



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	超级计算方向	组长	林天皓
学号	18324034				
学生	林天皓				
实验分工					
林天皓	全部内容				

【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重要信息。

【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！

【实验原理】

在较为大型的计算机网络的配置过程中，需要使用较多的交换机和路由，巨大的数量配置给网络配置人员带来了困难，使得网络中很容易出现环路的逻辑拓扑结构。因此有生成树协议，快速生成树协议来进行交换机之间的自我组织，防止网络环路，避免了广播风暴的出现占用宝贵的网络带宽资源。同时可以设定一些冗余结构，在网络节点宕机的情况下可以快速的恢复可用性，为网络提供备份连接的可能。

本次实验中使用的协议为快速生成树 (RSTP) 协议，该协议被纳入了 IEEE 802.1d



规范中。具体的实现过程包含以下几个部分。端口分为普通端口，备用端口和边缘端口，边缘端口指的是生成树的边缘端口，这些端口是否宕机不会影响生成树内部的拓扑结构状态，因此可以即刻收敛，开始转发报文。

快速生成树协议将端口的状态分为三种：

端口状态	端口功能
转发端口	端口转发普通报文和 BPDU 报文
学习端口	端口处理 BPDU 报文，不转发普通用户报文
丢弃端口	端口只接受 BPDU 报文

表 1-快速生成树协议端口状态表

BPDU 报文结构如下

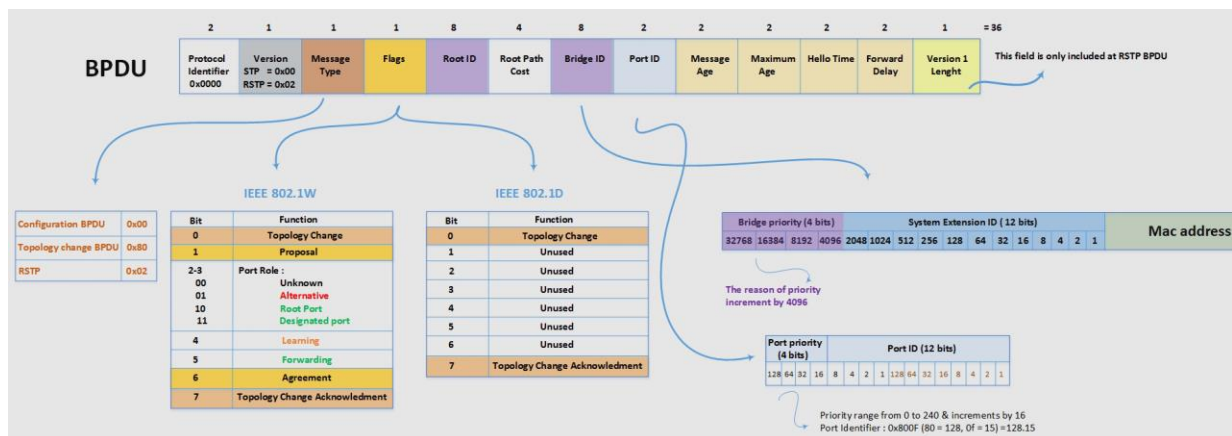


图 1-BPDU 报文

在 flag 字段中，添加了端口状态描述等字段。

【实验过程与结果】

(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)

1.首先按照实验教材中的拓扑图连接 PC

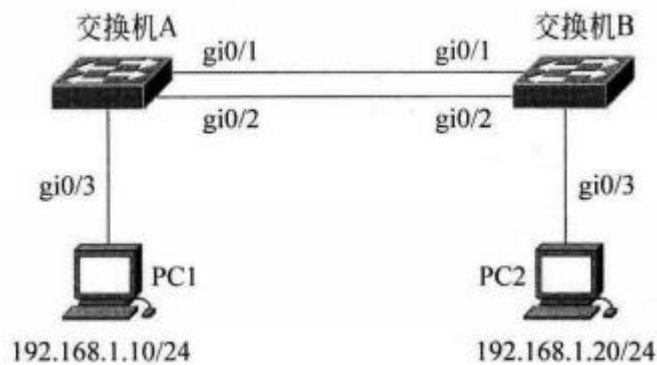


图 2-网络实验拓扑

将 PC1 连接在交换机 A 的 3 端口，将 PC2 连接在交换机 B 的 3 端口，将交换机 A 与交换机 B 的 0 端口和 1 端口相互连接。由于一旦交换机相互连接就会形成广播风暴，因此我们先配置好 PC 的网络并且开启 wireshark 抓包，再使用短时接触的方法连接，捕获发生的网络风暴。为了进行对比，我们首先测试环路之前打网络数据包情况。

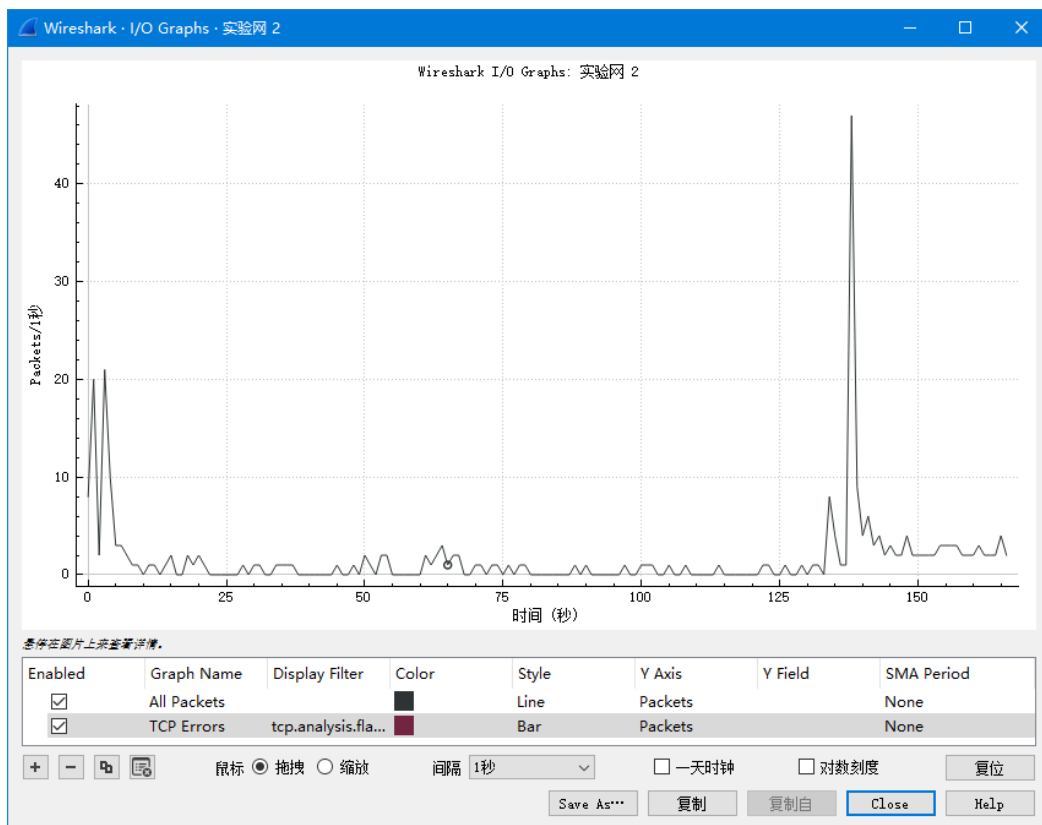


图 3-正常状态下的网络流量

可见每秒收到的网络数据包在 100 个以下。

然后通过短暂接通的方式捕获短时间内生成的大量环路数据包,先使用 PC1pingPC2,



然后接通环路

```
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
请求超时。
请求超时。
请求超时。
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间=2940ms TTL=64
请求超时。
来自 192.168.1.20 的回复: 字节=32 时间=3973ms TTL=64
请求超时。
```

图 4-PC1 ping PC2 出现广播风暴后连接超时

可见网络一开始可以正常访问，在形成环路之后，网络出现大量超时和延时极高的 ping。

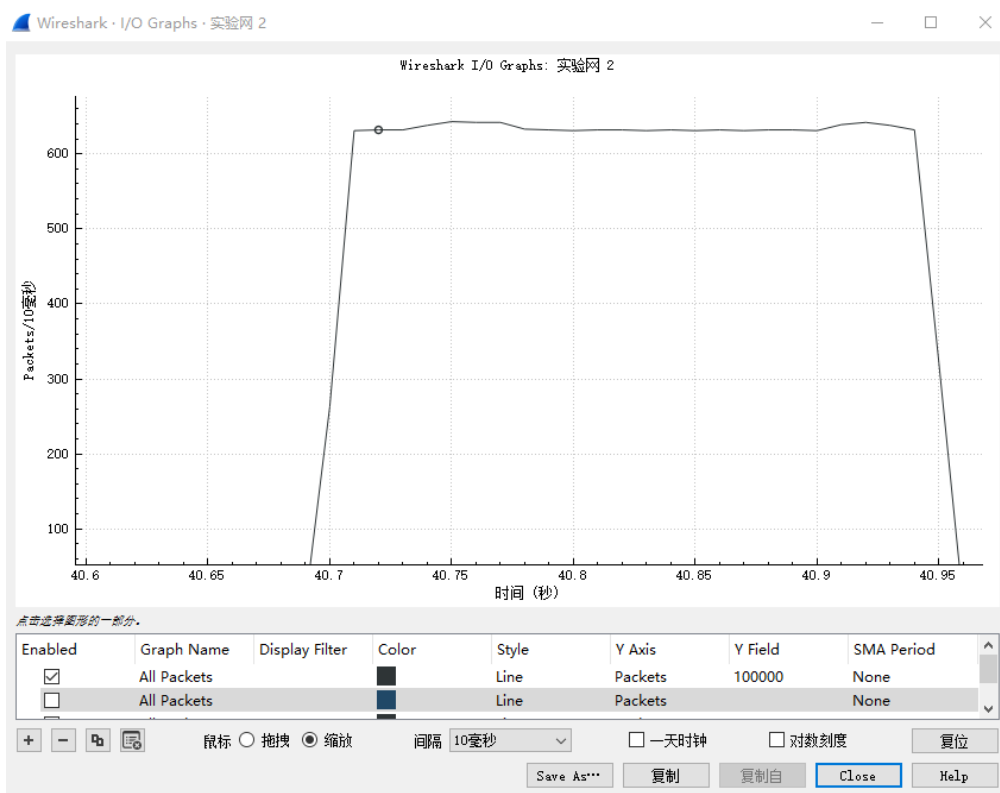


图 5-网络风暴流量图



通过查看 whireshark 捕获的数据包数量，PC1 接收得到的数据包数量最高达到了 60000 个一秒

(1) 查看两台交换机生成树的配置信息，分别输入命令 `show spanning-tree`

通过 `show spanning-tree` 可见网络中没有生成树

```
14-S5750-1#show spanning-tree
No spanning tree instance exists.

14-S5750-2#show spanning-tree
No spanning tree instance exists.
```

图 6 - 交换机 A 与交换机 B 无生成树

(2) 除保持实验网卡连通外，切断其他网络链路（即拔掉校园网网线），在没有主动通信的情况下，观察 1~2 分钟。

不需要 1-2 分钟，只需要 1-2 秒就可以检测到网络风暴的产生。

(3) 观察下列两种情况：

① 用 PC1 ping PC2（用参数-t）。

② 在 PC1 或 PC2 上 ping 一个非 PC1 与 PC2 的 IP（用参数-t）。

哪种情况下包增长得更快？交换机是否产生广播风暴？有无导致计算机死锁？此时若终止 ping 命令，广播风暴仍存在吗？

第一种情况：

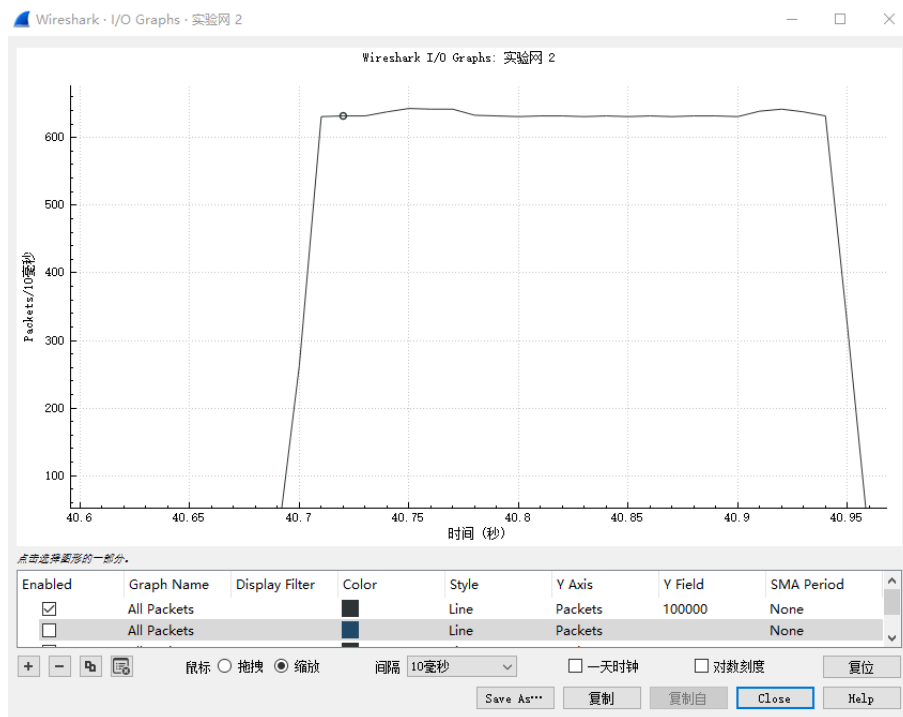


图 7-ping 存在的机器网络流量图

第二种情况

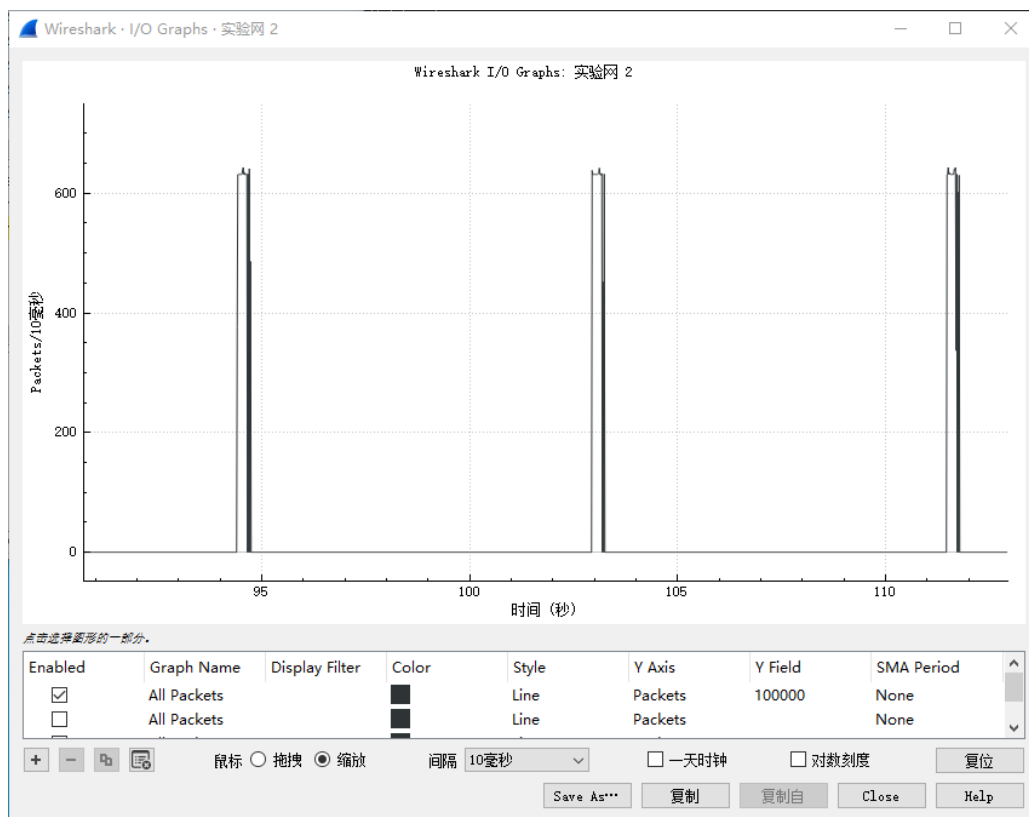


图 8-ping 不存在的机器网络流量图

由于第二种情况没发送 ping 数据包之后都会等待 3 秒回复，因此计算机发送的数据



包更少了，因此增长较慢

第一种情况会增长的更快，交换机都会产生网络风暴，会导致所有计算机的死锁，终止了 ping 命令后，由于数据包仍然在环路中，还是仍然存在网络风暴。

在进行 (3) 的两种操作时，在交换机上不时查看 MAC 地址表，输入命令 show mac-address-table:

```
14-S5750-1#show mac-address-table
```

Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	0088.9900.0ac5	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
1	4433.4c0e.ab87	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
1	5869.6c15.5756	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2

```
14-S5750-1#show mac-address-table
```

Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	0088.9900.0ac5	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
1	4433.4c0e.ab87	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
1	5869.6c15.5756	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2

```
14-S5750-1#show mac-address-table
```

Vlan	MAC Address	Type	Interface
1	0088.9900.0ac5	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2
1	4433.4c0e.ab87	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/1
1	5869.6c15.5756	DYNAMIC	GigabitEthernet 0/2

我们可以看到，交换机的 mac 地址表逐渐全部被产生环路的两个端口所占据，原来直接连接到交换机端口的 PC 的 mac 地址不再出现在 mac 地址表中。



二、下面配置两台交换机的生成树协议

首先对交换机 A 配置生成树协议

```
14-S5750-1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-S5750-1(config)#hostname switchA
switchA(config)#vlan 10
switchA(config-vlan)#name sales
switchA(config-vlan)#exit
switchA(config)#interface gigabitEthernet 0/3*Apr 21 20:15:53: %LINK-3-UPDOWN: In
terface GigabitEthernet 0/5, changed state to down.
*Apr 21 20:15:53: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet
0/5, changed state to down.
*Apr 21 20:15:54: %LLDP-4-CREATEREM: Port GigabitEthernet 0/3 created one new nei
ghbor, Chassis ID is 0088.9900.0ac5, Port ID is 0088.9900.0ac5.
*Apr 21 20:15:55: %LINK-3-UPDOWN: Interface GigabitEthernet 0/3, changed state to
up.
*Apr 21 20:15:55: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet
0/3, changed state to up.

switchA(config-if-GigabitEthernet 0/3)#
switchA(config-if-GigabitEthernet 0/3)#switchport access vlan 10
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)#spanning-tree
Enable spanning-tree.
switchA(config)#*Apr 21 20:17:15: %LINK-3-UPDOWN: Interface GigabitEthernet 0/1,
changed state to up.
*Apr 21 20:17:15: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet
0/1, changed state to up.

switchA(config)#spanning-tree mode rstp
switchA(config)#*Apr 21 20:17:36: %LLDP-4-CREATEREM: Port GigabitEthernet 0/1 cre
ated one new neighbor, Chassis ID is 5869.6c15.5756, Port ID is Gi0/1.
```

图 9-配置交换机 A 生成树协议

然后对交换机 B 配置生成树协议。

```
14-S5750-2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-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)#spanning-tree
Enable spanning-tree.
switchB(config)#*Apr 21 20:13:13: %SPANTREE-6-RX_INFBPDU: Rec
eived inferior BPDU on port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*Apr 21 20:13:13: %SPANTREE-6-RX_INFBPDU: Received inferior B
PDU on port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*Apr 21 20:13:13: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdu on
port GigabitEthernet 0/2 on MST0.
*Apr 21 20:13:13: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdu on
port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*Apr 21 20:13:15: %SPANTREE-6-RCVDTCPDU: Received tc bpdu on
port GigabitEthernet 0/1 on MST0.
*Apr 21 20:13:15: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topology Change Trap
for instance 0.
spanning-tree mode rstp
switchB(config)#*Apr 21 20:13:30: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topol
ogy Change Trap.
```

图 10-交换机 B 配置生成树协议



有图中显示的信息，可以看到在交换机 B 上配置之后，出现了 topology change trap 语句，

即发生了生成树结构的变化。

在交换机 B 上 show spanning-tree 查看该交换机 RootCost 为 0，即为根交换机。

```
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 : 5869.6c15.5756
Priority: 32768
TimesinceTopologyChange : 0d:0h:0m:10s
TopologyChanges : 5
DesignatedRoot : 32768.5869.6c15.5756
RootCost : 0
RootPort : 0
```

图 11-交换机 B 查看生成树信息

可以通过 show spanning-tree interface gi 0/1 查看对应端口的生成树状态。



```
switchA#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 : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 1
PortForwardTransitions : 3
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
```

图 12-交换机 A 端口 1 生成树信息

可见，当前端口为转发状态，会转发数据包文和 BPDU 报文。

```
switchA#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 : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 3
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
```



图 13-交换机 A 端口 2 生成树信息

端口 2 则不同，该端口为丢弃状态，只会转发 BPDU 报文。

其中，交换机 B 为根交换机(Rootcost 为 0)，交换机 A 端口 1 为根端口。

```
switchA#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 : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 32768.5869.6c15.5756
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 1
PortForwardTransitions : 3
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort ←
switchA#show spanning-tree interface gi 0/2
```

图 14-查看交换机 A 端口优先级

设置交换机 A 的优先级为 4096

步骤 7: 验证交换机 A 的优先级——查看交换机 A 生成树的配置信息

```
switchA(config)#spanning-tree priority 4096
switchA(config)#*Apr 21 20:37:04: %SPANTREE-5-EVENT: The device has been selected as the Root Bridge.
*Apr 21 20:37:04: %SPANTREE-6-RX_INFBPDU: Received inferior B PDU on port GigabitEthernet 0/1.
*Apr 21 20:37:04: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topology Change Trap.
*Apr 21 20:37:06: %SPANTREE-5-TOPOTRAP: Topology Change Trap.
```

图 15-设置交换机 A 的生成树优先级为 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 : 5869.6c15.59cc
Priority: 4096 ←
TimesinceTopologyChange : 0d:0h:1m:29s
TopologyChanges : 4
DesignatedRoot : 4096.5869.6c15.59cc
RootCost : 0
RootPort : 0
```

图 17-验证交换机 A 的生成树优先级为 4096

可见交换机 A 优先级被设置为 4096，且被选择为根交换机。



```
PortOperAutoEdge : Disabled
PortAdminLinkType : auto
PortOperLinkType : point-to-point
PortBPDUGuard : Disabled
PortBPDUFilter : Disabled
PortGuardmode : None
PortState : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge :4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 1
PortForwardTransitions : 3
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 : 4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge :4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 4
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : alternatePort
switchB(config)#
```

图 18-查看交换机 B 端口 1 为根端口，端口 2 为替换端口

交换机 B 的端口 0/1 为根端口，0/2 为替换端口。



交换机生成树信息：

	交换机 A	交换机 B
Priority	4096	32768
BrigeAddr	5869.6c15.5756	5869.6c15.5756
DesignatedRoot	4096.5869.6c15.59c c	4096.5869.6c15.59cc
RootCost	0	20000
RootPort	0	GigibitEthernet 0/1
Deigsined	GigibitEthernet 0/1, GigibitEthernet 0/2	GigibitEthernet 0/1

表 2-交换机设置更改前生成树信息

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 shutdown 或拔掉网线），

验证交换机 B 的端口 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 : forwarding
PortPriority : 128
PortDesignatedRoot : 4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge :4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 5
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : rootPort
```

图 19-交换机 B 端口 2 成为根端口

交换机 B 的端口 0/2 成为了根端口，从丢弃状态转换成为了转发状态。

交换机变化后的状态如下，可见交换机 B 的根端口从 GigibitEthernet 0/1 转变为了



GigibitEthernet 0/2

	交换机 A	交换机 B
Priority	4096	32768
BrigeAddr	5869.6c15.5756	5869.6c15.5756
DesignatedRoot	4096.5869.6c15.59cc	4096.5869.6c15.59cc
RootCost	0	20000
RootPort	0	GigibitEthernet 0/2

表 4-交换机更改后生成树信息

通过 ping 命令检查网络链接情况

```
C:\Users\Administrator>ping 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

192.168.1.20 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 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
```

图 21-pc1 ping 通 PC2

图 20-断开转发端口后 ping 仍然通

断开了端口之后，网络仍然没有中断，可以正常连接。



(2) 抓取生成树协议数据包，分析桥协议数据单元 (BPDU)。

```
▼ Frame 6901: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface \Device\NPF_{EBC28BE2-6340-4CBB-87CD-F4EB4A236F0F}
  > Interface id: 0 (\Device\NPF_{EBC28BE2-6340-4CBB-87CD-F4EB4A236F0F})
  Encapsulation type: Ethernet (1)
  Arrival Time: Apr 21, 2021 12:56:07.785125000 ■■■■■■■■■■
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1618980967.785125000 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.186055000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 0.186055000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 2491.811681000 seconds]
  Frame Number: 6901
  Frame Length: 60 bytes (480 bits)
  Capture Length: 60 bytes (480 bits)
  [Frame is marked: False]
  [Frame is ignored: False]
  [Protocols in frame: eth:llc:stp]
  [Coloring Rule Name: Broadcast]
  [Coloring Rule String: eth[0] & 1]
  ▼ IEEE 802.3 Ethernet
    > Destination: Spanning-tree-(for-bridges)_00 (01:80:c2:00:00:00)
    > Source: RuijieNe_15:59:cc (58:69:6c:15:59:cc)
    Length: 39
    > Trailer: 20302f330a0773
  ▼ 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
    > Root Identifier: 4096 / 0 / 58:69:6c:15:59:cc
    Root Path Cost: 0
    > Bridge Identifier: 4096 / 0 / 58:69:6c:15:59:cc
    Port identifier: 0x8003
    Message Age: 0
    Max Age: 20
    Hello Time: 2
    Forward Delay: 15
    Version 1 Length: 0
```

图 22-BPDU 数据包信息

通过 Wireshark 抓包，查看 BPDU 数据报。

(3) 在实验设备上查看 VLAN 生成树，并学会查看其它相关信息。

该 BPDU 报文长度为 60 个字节，主要信息如下：版本号：2，即为 RSTP 快速生成树协议，标记信息：0x07，优先级 4096，根网桥成本 0，发送网桥 id 4096/0/58:69:6c:15:59:cc

端口标识：0x8003，呼叫时间：2 秒，转发延时 15 秒。

(3) 在实验设备上查看 VLAN 生成树，并学会查看其它相关信息。

首先查看交换机对应的生成树信息：



```
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 : 5869.6c15.59cc
Priority: 4096
TimesinceTopologyChange : 0d:1h:54m:46s
TopologyChanges : 6
DesignatedRoot : 4096.5869.6c15.59cc
RootCost : 0
RootPort : 0
```

图 23-查看交换机 A 生成树信息

第一行：快速生成树协议：RSTP

第二行：stp 运行状态：运行中

第三行：最大生存时间：20

第四行：呼叫时间：2 秒

第五行：转发延迟：15 秒

第六行：网桥最大生成时间：20 秒

第七行：网桥呼叫时间：2 秒

第八行：网桥转发延迟：15 秒

第九行：最大跳转次数：20 次

第十行：发送端口数量：3 个

第十一行：路径成长模式：长度



第十二行: BPDUGuard: 未启用

第十三行: BPDUFilter: 未启用

第十四行: LoopGuardDef: 未启用

第十五行: 网桥地址: 5869.6c15.59cc

第十六行: 优先级: 4096

第十七行: 拓扑结构变动时间: 1 小时 54 分钟 46 秒

第十八行: 拓扑变动次数: 6 次

第十九行: 根路径成本: 0

第二十行: 根端口: 无

然后查看某个接口的生成树信息:

```
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 : 4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedCost : 0
PortDesignatedBridge : 4096.5869.6c15.59cc
PortDesignatedPortPriority : 128
PortDesignatedPort : 2
PortForwardTransitions : 6
PortAdminPathCost : 20000
PortOperPathCost : 20000
Inconsistent states : normal
PortRole : designatedPort
```

图 24-查看交换机 A 端口 2 生成树信息

第一行: 管理端口加速: 未启用

第二行: 操作端口加速: 未启用



第三行：自动配置默认端口：启用

第四行：自动配置操作端口：未启用

第五行：默认连接类型：自动

第六行：操作连接类型：点对点

第七行：BPDUGuard：未启用

第八行：BPDUFilter：未启用

第九行：端口监视模式：无

第十行：端口状态：转发状态

第十一行：端口优先级：128

第十二行：根指派端口：4096.5869.6c15.59cc

第十三行：指派成本：0

第十四行：指派网桥：4096.5869.6c15.59cc

第十五行：指派端口优先级 128

第十六行：指派端口号：2

第十七行：转发跳转数：6

第十八行：默认路径成本：20000

第十九行：操作路径成本：20000

第二十行：不相容状态:正常

第二十一行：端口角色：指派端口

【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？

在未使用生成树协议的情况下，实验中存在环路，在生成树协议配置完毕后，交换机



不存在环路。在生成树协议中，交换机通过协商使得一部分端口暂时不转发数据报文，在网络出现环路的时候及时地消除环路。

2. 冗余链路冗余连接会不会出现 MAC 地址表不稳定和多帧复制的问题？请举例说明

会出现 MAC 地址表的不稳定。当 PC1 向 PC2 发送数据时，为了查找 PC2 的 MAC 地址，交换机 A 会广播数据包，并且把 PC1 的 MAC 地址添加到 MAC 地址表中，认为 PC1 在端口 3，这是合理的，但是由于交换机 A 会将该广播数据包传递向交换机 B，假设通过端口 0，那么交换机 B 会认为 PC1 在端口 0，而经过交换机 A 和交换机 B 来回的广播数据包后，交换机 B 也会收到来自交换机 A 端口 1 的数据，因此交换机 B 此时又认为 PC1 来自端口 1，发生了变化，由于数据包广播的不稳定性，这种现象会发生很多次，因此会造成 MAC 地址表的不稳定。

会出现多帧复制。当 PC1 向 PC2 发送数据报时候，交换机会发送广播查找 PC2 的广播数据包。而交换机 B 收到来自交换机 A 的数据包后，由于也不知道 PC2，也会发送一个广播数据包，出现了复制现象，由于冗余链路的存在，相关数据包会在交换机 A 和交换机 B 中复制多次，如此继续下去 PC2 会收到多个数据包。

3. 将实验改用 STP 协议，重点观察状态转换时间。

将实验改为 STP 协议后，转换需要两倍的转发时间，即为 30 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连了一根跳线，发现还是可以继续正常 ping 通。请问此时有广播风暴吗？

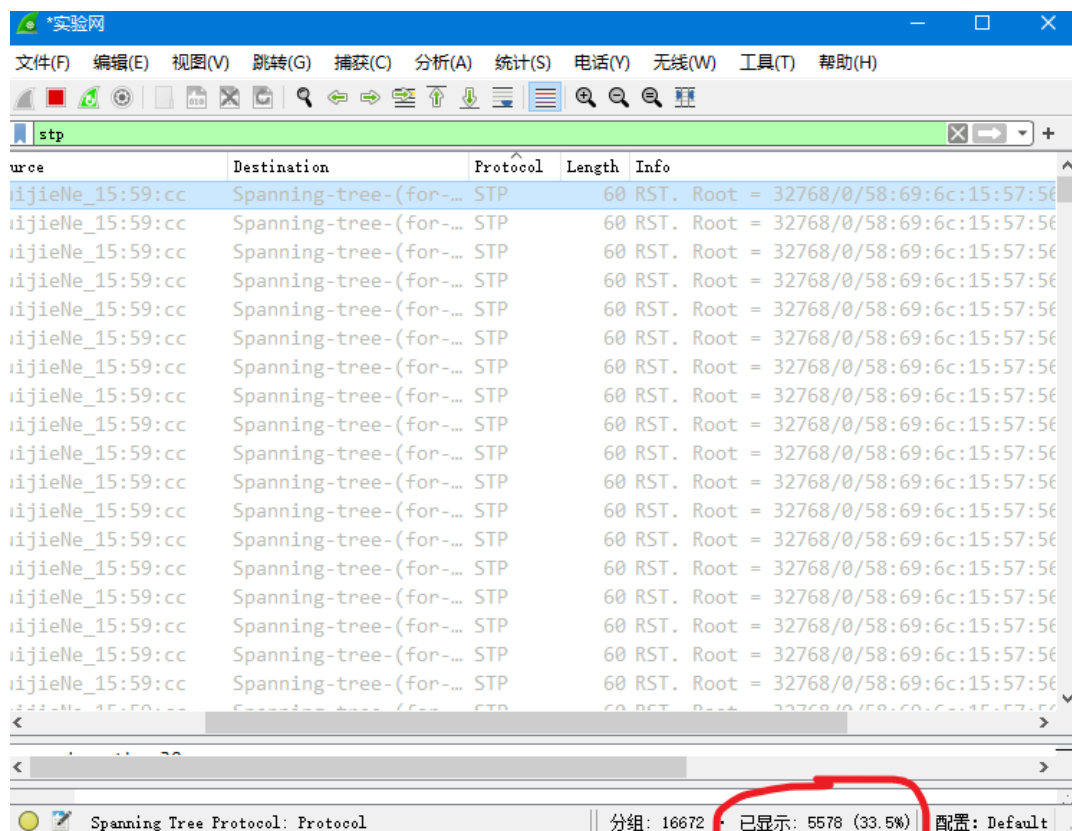
只连接一条跳线，没有广播风暴，多连接一条跳线后，如果没有设置生成树协议，则一段时间后会产生广播风暴，此时可以 ping 通可能处于该段时间中。设置了生成树协议之后，此时没有广播风暴。



【实验感想】

在本次的实验中，使用了交换机配置了快速生成树协议。使得网络中的各个交换机可以通过自动协商方式消除网络中的环路，从而避免“广播风暴”的问题，是一种对于局域网保护的技术，防止意外带来的循环连接。同时 STP 协议中有备份端口，从而加快的网络故障的恢复，为网络提供了更高的可用性。

值得注意的是，生成树协议虽好，但是在网络流量较少，设备较为固定的场所，可以考虑到发送 STP 包时候消耗的资源，选择性的开启生成树协议。例如在本次实验过程中，STP 包占据了我们所接受到的数据包总量的 35%。客观上对网络资源也造成了额外的损失。



除此之外,交由交换机自动协商的数据包没有鉴权机制,如果有恶意攻击者发送错误数据包,例如接管根网桥,并不对收到的 TCN BPDU 的 TC-ACK 位置位,记过导致交换机转发表中的条目持续性的过早老化,可能引发不必要的泛洪。更具有破坏性的方法



是，生命自己为根网桥，几秒后取消，声明其他角色为根网桥。这样会导致持续性的状态机切换，造成交换机的大量进程波动，CPU 占用率居高不下。或者发送大量 BPDU 报文导致交换机 CPU 占用率升高，达成使该交换机处于拒绝服务状态的目标。由于 STP 协议缺陷，交换机会尝试尽可能多的去处理 BPDU。

因此就有了我们在交换机中查看到的 BPDU-guard 和 Root guard 选项，来这类防范攻击。