

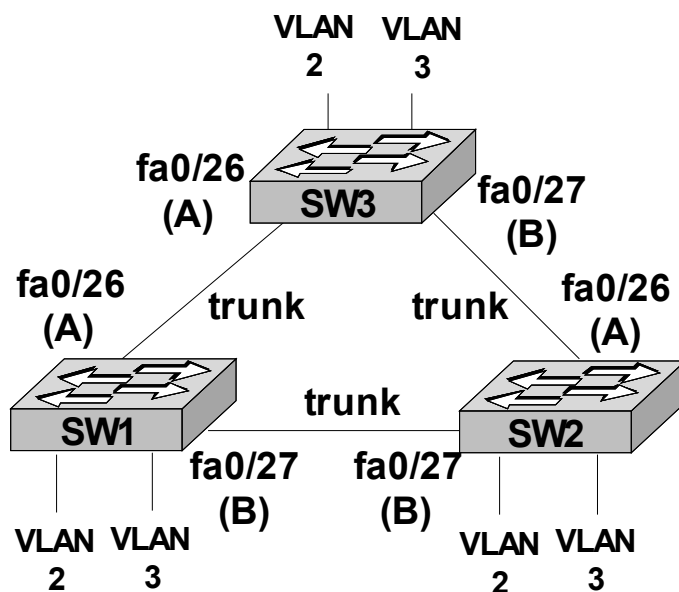
Vyvažování zátěže na topologii přepínačů s redundandními linkami

Petr Grygárek, FEI, VŠB-TU Ostrava

Transparentní mosty (dnes většinou přepínače) se propojují do stromové struktury. Jestliže požadujeme redundandní popojení obsahující smyčku, musí v síti fungovat algoritmus Spanning Tree (IEEE 802.1d), který některé porty automaticky zablokuje, aby výsledná topologie byla stromová. Výpočet Spanning Tree probíhá neustále, takže v případě výpadku některé linky (resp. portu) je topologie rekonfigurována a porty přepínačů odblokovány, resp. zablokovány tak, aby propojení bylo stromové a pokrývalo všechny linky (segmenty) sítě. Proto se algoritmus nazývá Spanning Tree – pokrývající strom. Při výběru linek přednostně zahrnutých do stromu se berou v úvahu administrátorem nastavené ceny linek, aby vytvořený strom byl stromem nejkratších (nejlevnějších) cest. Nejsou-li ceny linek nastaveny explicitně, uplatní se implicitní nastavení, při němž je cena linky nepřímo úměrná přenosové rychlosti přilehlého portu.

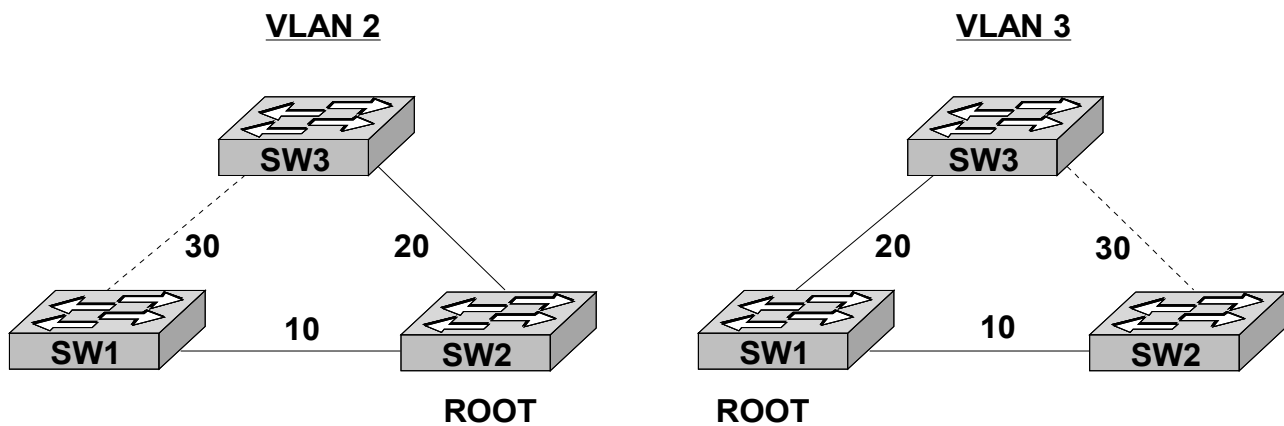
V případě, že v síti aplikujeme virtuální síť (VLAN), probíhá v nejjednodušším případě pro každou VLAN samostatný a na ostatních VLAN nezávislý výpočet Spanning Tree. Z důvodu vyvážení zátěže na všechny linky (redundandní) topologie je výhodné, aby stromy různých VLAN byly (ve stavu bez výpadku) různé, tj. aby linka, která je ve stromu jedné VLAN zablokována, nesla provoz jiné VLAN a opačně. Takovéto vyvažování zátěže má samozřejmě smysl jen na trunk linkách, které jediné nesou současně provoz z více VLAN.

Předpokládejme topologii třech přepínačů propojených do trojúhelníka pomocí trunk linek (obr.1). Na každém z přepínačů jsou konfigurovány dvě VLAN: VLAN 2 a VLAN 3.



Obr.1

Z důvodu rovnoměrného rozložení zátěže na trunk linky chceme, aby strom používaný VLAN 2 obsahoval jednu z trunk linek k SW3, zatímco strom pro VLAN 3 druhou. Můžeme se rozhodnout ovlivnit algoritmus Spanning Tree tak, aby stromy pro VLAN2 a VLAN3 vypadaly (v případě funkčnosti všech linek) tak, jak ukazuje obr.2.



Obr.2

Protože Spanning Tree konstruuje strom vždy jako strom nejkratších cest z určeného kořene ke všem segmentům sítě, ovlivníme výslednou topologii tím, že pro každou VLAN jinak stanovíme

- přepínač, který má být pro tuto VLAN kořenem stromu
- ceny jednotlivých linek (platné pro tuto VLAN)

Přepínač, který má být kořenem stromu, se určí dohodou přepínačů podle priority, která je každému přepínači nakonfigurována. Číselně nižší priorita je preferována. Pokud není zadána, je u Cisco přepínačů implicitní priorita 32768. Při shodě priorit rozhoduje hodnota Bridge ID, která je pro každý přepínač (a každou jeho VLAN) dána výrobcem a je unikátní.

Ceny linek (resp. segmentů sítě, pokud je do linky vložen hub) se přiřazují portům přepínačů, které jsou k jednotlivým segmentům připojeny. Každý segment pak bude do stromu připojen tou cestou, která má směrem ke kořeni nejnižší cenu (součet cen linek). Pro jednoduchost budeme dále uvažovat symetrické ceny linek, tj. na všech portech připojených k témuž segmentu bude konfigurována stejná cena (cost).

Pokud dojde k výpadku kořenového přepínače (root bridge), bude samozřejmě dynamicky zvolen nový kořenový přepínač. Stejně tak při výpadku linky s nižší cenou bude aktivována některá alternativní linka s cenou vyšší.

Konfigurace vyvažování zátěže na přepínači Cisco Catalyst 1900

Konfiguraci provedeme ve dvou krocích:

1. konfigurace priority přepínače pro funkci root bridge pro jednotlivé VLAN
2. konfigurace ceny všech trunk spojů pro jednotlivé VLAN

1. Určení root bridge

Většina parametrů algoritmu Spanning Tree (vč. priority přepínače pro funkci root bridge) se konfiguruje pomocí tzv. šablon (templates). Lze definovat až 4 různé šablony a každou ze šablon můžeme přiřadit skupině VLAN. Implicitně je šablona 1 přiřazena všem VLAN, kterým nebyla explicitně přiřazena žádná jiná šablona

Hodnotu parametru priority přepínače v šabloně S definujeme v globálním konfiguračním režimu příkazem

spantree-template <S> priority <HODNOTA>

Připomeňme, že nižší hodnota (s výjimkou 0) zvyšuje prioritu volby přepínače jako kořene stromu. Hodnotou 0 bychom stanovili, že se přepínač nikdy nesmí stát kořenem.

Přiřazení VLAN V do šablony S provedeme příkazem

spantree-template <S> vlan <V>

Při přiřazení můžeme uvést i seznam nebo rozsah VLAN.

2. Určení cen trunk linek pro jednotlivé VLAN

Na přepínači C1900 lze pro trunk linku definovat dvě alternativní ceny a pro každou alternativu stanovit, kterých VLAN se tato hodnota ceny týká. Určení cen alternativ 1 a 2 a přiřazení VLAN těmto alternativám se děje v režimu konfigurace rozhraní trunk linky:

```
interface fastEthernet 0/26
spantree-option 1 cost 30
spantree-option 2 cost 20
spantree-option 1 cost vlan 2
spantree-option 2 cost vlan 3
```

Nejprve definujeme příkazem **spantree-option <A> cost <C>** cenu přiřazenou pro jednotlivým alternativám (option). Implicitní cena je 10 (což podle konvencí Spanning Tree odpovídá rozhraní FastEthernet s rychlostí 100 Mbps). Poté příkazem **spantree-option <A> cost vlan <V>** pro obě alternativy stanovíme, kterých VLAN se alternativa týká.

Poznámka:

Pokud je hodnota ceny u alternativy implicitní (10), odpovídající příkaz **spantree-option** se v konfiguraci nezobrazí. Stejně tak se zpravidla nezobrazí řádek **spantree-option 1 vlan**, protože v alternativě 1 jsou vždy implicitně všechny VLAN nezařazené explicitně do druhé alternativy.

Poznámka:

Firmware C1900 požaduje, aby cena u alternativy 2 byla nižší, než u alternativy 1. VLAN, které mají být na dané trunk lince zvýhodněny, tak budou vždy zařazovány do alternativy 2.

Příklad

Dále uvedeme příklad konfigurace tří přepínačů C1900 propojených podle obr.1, aby stromy pro VLAN2 a VLAN3 vypadaly podle obr.2. Ceny linky na trunku SW1-SW2 jsou ponechány implicitní, na ostatních trunk linkách jsou symetrické a v souladu s cenami vyznačenými na obr.2.

SW1

```
hostname "SW1"
!
vtp transparent
vlan 2 name "DVA"
vlan 3 name "TRI"
!
spantree-template 3 priority 30000
spantree-template 3 vlan 3
!
interface Ethernet 0/2
    vlan-membership static 2
!
interface Ethernet 0/3
    vlan-membership static 3

interface FastEthernet 0/26
    trunk On
    spantree-option 1 cost 30
! spantree-option 1 cost vlan 2
    spantree-option 2 cost 20
    spantree-option 2 cost vlan 3
!
interface FastEthernet 0/27
    trunk On
```

SW2

```
hostname "SW2"
!
vtp transparent
vlan 2 name "DVA"
vlan 3 name "TRI"
!
spantree-template 2 priority 20000
spantree-template 2 vlan 2
!
interface Ethernet 0/2
    vlan-membership static 2
!
interface Ethernet 0/3
    vlan-membership static 3
!
interface FastEthernet 0/26
    trunk On
    spantree-option 1 cost 30
    spantree-option 2 cost 20
! spantree-option 1 cost vlan 3
    spantree-option 2 cost vlan 2
!
interface FastEthernet 0/27
    trunk On
```

SW3

```
hostname "SW3"
!
vtp transparent
vlan 2 name "DVA"
vlan 3 name "TRI"
!
interface Ethernet 0/2
  vlan-membership static 2
!
interface Ethernet 0/3
  vlan-membership static 3
!
interface FastEthernet 0/26
  trunk On
  spantree-option 1 cost 30
  spantree-option 2 cost 20
  spantree-option 2 cost vlan 3
!
interface FastEthernet 0/27
  trunk On
  spantree-option 1 cost 30
  spantree-option 2 cost 20
! spantree-option 1 cost vlan 3
  spantree-option 2 cost vlan 2
```

Ověření konfigurace

Výsledek konfigurace můžeme pro jednotlivé VLAN ověřit příkazem

show spantree <V>

kde V je číslo VLAN, pro kterou nás vzniklý strom (Spanning Tree) zajímá. Z výpisu se dozvíme zejména

- Bridge ID a prioritu vlastního přepínače
„Bridge Identifier has priority <P>, address <BridgeID>“
- Bridge ID a prioritu root bridge
„Current root has priority <P>, address <BridgeID>“
- Port, kterým vede cesta ke koření a cenu této cesty
„Root port is <PORT>, cost of root path is <COST>“
- Stav zablokování trunk portů (Blocking/Forwarding) pro jednotlivé VLAN
„Port <PORT> of <VLAN> is <Forwarding/Blocking>“

Dále jsou uvedeny výpisy z příkazů **show spantree** na všech přepínačích pro VLAN2 a VLAN3:

SW1

SW1#sh spantree 2

VLAN2 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address 0003.6B0C.E701
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Root port is FastEthernet 0/27, cost of root path is 10
Topology change flag not set, detected flag not set
Topology changes 3, last topology change occurred 0d00h22m29s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/2 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 32768, address 0003.6B0C.E701
Designated port is 2, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 30, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 32768, address 0003.6B0C.E701
Designated port is 26, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 10, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated port is 27, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

SW1#sh spantree 3

VLAN3 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Root port is N/A, cost of root path is 0
Topology change flag not set, detected flag not set
Topology changes 2, last topology change occurred 0d00h25m19s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/3 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated port is 3, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 20, Port priority 128

Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated port is 26, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 10, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated port is 27, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

SW2

SW2#sh spantree 2

VLAN2 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Root port is N/A, cost of root path is 0
Topology change flag not set, detected flag not set
Topology changes 6, last topology change occurred 0d00h30m47s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/2 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated port is 2, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 20, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated port is 26, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 10, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated port is 27, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

SW2#sh spantree 3

VLAN3 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address 0030.80D7.E282
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Root port is FastEthernet 0/27, cost of root path is 10
Topology change flag not set, detected flag not set

Topology changes 10, last topology change occurred 0d00h29m51s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/3 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 32768, address 0030.80D7.E282
Designated port is 3, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 30, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 32768, address 0030.80D7.E282
Designated port is 26, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 10, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated port is 27, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

SW3

SW3#sh spantree 2

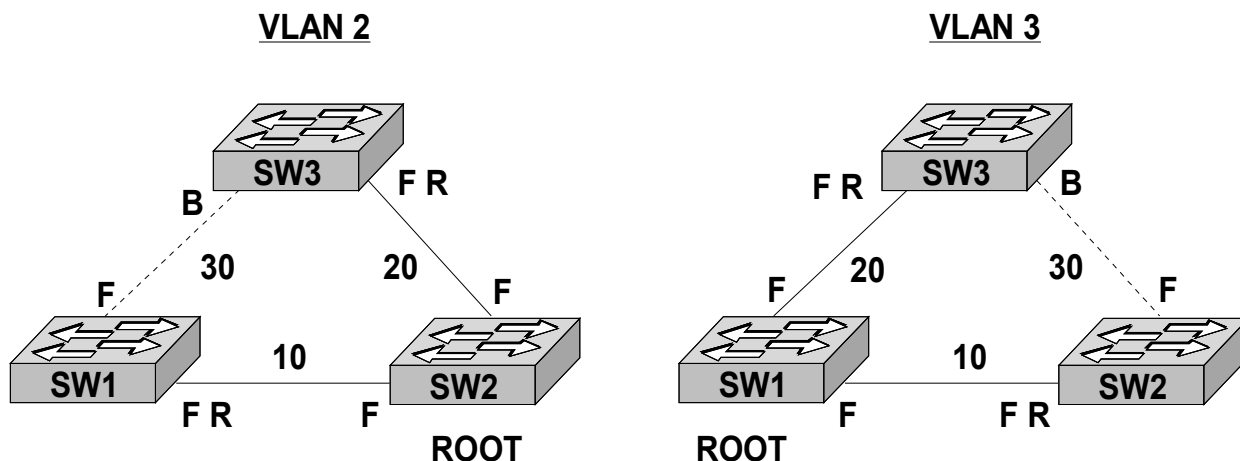
VLAN2 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address 0030.80D7.CB41
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Root port is FastEthernet 0/27, cost of root path is 20
Topology change flag not set, detected flag not set
Topology changes 11, last topology change occurred 0d00h33m33s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/2 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 32768, address 0030.80D7.CB41
Designated port is 2, path cost 20
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN2 is Blocking
Port path cost 30, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 32768, address 0003.6B0C.E701
Designated port is 26, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN2 is Forwarding
Port path cost 20, Port priority 128
Designated root has priority 20000, address 0030.80D7.E281
Designated bridge has priority 20000, address 0030.80D7.E281

Designated port is 26, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

SW3#sh spantree 3

VLAN3 is executing the IEEE compatible Spanning Tree Protocol
Bridge Identifier has priority 32768, address 0030.80D7.CB42
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Root port is FastEthernet 0/26, cost of root path is 20
Topology change flag not set, detected flag not set
Topology changes 11, last topology change occurred 0d00h33m25s ago
Times: hold 1, topology change 8960
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 2, topology change 35, notification 2
Port Ethernet 0/3 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 100, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 32768, address 0030.80D7.CB42
Designated port is 3, path cost 20
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/26 of VLAN3 is Forwarding
Port path cost 20, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated port is 26, path cost 0
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1
Port FastEthernet 0/27 of VLAN3 is Blocking
Port path cost 30, Port priority 128
Designated root has priority 30000, address 0003.6B0C.E702
Designated bridge has priority 32768, address 0030.80D7.E282
Designated port is 26, path cost 10
Timers: message age 20, forward delay 15, hold 1

Stavy zablokování portů pro jednotlivé VLAN získané z výše uvedených výpisů jsou zobrazeny na obr.3 (F=Forwarding, B=Blocking). Písmenem R jsou označeny tzv. Root porty, kterými vede cesta z přepínače ke kořeni stromu.



Obr.3

Všimněte si, že

- Dvoubodovou linku, která má na jedné straně blokující port, můžeme považovat za zablokovanou. (Pokud by na lince byl připojen hub a stanice, byl by provoz směřován zbývajícím forwarding portem.)
- V blokujícím stavu je vždy port, přes nějž nevede z daného segmentu nejkratší (nejlevnější) cesta ke kořeni stromu.