

实验五 生成树协议的配置

在由交换机构成的交换网络中通常设计有冗余链路和设备。这种设计的目的是防止一个点的失败导致整个网络功能的丢失。虽然冗余设计可能消除单点失败问题，但也导致了交换回路的产生，它会带来如下问题：广播风暴、同一帧的多份拷贝、不稳定的 MAC 地址表。

因此，在交换网络中必须有一个机制来阻止回路，而生成树协议（Spanning Tree Protocol）的作用正在于此。

一、实验目的

掌握基于 VLAN 的生成树协议配置和应用。

二、实验内容

- （1）熟悉生成树协议的原理和作用；
- （2）掌握基于 VLAN 的生成树协议配置和应用。

三、实验原理

STP 协议是用来避免链路环路产生的广播风暴并提供链路冗余备份的协议。

STP 协议中定义了根桥（RootBridge）、根端口（RootPort）、指定端口（DesignatedPort）、路径开销（PathCost）等概念，目的就在于通过构造一棵自然树的方法达到裁剪冗余环路的目的，同时实现链路备份和路径最优化。用于构造这棵树的算法称为生成树算法（Spanning Tree Algorithm, SPA）。

要实现这些功能，网桥之间必须要进行一些信息的交流，这些信息交流单元就称为配置消息（Bridge Protocol Data Unit, BPDU）。STP BPDU 是一种二层报文，目的 MAC 是多播地址 01-80-C2-00-00-00，所有支持 STP 协议的网桥都会接收并处理收到的 BPDU 报文，该报文的数据区里携带了用于生成树计算的所有有用信息。

生成树协议的工作过程：

- （1）选择根网桥：在全网中选择一个根网桥。

- （2）比较网桥的 BID 值，值越小其优先级越高。ID 值是由两部分组成的：交换机的优先级和 MAC 地址，如果交换机的优先级相同则比较其 MAC 地址，地址值越小，其就被选举为根网桥。

- （3）选择根端口：在每个非根交换机上选择根端口。

- 1) 首先，比较根路径成本，根路径成本取决于链路的带宽，带宽越大，路径成本越低，则选该端口为根端口。

- 2) 其次，如果根路径成本相同，则比较所在对端交换机 BID 值，值越小，则其优先级越高。

- 3) 最后，比较端口的 ID 值，该值分为两部分：端口优先级和端口编号，值小的被选为根端口。

(4) 选择指定端口：在每条链路上选择一个指定端口，根网桥上所有端口都是指定端口。

- 1) 首先，比较根路径成本。
- 2) 其次，比较端口所在网桥的 ID 值。
- 3) 最后，比较端口的 ID 值。

既不是根端口又不是指定端口的端口全部为阻塞状态。

STP 协议给透明网桥带来了新生。但是它还是有缺点的，STP 协议的缺陷主要表现在收敛速度上。

当拓扑发生变化，新的配置消息要经过一定的时延才能传播到整个网络，这个时延称为 Forward Delay，协议默认值是 15 秒。在所有网桥收到这个变化的消息之前，若旧拓扑结构中处于转发的端口还没有发现自己应该在新的拓扑中停止转发，则可能存在临时环路。为了解决临时环路的问题，生成树使用了一种定时器策略，即在端口从阻塞状态到转发状态的中间加上一个只学习 MAC 地址但不参与转发的中间状态，两次状态切换的时间长度都是 Forward Delay，这样就可以保证在拓扑变化的时候不会产生临时环路。但是，这个看似良好的解决方案实际上带来的却是至少两倍 Forward Delay 的收敛时间。

四、实验需要掌握的命令

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number
```

! 启用 stp 生成树（基于 VLAN）

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number root primary
```

! 指定根交换机（基于 VLAN）

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number root secondary
```

! 指定备用根交换机（基于 VLAN）

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number priority number
```

! 指定交换机优先级（基于 VLAN），*number* 是交换机优先级，其值越小，则优先级越高，在 0~65535 之间

```
switch(config)#no spanning-tree vlan vlan-number priority
```

! 将交换机的优先级恢复默认值（基于 VLAN）

```
switch(config-if)#spanning-tree vlan vlan-number cost number
```

! 指定端口成本（起用 Trunk 的端口模式下），*number* 是端口的费用，其值在 1~65535 之间

```
switch(config-if)#spanning-tree vlan vlan-number port-priorty number
```

! 指定交换机端口优先级（基于 VLAN），*number* 是端口优先级，其值越小，则优先级越高，其值的大小必须是 8 的整数倍，在 0~255 之间

```
switch(config-if)#spanning-tree portfast
```

! 配置速端口（连接终端设备的端口状态），如 PC 机

```
switch(config)#spanning-tree uplinkfast [max-update-rate number ]
```

! 配置上行速端口，*number* 为每秒更新包的最大值，其值为 0~65535

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number hello-time time
```

! 配置交换机 hello 时间（基于 VLAN），*time* 的值在 1~10 秒

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number forward-time time
```

! 修改转发延迟计时器（基于 VLAN），*time* 的值在 4~30 秒

```
switch(config)#spanning-tree vlan vlan-number max-age time
```

! 修改最大老化时间（基于 VLAN），*time* 的值在 6~40 秒

```
switch#show spanning-tree brief
```

! 显示生成树配置信息

```
switch#show spanning-tree vlan brief
```

! 显示详细 VLAN 生成树配置信息

```
switch#show spanning-tree interface type interface-number brief
```

! 显示详细 VLAN 生成树端口配置信息

五、实验拓扑图和网络文件

(1) 网络拓扑图。

网络拓扑图如图 5-1 所示。

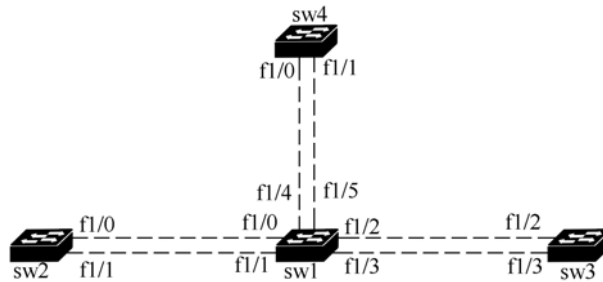


图 5-1 网络拓扑图

(2) 网络文件。

```
autostart = false
ghostios = true
sparsemem = true
```

```
[localhost]
```

```
[[3745]]
image = ..\c3745-adventerprisek9-mz.124-16.bin
ram = 160
```

```
[[ROUTER sw1]]
model = 3745
slot1 = NM-16ESW
f1/0 = sw2 f1/0
f1/1 = sw2 f1/1
f1/2 = sw3 f1/2
f1/3 = sw3 f1/3
```

```
[[ROUTER sw2]]
model = 3745
```

```
slot1 = NM-16ESW
```

```
[[ROUTER sw3]]  
model = 3745  
slot1 = NM-16ESW
```

```
[[ROUTER sw4]]  
model = 3745  
slot1 = NM-16ESW  
f1/0 = sw1 f1/4  
f1/1 = sw1 f1/5
```

六、实验配置步骤

(1) 交换机 sw1 的配置。

```
switch>enable  
switch #config terminal  
switch(config)# hostname sw1  
sw1(config)#exit  
sw1#vlan database  
sw1(vlan)#vlan 2  
sw1(vlan)#vlan 3  
sw1(vlan)#exit  
sw1#config terminal  
sw1(config)# spanning-tree vlan 2  
sw1(config)# spanning-tree vlan 3  
sw1(config)# spanning-tree vlan 2 root primary  
sw1(config)# spanning-tree vlan 3 root secondary  
sw1(config)# interface range f1/0 - 5  
sw1(config-if -range)# switchport mode trunk  
sw1(config-if -range)# switchport trunk encapsulation dot1q  
sw1(config-if -range)# switchport trunk allowed vlan all  
sw1(config-if -range)#speed 100  
sw1(config-if -range)#duplex full  
sw1(config-if -range)#no shutdown  
sw1(config-if -range)#exit  
sw1(config)# interface range f1/1 , f1/3 , f1/5  
sw1(config-if -range)# spanning-tree vlan 3 cost 16  
sw1(config-if -range)#end  
sw1#write
```

(2) 交换机 sw2 的配置。

```
sw2>enable  
sw2#vlan database  
sw2(vlan)#vlan 2  
sw2(vlan)#vlan 3  
sw2(vlan)#exit  
sw2#config terminal  
sw2(config)# spanning-tree vlan 2
```

```
sw2(config)# spanning-tree vlan 3
sw2(config)# interface range f1/0 - 1
sw2(config-if -range)# switchport mode trunk
sw2(config-if -range)# switchport trunk encapsulation dot1q
sw2(config-if -range)# switchport trunk allowed vlan all
sw2(config-if -range)#speed 100
sw2(config-if -range)#duplex full
sw2(config-if -range)#no shutdown
sw2(config-if -range)#exit
sw2(config-if)# interface f1/1
sw2(config-if)# spanning-tree vlan 3 cost 16
sw2(config-if)#end
sw2#write
```

(3) 交换机 sw3 的配置。

```
sw3>enable
sw3#vlan database
sw3(vlan)#vlan 2
sw3(vlan)#vlan 3
sw3(vlan)#exit
sw3#config terminal
sw3(config)# spanning-tree vlan 2
sw3(config)# spanning-tree vlan 3
sw3(config)# interface range f1/2 - 3
sw3(config-if -range)# switchport mode trunk
sw3(config-if -range)# switchport trunk encapsulation dot1q
sw3(config-if -range)# switchport trunk allowed vlan all
sw3(config-if -range)#speed 100
sw3(config-if -range)#duplex full
sw3(config-if -range)#no shutdown
sw3(config-if -range)#exit
sw3(config)# interface f1/3
sw3(config-if)# spanning-tree vlan 3 cost 16
sw3(config-if)#end
sw3#write
```

(4) 交换机 sw4 的配置。

```
sw4>enable
sw4#vlan database
sw4(vlan)#vlan 2
sw4(vlan)#vlan 3
sw4(vlan)#exit
sw4#config terminal
sw4(config)# spanning-tree vlan 2
sw4(config)# spanning-tree vlan 3
sw4(config)# spanning-tree vlan 3 root primary
sw4(config)# spanning-tree vlan 2 root secondary
sw4(config)# interface range f1/0 - 1
sw4(config-if -range)# switchport mode trunk
```

```

sw4(config-if -range)# switchport trunk encapsulation dot1q
sw4(config-if -range)# switchport trunk allowed vlan all
sw4(config-if -range)#speed 100
sw4(config-if -range)#duplex full
sw4(config-if -range)#no shutdown
sw4(config-if -range)#exit
sw4(config-if)# interface f1/1
sw4(config-if)# spanning-tree vlan 3 cost 16
sw4(config-if)#end
sw4#write

```

七、实验测试和查看相关配置

(1) 显示交换机 sw1 的生成树协议的配置信息。

Port ID: 表示端口 ID 值。

Prio: 端口优先级。

Cost: 端口到根桥的路径成本值。

Sts: 端口状态，FWD 为转发状态，BLK 为阻塞状态。

Bridge ID: 如果当前网桥不是根桥，则为与此端口连接的网桥的 ID 值；否则为根网桥的 ID 值。

```
sw1#show spanning-tree brief
```

VLAN1

```

Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID    Priority    32768 #根桥的优先级
           Address    c400.11a8.0000 #根桥的 MAC 地址
           This bridge is the root #表示当前网桥就是根桥
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID  Priority    32768 #当前网桥的优先级
           Address    c400.11a8.0000 #当前根桥的 MAC 地址
           Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
           Aging Time 300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.41
FastEthernet1/1	128.42	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.42
FastEthernet1/2	128.43	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.43
FastEthernet1/3	128.44	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.44
FastEthernet1/4	128.45	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.45
FastEthernet1/5	128.46	128	19 FWD	0 32768 c400.11a8.0000	128.46

VLAN2

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```

Root ID    Priority    8192
          Address    c400.11a8.0001
          This bridge is the root
          Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID  Priority    8192
          Address    c400.11a8.0001
          Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
          Aging Time 300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated			Port ID
				Bridge ID			
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.41	
FastEthernet1/1	128.42	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.42	
FastEthernet1/2	128.43	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.43	
FastEthernet1/3	128.44	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.44	
FastEthernet1/4	128.45	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.45	
FastEthernet1/5	128.46	128	19 FWD	0	8192 c400.11a8.0001	128.46	

VLAN3

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID    Priority    8192
          Address    c403.11a8.0002
          Cost        16
          Port        46 (FastEthernet1/5)
          Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID  Priority    16384
          Address    c400.11a8.0002
          Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
          Aging Time 300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated			Port ID
				Bridge ID			
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.41	
FastEthernet1/1	128.42	128	16 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.42	
FastEthernet1/2	128.43	128	19 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.43	
FastEthernet1/3	128.44	128	16 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.44	
FastEthernet1/4	128.45	128	19 BLK	0	8192 c403.11a8.0002	128.41	
FastEthernet1/5	128.46	128	16 FWD	0	8192 c403.11a8.0002	128.42	

(2) 显示交换机 sw2 的生成树协议的配置信息。

```
sw2#show spanning-tree brief
```

VLAN1

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID   Priority   32768   #根桥的优先级
Address   c400.11a8.0000 #根桥的 MAC 地址
Cost      19   #到根桥的路径成本值
Port      41 (FastEthernet1/0) #根端口编号
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID Priority   32768 #当前网桥的优先级
Address   c401.11a8.0000 #当前根桥的 MAC 地址
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated		
				Bridge ID	Port ID	
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 32768	c400.11a8.0000	128.41
FastEthernet1/1	128.42	128	19 BLK	0 32768	c400.11a8.0000	128.42

VLAN2

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID   Priority   8192
Address   c400.11a8.0001
Cost      19
Port      41 (FastEthernet1/0)
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID Priority   32768
Address   c401.11a8.0001
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated		
				Bridge ID	Port ID	
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 8192	c400.11a8.0001	128.41
FastEthernet1/1	64.42	64	19 BLK	0 8192	c400.11a8.0001	128.42

VLAN3

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID   Priority   8192
Address   c403.11a8.0002
Cost      32
Port      42 (FastEthernet1/1)
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID Priority   32768
Address   c401.11a8.0002
Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

```


Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/0	128.41	128	19 BLK	16 16384	c400.11a8.0002	128.41
FastEthernet1/1	128.42	128	16 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.42

(3) 显示交换机 sw3 的生成树协议的配置信息。

```
sw3#show spanning-tree brief
```

VLAN1

Spanning tree enabled protocol ieee

```
Root ID    Priority    32768
           Address    c400.11a8.0000
           Cost      19
           Port      43 (FastEthernet1/2)
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32768
           Address    c402.11a8.0000
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 300
```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/2	128.43	128	19 FWD	0 32768	c400.11a8.0000	128.43
FastEthernet1/3	128.44	128	19 BLK	0 32768	c400.11a8.0000	128.44

VLAN2

Spanning tree enabled protocol ieee

```
Root ID    Priority    8192
           Address    c400.11a8.0001
           Cost      19
           Port      43 (FastEthernet1/2)
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID  Priority    32768
           Address    c402.11a8.0001
           Hello Time 2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time 300
```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/2	128.43	128	19 FWD	0 8192	c400.11a8.0001	128.43
FastEthernet1/3	128.44	128	19 BLK	0 8192	c400.11a8.0001	128.44

VLAN3

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID    Priority    8192
           Address    c403.11a8.0002
           Cost      32
           Port      44 (FastEthernet1/3)
           Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID  Priority    32768
           Address    c402.11a8.0002
           Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time  300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/2	128.43	128	19 BLK	16 16384	c400.11a8.0002	128.43
FastEthernet1/3	128.44	128	16 FWD	16 16384	c400.11a8.0002	128.44

(4) 显示交换机 sw4 的生成树协议的配置信息。

sw4#show spanning-tree brief

VLAN1

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID    Priority    32768
           Address    c400.11a8.0000
           Cost      19
           Port      41 (FastEthernet1/0)
           Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID  Priority    32768
           Address    c403.11a8.0000
           Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
           Aging Time  300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 32768	c400.11a8.0000	128.45
FastEthernet1/1	128.42	128	19 BLK	0 32768	c400.11a8.0000	128.46

VLAN2

Spanning tree enabled protocol ieee

```

Root ID    Priority    8192
           Address    c400.11a8.0001
           Cost      19
           Port      41 (FastEthernet1/0)
           Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID Priority    16384
      Address    c403.11a8.0001
      Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
      Aging Time  300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 8192	c400.11a8.0001	128.45
FastEthernet1/1	128.42	128	19 BLK	0 8192	c400.11a8.0001	128.46

VLAN3

```

Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority    8192
      Address    c403.11a8.0002
      This bridge is the root
      Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec

```

```

Bridge ID Priority    8192
      Address    c403.11a8.0002
      Hello Time  2 sec  Max Age 20 sec  Forward Delay 15 sec
      Aging Time  300

```

Interface Name	Port ID	Prio Cost	Sts Cost	Designated	Bridge ID	Port ID
FastEthernet1/0	128.41	128	19 FWD	0 8192	c403.11a8.0002	128.41
FastEthernet1/1	128.42	128	16 FWD	0 8192	c403.11a8.0002	128.42

从上面的显示信息可以看出，交换机对于每一个 VLAN 都是一个树型结构，没有环路；同时，不同的 VLAN 经过的路径不同，从而起到了负载均衡的作用。

八、注意问题

(1) 在设置端口优先级时要注意，其数值应该是 8 的整数倍，否则无法设置，同时交换机会报错。

(2) 如果确定某个端口连接的是终端设备，可以用 `switch(config-if)#spanning-tree portfast` 命令将此端口设置为 fast 端口，则生成树协议的收敛速度会加快。