



Redundancia

- Variaty Spanning Tree Protocol – STP, PVST, Rapid STP
- HSRP



Module 2

Čo nás dnes čaká ...

- Redundancia v prepínaných sieťach
 - Problémy
 - Idea Spanning Tree Protocol
 - Rapid Spanning Tree Protocol
 - First Hop Redundancy protokoly



Redundancia, problémy s ňou a STP varianty



Kapitola 5

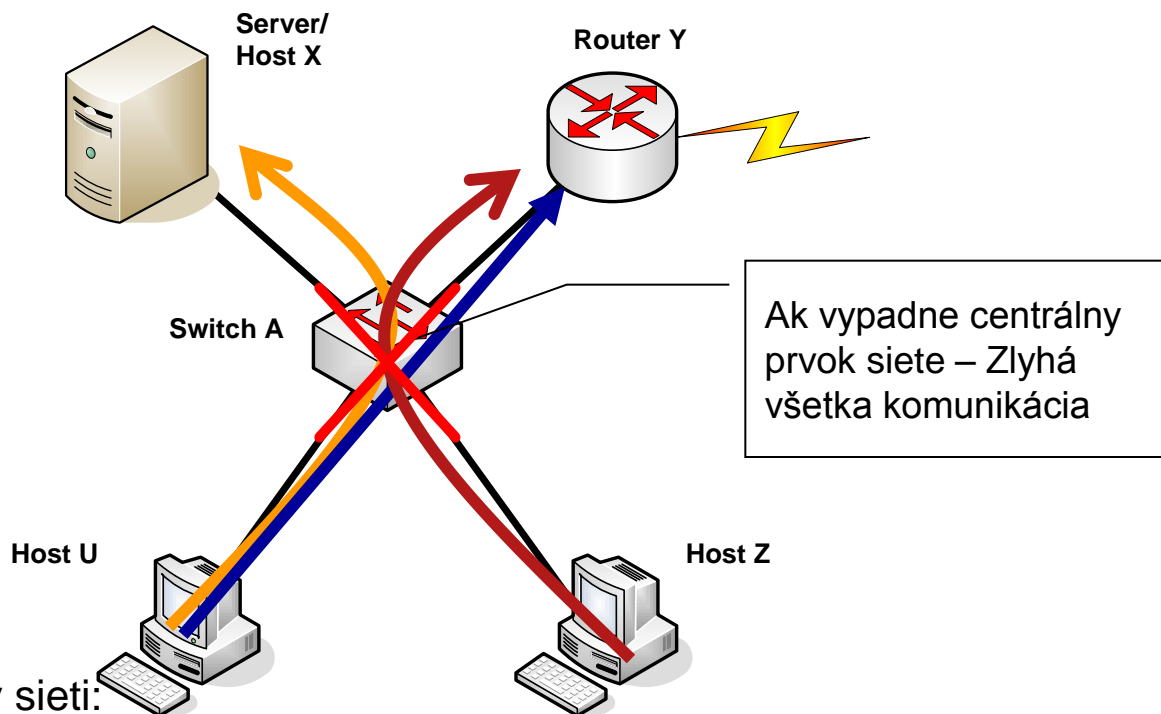
Činnosť LAN prepínačov- Transparent bridging

- Majte na pamäti, že:
 - Prepínač pracuje ako „transparent bridge“,
 - t.j. pre koncové zariadenie je transparentný, PC o jeho existencii na sieti nevie
 - Rámec sa prechodom cez prepínač nemodifikuje (nemení)
 - Prepínač sa učí adresy „**počúvaním**“ komunikácie na portoch a sledovaním zdrojovej adresy
 - Prepínač musí preposielať záplavovo
 - Všetky broadcast rámce
 - Broadcast flooding
 - Všetky rámce na jemu neznámu cieľovú adresu (unknown unicast)
 - Unicast flooding
 - **Prepínač nemá prostriedky na poskytovanie redundancie**

Chýbajúca redundancia

- Cieľom redundantnej topológie je eliminovať sieťové výpadky spôsobené výpadkom centrálnych prvkov siete

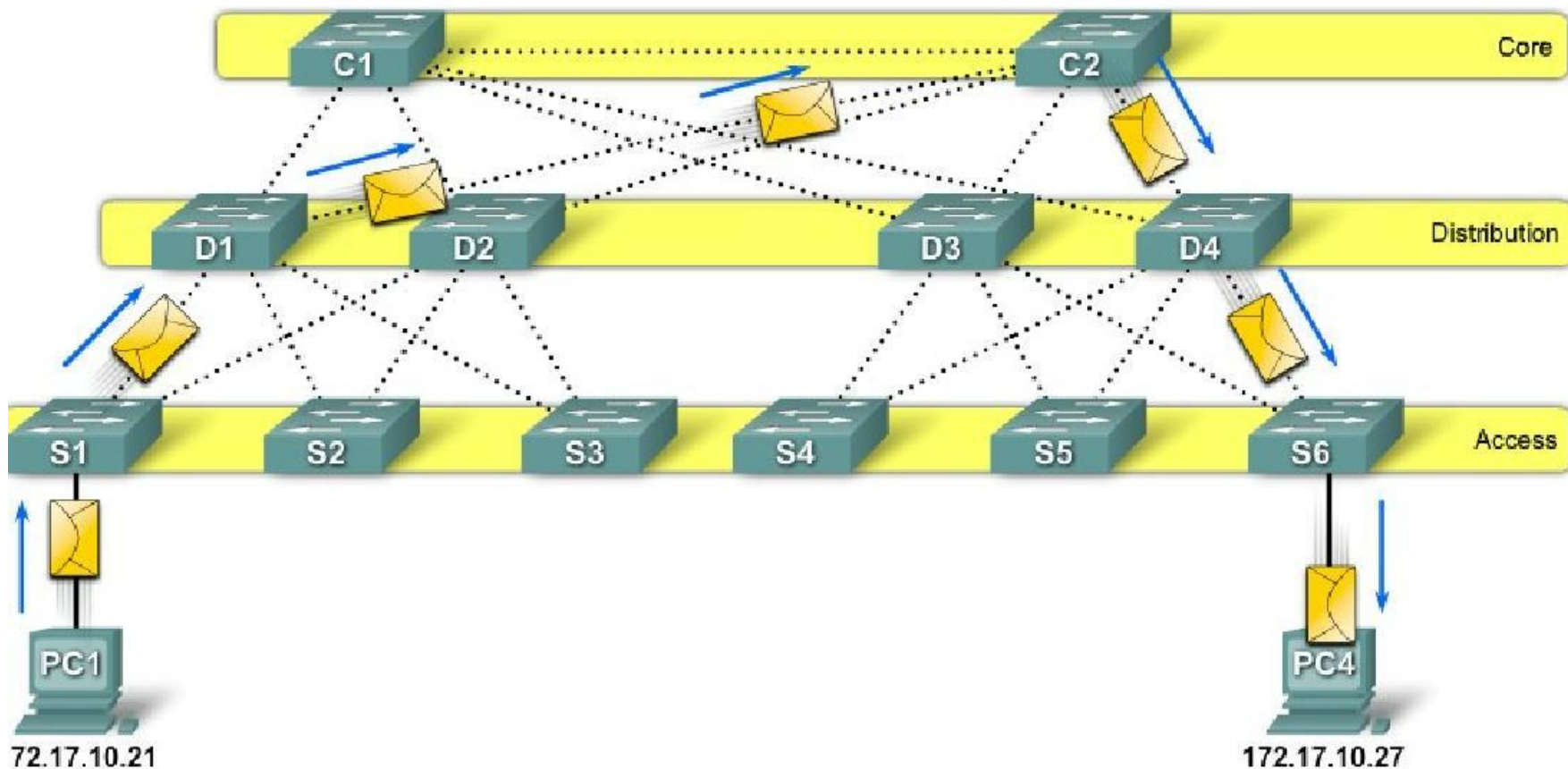
- Centrálny bod chyby
- „Single point of failure“



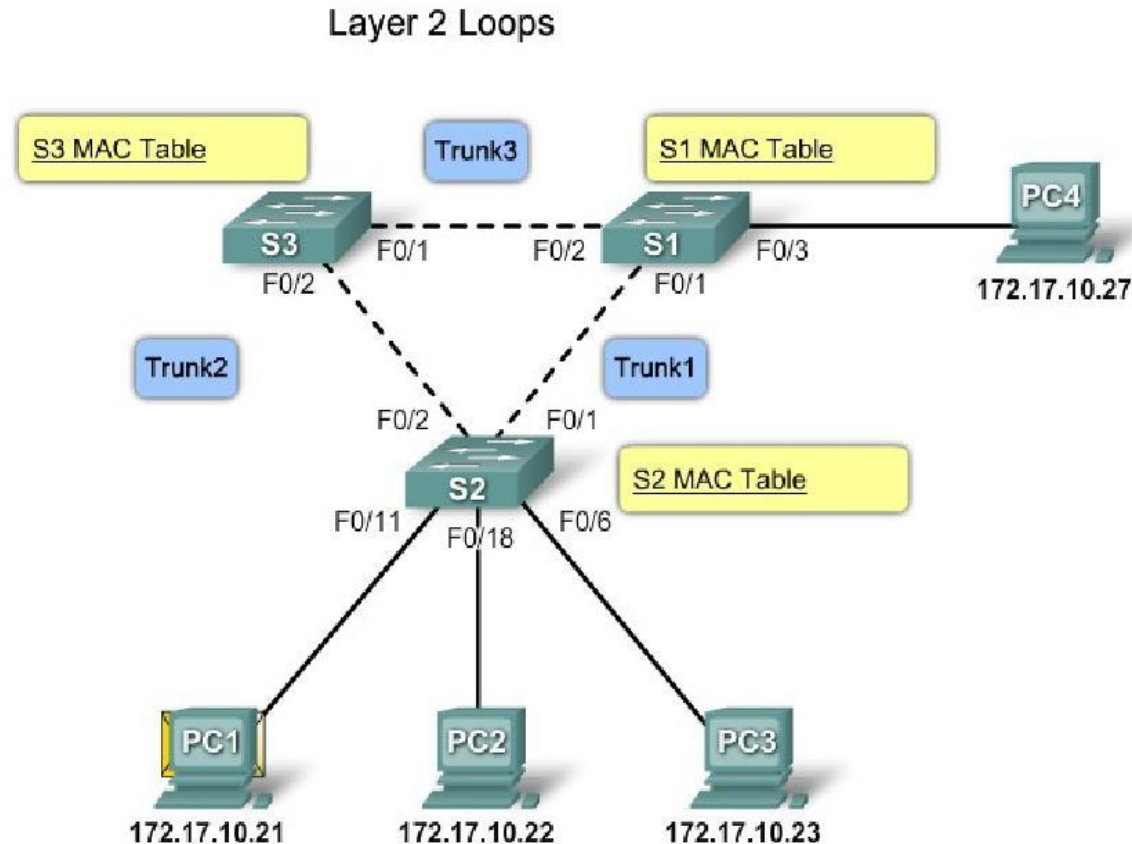
- Potrebujeme redundanciu v sieti:
 - Existencia záložných prvkov a ciest
 - Všetky siete potrebujú redundanciu pre zvýšenie spoľahlivosti a dostupnosti komunikačnej služby
 - Redundancia (redundancy) je minimum pre vysoko dostupnú sieť a služby
 - Sú potrebné ešte techniky na „resiliency“

Redundantná prepínaná topológia

Examine a Redundant Design



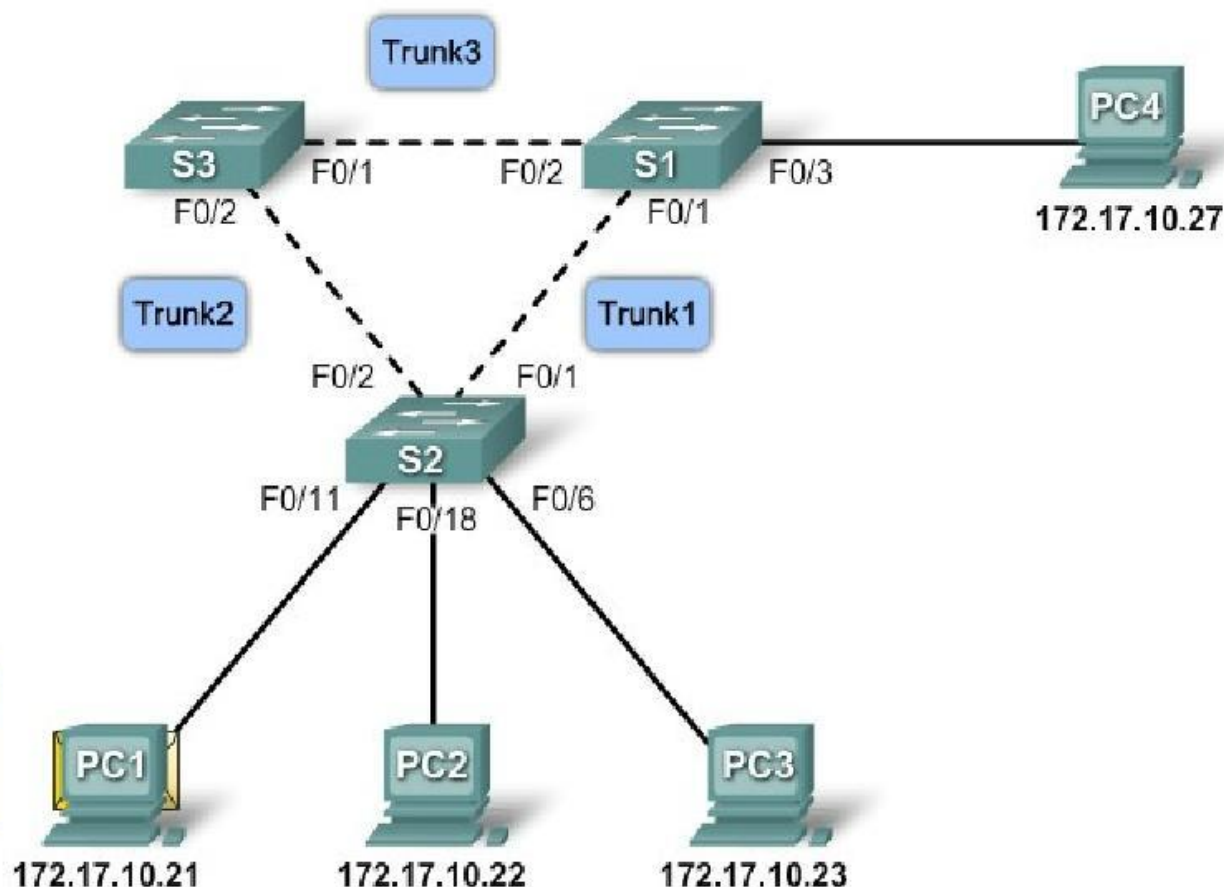
Problémy s redundanciou – nestabilita CAM tabuľky



- Problémy:**
1. Nestabilita tabuľky mac adries
 2. Záplavové šírenie bcastu (Bcast Búrka, rámce nemajú TTL)
 - Ovplyvňuje záťaž CPU prepínačov aj staníc
 3. Duplicita rámcov

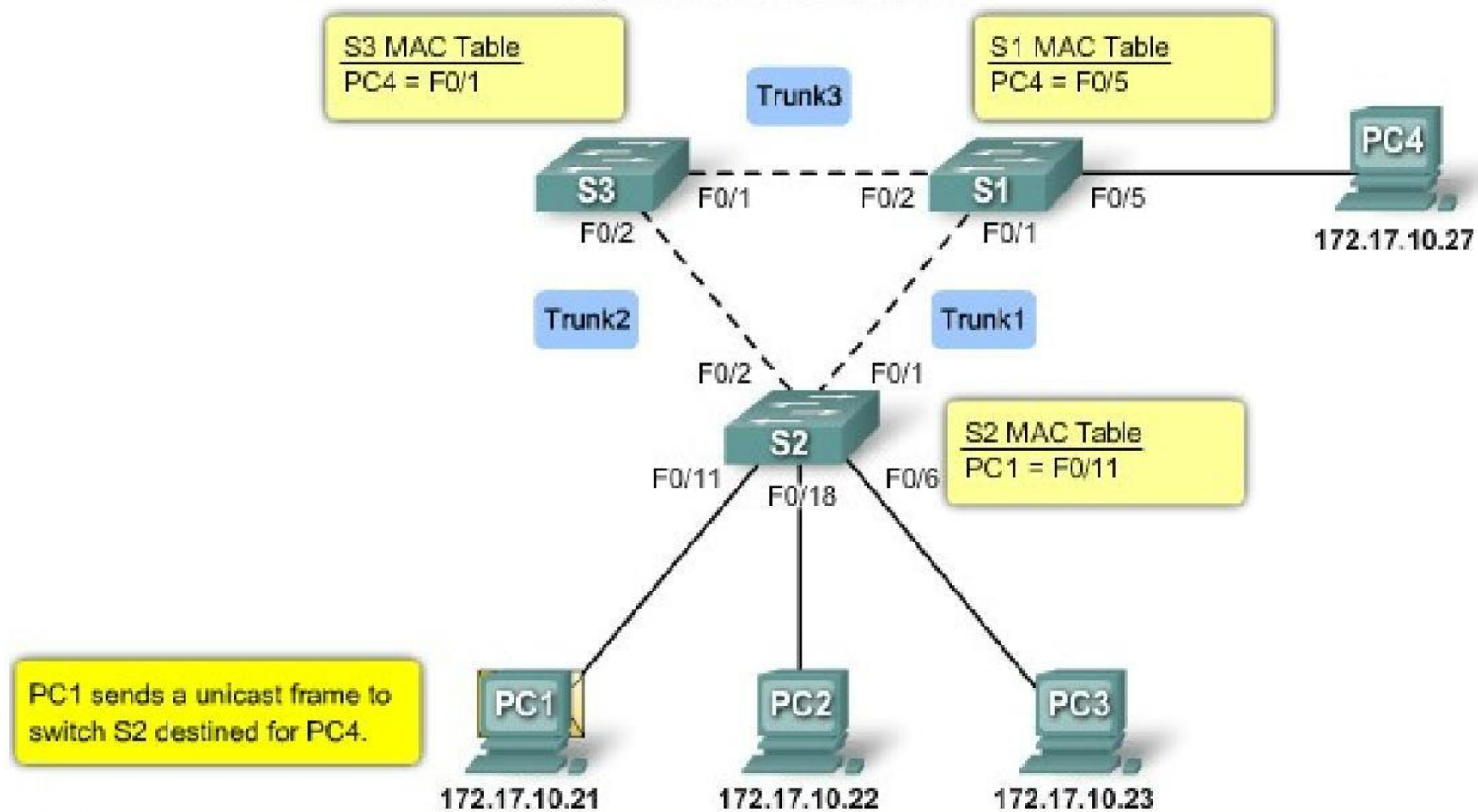
Broadcastová búrka (Bcast storm)

Broadcast Storms

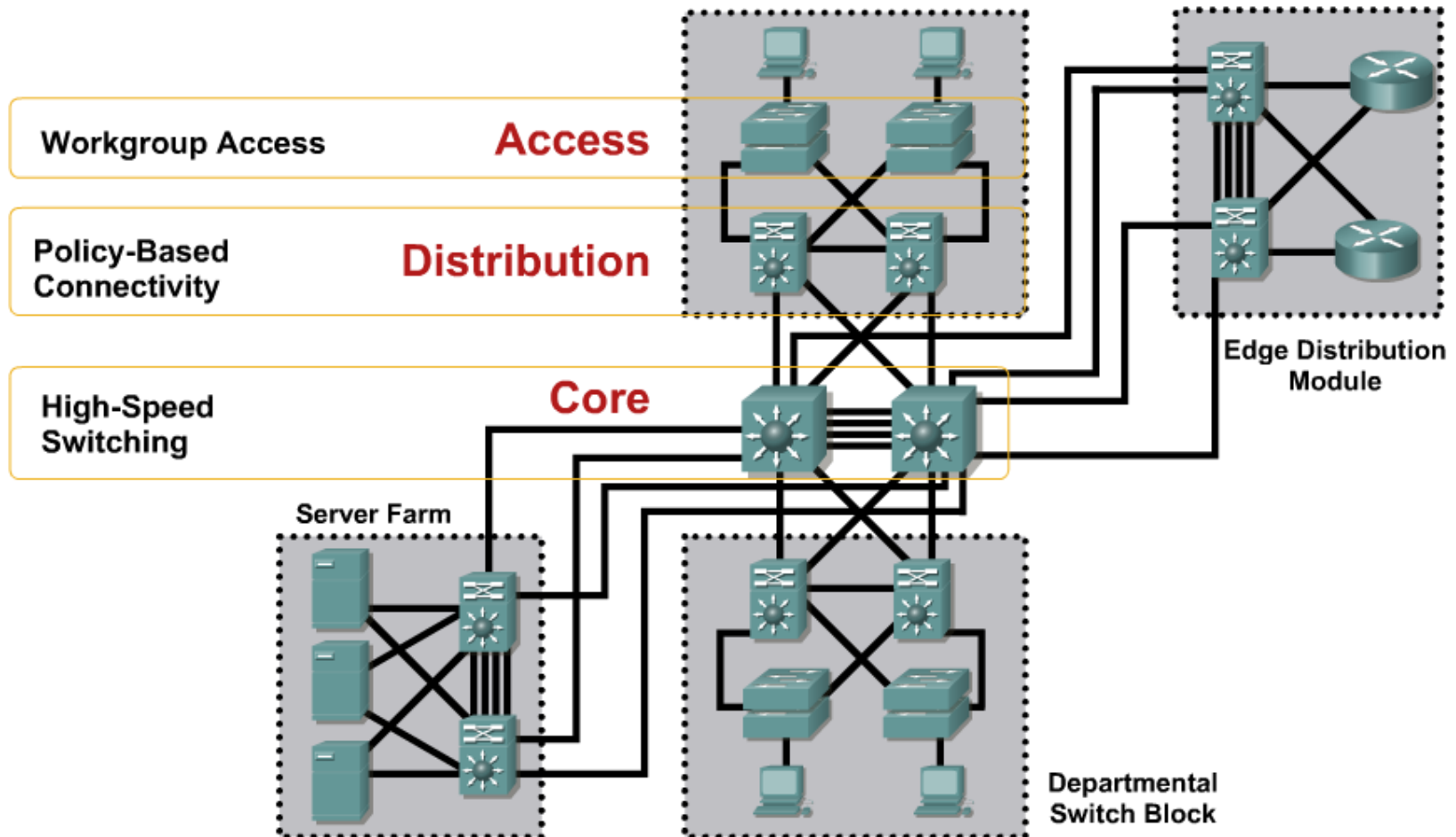


Duplicita rámcov

Duplicate Unicast Frames



Trojvrstvový hierarchický sieťový dizajn (model campus siete)



Riešenie fault tolerance - STP

- Topologické L2 slučky:
 - Vznikajú pri pridávaní redundantných prvkov do siete
 - Existuje **viac ciest** medzi uzlami siete (zdroj, prijímač)
 - L2 zariadenie ich same o sebe nevie riešiť
 - Môžu viesť k zrúteniu siete
 - Problémy s konektivitou, broadcastové búrky
- Bezpečné riešenie vzniknutých slučiek = **Spanning Tree Protocol (STP)**



Spanning Tree Protocol (STP)



Spanning Tree Protocol (STP)

- Štandardizovaný ako **IEEE 802.1d**
- Pracuje na L2 vrstve
- Zabraňuje vzniku slučiek v prepínaných sieťach
 - Detekuje redundantné linky a tie blokuje
 - Do každého cieľa len jedna cesta
 - Ochrana voči broadcast búrkam a problémom s konektivitou
- Umožňuje prepínačom navzájom **spolu komunikovať**
 - Posielaním BPDU rámcov (každé 2 sekundy)
- Používa Spanning Tree Algoritmus (STA)
 - Tento volí v sieti referenčný bod, **ROOT prepínač (RB)**
 - Ostatné prepínače si určujú najlepšiu cestu k RB
 - Na základe ceny (rýchlosti) linky tvoriacej cestu
 - Ak sú dve cesty, lepšia je AKTÍVNA, horšia BLOKOVANÁ
 - STP tvorí tzv. „strom“

STP umožňuje

- Prepínače komunikujú cez špeciálne STP rámce (BPDU - Bridged Protocol Data Unit) za účelom:
 1. **krok:** Volia Root Bridge (RB)
 - Referenčný bod stromu, je len jeden
 2. **krok:** Volia ROOT ports
 - Porty najbližšie k Root-ovy
 3. **krok:** Určujú Designated porty a non-Designated pre každý segment
- Výsledkom je bezslučková (**LOOP FREE**) topológia
 - Ktorá dokáže aktívne prehodnocovať aktuálnu topológiu a reagovať na zmeny v sieti
 - Jedna topológia pre celú prepínanú sieť, alebo pre všetky VLAN v nej
- Každý prepínač si pamätá posledné najlepšie BPDU

STP BPDU rámce

Bytes	Field
2	Protocol ID
1	Version
1	Message type
1	Flags
8	Root ID
4	Cost of path
8	Bridge ID
2	Port ID
2	Message age
2	Max age
2	Hello time
2	Forward delay

- Dva typy BPDU

- Configuration BPDU
- Topology Change Notification (TCN) BPDU
- Posielané každé 2 sek.

Kto je root bridge

Ako ďaleko je root bridge

Aké je BID prepínača,
ktorý poslal BPDU

Cez ktorý port
odosielateľ tento BPDU
odišiel.

- Po zapnutí prepínača Root ID = Bridge ID

STP činnosť

802.1D BPDU Formát rámca

```
⊕ Frame 1 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)
⊖ IEEE 802.3 Ethernet
  ⊕ Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
  ⊕ Source: Cisco_9e:93:03 (00:19:aa:9e:93:03)
    Length: 38
    Trailer: 000000000000000000
  ⊕ Logical-Link Control
  ⊖ Spanning Tree Protocol
    Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
    Protocol Version Identifier: Spanning Tree (0)
    BPDU Type: Configuration (0x00)
    ⊕ BPDU flags: 0x01 (Topology Change)
      Root Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
      Root Path Cost: 0
      Bridge Identifier: 24577 / 00:19:aa:9e:93:00
      Port identifier: 0x8003
      Message Age: 0
      Max Age: 20
      Hello Time: 2
      Forward Delay: 15
```


STP Bridge Identity (BID) a Cost

- **Každý prepínač:**

- Je identifikovaný **BID (Bridge ID) (8 Bytov)**

- 2B: Priority

- Môže nastaviť administrátor
 - Default: 32768

- 6B: MAC adresa

- MAC adresa prepínača

- **Každý port prepínača:**

- **Má pridelený identifikátor (Port Identifier)**

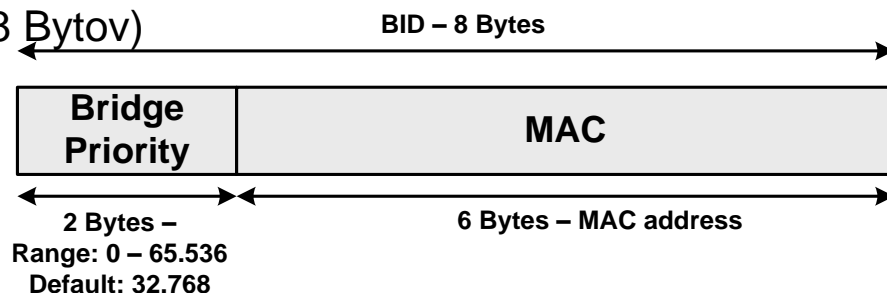
- Jedinečný v rámci prepínača

- **Má pridelenú cenu (Path Cost)**

- Na základe rýchlosti rozhrania

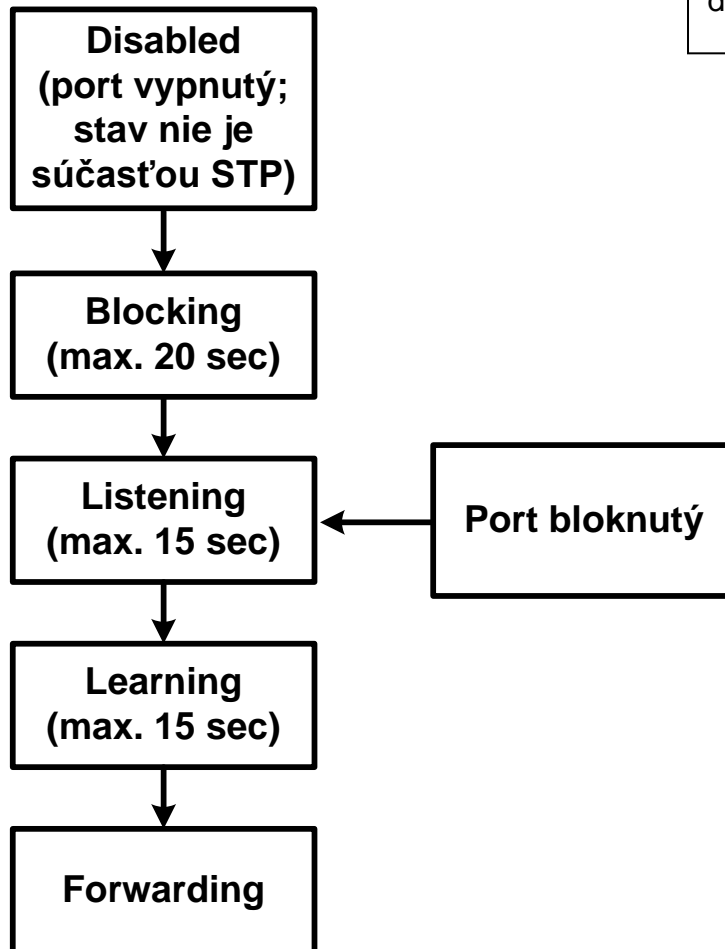
- **Má pridelenú prioritu portu (Port Priority)**

- Def. 128



Link speed	Cost (Revised IEEE spec)	Cost (Previous IEEE spec)
10 Gbps	2	1
1 Gbps	4	1
100 Mbps	19	10
10 Mbps	100	100

Stavy portov



Disabled: administratívne down

Blocking: Prijíma BPDU, neprijíma dátové rámce. Neposiela BPDU.

Ostáva v ňom Max Age timer (20sec.). Zistenie Root BID a úloh portov.

Listening: Prijíma, spracováva a preposiela BPDU (info. že port je pripravený pracovať v aktivnej topo), neprijíma dátové rámce, neučí sa MAC adresy

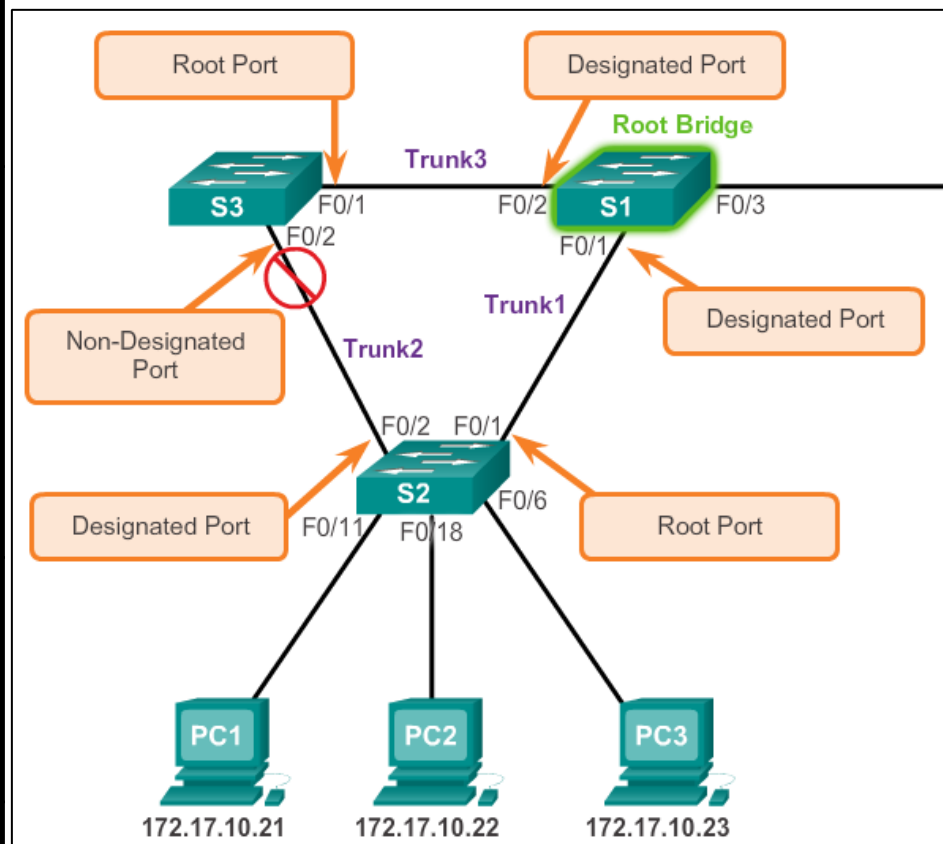
Learning: Spracováva BPDU, neposiela dátové rámce, učí sa však MAC adresy (buduje Bridging table)

Forwarding: Spracováva BPDU, posiela, prijíma dátové rámce, učí sa MAC adresy

Pozn. Def. stav po oživení portu je listening

Role portov v STP topológii

Rola	Popis
Root Port	Port na non-root prepínačoch. Je to port na najkratšej ceste k Root Bridge. Existuje len jeden Root Port pre prepínač.
Designated Port	Existuje aj na RB aj na non-RB. Je to port, ktorý forwarduje data smerom k RB. Na RB všetky porty sú Designated. Na non-RB len jeden per segment, ak viac prepínačov musí byť voľba.
Non Designated Port	Port v stave BLOCKING, neforwarduje žiadne užív. dáta.
Disabled Port	Port ktorý je SHUT DOWN.



STP časovače

Hello Time	Čas medzi dvomi BPDU poslanými cez port. Default je 2 s. Možné hodnoty <1, 10> sek.
Forward delay	Čas strávený v Listening a Learning stave. Def. Je 15 sek. Možné hodnoty <4, 30> sek.
Maximum age	<p>Čas, na ktorý si prepínač per port ukladá najlepšie prijaté BPDU. Def. je 20, možné hodnoty <6, 40> sek.</p> <p>Ak do jeho uplynutia neprijaté BPDU – iniciovaná nová voľba RB.</p>

Rozhodovací proces používaný pri porovnávaní BPDU

- STP stavia svoju činnosť na schopnosti porovnať dvojicu BPDU a vyhlásiť, ktoré je lepšie (superior) a ktoré je horšie (inferior)
- BPDU sa porovnávajú v tomto poradí parametrov:
 - 1 – Root Bridge ID (má dve časti!)
 - 2 – Root Path Cost
 - 3 – Sender Bridge ID (má dve časti!)
 - 4 – Sender Port ID (má dve časti!)
 - 5 – Receiver Port ID (má dve časti; porovnáva sa len výnimočne)
- Parameter N sa porovnáva len vtedy, ak sú všetky predošlé parametre zhodné
- Lepšie je to BPDU, v ktorom sa pri danom poradí porovnávania parametrov nájde prvýkrát **nižšia** hodnota

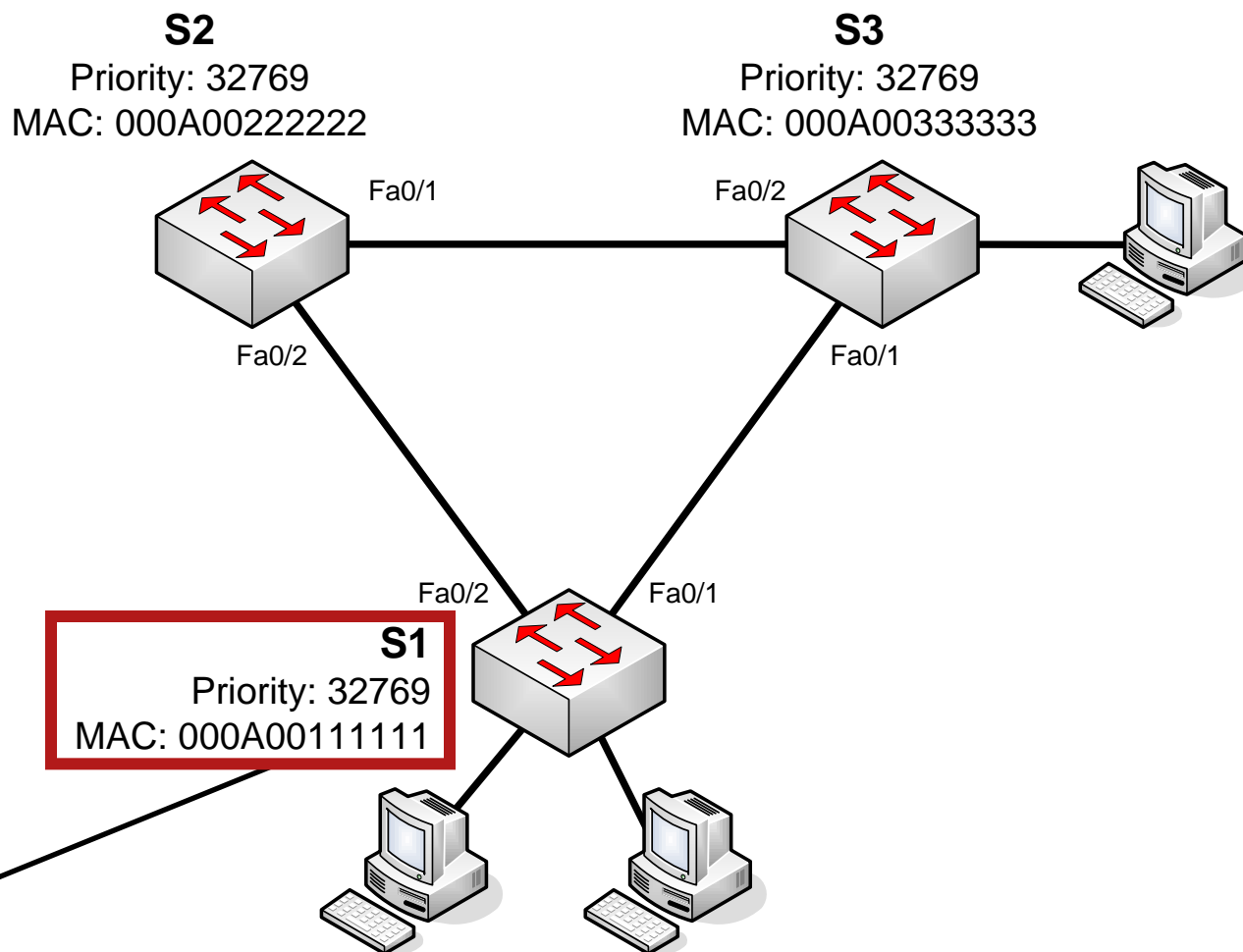
STP činnosť – prvý krok - voľba Root bridge (RB)

- Výber RB ovplyvní dátový tok v sieti
- Každý prepínač po zapnutí začne posielať STP rámce (BPDU) so svojim BID
 - Defaultne predpokladá, že RB je on sám
 - Rozposlané všetkým prepínačom
- Ak nejaký iný prepínač:
 - Má nižšie BID ako je uvedené v prijatom BPDU rámci, rámec prepínač zahodí
 - Má vyššie BID, poznačí si lepšie BID a rámec pošle ďalej
- RB sa stane prepínač s najnižšou BID
 - Stane sa **Root-om siete** (začiatkom STP stromu)
 - Ovplyvňuje dátové toky v LAN
 - Defaultne je nastavená rovnaká priorita, rozhoduje sa na základe MAC adresy
 - Prioritu môže zmeniť admin a ovplyvniť tak voľbu RB

STP – prvý krok - voľba Root bridge (RB)

● Forwarding port

● Blocking port



STP činnosť – ďalej ...

■ Root bridge (RB)

- Po voľbe je v sieti **len jeden** RB
- Je počiatkom počítaného STP stromu
 - Od RB do každého segmentu siete je len jedna cesta
 - Všetky redundantné cesty, ktoré nebudú súčasťou STP stromu sú **blokované**
- Všetky porty RB sú zvyčajne designated portami
 - Špeciálny prípad je slučka sám na seba
 - Tam sú niektoré blokované
- Začne vysielat' BPDU s cost = 0

■ Ďalšie kroky

- Určenie najkratšej cesty k RB (**Root Path Cost**), „root“ portov, určenie „designated“ prepínačov a „designated portov“

STP činnosť – voľba Root Portov

● Forwarding port

● Blocking port

Prepínač prepošle ďalej, Cost updatnutý

Prijímajúci prepínač per port:

- Prijatý Cost + cena portu =

$$0 + 19 = 19$$

Root Bridge:

- Pošle BPDU
- Root Path Cost=0

Root Bridge

S2
Priority: 32769
MAC: 000A00222222

S3
Priority: 32769
MAC: 000A00333333

S1
Priority: 32769
MAC: 000A00111111

Prijímajúci prepínač per port:

- Prijatý Cost + cena portu =

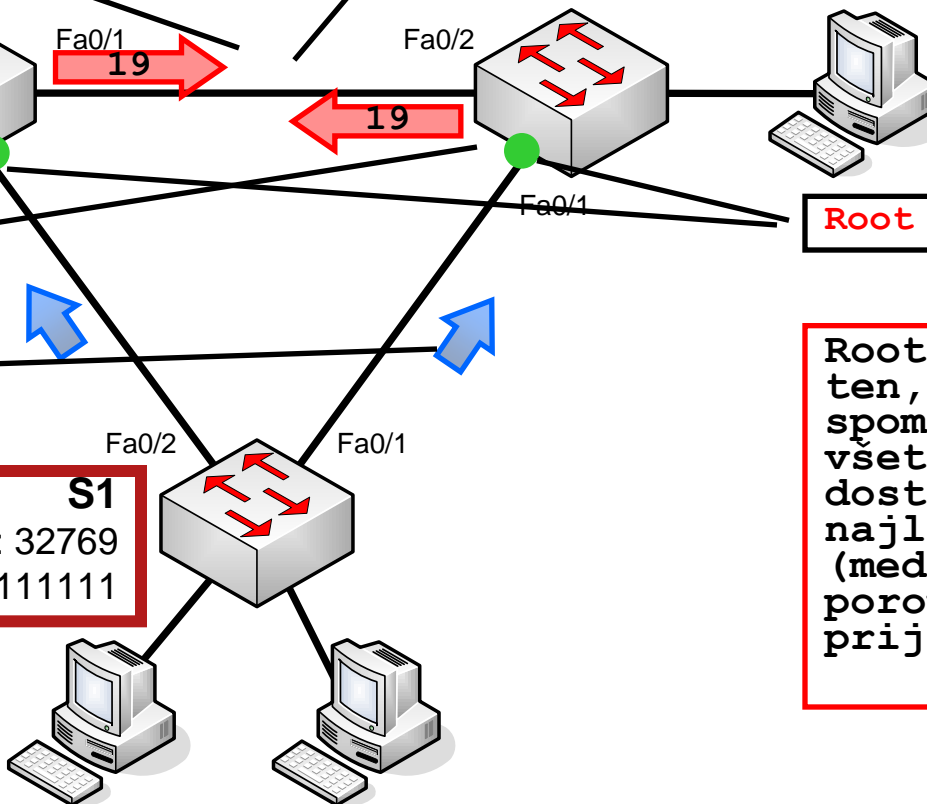
$$19 + 19 = 38$$

Cez ktorý port som bližšie k RB?

- Ten bude **Root Port**

Root Ports

Root port je ten, ktorý spomedzi všetkých portov dostáva najlepšie BPDU (medzi sebou sa porovnávajú len prijaté BPDU).



STP činnosť – voľba Designated portov

● Forwarding port

● Blocking port

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)

Ktorý port bude forward dáta a ktorý block? A na základe čoho?

Zelený: designated port
Červený: non-Designated (bude block)

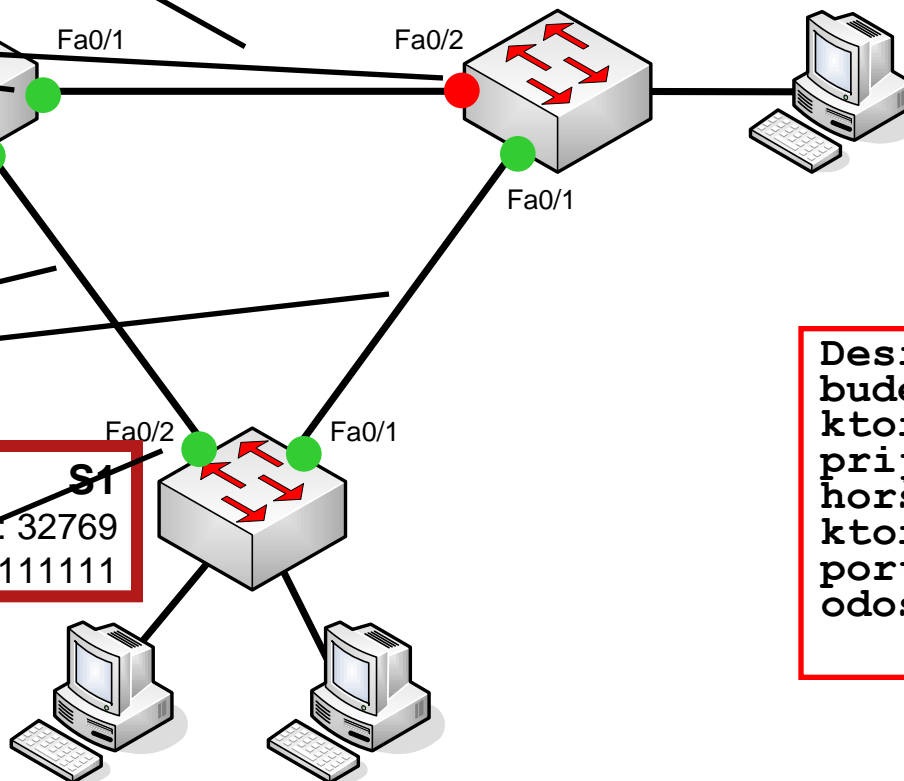
Ktorý port bude forward dáta a ktorý block? A na základe čoho?

Designated port

S2
Priority: 32769
MAC: 000A00222222

S3
Priority: 32769
MAC: 000A00333333

S1
Priority: 32769
MAC: 000A00111111



Designated port bude ten, na ktorom bude prijaté BPDU horšie než to, ktoré sa tým portom odosiela.

Show spanning-tree na S1

```
S1#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769
```

```
Address      000A.0011.1111
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time   2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769
```

```
Address      000A.0011.1111
```

```
Hello Time   2 sec   Max Age 20 sec   Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time   20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----------	------	-----	------	----------	------

Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

Show spanning-tree na S2

```
S2#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769
```

```
Address      000A.0011.1111
```

```
Cost         19
```

```
Port         2 (FastEthernet0/2)
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769
```

```
Address      000A.0022.2222
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time   20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----------	------	-----	------	----------	------

Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

Fa0/2	Root	FWD	19	128.2	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

Show spanning-tree na S3

```
S3#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769
```

```
Address      000A.0011.1111
```

```
Cost         19
```

```
Port         1 (FastEthernet0/1)
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769
```

```
Address      000A.0033.3333
```

```
Hello Time   2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time   20
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
-----------	------	-----	------	----------	------

Fa0/2	Altn	BLK	19	128.2	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

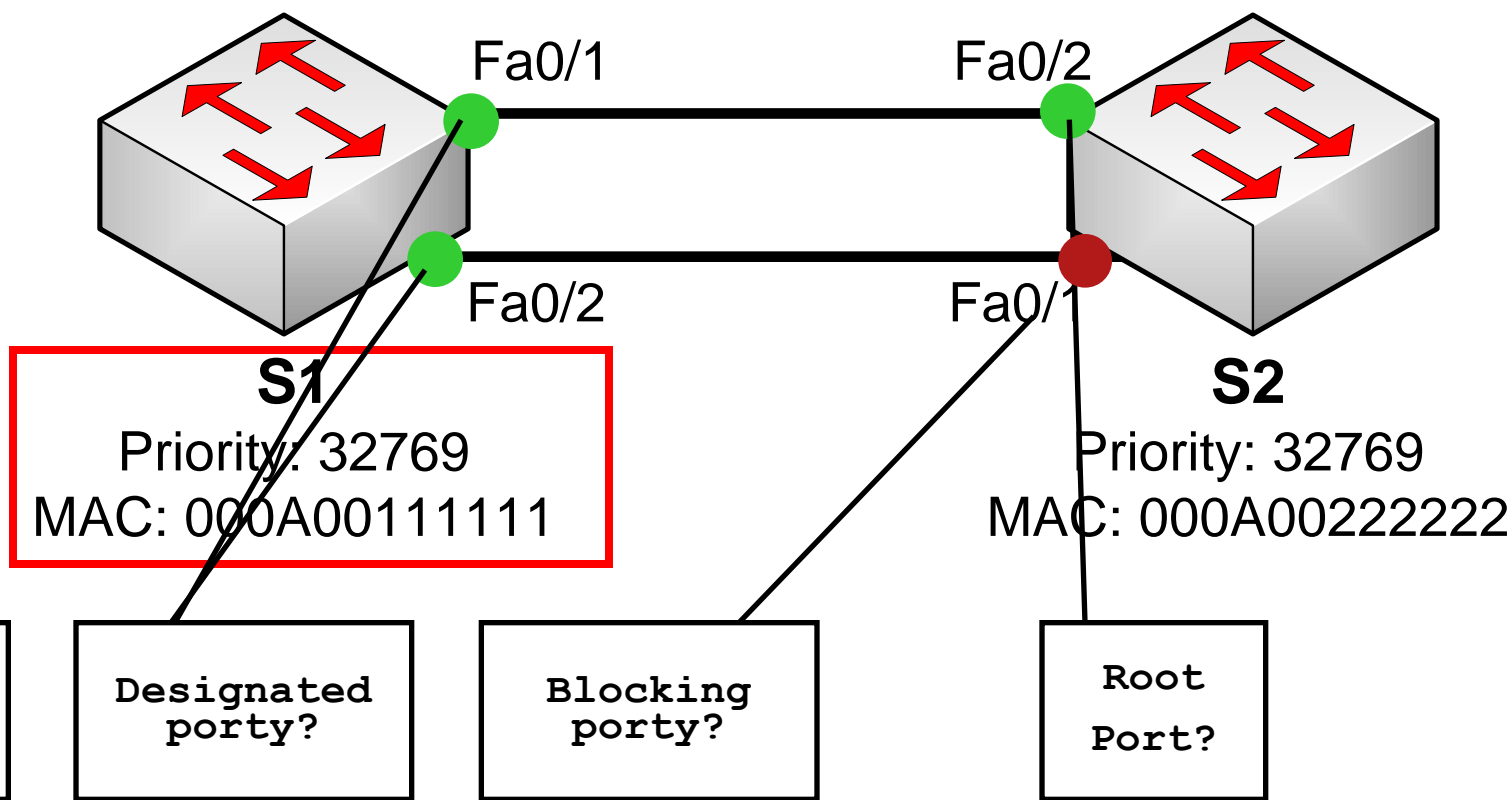
Fa0/1	Root	FWD	19	128.1	P2p
-------	------	-----	----	-------	-----

STP činnosť - príklad 2

● Forwarding port

● Blocking port

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti!)

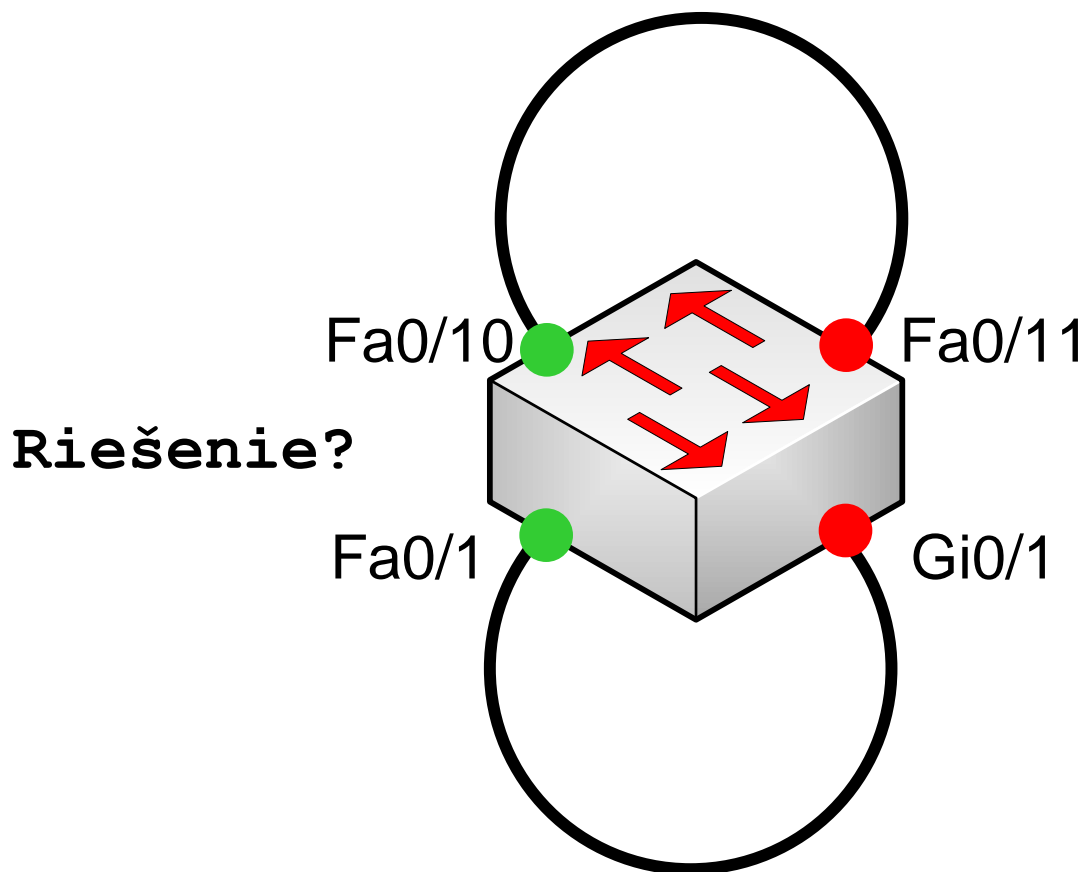


STP činnosť – príklad 3

● Forwarding port

● Blocking port

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti!)



S1

Priority: 32769

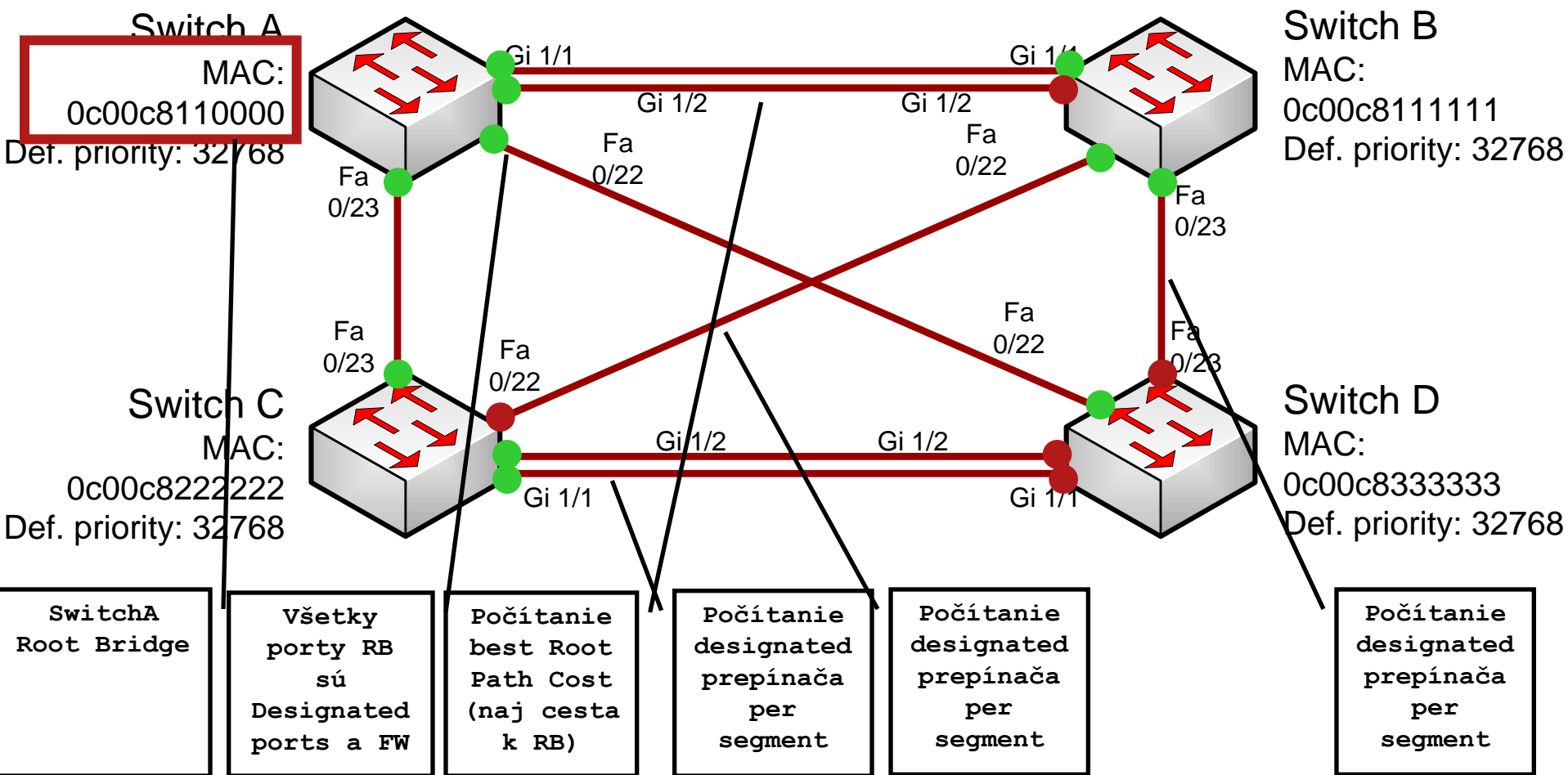
MAC: 000A00111111

STP činnosť – príklad 4

● Forwarding port

● Blocking port

- 1 - Root Bridge ID (má dve časti!)
- 2 - Root Path Cost
- 3 - Sender Bridge ID (má dve časti!)
- 4 - Sender Port ID (má dve časti!)
- 5 - Receiver Port ID (má dve časti)

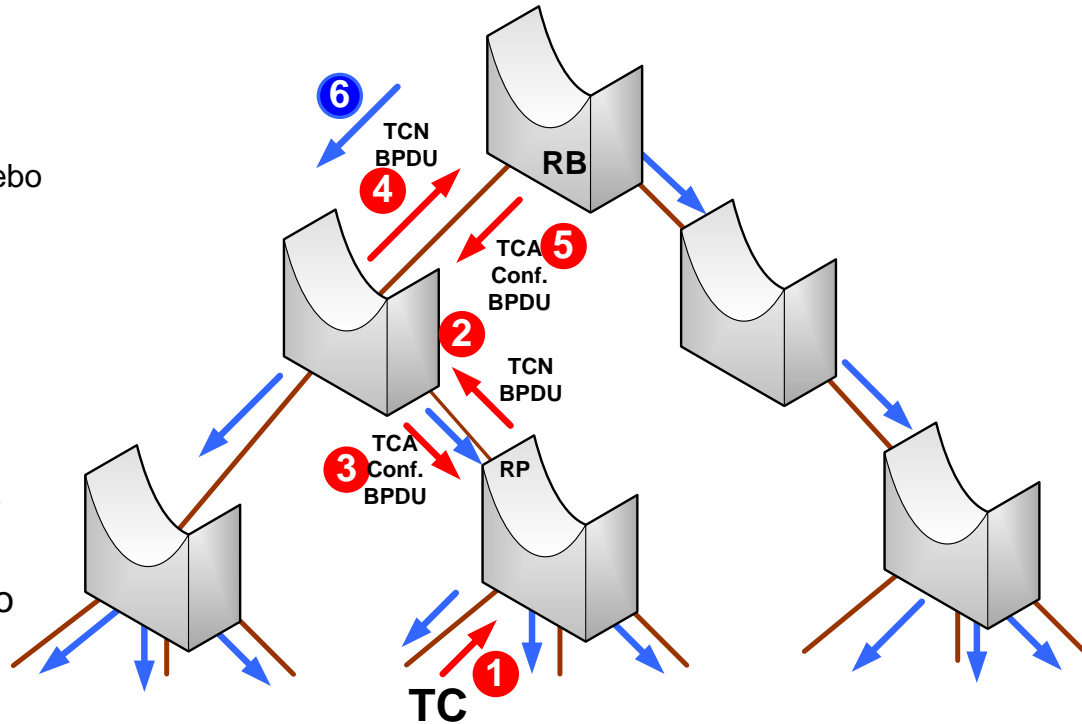


Skonvergované STP

- Po prebehnutí STP algoritmu
 - Loop free topológia
 - Jeden Root bridge per L2 net.
 - Jeden root port per non-root bridge.
 - Jeden designated port per segment.
 - Každý non-designated port je nepoužívaný (blokováný).

Šírenie informácií o zmenách v topo pri STP

- 1) Most vytvára TCN BPDU v dvoch prípadoch:
 - Pri prechode portu do stavu Forwarding
 - Pri prechode portu zo stavu Forwarding alebo Learning do stavu Blocking.
- 2) Most vyššie prijme TCN BPDU cez svoj Designated Port.
- 3) Most vyššie nastaví Topology Change Acknowledgment Flag v nasledujúcej konfiguračnej BPDU a pošle ho späť
 - Po prijatí TCA v TCN BPDU most prestane generovať TCN BPDU.
- 4) Most vyššie prepošle TCN BPDU cez jeho Root Port bližšie k Root Bridge-u.
- 5) Kroky 2 a 4 sa opakujú pokiaľ Root Bridge nedostane TCN BPDU.
- 6) Root Bridge spätne potvrdí TCA
 - v nasledujúcej jeho BPDU nastaví TC Flag a rozpošle ho všetkým
- 7) Root Bridge posiela konfiguračné BPDU s TC flagom
 - počas Forward Delay + Max Age sekúnd (35sek.)
- 8) Prijatie BPDU s nastaveným TC
 - inštruuje všetky mosty, aby skrátili ich časy držania informácie v Bridge table z prednastavenej hodnoty 300 na aktuálnu Forward Delay hodnotu (15 sekúnd).



■ Cisco Document ID 12013: Understanding Spanning-Tree Protocol Topology Changes

STP – konvergencia

- Konvergencia
 - Keď všetky prepínače majú porty buď vo forwarding or blocking stavoch
 - BPDU sú neustále posielané
- STP proces sa spúšťa:
 - Pri zmene topológie
 - Pridanie, odobratie prepínača v sieti
 - Pridanie, odobratie linky v sieti
 - Zmena stavu portu up na down a naopak
 - Aj takého kde je PC!!!!!!
 - Strata konektivity s root bridge
 - Časté prepočty STP môžu viesť k slučkám
- STP konvergencia
 - Trvá od **30 do 50 sekúnd**
 - Pre radius 7 prepínačov
 - V niektorých prípadoch ťažko akceptovateľné



Implementácia STP na Cisco Catalyst 2960



Implementácie STP Cisco-m

- **IEEE štandardy**

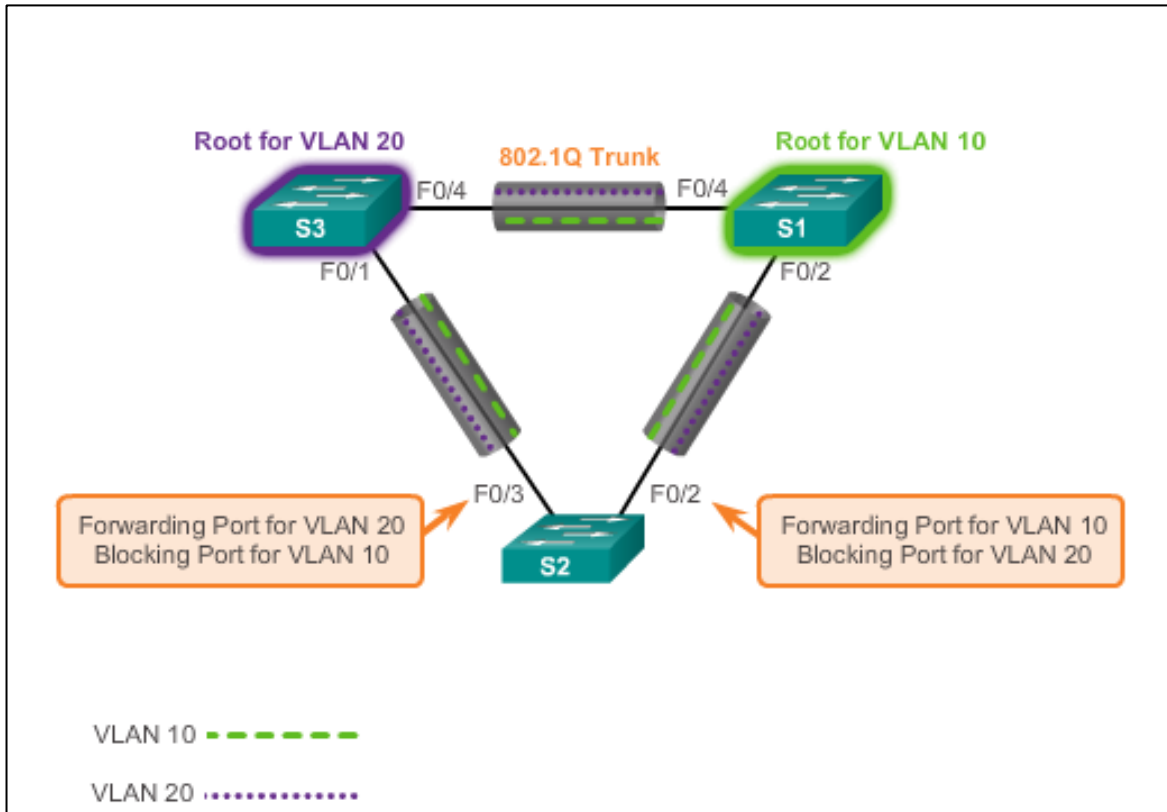
- Spanning Tree Protocol: IEEE802.1D-1998
- Rapid Spanning Tree: IEEE 802.1w (IEEE 802.1D-2004)
- Multiple STP (MSTP): IEEE 802.1s

- **Cisco terminológia a riešenia**

- IEEE802.1D = Common STP (CST)
 - Jeden STP strom pre všetky VLAN
- PVST (Per Vlan Spanning Tree)
 - Jeden STP strom pre každú VLAN
 - Podpora ISL trunking, + Cisco vylepšenia BackboneFast, UplinkFast, PortFast
- PVST+ (Per Vlan Spanning Tree)
 - Jeden STP strom pre každú VLAN
 - Kompatibilita na 802.1D, + Cisco vylepšenia BackboneFast, UplinkFast, PortFast
- Rapid PVST+
- MSTP

Protocol	Standard	Resources Needed	Convergence	Tree Calculation
STP	802.1D	Low	Slow	All VLANs
PVST+	Cisco	High	Slow	Per VLAN
RSTP	802.1w	Medium	Fast	All VLANs
Rapid PVST+	Cisco	Very high	Fast	Per VLAN
MSTP	802.1s Cisco	Medium or high	Fast	Per Instance

PVST+

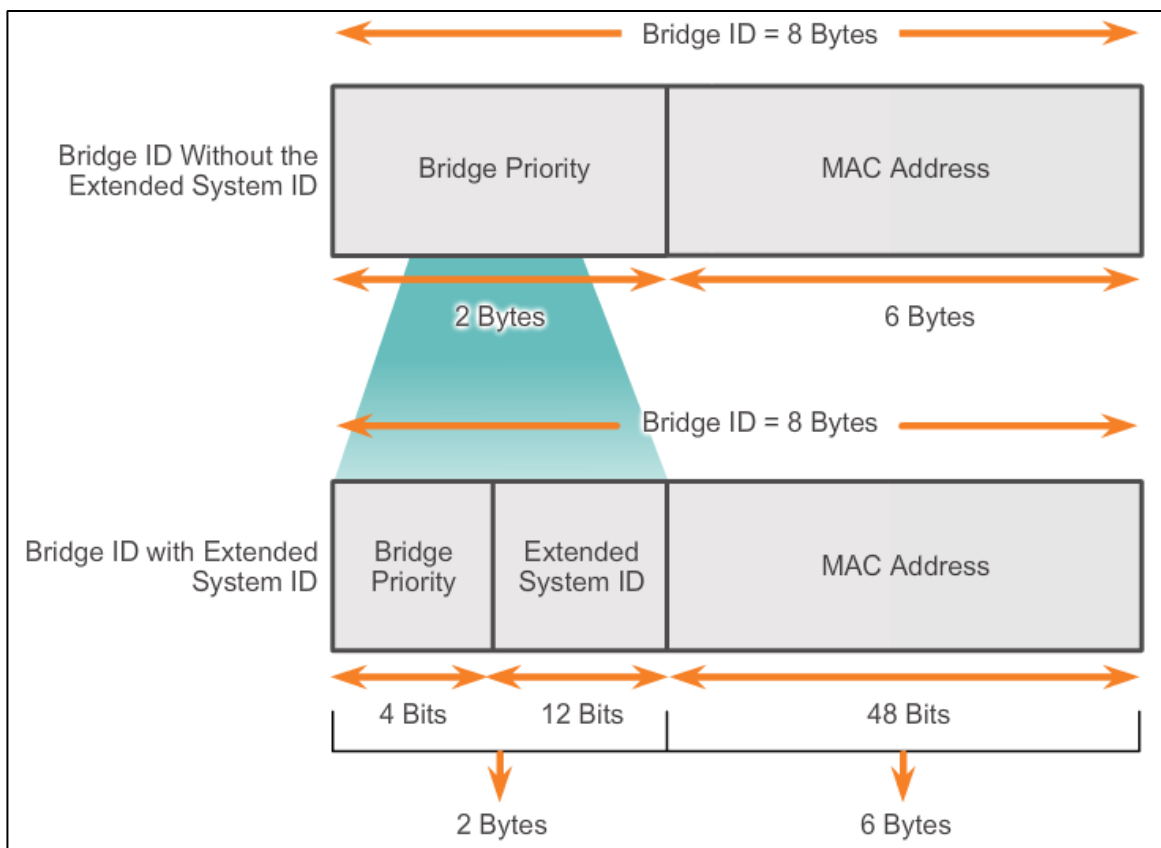


■ PVST+

- sieť prevádzkuje nezávislé inštancie STP stromu pre každú VLAN zvlášť
- je možné aplikovať load balancing
 - Optimalizácia distribúcie tokov
- Problém s výkonom pri veľa VLAN

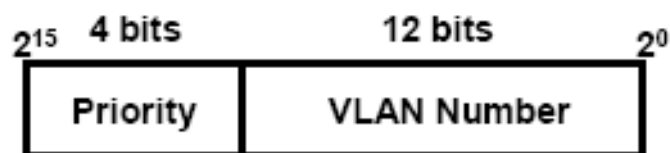
Extended System ID and PVST+ Operation

- Potreba zabezpečiť jedinečné BID pre každú VLAN a strom
- **BID Priority = Priority + VLAN_ID**



Priority field with Extended System ID

- Only four high-order bits of the 16-bit Bridge Priority field carry actual priority.
- Therefore, priority can be incremented only in steps of 4096, onto which will be added the VLAN number.
- **Example:**
For VLAN 11: If the priority is left at default, the 16-bit Priority field will hold $32768 + 11 = 32779$.

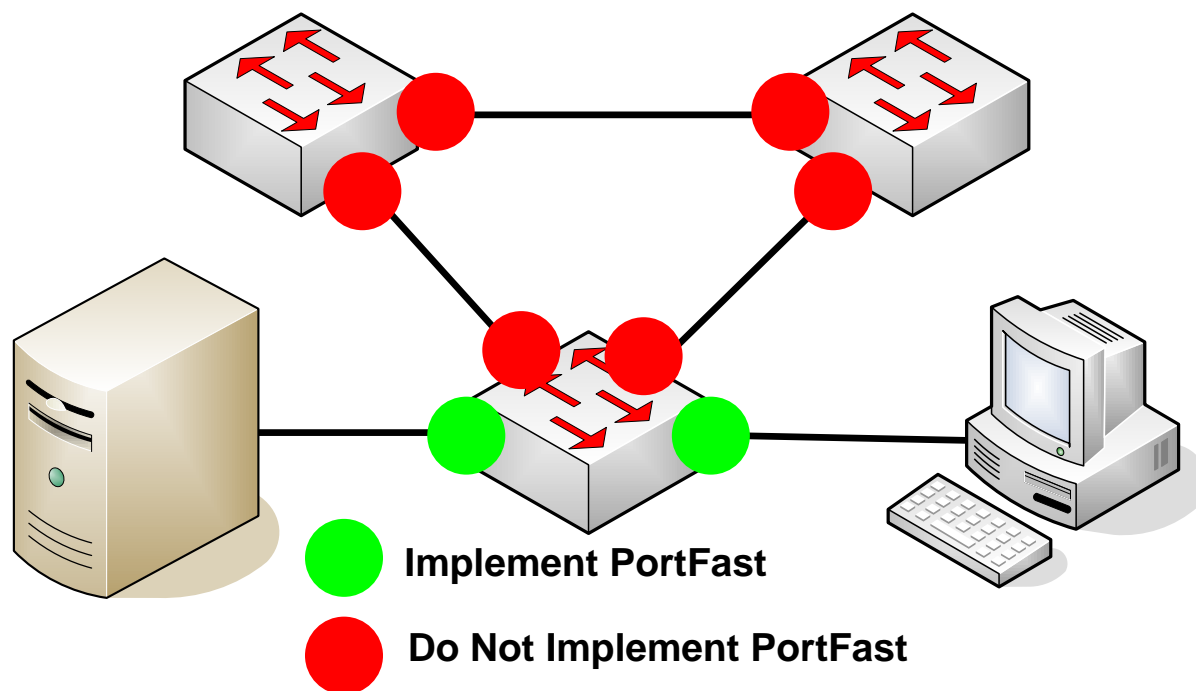


<u>Priority Values (Hex)</u>	<u>Priority Values (Dec)</u>
0	0
1	4096
2	8192
.	.
.	.
8 (default)	32768
.	.
.	.
F	61440

Default nastavenie na Catalyst-e

Feature	Default Setting
Enable state	Enabled on VLAN 1
Spanning-tree mode	PVST+ (Rapid PVST+ and MSTP are disabled.)
Switch priority	32768
Spanning-tree port priority (configurable on a per-interface basis)	128
Spanning-tree port cost (configurable on a per-interface basis)	1000 Mb/s: 4, 100 Mb/s: 19, 10 Mb/s: 100
Spanning-tree VLAN port priority (configurable on a per-VLAN basis)	128
Spanning-tree VLAN port cost (configurable on a per-VLAN basis)	1000 Mb/s: 4, 100 Mb/s: 19, 10 Mb/s: 100
Spanning-tree timers	Hello time: 2 seconds Forward-delay time: 15 seconds Maximum-aging time: 20 seconds Transmit hold count: 6 BPDUs

Cisco vylepšenia STP



■ Port Fast

- Minimalizuje čas prechodu
- Vhodné len na Access porty
- Ak rozhranie s konfigurovaným PortFast prijme BPDU, spanning tree zhodí port do blocking stavu pomocou techniky **BPDU guard**.

Konfigurácia STP

! Zistenie MAC adresy prepínača

```
Switch#show version
```

```
...  
Base MAC address is 000A.0022.2222 (bia
```

```
...  
...
```

```
S2#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID      Priority      32769  
             Address      000A.0011.1111  
             Cost        19  
             Port        2 (FastEthernet0/2)  
             Hello Time  2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID    Priority      32769  
             Address      000A.0022.2222  
             Hello Time  2 sec    Max Age 20 sec    Forward Delay 15 sec  
             Aging Time  20
```

```
...  
...
```

Konfigurácia STP - Priorita

! Spustenie STP

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id
```

! Vlan-id = Číslo VLAN, pre ktorú spúšťam STP

! Vypnutie STP

```
Switch(config)#no spanning-tree vlan vlan-id
```

! Nastavenie **priority prepinaca** per VLAN

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id priority PRIORITY
```

! PRIORITY = priradená priorita v rámci STP per vlan s ID

% Allowed values are:

0	4096	8192	12288	16384	20480	24576	28672
32768	36864	40960	45056	49152	53248	57344	61440

Konfigurácia STP - makrá

! MAKRO: Nastavenie root bridge

! Ak aktual root ma hodnotu > 24576, nastavi local switch prioritu na 24576

! Ak priorita root je < 24576, nastavi local switch priorotu o 4000 nizsiu

Switch(config)#**spanning-tree vlan vlan-id root primary**

! MAKRO: Nastavenie zalohy root bridge

! Nastavi na predefinovanu hodnotu 28,672, nakolko nie je moznost zistit

! Druhu najnizsiu prioritu z BPDU

Switch(config)#**spanning-tree vlan vlan-id root secondary**

Konfigurácia priorít v BID – ovplyvnenie voľby RB

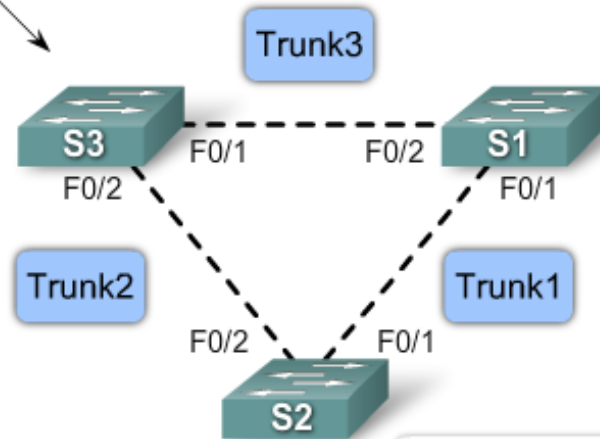
Configure and Verify the BID

```
S3#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.
End with CNTL/Z.
S3(config)#spanning-tree vlan 1 priority 24576
S3(config)#end
```

Method 2

```
S1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.
End with CNTL/Z.
S1(config)#spanning-tree vlan 1 root primary
S1(config)#end
```

Method 1



Method 1

```
S2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line.
End with CNTL/Z.
S2(config)#spanning-tree vlan 1 root secondary
S2(config)#end
```

Konfigurácia priorít v BID – ovplyvnenie voľby RB - overenie

```
S1#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID    Priority    24577  
Address    000A.0033.3333
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    24577 (priority 24576 sys-id-ext 1)  
Address    000A.0033.3333  
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec  
Aging Time 300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Desg	FWD	4	128.1	P2p
Fa0/2	Desg	FWD	4	128.2	P2p

```
S1#
```

Konfigurácia Cisco STP - PortFast

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz
Pravy(config)#int range fa 0/1 - 10
Pravy(config-if)#spanning-tree portfast
```

```
! Zrusenie Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz
Pravy(config)#int ra fa 0/1 - 10
Pravy(config-if)#no spanning-tree portfast
```

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Spusti globalne PortFast na vsetkych access portoch
Pravy(config)#spanning-tree portfast default
```


Overenie PortFast stavu a jeho vlastností

```
Router# show spanning-tree summary  
Root bridge for:VLAN0001  
EtherChannel misconfiguration guard is enabled  
Extended system ID      is disabled  
Portfast                  is enabled by default  
PortFast BPDU Guard      is disabled by default  
Portfast BPDU Filter      is enabled by default  
Loopguard                 is disabled by default  
UplinkFast               is disabled  
BackboneFast              is disabled  
Pathcost method used is long
```

Overenie STP

show a debug

```
Switch#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

Root ID	Priority	32768			
	Address	0c00c8110000			
	Cost	19			
	Port	1 (FastEthernet0/1)			
	Hello Time	2 sec	Max Age 20 sec	Forward Delay 15 sec	
Bridge ID	Priority	32768			
	Address	0c00c8111111			
	Hello Time	2 sec	Max Age 20 sec	Forward Delay 15 sec	
	Aging Time	300			

```
<text omitted>
```

```
Switch#show spanning-tree vlan VLAN_ID
```

```
Switch #debug spanning-tree events
```

```
Spanning Tree event debugging is on
```

```
22:32:23: set portid: VLAN0001 Fa0/6: new port id 800D
```

```
22:32:23: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> listening
```

```
22:32:25: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/6, changed state to up
```

```
22:32:26: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/6,  
changed state to up
```

```
22:32:38: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> learning
```

```
22:32:53: STP: VLAN0001 Fa0/6 -> forwarding
```



Rapid STP (RSTP) a RPVST+



Rapid Spanning Tree (RSTP)

- Urýchľuje prepočítavanie spanning-tree stromu pri zmenách topológie
 - Evolúcia STP 802.1d
 - Definovaný ako **IEEE 802.1w**
 - Dnes je zahrnutý do štandardu IEEE 802.1D-2004
 - Späťne kompatibilný s STP
 - Konvergencia od 1 do max. 15 sekúnd
 - Preferovaná voľba do full duplex prepínaného prostredia
 - Pri half-duplex rýchlosť nie je výrazne lepšia
 - Nasadenie tam, kde STP konvergencia je pomalá
 - Nepoužíva STP časovače, je proaktívny

Odlišnosti STP od RSTP

- Mení definíciu stavov portov.
- Mení definíciu rolí portov.
 - Zavádza Edge porty.
 - Rýchly prechod do Forwarding
 - Niečo ako PortFast vlastnosť
- Mení definíciu typov liniek.
- Používa také isté BPDU ako STP
 - Len Version = 2
 - Proaktívne správanie
 - Posiela každý prepínač, nie len RB ako v STP
 - Proposal / Agreement mechanizmus
- Dokáže spolupracovať s STP na jednej sieti
 - RSTP port ktorý prijme BPDU verzie 1 začne pracovať ako STP port

RSTP - zmena stavov portov

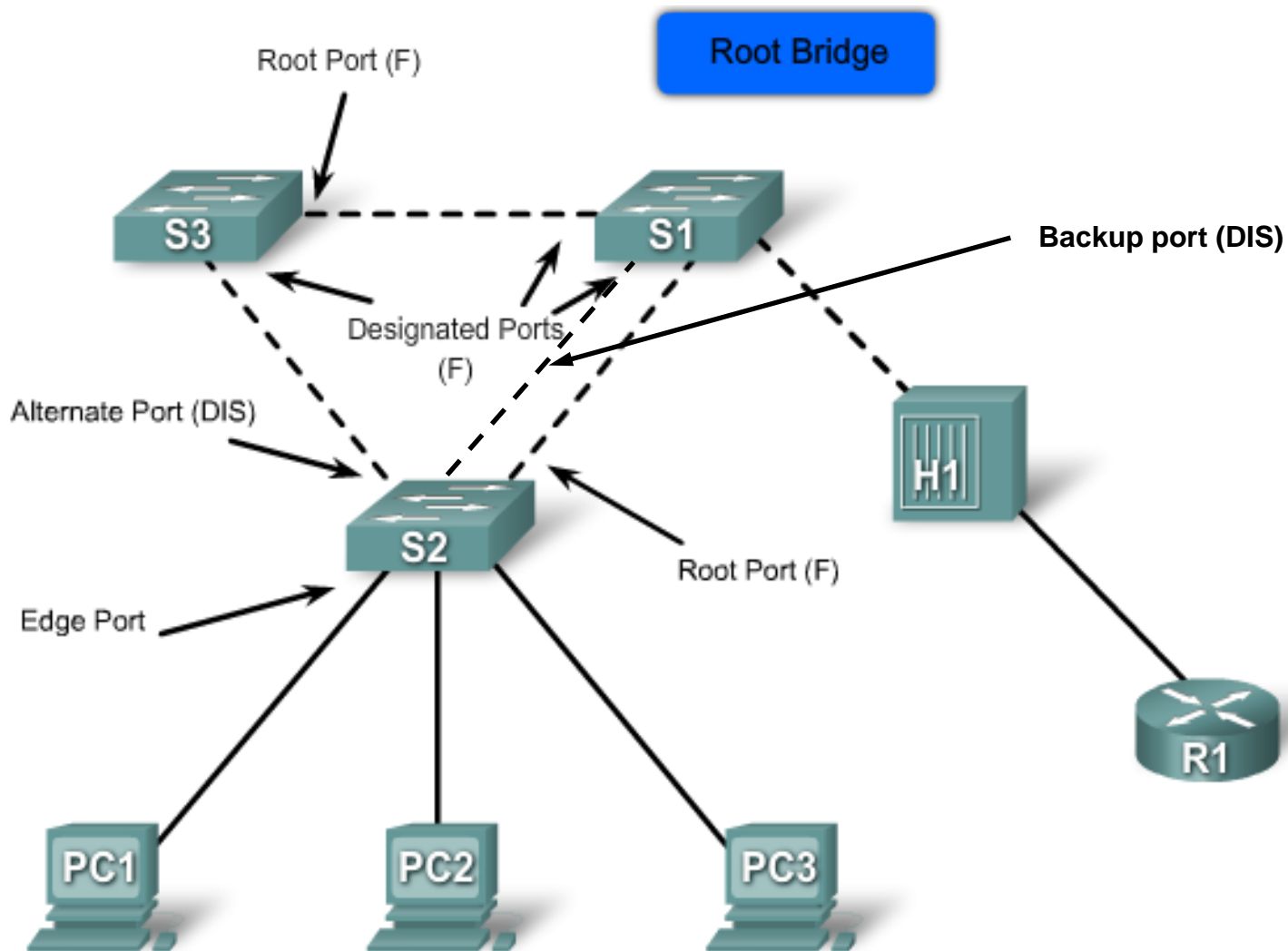
STP (802.1D) Port State	RSTP (802.1w) Port State	Is Port Included in Active Topology?	Is Port Learning MAC Addresses?
Disabled	Discarding	No	No
Blocking	Discarding	No	No
Listening	Discarding	Yes	No
Learning	Learning	Yes	Yes
Forwarding	Forwarding	Yes	Yes

- RSTP stavy portov
 - **Discarding (ako blocking/listening v STP)**
 - Nepreposiela dátové rámce
 - **Learning (ako v STP)**
 - Buduje MAC tabuľky prepínača aby zbytočne nešíril neznáme unicastové rámce na všetky porty.
 - **Forwarding (ako v STP)**
 - Preposiela dátové rámce.

RSTP – zmena definície rolí portov

Rola portu	Popis
Root port	Port na každom nonroot prepínači, ktorý je vybratý ako najbližšia cesta k Root Bridge (RB). Na každom nonroot prepínači môže byť len jeden root port. Root port je v stave Forwarding v ustálenej aktívnej topológii.
Designated port	Každý segment má aspoň jeden designated port. V ustálenej aktívnej topológii, prepínač s portom designated prijíma rámce na segmente, ktoré sú určené pre RB. Designated port pracuje v stave Forwarding. Na non-RB len jeden per segment, ak viac prepínačov musí byť voľba.
Alternate port	Port prepínača, ktorý je alternatívnou cestou k RB. Alternate port je v stave discarding v ustálenej aktívnej topológii. Alternate port je prítomný na nondesignated prepínačoch a dovoľuje prechod na designated port ak aktuálny designated port zlyhá.
Backup port	Port na designated prepínači s redundantnou linkou do segmentu, kde je prepínač Designated . Backup port má vyššie port ID ako designated port na designated prepínači. Backup port je v stave blocking v ustálenej aktívnej topológii.
Edge port	Port, na ktorom sa nepredpokladá pripojenie iného prepínača (len koncová stanica). Prechádza okamžite po aktivácii do Forward stavu. Odpovedá PortFast. Zmeny na ňom negenerujú Topo Changes. Objavenie PBDU – zmena na bežný port.

RSTP – zmena definície rolí portov



RSTP - zmena typov liniek

Typ linky predurčuje aktívnu úlohu v RSTP

■ Edge port

- Nepredpokladá sa, že by mohol spraviť slučku.
- Prechádza priamo do Forward stavu.
- Pri prijíme BPDU sa stáva bežným STP portom.

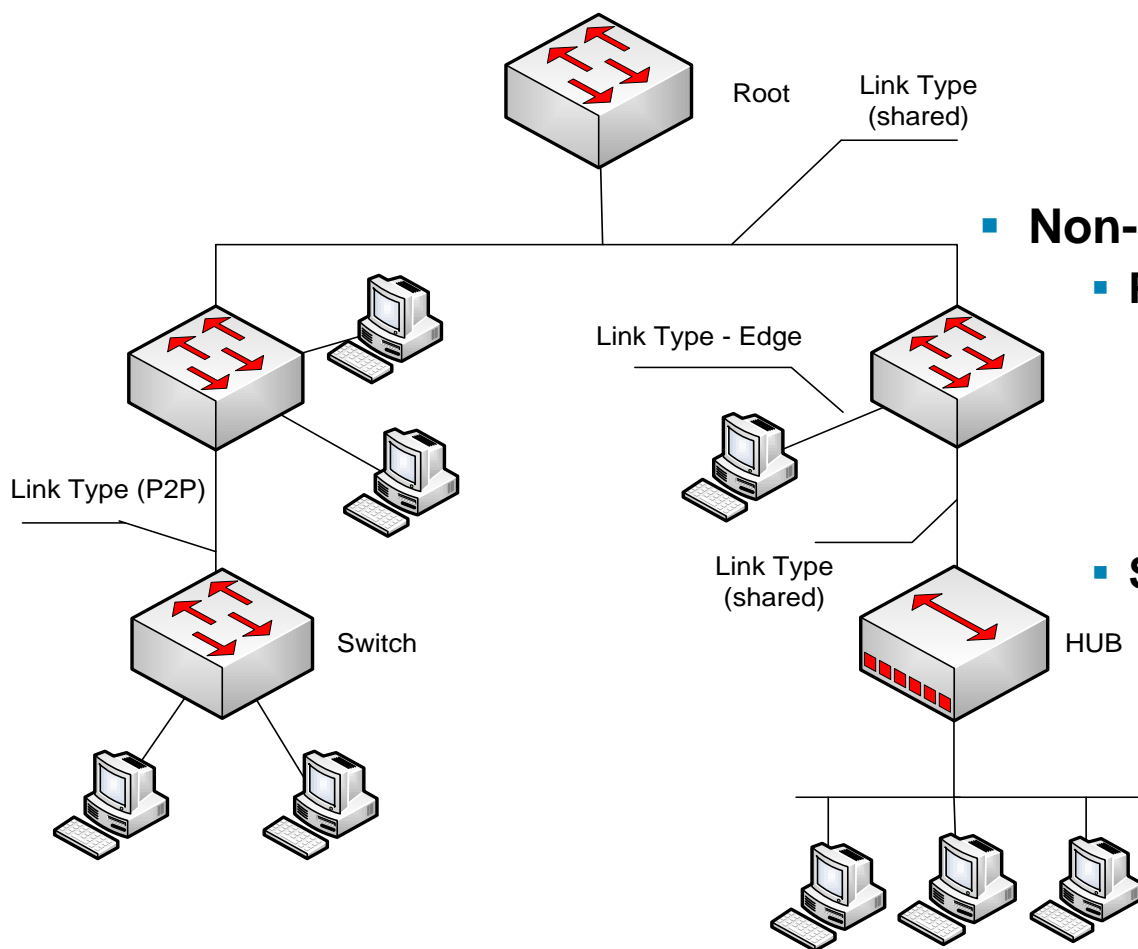
■ Non-Edge linky:

■ Point-to-point:

- Port pracuje v móde full-duplex. Predpokladá sa, že tento port bude pripojený na iný prepínač.
- Môže prechádzať priamo do Forward
- **spanning-tree link-type point-to-point**

■ Shared Port:

- pracuje v móde half-duplex. Predpokladá sa, že tento port bude pripojený na zdieľané médium, na ktoré môže byť pripojených viacero prepínačov.
- Musí prejsť celým STP procesom



BPDU v2 – Flag Byte využitie

RSTP Version 2 BPDU

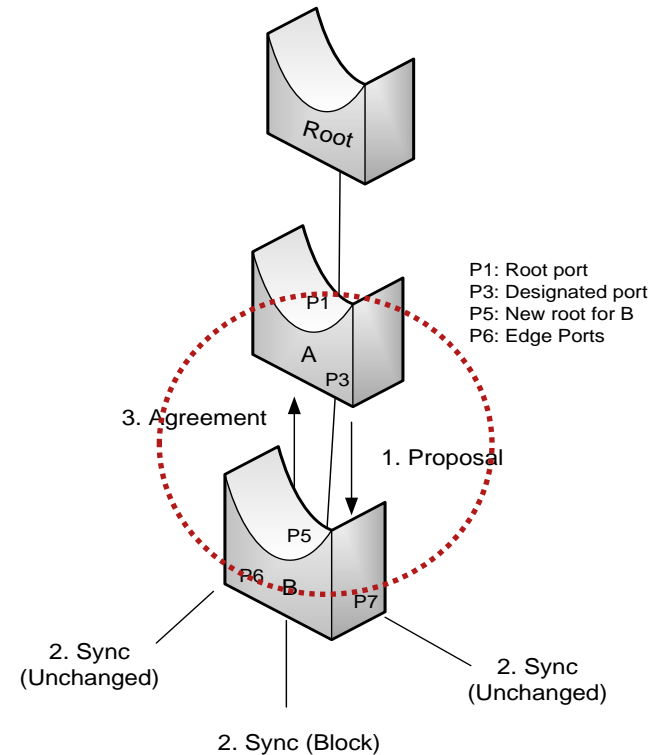
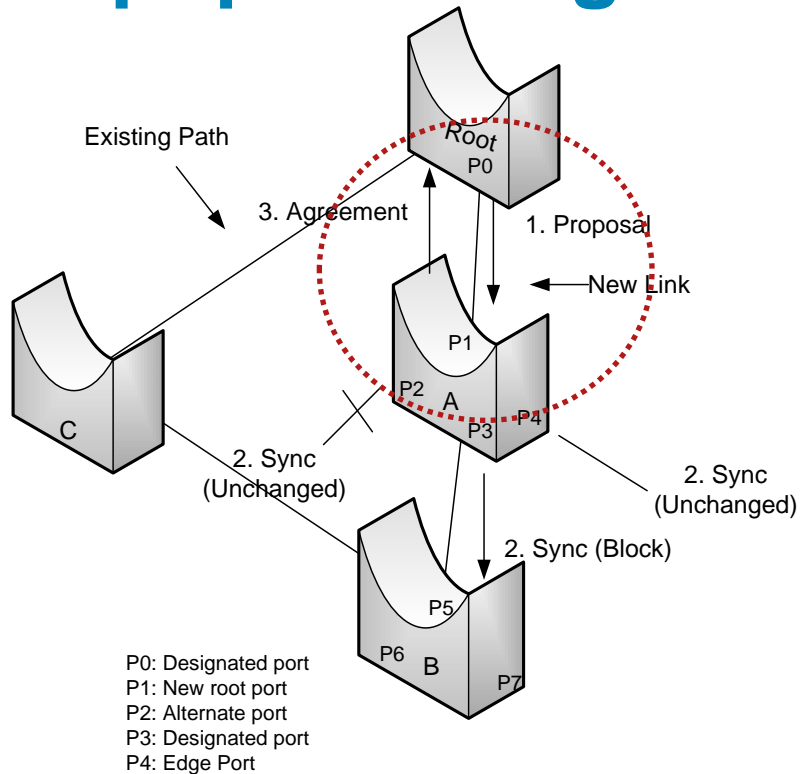
Field	Byte Length
Protocol ID=0x0000	2
Protocol Version ID=0x02	1
BPDU Type=0X02	1
Flags	1
Root ID	8
Root Path Cost	4
Bridge ID	8
Port ID	2
Message Age	2
Max Age	2
Hello Time	2
Forward Delay	2

Flag Field

Field Bit	Bit
Topology Change	0
Proposal	1
Port Role	2-3
Unknown Port	00
Alternate or Backup Port	01
Root Port	10
Designated Port	11
Learning	4
Forwarding	5
Agreement	6
Topology Change Acknowledgment	7

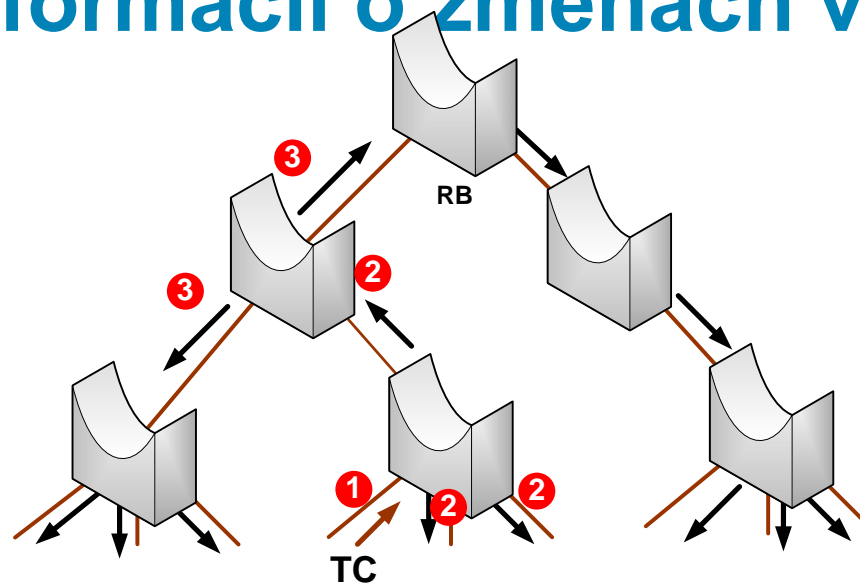
- Posielané každé 2s.
 - Posiela každý prepínač (aj keď je root stratený), nielen ROOT
- Používa sa ako keepalive mechanizmus:
 - Tri chýbajúce BPDU = aging MAC tab. + indikácia zmeny topológie
- Bity 0 a 7 sú použité na TCN a na acknowledgement (ACK), ako v 802.1D
- Bity 1 a 6 sú používané na **proposal a agreement proces**
 - Zrýchlenie konverencie**
- Bity 2-5 enkódujú úlohy a stavy portov ktorým patrí BPDU

Zrýchlenie konverencie – Propoposal / Agreement mechanismus



- Použitý vo fáze kedy **je designated port v discarding or learning stave**
 - Spôsobí urýchlenie konverencie na link-by-link báze
- Možné len pre edge porty a point-to-point linky
- **Sync stav**
 - bloknuté všetky non-edge porty, aby sa predišlo slučke

Šírenie informácií o zmenách v topo



- 1) Topo Change je prijatý len pri zmene do FW stavu (nie down)
 - Prepínač zníži timer pre MAC adresy na forward delay pre daný port, designated porty a root port
 - Flushne MAC adresy pre daný port, designated porty a root port
 - Pošle outbound BPDU cez root a designated porty, kde nastaví TC flag
- 2) Prepínač ktorý prijme TCN
 - Zníži timer pre MAC adresy na forward delay pre designated porty a root port
 - Flushne všetky MAC
 - Nastaví timer na TC-while (2xHello)
- 3) Pošle BPDU s nastaveným TC cez všetky výstupné porty

Konfigurácia Rapid STP (RPVST+)

! Spustenie Rapid PVST+

```
Switch(config)#spanning-tree mode rapid-pvst
```

! Nastavenie priority prepínaca per VLAN

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id priority PRIORITY
```

! PRIORITY = priradená priorita v rámci STP per vlan s ID

% Allowed values are:

0 4096 8192 12288 16384 20480 24576 28672

32768 36864 40960 45056 49152 53248 57344 61440

! MAKRO: Nastavenie root bridge

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root primary
```

! MAKRO: Nastavenie zálohy root bridge

```
Switch(config)#spanning-tree vlan vlan-id root secondary
```

Konfigurácia Edge portov a P2P liniek

```
! Konfigurácia Cisco PortFast na portoch fa 0/1 - 10
! Per interface prikaz - Pre PVRSTP konfiguruje Edge Port
Pravy(config)#int range fa 0/1 - 10
Pravy(config-if)#spanning-tree portfast
```

```
! Nastavenie typu linky
Switch(config)#int fa 0/1
Switch(config-if)#spanning-tree link-type point-to-point
```

Overenie činnosti RSTP

```
Switch#show spanning-tree
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol rstp
```

Root ID	Priority	32768		
	Address	0c00c8110000		
	Cost	19		
	Port	1 (FastEthernet0/1)		
	Hello Time	2 sec	Max Age 20 sec	Forward Delay 15 sec
Bridge ID	Priority	32768		
	Address	0c00c8111111		
	Hello Time	2 sec	Max Age 20 sec	Forward Delay 15 sec
	Aging Time	300		

```
<text omitted>
```

```
Switch#show spanning-tree vlan VLAN_ID
```

```
Switch#show spanning-tree detail
```

```
Switch#show spanning-tree active
```

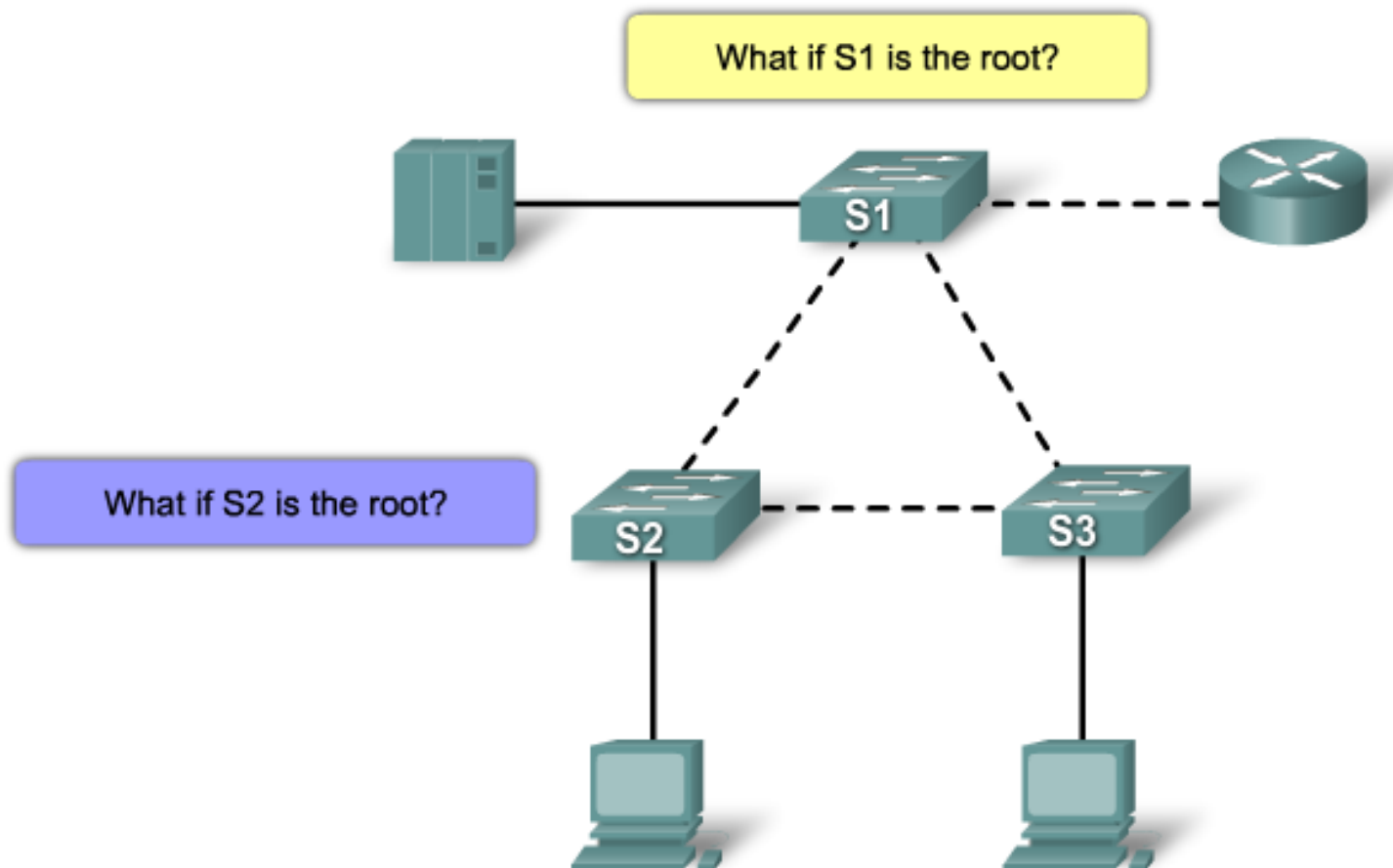
```
Switch#debug spanning-tree
```



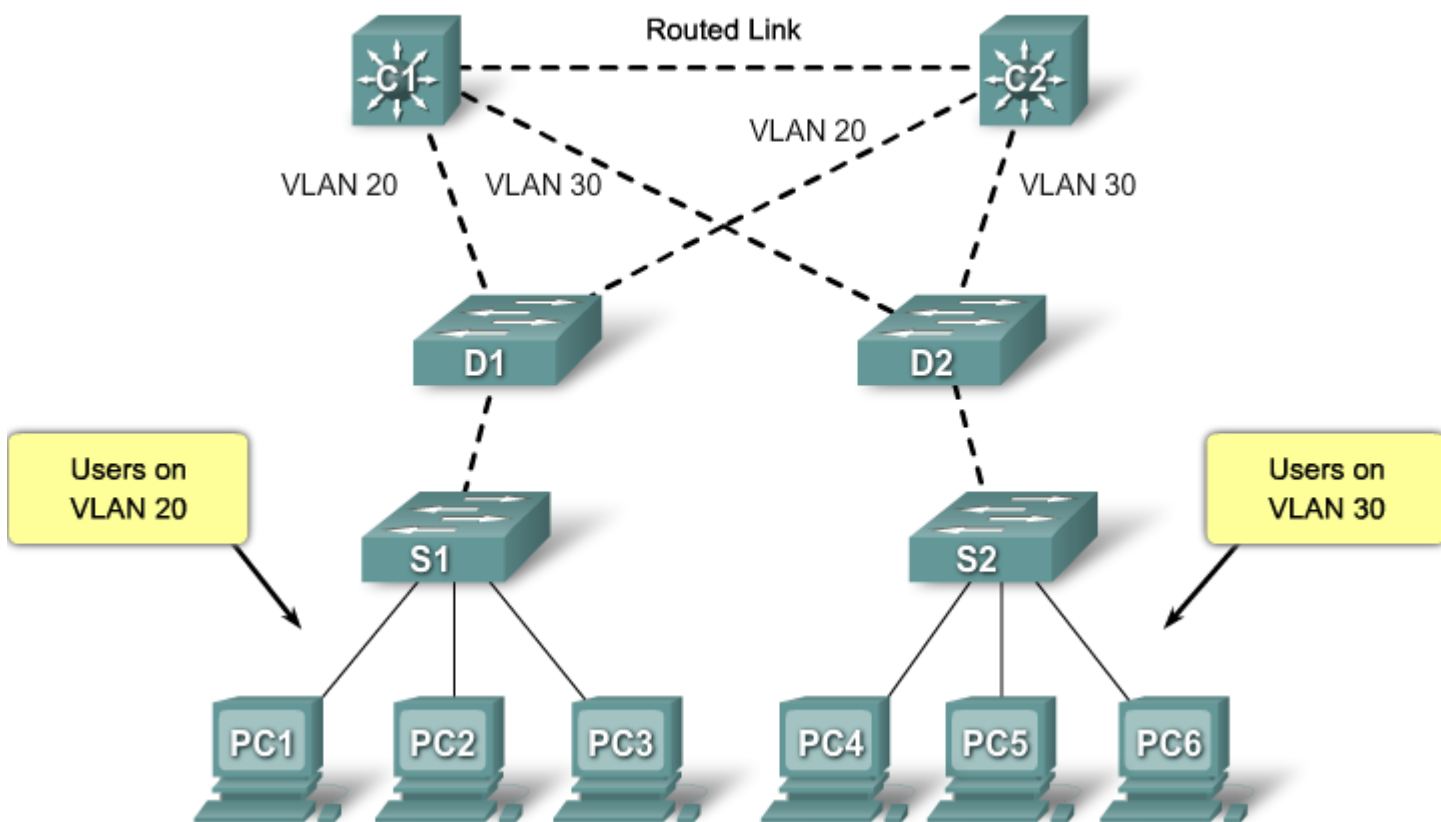
Implementačné tipy



Umjestnienie Root Bridge



Použi L3 prepínače



Final Points

Keep STP Even If It Is Unnecessary

- Do not disable STP.
- STP is not very processor-intensive
- the few BPDUs sent on each link do not reduce bandwidth.
- But a bridge network without STP can go down in a fraction of a second

Keep Traffic off the Administrative VLAN

- A high rate of broadcast or multicast traffic on the administrative VLAN adversely effects the CPU's ability to process vital BPDUs.
- Keep user traffic off the administrative VLAN.

Do Not Have a Single VLAN Span the Entire Network

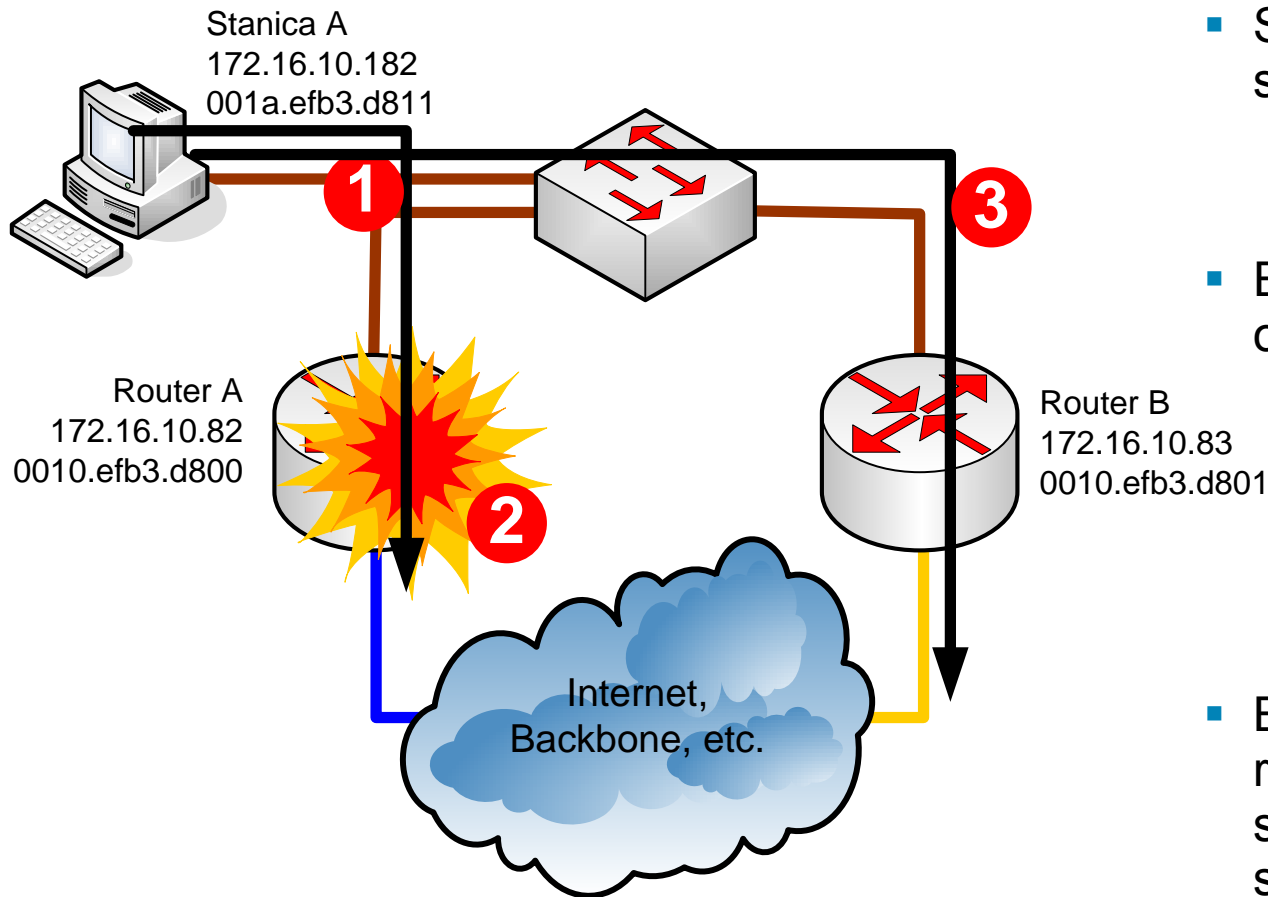
- VLAN 1 serves as an administrative VLAN, where all switches are accessible in the same IP subnet.
- A bridging loop on VLAN 1 affects all trunks and can bring down the network.
- Segment the bridging domains using high-speed Layer 3 switches.



First Hop Redundancy Protocols / mechanizmy zálohovania brán

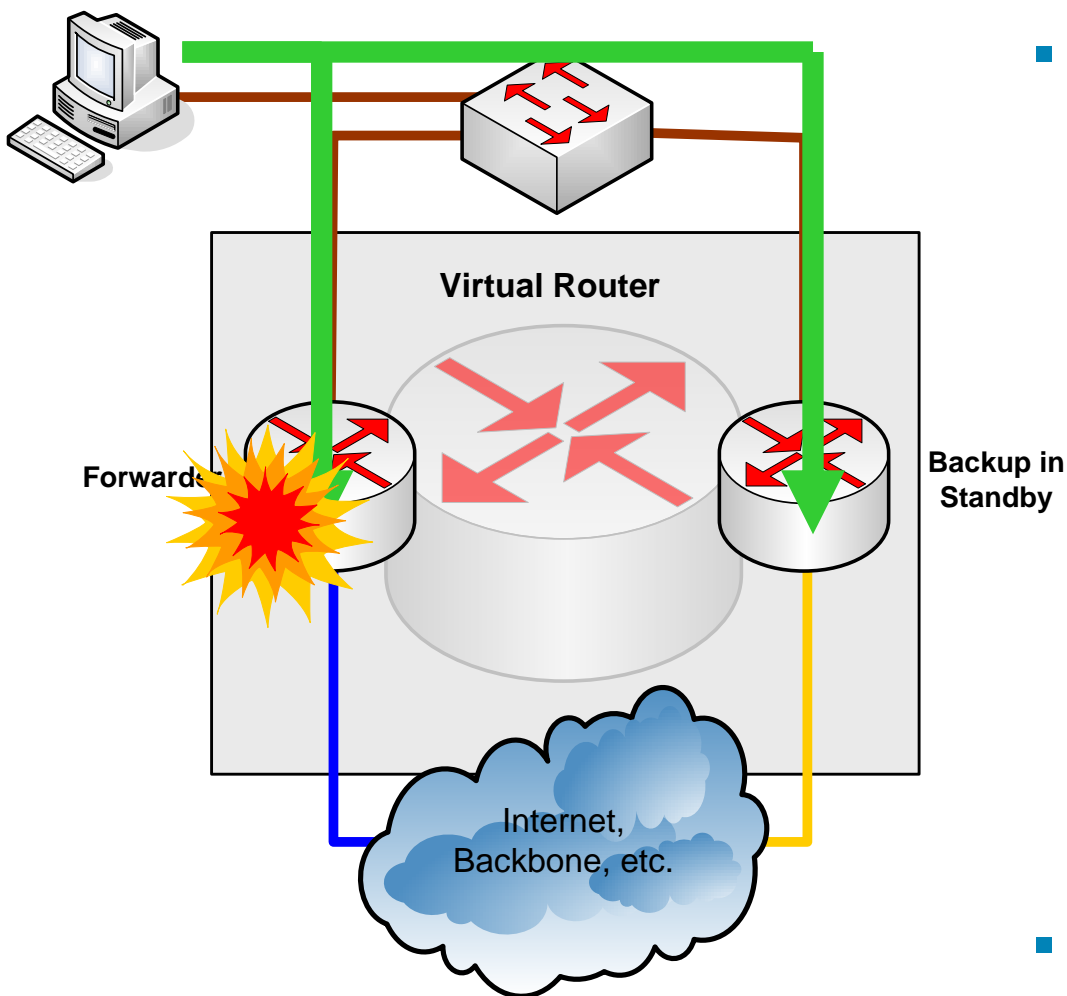


L3 redundancia



- Ak A padne, dynamické smerovanie začne využívať B
- Stanica však nepoužíva smerovací protokol
 - Obykle používa len jednu pridelenú IP brány
- Existujú viaceré pokusy o riešenie tohto problému
 - Proxy ARP
 - ICMP Router Discovery Protocol
 - Podpora smerovacieho protokolu v OS stanice
- Buď však nie sú tieto riešenia škálovateľné, alebo si vyžadujú osobitnú softvérovú podporu u klienta
- Problém:
 - Exspirácia ARP tabuľky na hostovy (5min.)

Riešenie redundancie cez virtual router



- Routery môžu vytvárať ilúziu nového virtuálneho routera
 - Tento virtuálny router má svoju virtuálnu MAC a IP
 - Stanice budú používať túto vIP ako svoju bránu
 - Jeden z reálnych routerov bude nositeľom vMAC a vIP
 - Ak súčasný nositeľ virtuálnej identity prestane odpovedať, prevezme na seba vMAC a vIP ďalší router
- Pre stanice nebude táto zmena vôbec viditeľná, lebo z ich pohľadu sa vMAC ani vIP nezmenila

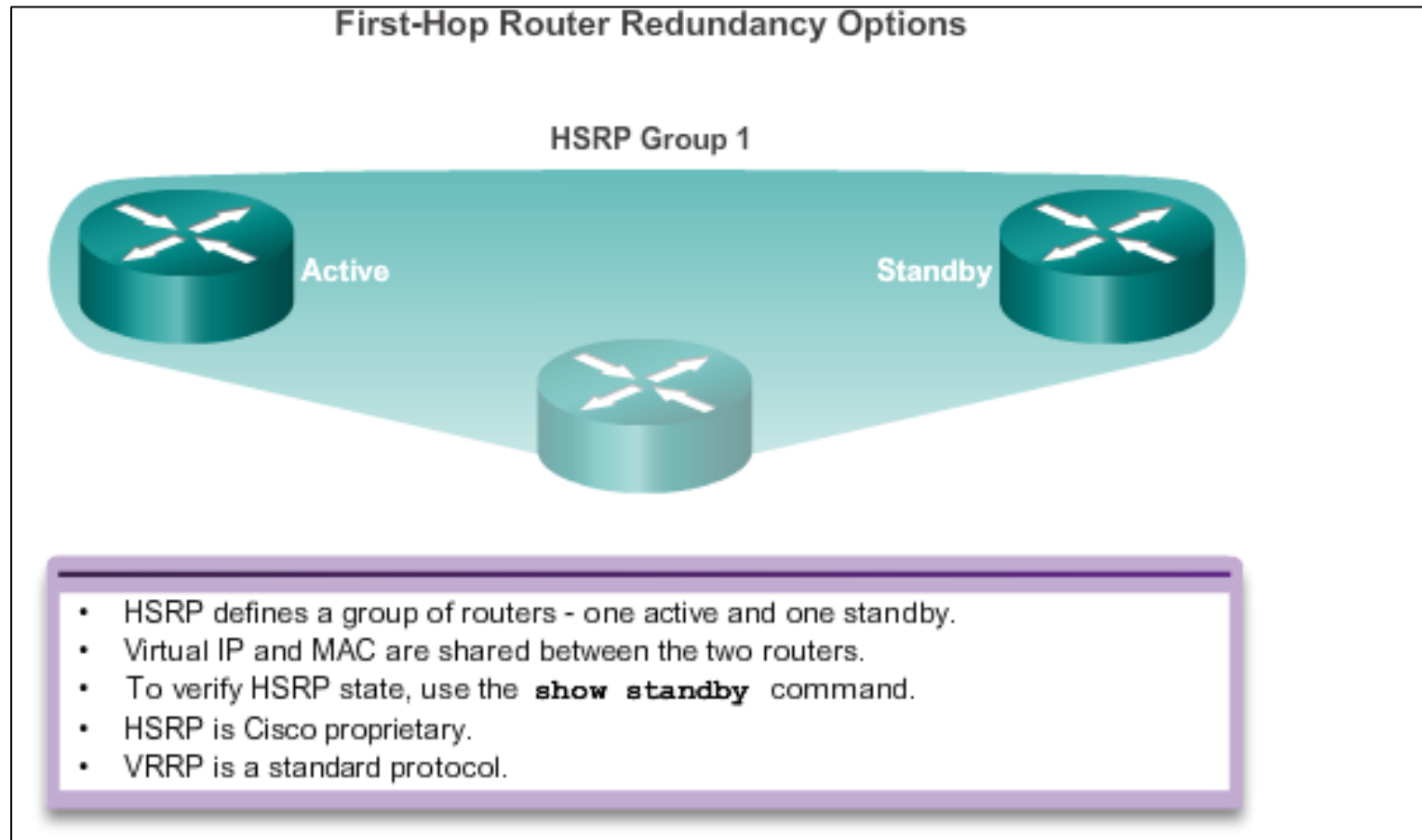
Viacero riešení pre First-Hop Redundancy Protocols

First-Hop Redundancy Protocols

- Hot Standby Router Protocol (HSRP)
- HSRP for IPv6
- Virtual Router Redundancy Protocol version 2 (VRRPv2)
- VRRPv3
- Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)
- GLBP for IPv6
- ICMP Router Discovery Protocol (IRDP)

Varieties of First-Hop Redundancy Protocols

First-Hop Redundancy Protocols



FHRP Verification

HSRP Verification

```
Router# show standby
Ethernet0/1 - Group 1
  State is Active
    2 state changes, last state change 00:30:59
  Virtual IP address is 10.1.0.20
    Secondary virtual IP address 10.1.0.21
  Active virtual MAC address is 0004.4d82.7981
    Local virtual MAC address is 0004.4d82.7981 (bia)
  Hello time 4 sec, hold time 12 sec
    Next hello sent in 1.412 secs
  Gratuitous ARP 14 sent, next in 7.412 secs
  Preemption enabled, min delay 50 sec, sync delay 40 sec
  Active router is local
  Standby router is 10.1.0.6, priority 75 (expires in 9.184 sec)
  Priority 95 (configured 120)
    Tracking 2 objects, 0 up
      Down Interface Ethernet0/2, pri 15
      Down Interface Ethernet0/3
  Group name is "HSRP1" (cfgd)
Follow by groups:
Et1/0.3 Grp 2 Active 10.0.0.254 0000.0c07.ac02 refresh 30 secs
(next 19.666)
Et1/0.4 Grp 2 Active 10.0.0.254 0000.0c07.ac02 refresh 30 secs
(next 19.491)
  Group name is "HSRP1", advertisement interval is 34 sec
```

FHRP Verification

GLBP Verification

- **Gateway Load Balancing Protocol (GLBP) is a Cisco proprietary solution to allow automatic selection and simultaneous use of multiple available gateways in addition to automatic failover between those gateways.**

```
Router# show glbp
FastEthernet0/1 - Group 1
  State is Active
    1 state change, last state change 00:02:34
  Virtual IP address is 192.168.2.100
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 0.288 secs
  Redirect time 600 sec, forwarder timeout 14400 sec
  Preemption disabled
  Active is local
  Standby is 192.168.2.2, priority 100 (expires in 8.640 sec)
  Priority 100 (default)
  Weighting 100 (default 100), thresholds: lower 1, upper 100
  Load balancing: round-robin
  Group members:
    001e.7aa3.5e71 (192.168.2.1) local
    001e.7aa3.5f31 (192.168.2.2)
  There are 2 forwarders (1 active)
  Forwarder 1
    State is Active
      1 state change, last state change 00:02:23
      MAC address is 0007.b400.0101 (default)
      Owner ID is 001e.7aa3.5e71
      Redirection enabled
  Preemption enabled, min delay 30 sec
  Active is local, weighting 100
```

Otázky ?

... KONIEC