

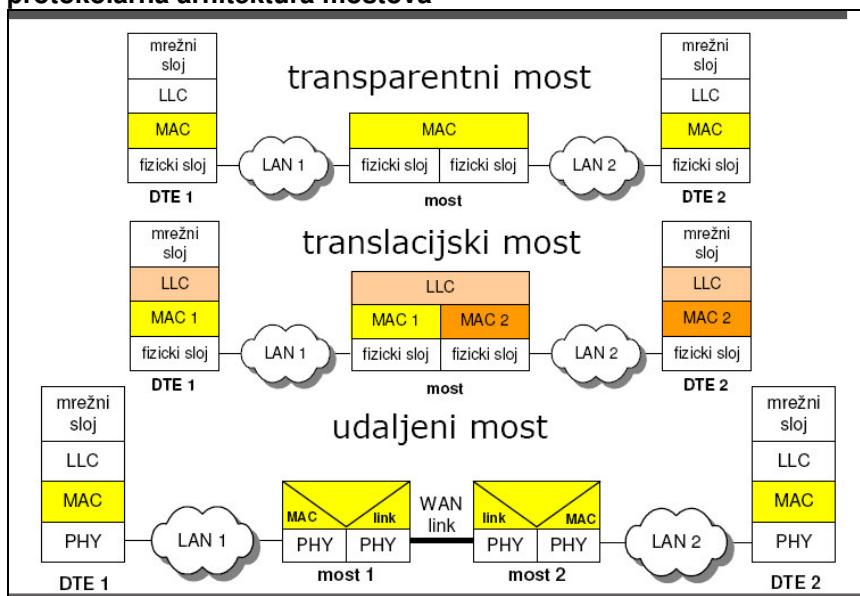
LOKALNE MREŽE

AKADEMSKA GODINA 2009/2010

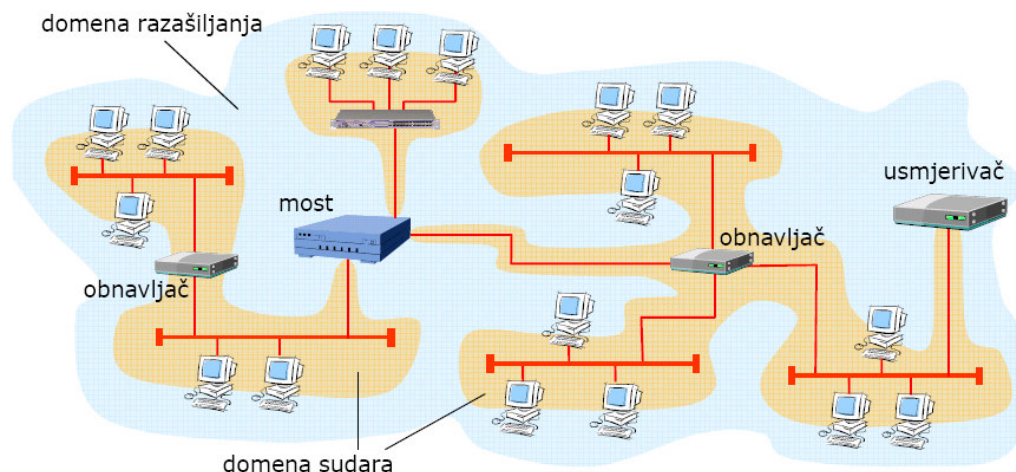
PODSJETNIK POJMOVA ZA 2. MEĐUISPIT

1. Povezivanje lokalnih mreža

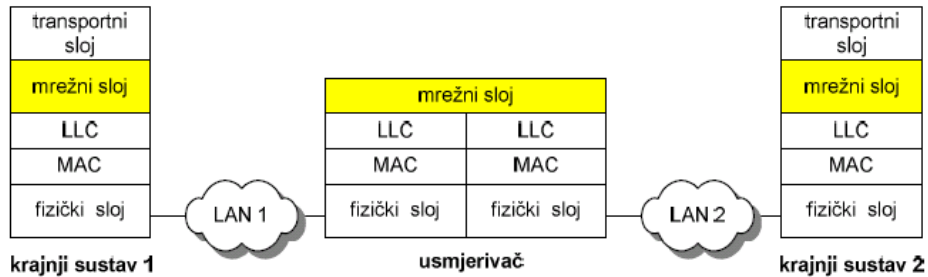
- **uređaji za povezivanje LAN-ove**
 - *obnavljači – repeaters, hubs*
 - propagiraju razašiljanje na fizičkom sloju
 - *mostovi – bridges*
 - zaustavljaju razašiljanje na fizičkom sloju
 - propagiraju razašiljanje na DLL sloju
 - catenet – mreža segmenata povezanih mostovima
 - 1 stanica = 1 MAC adresa
 - *usmjerivači – routers*
 - zaustavljaju razašiljanje i na fizičkom i DLL sloju
 - krajnja točka neke lokalne mreže
 - sporiji od mostova
 - *brouter* – kombinacija mosta i usmjerivača
- **osnovne funkcije mostova (IEEE 802.1)**
 - *filtriranje* – pomoću određene adrese MAC okvira
 - *prosljeđivanje* – iz jednog u drugi LAN prijen. brzinom drugog LAN-a
 - *učenje* – topologije LAN-a na temelju izvorišnih adresa MAC okvira
- **vrste mostova**
 - *lokalni mostovi*
 - *udaljeni mostovi* – povezivanje udaljenih segmenata LAN-a
 - *translacijski mostovi* – povezivanje segmenata s različitim MAC-om
 - *transparentni mostovi* – povezivanje segmenata s istim MAC-om (IEEE 802.1.D)
 - tablica koja preslikava adrese stanica u priključke mosta
 - radi na promiskuitetan (☺) način
- **protokolarna arhitektura mostova**



- **slanje okvira na 1 odredište – unicast**
 - most filtrira one okvire čije se odredište nalazi na istom priključku po kojem je okvir primljen
 - mogućnost javljanja „*bridge transit delay*“
 - krajnje stanice ne trebaju nikakav poseban driver za povezivanje s mostom
- **slanje okvira na nepoznato odredište – flooding (poplavljivanje mreže okvirima)**
 - šalje okvir na sve priključke osim na onaj s kojeg je okvir primljen
 - omogućuje komunikaciju stanica A i B kad stanica B:
 - nije na istom priključku
 - možda više ne postoji ili je isključena
 - je možda na nekom drugom priključku mosta, a most ne zna za to
 - koristi se i kod razasijanja okvira (*broadcast*) i slanja na veći broj odredišta (*multicast*)
- **adresna tablica**
 - preslikava MAC adrese u priključke mosta pri učenju mosta (SA) i prosljeđivanju okvira (DA)
 - unosi mogu biti
 - *ručni* – komplicirano i neučinkovito
 - *automatski* – procesom učenja
 - *mrtva točka u komunikaciji – deadlock*
 - zapisi u tablici se ograničuju samo na stanice za koje most zna da su aktivne
 - neka stanica konfigurirana samo da odgovara na zahtjeve i nikad ne započinje komunikaciju → stanica se premjesti u drugi segment → most ne može naučiti da je ona tamo jer ona nikad ne započinje komunikaciju, a zahtjevi nemogu doći do nje jer most ne zna gdje je → niti može naučiti gdje je
 - rješenje: *zastarjevanje unosa*
 - zapisi koji su neaktivni duže od 5 min brišu se iz tablice
 - promet prema stanicama čije adrese nema u tablici šalje se poplavljivanjem
 - procesi
 - *učenje* – vremenski kritično
 - *pretraživanje* – važno, ali ne vremenski kritično
 - *zastarijevanje* – moguće izvoditi u pozadini
- **spanning tree protocol – STP**
 - transparentni mostovi dobro rade ako nema redundantnih poveznica (petlje uzrokuju broadcast storm)
- **domena sudara i razasijanja okvira**



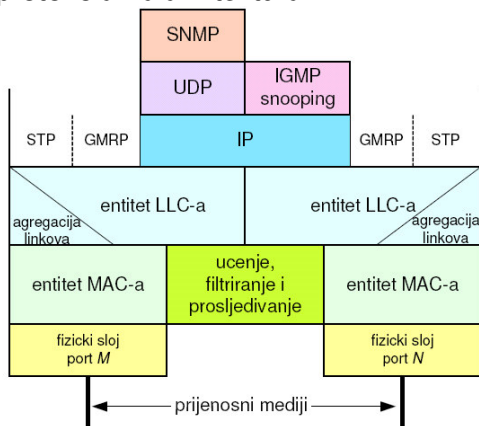
- **ograničenja u mrežama mostova**
 - broj mostova u seriji teoretski nije ograničen
 - praktična ograničenja proizlaze iz poplavlivanja i slanja okvira na veći broj odredišta
- **usmjerivači – nisu ethernetski uređaji**



- prosljeđivanje i usmjeravanje
- **noviji uređaji za povezivanje u LAN-ovima**
 - komutator 2. sloja – *layer 2 switch* – hardverski realiziran most, prosljeđivanje u ASIC-u
 - komutator 3. sloja – *layer 3 switch* – hardverski realizirano prosljeđivanje, softversko usmjeravanje
 - komutator 4. sloja – *layer 4 switch* – prosljeđivanje temeljem protokola i broja porta
 - *layer 2/3 switch* – hardverski brouter
 - višeslojni komutator – *multilayer switch* – „route once, switch many times“

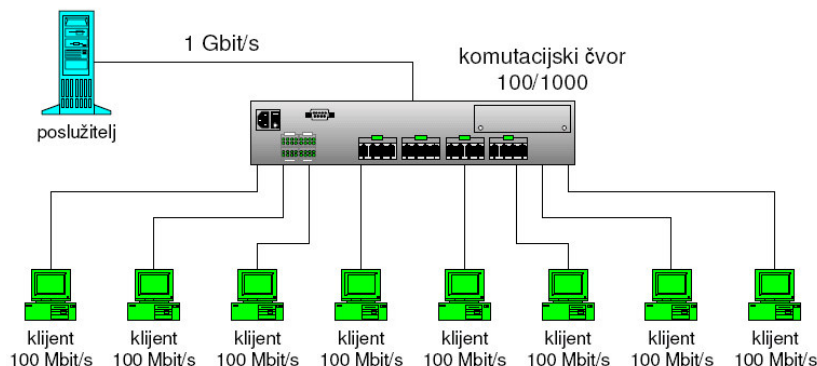
2. Komutatori u lokalnim mrežama

- **LAN komutator (switch) – most s većin brojem priključaka**
- **podjela komutatora prema kapacitetu, tj. broju priključaka**
 - radne skupine
 - temeljnog dijela LAN-a
- naizmjenični i dvosmjerni način rada
- **osnovno načelo rada komutatora**
 - slanje na 1 odredište
 - razašiljanje (na sve priključke osim na onaj po kojem je okvir primljen)
 - slanje na veći broj odredišta
- **arhitektura ethernetskog komutatora**
 - priključci – (ulazni, izlazni) x broj priključaka
 - spremnik – buffer
 - komutacijsko polje
 - centralni procesor
 - tablica komutiranja (MAC, port)
- **HOL – blokiranje (head of line) – ne koriste se ulazni spremnici**
- **veličina spremnika – buffer**
 - fiksni spremnici za svaki priključak posebno
 - zajednički memorijski prostor za sve priključke
 - *od 32 do 500 KB – 330 okvira maksimalne duljine – ovisi o:*
 - korištenim aplikacijama
 - mrežnom operacijskom sustavu
 - broju uređaja koji koriste krajnji uređaj
 - frekvencija kojom krajnji uređaji pozivaju mrežnu aplikaciju
- **protokolarna arhitektura**



- prijenosni medij
- fizički sloj
- MAC entitet + procesor (učenje, filtriranje i prosljeđivanje)
- agregacija linkova + LLC entitet
- STP + GMRP + IP
- UDP + IGMP snooping
- SNMP
- **načini komutiranja**
 - *store-and-forward* – čita cijeli okvir
 - sprema cijeli okvir i provjerava ispravnost
 - otporniji na pogreške, ali unosi dodatno kašnjenje
 - *cut-through* – čita samo DA, 6 okteta
 - pruža manje kašnjenje, ali veći rizik od propagiranja neispravnih okvira
 - ne može se koristiti između priključaka različitih brzina

- **zagušenje u komutatorima** – koristiti half-duplex ukoliko nema upravljanja tokom
 - N-1 priključaka šalje max. brz. na preostali jedan priključak
 - uvodi se brzi link koji uklanja usko grlo na strani poslužitelja
- **upravljanje prometnim tokovima – flow control** (IEEE 802.3x) – usporiti predajnik uređaja koji generira veliki promet; u CSMA/CD tu ulogu je imala detekcija kolizije (CD)
 - *backpressure* – za half-duplex (HD)
 - lažni signal kolizije, ali nedostatak je jer backoff u DTE može narasti exp.
 - *carrier extension (CE)* – za half-duplex (HD)
 - čvor šalje CE signal prema DTE koji ga zagušuje nakon čega DTE odgađa slanje za kasnije te nakon zagušenja CE signal se uklanja
 - glavna razlika u odnosu na backpressure je da DTE ne pokreće TBEB
 - *okviri PAUSE* – za full-duplex, simetrično i asimetrično upravljanje (AFC)
- **performanse ethernetskog komutatora**



□ **kapacitet komutiranja (*switching capacity*)**
ili propusnost komutatora:

$$\rightarrow 8 \times 2 \times 0,100 + 1 \times 2 \times 1 = 3,6 \text{ Gbit/s;}$$

- **pravila dizajniranja LAN-a**
 - izbjegavati izravnu zamjenu shared – switched
 - ugoditi propusnost mjerenjem prometa
 - za multimediju svakom DTE svoj priključak
 - mjerenjem ustanjoviti da li koristiti cut-through ili store-and-forward
 - aktivnost na svakom segmentu održavati na max. 50%
 - čvor u temeljnoj mreži mora imati velike spremnike
- **slanje okvira na veći broj odredišta – na 2 razine**
 - *IGMP snooping* i GMRP – unutar LAN-a
 - *višeodredišno usmjeravanje* – PIM, DVMRP – moraju odrediti put na razini mreže kojim će se paketi distribuirati članovima skupina
- **IGMP snooping** – upravlja članstvom u višeodredišnim skupinama
- **preslikavanje IP u MAC adresu** – klasa višeodredišnog slanja (D), 224.0.0.0 do 239.255.255.255

IP adresa	224	2	5	9
E0	02	05	09	
1110 0000	0000 0010	0000 0110	0000 1001	
	000 0010	0000 0110	0000 1001	
osnovna ethernetka MAC adresa za višeodredišno slanje (0x01-00-5E-00-00-00)	0000 0001	0000 0000	0101 1110	0000 0000
			0000 0000	0000 0000
				0000 0000
konacna MAC adresa	01	00	5E	02

- **filtriranje okvira**

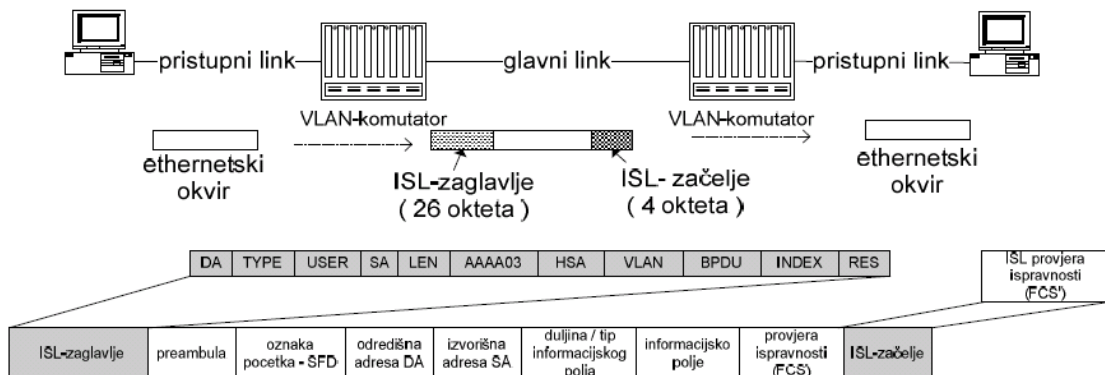
- *dinamično* – temeljem učenja mosta
- *statično* – ručni unosi u tablicu adresiranja
 - prednosti
 - unos za MAC adresu poslužitelja ne zastarijeva (smanjuje se poplavljanje)
 - moguće ograničenje pristupa nekim korisnicima prema određenim priključcima
 - filtriranje prometa prema protokolima zbog poboljšanja performansi
 - nedostaci
 - potrebno ažuriranje prilikom svake promjene položaja stanice
 - prilikom uklanjanja stanice potrebno ažurirati tablicu jer se inače puni suvišnim podacima

- **virtualni LAN-ovi (VLAN)** – korisnici podijeljeni u logičke radne skupine

- svi uređaji spojeni u VLAN primaju okvire razasijanja koji potječu od ostalih članova tog VLAN-a
- *mana*: koriste se 3 linka umjesto jednog (rješenje: trunking – glavni linkovi spojeni u 1 koji svima na usluzi, ne svaki VLAN svoj glavni link)
- linkovi (pristupni, glavni, hibridni)
 - *pristupni* – član samo jednog VLAN-a, nema označavanja okvira
 - *glavni* – prenosi okvire više VLAN-ova, označuju se okviri
 - *hibridni* – istovremeno i pristupni i glavni
- IEEE 802.1Q *označavanje okvira* – duljina označenog okvira 64 – 1522 okteta
 - TPID – 0x81-00
 - TCI (Tag Control) – prioritet (CoS) + CFI (0 za IEEE 802.3 okvire) + VLAN ID



- *VLAN ID* – od 2 do 4094 prema potrebi
 - 0 – u okvirima označenim prioritetom, tj. označava ne korištenje VLAN-a
 - 1 – default
 - 4095 – rezervirano
- članstvo u VLAN-u
 - *prema portovima* (layer 1) – statično
 - *prema MAC adresama* (layer 2) – dinamičko
 - *po IP pod mrežama* (layer 3) – preporuka da svaki VLAN svoj zaseban IP subnet ID
- *ISL protokol (Inter Switch Link)* – VLAN ID – 10 bita



- *oznake prioriteta* – odvojeni spremnici u komutatoru za pojedine razine prioriteta
 - 7 – upravljanje govorom (ICMP poruka)
 - 6 – govorni promet (< 10 ms kašnjenje)

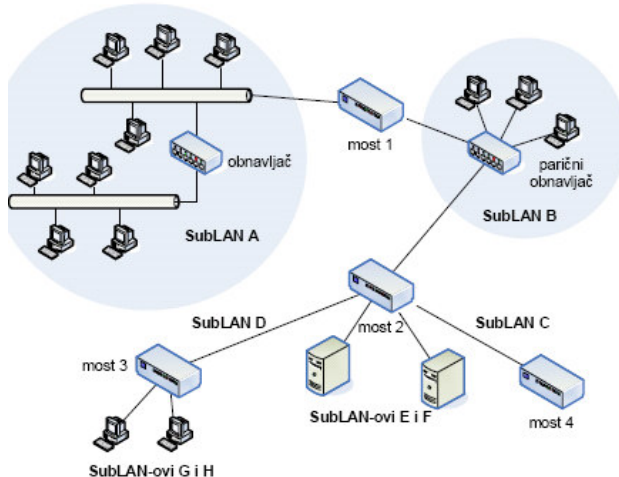
- 5 – video (< 100 ms kašnjenje)
 - 4 – kontrolirano opterećenje (kritični podaci)
 - 3 – excellent effort
 - 2 – best effort
 - 1 – rezerva
 - 0 – pozadinski promet (backup npr.)
- *agregacija* linkova (IEEE 802.3ad standard)
 - 2 ili više linkova se udružuje u 1 većeg kapaciteta kojeg STP vidi kao 1 link
 - svi segmenti moraju biti istog tipa
 - LACP (*Link Aggregation Control Protocol*) – kreiranje i upravljanje
 - ~ 500 ms – vrijeme rekonfiguracije u slučaju kvara
- **power over ethernet (PoE)** – IEEE 802.3af
 - jednostavna instalacija (ušteda, manje žica)
 - povećana sigurnost (nema visokih napona)
 - UPS jamči napajanje
 - upravljanje krajnjim uređajima putem SNMP-a (pristupne točke WLAN-a npr.)
 - napon = - 48 V, snaga = 13 W

3. Protokoli za upravljanje mrežom

- **domene upravljanja mrežom**
 - kvarovima
 - obračunavanjem troškova korištenja mrežnih resursa
 - konfiguracijom
 - performansama
 - sigurnošću
- **sustav upravljanja mrežom (NMS)**
 - arhitektura softvera
 - distribuirano upravljanje
 - protokoli upravljanja
 - ICMP
 - SGMP
 - HEMS
 - SNMP
 - konfiguracija
 - SNMP poruke
 - SNMP i UDP
 - format SNMP poruke
 - SNMP PDU
 - CMOT
- **formalni jezik ASN.1**
 - tipovi podataka
 - stablo objekata
 - BER
 - SMI standard
 - SNMP varijable
 - MIB – baza upravljačkih jedinica
 - operacije
 - get
 - get-next
 - get-bulk
 - set
 - trap
 - razlike SNMP v1 i v2
 - SNMP v3
 - SNMP v3 PDU
 - VACM
 - RMON

4. Protokol STP

- sprječavanje redundantnih puteva u LAN-u
- komutatorima omogućava pronalaženje i aktiviranje optimalne stablaste topologije i otkrivanje i popravljavanje kvarova
- **subLAN** – dio LAN-a spojen na priključak komutatora

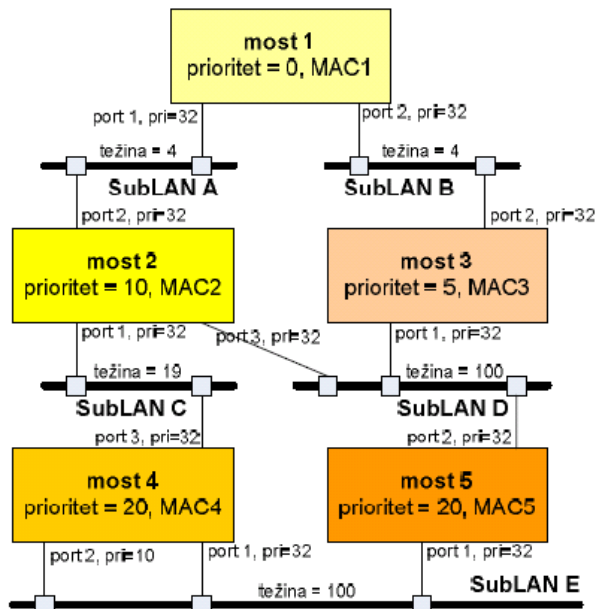


- **subLAN bez listova** – listovi ne prenose promet između komutatora pa nisu interesantni
 - može biti kolizijska domena ili poveznica od točke do točke
- **korijenski most – prvi korak STP-a**
 - odabire se najmanja MAC adresa
 - dodjeljuje (administrator) mu se najmanji prioritet
- **generiranje stabla**
 - dodjeljuju se težine (cost) svakom subLAN-u
 - izračunati težinu puta zbrajanjem težine subLAN-ova kojima taj put prolazi od korijena do nekog mosta (komutatora)
 - *najmanja težina (najveća prijenosna brzina) = najbolji put*

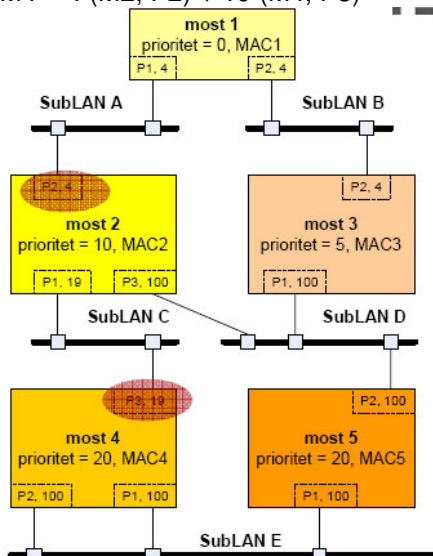
brzina linka **preporučena vrijednost** preporučeni opseg

4 Mbit/s	250	100 – 1000
10 Mbit/s	100	50 – 600
16 Mbit/s	62	40 – 400
100 Mbit/s	19	10 – 60
1 Gbit/s	4	3 – 10
10 Gbit/s	2	1 – 5

- subLAN E moguće doseći kroz most 4 (23) ili most 5 (104)

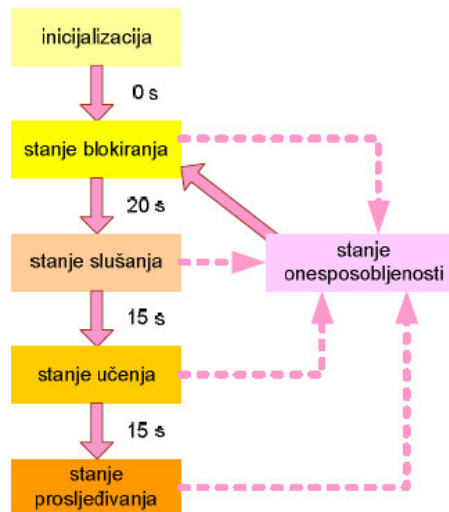


- *optimalni put* = priključak s manjim identifikatorom (priključak i prioritet; default 32)
- **elementi STP-a**
 - mostovi međusobno razmjenjuju *BPDU* (šalju se na višedodređenu adresu x'01-80-C2-00-00-00)
 - administrator unosi konfiguracijske parametre u svaki most
 - *težina puta* se dodjeljuje svakom priključku povezanom s dotičnim subLAN-om (default 128)
 - *root path cost (RPC)* = zbraja se težine priključaka koje primaju okvire (RPC za M4 = 4 (M2, P2) + 19 (M4, P3))



- **pojmovi**
 - **korijenski priključak (root port)** – priključak mosta koji se povezuje s najboljim putem prema korijenskom mostu
 - **most dodjeljen subLAN-u** – neposredno šalje okvire u subLAN i obratno te se nalazi na najboljem putu od subLAN-a prema korijenu
 - **dodjeljen priključak** – 1 neblokirani priključak koji povezuje subLAN s njemu dodijeljenim mostom

- **odabir korijenskog mosta** – svaki most na početku šalje konfiguracijski BPDU u sve njemu susjedne subLAN-ove te most sa najmanjim ID-om pobjeđuje ☺
 - ažurirani BPDU-ovi se prostiru LAN-om do svakog mosta dok god mostovi ne otkriju njihov korijenski priključak, težinu puta do korijena i dodijeljene priključke
- **aktivacija stabla** – korijenskim i dodijeljenim priključcima se omogući prosljeđivanje okvira (ostali priključci samo mogu primati i slati BPDU-ove)
- **promjena topologije** – nakon kvara u mreži (link, most) ponovo se računa topologija te se neki blokirani priključci aktiviraju
- **stanja priključaka** – može primati BPDU-ove u svim stanjima osim u onespособlјnosti
 - trajanje stanja slušanje (otkrivanje topologije) i učenje određeno brojačem *forward delay timer*
- **održavanje stabla** – svaki most bilježi topološke informacije (identifikator korijenskog mosta, vlastiti korijenski priključak, težinu puta do korijena i dodjeljene priključke)
 - info se periodički (nakon isteka *hello time*) osvježavaju slanjem konfiguracijskog BPDU-a
 - most koji primjeti promjenu šalje *Topology Change Notification BPDU*
- **protokolne poruke**
 - *DSAP* = x'42, *SSAP* = x'42, *Control* = x'03
- **struktura BPDU-a**
 - *message age* (default 0 i povećava se u svakom mostu za 1 i ako postane veća od *max. starosti* poruka se odbacuje)
- **TCN BPDU**
 - *identifikator protokola* – x'00-00
 - *inačica protokola* – x'00
 - *tip BPDU-a* – x'80
 - *okteti za popunjavanje okvira*
 - ne prenosi STP parametre



Protocol Identifier (8 okteta)
Protocol Version Identifier (1 okteta)
BPDU Type (1 okteta)
Flags (1 okteta)
Root Identifier (8 okteta)
prioritet (2)
MAC adresa mosta (6)
Root Path Cost (4 okteta)
Sending Bridge Identifier (8 okteta)
prioritet (2)
MAC adresa mosta (6)
Port Identifier (2 okteta)
prioritet (2)
broj priključka (6) (6)
Message Age (2 okteta)
Max Age (2 okteta)
Hello Time (2 okteta)
Forward Delay (2 okteta)

5. Packet Tracer

-