

项目 3 企业园区边缘网络设计与实施

项目描述

鉴于业务发展的需要，某企业计划对综合楼、1 号办公楼和 2 号办公楼的网络系统进行全面升级与重建。新网络架构将采用 OSPF，以实现综合楼与两个办公楼的网络互联。同时，2 号办公楼与 3 号办公楼的原有网络将采用 RIP 进行连接。

鉴于 1 号办公楼与 2 号办公楼各自独特的定位与实际需求，该企业决定将 1 号办公楼的网络配置为边缘网络，其出口链路仅连接到综合楼，以减少路由器所需处理的路由信息量，提高网络效率；而将 2 号办公楼在作为边缘网络的同时，引入必要的外部区域路由信息，以确保 3 号办公楼的网络能正常接入新网络。

项目拓扑结构如图 3-1 所示。

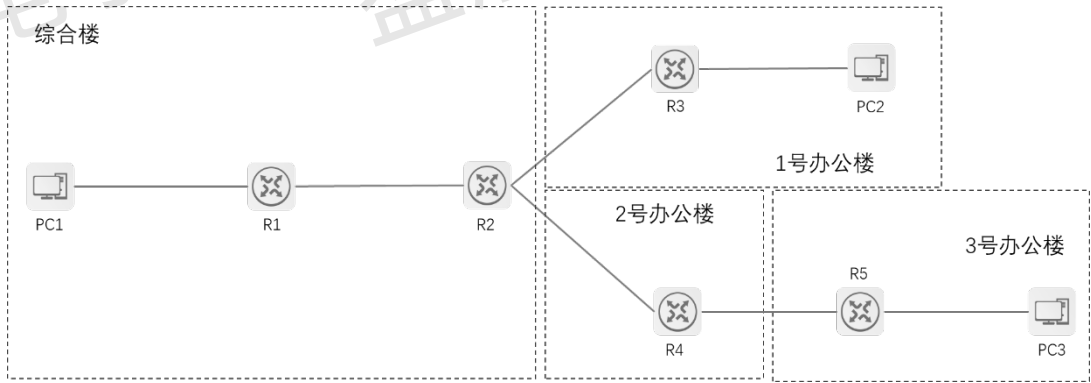


图 3-1 项目拓扑结构

项目相关知识

3.1 OSPF 网络类型

OSPF 定义了 4 种网络类型：BMA（Broadcast Multiple Access，广播多路访问）、NBMA（Non-Broadcast Multiple Access，非广播多路访问）、P2P（Point-to-Point，点对点）、P2MP（Point-to-Multiple Point，点对多点）。在默认情况下，OSPF 会根据接口的数据链路层封装协议自动调整接口的 OSPF 网络类型。而在不同类型的网络上，OSPF 的运行机制存在着一些差异，如表 3-1 所示。

表 3-1 不同类型的网络上 OSPF 的运行机制的差异

网络类型	接口的封装类型	DR/BDR 的选举	Hello 间隔	邻居发现方式	在直连链路中允许存在的路由器个数	Dead 时间
BMA	以太网	是	10 秒	自动发现	≥ 2	40 秒
NBMA	帧中继	是	30 秒	手动配置	=2	120 秒
P2P	PPP、HDLC	否	10 秒	自动发现	≥ 2	40 秒
P2MP	手动配置	否	30 秒	自动发现	≥ 2	120 秒

1. BMA

当路由器接口的封装类型为以太网时，在默认情况下，OSPF 网络类型是 BMA。在 BMA 网络中，DR 通常以单播形式发送 DD 报文和 LSR 报文，以组播形式发送 Hello 报文、LSU 报文和 LSAck 报文。其中，所有 OSPF 路由器都会侦听组播地址 224.0.0.5，仅 DR 和 BDR 侦听组播地址 224.0.0.6。

2. NBMA

当路由器接口的封装类型为帧中继时，在默认情况下，OSPF 网络类型是 NBMA。在 NBMA 网络中，不能发送广播报文和组播报文，所有报文都以单播形式发送，且需要手动配置 OSPF 邻居。

3. P2P

当路由器接口的封装类型为 PPP（Point to Point Protocol，点对点协议）和 HDLC

(High-level Data Link Control, 高级数据链路控制) 时, 在默认情况下, OSPF 网络类型是 P2P。在 P2P 网络中, 不用进行 DR 和 BDR 的选举, 相连的路由器能直接建立邻居关系。OSPF 的所有报文都以组播形式 (组播地址为 224.0.0.5) 发送, 在默认情况下, 会以 10 秒为周期发送 Hello 报文。

4. P2MP

P2MP 网络比较特殊, 必须是由其他类型的网络强制更改而来的。通常将 NBMA 网络改为 P2MP 网络。在 P2MP 网络中, 通常以组播形式 (组播地址为 224.0.0.5) 发送 Hello 报文, 以单播形式发送 DD 报文、LSR 报文、LSU 报文、LSAck 报文。

3.2 LSA 类型

OSPF 中的 LSA 是用于交换路由信息的核心部分。LSA 允许路由器了解整个网络的拓扑结构, 并根据这些信息计算出最优路径。LSA 有以下几种类型。

1. 类型 1: Router LSA (路由器 LSA)

功能: 描述生成它的路由器的接口和邻居关系。

范围: 在一个区域内传播。

生成: 除了末节区域网络和虚链路, 每个 OSPF 路由器都会为自己的接口生成 Router LSA。

结构: 包括路由器的接口数量、各接口的 IP 地址和子网掩码, 以及与相邻路由器之间的链路状态。

2. 类型 2: Network LSA (网络 LSA)

功能: 描述一个多接入网络和连接到该网络的所有路由器。

范围: 在一个区域内传播。

生成: 由该网络的 DR 生成。

结构: 包括网络的 IP 地址、子网掩码, 以及连接到该网络的路由器的 Router ID。

3. 类型 3: Summary LSA (汇总 LSA)

功能: 在多个 OSPF 区域之间传播路由信息。

范围: 在多个区域之间传播, 但不跨越整个 AS。

生成: 由 ABR 生成。

结构: 包括目标网络的 IP 地址和子网掩码、到达目的地的成本, 以及生成 LSA 的 ABR 的 Router ID。

4. 类型 4: ASBR Summary LSA (ASBR 汇总 LSA)

功能: 指示到达 ASBR (自治系统边界路由器) 的路径。

范围: 在多个区域之间传播, 但不跨越整个 AS。

生成: 由 ABR 生成。

结构: 包括 ASBR 的 IP 地址、到达 ASBR 的成本, 以及生成 LSA 的 ABR 的 Router ID。

5. 类型 5: External LSA (外部 LSA)

功能: 在 OSPF 的 AS 中传播外部路由。

范围: 在整个 AS 中传播。

生成: 由 ASBR 生成。

结构: 包括外网的 IP 地址和子网掩码、到达外网的成本、ASBR 的 Router ID, 以及外部路由的来源。

6. 类型 6: MOSPF LSA (Multicast OSPF LSA, 组播 OSPF LSA)

功能: 用于 OSPF 组播路由信息的传递。

范围: 在一个区域内传播。

生成: 由支持组播路由信息的路由器生成。

结构: 包括组播组的 IP 地址和子网掩码、相关的接口信息等。

7. 类型 7: NSSA External LSA (NSSA 外部 LSA)

功能: 在非完全末节区域内传播外部路由。

范围: 在非完全末节区域内传播, 不进入标准区域。

生成: 由非完全末节区域内的 ASBR 生成。

结构: 与 Type 5 LSA 类似, 但包括额外的非完全末节区域的特定信息。

8. 类型 8: Link LSA (链路 LSA)

功能: 在 OSPFv3 (OSPF for IPv6) 中描述路由器的接口和邻居关系。

范围: 在一个区域内传播。

生成: 由支持 OSPFv3 的路由器生成。

结构: 与 IPv4 的 Router LSA 类似, 但用于 IPv6 地址。

9. 类型 9: Intra-Area-Prefix LSA

功能: 在 OSPFv3 中用于传播 IPv6 网络的前缀信息。

范围: 在一个区域内传播。

生成: 由支持 OSPFv3 的路由器生成。

结构: 包括 IPv6 网络的前缀信息和相关的链路状态信息。

注意，上述类型 8 和类型 9 是专门为 OSPFv3 定义的，而其他类型则用于 OSPFv2 (OSPF for IPv4)。每种 LSA 都包含特定信息，这些信息对于理解路由器和构建网络拓扑结构至关重要。通过了解 LSA 类型，网络工程师可以有效地进行 OSPF 网络的故障排除和优化。

3.3 路由类型

AS 的区域内路由和区域间路由描述的是 AS 内的网络结构，AS 的外部路由则描述的是应该如何选择到 AS 以外目的 IP 地址的路由信息。OSPF 将引入的 AS 的外部路由分为 Type1 和 Type2 两类。下面按路由类型优先级从高到低分别介绍。

区域内路由 (Intra Area Route)：区域内路由指的是路由器根据区域内泛洪的 Type-1、Type-2 LSA 计算得到的路由。使用这类路由，路由器可以到达其直连区域的网段。

区域间路由 (Inter Area Route)：区域间路由指的是路由器根据 Type-3 LSA 计算得到的路由。使用这类路由，路由器可以到达其他区域的网段。

第一类外部路由 (Type1 External Route)：第一类外部路由指的是路由器根据 Type-5 LSA (Metric-Type-1) 计算得到的外部路由。因为第一类外部路由的可信度较高，所以其计算出的外部路由的开销与 AS 中路由的开销是相当的，且和 OSPF 自身路由的开销具有可比性。因此，第一类外部路由的开销 = 本设备到相应的 ASBR 的开销 + ASBR 到该路由目的 IP 地址的开销。

第二类外部路由 (Type2 External Route)：第二类外部路由指的是路由器根据 Type-5 LSA (Metric-Type-2) 计算得到的外部路由。因为第二类外部路由的可信度较低，所以 OSPF 认为从 ASBR 到 AS 外的开销远远大于在 AS 中到 ASBR 的开销。因此，OSPF 计算路由的开销时只考虑从 ASBR 到 AS 外的开销，即到第二类外部路由的开销 = ASBR 到该路由目的 IP 地址的开销。

3.4 OSPF 特殊区域

1. 末节区域

在 OSPF 网络中，若某个区域位于整个 AS 的边缘，且不运行其他路由协议，则可以将该区域配置为末节 (Stub) 区域。末节区域的 ABR 仅允许发布区域内路由和区域间路由，而不允许发布所接收的 AS 外的路由信息。这种配置可以显著减小末节区域内路由表的规模及减少路由信息的传递数量。为了确保 AS 外的路由信息的可达性，末节区域的 ABR 会采用 Summary LSA 生成并发布一条默认路由信息，供末节区域内的其他非 ABR 使用。以下是末节区域的主要特点。

- (1) 不允许 External LSA 在该区域内泛洪（该区域内没有 External LSA）。
- (2) 不会产生 ASBR Summary LSA。
- (3) 存在 Summary LSA，ABR 会自动产生一条 Summary LSA 的默认路由信息，用于访问外网。
- (4) 外部路由振荡不会波及末节区域。

2. 完全末节区域

在末节区域的基础上，完全末节区域（Totally Stub）的 IR（Internal Router，内部路由器）处理 LSA 的数量得到了进一步优化。在完全末节区域内只允许出现 Router LSA 和 Network LSA，不允许出现 Summary LSA、ASBR Summary LSA 和 External LSA。同时，ABR 会向本区域发送一条默认路由信息，以确保其他区域的路由信息的可达性。

3. 非完全末节区域

非完全末节区域（Not-So-Stubby Area，NSSA）是特殊的末节区域。在非完全末节区域内，会阻挡 OSPF 的其他区域传递过来的 ASBR Summary LSA 和 External LSA，但是允许在本区域内的路由器上进行路由信息的重分布，被引入的外部路由会以 NSSA External LSA 描述。

非完全末节区域有以下特点。

- (1) 不允许 External LSA 泛洪，即没有 External LSA。
- (2) 不会产生 ASBR Summary LSA。
- (3) 存在 Summary LSA，且不会生成默认的 Summary LSA。
- (4) 与末节区域相比，允许 ASBR 引入外部路由，但是引入的外部路由会以 NSSA External LSA 描述。
- (5) 产生一条 NSSA External LSA 的默认路由信息去访问外网。

4. 完全非完全末节区域

与非完全末节区域相比，完全非完全末节区域（Totally NSSA）增加了一条限制，即在本区域内不允许产生 Summary LSA，会自动生成一条默认的 Summary LSA。

项目规划设计

本项目计划使用 5 台路由器和 3 台主机构建企业局域网。其中，R1 与 R2 作为园区网络的核心，计划使用骨干区域，R1 与 PC1 计划使用 Area 1；R3 与 R2 计划使用 Area 2；R4 与 R2 计划使用 Area 3；R4 与 R5 计划使用 RIP 互联。此外，计划将 Area 2 配置为末

节区域，确保不受其他区域路由信息的干扰；计划将 Area 3 配置为非完全末节区域，仅引入必要的外部区域路由信息。

其具体配置步骤如下。

- (1) 部署 OSPF 基础网络，实现综合楼与 1 号办公楼的网络互联。
- (2) 部署末节区域，实现综合楼与 1 号办公楼的路由信息简化，提高路由器的工作效率。
- (3) 部署 OSPF 与 RIP 网络，实现 2 号办公楼与 3 号办公楼的网络互联。
- (4) 部署非完全末节区域，实现综合楼和 2 号办公楼、3 号办公楼的网络互联。

项目实施拓扑结构如图 3-2 所示。

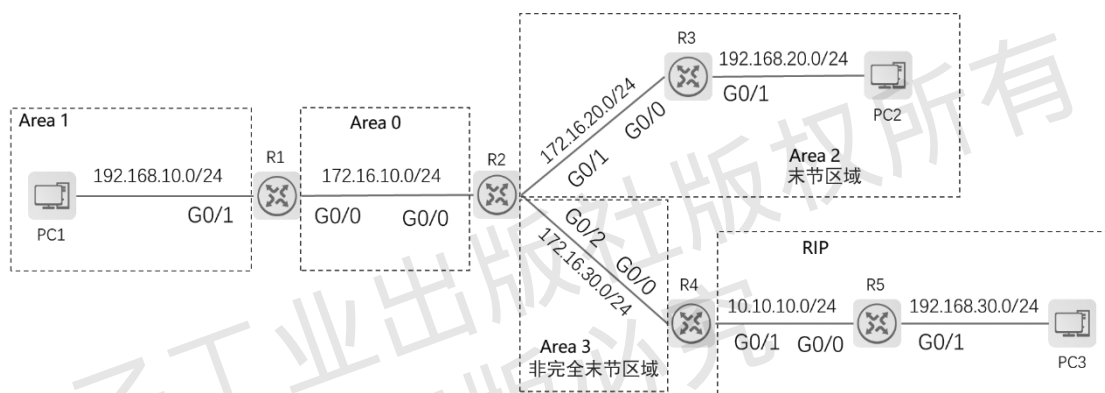


图 3-2 项目实施拓扑结构

根据图 3-2 进行项目 3 的所有规划。项目 3 的端口规划、IP 地址规划、Router ID 规划如表 3-2~表 3-4 所示。

表 3-2 项目 3 的端口规划

本端设备	本端端口	端口配置	对端设备	对端端口
R1	G0/0	-	R2	G0/0
	G0/1	-	PC1	Eth1
R2	G0/0	-	R1	G0/0
	G0/1	-	R3	G0/0
	G0/2	-	R4	G0/0
R3	G0/0	-	R2	G0/1
	G0/1	-	PC2	Eth1
R4	G0/0	-	R2	G0/2
	G0/1	-	R5	G0/0
R5	G0/0	-	R4	G0/1
	G0/1	-	PC3	Eth1

表 3-3 项目 3 的 IP 地址规划

设备	接口	IP 地址	用途
R1	G0/0	172.16.10.2/24	设备互联网段
	G0/1	192.168.10.254/24	用户网段网关
R2	G0/0	172.16.10.1/24	设备互联网段
	G0/1	172.16.20.1/24	设备互联网段
	G0/2	172.16.30.1/24	设备互联网段
R3	G0/0	172.16.20.2/24	设备互联网段
	G0/1	192.168.20.254/24	用户网段网关
R4	G0/0	172.16.30.2/24	设备互联网段
	G0/1	10.10.10.1/24	设备互联网段
R5	G0/0	10.10.10.2/24	设备互联网段
	G0/1	192.168.30.254/24	用户网段网关
PC1	Eth1	192.168.10.1/24	用户网段地址
PC2	Eth1	192.168.20.1/24	用户网段地址
PC3	Eth1	192.168.30.1/24	用户网段地址

表 3-4 项目 3 的 Router ID 规划

设备	Router ID	用途
R1	1.1.1.1	R1 的 Router ID
R2	2.2.2.2	R2 的 Router ID
R3	3.3.3.3	R3 的 Router ID
R4	4.4.4.4	R4 的 Router ID
R5	5.5.5.5	R5 的 Router ID

项目实践

任务 3-1 部署 OSPF 基础网络

► 任务描述

实施本任务的目的是实现综合楼与 1 号办公楼的网络互联。本任务的配置包括以下

内容。

- (1) IP 地址配置：为路由器配置 IP 地址。
- (2) OSPF 多区域配置：在路由器上配置 OSPF，使园区网络互联。

➤ 任务操作

1. IP 地址配置

- (1) 在 R1 上配置 IP 地址。

```
Ruijie>enable // 进入特权模式
Ruijie#config terminal // 进入全局模式
Ruijie(config)#hostname R1 // 将路由器名称更改为 R1
R1(config)#interface GigabitEthernet 0/0 // 进入 G0/0 接口
R1(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 172.16.10.2 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R1(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit // 退出
R1(config)#interface GigabitEthernet 0/1 // 进入 G0/1 接口
R1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 192.168.10.254 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit // 退出
R1(config)#interface loopback 0 // 进入 Loopback 0 接口
R1(config-if-Loopback 0)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.255 // 配置 IP 地址
R1(config-if-Loopback 0)#exit // 退出
```

- (2) 在 R2 上配置 IP 地址。

```
Ruijie>enable // 进入特权模式
Ruijie#config terminal // 进入全局模式
Ruijie(config)#hostname R2 // 将路由器名称更改为 R2
R2(config)#interface GigabitEthernet 0/0 // 进入 G0/0 接口
R2(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 172.16.10.1 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R2(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit // 退出
R2(config)#interface GigabitEthernet 0/1 // 进入 G0/1 接口
R2(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 172.16.20.1 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R2(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit // 退出
R2(config)#interface GigabitEthernet 0/2 // 进入 G0/2 接口
R2(config-if-GigabitEthernet 0/2)#ip address 172.16.30.1 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R2(config-if-GigabitEthernet 0/2)#exit // 退出
R2(config)#interface loopback 0 // 进入 Loopback 0 接口
R2(config-if-Loopback 0)#ip address 2.2.2.2 255.255.255.255 // 配置 IP 地址
R2(config-if-Loopback 0)#exit // 退出
```

- (3) 在 R3 上配置 IP 地址。

```
Ruijie>enable // 进入特权模式
Ruijie#config terminal // 进入全局模式
Ruijie(config)#hostname R3 // 将路由器名称更改为 R3
```

```

R3(config)#interface GigabitEthernet 0/0           // 进入 G0/0 接口
R3(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 172.16.20.2 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R3(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit             // 退出
R3(config)#interface GigabitEthernet 0/1           // 进入 G0/1 接口
R3(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 192.168.20.254 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R3(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit             // 退出
R3(config)#interface loopback 0                    // 进入 Loopback 0 接口
R3(config-if-Loopback 0)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.255 // 配置 IP 地址
R3(config-if-Loopback 0)#exit                      // 退出

```

(4) 在 R4 上配置 IP 地址。

```

Ruijie>enable // 进入特权模式
Ruijie#config terminal // 进入全局模式
Ruijie(config)#hostname R4 // 将路由器名称更改为 R4
R4(config)#interface GigabitEthernet 0/0 // 进入 G0/0 接口
R4(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 172.16.30.2 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R4(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit // 退出
R4(config)#interface GigabitEthernet 0/1 // 进入 G0/1 接口
R4(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 10.10.10.1 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R4(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit // 退出
R4(config)#interface loopback 0 // 进入 Loopback 0 接口
R4(config-if-Loopback 0)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.255 // 配置 IP 地址
R4(config-if-Loopback 0)#exit // 退出

```

(5) 在 R5 上配置 IP 地址。

```

Ruijie>enable // 进入特权模式
Ruijie#config terminal // 进入全局模式
Ruijie(config)#hostname R5 // 将路由器名称更改为 R5
R5(config)#interface GigabitEthernet 0/0 // 进入 G0/0 接口
R5(config-if-GigabitEthernet 0/0)#ip address 10.10.10.2 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R5(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit // 退出
R5(config)#interface GigabitEthernet 0/1 // 进入 G0/1 接口
R5(config-if-GigabitEthernet 0/1)#ip address 192.168.30.254 255.255.255.0 // 配置 IP 地址
R5(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit // 退出
R5(config)#interface loopback 0 // 进入 Loopback 0 接口
R5(config-if-Loopback 0)#ip address 5.5.5.5 255.255.255.255 // 配置 IP 地址
R5(config-if-Loopback 0)#exit // 退出

```

2. OSPF 多区域配置

(1) 在 R1 上配置 OSPF，并宣告网段。

```

R1(config)#router ospf 1 // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1 // 配置 Router ID
R1(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 1 // 宣告网段为 192.168.10.0/24，区域号为 1
R1(config-router)#network 172.16.10.0 0.0.0.255 area 0 // 宣告网段为 172.16.10.0/24，区域号为 0

```

```
R1(config-router)#network 1.1.1.1 0.0.0.0 area 1
R1(config-router)#exit // 退出
```

(2) 在 R2 上配置 OSPF，并宣告网段。

```
R2(config)#router ospf 1 // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2 // 配置 Router ID
R2(config-router)#network 172.16.10.0 0.0.0.255 area 0 // 宣告网段为 172.16.10.0/24，区域号为 0
R2(config-router)#network 172.16.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 172.16.20.0/24，区域号为 2
R2(config-router)#network 172.16.30.0 0.0.0.255 area 3 // 宣告网段为 172.16.30.0/24，区域号为 3
R2(config-router)#network 2.2.2.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#exit // 退出
```

(3) 在 R3 上配置 OSPF，并宣告网段。

```
R3(config)#router ospf 1 // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3 // 配置 Router ID
R3(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 192.168.20.0/24，区域号为 2
R3(config-router)#network 172.16.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 172.16.20.0/24，区域号为 2
R3(config-router)#network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 2
R3(config-router)#exit // 退出
```

➤ 任务验证

(1) 在 R2 上使用【show ip route】命令查看路由表。

```
R2#show ip route
```

```
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static
        R - RIP, O - OSPF, B - BGP, I - IS-IS, V - Overflow route
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        SU - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        IA - Inter area, EV - BGP EVPN, A - Arp to host
        LA - Local aggregate route
        * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is no set
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/1] via 172.16.10.2, 00:42:33, GigabitEthernet 0/0
C     2.2.2.2/32 is local host.
O     3.3.3.3/32 [110/1] via 172.16.20.2, 00:42:17, GigabitEthernet 0/1
C     172.16.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C     172.16.10.1/32 is local host.
C     172.16.20.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C     172.16.20.1/32 is local host.
C     172.16.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/2
C     172.16.30.1/32 is local host.
```

```
O IA 192.168.10.0/24 [110/2] via 172.16.10.2, 00:42:33, GigabitEthernet 0/0
O    192.168.20.0/24 [110/2] via 172.16.20.2, 00:42:17, GigabitEthernet 0/1
```

可以看到，R2 的路由表中记录的路由信息。

(2) 在 R3 上使用【show ip route】命令查看路由表。

```
R3#show ip route
```

```
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static
        R - RIP, O - OSPF, B - BGP, I - IS-IS, V - Overflow route
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        SU - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        IA - Inter area, EV - BGP EVPN, A - Arp to host
        LA - Local aggregate route
        * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is no set
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 172.16.20.1, 00:41:47, GigabitEthernet 0/0
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 172.16.20.1, 00:41:47, GigabitEthernet 0/0
C    3.3.3.3/32 is local host.
O IA 172.16.10.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:41:47, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.20.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.20.2/32 is local host.
O IA 172.16.30.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:00:14, GigabitEthernet 0/0
O IA 192.168.10.0/24 [110/3] via 172.16.20.1, 00:41:47, GigabitEthernet 0/0
C    192.168.20.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.20.254/32 is local host.
```

可以看到，R3 的路由表中记录的路由信息。

(3) 在 R2 上使用【show ip route ospf】命令查看 OSPF 路由表。

```
R2#show ip route ospf
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/1] via 172.16.10.2, 00:03:58, GigabitEthernet 0/0
O    3.3.3.3/32 [110/1] via 172.16.20.2, 00:03:56, GigabitEthernet 0/1
O IA 192.168.10.0/24 [110/2] via 172.16.10.2, 00:03:58, GigabitEthernet 0/0
O    192.168.20.0/24 [110/2] via 172.16.20.2, 00:03:56, GigabitEthernet 0/1
```

可以看到，R2 的路由表中记录的 OSPF 路由信息。

(4) 在 R3 上使用【show ip route ospf】命令查看 OSPF 路由表。

```
R3#show ip route ospf
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 172.16.20.1, 00:05:54, GigabitEthernet 0/0
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 172.16.20.1, 00:05:59, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.10.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:05:59, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.30.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:05:59, GigabitEthernet 0/0
O IA 192.168.10.0/24 [110/3] via 172.16.20.1, 00:05:54, GigabitEthernet 0/0
```

可以看到，R3 的路由表中记录的 OSPF 路由信息。

任务 3-2 部署末节区域

任务描述

实施本任务的目的是实现综合楼与 1 号办公楼的路由信息简化，提高路由器的工作效率。本任务的配置包括以下内容。

在 R2 和 R3 上配置 OSPF 的末节区域。

任务操作

(1) 在 R2 上配置 OSPF 的末节区域。

```
R2(config)#router ospf 1           // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R2(config-router)#area 2 stub      // 将 Area 2 配置为末节区域
R2(config-router)#network 172.16.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 172.16.20.0/24，区域号为 2
R2(config-router)#exit             // 退出
```

(2) 在 R3 上配置 OSPF 的末节区域。

```
R3(config)#router ospf 1           // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R3(config-router)#area 2 stub      // 将 Area 2 配置为末节区域
R3(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 192.168.20.0/24，区域号为 2
R3(config-router)#network 172.16.20.0 0.0.0.255 area 2 // 宣告网段为 172.16.20.0/24，区域号为 2
R3(config-router)#network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 2
R3(config-router)#exit             // 退出
```

任务验证

(1) 在 R3 上使用【show ip route ospf】命令查看 OSPF 路由表。

```
R3(config-router)#show ip route ospf
O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.10.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.30.0/24 [110/2] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
O IA 192.168.10.0/24 [110/3] via 172.16.20.1, 00:06:52, GigabitEthernet 0/0
```

可以看到，R3 的 OSPF 路由表中多了一条 OIA 的默认路由信息。

(2) 在 R2 上使用【show ip route ospf】命令查看 OSPF 路由表。

```
R2#show ip route ospf
O IA 1.1.1.1/32 [110/1] via 172.16.10.2, 00:27:42, GigabitEthernet 0/0
```

```
O    3.3.3.3/32 [110/1] via 172.16.20.2, 00:18:26, GigabitEthernet 0/1
O IA 192.168.10.0/24 [110/2] via 172.16.10.2, 00:27:42, GigabitEthernet 0/0
O    192.168.20.0/24 [110/2] via 172.16.20.2, 00:18:26, GigabitEthernet 0/1
```

可以看到，R2 的 OSPF 路由表无变化。

任务 3-3 部署 OSPF 与 RIP 网络

► 任务描述

实施本任务的目的是实现 2 号办公楼与 3 号办公楼的网络互联。本任务的配置包括以下内容。

在 R4 上配置 OSPF 和 RIP，在 R5 上配置 RIP。

► 任务操作

(1) 在 R4 上配置 OSPF 和 RIP。

```
R4(config)#router ospf 1           // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4 // 配置 Router ID
R4(config-router)#network 172.16.30.0 0.0.0.255 area 3 // 宣告网段为 172.16.30.0/24，区域号为 3
R4(config-router)#network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 3
R4(config-router)#redistribute rip subnets // 把 RIP 路由信息重分布到 OSPF 中
R4(config-router)#exit             // 退出
R4(config)#router rip              // 创建 RIP 进程
R4(config-router)#version 2        // 启用 RIPv2
R4(config-router)#no auto-summary // 关闭自动汇总功能
R4(config-router)#network 10.0.0.0 // 宣告网段为 10.0.0.0
R4(config-router)#redistribute ospf 1 // 把 OSPF 路由信息重分布到 RIP 中
R4(config-router)#exit             // 退出
```

(2) 在 R5 上配置 RIP。

```
R5(config)#router rip           // 创建 RIP 进程
R5(config-router)#version 2     // 启用 RIPv2
R5(config-router)#no auto-summary // 关闭自动汇总功能
R5(config-router)#network 10.0.0.0 // 宣告网段为 10.0.0.0
R5(config-router)#network 192.168.30.0 // 宣告网段为 192.168.30.0
R5(config-router)#exit          // 退出
```

► 任务验证

(1) 在 R4 上使用【show ip route】命令查看路由表。

```
R4#show ip route
```

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static
 R - RIP, O - OSPF, B - BGP, I - IS-IS, V - Overflow route
 N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
 SU - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
 IA - Inter area, EV - BGP EVPN, A - Arp to host
 LA - Local aggregate route
 * - candidate default

Gateway of last resort is no set

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
O IA 3.3.3.3/32 [110/2] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
C    4.4.4.4/32 is local host.
C    10.10.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    10.10.10.1/32 is local host.
O IA 172.16.10.0/24 [110/2] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.20.0/24 [110/2] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.30.2/32 is local host.
O IA 192.168.10.0/24 [110/3] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
O IA 192.168.20.0/24 [110/3] via 172.16.30.1, 00:04:34, GigabitEthernet 0/0
R    192.168.30.0/24 [120/1] via 10.10.10.2, 00:04:40, GigabitEthernet 0/1
```

可以看到，R4 的路由表中记录的路由信息。

(2) 在 R5 上使用【show ip route】命令查看路由表。

R5#show ip route

Codes: C - Connected, L - Local, S - Static
 R - RIP, O - OSPF, B - BGP, I - IS-IS, V - Overflow route
 N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
 SU - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
 IA - Inter area, EV - BGP EVPN, A - Arp to host
 LA - Local aggregate route
 * - candidate default

Gateway of last resort is no set

```
R    1.1.1.1/32 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    2.2.2.2/32 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    3.3.3.3/32 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    4.4.4.4/32 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:57, GigabitEthernet 0/0
```

```

C    5.5.5.5/32 is local host.
C    10.10.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    10.10.10.2/32 is local host.
R    172.16.10.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    172.16.20.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    172.16.30.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:57, GigabitEthernet 0/0
R    192.168.10.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
R    192.168.20.0/24 [120/1] via 10.10.10.1, 00:05:51, GigabitEthernet 0/0
C    192.168.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.30.254/32 is local host.

```

可以看到，R5 的路由表中记录的路由信息。

任务 3-4 部署非完全末节区域

➤ 任务描述

实施本任务的目的是实现综合楼和 2 号办公楼、3 号办公楼的网络互联。本任务的配置包括以下内容。

在 R2 和 R4 上配置 OSPF 的非完全末节区域。

➤ 任务操作

(1) 在 R2 上配置 OSPF 的非完全末节区域。

```

R2(config)#router ospf 1           // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R2(config-router)#area 3 nssa      // 将 Area 3 配置为非完全末节区域
network 172.16.30.0 0.0.0.255 area 3 // 宣告网段为 172.16.30.0/24，区域号为 3
R2(config-router)#exit             // 退出

```

(2) 在 R4 上配置 OSPF 的非完全末节区域。

```

R4(config)#router ospf 1           // 创建进程号为 1 的 OSPF 进程
R4(config-router)#area 3 nssa      // 将 Area 3 配置为非完全末节区域
R4(config-router)#network 172.16.30.0 0.0.0.255 area 3 // 宣告网段为 172.16.30.0/24，区域号为 3
R4(config-router)#network 4.4.4.4 0.0.0.0 area 3
R4(config-router)#exit             // 退出

```

➤ 任务验证

(1) 在 R2 上使用【show ip route ospf】命令查看 OSPF 路由表。

```

R2(config-router)#show ip route ospf
O IA 1.1.1.1/32 [110/1] via 172.16.10.2, 00:17:28, GigabitEthernet 0/0
O    3.3.3.3/32 [110/1] via 172.16.20.2, 00:17:22, GigabitEthernet 0/1

```

```
O    4.4.4.4/32 [110/1] via 172.16.30.2, 00:04:16, GigabitEthernet 0/2
O N2 10.10.10.0/24 [110/20] via 172.16.30.2, 00:04:16, GigabitEthernet 0/2
O IA 192.168.10.0/24 [110/2] via 172.16.10.2, 00:17:28, GigabitEthernet 0/0
O    192.168.20.0/24 [110/2] via 172.16.20.2, 00:17:22, GigabitEthernet 0/1
O N2 192.168.30.0/24 [110/20] via 172.16.30.2, 00:04:16, GigabitEthernet 0/2
```

可以看到，OSPF 路由表中多了两条从 OSPF 区域外引入的路由信息。

(2) 在 R4 上使用【show ip route】命令查看路由表。

```
R4#show ip route
```

```
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static
        R - RIP, O - OSPF, B - BGP, I - IS-IS, V - Overflow route
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
        SU - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
        IA - Inter area, EV - BGP EVPN, A - Arp to host
        LA - Local aggregate route
        * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is no set
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
O IA 3.3.3.3/32 [110/2] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
C    4.4.4.4/32 is local host.
C    10.10.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    10.10.10.1/32 is local host.
O IA 172.16.10.0/24 [110/2] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
O IA 172.16.20.0/24 [110/2] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    172.16.30.2/32 is local host.
O IA 192.168.10.0/24 [110/3] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
O IA 192.168.20.0/24 [110/3] via 172.16.30.1, 00:17:38, GigabitEthernet 0/0
R    192.168.30.0/24 [120/1] via 10.10.10.2, 00:26:26, GigabitEthernet 0/1
```

可以看到，R4 的路由表无变化。

项目验证

(1) 使用【ping】命令验证 PC1 与 PC2 能否正常通信。

```
PC1>ping 192.168.20.1
```

正在 Ping 192.168.20.1 具有 32 字节的数据：
 来自 192.168.20.1 的回复：字节 =32 时间 =2ms TTL=64
 来自 192.168.20.1 的回复：字节 =32 时间 =3ms TTL=64
 来自 192.168.20.1 的回复：字节 =32 时间 =2ms TTL=64
 来自 192.168.20.1 的回复：字节 =32 时间 =2ms TTL=64

192.168.20.1 的 Ping 统计信息：
 数据包：已发送 = 4，已接收 = 4，丢失 = 0 (0% 丢失)，
 往返行程的估计时间 (以毫秒为单位)：
 最短 = 2ms，最长 = 3ms，平均 = 2ms

可以看到，PC1 与 PC2 能正常通信。

(2) 使用【ping】命令验证 PC1 与 PC3 能否正常通信。

PC1>ping 192.168.30.1

正在 Ping 192.168.30.1 具有 32 字节的数据：
 来自 192.168.30.1 的回复：字节 =32 时间 =2ms TTL=64
 来自 192.168.30.1 的回复：字节 =32 时间 =3ms TTL=64
 来自 192.168.30.1 的回复：字节 =32 时间 =3ms TTL=64
 来自 192.168.30.1 的回复：字节 =32 时间 =3ms TTL=64

192.168.30.1 的 Ping 统计信息：
 数据包：已发送 = 4，已接收 = 4，丢失 = 0 (0% 丢失)，
 往返行程的估计时间 (以毫秒为单位)：
 最短 = 2ms，最长 = 3ms，平均 = 3ms

可以看到，PC1 与 PC3 能正常通信。

项目拓展

一、理论题

(1) 以下对于 OSPF 特殊区域的说法不正确的是 ()。

- A. 末节区域内的每台路由器都需要配置 Stub 属性
- B. NSSA External LSA 只能在非完全末节区域内泛洪，不能进入骨干区域
- C. 在完全末节区域内，所有路由器都要配置 area X stub no-summary 命令
- D. ASBR 不能成为完全末节区域的一部分

(2) 以下属于将某个区域配置为完全末节区域的命令是 ()。

- A. area X stub
- B. area X stub no-summary

- C. area X nssa
- D. area X nssa no-summary
- (3) 以下说法正确的是 ()。
- A. 在末节区域内，不能学习 Summary LSA
- B. 末节区域与非完全末节区域能被配置到同一个区域内
- C. 在任何情况下，均不能将骨干区域配置为末节区域和非完全末节区域
- D. 允许其他区域的 Summary LSA 路由信息进入完全非完全末节区域

二、项目实训

1. 实训背景

某企业使用一段时间的局域网后，发现总路由器的资源消耗过大。经研究，运维人员决定将仓储部和生产部的网络设置为边缘网络，以减少不必要的 LSA，降低总路由器的负担，同时提高网络的稳定性。基于此，运维人员需要在仓储部和生产部分别配置 OSPF 的末节区域和非完全末节区域，建立边缘网络。

实训拓扑结构如图 3-3 所示。

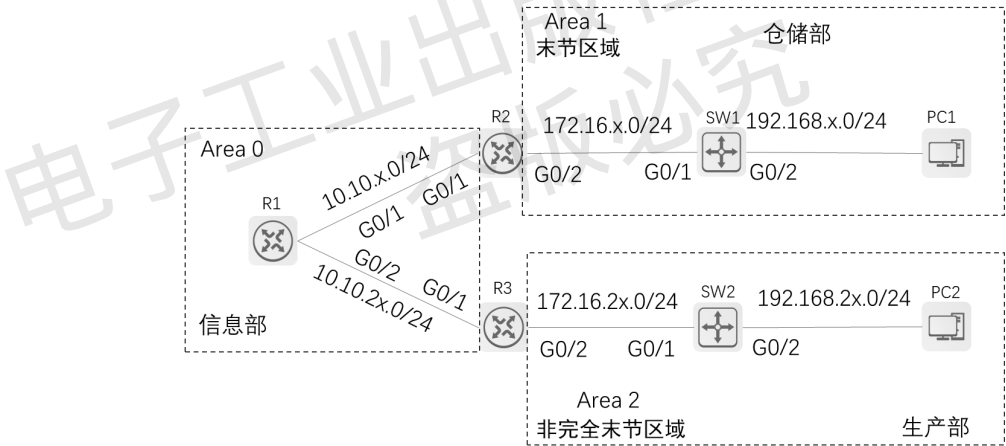


图 3-3 实训拓扑结构

2. 实训规划表

根据实训背景，并参考本项目的项目规划设计，完成实训规划表，如表 3-5～表 3-7 所示。

表 3-5 VLAN 规划

VLAN ID	网段	用途

表 3-6 端口规划

本端设备	本端端口	端口配置	对端设备	对端端口

表 3-7 IP 地址规划

设备	接口	IP 地址	用途

3. 实训要求

(1) 根据实训拓扑结构及实训规划表在交换机上创建 VLAN 信息，并将端口划分到相应的 VLAN 中。

(2) 根据 IP 地址规划表配置 IP 地址。

(3) 在路由器和交换机上配置 OSPF。

(4) 根据实训拓扑结构建立 OSPF 特殊区域。

(5) 按照以下要求操作并截图保存。

① 在 R1 上使用【show ip route】命令查看路由表。

② 在 R2 上使用【show ip route】命令查看路由表。

③ 在 R3 上使用【show ip route】命令查看路由表。

④ 使用【ping】命令验证 PC1 与 PC2 能否正常通信。