

第 5 章 PTP、REP 和 QoS 实验

精确时间协议 (Precision Time Protocol, PTP)、弹性以太网协议 (Resilient Ethernet Protocol, REP) 和服务质量 (Quality of Service, QoS) 分别是用于实现工业物联网同步性、可靠性和确定性的技术。

5.1 PTP 边界时钟结点实验

5.1.1 实验内容

PTP 域如图 5.1 所示, 由 5 个边界时钟结点组成。通过配置第一优先级, 使得边界时钟结点 1 成为最优时钟结点, 其他边界时钟结点的时钟与最优时钟结点同步。

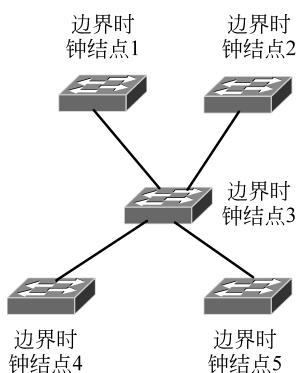


图 5.1 PTP 域

5.1.2 实验目的

- (1) 掌握 PTP 同步时钟过程。
- (2) 掌握边界时钟结点的配置过程。
- (3) 掌握边界时钟结点的工作过程。

5.1.3 实验原理

通过配置, 使得边界时钟结点 1 的第一优先级小于其他边界时钟结点的第一优先级, 因而使得边界时钟结点 1 成为最优时钟结点。其他边界时钟结点完成与最优时钟结点之间的时钟同步过程后, 各个端口的状态如图 5.2 所示。边界时钟结点的端口 1 成为主端口 (图中

用 1(M)表示)。由于边界时钟结点 3 的端口 1 连接边界时钟结点 1 的端口 1,因此,边界时钟结点 3 的端口 1 成为从端口(图中用 1(S)表示),边界时钟结点 3 的其他端口连成为主端口,这些主端口连接的交换机端口成为从端口。

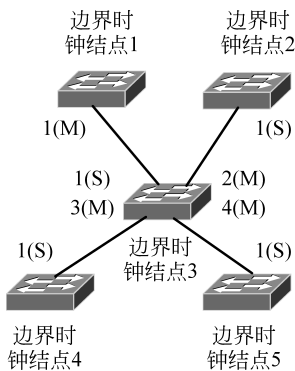


图 5.2 同步结果

5.1.4 关键命令说明

1. 配置交换机 PTP 模式

```
Switch(config)#ptp mode boundary
```

ptp mode boundary 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是将交换机配置成 PTP 边界时钟结点。

2. 配置交换机第一优先级

```
Switch(config)#ptp priority1 37
```

ptp priority1 37 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是将交换机的第一优先级配置为 37。交换机第一优先级的范围为 0~255,优先级的值越小,优先级越高。

5.1.5 实验步骤

(1) 按照图 5.1 所示的 PTP 域组成在逻辑工作区放置和连接设备,完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.3 所示。需要说明的是,图中放置的设备是 Cisco 工业交换机 IE2000。

(2) 在命令行接口配置方式下,将 Switch1~Switch5 配置成边界时钟结点。将 Switch1 的第一优先级配置为 37。其他交换机的第一优先级采用默认值 128,因此,Switch1 成为最优时钟结点。

(3) 分别查看 Switch1~Switch5 各个端口的状态。Switch1 端口 FastEthernet1/1 的状态如图 5.4 所示,该端口为主端口(MASTER)。Switch2 端口 FastEthernet1/1 的状态如图 5.5 所示,该端口为从端口(SLAVE)。Switch3 中的端口 FastEthernet1/1 连接 Switch1 中的端口 FastEthernet1/1,因此,该端口为从端口(SLAVE)。Switch3 中的其他端口为主

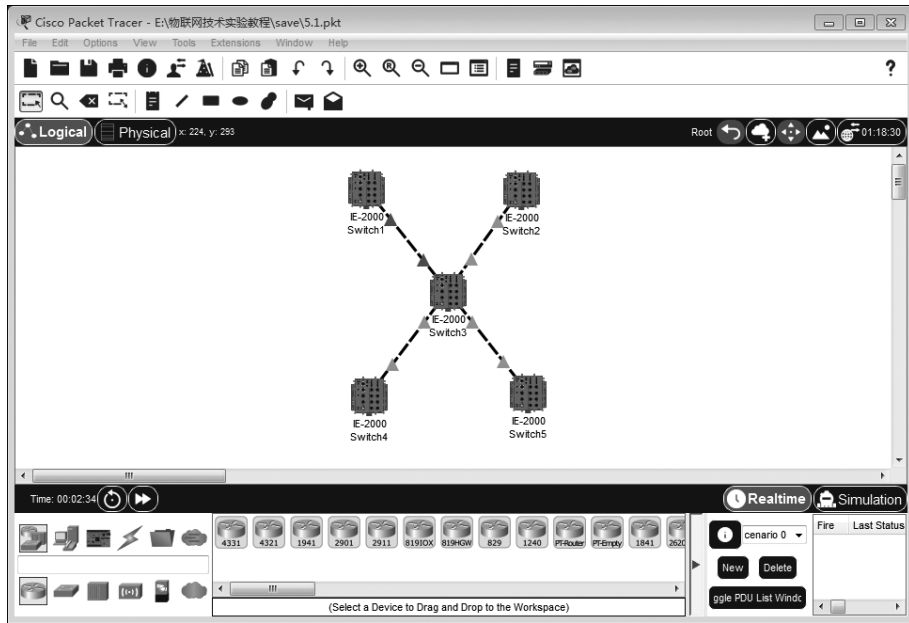


图 5.3 完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面

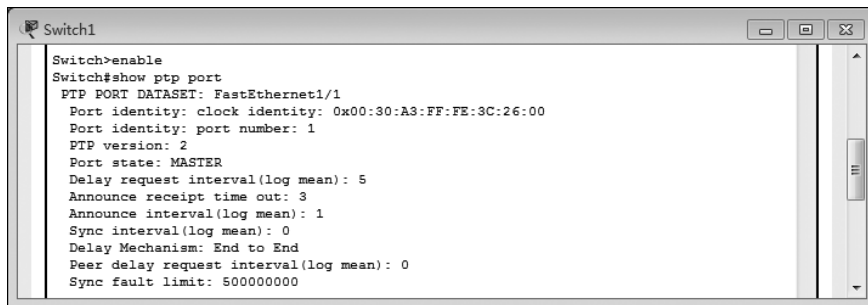


图 5.4 Switch1 端口 FastEthernet1/1 的状态

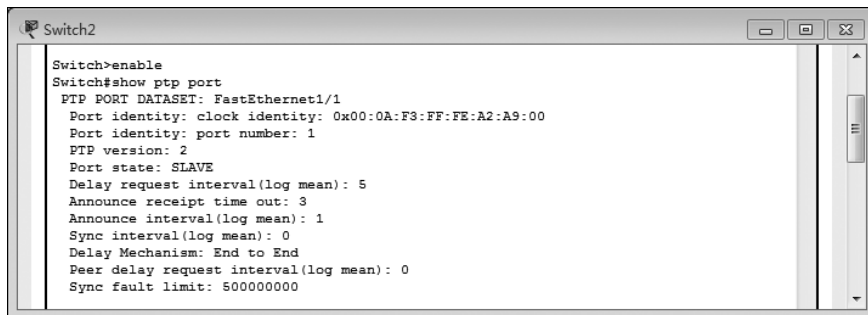


图 5.5 Switch2 端口 FastEthernet1/1 的状态

端口(MASTER),如图 5.6 所示。Switch4 中的端口 FastEthernet1/1 连接 Switch3 中的端口 FastEthernet1/3,因此,该端口为从端口(SLAVE),如图 5.7 所示。Switch5 中的端口 FastEthernet1/1 连接 Switch3 中的端口 FastEthernet1/4,因此,该端口为从端口(SLAVE),如图 5.8 所示。

```

Switch3
-----
Physical  Config  CLI  Attributes
-----
IOS Command Line Interface

Switch>enable
Switch#show ptp port
PTP PORT DATASET: FastEthernet1/1
Port identity: clock identity: 0x00:02:4A:FF:FE:1D:26:00
Port identity: port number: 1
PTP version: 2
Port state: SLAVE
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

PTP PORT DATASET: FastEthernet1/2
Port identity: clock identity: 0x00:02:4A:FF:FE:1D:26:00
Port identity: port number: 2
PTP version: 2
Port state: MASTER
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

PTP PORT DATASET: FastEthernet1/3
Port identity: clock identity: 0x00:02:4A:FF:FE:1D:26:00
Port identity: port number: 3
PTP version: 2
Port state: MASTER
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

PTP PORT DATASET: FastEthernet1/4
Port identity: clock identity: 0x00:02:4A:FF:FE:1D:26:00
Port identity: port number: 4
PTP version: 2
Port state: MASTER
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

```

图 5.6 Switch3 端口 FastEthernet1/1 ~ FastEthernet1/4 的状态

```

Switch4
-----
Switch>enable
Switch#show ptp port
PTP PORT DATASET: FastEthernet1/1
Port identity: clock identity: 0x00:D0:58:FF:FE:65:BA:00
Port identity: port number: 1
PTP version: 2
Port state: SLAVE
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

```

图 5.7 Switch4 端口 FastEthernet1/1 的状态

```

Switch5
-----
Switch>enable
Switch#show ptp port
PTP PORT DATASET: FastEthernet1/1
Port identity: clock identity: 0x00:0A:41:FF:FE:13:9C:00
Port identity: port number: 1
PTP version: 2
Port state: SLAVE
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

```

图 5.8 Switch5 端口 FastEthernet1/1 的状态

5.1.6 命令行接口配置过程

1. Switch1 的命令行接口配置过程

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#ptp mode boundary
Switch(config)#ptp priority1 37
```

2. 其他交换机的命令行接口配置过程

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#ptp mode boundary
```

3. 命令列表

交换机命令行接口配置过程中使用的命令及其功能和参数说明如表 5.1 所示。

表 5.1 命令列表

命令格式	功能和参数说明
<code>ptp mode{ boundary e2transparent forward }</code>	设置交换机的 PTP 模式,PTP 模式可以在 boundary、e2transparent 和 forward 三种模式中选择一种。boundary 模式表明该交换机为边界时钟结点, e2transparent 模式表明该交换机为透明时钟结点, forward 模式表明该交换机为转发结点
<code>ptp priority1 value</code>	设置交换机的第一优先级。参数 <i>value</i> 是第一优先级的值,该值的范围是 0~255。该值越小,优先级越高

5.2 PTP 透明时钟结点实验

5.2.1 实验内容

存在透明时钟结点的 PTP 域如图 5.9 所示。通过配置,使得边界时钟结点 1 成为最优时钟结点,实现边界时钟结点 2~边界时钟结点 5 与边界时钟结点 1 之间的时钟同步。

5.2.2 实验目的

- (1) 掌握 PTP 同步时钟过程。
- (2) 掌握边界时钟结点的配置过程。
- (3) 掌握透明时钟结点的配置过程。
- (4) 掌握边界时钟结点与透明时钟结点之间的区别。

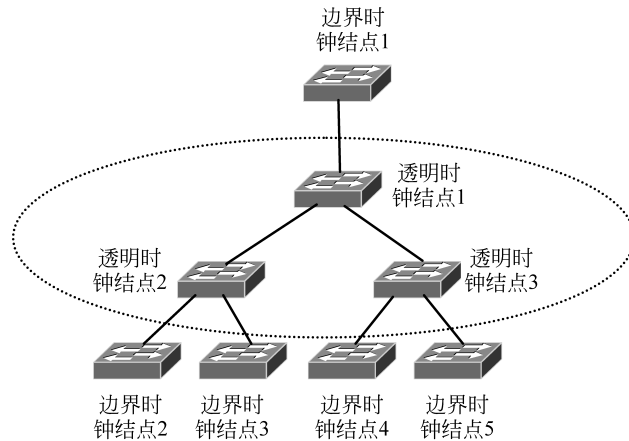


图 5.9 存在透明时钟结点的 PTP 域

5.2.3 实验原理

通过配置,使得边界时钟结点 1 的第一优先级小于其他边界时钟结点的第一优先级,因而使得边界时钟结点 1 成为最优时钟结点。透明时钟结点与最优时钟结点之间虽然不进行时钟同步,但转发 PTP 消息,并在 PTP 消息的校正字段中累加上该 PTP 消息在该透明时钟结点中的停留时间。其他边界时钟结点完成与最优时钟结点之间的时钟同步后,各个端口的状态如图 5.10 所示。

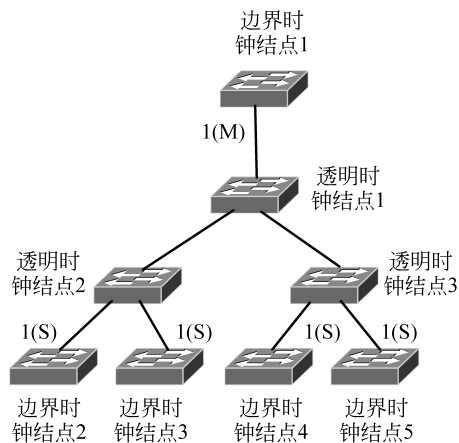


图 5.10 存在透明时钟结点的 PTP 域的不同步结果

5.2.4 关键命令说明

以下命令用于将交换机配置成透明时钟结点。

```
Switch(config)#ptp mode e2transparent
```

`ptp mode e2transparent` 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是将交换机配置成 PTP 透明时钟结点。

5.2.5 实验步骤

(1) 按照图 5.9 所示的 PTP 域组成在逻辑工作区放置和连接设备,完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.11 所示。

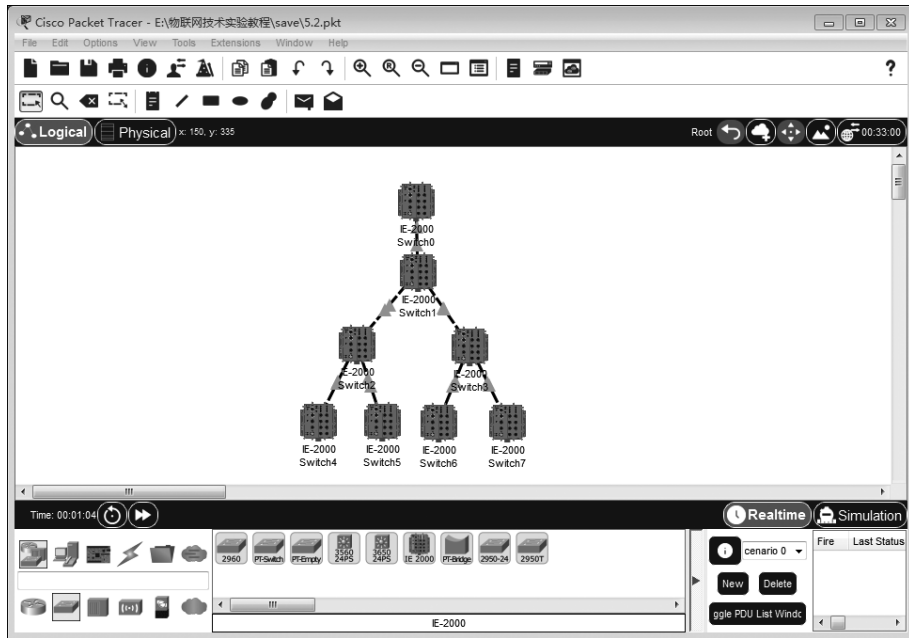


图 5.11 完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面

(2) 在命令行接口配置方式下,将 Switch0 和 Switch4~Switch7 配置成边界时钟结点,将 Switch0 的第一优先级配置为 37,Switch4~Switch7 的第一优先级都采用默认值 128,因此,Switch0 成为最优时钟结点。将 Switch1~Switch3 配置成透明时钟结点。

(3) Switch0 端口 FastEthernet1/1 的状态如图 5.12 所示,该端口为主端口(MASTER)。Switch4 端口 FastEthernet1/1 的状态如图 5.13 所示,该端口为从端口(SLAVE)。Switch5~Switch7 端口 FastEthernet1/1 的状态与 Switch4 端口 FastEthernet1/1 的状态相同。Switch1 的端口状态如图 5.14 所示,由于 Switch1~Switch3 没有与 Switch0 完成时钟同步,因此,Switch1 的端口既不是主端口(MASTER),也不是从端口(SLAVE)。

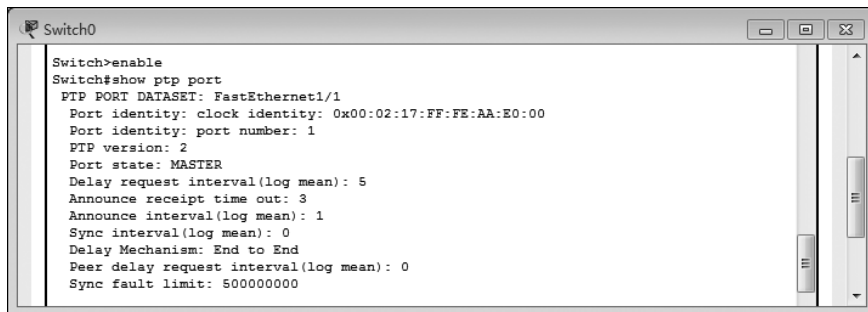
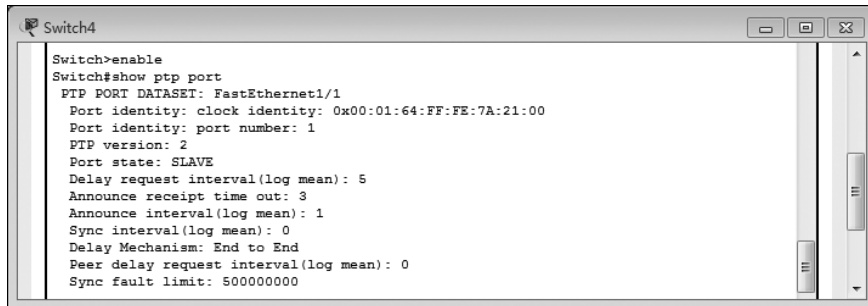


图 5.12 Switch0 端口 FastEthernet1/1 的状态

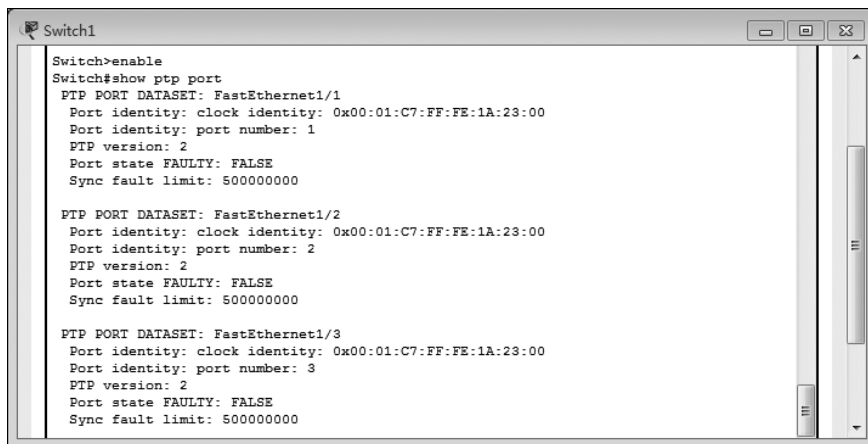


```

Switch4
Switch>enable
Switch#show ptp port
PTP PORT DATASET: FastEthernet1/1
Port identity: clock identity: 0x00:01:64:FF:FE:7A:21:00
Port identity: port number: 1
PTP version: 2
Port state: SLAVE
Delay request interval(log mean): 5
Announce receipt time out: 3
Announce interval(log mean): 1
Sync interval(log mean): 0
Delay Mechanism: End to End
Peer delay request interval(log mean): 0
Sync fault limit: 500000000

```

图 5.13 Switch4 端口 FastEthernet1/1 的状态



```

Switch1
Switch>enable
Switch#show ptp port
PTP PORT DATASET: FastEthernet1/1
Port identity: clock identity: 0x00:01:C7:FF:FE:1A:23:00
Port identity: port number: 1
PTP version: 2
Port state FAULTY: FALSE
Sync fault limit: 500000000

PTP PORT DATASET: FastEthernet1/2
Port identity: clock identity: 0x00:01:C7:FF:FE:1A:23:00
Port identity: port number: 2
PTP version: 2
Port state FAULTY: FALSE
Sync fault limit: 500000000

PTP PORT DATASET: FastEthernet1/3
Port identity: clock identity: 0x00:01:C7:FF:FE:1A:23:00
Port identity: port number: 3
PTP version: 2
Port state FAULTY: FALSE
Sync fault limit: 500000000

```

图 5.14 Switch1 的端口状态

5.2.6 命令行接口配置过程

1. Switch0 的命令行接口配置过程

```

Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#ptp mode boundary
Switch(config)#ptp priority1 37

```

2. Switch1~Switch3 的命令行接口配置过程

```

Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#ptp mode e2transparent

```

3. Switch4~Switch7 的命令行接口配置过程

```

Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#ptp mode boundary

```

5.3 REP 实验

5.3.1 实验内容

构建图 5.15 所示的 REP 段。由于两个边缘端口(图中用三角形表示)位于同一交换机 S1 上,因此,该 REP 段构成 REP 环。观察 REP 环中的备份端口,删除不含备份端口的一条链路,观察备份端口状态转换过程。

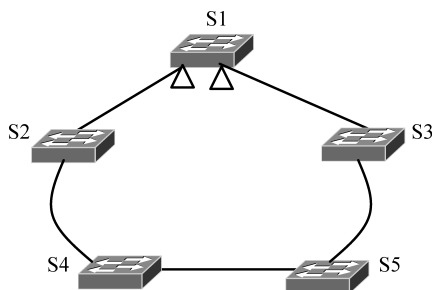


图 5.15 REP 段

5.3.2 实验目的

- (1) 掌握 REP 容错过程。
- (2) 掌握交换机 REP 配置过程。
- (3) 掌握 REP 环中各个 REP 端口的状态转换过程。

5.3.3 实验原理

如图 5.16 所示,通过配置,使得每一个交换机都有两个属于同一 REP 段的端口,这些端口称为 REP 端口。交换机通过 REP 端口两两相连,构成 REP 环。REP 环中,有两个 REP 端口作为边缘端口。稳定后,REP 环中有一个 REP 端口成为备份端口,该备份端口处于阻塞状态,不能正常转发 MAC 帧,以此避免构成网桥环路。一旦删除交换机 S4 与 S5 之间的

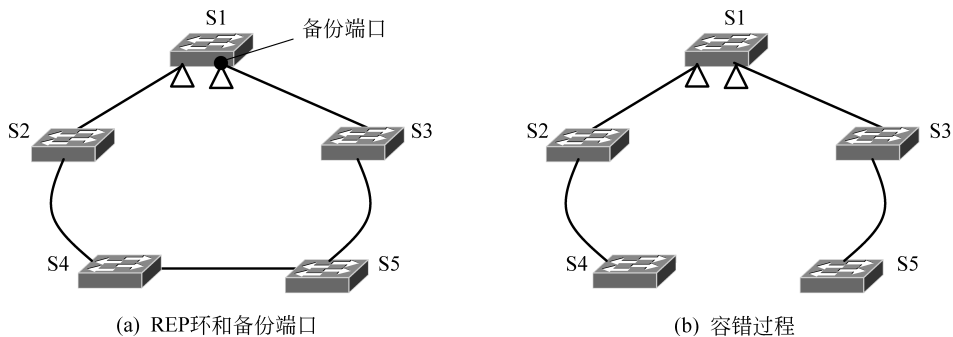


图 5.16 REP 环实现容错过程

链路,原来的备份端口将快速转换成正常的 REP 端口,以此维持交换机之间的连通性。

5.3.4 关键命令说明

1. 配置 REP 管理域

```
Switch(config)#rep admin vlan 2
```

rep admin vlan 2 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是将 VLAN 2 作为 REP 管理域。REP 管理域是 REP 报文的广播域。

2. 定义边缘端口

```
Switch(config)#interface FastEthernet1/1
Switch(config-if)#rep segment 2 edge primary
Switch(config-if)#exit
```

rep segment 2 edge primary 是接口配置模式下使用的命令,该命令的作用是将当前端口(这里是 FastEthernet1/1) 定义为段标识符为 2 的 REP 段的主边缘端口。如果缺省关键词 primary,则将当前端口(这里是 FastEthernet1/1) 定义为段标识符为 2 的 REP 段的次边缘端口。

3. 定义 REP 端口

```
Switch(config)#interface FastEthernet1/1
Switch(config-if)#rep segment 2
Switch(config-if)#exit
```

rep segment 2 是接口配置模式下使用的命令,该命令的作用是将当前端口(这里是 FastEthernet1/1) 定义为段标识符为 2 的 REP 段的 REP 端口。每一个交换机只能定义两个属于同一 REP 段的 REP 端口。

需要说明的是,无论是定义边缘端口,还是定义 REP 端口,事先都必须将该端口定义为主干端口(trunk)。

5.3.5 实验步骤

(1) 按照图 5.15 所示的 REP 段在逻辑工作区放置和连接设备,完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.17 所示。

(2) 在命令行接口配置方式下,完成以下配置过程。一是在所有交换机中将 VLAN 2 配置为 REP 管理域。二是在所有交换机中,将端口 FastEthernet1/1 和 FastEthernet1/2 定义为主干端口(trunk)。三是在交换机 Switch1 中,将端口 FastEthernet1/1 和 FastEthernet1/2 定义为段标识符为 2 的 REP 段的边缘端口,其中端口 FastEthernet1/1 是主边缘端口,端口 FastEthernet1/2 是次边缘端口。四是在交换机 Switch2~Switch5 中将端口 FastEthernet1/1 和 FastEthernet1/2 定义为段标识符为 2 的 REP 段的 REP 端口。

(3) 完成上述配置过程后,交换机 Switch1 的端口 FastEthernet1/2 成为备份端口,如图 5.17 所示。