工作任务一

# MSTP 多生成树协议

## 【工作目的】

理解 MSTP 多生成树协议的工作原理，掌握配置 MSTP 实现负载均衡过程。

## 【工作任务】

公司在 A 栋楼和 B 栋楼均设置技术部 Vlan10 和工程部 Vlan20，通过二层交换机 SW1 和 SW2 接入。为提高可靠性，并考虑日后服务器网段的接入，新增三层交换机 SW3 和 SW4 以提供冗余链路。提供冗余必然会产生闭合回路，使用传统 STP 协议虽能防止环路产生，但会导致链路闲置问题。为提高链路利用率，公司决定配置 MSTP，在配备冗余的同时达到流量均衡的目的，具体任务如下。

（1）在 SW1，Vlan10 流量走 SW1-SW3-SW2 之间链路，Vlan20 走 SW1-SW4-SW2 之间链路。

（2）在 SW2，Vlan10 流量走 SW2-SW3-SW1 之间链路，Vlan20 走 SW2-SW4-SW1 之间链路。

（3）验证 MSTP 协议可靠性和主备链路切换过程，当备份链路故障时，自动切换到主链路。

## 【工作背景】

传统生成树协议（spanning-tree）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环路问题。但由于局域网中所有 Vlan 共享一个生成树，备份链路不承载任何流量，会导致带宽浪费。如图 1-1 所示，在交换机 SW1 和 SW2 之间的主链路承载了所有流量，而备份链路带宽造成了浪费。

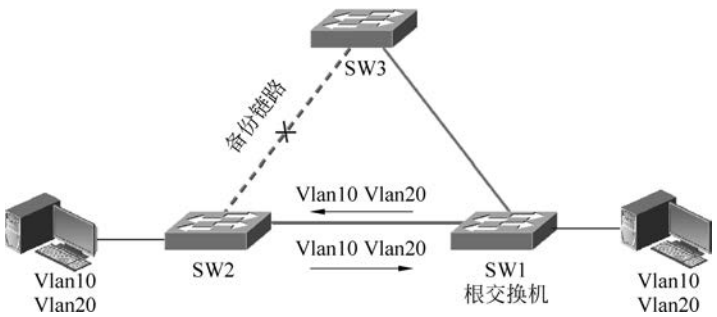


图 1-1　传统生成树链路带宽浪费问题

为解决这一问题，IEEE 于 2002 年发布 802.1S 标准并定义了 MSTP(multiple spanning tree protocol，多生成树协议)。MSTP 把一个交换网络划分成多个域，每个域内形成多棵生成树，生成树之间彼此独立。每棵生成树叫作一个多生成树实例 MSTI(multiple spanning tree instance)，每个域叫作一个 MST 域(multiple spanning tree region)。如图 1-2 所示，生成树实例 1 包含 Vlan10，实例 2 包含 Vlan20，SW1 和 SW3 分别作为实例 1 和实例 2 的根交换机。对于实例 1，链路 2 是备份链路，Vlan10 流量经链路 1 转发；对于实例 2，链路 1 是备份链路，Vlan20 流量经链路 2 和链路 3 转发；当链路 2 或链路 3 故障时，所有 Vlan 流量都经链路 1 转发，从而达到冗余备份和负载均衡的目的。

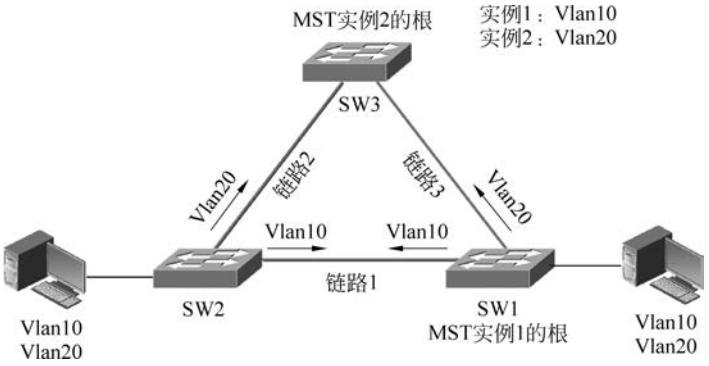


图 1-2　MSTP 流量均衡解决方案

## 【任务分析】

多生成树专业术语如下。

(1) MST 域(MST region)。一个局域网可以存在多个 MST 域，各 MST 域之间在物理上直接或间接相连。用户可以通过 MSTP 配置命令把多台交换设备划分在同一个 MST 域内。以下为交换机处于相同 MST 域的条件。

① 所有交换机都启动 MSTP 模式(华为交换机 STP 默认 MSTP 模式)(stp mode mstp)。

② 具有相同域名(region-name STRING<1-32>)。

③ 具有相同 Vlan 实例映射表。

④ 具有相同 MSTP 修订级别配置(revision-level INTEGER<0-65535>)。

**注意**：MSTP 的修订级别用来与 MST 域名和 MST 域的 VLAN 映射表共同确定设备所属的 MST 域。修订级别目前并无实际作用，属于保留参数，默认值为 0，修订级别属于可选项。

(2) VLAN 映射表。VLAN 映射表是 MST 域属性，描述 VLAN 和 MSTI 之间的映射关系。如图 1-2 所示，VLAN 映射表配置如下：

```
instance 1 vlan 10
instance 2 vlan 20
```

(3) CST。公共生成树(common spanning tree，CST)是连接交换网络内所有 MST 域的一棵生成树。如果把每个 MST 域看作是一个节点，CST 就是这些节点通过 STP 或 RSTP 协议计算生成的一棵生成树。

(4) CIST。公共和内部生成树(common and internal spanning tree，CIST)是通过 STP

或 RSTP 协议计算生成的，连接一个交换网络内所有交换设备的单生成树。

(5) 域根。域根(regional root)分为 IST 域根和 MSTI 域根。一个 MST 域内可以生成多棵生成树，每棵生成树都称为一个 MSTI。MSTI 域根是每个多生成树实例的树根。

(6) 总根。总根是 CIST(common and internal spanning tree)的根桥。

(7) 端口角色。端口角色见表 1-1。

**表 1-1　端口角色**

| 端口角色 | 说　明 |
| --- | --- |
| 根端口 | 在非根桥上，离根桥最近的端口是本交换设备的根端口。根交换设备没有根端口。根端口负责向树根方向转发数据 |
| 指定端口 | 对一台交换设备而言，指定端口是向下游交换设备转发 BPDU 报文的端口 |
| Alternate 端口 | 从配置 BPDU 报文发送角度来看，Alternate 端口是由于学习到其他网桥发送的配置 BPDU 报文而阻塞的端口。从用户流量角度来看，Alternate 端口提供从指定桥到根的另一条可切换路径，作为根端口的备份端口 |
| Backup 端口 | 从配置 BPDU 报文发送角度来看，Backup 端口是由于学习到自己发送的配置 BPDU 报文而阻塞的端口。从用户流量角度来看，Backup 端口作为指定端口的备份，提供另外一条从根节点到叶节点的备份通路 |
| Master 端口 | Master 端口是 MST 域和总根相连的所有路径中最短路径上的端口，它是交换设备上连接 MST 域到总根的端口；Master 端口是域中的报文去往总根的必经之路；Master 端口是特殊域边缘端口，Master 端口在 CIST 上的角色是 Root Port，在其他各实例上的角色都是 Master 端口 |
| 域边缘端口 | 域边缘端口是指位于 MST 域的边缘并连接其他 MST 域或 SST 的端口 |
| 边缘端口 | 如果指定端口位于整个域的边缘，不再与任何交换设备连接，这种端口叫作边缘端口；边缘端口一般与用户终端设备直接连接，不参与生成树选举过程 |

(8) 端口状态。MSTP 定义的端口状态与 RSTP 协议中定义相同，共有 disable、blocking、listening、learning、forwarding 5 个状态。

## 【设备器材】

接入层交换机(S3700)2 台，汇聚层交换机(S5700)2 台。

主机 4 台，承担角色见表 1-2。

**表 1-2　主机配置表**

| 角　色 | 接入方式 | IP 地址 | Vlan ID |
| --- | --- | --- | --- |
| 主机 1 | eNSP PC 接入 | 192.168.10.10/24 | Vlan10(技术部) |
| 主机 2 | eNSP PC 接入 | 192.168.20.10/24 | Vlan20(工程部) |
| 主机 3 | eNSP PC 接入 | 192.168.10.20/24 | Vlan10(技术部) |
| 主机 4 | eNSP PC 接入 | 192.168.20.20/24 | Vlan20(工程部) |

## 【环境拓扑】

环境拓扑如图 1-3 所示。

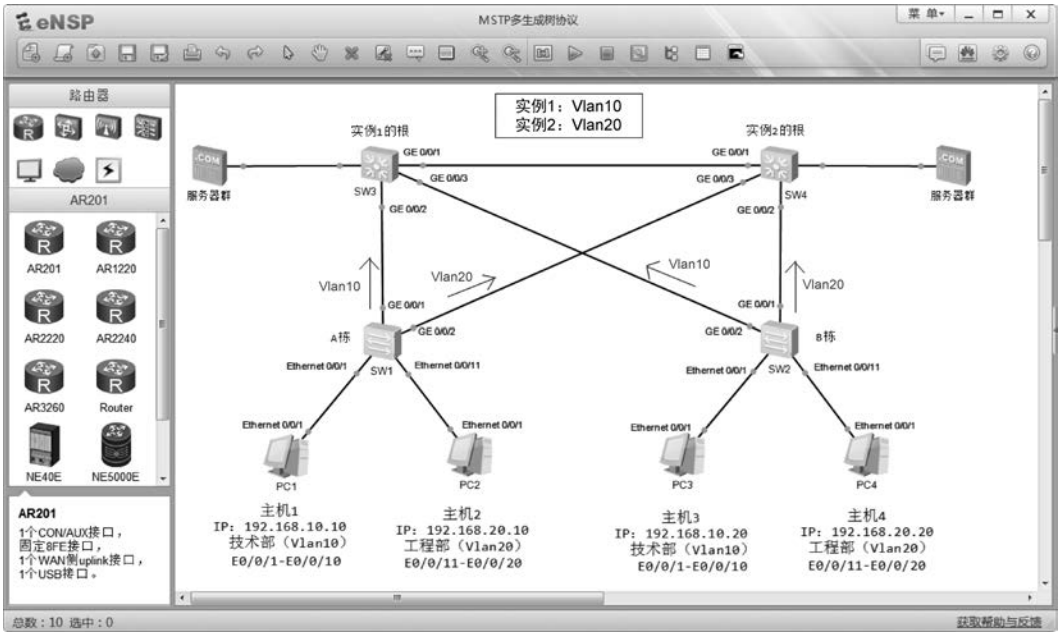


图 1-3　环境拓扑

## 【工作过程】

1. 基本配置

(1) 交换机 Vlan 和端口配置。

```
<Huawei>                                                    //用户视图
<Huawei>system-view                                         //进入系统视图
[Huawei]sysname SW1                                         //更改设备名称
[SW1]vlan batch 10 20                                       //batch:批量
[SW1]port-group 1                                           //技术部组
[SW1-port-group-1]group-member Ethernet 0/0/1 to Ethernet 0/0/10
[SW1-port-group-1]port link-type access
[SW1-port-group-1]port default vlan 10
[SW1-port-group-1]quit
[SW1]port-group 2                                           //工程部组
[SW1-port-group-2]group-member Ethernet 0/0/11 to Ethernet 0/0/20
[SW1-port-group-2]port link-type access
[SW1-port-group-2]port default vlan 20
[SW1-port-group-2]quit
[SW1]port-group 3                                           //Trunk 组
[SW1-port-group-3]group-member GigabitEthernet 0/0/1 GigabitEthernet 0/0/2
[SW1-port-group-3]port link-type trunk
[SW1-port-group-3]port trunk allow-pass vlan 10 20
                                  //trunk 口本身应允许所有 Vlan 通过,一般写为
                                    "port trunk allow-pass vlan all",也可以
                                    手动指定允许哪些 Vlan 通过
[SW1-port-group-3]quit
```

```
[SW1]
-------------------------------------------------------------------------------
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname SW2
[SW2]vlan batch 10 20
[SW2]port-group 1
[SW2-port-group-1]group-member Ethernet 0/0/1 to Ethernet 0/0/10    //技术部组
[SW2-port-group-1]port link-type access
[SW2-port-group-1]port default vlan 10
[SW2-port-group-1]quit
[SW2]port-group 2
[SW2-port-group-2]group-member Ethernet 0/0/11 to Ethernet 0/0/20   //工程部组
[SW2-port-group-2]port link-type access
[SW2-port-group-2]port default vlan 20
[SW2-port-group-2]quit
[SW2]port-group 3                                                   //Trunk 组
[SW2-port-group-3]group-member GigabitEthernet 0/0/1 GigabitEthernet 0/0/2
[SW2-port-group-3]port link-type trunk
[SW2-port-group-3]port trunk allow-pass vlan all
[SW2-port-group-3]quit
[SW2]
-------------------------------------------------------------------------------
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname SW3
[SW3]vlan batch 10 20
[SW3]port-group 1                                                   //Trunk 组
[SW3-port-group-1]group-member GigabitEthernet 0/0/1 to GigabitEthernet 0/0/3
[SW3-port-group-1]port link-type trunk
[SW3-port-group-1]port trunk allow-pass vlan all
[SW3-port-group-1]quit
[SW3]
-------------------------------------------------------------------------------
<Huawei>system-view
[SW3]sysname SW4
[SW4]vlan batch 10 20
[SW4]port-group 1
[SW4-port-group-1]group-member GigabitEthernet 0/0/1 to GigabitEthernet 0/0/3
[SW4-port-group-1]port link-type trunk
[SW4-port-group-1]port trunk allow-pass vlan all
[SW4-port-group-1]quit
[SW4]
```

(2) 创建 MSTP 域,配置实例 Vlan 映射关系。

```
[SW1]stp mode mstp                          //华为交换机 STP 默认 MSTP 模式,本行可以不输入
[SW1]stp region-configuration               //进入 MSTP 域视图
[SW1-mst-region]region-name gdcp_company    //自定义域名
[SW1-mst-region]revision-level 1            //指定 MSTP 修订级别为 1,如用默认 0 本行可不输入
[SW1-mst-region]instance 1 vlan 10          //MSTP 实例 1 包含 vlan 10
[SW1-mst-region]instance 2 vlan 20          //MSTP 实例 1 包含 vlan 20
```

```
[SW1-mst-region]active region-configuration  //激活域配置
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
[SW1-mst-region]quit
[SW1]
```

**注意**：对其他交换机做同样配置，在同一域中，必须有相同的域名 gdcp_company、修订级别 1 和实例 Vlan 映射关系。

```
-------------------------------------------------------------------------------
[SW2]stp mode mstp
[SW2]stp region-configuration
[SW2-mst-region]region-name gdcp_company
[SW2-mst-region]revision-level 1
[SW2-mst-region]instance 1 vlan 10
[SW2-mst-region]instance 2 vlan 20
[SW2-mst-region]active region-configuration
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
[SW2-mst-region]quit
[SW2]
-------------------------------------------------------------------------------
[SW3]stp mode mstp
[SW3]stp region-configuration
[SW3-mst-region]region-name gdcp_company
[SW3-mst-region]revision-level 1
[SW3-mst-region]instance 1 vlan 10
[SW3-mst-region]instance 2 vlan 20
[SW3-mst-region]active region-configuration
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
[SW3-mst-region]quit
[SW3]
-------------------------------------------------------------------------------
[SW4]stp mode mstp
[SW4]stp region-configuration
[SW4-mst-region]region-name gdcp_company
[SW4-mst-region]revision-level 1
[SW4-mst-region]instance 1 vlan 10
[SW4-mst-region]instance 2 vlan 20
[SW4-mst-region]active region-configuration
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
[SW4-mst-region]quit
[SW4]
```

2. 任务验证

(1) 未指定 MST 根交换机时，连通性验证。

在主机 1 命令行中输入 ping 192.168.10.20 -t 反复测试主机 3 连通性，在主机 2 命令行中输入 ping 192.168.20.20 -t 反复测试主机 4 连通性，结果如图 1-4 所示。

(2) 未指定 MST 根交换机时，验证转发路径。

保持如图 1-4 所示连通性测试状态，分别在交换机 SW1 的 G0/0/1 和 G0/0/2 接口启用 Wireshark 抓包程序，如图 1-5 所示。可以看到主机 1 和主机 2 流量经 SW1 的 G0/0/1 接口转

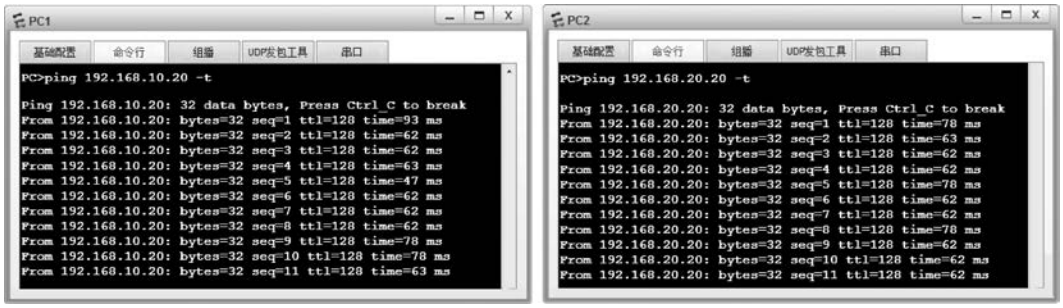


图 1-4　测试主机 1、主机 2 到主机 3、主机 4 的连通性

发，G0/0/2 接口接收到上行接口周期发送的 BPDU 包，并不转发任何流量，处于闲置状态，如图 1-6 所示。虽然配置了 MSTP 多生成树协议，每个实例独立计算生成树，但是在总拓扑结构和参数相同情况下，不同实例生成树选举结果是一致的，导致所有 Vlan 流量挤在同一通路。

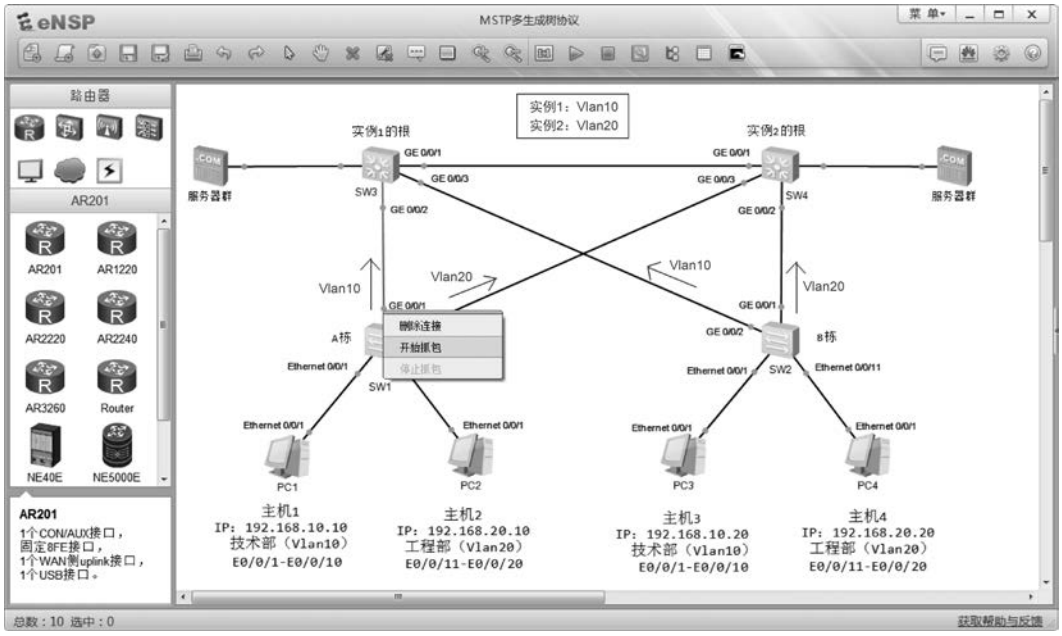


图 1-5　在交换机 SW1 的 G0/0/1 和 G0/0/2 接口分别启用抓包程序

(a) SW1的G0/0/1接口　　(b) SW1的G0/0/2接口

图 1-6　在交换机 SW1 的 G0/0/1 和 G0/0/2 接口抓包

(3) 指定不同实例 MST 根交换机。

由生成树流程可知,根交换机对边链路一定是备份链路。

对于闭合回路(SW1-SW3-SW4)而言,为禁止实例 1 的 Vlan10 走 SW1-SW4 之间链路(即对于实例 1,SW1-SW4 之间链路为备份链路),应在实例 1 中将 SW3 设为根交换机,为禁止实例 2 的 Vlan20 走 SW1-SW3 之间链路(即对于实例 2,SW1-SW3 之间链路为备份链路),应在实例 2 中将 SW4 设为根交换机。

同理,基于上述配置,对于闭合回路(SW2-SW3-SW4)而言,实例 1 已将 SW3 设为根交换机,则禁止 Vlan10 走 SW2-SW4 之间链路,实例 2 已将 SW4 设为根交换机,则禁止 Vlan20 走 SW2-SW3 之间链路,从而实现流量平衡,以下为配置脚本。

```
[SW3]stp instance 1 root primary          //等价于:stp instance 1 priority 0
[SW4]stp instance 2 root primary          //等价于:stp instance 2 priority 0
```

(4) 指定 MST 根交换机后,验证 MSTP 流量均衡。

保持如图 1-4 所示连通性验证,分别在交换机 SW1 的 G0/0/1 和 G0/0/2 接口再次查看 Wireshark 抓包程序,如图 1-7 所示。可以看到实例 1 的 Vlan10 流量经 SW1 的 G0/0/1 接口转发,实例 2 的 Vlan20 流量经 SW1 的 G0/0/2 接口转发,从而达到 MSTP 多生成树流量均衡的目的。

(a) SW1的G0/0/1接口　　(b) SW1的G0/0/2接口

图 1-7　在交换机 SW1 的 G0/0/1 和 G0/0/2 接口抓包

(5) 拔除备份链路,验证 MSTP 冗余。

拔除实例 1 和实例 2 备份链路,拓扑结构如图 1-8 所示,不影响主机之间连通性,如图 1-9 所示,所有 Vlan 走唯一通路,达到 MSTP 多生成树冗余备份的目的。

## 【任务总结】

(1) 在三角拓扑中,根交换机对边链路一定作为备份链路。

(2) 在思科设备中,设置根交换机脚本是 spanning-tree vlan 10 root primary,根交换机优先级会自动修改为比其他交换机最小优先级小一点的值,值为 4096 倍数,但具体值无法预测;在华为设备中,设置根交换机脚本是 stp instance 1 root primary(具体 Vlan 值须在实例中事先指定),根交换机优先级将设置为 0。

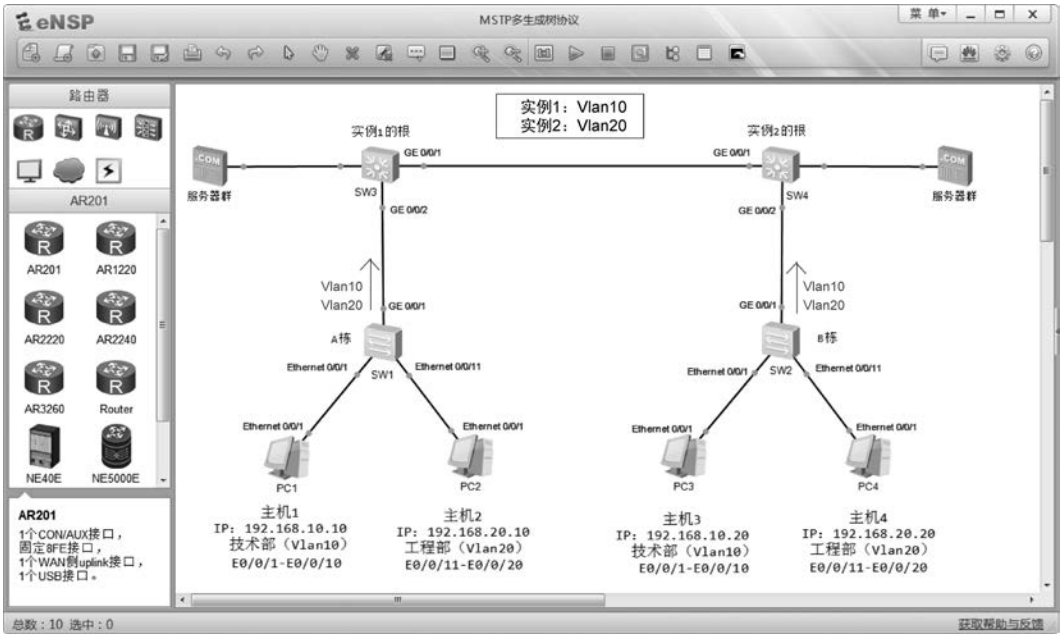


图 1-8　拔除实例 1 和实例 2 备份链路

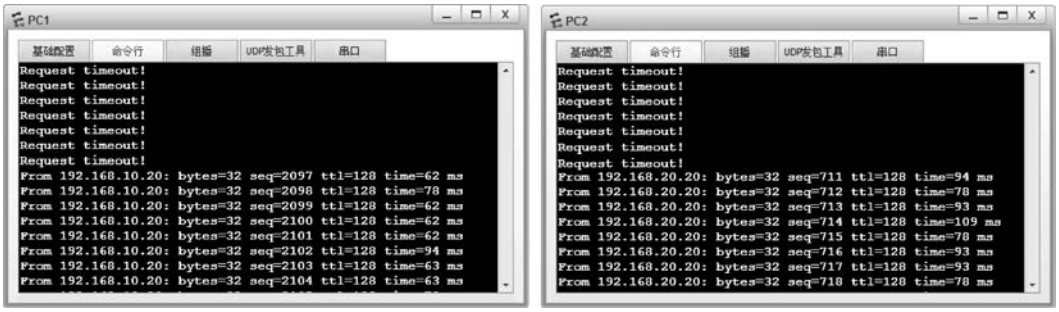


图 1-9　拔除备份链路不影响连通性

# 工作任务二

# 主备备份型 VRRP

## 【工作目的】

掌握 VRRP 工作原理和主备备份型 VRRP 配置过程。

## 【工作任务】

为提高可靠性，避免因单个出口路由设备故障而导致网络不可用，公司购买了两个公网 IP，采用双链路接入 Internet。在路由器上启用 VRRP 协议，当 ISP-A 链路故障时，自动切换到 ISP-B 链路，具体任务如下。

（1）建立 VRRP 分组，将 R1 与 R2 加入 VRRP 组，R1 作为主用设备，R2 作为备用设备。

（2）在设备 R1 和 R2 中配置 Easy-IP 和默认路由，让内网主机 1 和主机 2 可以访问公网服务器。

（3）验证 VRRP 协议可靠性和主备切换过程，当 ISP-A 链路故障时，自动切换到 ISP-B 链路。

## 【工作背景】

局域网内网主机只能配置一个网关 IP（主机可以配置多个不同网段 IP，但同一时刻只能有一个默认网关 IP，以新配置的网关 IP 为准，旧网关 IP 自动失效）。假如出口网关设备出现故障，主机与外网通信将会中断，从而引发安全问题。为提高网络可靠性，IETF 组织制定了 VRRP（虚拟路由冗余协议），利用多个路由器组建虚拟网关设备，避免因单个路由器故障而导致外部网络的不可用。

## 【任务分析】

VRRP（virtual router redundancy protocol，虚拟路由冗余协议）是一种容错协议，用于解决局域网内部主机访问外部公网的可靠性问题。VRRP 将多个路由器逻辑上组成一个虚拟出口网关设备，该虚拟设备（由路由器组成）可以配置新的 IP 地址或 Router ID。路由器之间通过选举产生一个 Master 路由器（主用设备）和多个 Backup 路由器（备用设备），主用设备负责转发业务流量，备用设备负责监听主用设备状态。当主用设备发生故障时，备用设备（假如有多个备用设备，仍需要选举产生一个新的主用设备）自动承接主用设备工作，转发业务流量，从而保证内外网通信的持续性和可靠性。

VRRP 通告报文使用 IP 多播数据包进行封装，组地址为 224.0.0.18，路由器通告彼此优先级以选举主用设备和备用设备。VRRP 协议优先级范围＜0～255＞，可以配置的范围是＜1～254＞，默认值 100，数值越大优先级越高。