

## 第 15 章 VLAN 间路由

在交换机上划分 VLAN 后，VLAN 间的计算机就无法通信了。VLAN 间的通信需要借助第三层设备，我们可以使用路由器来实现这个功能，如果使用路由器通常会采用单臂路由模式。实践上，VLAN 间的路由大多是通过三层交换机实现的，三层交换机可以看成是路由器加交换机，然而因为采用了特殊的技术，其数据处理能力比路由器要大得多。本章将分别介绍两种方法的具体配置。

### 15.1 VLAN 间路由简介

#### 15.1.1 单臂路由

处于不同 VLAN 的计算机即使它们是在同一交换机上，它们之间的通信也必须使用路由器。可以在每个 VLAN 上都有一个以太网口和路由器连接。采用这种方法，如果来实现 N 个 VLAN 间的通信，则路由器需要 N 个以太网接口，同时也会占用了 N 个交换上的以太网接口。单臂路由提供另外一种解决方案。路由器只需要一个以太网接口和交换机连接，交换机的这个接口设置为 Trunk 接口。在路由器上创建多个子接口和不同的 VLAN 连接，子接口是路由器物理接口上的逻辑接口。工作原理如图 15-1，当交换机收到 VLAN1 的计算机发送的数据帧后，从它的 Trunk 接口发送数据给路由器，由于该链路是 Trunk 链路，帧中带有 VLAN1 的标签，帧到了路由器后，如果数据要转发到 VLAN2 上，路由器将把数据帧的 VLAN1 标签去掉，重新用 VLAN2 的标签进行封装，通过 Trunk 链路发送到交换机上的 Trunk 接口；交换机收到该帧，去掉 VLAN2 标签，发送给 VLAN2 上的计算机，从而实现了 VLAN 间的通信。

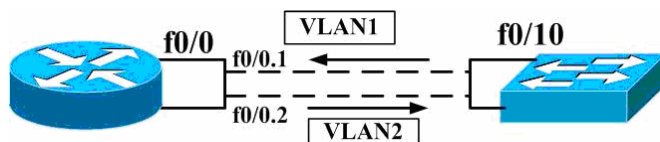


图 15-1 路由器的子接口工作原理

#### 15.2 三层交换

单臂路由实现 VLAN 间的路由时转发速率较慢，实际上在局域网内部多采用三层交换。三层交换机通常采用硬件来实现，其路由数据包的速率是普通路由器的几十倍。

从使用者的角度可以把三层交换机看成是二层交换机和路由器的组合，如图 15-2，这个虚拟的路由器和每个 VLAN 都有一个接口进行连接，不过这个接口是 VLAN1 或 VLAN2 接口。Cisco 早些年采用的基于 NetFlow 的三层交换技术；现在 Cisco 主要采用 CEF 技术。CEF 技术中，交换机利用路由表形成转发信息库（FIB），FIB 和路由表是同步的，关键的是它的查询是硬件化，查询速度快得多。除了 FIB，还有邻接表（Adjacency Table），该表和 ARP 表有些类似，主要放置了第二层的封装信息。FIB 和邻接表都是在数据转发之前就已经建立准备好了，这样一有数据要转发，交换机就能直接利用它们进行数据转发和封装，不需要查询路由表和发送 ARP 请求，所以 VLAN 间的路由速率大大提高。

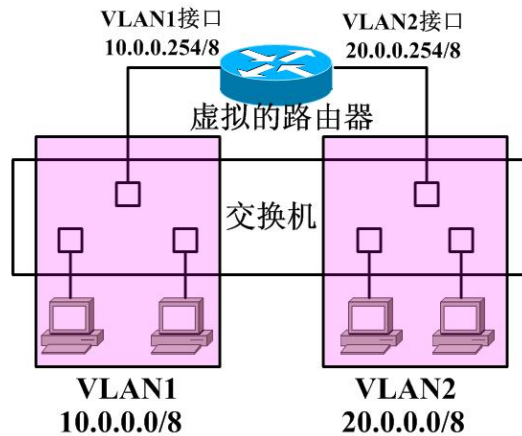


图 15-2 三层交换机原理示意图

## 15.2 实验 1：单臂路由实现 VLAN 间路由

### 1. 实验目的

通过本实验，读者可以掌握如下技能：

- (1) 路由器以太网接口上的子接口
- (2) 单臂路由实现 VLAN 间路由的配置

### 2. 实验拓扑

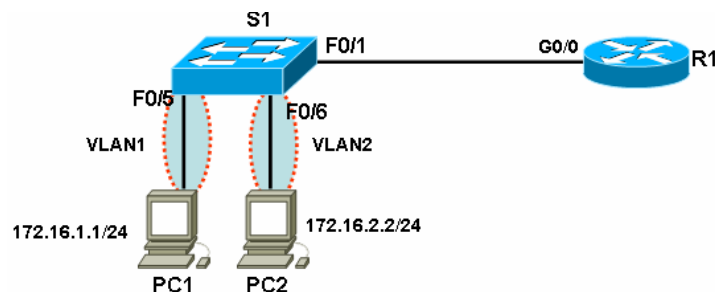


图 15-3 实验 1 拓扑图

### 3. 实验步骤

我们要用 R1 来实现分别处于 VLAN1 和 VLAN2 的 PC1 和 PC2 间的通信。

- (1) 步骤 1：在 S1 上划分 VLAN

```
S1(config)#vlan 2
S1(config-vlan)#exit
S1(config)#int f0/5
S1(config-if)#switchport mode access
S1(config-if)#switchport access vlan 1
S1(config-if)#int f0/6
S1(config-if)#switchport mode access
S1(config-if)#switchport access vlan 2
```

- (2) 步骤 2：要先把交换机上的以太网接口配置成 Trunk 接口

```

S1(config)#int f0/1
S1(config-if)#switch trunk encap dot1q
S1(config-if)#switch mode trunk
    (3) 在路由器的物理以太网接口下创建子接口，并定义封装类型
R1(config)#int g0/0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config)#int g0/0.1
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 1 native
//以上是定义该子接口承载哪个 VLAN 流量，由于交换机上的 native vlan 是 VLAN 1，所以
我们这里也要指明该 VLAN 就是 native vlan。实际上默认时 native vlan 就是 vlan 1。
R1 (config-subif)#ip address 172.16.1.254 255.255.255.0
//在子接口上配置 IP 地址，这个地址就是 VLAN 1 的网关了

R1(config)#int g0/0.2
R1(config-subif)#encapsulation dot1q 2
R1 (config-subif)#ip address 172.16.2.254 255.255.255.0

```

#### 4. 实验调试

在 PC1 和 PC2 上配置 IP 地址和网关，PC1 的网关指向：172.16.1.254，PC2 的网关指向：172.16.2.254。测试 PC1 和 PC2 的通信。注意：如果计算机有两个网卡，请去掉另一网卡上设置的网关。

**【提示】** S1 实际上是 catalyst 3560 交换机，该交换机具有三层功能，我们这里把它当作二层交换机使用了，有点大材小用。

## 15.2 实验 2：三层交换实现 VLAN 间路由

### 1. 实验目的

通过本实验，读者可以掌握如下技能：

- (1) 理解三层交换的概念
- (2) 配置三层交换

### 2. 实验拓扑

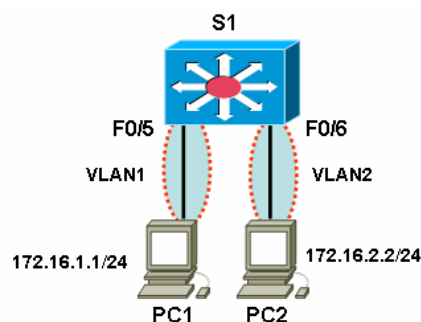


图 15-4 实验 2 拓扑图

### 3. 实验步骤

我们要用 S1 来实现分别处于 VLAN1 和 VLAN2 的 PC1 和 PC2 间的通信。

(1) 步骤 1: 在 S1 上划分 VLAN

```
S1(config)#vlan 2
S1(config-vlan)#exit
S1(config)#int f0/5
S1(config-if)#switchport mode access
S1(config-if)#switchport access vlan 1
S1(config-if)#int f0/6
S1(config-if)#switchport mode access
S1(config-if)#switchport access vlan 2
```

(2) 步骤 2: 配置三层交换

```
S1(config)#ip routing
//以上开启 S1 的路由功能，这时 S1 就启用了三层功能。
S1(config)#int vlan 1
S1(config-if)#no shutdown
S1(config-if)#ip address 172.16.1.254 255.255.255.0
S1(config)#int vlan 2
S1(config-if)#no shutdown
S1(config-if)#ip address 172.16.2.254 255.255.255.0
//在 vlan 接口上配置 IP 地址即可，VLAN 1 接口上的地址就是 PC1 的网关了，VLAN 2 接口上的地址就是 PC2 的网关了。
```

【提示】要在三层交换机上启用路由功能，还需要启用 CEF（命令为：**ip cef**），不过这是默认值。和路由器一样，三层交换机上同样可以运行路由协议。

## 4. 实验调试

(1) 检查 S1 上的路由表

```
S1#show ip route
(此处省略)
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C      172.16.1.0 is directly connected, Vlan1
C      172.16.2.0 is directly connected, Vlan2
```

//和路由器一样，三层交换机上也有路由表。

(2) 测试 PC1 和 PC2 间的通信

在 PC1 和 PC2 上配置 IP 地址和网关，PC1 的网关指向：17.16.1.254，PC2 的网关指向：17.16.2.254。测试 PC1 和 PC2 的通信。注意：如果计算机有两个网卡，请去掉另一网卡上设置的网关。

【提示】我们也可以把 f0/5 和 f0/6 接口作为路由接口使用，这时它们就和路由器的以太网接口一样了，可以在接口上配置 IP 地址。如果 S1 上的全部以太网都这样设置，S1 实际上成了具有 24 个以太网接口的路由器了，我们不建议这样做，这样太浪费接口了。。配置示例：

```
S1(config)#int f0/10
S1(config-if)#no switchport      //该接口不再是交换接口了，成为了路由接口
S1(config-if)#ip address 10.0.0.254 255.255.255.0
```

### 15.4 本章小结

本章介绍了实现不同 VLAN 间的计算机通信方法。可以使用单臂路由方法，在路由器的以太网接口上创建子接口。然而通常采用的是三层交换机来实现 VLAN 间的路由，三层交换机可以看成是交换机和路由器的集成，配置三层交换非常简单。表 15-1 是本章出现的命令。

表 15-1 本章命令汇总

命令	作用
int g0/0.1	创建子接口
encapture dot1q 1 native	指明子接口承载哪个 VLAN 的流量以及封装类型，同时该 VLAN 是 native vlan
ip routing	打开路由功能
no switchport	接口不作为交换机接口
ip cef	开启 CEF 功能