

实验：STP RSTP 基础

HCIP 分解实验 - STP RSTP 基础

臧家林制作



STP 基础实验 1：STP 基础配置

STP 基础实验 2：STP 选路规则

STP 基础实验 3：RSTP 基础配置

=====

STP 基础实验 1：STP 基础配置

STP 是用来避免数据链路层出现逻辑环路的协议，使用 BPDU 传递网络信息计算出一根无环的树状网络结构，并阻塞特定端口。在网络出现故障时，STP 能快速发现链路故障，并尽快找出另外一条路径进行数据传输。

交换机上运行的 STP 通过 BPDU 信息的交互，选举根交换机，然后每台非根交换机选择用来与根交换机通信的根端口，之后每个网段选择用来转发数据至根交换机的指定端口，

最后剩余端口则被阻塞。

在 STP 工作过程中，根交换机的选举，根端口、指定端口的选举都非常重要。华为 VRP 提供了各种命令来调整 STP 参数，用以优化网络。

STP 有 3 个常用的计时器

Hello Time 定时器：

Hello Time 为周期发送 BPDU 来维护生成树的稳定的时间，默认为 2s。如果交换机在配置的超时时间内没有收到上游交换机发送的 BPDU，则会重新进行生成树计算，在根交换机上配置 Hello Time 将作为整个生成树内所有交换机的 Hello Time。

Max Age 定时器：

BPDU 的最大生存时间，默认为 20s，交换机通过比较从上游交换机收到的 BPDU 中携带的 Message Age(配置 BPDU 的生存时间，如果配置 BPDU 是根桥发出的，则 Message Age 为 0，每经过一台交换机增加 1，Max Age 用来判断此 BPDU 是否超时。如果收到的 BPDU 超时，交换机将该 BPDU 老化，同时阻塞接收该 BPDU 的接口，并开始发出以自己为根桥的 BPDU。这种老化机制可以有效地控制生成树的半径。在根交换机上配置的 Max Age 将作为整个生成树内所有交换机的 Max Age。

Forwarding Delay 定时器：

此延迟时间为 Forwarding Delay 定时器的时间，默认为 15s。链路故障会引发网络重新进行生成树的计算，生成树的结构将发生相应的变化。不过重新计算得到的新配置消息无法立刻传遍整个网络，如果新选出的根端口和指定端口立刻就开始数据转发的话，可能会造成临时环路。为此 STP 采用一种端口状态迁移机制，新选出的根端口和指定端口要经过 2 倍的 Forw

arding Delay 延时后才能进入转发状态，这个延时保证了新的配置消息传遍整个网络，使所有参与 STP 计算的交换机都能正确知晓网络状态，从而防止了临时环路的产生。

每个网络只有一个根桥

每个非根桥都要选出一个根端口

每个 Segment 只有一个指定端口

非指定端口将被堵塞

根端口选举：依据该端口的根路径开销、对端 BID (Bridge ID)、对端 PID (Port ID) 和本端 PID。

指定端口选举：依据该端口的根路径开销、BID、PID

STP 要构建出无环的交换网络，就必须在网络中选出一台交换机做为核心交换机，STP 称其为 Root，也就是根，功能相当于 hub-spoke 网络中的 Hub。其它不是 Root 的交换机则需要留出一条活动链路去往根交换机，因为只要普通交换机到根是通的，到其它交换机也就是通的。

STP 在发送数据包测试网络是否有多条链路，是靠发送 bridge protocol data units (BPDUs)来完成的，同台交换机发出去的 BPDU 都被做上了相同的标记，只要任何交换机从多个接口收到相同标记的 BPDU，就表示网络中有冗余链路，因此需要 STP 断开多余链路。

BPDU 数据包里面有以下信息：

根交换机的 bridge ID。

发送交换机的 bridge ID 。

到根交换机的 Path Cost。

发送接口以及优先级。

Hello、forward delay、max-age 时间。

同台交换机发出的 BPDU，bridge ID 都是一样的，因为是用来标识自己的，其中 bridge ID 由两部分组成：Bridge 优先级和 MAC 地址，默认优先级为 32768。交换机上的每个端口也是有优先级的，默认为 128，范围为 0-255。

根交换机 (Root)

在同一个三层网络中需要选举，即一个广播域内要选举，并且一个网络中只能选举一台根交换机。Bridge-ID 中优先级最高（即数字最小）的为根交换机，优先级范围为 0-65535，如果优先级相同，则 MAC 地址越小的为根交换机。

根端口 (Root Port)

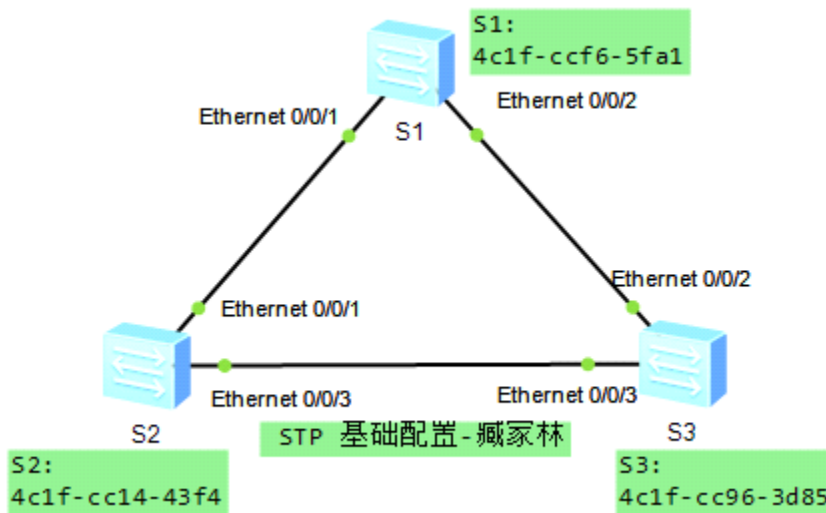
所有非根交换机都要选举，非根交换机上选举的根端口就是普通交换机去往根交换机的唯一链路，选举规则为到根交换机的 Path Cost 值最小的链路，如果多条链路到达根交换机的 Path Cost 值相同，则选举上一跳交换机 Bridge-ID 最小的链路，如果是经过的同一台交换机，则上一跳交换机 Bridge-ID 也是相同的，再选举对端端口优先级最小的链路，如果到达对端的多个端口优先级相同，最后选举交换机对端端口号码最小的链路。

指定端口 (Designated Port)

在每个二层网段都要选举，也就是在每个冲突域需要选举，简单地理解为每条连接交换机的物理线路的两个端口中，有一个要被选举为指定端口，每个网段选举指定端口后，就能保证每个网段都有链路能够到达根交换机，选举规则和选举根端口一样，即：到根交换机的 Path Cost 值最小的链路，如果多条链

路到达根交换机的 Path Cost 值相同，则选举上一跳交换机 Bridge-ID 最小的链路，如果是经过的同一台交换机，则上一跳交换机 Bridge-ID 也是相同的，再选举对端端口优先级最小的链路，如果到达对端的多个端口优先级相同，最后选举交换机对端端口号码最小的链路。

在 STP 选出根交换机，根端口以及指定端口后，其它所有端口全部被 Block，为了防止环路，所以 Block 端口只有在根端口或指定端口失效的时候才有可能被启用。



从图中，可知，现在网络中的根桥为 S2

CIST : Common and Internal Spanning Tree : 公共内部生成树

修改计时器的值

stp timer hello 300

```
[SW1]dis stp
-----[CIST Global Info][Mode MSTP]-----
CIST Bridge      :0      .4c1f-ccf6-5fa1
Config Times     :Hello 3s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times     :Hello 3s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
```

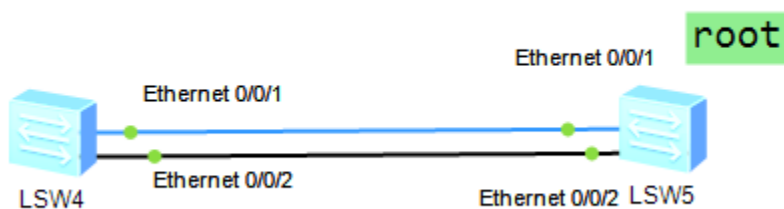
修改接口下面的 cost 值，默认值为 200000, 20 万

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

```
stp cost 2000000
```

修改接口的优先级，16 的倍数，越小越优

两台设备相连，要修改对端的接口优先级，才会影响到对方的端口阻塞变化



SW5 为根桥，SW4 的 e0/0/2 端口默认为阻塞端口

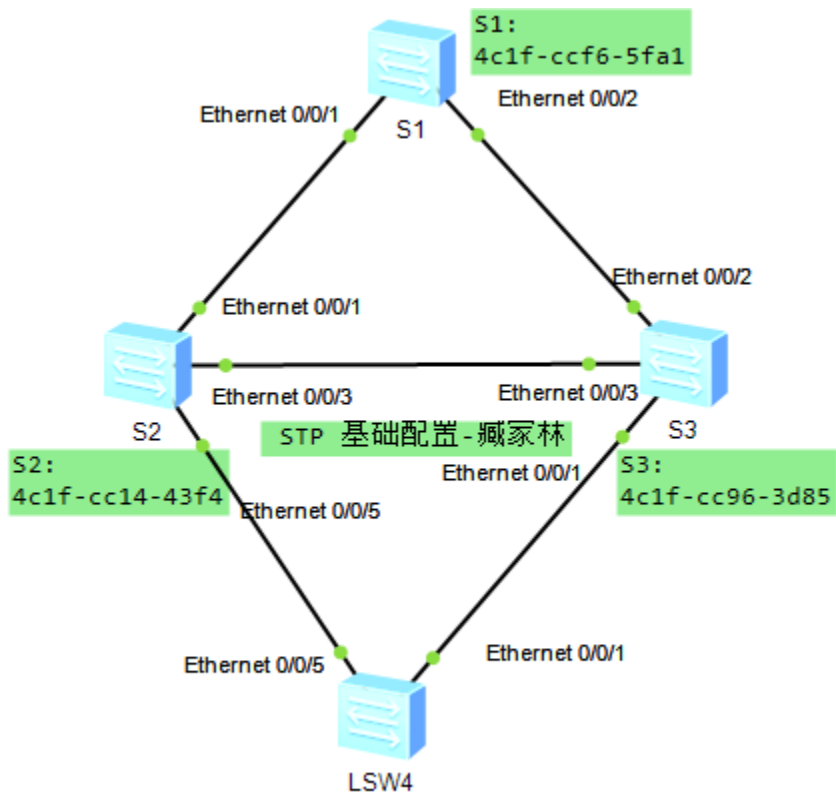
修改 SW5 的 e0/0/2 端口优先级，让 SW4 的 e0/0/1 变为阻塞

SW5:

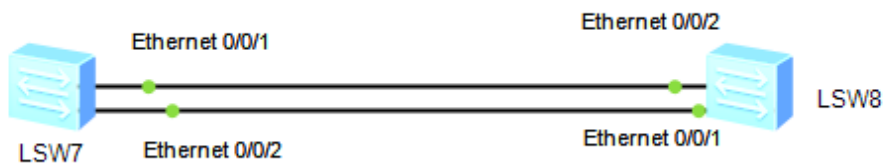
```
int e0/0/2
```

```
stp port priority 16
```

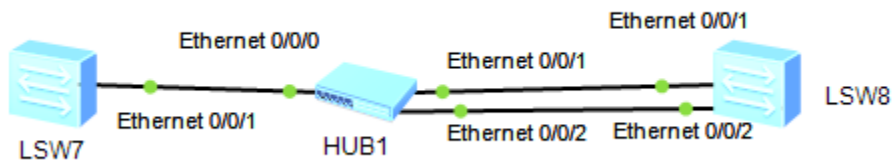
对端 BID (Bridge ID)



对端 PID (Port ID)



本端 PID



S2:display stp

```

[S2]display stp
-----[CIST Global Info][Mode MSTP]-----
CIST Bridge       :32768.4c1f-cc14-43f4
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :32768.4c1f-cc14-43f4 / 0
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc14-43f4 / 0
CIST RootPortId   :0.0
BPDU-Protection   :Disabled
TC or TCN received :7
TC count per hello :0
STP Converge Mode :Normal
Time since last TC :0 days 0h:11m:15s

```

图中 S1 的 e0/0/2 被阻塞，其它为转发接口

```

[S1]display stp brief
MSTID  Port                Role  STP State  Protection
0      Ethernet0/0/1        ROOT  FORWARDING NONE
0      Ethernet0/0/2        ALTE  DISCARDING NONE
[S1]
[S2]display stp brief
MSTID  Port                Role  STP State  Protection
0      Ethernet0/0/1        DESI  FORWARDING NONE
0      Ethernet0/0/3        DESI  FORWARDING NONE
[S3]display stp brief
MSTID  Port                Role  STP State  Protection
0      Ethernet0/0/2        DESI  FORWARDING NONE
0      Ethernet0/0/3        ROOT  FORWARDING NONE

```

分析，查看各交换机上的端口角色

默认情况下，交换机的运行模式为 MSTP 模式，优先级 32768

```

[S1]display stp
-----[CIST Global Info][Mode MSTP]-----
CIST Bridge       :32768.4c1f-ccf6-5fa1
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :32768.4c1f-cc14-43f4 / 1
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-ccf6-5fa1 / 0
CIST RootPortId   :128.1
BPDU-Protection   :Disabled
TC or TCN received :7
TC count per hello :0

```

修改为 stp 模式，修改优先级，让 S1 成为网络中的根桥
S1:

```

stp mode stp
stp priority 4096

```


S2: stp mode stp

S3: stp mode stp

S1 查看效果：display stp

```
[S1]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :4096 .4c1f-ccf6-5fa1
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-ccf6-5fa1 / 0
CIST RegRoot/IRPC     :4096 .4c1f-ccf6-5fa1 / 0
CIST RootPortId       :0.0
BPDU-Protection       :Disabled
TC or TCN received    :39
TC count per hello    :0
```

查看接口信息 display stp interface e0/0/1

```
----[Port1(Ethernet0/0/1)] [FORWARDING]----
Port Protocol         :Enabled
Port Role              :Designated Port
Port Priority          :128
Port Cost(Dot1T)      :Config=auto / Active=1
Designated Bridge/Port :4096.4c1f-ccf6-5fa1 / 128.1
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
BPDU Encapsulation     :Config=stp / Active=stp
PortTimes              :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s RemHop 20
TC or TCN send         :25
TC or TCN received    :14
```

STP 端口信息显示：

此端口状态为 Forwarding；

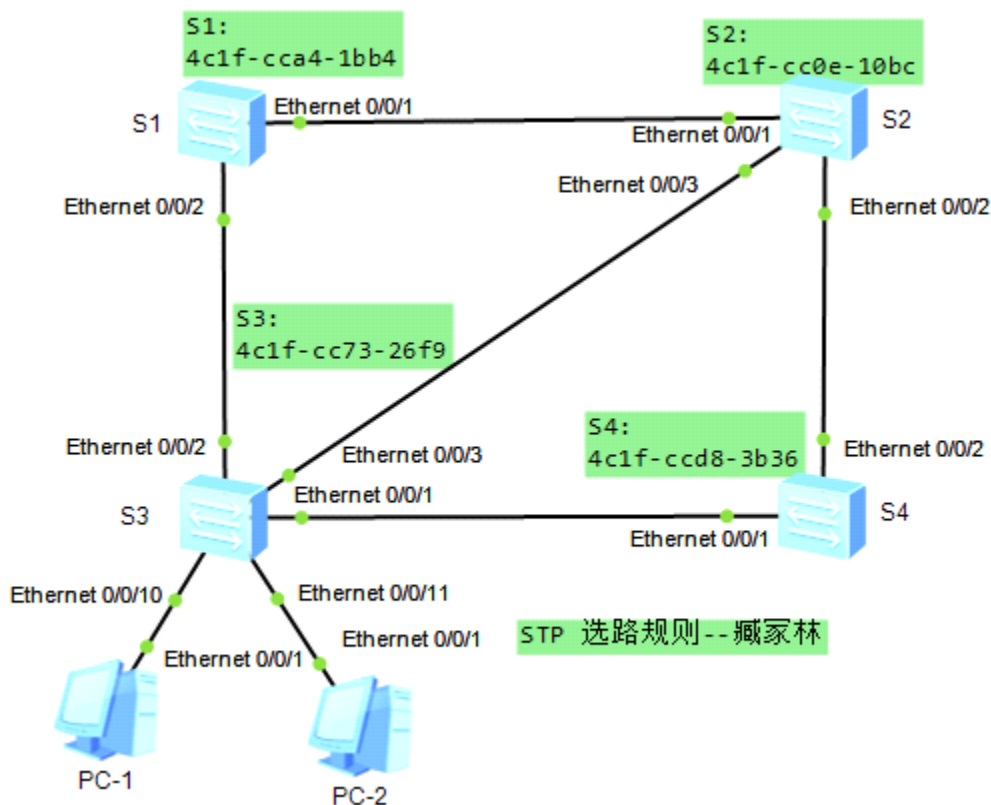
此端口角色为 Designated Port（指定端口）；

端口默认优先级为 128；

此端口所连网段的指定交换机为 4096.4c1f-ccf6-5fa1，标识 S
1

=====

STP 基础实验 2：STP 选路规则



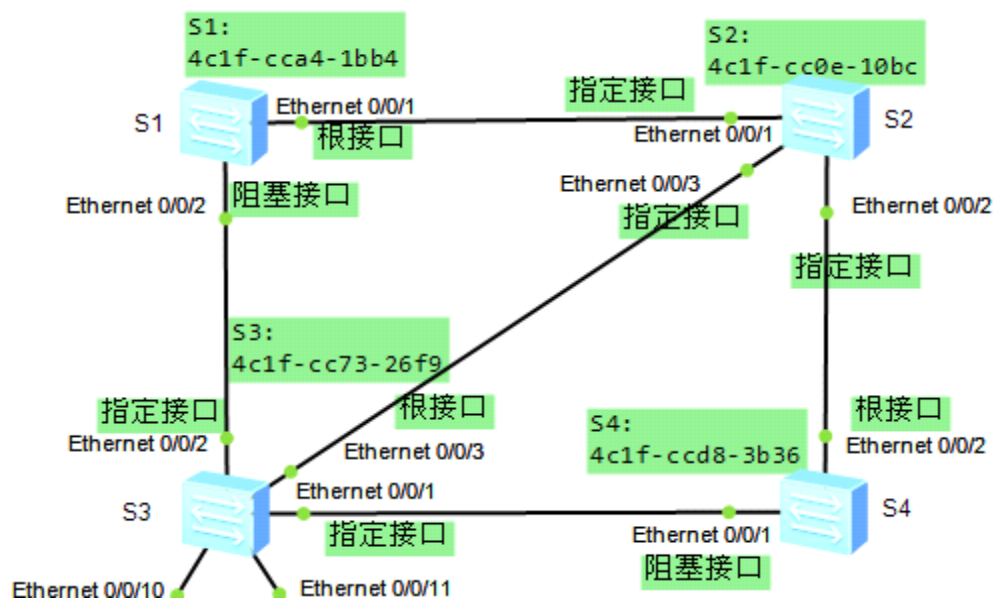
通过图片，确定哪一个为根桥

```

-----[CIST Global Info][Mode MSTP]-----
CIST Bridge       :32768.4c1f-cc0e-10bc
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :32768.4c1f-cc0e-10bc / 0
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc0e-10bc / 0
  
```

根桥为 S2

根桥确定之后，分析各个接口的角色



通过查看命令，看自己分析的是否正确

display stp vlan 1

```
[S4]display stp vlan 1
```

ProcessId	InstanceId	Port	Role	State
0	0	Ethernet0/0/1	ALTE	DISCARDING
0	0	Ethernet0/0/2	ROOT	FORWARDING

修改配置，让 S1 成为网络的根桥 S2 成为次根桥

S1:

stp mode stp

stp root primary

S2:

stp mode stp

stp root secondary

S3: stp mode stp

S4: stp mode stp

S1 成为根桥

```
[S1]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :0       .4c1f-cca4-1bb4
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-cca4-1bb4 / 0
CIST RegRoot/IRPC     :0       .4c1f-cca4-1bb4 / 0
CIST RootPortId       :0.0
BPDU-Protection       :Disabled
CIST Root Type        :Primary root
TC or TCN received    :15
TC count per hello    :0
```

S2 成为次根桥

```
[S2]display stp
-----[CIST Global Info][Mode STP]-----
CIST Bridge           :4096 .4c1f-cc0e-10bc
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-cca4-1bb4 / 1
CIST RegRoot/IRPC     :4096 .4c1f-cc0e-10bc / 0
CIST RootPortId       :128.1
BPDU-Protection       :Disabled
CIST Root Type        :Secondary root
TC or TCN received    :61
TC count per hello    :0
```

修改接口的 cost 值，默认为 1

```
----[Port1(Ethernet0/0/1)][FORWARDING]----
Port Protocol         :Enabled
Port Role             :Root Port
Port Priority          :128
Port Cost(Dot1T )     :Config=auto / Active=1
Designated Bridge/Port :0.4c1f-cca4-1bb4 / 128.1
Port Edged            :Config=default / Active=disabled
```

开销值，是一个用于度量接口到根桥开销的值。根桥发送出来的 BPDU 中，cost 都为 0，当非根桥从某个接口上收到这个 BPDU 再进行 STP 计算的时候，就会累加上收到该 BPDU 的接口的 cost。接口 cost 与接口的带宽有关。

修改 S3 的 e0/0/2 cost 改为 3

查看修改之后，对选路的影响

S3:

```
int e0/0/2
stp cost 3
```

```
----[Port2(Ethernet0/0/2)] [DISCARDING]----
Port Protocol      :Enabled
Port Role          :Alternate Port
Port Priority       :128
Port Cost(Dot1T)   :Config=3 / Active=3
Designated Bridge/Port :0.4c1f-cca4-1bb4 / 128.2
Port Edged         :Config=default / Active=disabled
Point-to-point     :Config=auto / Active=true
```

会影响接口的角色，去往根桥的选路

```
[S3]display stp vlan 1
ProcessId  InstanceId  Port                                Role  State
-----
0          0          Ethernet0/0/1                      DESI  FORWARDING
0          0          Ethernet0/0/2                      ALTE  DISCARDING
0          0          Ethernet0/0/3                      ROOT  FORWARDING
0          0          Ethernet0/0/10                     DESI  FORWARDING
0          0          Ethernet0/0/11                     DESI  FORWARDING
```

=====

STP 基础实验 3：RSTP 基础配置

IEEE 于 2001 发布了 802.1w 标准定义了 RSTP（Rapid Spanning-Tree Protocol 快速生成树协议），该协议基于 STP 协议，对原有的 STP 协议进行了更加细致的修改和补充。

STP 协议虽然能够解决环路问题，但是也存在一些不足。比如 STP 没有细致区分端口状态和端口角色，其次，STP 端口状态共有 5 种，即 discarding, blocking, listening, learning 和 forwarding，收敛较慢。而且，对于用户来说 blocking, listening 和 learning 状态并没有区别，都不转发流量。根据 STP 的不足，RSTP 做出了改进。

RSTP 新增加了 2 种端口角色，其端口角色共有 4 种，根端口，指定端口，Alternate 端口 Backup 端口。

RSTP 把原来的 5 种状态缩减为 3 种。根据端口是否转发用户流量和学习 MAC 地址来划分，如果不转发用户流量也

不学习 MAC 地址，那么端口状态就是 discarding 状态，如果不转发用户流量但是学习 MAC 地址，那么端口状态就是 learning 状态，如果既转发用户流量又学习 MAC 地址，那么端口状态就是 forwarding 状态。

RSTP 的快速收敛机制可以分为以下 3 种：

Proposal/Agreement 机制：

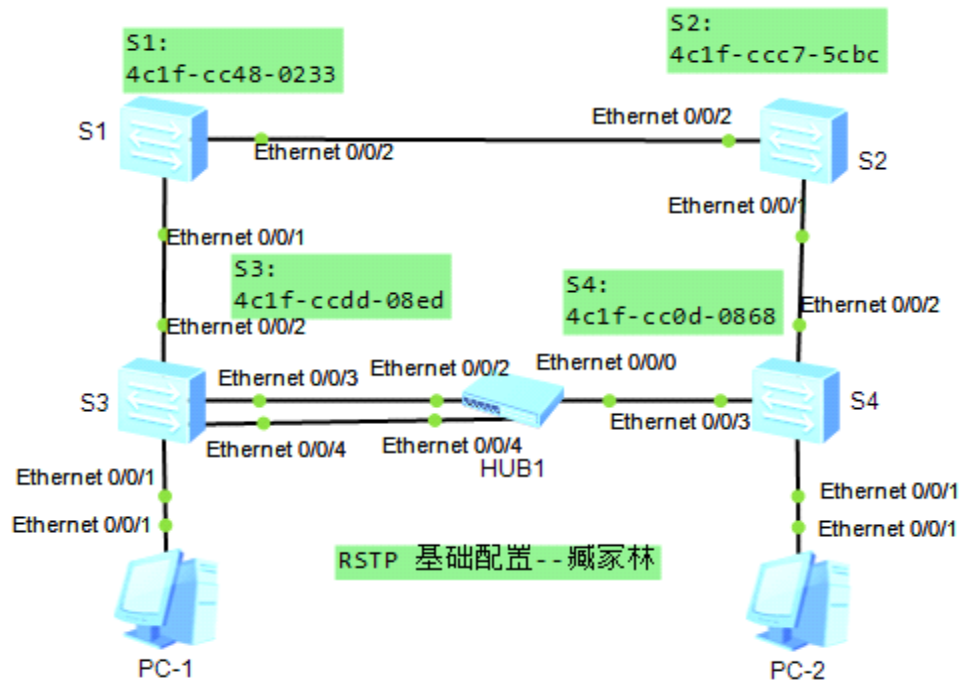
当一个端口被选举成为指定端口之后，在 STP 中，该端口至少要等一个 forward delay(learning) 时间才会迁移到 forwarding 状态。而在 RSTP 中，此端口会先进入 discarding 状态，再通过 Proposal/Agreement 机制，简称 P/A 机制，快速进入 forwarding 状态。这种机制必须在点到点的全双工链路上使用

根端口快速切换机制：

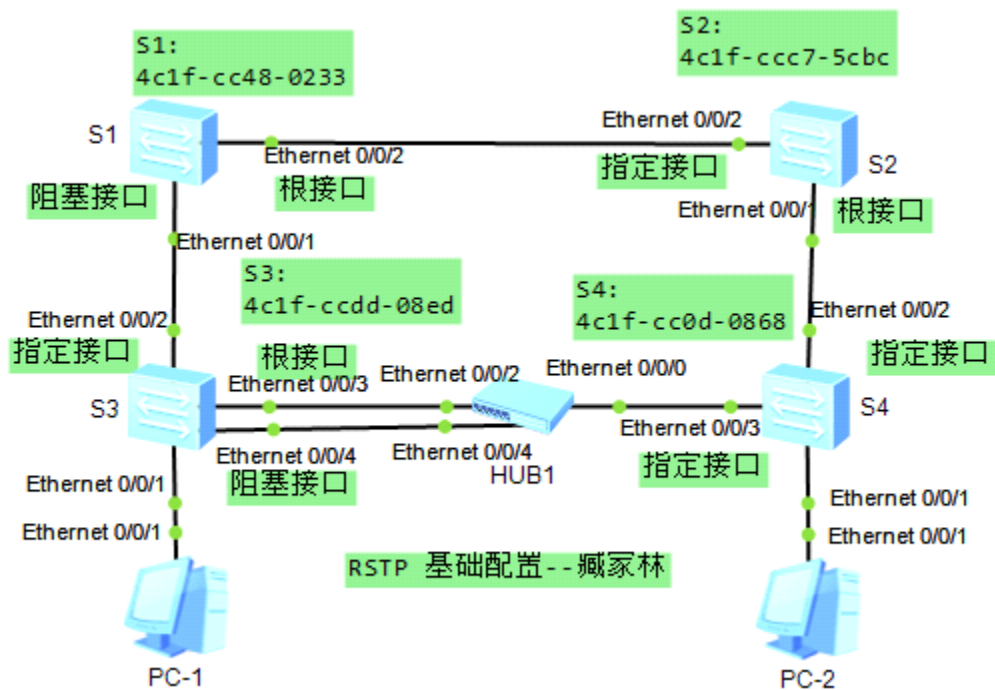
如果网络中一个根端口失效，那么网络中最优的 Alternate 端口将成为根端口，进入 forwarding 状态。因为通过这个 Alternate 端口连接的网段上必然有个指定端口可以通往根桥。

边缘端口的引入：

在 RSTP 里面，如果某一个指定端口位于整个网络的边缘，即不再与其他交换设备连接，而是直接与终端设备直连，这种端口叫做边缘端口。边缘端口不接收处理配置 BPDU，不参与 RSTP 运算，可以由 disable 直接转到 forwarding 状态，且不经历进延，就像在端口上将 STP 禁用。但是一旦边缘端口收到配置 BPDU，就失去了边缘端口属性，成为普通 STP 端口，并重新进行生成树计算，从而引起网络震荡。



根桥为 S4 ，确定各个端口角色



运行 RSTP

S1: stp mode rstp

S2: stp mode rstp

S3: stp mode rstp

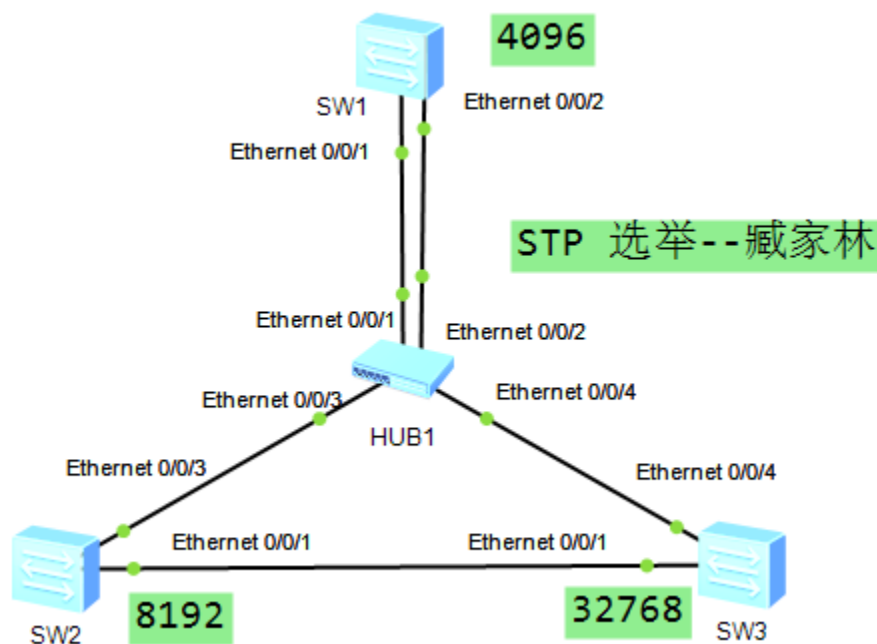
S4: stp mode rstp

```
[S1]display stp
-----[CIST Global Info] [Mode RSTP]-----
CIST Bridge       :32768.4c1f-cc48-0233
Config Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
Active Times      :Hello 2s MaxAge 20s FwDly 15s MaxHop 20
CIST Root/ERPC    :32768.4c1f-cc0d-0868 / 2
CIST RegRoot/IRPC :32768.4c1f-cc48-0233 / 0
CIST RootPortId   :128.2
BPDU-Protection   :Disabled
```

=====

练习题

如图所示，三台二层交换机与一台 HUB 互联，交换机均开启 STP 功能，交换机 STP 的桥 ID 设置请参考下图，其他均是默认配置。以下说法错误的是（ ）。



- A. 经过桥 ID 的比较，SW1 为根桥
- B. SW1 的 e0/0/2 口为阻塞状态
- C. SW3 的 e0/0/1 口为 AP 端口，处于阻塞状态
- D. SW1 的两个端口都为指定端口，处于转发状态

问：交换机怎么区分这个端口 AP 还是 BP

答：

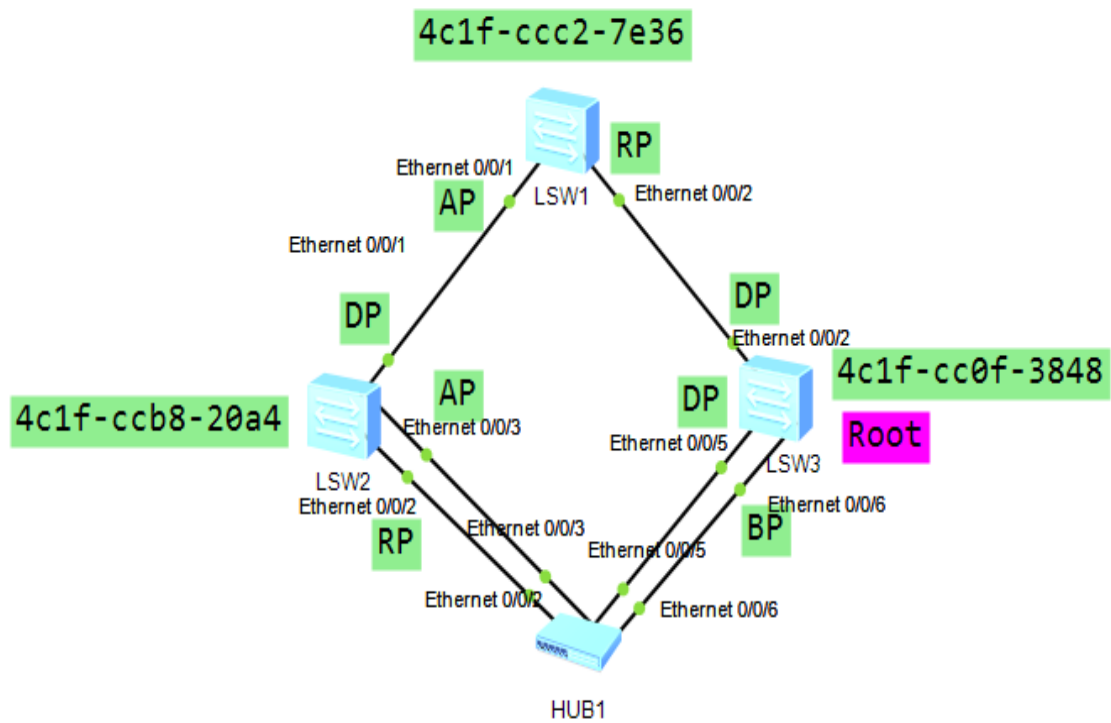
根据端口收到更优 BPDU 的转发桥 ID 来判断。

如果更优 BPDU 的转发桥 ID 不是自己，那么这个端口就是 AP，

如果更优 BPDU 的转发桥 ID 是自己，那么这个端口就是 BP，

=====

生成树的选举，有 HUB 的情况



改变 Root 的位置

