

实验：STP 扩展

HCIP 分解实验 - STP 扩展

臧家林制作



STP 扩展实验 1：MSTP RSTP 与 STP 的兼容性

STP 扩展实验 2：MSTP RSTP 的保护功能

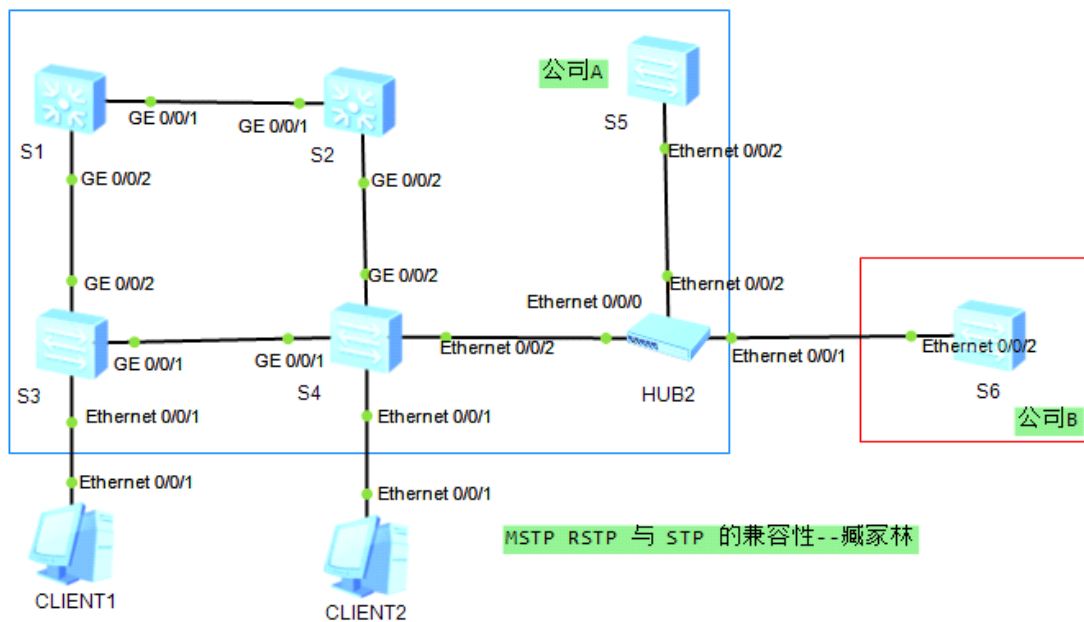
=====

STP 实验 1：MSTP RSTP 与 STP 的兼容性

MSTP (Multiple STP) 协议和 RSTP (Rapid STP) 协议都可以向下兼容 STP (Spanning Tree Protocol) 协议。运行 MSTP/RSTP 协议的交换机会根据收到的 BPDU 版本号信息自动判断与之相连的交换机的运行模式。如果收到的 STP BPDU，MSTP/RSTP 交换机就会自动按照 STP 模式来运行。一个运行在 STP 模式的交换机在收到 MSTP/RSTP 的报文后会直接丢弃。

对于运行 RSTP/MSTP 的交换机，如果某个端口与运行 STP 的交换机直连，则该端口会自动将其工作模式迁移到 ST

P 模式，然后向外发送配置 BPDU 报文从而保证设备之间的互通。但是在华为的交换机上，如果运行 STP 的设备被关机或移走，那 MSTP/RSTP 交换机的端口无法自动迁移回 RSTP/MSTP 模式，此时需要在相应的端口上执行 Mcheck 操作，将端口手动迁移回 RSTP/MSTP 模式。



基本配置，S1 S2 S3 S4 S5 配置为 RSTP，S1 为根交换机

```
SW1:  
undo ter mo  
sy  
sys SW1  
stp mode rstp  
stp priority 8192
```

```
SW2:  
undo ter mo  
sy  
sys SW2  
stp mode rstp
```

SW3:
undo ter mo
sy
sys SW3
stp mode rstp

SW4:
undo ter mo
sy
sys SW4
stp mode rstp

SW5:
undo ter mo
sy
sys SW5
stp mode rstp

配置完成后，查看生成树模式

[SW1]display stp interface g0/0/1

```
[SW1]dis stp int g0/0/1
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge      8192 .4c1f-cc63-71f4
Config Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC   :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 0
CIST RegRoot/IRPC :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 0
CIST RootPortId  :0.0
BPDU-Protection  :Disabled
```

[SW4]display stp interface g0/0/2

```

[SW4]dis stp int g0/0/2
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge           :32768.4c1f-cca9-5a9a
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC        :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 40000
CIST RegRoot/IRPC     :32768.4c1f-cca9-5a9a / 0
CIST RootPortId       :128.23
BPDU-Protection       :Disabled

```

可以看到公司 A 的交换机都运行在 RSTP 模式下，且 S1 为根交换机。

为进一步加快收敛速度，配置 S3 S4 的 e0/0/1 端口为边缘端口

```

SW3:
int e0/0/1
stp edged-port enable

```

```

SW4:
int e0/0/1
stp edged-port enable

```

= = = = =

S6 通过集线器接入到公司 A 的网络。S6 运行的是 STP 协议

```

SW6:
undo ter mo
sy
sys SW6
stp mode stp

```

在 S4 S5 上查看 g0/0/2 端口的生成树模式

<SW4>display stp interface e0/0/2

[SW4]dis stp

-----[CIST Global Info][Mode **RSTP**]-----

CIST Bridge :32768.4c1f-cca9-5a9a

Config Times :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20

Active Times :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20

CIST Root/ERPC :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 40000

CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cca9-5a9a / 0

CIST RootPortId :128.23

BPDU-Protection :Disabled

----[Port2(Ethernet0/0/2)][FORWARDING]----

Port Protocol :Enabled

Port Role :Designated Port

Port Priority :128

Port Cost(Dot1T) :Config=auto / Active=200000

Designated Bridge/Port :32768.4c1f-cca9-5a9a / 128.2

Port Edged :Config=default / Active=disabled

Point-to-point :Config=auto / Active=true

Transit Limit :147 packets/hello-time

Protection Type :None

Port STP Mode **STP**

Port Protocol Type :Config=auto / Active=dot1s

可以看到 S4 的全局的生成树模式依然是 RSTP，但与 S6 相连的端口的生成树模式已经变成了 STP

<SW6>display stp

```
[SW6]dis stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge      :32768.4c1f-cc40-4829
Config Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC   :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 240000
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc40-4829 / 0
CIST RootPortId  :128.2
```

S6 上生成树模式为 STP，且根交换机为 S1，所以 S6 已经加入到整个交换网络的生成树中，RSTP 兼容了 STP。

如果公司网络内发生链路故障，比如 S4 与 S2 之间的链路 down 掉，就会造成生成树端口状态发生迁移。

SW4:

```
int g0/0/2
shutdown
```

<SW4>display stp brief

可以看到，S4 的 e0/0/1 和 g0/0/1 这两个运行 RSTP 的端口，使用 RSTP 的机制由 Discarding 状态快速进入到了 Forwarding 状态。而与 S6 相连，运行 STP 协议的 e0/0/2 端口，还停留在 Discarding 状态，需要经历 Learning 状态后再到 Forwarding 状态，所以当运行 STP 的交换机加入到 RSTP 网络中后，会造成生成树网络的收敛时间变慢。

=====

实现 MSTP 与 STP 的兼容

S1 S2 S3 S4 S5 配置为 MSTP

SW1:stp mode mstp

```
SW2:stp mode mstp
SW3:stp mode mstp
SW4:stp mode mstp
SW5:stp mode mstp
```

配置完成后，查看生成树的状态

```
<SW4>display stp interface e0/0/2
```

```
[SW4]dis stp int e0/0/2
```

```
-----[CIST Global Info][Mode MSTP]-----
```

```
CIST Bridge           :32768.4c1f-cca9-5a9a
Config Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times          :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC        :8192 .4c1f-cc63-71f4 / 40000
CIST RegRoot/IRPC     :32768.4c1f-cca9-5a9a / 0
CIST RootPortId       :128.23
```

```
----[Port2(Ethernet0/0/2)][FORWARDING]----
```

```
Port Protocol         :Enabled
Port Role              :Designated Port
Port Priority          :128
Port Cost(Dot1T )     :Config=auto / Active=200000
Designated Bridge/Port :32768.4c1f-cca9-5a9a / 128.2
Port Edged             :Config=default / Active=disabled
Point-to-point        :Config=auto / Active=true
Transit Limit         :147 packets/hello-time
Protection Type        :None
Port STP Mode          :STP
Port Protocol Type     :Config=auto / Active=dot1s
```

S4 全局生成树模式已经变成 MSTP，但 e0/0/2 模式为 STP，可观 MSTP 兼容了 STP

=====

交换机端口迁移

S6 交换机离开公司 A 网络后，需要恢复 S4 S5 的生成树模式为 MSTP

S6 关闭 e0/0/2 口，查看 S4 S5 的 e0/0/2 端口协议

SW6:

```
int e0/0/2
```

```
shutdown
```

```
<SW4>display stp interface e0/0/2
```

```
Port Protocol      :Enabled
```

```
Port Role          :Designated Port
```

```
Port Priority       :128
```

```
Port Cost(Dot1T )  :Config=auto / Active=200000
```

```
Designated Bridge/Port :32768.4c1f-cca9-5a9a / 128.2
```

```
Port Edged         :Config=default / Active=disabled
```

```
Point-to-point     :Config=auto / Active=true
```

```
Transit Limit      :147 packets/hello-time
```

```
Protection Type    :None
```

```
Port STP Mode      :STP
```

```
Port Protocol Type :Config=auto / Active=dot1s
```

现在端口还是 STP 模式，无法自动迁移回 MSTP 模式

需要使用命令让其迁移

SW4:

```
int e0/0/2
```

```
stp mcheck
```

SW5:

```
int e0/0/2
```

```
stp mcheck
```



```
<SW4>display stp interface e0/0/2
Port Cost(Dot1T )    :Config=auto / Active=200000
Designated Bridge/Port :32768.4c1f-cca9-5a9a / 128.2
Port Edged           :Config=default / Active=disabled
Point-to-point       :Config=auto / Active=true
Transit Limit        :147 packets/hello-time
Protection Type       :None
Port STP Mode         :MSTP
Port Protocol Type    :Config=auto / Active=dot1s
```

可以看到 S4 S5 的 e0/0/2 端口协议模式已经恢复为 MSTP，提高了公司 A 的整个交换网络的运行效率。

= = = = =

STP 实验 2：MSTP RSTP 的保护功能

在 RSTP 或 MSTP 交换网络中，为了防止恶意或临时环路的产生，可配置保护功能来增强网络的健壮性和安全性。

BPDU 保护

根保护

环路保护

防止 TC-BPDU 攻击

BPDU 保护（有边缘端口的交换机，全局配置）

在交换设备上，通常将直接与用户终端或文件服务器等非交换设备相连的端口配置为边缘端口，边缘端口一般不会收到 BPDU。如果有人伪造 BPDU 恶意攻击交换机，边缘端口接收到 BPDU 后，交换机会自动将边缘端口设置为非边缘端口，并重新进行生成树计算，从而引起网络震荡。交换机上启动了 BP

DU 保护 功能后，如果边缘端口收到了 BPDU，那么边缘端口将被关闭，但是边缘端口属性不变，同时通知网管系统。被关闭的边缘端口只能由网络管理员手动恢复，如果需要被关闭的边缘端口自动恢复，可以配置端口自动恢复功能，并设置延迟时间。

根保护（交换机的 DP 端口，接口配置）

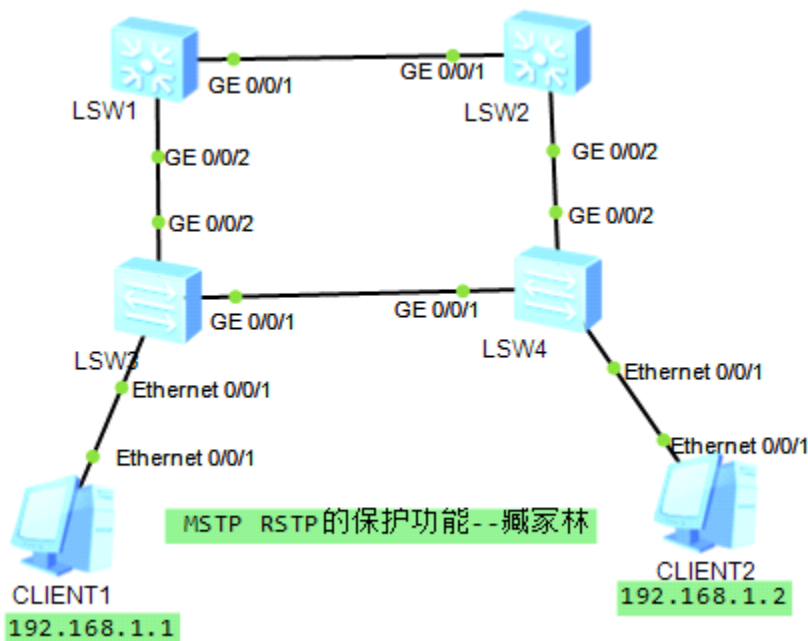
由于维护人员的错误配置或网络中的恶意攻击，网络中的合法根交换机有可能会收到优先级更高的 BPDU，使得合法根交换机失去根交换机的地位，从而引起网络拓扑结构的错误变动。这种不合法的拓扑变化，可能会导致原来应该通过高速链路的流量被牵引到低速链路上，造成网络拥塞。对于启用了根保护功能的端口，其端口角色不能成为根端口，一旦启用根保护功能的指定端口收到了优先级更高的 BPDU 时，端口将进入 Discarding 状态，不再转发报文。在经过一段时间（通常为 2 倍的 Forward Delay，30s）后，如果端口一直没有再收到优先级更高的 BPDU，端口会自动恢复到正常的 Forwarding 状态。

环路保护（有阻塞端口的交换机，端口配置）

在运行 RSTP 或 MSTP 的协议网络中，根端口和其他阻塞端口的状态是依靠上游交换机发来的 BPDU 进行维持的。当由于链路拥塞或者单向链路故障导致这些端口收不到来自上游交换机的 BPDU 时，交换机就会重新选择根端口。原先的根端口会转变为指定端口，而原先的阻塞端口会迁移到转发状态，从而造成交换机中可能产生环路。在启动了环路保护功能后，如果根端口或 Alternate 端口长时间收不到来自上游的 BPDU，则会向网络管理员发送通知信息，如果是根端口则进入 Discarding 状态，阻塞端口则会一直保持在阻塞状态，不转发报文，从而不会在网络中形成环路。直到根端口或 Alternate 端口收到 BPDU 后，端口状态才恢复到 Forwarding 状态。

防止 TC-BPDU 攻击（所有交换机，全局配置）

交换机在接收到 TC BPDU 后，会执行 MAC 地址表项和 ARP 表项的删除操作。如果有人伪造了 TC BPDU 报文恶意攻击交换机，交换机在短时间内会收到很多 TC BPDU 报文，频繁的删除操作会给设备造成很大的负担，给网络的稳定性带来很大隐患。启用防 TC BPDU 报文攻击功能后，可以配置交换机在单位时间内处理 TC BPDU 报文的次数。如果在单位时间内，交换机收到的 TC BPDU 报文数量大于配置的阈值，交换机只会处理阈值指定的次数。对于其他超出阈值的 TC BPDU 报文，定时器到期后设备只对其统一处理一次。这样可以避免频繁地删除 MAC 地址表项和 ARP 表项，从而达到保护设备的目的。



4 台交换机运行 RSTP，S1 为主根交换机，S2 为备份交换机

SW1:
undo ter mo
sy

```
sys SW1
stp mode rstp
stp priority 4096
```

```
SW2:
undo ter mo
sy
sys SW2
stp mode rstp
stp priority 8192
```

```
SW3:
undo ter mo
sy
sys SW3
stp mode rstp
```

```
SW4:
undo ter mo
sy
sys SW4
stp mode rstp
```

使用<SW1>display stp brief , 查看交换机的端口状态
可以看到 S1 为根交换机 , SW1 的接口为 DP ,S4 的 g0/0/1
端口状态为 Discarding

```
[SW1]dis stp brief
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE

```
[SW4]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE

配置 S3 S4 的 e0/0/1 端口为边缘端口

SW3:

```
int e0/0/1
```

```
stp edged-port enable
```

SW4:

```
int e0/0/1
```

```
stp edged-port enable
```

两台 PC 相互 ping 一下，是可以通的

=====

配置 BPDU 保护

为防止边缘端口收到不合法的 BPDU 后网络重新收敛，在 SW 3 SW4 上配置 BPDU 保护功能。

在系统视图下使用命令 `stp bpdu-protection` 启用交换机边缘端口的 BPDU 保护功能。默认，交换机的 BPDU 保护功能处于禁用状态

```
[SW3]dis stp
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge      :32768.4c1f-cc0b-6f81
Config Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times     :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC   :4096 .4c1f-cc13-66cd / 20000
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc0b-6f81 / 0
CIST RootPortId  :128.24
BPDU-Protection  :Disabled
TC or TCN received :18
```

```
SW3:
stp bpdu-protection
SW4:
stp bpdu-protection
```

配置之后，就是 Enable 状态

为了演示边缘端口收到 BPDU 的效果，把 SW3 的 g0/0/2 端口配置为边缘端口

```
SW3:
int g0/0/2
stp edged-port enable
```

```
[SW3-GigabitEthernet0/0/2]
May 10 2018 20:06:46-08:00 SW3 %%01MSTP/4/BPDU_PROTECTION(1)[1]:This edged-port
GigabitEthernet0/0/2 that enabled BPDU-Protection will be shutdown, because it r
eceived BPDU packet!
[SW3-GigabitEthernet0/0/2]
```

g0/0/2 端口收到交换机的 BPDU 后被关闭，并弹出日志提示

设置自动恢复为 up 延时为 30 s。当端口被关闭后，删掉 g0/0/2 端口的边缘端口配置，30 s 后端口会自动 up 并弹出日志提示

SW3:

```
int g0/0/2
undo stp edged-port
undo shut
q
error-down auto-recovery cause bpdu-protection
interval 30
```

如果 SW3 上还是边缘端口，

```
int g0/0/2
stp edged-port
```

端口一直处于 up 和 down 的状态切换。撤消端口下的边缘端口配置

```
int g0/0/2
undo stp edged-port
```


[SW3]

May 10 2018 20:09:57-08:00 SW3 %%01ERRDOWN/4/ERRDOWN_DOWNRECOVER(1)[12]:Notify interface to recover state from error-down. (InterfaceName=GigabitEthernet0/0/2)

May 10 2018 20:09:57-08:00 SW3 ERRDOWN/4/ErrordownRecover:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.257.2.2 Error-down recovered. (Ifindex=29, Ifname=GigabitEthernet0/0/2, Cause=bpdu-protection, RecoverType=auto recovery)

May 10 2018 20:09:59-08:00 SW3 %%01PHY/1/PHY(1)[13]: GigabitEthernet0/0/2: change status to up

May 10 2018 20:09:59-08:00 SW3 ERRDOWN/4/ErrordownOccur:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.257.2.1 Error-down occurred. (Ifindex=29, Ifname=GigabitEthernet0/0/2, Cause=bpdu-protection)

May 10 2018 20:09:59-08:00 SW3 %%01MSTP/4/BPDU_PROTECTION(1)[14]:This edged-port GigabitEthernet0/0/2 that enabled BPDU-Protection will be shutdown, because it received BPDU packet!

= = = = =

配置根保护

根保护是指定端口上的特性。当端口角色是指定端口时，配置根保护功能才能生效。若在其他类型的端口上配置根保护功能，根保护功能不会生效。

<SW1>display stp brief

[SW1]dis stp bri

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE

```
[SW2]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE

```
[SW3]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE

```
[SW4]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE

=====

在指定端口上配置根保护

SW1:

```
int g0/0/1
```

```
stp root-protection
```

```
int g0/0/2
```

```
stp root-protection
```

SW2:

```
int g0/0/2
```

```
stp root-protection
```

SW3:

```
int g0/0/1
```

stp root-protection

修改 S4 的优先级优于 S1

SW4:

stp priority 0

交换机的优先级的值越小，优先级越大，成为根交换机的可能性也就越大。

在 S4 上查看根交换机的信息，可以看到 S4 已经认为自己是根桥

```
[SW4]dis stp
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge       :0      .4c1f-cc49-36ba
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :0      .4c1f-cc49-36ba / 0
CIST RegRoot/IRPC :0      .4c1f-cc49-36ba / 0
```

但在 SW2 SW3 上却不是，还是 SW1 为根桥

```
[SW2]dis stp
-----[CIST Global Info][Mode RSTP]-----
CIST Bridge       :8192 .4c1f-cc7d-4eb5
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :4096 .4c1f-cc13-66cd / 20000
CIST RegRoot/IRPC :8192 .4c1f-cc7d-4eb5 / 0
CIST RootPortId   :128.1
```

查看端口状态信息<SW2>display stp brief

```
[SW2]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	DISCARDING	ROOT

可以看到，与 SW4 相连的指定端口变成了 Discarding

删除 SW4 上的优先级配置

SW4:

```
undo stp priority
```

= = = = =

配置环路保护

如果由于链路拥塞或者单向链路故障导致根端口收不到来自上游设备的 BPDU，交换机会重新选择根端口。原先的根端口会转变为指定端口，而原先的阻塞端口会迁移到转发状态，从而造成交换网络中环路的生产。

在 SW2 的 g0/0/2 端口下配置

SW2:

```
int g0/0/2
```

```
stp bpdu-filter enable
```

这样一来，SW4 由于收不到来自上游的 BPDU，就重新选择根端口，观察所有交换机的端口信息

[SW1]dis stp bri

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	ROOT
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	DISCARDING	ROOT

[SW2]dis stp bri

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	ROOT

[SW3]dis stp bri

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	DESI	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	NONE

[SW4]dis stp bri

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	NONE
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	FORWARDING	NONE

可以看到所有交换机端口都进入了转发状态

PC1 PC2 相互间 ping 不通，这是因为网络中已经产生了环路

```
PC>ping 192.168.1.2
```

```
Ping 192.168.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
Request timeout!
Request timeout!
Request timeout!
Request timeout!
Request timeout!
```

恢复 SW2 的 g0/0/2 端口，在 SW4 的 g0/0/1 和 g0/0/2 端口配置环路防护功能

SW2:

```
int g0/0/2
undo stp bpdu-filter
```

SW4:

```
int g0/0/1
stp loop-protection
int g0/0/2
stp loop-protection
```

```
[SW4]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	ALTE	DISCARDING	LOOP
0	GigabitEthernet0/0/2	ROOT	FORWARDING	LOOP

在 SW2 上配置 BPDU 过滤

SW2:

```
int g0/0/2
stp bpdu-filter enable
```

在 SW4 上查看 STP 的状态信息

```
[SW4]dis stp bri
```

MSTID	Port	Role	STP State	Protection
0	Ethernet0/0/1	DESI	FORWARDING	BPDU
0	GigabitEthernet0/0/1	ROOT	FORWARDING	LOOP
0	GigabitEthernet0/0/2	DESI	DISCARDING	LOOP

可以看到 SW4 的 g0/0/1 端口成为了根端口，g0/0/2 端口虽然

成为了指定端口，但是处于 Discarding 状态，不转发数据，这样就避免了环路。

没有了环路，两台 PC 之间是可以 ping 通的

```
PC>ping 10.1.1.2

Ping 10.1.1.2: 32 data bytes, Press Ctrl_C to break
From 10.1.1.2: bytes=32 seq=1 ttl=128 time=78 ms
From 10.1.1.2: bytes=32 seq=2 ttl=128 time=62 ms
From 10.1.1.2: bytes=32 seq=3 ttl=128 time=78 ms
From 10.1.1.2: bytes=32 seq=4 ttl=128 time=62 ms
From 10.1.1.2: bytes=32 seq=5 ttl=128 time=62 ms
```

= = = = =

配置 TC-BPDU 保护

启用了 TC-BPDU 保护功能后，可以配置交换机处理 TC 类型 BPDU 报文的最大速度，以避免频繁地删除 MAC 地址表项和 ARP 表项，从而达到保护交换机的目的。默认情况交换机的 TC 保护功能是处于关闭状态。

SW1:

```
stp tc-protection
stp tc-protection threshold 2
```

SW2:

```
stp tc-protection
stp tc-protection threshold 2
```

SW3:

```
stp tc-protection
stp tc-protection threshold 2
```

SW4:

```
stp tc-protection
```


stp tc-protection threshold 2

配置的含义是：交换机在单位时间内，允许在收到 TC-BPDU 报文后立即进行地址表项删除操作的最大次数为两次，默认为 1 次