

第5章

OSPF路由协议项目



在线习题

5.1 OSPF 概述

OSPF(Open Shortest Path First,开放最短链路优先)路由协议是典型的链路状态路由协议。OSPF 由 IETF 在 20 世纪 80 年代末期制定,是 SPF 类路由协议中的开放式版本。最初的 OSPF 规范体现在 RFC 1131 中,被称为 OSPF 版本 1,但是版本 1 很快被进行了重大改进的版本所代替,这个新版本体现在 RFC 1247 文档中。RFC 1247 被称为 OSPF 版本 2,是为了明确指出其在稳定性和功能性方面的实质性改进。这个 OSPF 版本有许多更新文档,每一个更新都是对开放标准的精心改进。接下来的一些规范出现在 RFC 1583 和 RFC 2328 中。OSPF 版本 2 的最新版体现在 RFC 2328 中。而 OSPF 版本 3 是关于 IPv6 的。



理论讲解

OSPF 作为一种内部网关协议(Interior Gateway Protocol,IGP),用于在同一个自治系统(Autonomous System,AS)中的路由器之间交换路由信息。OSPF 相比 RIP,具有如下优点。



理论讲解

- (1) 可适应大规模网络;支持区域划分,构成结构化的网络。
- (2) 收敛速度快。
- (3) 无路由环路。
- (4) 支持简单口令和 MD5 认证。

另外,OSPF 将网络划分为 4 种类型:广播多路访问型(BMA)、非广播多路访问型(NBMA)、点到点型(Point-to-Point)和点到多点型(Point-to-MultiPoint)。不同的二层链路的类型需要 OSPF 不同的网络类型来适应。

下面的几个术语是学习 OSPF 要掌握的。

- (1) 链路:链路就是路由器用来连接网络的接口。
- (2) 链路状态:用来描述路由器接口及其邻居路由器的关系,所有链路状态信息构成链路状态数据库。
- (3) 区域:有相同区域标志的一组路由器和网络的集合,在同一个区域内的路由器有相同的链路状态数据库。
- (4) 自治系统:采用同一种路由协议交换路由信息的路由器及其网络构成一个自治系统。
- (5) 链路状态通告(LSA):LSA 用来描述路由器的本地状态,LSA 包括的信息有路由器接口的状态和所形成的邻接状态。

(6) 最短路径优先(SPF)算法:是 OSPF 路由协议的基础,SPF 算法有时也被称为 Dijkstra 算法,这是因为最短路径优先算法是 Dijkstra 发明的,OSPF 路由器利用 SPF,独立地计算出到达任意目的地的最佳路由。

在一个大型 OSPF 网络中,SPF 算法的反复计算、庞大的路由表和拓扑表的维护以及 LSA 的泛洪等都会占用路由器的资源,因而会降低路由器的运行效率。OSPF 协议可以利用区域的概念来减小这些不利的影 响。因为在一个区域内的路由器将不需要了解它们所在区域外的拓扑细节。OSPF 多区域的拓扑结构具有如下优势。

- (1) 降低 SPF 计算频率。
- (2) 减小路由表。
- (3) 降低了通告 LSA 的开销。
- (4) 将不稳定限制在特定的区域。

多区域 OSPF 路由器类型: 当一个 AS 划分为几个 OSPF 区域时,根据一个路由器在相应的区域之内的作用,可以将 OSPF 路由器做如下分类,如图 5.1 所示。

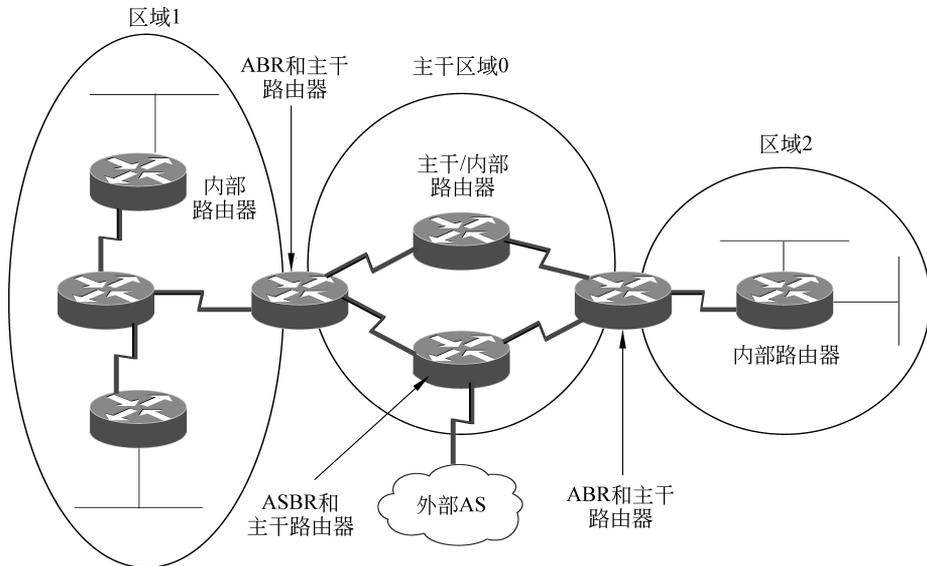


图 5.1 OSPF 路由器类型

- (1) 内部路由器: OSPF 路由器上所有直连的链路都处于同一个区域。
- (2) 主干路由器: 具有连接区域 0 接口的路由器。
- (3) 区域边界路由器(ABR): 路由器和多个区域相连。
- (4) 自治系统边界路由器(ASBR): 与 AS 外部的路由器相连并互相交换路由信息。



实验讲解

5.2 子项目 1: 单区域 OSPF

5.2.1 项目目的

通过本项目掌握:

- (1) 在路由器上启动 OSPF 路由进程。

- (2) 启用参与路由协议的接口,并且通告网络及所在的区域。
- (3) 查看和调试 OSPF 路由协议相关信息。

5.2.2 项目背景

假设你是某集成商的高级技术支持工程师,现在为某企业设计一个网络骨干结构,你选择了使用 OSPF 路由协议来构建。

5.2.3 项目功能

本项目将构建 OSPF 骨干区域,为网络拓展打基础。

5.2.4 项目任务

图 5.2 为实验拓扑图。

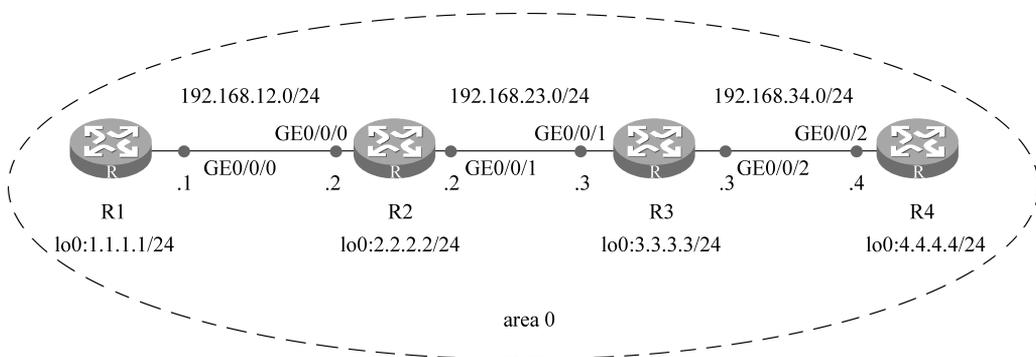


图 5.2 项目 1 拓扑图

5.2.5 项目步骤

基础配置如拓扑图所示,基础配置完成以后,可以用 ping 测试直连连通性,用 display ip interface brief 命令核对接口 IP 配置。用 save 命令保存配置。并将该拓扑复制一份保存,作为项目 2 的基础配置拓扑。

步骤 1: 配置路由器 R1。

```
[R1]ospf 1 router-id 1.1.1.1
[R1-ospf-1]area 0
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.0 0.0.0.255
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.11.0 0.0.0.255
```

步骤 2: 配置路由器 R2。

```
[R2]ospf 1 router-id 2.2.2.2
[R2-ospf-1]area 0
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0]network192.168.11.0 0.0.0.255
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.23.0 0.0.0.255
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.0 0.0.0.255
```



实验演示

步骤 3: 配置路由器 R3。

```
[R3]ospf 1 router-id 3.3.3.3
[R3-ospf-1]area 0
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network192.168.23.0 0.0.0.255
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network192.168.34.0 0.0.0.255
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.0 0.0.0.255
```

步骤 4: 配置路由器 R4。

```
[R4]ospf 1 router-id 4.4.4.4
[R4-ospf-1]area 0
[R4-ospf-1-area-0.0.0.0]network 4.4.4.0 0.0.0.255
[R4-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.34.0 0.0.0.255
```

• 技术要点

(1) OSPF 路由进程 ID 的范围必须在 1~65 535,而且只有本地含义,不同路由器的路由进程 ID 可以不同。

(2) 确定 Router ID 遵循如下顺序。

① 最优先的是在 OSPF 进程中用命令“router-id”指定了路由器 ID。

② 如果没有在 OSPF 进程中指定路由器 ID,那么选择 IP 地址最大的环回接口的 IP 地址为 Router ID。

③ 如果没有环回接口,则选择最大活动的物理接口的 IP 地址为 Router ID。

(3) 建议使用命令“router-id”来指定路由器 ID,这样可控性比较好。

(4) 区域 ID 是在 0~4 294 967 295 内的十进制数,当网络区域 ID 为 0 时称为主干区域。

(5) 用 network 来指定运行 OSPF 协议的接口,第一个参数是网络地址,第二个参数是反掩码,0 对应的位表示必须严格匹配,1 对应的位无须匹配。

步骤 5: 项目验证。

运行路由协议之后,每个路由器上均会生成路由表,以 R2 为例,可以用 **display ip routing-table** 命令来查看路由表。如图 5.3 所示,其中,Direct 表示直连路由,未运行 OSPF 前就有,OSPF 表示是 OSPF 协议生成的。可以找到去全部 7 个子网的路由,此时,路由器之间的任何 ping 测试都应该是通的。正是因为生成了完整的路由,保证了整个网络的连通性。

• 技术要点

以上输出表明路由器 R2 学到了 4 条 OSPF 路由,其中,路由条目“192.168.34.0/24 OSPF 10 2 D 192.168.23.3 GigabitEthernet0/0/1”的含义如下。

(1) OSPF: 路由条目是通过 OSPF 路由协议学习来的。

(2) 192.168.34.0/24: 目的网络。

(3) 10: OSPF 路由协议的默认路由优先级。

(4) 2: 度量值(COST)。

(5) 192.168.23.3: 下一跳地址。

(6) GigabitEthernet 0/0/1: 出接口。

```

<R2>dis ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
                Destinations : 17          Routes : 17

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost           Flags NextHop         Interface
-----
0/0/0
  1.1.1.1/32        OSPF     10   1              D   192.168.12.1         GigabitEthernet
  2.2.2.0/24        Direct   0     0              D   2.2.2.2              LoopBack0
  2.2.2.2/32        Direct   0     0              D   127.0.0.1            LoopBack0
  2.2.2.255/32      Direct   0     0              D   127.0.0.1            LoopBack0
  3.3.3.3/32        OSPF     10   1              D   192.168.23.3         GigabitEthernet
0/0/1
  4.4.4.4/32        OSPF     10   2              D   192.168.23.3         GigabitEthernet
0/0/1
  127.0.0.0/8       Direct   0     0              D   127.0.0.1            InLoopBack0
  127.0.0.1/32      Direct   0     0              D   127.0.0.1            InLoopBack0
127.255.255.255/32 Direct   0     0              D   127.0.0.1            InLoopBack0
  192.168.12.0/24   Direct   0     0              D   192.168.12.2         GigabitEthernet
0/0/0
  192.168.12.2/32   Direct   0     0              D   127.0.0.1            GigabitEthernet
0/0/0
  192.168.12.255/32 Direct   0     0              D   127.0.0.1            GigabitEthernet
0/0/0
  192.168.23.0/24   Direct   0     0              D   192.168.23.2         GigabitEthernet
0/0/1
  192.168.23.2/32   Direct   0     0              D   127.0.0.1            GigabitEthernet
0/0/1
  192.168.23.255/32 Direct   0     0              D   127.0.0.1            GigabitEthernet
0/0/1
  192.168.34.0/24   OSPF     10   2              D   192.168.23.3         GigabitEthernet
0/0/1
  255.255.255.255/32 Direct   0     0              D   127.0.0.1            InLoopBack0

```

图 5.3 项目验证

• 技术要点

度量值(cost)计算方法: cost 的计算公式为 $10^8/\text{带宽}(b/s)$, 而且所有链路入口的 cost 之和, 路由条目“4.4.4.4”到路由器 R2 经过的入接口包括路由器 R4 的 loopback0, 华为路由器的 loopback 接口的 cost 默认值为 0。还经过路由器 R3 的 g0/0/2, 路由器 R2 的 g0/0/1, 带宽为 $10^9 b/s$, 这两个接口按照 cost 计算公式计算结果为 0.1, 但 cost 值不会取小数, 会取整, 此时华为路由器认为千兆以太网接口的 cost 为 1, 所以计算如下: $0+1+1=2$ 。R2 到 4.4.4.4 这条路由的 cost 为 2。

可以用 bandwidth-reference 命令将所有路由器的带宽参考值设为 10 000, 这里的 10 000 单位是 Mb/s。那么一个千兆以太网接口的 cost 就会是 10 了。

也可以直接通过命令“ipospf cost”设置接口的 cost 值。

5.3 子项目 2: 多区域 OSPF

5.3.1 项目目的

通过本项目掌握:

- (1) 在路由器上启动 OSPF 路由进程。
- (2) 启用参与路由协议的接口, 并且通告网络及所在的区域。
- (3) 查看和调试 OSPF 路由协议相关信息。

5.3.2 项目背景

假设你是某集成商的高级技术支持工程师, 现在为某企业设计一个网络, 你选择了使用

OSPF 路由协议来构建。

5.3.3 项目任务

本项目将构建 OSPF 多个区域连接在骨干网络上,图 5.4 为实验拓扑图。

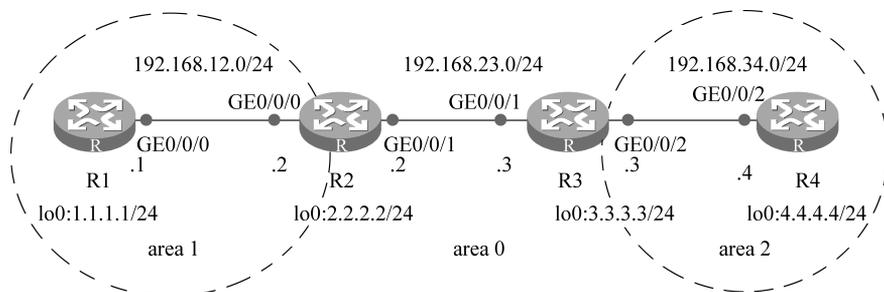


图 5.4 项目 2 拓扑图

5.3.4 项目步骤

步骤 1: 配置路由器 R1。

```
[R1]ospf 1 router-id 1.1.1.1
[R1-ospf-1]area 1
[R1-ospf-1-area-0.0.0.1]network 1.1.1.0 0.0.0.255
[R1-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.11.0 0.0.0.255
```

步骤 2: 配置路由器 R2。

```
[R2]ospf 1 router-id 2.2.2.2
[R2-ospf-1]area 1
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.11.0 0.0.0.255
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1]area 0
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.0 0.0.0.255
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.23.0 0.0.0.255
```

步骤 3: 配置路由器 R3。

```
[R3]ospf 1 router-id 3.3.3.3
[R3-ospf-1]area 0
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.0 0.0.0.255
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.23.0 0.0.0.255
[R3-ospf-1-area-0.0.0.0]area 2
[R3-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.34.0 0.0.0.255
```

步骤 4: 配置路由器 R4。

```
[R4]ospf 1 router-id 4.4.4.4
[R4-ospf-1]area 2
[R4-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.34.0 0.0.0.255
```

```
[R4-ospf-1-area-0.0.0.2]quit
[R4-ospf-1]quit
[R4]ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 LoopBack 0 //在 R4 上配置默认路由
[R4]ospf 1
[R4-ospf-1]default-route-advertise //将默认路由发布到 OSPF 域内
```

步骤 5: 项目调试。

用 display ospf peer 查看 R2 的 OSPF 邻居的详细信息,如图 5.5 所示。Area 0 中 192.168.23.0 网段的 DR 是 192.168.23.2,BDR 是 192.168.23.3。

```
<R2>display ospf peer

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Neighbors

Area 0.0.0.0 interface 192.168.23.2(GigabitEthernet0/0/1)'s neighbors
Router ID: 3.3.3.3      Address: 192.168.23.3
State: Full Mode:Nbr is Master Priority: 1
DR: 192.168.23.2 BDR: 192.168.23.3 MTU: 0
Dead timer due in 29 sec
Retrans timer interval: 5
Neighbor is up for 00:15:45
Authentication Sequence: [ 0 ]

Neighbors

Area 0.0.0.1 interface 192.168.12.2(GigabitEthernet0/0/0)'s neighbors
Router ID: 1.1.1.1      Address: 192.168.12.1
State: Full Mode:Nbr is Slave Priority: 1
DR: 192.168.12.1 BDR: 192.168.12.2 MTU: 0
Dead timer due in 34 sec
Retrans timer interval: 5
Neighbor is up for 00:18:21
Authentication Sequence: [ 0 ]
```

图 5.5 查看 OSPF 邻居信息

可以用 display ospf peer brief 命令查看简要的 OSPF 邻居信息,如图 5.6 所示。可以看到 R2 有两个邻居 3.3.3.3 和 1.1.1.1,都建立了全邻接的关系。

```
<R2>display ospf peer brief

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Peer Statistic Information
-----
Area Id      Interface      Neighbor id    State
0.0.0.0     GigabitEthernet0/0/1    3.3.3.3      Full
0.0.0.1     GigabitEthernet0/0/0    1.1.1.1      Full
-----
```

图 5.6 查看邻居信息

在 R2 上查看路由表,如图 5.7 所示。

在 R2 上查看 OSPF 路由,如图 5.8 所示。

```
//以上输出表明路由器 R2 的路由表中既有直连的路由 2.2.2.2、192.168.11.0、192.168.23.0,
//区域 0 内的路由 3.3.3.3,区域 1 内的 1.1.1.1,又有区域间的路由 192.168.34.0,还有外部区
//域的路由 0.0.0.0,在 R4 上发布默认路由就是为了构造自治系统外的路由
```

在 R1 上 ping 4.4.4.4,如图 5.9 所示,因为各个路由器有完整的路由,所以最远的两个网络之间也连通了。

表 5.1 为本章主要命令汇总。

```

<R2>dis ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
Destinations : 17          Routes : 17

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost           Flags NextHop          Interface
-----
0/0/1              0.0.0.0/0  O_ASE  150  1              D   192.168.23.3       GigabitEthernet
0/0/1              1.1.1.1/32  OSPF   10   1              D   192.168.12.1       GigabitEthernet
0/0/0              2.2.2.0/24  Direct  0    0              D   2.2.2.2            LoopBack0
0/0/0              2.2.2.2/32  Direct  0    0              D   127.0.0.1          LoopBack0
0/0/0              2.2.2.255/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          LoopBack0
0/0/1              3.3.3.3/32  OSPF   10   1              D   192.168.23.3       GigabitEthernet
0/0/1              127.0.0.0/8 Direct  0    0              D   127.0.0.1          InLoopBack0
0/0/1              127.0.0.1/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          InLoopBack0
127.255.255.255/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          InLoopBack0
192.168.12.0/24    Direct  0    0              D   192.168.12.2       GigabitEthernet
0/0/0              192.168.12.2/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0              192.168.12.255/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0              192.168.23.0/24 Direct  0    0              D   192.168.23.2       GigabitEthernet
0/0/1              192.168.23.2/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1              192.168.23.255/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1              192.168.34.0/24 OSPF   10   2              D   192.168.23.3       GigabitEthernet
0/0/1              255.255.255.255/32 Direct  0    0              D   127.0.0.1          InLoopBack0

```

图 5.7 路由表信息

```

<R2>dis ospf routing

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Routing Tables

Routing for Network
Destination      Cost    Type           NextHop          AdvRouter        Area
-----
2.2.2.2/32      0       Stub           2.2.2.2          2.2.2.2          0.0.0.0
192.168.12.0/24 1       Transit        192.168.12.2    2.2.2.2          0.0.0.1
192.168.23.0/24 1       Transit        192.168.23.2    2.2.2.2          0.0.0.0
1.1.1.1/32      1       Stub           192.168.12.1    1.1.1.1          0.0.0.1
3.3.3.3/32      1       Stub           192.168.23.3    3.3.3.3          0.0.0.0
192.168.34.0/24 2       Inter-area     192.168.23.3    3.3.3.3          0.0.0.0

Routing for ASEs
Destination      Cost    Type           Tag              NextHop          AdvRouter
-----
0.0.0.0/0        1       Type2          1                192.168.23.3    4.4.4.4

Total Nets: 7
Intra Area: 5 Inter Area: 1 ASE: 1 NSSA: 0

```

图 5.8 查看 OSPF 路由信息

```

<R1>ping 4.4.4.4
PING 4.4.4.4: 56 data bytes, press CTRL_C to break
Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=1 ttl=253 time=230 ms
Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=2 ttl=253 time=50 ms
Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=3 ttl=253 time=30 ms
Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=4 ttl=253 time=30 ms
Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=5 ttl=253 time=40 ms

--- 4.4.4.4 ping statistics ---
5 packet(s) transmitted
5 packet(s) received
0.00% packet loss
round-trip min/avg/max = 30/76/230 ms

```

图 5.9 验证连通性

表 5.1 命令汇总

命 令	作 用
[R3]ospf 1 router-id 3.3.3.3 [R3-ospf-1]area 0 [R3-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.0 0.0.0.255	进入 OSPF 进程 1,并指定 router-id 为 3.3.3.3 进入区域 0 通告 3.3.3.0 网络
display ip routing-table	声明网段和区域
display ospf routing	查看路由表
display ospf peer display ospf peer brief	查看 OSPF 进程及其细节

习题

1. 为什么没有生成相应的路由条目?
2. 将拓扑保存了,但是再次打开的时候,所有的配置都消失了,可能的原因是什么?
3. 怎样能查看接口的 cost 值呢?
4. 如果其中一条 network 命令输错了,想要删掉,怎么办?
5. 为什么不能进入 loopback 0 接口? 排查可能的原因。
6. 实践没有成功,该如何着手排查错误呢?
7. 路由 OSPF 协议配置为什么要用反掩码?

第6章

虚拟局域网VLAN项目



在线习题



理论讲解

6.1 VLAN 简介



理论讲解

虚拟局域网(Virtual LAN, VLAN)是交换机端口的逻辑组合。VLAN 工作在 OSI 的第二层,一个 VLAN 就是一个广播域,VLAN 之间的通信是通过第三层的路由器来完成的。如图 6.1 所示,公司的销售部、工程部和财务部相互独立,分成三个不同的 VLAN。同一部门之间,即同一 VLAN 间的通信,直接通过交换机实现。不同部门之间,即不同 VLAN 间的通信,则需要三层设备路由器来完成。

VLAN 具有以下优点。

(1) 控制网络的广播风暴。采用 VLAN 技术,可将某个交换端口划到某个 VLAN 中,而一个 VLAN 的广播风暴不会影响其他 VLAN 的性能。

(2) 确保网络安全。共享式局域网之所以很难保证网络的安全性,是因为只要用户插入一个活动端口,就能访问网络。而 VLAN 能限制个别用户的访问,控制广播组的大小和位置,甚至能锁定某台设备的 MAC 地址,因此,VLAN 能确保网络的安全性。

(3) 简化网络管理。网络管理员能借助于 VLAN 技术轻松管理整个网络。例如,需要为完成某个项目建立一个工作组网络,其成员可能遍及全国或全世界,此时,网络管理员只需设置几条命令,就能在几分钟内建立该项目的 VLAN,其成员使用 VLAN,就像在本地使用局域网一样。

VLAN 的分类主要有以下几种。

(4) 基于端口的 VLAN。基于端口的 VLAN 是划分虚拟局域网最简单也是最有效的方法,这实际上是某些交换端口的集合,网络管理员只需要管理和配置交换端口,而不管交换端口连接什么设备。

(5) 基于 MAC 地址的 VLAN。由于只有网卡才分配有 MAC 地址,因此按 MAC 地址来划分 VLAN 实际上是将某些工作站和服务器划属于某个 VLAN。事实上,该 VLAN 是一些 MAC 地址的集合。当设备移动时,VLAN 能够自动识别。网络管理需要管理和配置

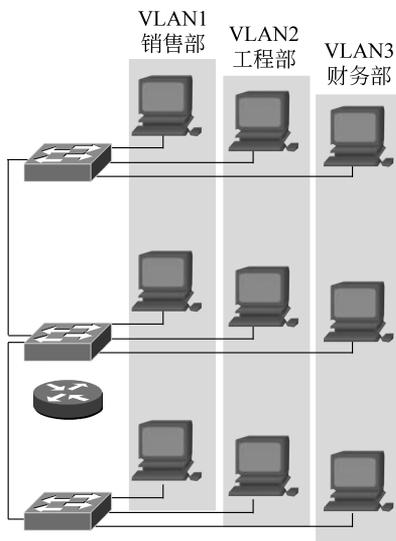


图 6.1 VLAN 示意图