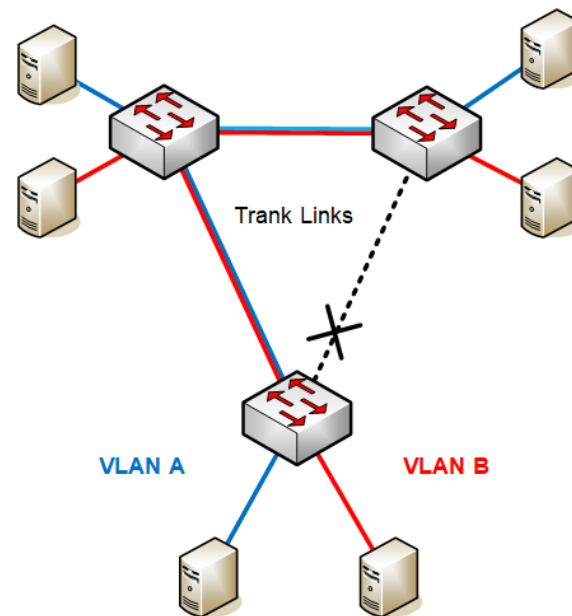
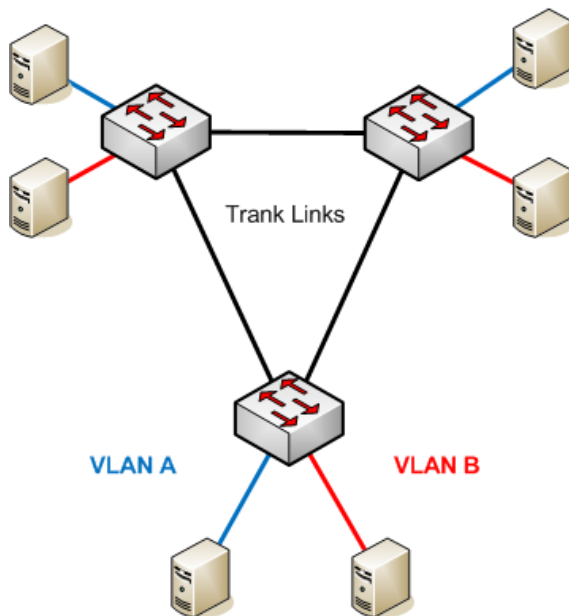
# Povezivanje VLAN-ova

- Povezivanje različitih LAN-ova (pa i različitih VLAN-ova) MORA se obaviti preko rutera (L3 nivo)
- Trunk veza između sviča i rutera



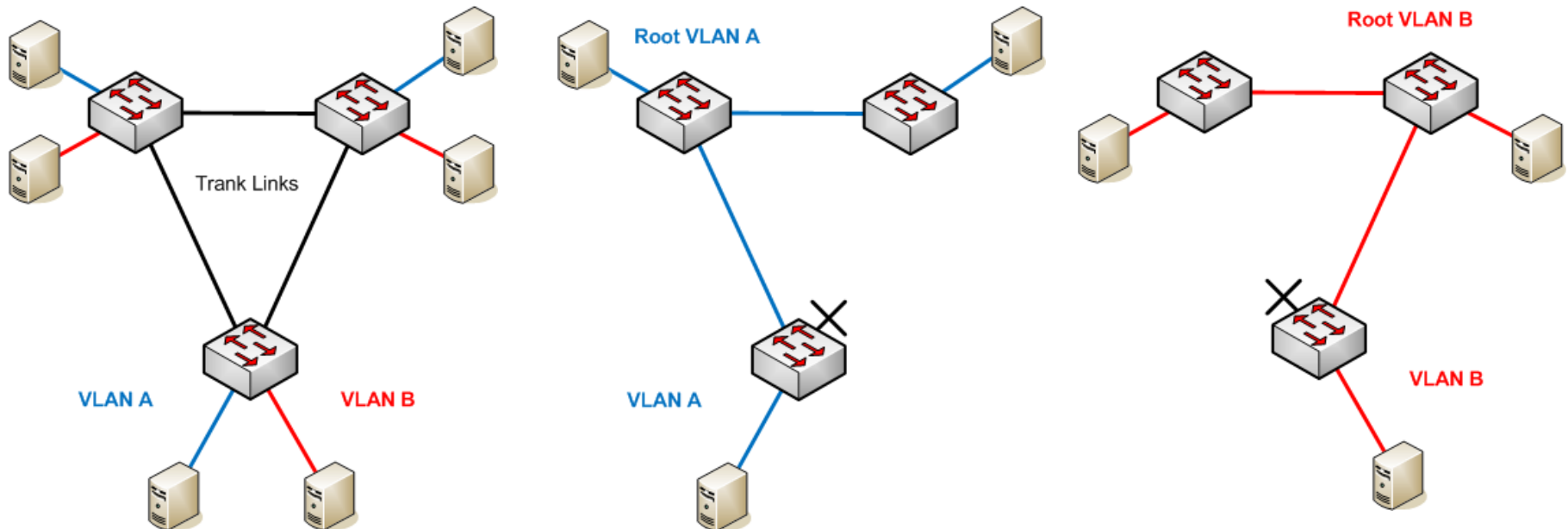
# STP i VLAN-ovi

- Klasičan pristup - zajedničko STP stablo za sve VLAN-ove
  - VLAN-ovi „unutar“ STP
- Blokirani portovi se ne koriste ni za jedan VLAN
  - Neoptimalno



# STP i VLAN-ovi

- Noviji pristup – posebno STP stablo za svaki VLAN
  - STP „unutar“ VLAN-a
- PVST – „Per-VLAN STP“
- Nezavisno sprovođenje STP po različitim VLAN-ovim
- Optimalnije iskorišćenje fizičkih linkova





# Literatura

- Wendell Odom  
„CCNA - Cisco official exam certification guide“  
Cisco Press
- James Kurose, Keith Ross  
„Computer Network - A Top-Down Approach“
- James Kurose, Keith Ross  
„Umrežavanje računara: Od vrha ka dnu“  
prevod 7. izdanja  
CET

