



## 警示

1. 实验报告如有雷同，雷同各方当次实验成绩均以 0 分计。
2. 当次小组成员成绩只计学号、姓名登录在下表中的。
3. 在规定时间内未上交实验报告的，不得以其他方式补交，当次成绩按 0 分计。
4. 实验报告文件以 PDF 格式提交。

专业	计算机科学与技术	班 级	计科 1 班	组长	郝裕玮
学号	18329015	18325071	19335153		
学生	郝裕玮	张闯	马淙升		
实验分工					
郝裕玮	张闯	马淙升			
完成实验（1）除思考题以外的内容，并在最后进行实验报告排版。	和马淙升共同完成实验（1）思考题和实验（2）（3）的实验报告。	和张闯共同完成实验（1）思考题和实验（2）（3）的实验报告。			

## 【实验题目】生成树协议

【实验目的】理解快速生成树协议的配置及原理。使网络在有冗余链路的情况下避免环路产生，避免广播风暴等。

## 【实验内容】

- (1) 完成实验教程实例 6-8 的实验，回答实验提出的问题及实验思考。（P204）
- (2) 抓取生成树协议数据包，分析桥协议数据单元（BPDU）。
- (3) 在实验设备上查看 VLAN 生成树，并学会查看其它相关信息。

## 【实验要求】

一些重要信息需给出截图。注意实验步骤的前后对比！

## 【实验记录】(如有实验拓扑请自行画出，要求自行画出拓扑图)

### (1) 实验 6-8 快速生成树协议配置

#### 【实验目的】

理解快速生成树协议 RSTP 的配置及原理。RSTP 使网络在有冗余链路的情况下避免环路的产生，停止广播风暴等。

#### 【技术原理】

生成树协议的作用是在交换网络中提供冗余备份链路，并且解决交换网络中的环路问题。

生成树协议利用 SPA 算法(生成树算法)，在有交换环路的网络中生成一个没有环路的树形网络。运用该算法将交换网络冗余的备份链路在逻辑上断开，当主要链路出现故障时，能够自动切换到备份链路以保证数据的正常转发。



生成树协议的特点是收敛时间长。从主要链路出现故障到切换到备份链路需要 50s。

快速生成树协议在生成树协议的基础上增加了两种端口角色:替换端口和备份端口,分别作为根端口和指定端口的冗余端口。当根端口或指定端口出现故障时,冗余端口不需要经过 50s 的收敛时间,而是可以直接切换到替换端口或备份端口,从而实现 RSTP 协议的快速收敛(小于 1s)。

## 【实验设备】

交换机 2 台, 计算机 2 台。

## 【实验拓扑】

本实验拓扑结构如图 6-33 所示。

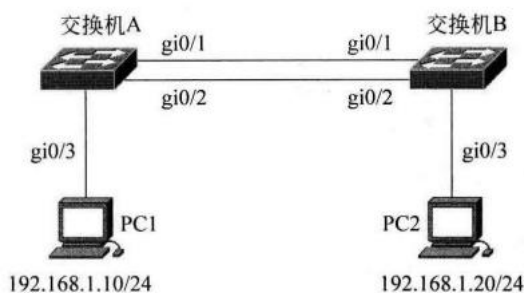


图 6-33 快速生成树实验拓扑

## 【实验步骤】

分析: 本实验的预期是在拓扑结构存在环路的情况下, 通过启用快速生成树协议, 消除广播风暴, 同时环路兼有冗余作用。对实验而言, 必须有能直观观察风暴形成与消亡的工具。

**步骤 1:** 为 PC1, PC2 配置 IP 地址和掩码, 按照图 6-33 将设备连接起来。

(1) 查看两台交换机生成树的配置信息 show spanning-tree, 并记录。

对于 SwitchA (19-S5750-1) :

```
19-s5750-1#show spanning-tree
No spanning tree instance exists.
```

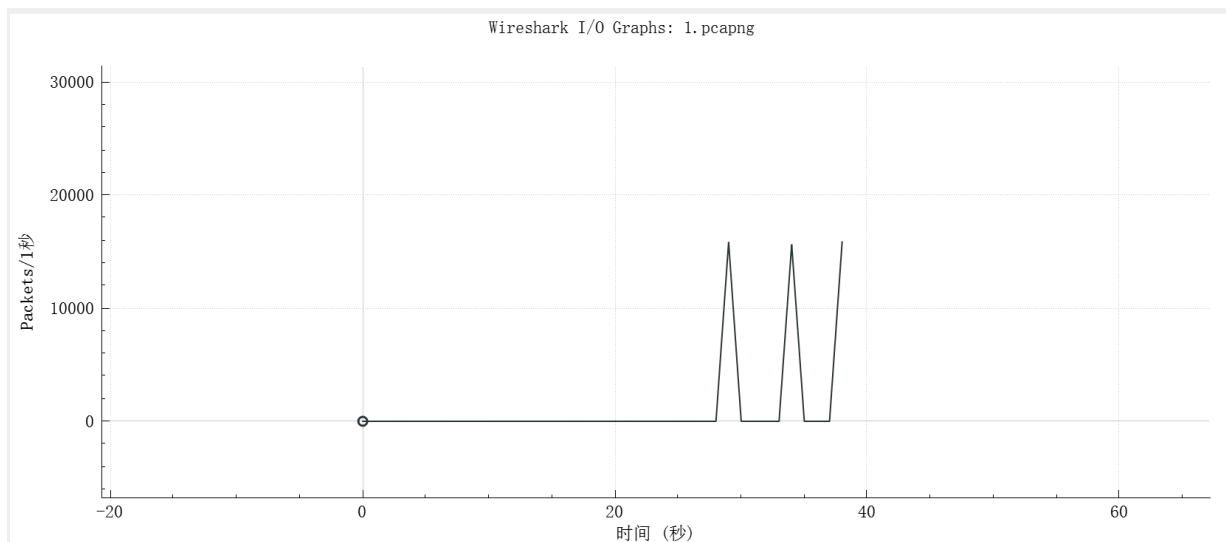
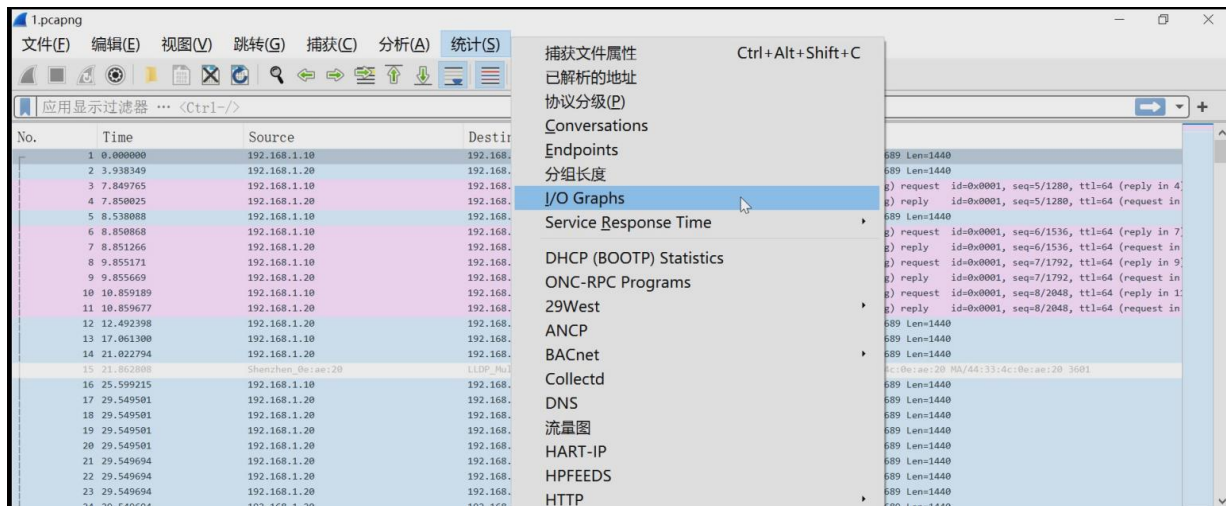
对于 SwitchB (19-S5750-2) :

```
19-s5750-2#show spanning-tree
No spanning tree instance exists.
```

由上可知, 此时两台交换机中均无生成树。

(2) 除保持实验网卡连通外, 切断其他网络链路, 在没有主动通信的情况下, 观察 1~2 分钟, 会有广播风暴产生吗?

打开 Wireshark, 点开统计->I/O Graphs, 打开监控页面:



由上图可知，在没有主动通信的情况下，确实有广播风暴产生。

(3) 观察下列两种情况，哪种情况下包增长得更快？

①用 PC1 ping PC2 (带参数-t)。

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.1.20 -t
正在 Ping 192.168.1.20 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
192.168.1.20 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 19, 已接收 = 19, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
Control-C
^C
C:\Users\Administrator>
```



由上图对比可知，在差不多同样的时间内，用 PC1 ping PC2 的包增长速度明显要比 PC1 ping 非 PC2 的包增长速度要快很多，且此时交换机产生了广播风暴，致使 PC 发生



死锁。

当终止 ping 命令后，发现广播风暴会消失。

(4) 在进行 (3) 的两种操作时，在交换机上不时查看 MAC 地址表 show mac-address-table, 结果如何? 这是什么现象?

Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	5869.6c15.58ce	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
10	0088.9900.1341	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
10	4433.4c0e.be46	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/3
Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	5869.6c15.58ce	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
10	0088.9900.1341	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
10	4433.4c0e.be46	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/3
Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	5869.6c15.58ce	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
10	0088.9900.1341	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
10	4433.4c0e.be46	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/3
Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	5869.6c15.58ce	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
10	0088.9900.1341	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
10	4433.4c0e.be46	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/3

由上图可知，交换机会修改 MAC 地址表，导致 MAC 地址表发生翻摆，进而占用交换机资源。如果大量广播帧进入的话，则会严重影响交换机的处理速度，导致网络拥堵。

拔下端口 2 的跳线，继续进行以下实验。

**步骤 2: 交换机 A 的基本配置。**

```
19-S5750-1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
19-S5750-1(config)#hostname switchA
switchA(config)#vlan 10
switchA(config-vlan)#name sales
switchA(config-vlan)#exit
switchA(config)#interface gi 0/3
switchA(config-if-GigabitEthernet 0/3)#switchport access vlan 10
switchA(config-if-GigabitEthernet 0/3)#*Apr 19 20:41:44: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface VLAN 1, changed state to down.
switchA(config-if-GigabitEthernet 0/3)#exit
switchA(config)#interface range gi 0/1-2
switchA(config-if-range)#switchport mode trunk
switchA(config-if-range)#exit
switchA(config)#
```

**步骤 3: 交换机 B 的基本配置。**

```
19-S5750-2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
19-S5750-2(config)#hostname SwitchB
SwitchB(config)#vlan 10
SwitchB(config-vlan)#name sales
SwitchB(config-vlan)#exit
SwitchB(config)#interface gi 0/3
SwitchB(config-if-GigabitEthernet 0/3)#switchport access vlan 10
SwitchB(config-if-GigabitEthernet 0/3)#exit
SwitchB(config)#interface range gi 0/1-2
SwitchB(config-if-range)#switchport mode trunk
SwitchB(config-if-range)#exit
SwitchB(config)#
```





## 步骤 4: 配置快速生成树协议。

交换机 A:

```
SwitchA(config)#spanning-tree          !开启生成树协议
SwitchA(config)#spanning-tree mode rstp !指定生成树协议的类型为 RSTP
```

交换机 B:

```
SwitchB(config)#spanning-tree          !开启生成树协议
SwitchB(config)#spanning-tree mode rstp !指定生成树协议的类型为 RSTP
```

测试: 用 2 根跳线将 2 台交换机按照图 6-33 所示连接起来。将步骤 1 再做一遍, 比较配置前后的实验效果。生成树协议起到什么作用?

答: 配置快速生成树协议后, 按照步骤 1 重复实验, 结果如下图所示:

```
C:\Users\Administrator>ping -t 192.168.1.20

正在 Ping 192.168.1.20 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64

192.168.1.20 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 6, 已接收 = 6, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
Control-C
^C
C:\Users\Administrator>
```

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.1.30

正在 Ping 192.168.1.30 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.1.10 的回复: 无法访问目标主机。
来自 192.168.1.10 的回复: 无法访问目标主机。
来自 192.168.1.10 的回复: 无法访问目标主机。
来自 192.168.1.10 的回复: 无法访问目标主机。

192.168.1.30 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
C:\Users\Administrator>
```

发现不论是 PC1 ping PC2 还是 PC1 ping 非 PC2 IP, 都不会产生广播风暴。

生成树协议 (Spanning Tree Protocol, STP) 是为了解决冗余网络中的广播风暴问题而产生的, 是一种网桥嵌套协议。其作用是避免当网络中存在交换环路时产生广播风暴, 确保在网络中有环路时自动切断环路 (将两条跳线中的一条进行逻辑堵塞)。当环路消失时, 则自动开启原来切断的网络端口, 从而提高网络的可靠性。



步骤 5: 验证测试。在一台非根交换机上执行上述命令后过 5s, 使用 `show spanning-tree interface gigabitethernet 0/1` 命令和 `show spanning-tree interface gigabitethernet 0/2` 命令查看, 判断哪一个端口的 `StpPortState` 处于丢弃状态? 哪一个端口的 `StpPortState` 处于转发状态?

```
SwitchA#show spanning-tree
```

!查看交换机 A 生成树的配置信息

```
SwitchB#show spanning-tree
```

!查看交换机 B 生成树的配置信息

根据以上信息, 判断根交换机是交换机 A 还是交换机 B? 根端口是哪一个端口?

首先对 A、B 执行 `show spanning-tree`:

```
switchA(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.0204
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:10m:13s
TopologyChanges : 3
DesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
RootCost : 0
RootPort : 0
switchA(config)#
```

```
SwitchB(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.027e
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:10m:23s
TopologyChanges : 3
DesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
RootCost : 20000
RootPort : GigabitEthernet 0/1
SwitchB(config)#
```

由上图可知, 因为 A 的 `RootPort` 为 0, B 的 `RootPort` 为 `gigabitethernet 0/1`, 所以根交换机为 A, 根端口为 `gigabitethernet 0/1`.

之后再对 A、B 执行 `show spanning-tree interface gigabitethernet 0/1` 命令和 `show spanning-tree interface gigabitethernet 0/2`



```
switchA(config)#show spanning-tree interface gi 0/1
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/1
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
switchA(config)#show spanning-tree interface gi 0/2
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/2
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
```

```
SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/1
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/1
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/2
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : discarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/2
PortForwardTransitions : 1
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
```

由上图红框部分可知, interface gigabitethernet 0/1 处于转发状态(forwarding), interface gigabitethernet 0/2 处于丢弃状态(discarding)。

步骤 6: 设置交换机的优先级。

```
SwitchA(config)#spanning-tree priority 4096 !设置交换机 A 的优先级为 4096
```

```
switchA(config)#spanning-tree priority 4096
```

步骤 7: 验证交换机 A 的优先级。

```
SwitchA#show spanning-tree !查看交换机 A 生成树的配置信息
```

```
switchA(config)#spanning-tree priority 4096
switchA(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.0204
Priority : 4096
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:0m:3s
TopologyChanges : 4
DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
RootCost : 0
RootPort : 0
switchA(config)#
```





实验结果显示, 当有 2 个端口都连在 1 个共享介质上时, 交换机会选择高优先级(数值小)的端口进入转发状态, 而低优先级(数值大)的端口进入丢弃状态。如果两个端口的优先级相同, 则端口号较小的端口进入转发状态。

SwitchB#show spanning-tree

!查看交换机 B 生成树的配置信息

比较与步骤 1 中 (1) 的查询结果有什么区别。

```
SwitchB(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.027e
Priority: 32768
TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:0m:30s
TopologyChanges : 4
DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
RootCost : 20000
RootPort : GigabitEthernet 0/1
SwitchB(config)#
```

相对于步骤 1 中的 (1) 的查询结果, 区别为: 交换机 B 中出现了生成树配置信息。

步骤 8: 验证交换机 B 的端口 0/1 和 0/2 的状态。

SwitchB#show spanning-tree interface gigabitethernet 0/1

!显示交换机 B 端口 0/1 的状态

```
SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/1
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/1
PortForwardTransitions : 3
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
```

请回答: (1) 交换机 B 的端口 0/1 处于什么状态?

答: 由上图可知, 端口 0/1 处于转发 (forwarding) 状态。

(2) 端口角色是什么端口?

答: 由上图可知, 端口角色是根端口 (rootPort)。



SwitchB#show spanning-tree interface gigabitethernet 0/2

!显示交换机 B 端口 0/2 的状态

```
SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/2
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : discarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/2
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
SwitchB(config)#
```

请回答:(1) 交换机 B 的端口 0/2 处于什么状态?

答: 由上图可知, 端口 0/2 处于丢弃 (discarding) 状态。

(2) 交换机 B 的端口 0/2 角色是什么端口?

答: 由上图可知, 端口角色是替换端口 (alternatePort)。

## 步骤 9: 实验分析

(1) 记录经过步骤 7 后每台交换机的 BridgeAddr、Priority、DesignatedRoot、RootCost 以及 RootPort, 并填入表 6-4。

```
switchA(config)#spanning-tree priority 4096
switchA(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.0204
Priority : 4096
TimesinceTopologyChange : 0d:0h:0m:3s
TopologyChanges : 4
DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
RootCost : 0
RootPort : 0
switchA(config)#
```

```
SwitchB(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.027e
Priority : 32768
TimesinceTopologyChange : 0d:0h:0m:30s
TopologyChanges : 4
DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
RootCost : 20000
RootPort : GigabitEthernet 0/1
SwitchB(config)#
```



表 6-4 交换机生成树信息(1)

	交换机 A	交换机 B
Priority (网桥优先权)	4096	32768
BridgeAddr(网桥 MAC 地址)	1414.4b5a.0204	1414.4b5a.027e
DesignatedRoot (根网桥 ID)	4096.1414.4b5a.0204	4096.1414.4b5a.0204
RootCost (到根的距离)	0	20000
RootPort (根端口)	0	gigabitethernet 0/1
Designated (指定端口)	0/1,0/2	0/2 (alternatePort)

(2)如果交换机 A 与交换机 B 的端口 0/1 之间的链路 down 掉(使用配置命令 shutdown 或拔掉网线), 验证交换机 B 的端口 0/2 的状态, 并观察状态转换时间。

端口 0/1 链路 down 掉后查看交换机 B 的端口 0/2:

```
SwitchB#show spanning-tree interface gigabitethernet 0/2
```

```
SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/2
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge :4096.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/2
PortForwardTransitions : 3
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
SwitchB(config)#
```

由图可知, PortState 从之前的阻塞 (discarding) 状态转换到了转发 (forwarding) 状态。说明生成树协议此时启用了原先处于阻塞状态的冗余链路。状态转换时间大约 2s。

所以上述结论正确。



(3) 记录此时每台交换机的 BridgeAddr、Priority、DesignatedRoot、RootCost 以及 RootPort, 并与 (1) 比较, 分析发生的变化。

<pre>switchA(config)#show spanning-tree StpVersion : RSTP SysStpStatus : ENABLED MaxAge : 20 HelloTime : 2 ForwardDelay : 15 BridgeMaxAge : 20 BridgeHelloTime : 2 BridgeForwardDelay : 15 MaxHops: 20 TxHoldCount : 3 PathCostMethod : Long BPDUGuard : Disabled BPDUFilter : Disabled LoopGuardDef : Disabled BridgeAddr : 1414.4b5a.0204 Priority: 4096 TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:3m:43s TopologyChanges : 4 DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204 RootCost : 0 RootPort : 0 switchA(config)#</pre>	<pre>SwitchB(config)#show spanning-tree StpVersion : RSTP SysStpStatus : ENABLED MaxAge : 20 HelloTime : 2 ForwardDelay : 15 BridgeMaxAge : 20 BridgeHelloTime : 2 BridgeForwardDelay : 15 MaxHops: 20 TxHoldCount : 3 PathCostMethod : Long BPDUGuard : Disabled BPDUFilter : Disabled LoopGuardDef : Disabled BridgeAddr : 1414.4b5a.027e Priority: 32768 TimeSinceTopologyChange : 0d:0h:1m:40s TopologyChanges : 5 DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204 RootCost : 20000 RootPort : GigabitEthernet 0/2 SwitchB(config)#</pre>
---	--

表 6-5 交换机生成树信息 (2)

	交换机 A	交换机 B
Priority (网桥优先权)	4096	32768
BridgeAddr(网桥 MAC 地址)	1414.4b5a.0204	1414.4b5a.027e
DesignatedRoot (根网桥 ID)	4096.1414.4b5a.0204	4096.1414.4b5a.0204
RootCost (到根的距离)	0	20000
RootPort (根端口)	0	gigabitethernet 0/2
Designated (指定端口)	0/1,0/2	0/2 (alternatePort)

相对于 (1) 的变化: 交换机 B 的 RootPort (根端口) 从 0/1 变成了 0/2.

(4) 当交换机 A 与交换机 B 之间的一条链路 down 掉时, 验证 PC1 与 PC2 仍能互相 ping 通, 并观察 ping 的丢包情况。

以下为从 PC1 ping PC2 的结果。

```
C:\>ping 192.168.1.20 -t
```

!从 PC1 ping PC2 (使用连续 ping)





```
ch 管理员: C:\Windows\system32\cmd.exe
SI 数据包: 已发送 = 5, 已接收 = 5, 丢失 = 0 (0% 丢失),
36 Control-C
ol C
ch C:\Users\Administrator>ping -t 192.168.1.20
ch 正在 Ping 192.168.1.20 具有 32 字节的数据:
ch 来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
ch 来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
ch 来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
r 来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
0 来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=64
192.168.1.20 的 Ping 统计信息:
数据包: 已发送 = 16, 已接收 = 16, 丢失 = 0 (0% 丢失),
往返行程的估计时间 (以毫秒为单位):
最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
Control-C
C
C:\Users\Administrator>
```

由上图可知, PC1 与 PC2 仍能互相 ping 通, 且丢包率为 0.

拔掉交换机 A 与交换机 B 的端口 0/1(或 0/2)之间的连线, 观察丢包情况。请拔线前确定哪个是根端口、哪个是阻塞端口, 解析拔线后的丢包情况。

拔线前, 交换机 B 的端口 0/1 是根端口, 0/2 是阻塞端口。

<pre>SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/1  PortAdminPortFast : Disabled PortOperPortFast : Disabled PortAdminAutoEdge : Enabled PortOperAutoEdge : Disabled PortAdminLinkType : auto PortOperLinkType : point-to-point PortBPDUGuard : Disabled PortBPDUFilter : Disabled PortGuardmode : None PortState : forwarding PortPriority : 128 PortDesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204 PortDesignatedCost : 0 PortDesignatedBridge : 4096.1414.4b5a.0204 PortDesignatedPortPriority : 128 PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/1 PortForwardTransitions : 3 PortAdminPathCost : 20000 PortOperPathCost : 20000 Inconsistent states : normal PortRole : rootPort</pre>	<pre>SwitchB(config)#show spanning-tree interface gi 0/2  PortAdminPortFast : Disabled PortOperPortFast : Disabled PortAdminAutoEdge : Enabled PortOperAutoEdge : Disabled PortAdminLinkType : auto PortOperLinkType : point-to-point PortBPDUGuard : Disabled PortBPDUFilter : Disabled PortGuardmode : None PortState : discarding PortPriority : 128 PortDesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204 PortDesignatedCost : 0 PortDesignatedBridge : 4096.1414.4b5a.0204 PortDesignatedPortPriority : 128 PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/2 PortForwardTransitions : 2 PortAdminPathCost : 20000 PortOperPathCost : 20000 Inconsistent states : normal PortRole : alternatePort SwitchB(config)#</pre>
---	---

拔线后, 交换机 B 的端口 0/2 是根端口。

```
SwitchB(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.027e
Priority : 32768
TimesinceTopologychange : 0d:0h:1m:40s
TopologyChanges : 5
DesignatedRoot : 4096.1414.4b5a.0204
RootCost : 20000
RootPort : GigabitEthernet 0/2
SwitchB(config)#
```



拔线前后的 PC1 ping PC2 的结果如下图所示:

[illegible]

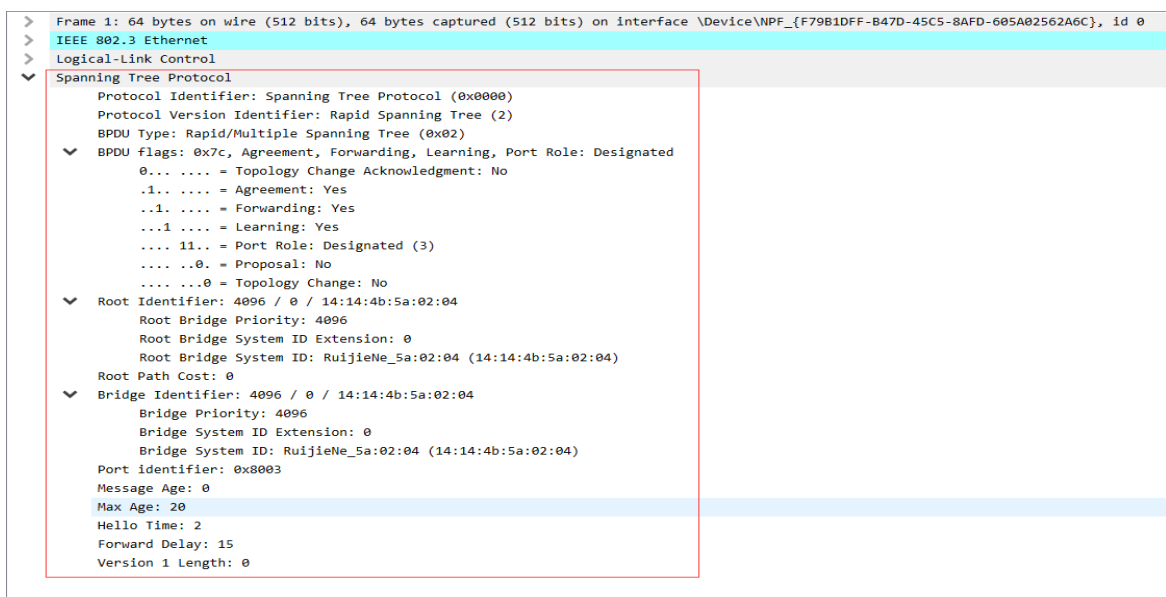
由上图结果可知，拔线后有出现丢包的情况，但又很快恢复正常。

(5) 记录此时每台交换机的 BridgeAddr、Priority、DesignatedRoot、RootCost 以及 RootPort, 填入表 6-5 并与 (1) 比较, 分析发生的变化。

### 表 6-6 交换机生成树信息 (3)

	交换机 A	交换机 B
Priority（网桥优先权）	4096	32768
BridgeAddr(网桥 MAC 地址)	1414.4b5a.0204	1414.4b5a.027e
DesignatedRoot（根网桥 ID）	4096.1414.4b5a.0204	4096.1414.4b5a.0204
RootCost（到根的距离）	0	20000
RootPort（根端口）	0	gigabitethernet 0/2
Designated（指定端口）	0/1,0/2	0/2（alternatePort）

(6) 启动监控软件 Wireshark, 捕获 BPDU 并进行协议分析。





协议分析可见下一题。

## 【实验思考】

(1) 请问该实验中有无环路？请说明判断的理由。如果存在，说明交换机是如何避免环路的？

答：实验开始时，两个交换机的 1,2 端口分别直接相连，交换机 A 与交换机 B 间存在冗余链路，即存在环路。

配置生成树之前，实验中存在环路，所以产生了广播风暴；后续实验中，通过配置交换机 A 与交换机 B 间的生成树协议，切断了网路中的冗余链路，避免了环路。

(2) 冗余链路会不会出现 MAC 地址表不稳定和多帧复制的问题？请举例说明。

答：会出现 MAC 地址表不稳定和多帧复制的问题。

当存在冗余链路时，用 PC1 ping PC2，此时交换机 A 和交换机 B 中没有 PC2 的地址，在交换机 B 收到数据包后，会以广播形式向其他端口转发，又因为网络中环路的存在，交换机 A 中也没有 PC2 的地址，数据又会向其他端口转发，数据会经过环路，消息不断循环传递导致广播风暴的发生，MAC 表也因此会不断变化，产生翻摆的不稳定现象。

如果此时交换机 B 的 MAC 地址表中已经有了 PC2 的地址，由于交换机 A 中没有 PC2 的 MAC 地址，此时交换机 A 会将这个单播帧从端口 0/1 和 0/2 泛洪，因为交换机 B 就会从两个端口分别收到两个单播帧，又由于交换机 B 的 MAC 地址表中已经有了 PC2 的地址，它就会将这两个帧分别转发给 PC2，PC2 就收到多个同样的数据包，导致多帧复制。

(3) 将实验改用 STP 协议，重点观察状态转换时间。

```
*May 8 18:22:46: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet 0/2, changed state to up.
*May 8 18:22:52: %LLDP-4-CREATEREM: Port GigabitEthernet 0/2 created one new neighbor, Chassis ID is 5869.6c15.5554, Port ID is Gi0/2.

SwitchB(config)#spanning-tree mode stp
SwitchB(config)#*May 8 18:23:14: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:14: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:16: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:18: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:18: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:20: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:20: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:22: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:22: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:24: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:24: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:26: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:26: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:28: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:28: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:30: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:30: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:32: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:32: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:34: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:34: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:36: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:36: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:38: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:38: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:40: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:40: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:42: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:42: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:44: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:44: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:46: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:46: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:23:48: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:23:48: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:24:02: %SPANTREE-5-ROOTCHANGE: Root Changed: New Root Port is GigabitEthernet 0/2. New Root Mac Address is 5869.6c15.5554.
*May 8 18:24:03: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topology Change Trap.
*May 8 18:24:04: %LINK-3-UPDOWN: Interface GigabitEthernet 0/1, changed state to down.
*May 8 18:24:04: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet 0/1, changed state to down.
*May 8 18:24:09: %SPANTREE-5-ROOTCHANGE: Root Changed: New Root Port is GigabitEthernet 0/1. New Root Mac Address is 5869.6c15.5554.
*May 8 18:24:10: %LINK-3-UPDOWN: Interface GigabitEthernet 0/1, changed state to up.
*May 8 18:24:10: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet 0/1, changed state to up.
*May 8 18:24:37: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:24:38: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:24:39: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topology Change Trap.
*May 8 18:24:39: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:24:40: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*May 8 18:24:41: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*May 8 18:24:42: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdn on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
```



由上图可知，改用 STP 协议后，收敛时间变长，冗余端口的收敛时间大约为 50 秒。

(4) 在本实验中，开始时首先在两台交换机之间只连接一根跳线，发现可以正常 ping 通。此时在两台交换机之间多接一根跳线，发现还是可以继续正常 ping 通。请问此时有广播风暴吗？

答：此时没有配置生成树协议，会产生广播风暴。

## (2) 抓取生成树协议数据包，分析桥协议数据单元 (BPDU)。

```
Frame 39: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface \Device\NPF_{F79B1DFF-B47D-45C5-8AFD-605A02562A6C}, id 0
IEEE 802.3 Ethernet
Logical-Link Control
  > DSAP: Spanning Tree BPDU (0x42)
  > SSAP: Spanning Tree BPDU (0x42)
  > Control field: U, func=UI (0x03)
Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Rapid Spanning Tree (2)
  BPDU Type: Rapid/Multiple Spanning Tree (0x02)
  < BPDU flags: 0x7c, Agreement, Forwarding, Learning, Port Role: Designated
    0... .... = Topology Change Acknowledgment: No
    .1.. .... = Agreement: Yes
    ..1. .... = Forwarding: Yes
    ...1 .... = Learning: Yes
    .... 11.. = Port Role: Designated (3)
    .... ..0. = Proposal: No
    .... ...0 = Topology Change: No
  < Root Identifier: 4096 / 0 / 14:14:4b:5a:02:04
    Root Bridge Priority: 4096
    Root Bridge System ID Extension: 0
    Root Bridge System ID: RuijieNe_5a:02:04 (14:14:4b:5a:02:04)
  Root Path Cost: 0
  < Bridge Identifier: 4096 / 0 / 14:14:4b:5a:02:04
    Bridge Priority: 4096
    Bridge System ID Extension: 0
    Bridge System ID: RuijieNe_5a:02:04 (14:14:4b:5a:02:04)
  Port identifier: 0x8003
  Message Age: 0
  Max Age: 20
  Hello Time: 2
  Forward Delay: 15
  Version 1 Length: 0
```

利用 wireshark 抓包，阅读 STP 数据包内容，观察到上述 BPDU 协议信息：

协议号：0x0000

版本号：2

报文类型：0x02

标记信息：0x7c

根网桥号：4096/0/14:14:4b:5a:02:04

优先级：4096

根路径消耗：0

发送网桥 ID：4096/0/14:14:4b:5a:02:04

端口 ID：0x8003

呼叫时间：2

转发时延：15





(3)在实验设备上查看 VLAN 生成树，并学会查看其它相关重要信息。

```
SwitchB(config)#show spanning-tree
StpVersion : RSTP
SysStpStatus : ENABLED
MaxAge : 20
HelloTime : 2
ForwardDelay : 15
BridgeMaxAge : 20
BridgeHelloTime : 2
BridgeForwardDelay : 15
MaxHops : 20
TxHoldCount : 3
PathCostMethod : Long
BPDUGuard : Disabled
BPDUFilter : Disabled
LoopGuardDef : Disabled
BridgeAddr : 1414.4b5a.027e
Priority: 32768
TimesinceTopologyChange : 0d:0h:0m:11s
TopologyChanges : 1
DesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
RootCost : 20000
RootPort : GigabitEthernet 0/1
SwitchB(config)#
```

从上到下信息为：

STP 版本：RSTP

STP 协议运行状态：运行

最大生存时间：20

呼叫时间：2

转发时延：15

网桥最大生存时间：20

网桥呼叫时间：2

网桥转发时延：15

最大跳转次数：20

路径成本模式：长

BPDUGuard：未运行

BPDUFilter：未运行

LoopGuardDef：未运行

网桥地址：1414.4b5a.027e

优先级：32768

拓扑结构变动时间：0 分 11 秒

拓扑结构变动数：1

指派端口：32768.1414.4b5a.0204

根路径成本：20000

根端口：GigabitEthernet 0/1



```
switchA(config)#show spanning-tree interface gi 0/1
```

```
PortAdminPortFast : Disabled
PortOperPortFast : Disabled
PortAdminAutoEdge : Enabled
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.1414.4b5a.0204
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : GigabitEthernet 0/1
PortForwardTransitions : 2
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
```

默认端口加速：不可用

操作端口加速：不可用

自动配置默认端口：可用

自动配置操作端口：不可用

默认连接类型：自动

操作连接类型：点对点

BPDUGuard：未运行

BPDUFilter：未运行

端口监视模式：无

端口状态：转发状态

端口优先级：128

跟指派端口：32768.1414.4b5a.0204

指派成本：0

指派网桥：32768.1414.4b5a.0204

指派端口优先级：128

指派端口号：GigabitEthernet 0/1

转发跳转数：2

默认路径成本：20000

操作路径成本：20000

矛盾状态：正常

端口角色：指派端口



学号	学生	自评分
18329015	郝裕玮	100
18325071	张闯	100
19335153	马淙升	100