

## Spanning-Tree

### Rola portov a ich voľba

Spanning-Tree je protokol, ktorý rieši problém s L2 slučkami v prepínaných sieťach. Princíp fungovania tohto protokolu spočíva v tom, že v topológií buduje strom a všetky redundantné linky softvérovo vypne, čoho dôsledok je, že v topológií je stále aktívna len jedna cesta medzi akýmikoľvek dvoma miestami. Komunikácia medzi prepínačmi v rámci STP protokolu prebieha využitím BPDU, kde BPDU je dátová jednotka prenášajúca informácie o prepínačoch a ceste ku koreňovému prepínaču (od ktorého sa začína vytvárať STP strom).

V rámci klasického STP protokolu definujeme tri roly portov a to: root, designated a non-designated (alternate) port. Voľba toho, v akej roly sa port nachádza, prebieha na základe porovnávania BPDU. BPDU je možné porovnávať na základe viacerých charakteristík, no vo všeobecnosti platí, že **nižšia** hodnota danej charakteristiky vyhráva. Najlepšie BPDU nazývame „Superior BPDU“ a horšie BPDU nazývame „Inferior BPDU“.

Pred tým ako prejdeme k samotnému porovnaniu BPDU, tak si najskôr definujeme zopár základných pojmov:

- **Bridge ID (BID):** Táto hodnota slúži na jedinečné identifikovanie každého prepínača v topológii. BID pozostáva z dvoch hlavných častí a to konfigurovateľnej Bridge priority a MAC adresy. Pričom priorita pozostáva z hodnoty priority + čísla VLAN.

$$\text{BID} = (\text{Bridge Priority} + \text{VLAN}) \cdot \text{MAC adresa}$$

BID prepínača vo VLAN 1 s MAC adresou aa:aa:bb:bb:cc:cc a štandardnou prioritou (32768) by vyzeral nasledovne:

$$32\ 769 \cdot \text{aa:aa:bb:bb:cc:cc}$$

Bridge priorita môže nadobúdať hodnoty z rozsahu  $\langle 0 ; 61\ 440 \rangle$ , pričom štandardná hodnota je 32 768. Prioritu je možné konfigurovať v hodnotách násobkov čísla 4096. Pri porovnávaní tejto hodnoty sa najskôr porovná Priorita, v prípade ak je priorita rovnaká, tak sa porovná MAC adresa.

- **Port ID (PID):** Táto hodnota slúži na jedinečné identifikovanie každého rozhrania v topológii. PID pozostáva taktiež z dvoch častí a to konfigurovateľnej Port-Priority a čísla rozhrania. Číslo rozhrania sa určuje nasledovne (Např. Fa0/1 má číslo rozhrania 1, Fa0/24 má číslo rozhrania 24. Ak pokračujeme ďalej a prepínač má aj Gigabitové rozhrania, tak číslovanie pokračuje – teda např. Gi0/1 bude mať číslo rozhrania 25).

$$\text{PID} = \text{Port-Priority} \cdot \text{Číslo rozhrania}$$

$$\text{PID pre Fa0/1} = 128 \cdot 1$$

Port-Priorita môže nadobúdať hodnoty z rozsahu  $\langle 0 ; 255 \rangle$ , pričom štandardná hodnota je 128. Port-Prioritu je možné konfigurovať v násobkoch čísla 16. Pri porovnávaní tejto hodnoty sa najskôr porovná Port-Priorita, v prípade, ak je Port-Priorita rovnaká, tak sa porovná číslo rozhrania.

- **Cost:** Táto hodnota uchováva informáciu o najlepšej kumulatívnej cene ku koreňovému prepínaču z pohľadu nášho prepínača, na ktorom porovnáваме BPDU. Počíta sa ako súčet cien rozhraní, cez ktoré je potrebné prejsť, aby sme sa dostali ku koreňovému prepínaču. V rámci tohto blogu budeme pracovať s Fa a Gi rozhraniami, pričom štandardné hodnoty ceny týchto rozhraní sú nasledovné: Fa = 19 a Gi = 4.
- **BPDU:** Je dátová jednotka, ktorá slúži na komunikáciu medzi prepínačmi a nesie v sebe množstvo údajov ako napr. Cost, BID suseda, BID koreňového prepínača, PID a pod.
- **Výsledné BPDU:** Je BPDU, ku ktorému sme po jeho prijatí na našom rozhraní pripočítali k hodnote kumulatívneho costu hodnotu costu nášho rozhrania. Napríklad, ak v BPDU, ktoré sme prijali od suseda je hodnota costu 19 a dané BPDU sme prijali cez Gi rozhranie, tak výsledné BPDU bude mať hodnotu costu  $19 + 4 = 23$ . To znamená, že na to, aby sme sa dostali z nášho prepínača ku koreňovému prepínaču potrebujeme prejsť cez jedno Fa a jedno Gi rozhranie.

#### **Pravidlá a poradie pri porovnávaní BPDU:**

Porovnanie BPDU je možné na základe 4 hlavných charakteristík, pričom je presne určené poradie porovnania daných charakteristík. Vo chvíli, keď sme schopní rozhodnúť, ktoré BPDU je podľa porovnáwanej charakteristiky lepšie, tak v tej chvíli končíme s porovnávaním. Poradie, v ktorom porovnáваме charakteristiky BPDU je nasledovné:

1. **Root Path Cost (RPC):** Kumulatívna cena ku koreňovému prepínaču.
2. **Sender Bridge ID (SBID):** BID prepínača, od ktorého sme prijali BPDU.
3. **Sender Port ID (SPID):** PID rozhrania prepínača, od ktorého sme prijali BPDU.
4. **Receiver Port ID (RPID):** PID nášho rozhrania, cez ktoré sme prijali BPDU. Využíva sa výnimočne, ak sa medzi našim prepínačom a susedným prepínačom nachádza HUB.

#### **Univerzálny postup pri riešení úloh na STP:**

Jedná sa o úlohy, kde je potrebné určiť roly jednotlivých rozhraní a znázorniť vytvorený STP strom. Riešením tohto typu úloh je možné lepšie pochopiť algoritmu, ktorý je využívaný protokolom STP.

Pri riešení odporúčam postupovať nasledovne:

**1. Voľba koreňového prepínača (Root Bridge - RB):**

Koreňovým prepínačom sa stáva prepínač s najnižším BID v topológii.

**2. Voľba práve jedného Root Portu (RP) na každom nekoreňovom prepínači:**

Root portom sa stáva rozhranie, ktoré prijme najlepšie výsledné BPDU (obohatené o cost rozhrania).

**3. Voľba práve jedného Designated portu (DP) pre každý segment:**

Segment je kolízna doména = jednoducho povedané prepoj medzi prepínačmi.

Designated port je rozhranie, ktoré do daného segmentu posielajú lepšie BPDU.

**4. Všetky zvyšné rozhrania sú non-designated (NDP/ALT):**

**Pozn1.:** Každý prepínač odosiela susedným prepínačom stále najlepšie výsledné BPDU, ktoré prijal.

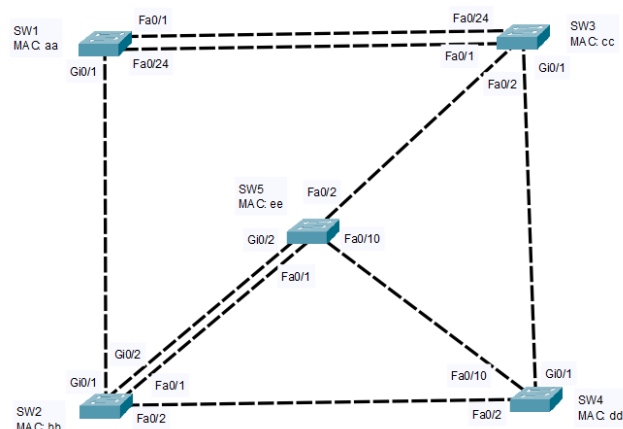
**Pozn2.:** Odporúčam si na každom prepínači zaznačiť hodnotu najlepšieho Costu ku koreňovému prepínaču.

**Pozn3.:** Všetky rozhrania na koreňovom prepínači sú automaticky Designated, pretože posielajú do daného segmentu najlepšie BPDU (keďže BPDU generuje koreňový prepínač, tak Cost v BPDU má hodnotu 0, čo je najlepšia možná hodnota a preto môžeme s istotou povedať, že pre dané segmenty sa bude jednať o DP).

**Pozn4.:** Oproti RP sa musí nachádzať DP.

**Vzorový príklad:**

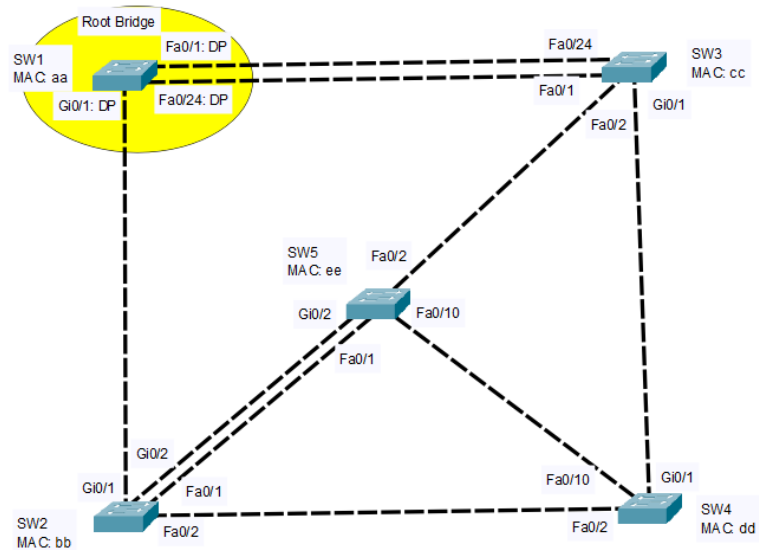
Majme nasledujúcu topológiu, pričom platí, že všetky prepínače majú nastavenú štandardnú Bridge prioritu. Úlohou je určiť koreňový prepínač, všetky roly rozhraní a zakresliť výsledný strom vytvorený STP protokolom.



## 1. Určenie koreňového prepínača (prepínač s najnižším BID):

Keďže zo zadania je jasné, že všetky prepínače používajú štandardnú Bridge prioritu (32 768), tak na určenie koreňového prepínača využijeme MAC adresu. Najnižšiu MAC adresu má prepínač SW1, teda tento prepínač sa stane **Root Bridge**.

- Podľa poznámky 3 je možné ďalej okamžite určiť rolu všetkých rozhraní na koreňovom prepínači na **Designated**.



## 2. Voľba Root portov na nekoreňových prepínačoch:

Koreňový prepínač začne generovať BPDU a posielajú ich do topológie. Všetky ďalšie prepínače po prijatí BPDU pripočítajú cost a posielajú ďalším prepínačom. Takto sa BPDU od koreňového prepínača dostane ku každému prepínaču v topológii, pričom platí, že každý prepínač posielajú ďalej len najlepšie výsledné BPDU.

Pozrime sa na prepínač SW2. Tento prepínač má 4 rozhrania, pričom cez každé rozhranie prijme BPDU, no s rôznym costom. Už na prvý pohľad je možné vidieť, že cez Gi0/1 sme najbližšie ku koreňovému prepínaču. Najlepšie výsledné BPDU teda tento prepínač prijme na Gi0/1. Prepínač prijme cez toto rozhranie BPDU s costom 0, následne sa pozrie, cez aké rozhranie BPDU prijal a pripočíta ku costu hodnotu 4 (Gi). Najlepšie výsledné BPDU bude teda mať cost = 4. S týmto costom bude následne prepínač SW2 odosielať BPDU ďalším susedom.

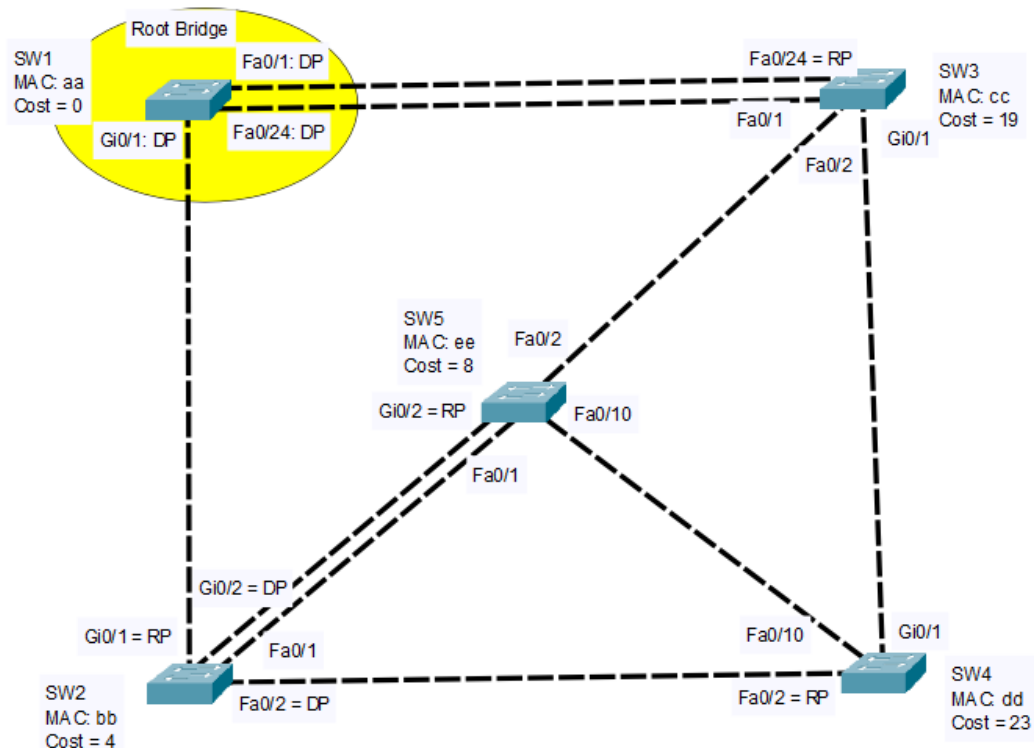
Pri prepínači SW3 je postup rovnaký. Tento prepínač prijme BPDU cez 4 rozhrania, no znova je možné vidieť, že najlepšia cesta ku koreňovému prepínaču bude buď cez rozhranie Fa0/1 alebo Fa0/24. Cez tieto rozhrania prijme výsledné BPDU s costom 19 (Fa). Cez Gi0/1 a Fa0/2 to bude určite vyššia cena. Teraz, keďže sme ale prijali 2 BPDU s rovnakým costom, tak je potrebné rozhodnúť, ktoré z nich je lepšie, využitím inej charakteristiky. Ak porovnáme Sender BID, tak sa znova rozhodnúť nevieme, lebo obe BPDU sú odosielať rovnakým zariadením (SW1). Preto pokračujeme ďalej a porovnáme Sender PID. Keďže sa v zadaní neuvádza zmena Port-Priority (je rovnaká pre obe

rozhrania), tak sa rozhodneme podľa čísla portu. Nižšie číslo rozhrania je Fa0/1. Pozor !!! Porovnáваме Sender PID – teda Root portom na prepínači SW3 sa stane rozhranie Fa0/24.

Prepínač SW4 prijme BPDU cez 3 rozhrania. BPDU od SW2 bude mať cost 4 – po pripočítaní lokálneho costu bude mať výsledné BPDU cost  $4 + 19 = 23$ . Od zariadenia SW3 prijme BPDU s costom 19 – po pripočítaní lokálneho costu bude mať výsledné BPDU cost  $19 + 4 = 23$ . Od prepínača SW5 prijme BPDU s costom 8 (4 k SW2 a 4 k SW1) – po pripočítaní 19 (Fa) bude mať výsledné BPDU hodnotu 27. Znova máme teda situáciu, kedy sa nevieme rozhodnúť na základe costu (dve BPDU majú hodnotu 23). Pozrieme sa teda na Sender BID. Keďže Bridge priorita je rovnaká, tak rozhodne MAC adresa, ktorá je nižšia v BPDU prijatého od prepínača SW2. Teda Root Portom na SW4 sa stáva rozhranie Fa0/2.

Prepínač SW5 prijme BPDU od SW2 (s costom 4), SW3 (s costom 19) a SW4 (s costom 23). Po pripočítaní lokálneho costu bude najlepšie výsledné BPDU prijaté rozhraním Gi0/2, pričom výsledné BPDU bude mať cost  $= 4 + 4 = 8$  a teda Gi0/2 sa stane Root Portom.

Podľa poznámky 4 je možné okamžite oproti RP označiť rozhranie ako DP. Tiež podľa poznámky 2 si ku každému prepínaču poznačme hodnotu costu, aké má najlepšie výsledné BPDU – zide sa to neskôr. Aktuálna topológia teda vyzerá nasledovne:



### 3. Voľba Designated Portu na každom segmente:

Na každom segmente je potrebné určiť DP. DP sa stáva rozhranie, ktoré do segmentu posieľa lepšie BPDU. Pozrime sa teda na prepojenia, kde sa zatiaľ nenachádza DP.

Prepoj medzi prepínačmi SW2 a SW5 cez Fa0/1. Prepínač SW2 posieľa do segmentu BPDU s costom 4 a prepínač SW5 s costom 8. Lepšie BPDU teda posieľa prepínač SW2 a teda DP bude rozhranie Fa0/1 na prepínači SW2.

Prepoj medzi prepínačmi SW5 a SW3. Prepínač SW5 posieľa do segmentu BPDU s costom 8, pričom prepínač SW3 s costom 19. DP je teda rozhranie Fa0/2 na prepínači SW5.

Prepoj medzi prepínačmi SW5 a SW4. Prepínač SW5 posieľa do segmentu BPDU s costom 8, pričom prepínač SW4 s costom 23. DP je na prepínači SW5 pre tento segment rozhranie Fa0/10.

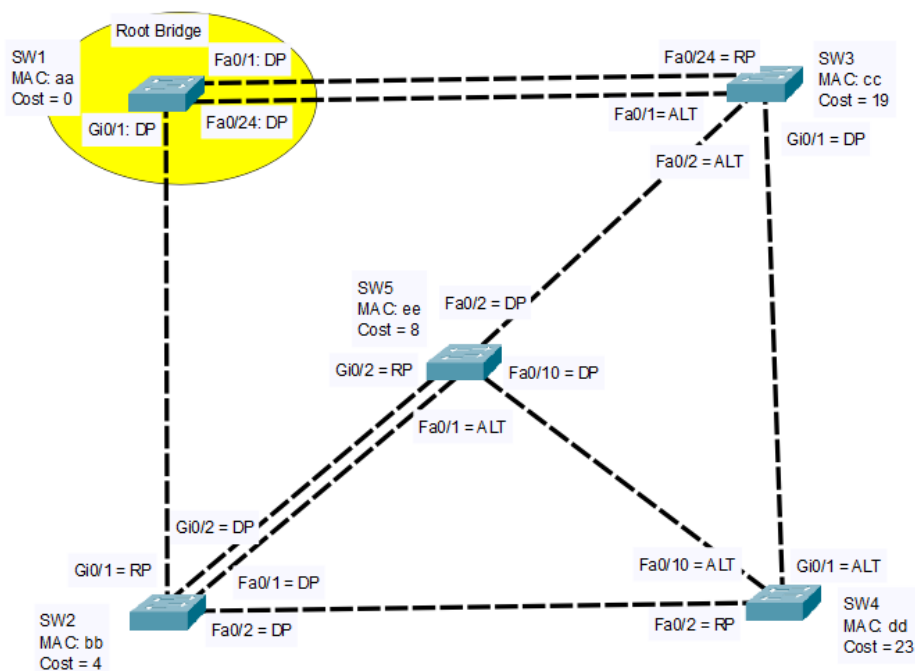
Prepoj medzi prepínačmi SW3 a SW4. Prepínač SW3 posieľa do segmentu BPDU s costom 19, pričom prepínač SW4 s costom 23. DP na prepínači SW3 je teda rozhranie Gi0/1.

Ak by sa stalo, že by do daného segmentu prichádzali BPDU s rovnakým costom, tak by sme robili porovnanie využitím ďalších atribútov (Sender BID, Sender PID a RPID).

### 4. Všetky ostatné rozhrania budú NDP / ALT:

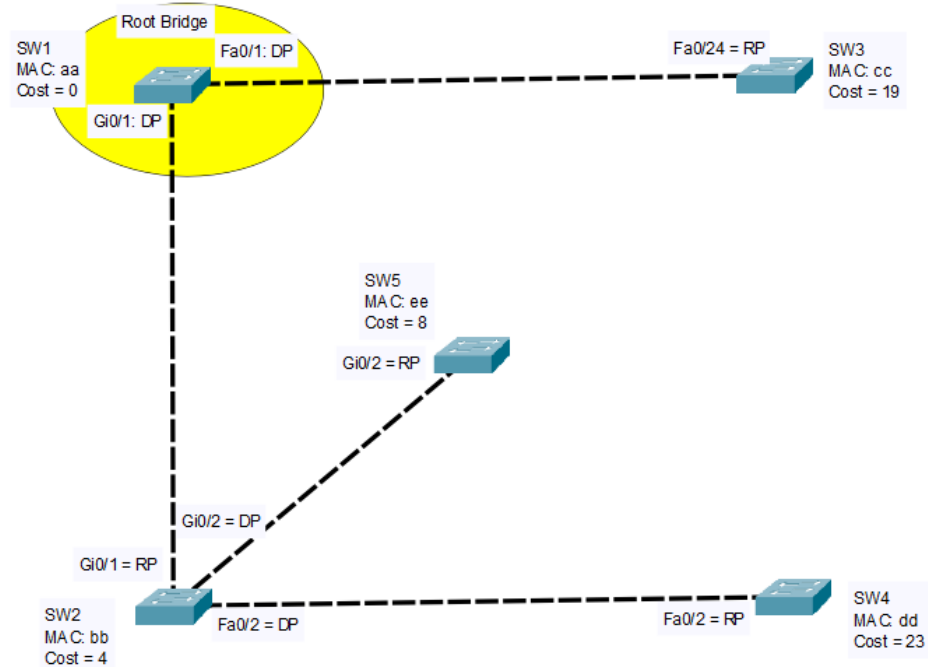
Keďže sme na každom nekoreňovom prepínači určili práve jeden Root Port a zároveň na každom segmente práve jeden Designated port, tak všetky ostatné rozhrania musia byť blokované.

Výsledná topológia vyzerá nasledovne:



## 5. Výsledná bezslučková topológia:

Prepojenia, kde je jedna strana v roly NDP/ALT sú softvérovo vypnuté. Výsledná bezslučková topológia by vyzerala nasledovne:



### Stavy rozhraní:

Každé rozhranie pred tým ako začne preposielať dáta prechádza cez niekoľko stavov. Podľa roly rozhrania je výsledný stav Forwarding (DP a RP) alebo Blocking (NDP/ALT).

1. **Disabled:** port je vypnutý – nie je súčasťou STP
2. **Blocking (20s):** port dokáže len prijímať BPDU
3. **Listening (15s):** port prijíma a odosiela BPDU
4. **Learning (15s):** port prijíma a odosiela BPDU + učí sa MAC adresy
5. **Forwarding:** port prijíma a odosiela BPDU, učí sa MAC adresy a prijíma a odosiela dátové rámce.

**Pozn.:** Ak chceme, aby rozhranie prešlo automaticky do stavu Forwarding, tak je možné na takom rozhraní zapnúť funkčnosť PortFast – konfiguruje sa na rozhraniach, ku ktorým sa pripájajú koncové zariadenia. Pozor – k takémuto rozhraniu sa nesmie pripojiť ďalší prepínač – spôsobilo by to slučku. Dôvod je ten, že na PortFast rozhraní je vypnutý protokol STP. Na uistenie sa, že nedôjde k pripojeniu prepínača sa zvykne kombinovať PortFast konfigurácia s konfiguráciou BPDU Guard funkcionality, ktorá v prípade prijatia BPDU rozhranie prevedie do stavu Err-Disabled.