

1 实验 1：多区域 OSPF 基本配置

1. 实验目的

通过本实验可以掌握：

- ①在路由器上启动 OSPF 的路由进程；
- ②启动参与路由协议的接口，并且通告网络及所在的区域；
- ③LSA 的类型和特征；
- ④不同路由器类型的功能；
- ⑤OSPF 拓扑结构数据库的特征和含义；
- ⑥E1 路由和 E2 路由的区别；
- ⑦查看和调试 OSPF 路由协议相关信息。

2. 实验拓扑

本实验的拓扑结构 18-2 所示。

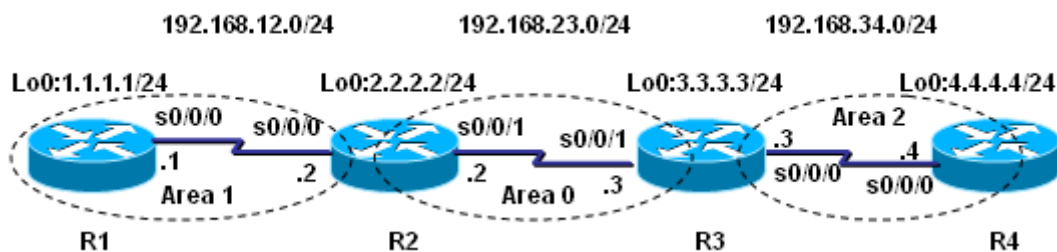


图 18-2 多区域 OSPF 基本配置

在配置时，采用环回接口尽量靠近区域 0 的原则。路由器 R4 的环回接口不在 OSPF 进程通告，通过重分布的方法进入 OSPF 网络。

3. 实验步骤

(1)步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 1
R1(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
```

(2)步骤 2：配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
R2(config-router)#network 192.168.23.0 255.255.255.0 area 0
R2(config-router)#network 2.2.2.0 255.255.255.0 area 0
```

(3)步骤 3 配置路由器 R3

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 192.168.23.0 255.255.255.0 area 1
R3(config-router)#network 192.168.34.0 255.255.255.0 area 2
```

(4)步骤 4：配置路由器 R4

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4
R4(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 2
R4(config-router)#redistribute connected subnets //将直连路由重分布的内容在后面的章节详细介绍
```

4 实验调试

(1)show ip route

R2#show ip route ospf

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O    1.1.1.0[110/65]via 192.168.12.1, 00:04:36, Serial0/0/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O    3.3.3.0[110/65]via 192.16.23.3, 00:02:46, Serial0/0/1
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OE2   4.4.4.0[110/20]via 192.168.23.3, 00:02:11, Serial0/0/1
OIA   192.168.34.0/24[110/128]via 192.168.23.3, 00:02:46, Serial0/0/1
```

以上输出表明路由器 R2 的路由表中既有区域内的路由“1.1.1.0”和“3.3.3.0”，又有区域间的路由“192.168.34.0”，还有外部区域的路由“4.4.4.0”，这就是为什么在 R4 上要用重分布，就是为了构造自治系统外的路由。

【技术要点】

OSPF 的外部路由分为：类型 1（在路由表中用代码“E1”表示）和类型 2（在路由表中间代码“E2”表示），它们计算外部路由度量值的方式不同：

①类型 1(E1)—外部路径成本 + 数据包在 OSPF 网络所经过各链路成本；

②类型 2(E2)—外部路径成本，既 ASBR 上的默认设置。

在重分布的时候，可以通过“metric-type”参数设置是类型 1 或 2，也可以通过“metric”参数设置外部路径成本，默认值为 20。下面的是洋具体的实例：

R4(config-router)#redistribute connected subnets metric 50 metric-type 1

则在 R2 上关于“4.4.4.0”路由条目的信息如下：

```
OE1    4.4.4.0[110/178]via 192.168.23.3, 00:01:27, Serial0/0/1
```

(2)show ip ospf database

R1#show ip ospf database

OSPF Router with ID(1.1.1.1)(ProcessID 1)

Router Link States(Area 1)//区域 1 类型 1 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	595	0x80000007	0x00A0ED	3
2.2.2.2	2.2.2.2	495	0x80000004	0x002E71	2

Summary Net Link States(Area1)//区域 1 类型 3 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
1.1.1.1	1.1.1.1	595	0x80000007	0x00A0ED
2.2.2.0	2.2.2.2	495	0x80000002	0x000D20
3.3.3.0	2.2.2.2	495	0x80000002	0x006B7E
192.168.23.0	2.2.2.2	459	0x80000002	0x001E55
192.168.23.0	2.2.2.2	459	0x80000002	0x002701

Summary ASB Link States(Area1)//区域 1 类型 4 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
4.4.4.4	2.2.2.2	495	0x80000002	0x008919

Type-5 AS External Link States//类型 5 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm	Tag
4.4.4.0	4.4.4.4	349	0x80000003	0x008460	0

OSPF Router with ID(2.2.2.2)(ProcessID1)

Router Link States(Area 0)//区域 0 类型 1 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm	Link count
2.2.2.2	2.2.2.2	1712	0x80000004	0x006208	3
3.3.3.3	3.3.3.3	1677	0x80000004	0x00F56C	3

Summary Net Link States(Area0)//区域 0 类型 3 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm
1.1.1.0	2.2.2.2	1785	0x80000001	0x00B53B
192.168.12.0	2.2.2.2	1785	0x80000001	0x0099E5
192.168.34.0	3.3.3.3	1673	0x80000001	0x0088DC

Summary ASB Link States(Area0)//区域 0 类型 4 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm
4.4.4.0	3.3.3.3	1672	0x80000001	0x00EAF4

Router Link States(Area 1)//区域 1 类型 1 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	1794	0x80000006	0x00A2EC	3
2.2.2.2	2.2.2.2	1786	0x80000003	0x003070	2

Summary Net Link States(Area1)//区域 1 类型 3 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm
2.2.2.0	2.2.2.2	1782	0x80000001	0x000F1F
3.3.3.0	2.2.2.2	1698	0x80000001	0x006D7D
192.168.23.0	2.2.2.2	1738	0x80000001	0x002054
192.168.34.0	2.2.2.2	1672	0x80000001	0x0029FF

Summary ASB Link States(Area0)//区域 0 类型 4 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm
4.4.4.0	2.2.2.2	1672	0x80000001	0x008B18

Type-5 AS External Link States//类型 5 的 LSA

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksumm	Tag
4.4.4.0	4.4.4.4	203	0x80000002	0x00865F	0

以上输出结果包含了区域 1 的 LSA 类型 1、LSA 类型 3、LSA 类型 4、LSA 类型 5 的链路状态信息，以及区域 0 的 LSA 类型 1，LSA 类型 3，LSA 类型 4 的链路状态信息。同时可以看到路由器 R1 和 R2 的区域 1 的链路状态数据库完全相同。

【技术要点】

- ①相同区域内的路由器具有相同的链路状态数据库，只是在虚链路的时候略有不同；
- ②命令” show ip ospf database” 所显示的内容并不是数据库中存储的关于每条 LSA 的全部信息，而仅仅是 LSA 的头部信息，要看 LSA 的全部信息，该命令后面还有跟详细的参数如”

show ip ospf database router”，结果显示如下所述。

```
R1#show ip ospf database router
      OSPF Routr with ID(1.1.1.1)(Process ID 1)
```

Router Link States(Area 1)

```
LS age;1355
OPTIons;(No TOS-capability, DC)
LS Type;Router Links
Link State ID;1.1.1.1
Advertising Router;1.1.1.1
LS Seq Number;80000008
Checksum;0x9EEE
Length;60
Number of Links;3
```

```
  Link connected to;a Stub Network
    (Link ID)Network/subnet number;1.1.1.0
    (Link Data)Network Mask;255.255.255.0
    Number of TOS metrics;0
    TOS 0 Metrics;64
```

```
  Link connected to;another Router(point-to-point)
    (Link ID)Network Router ID;2.2.2.2
    (Link Data)Router Interface address;192.168.12.1
    Number of TOS metrics;0
    TOS 0 Metrics;64
```

```
  Link connected to;a Stub Network
    (Link ID)Network/subnet number;192.168.12.0
    (Link Data)Network Mask;255.255.255.0
    Number of TOS metrics;0
    TOS 0 Metrics;64
```

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age;1267
Options;(No TOS-capability, DC)
LS Type;Router Links
Link State ID;2.2.2.2
Advertising Router;2.2.2.2
LS Seq Number;80000005
Checksum;0x2C72
Length;48
Area Border Router
Number of Links;2
```

```
  Link connected to;another Router(point-to-point)
    (Link ID)Network Router ID;1.1.1.1
    (Link Data)Router Interface address;192.168.12.2
    Number of TOS metrics;0
    TOS 0 Metrics;64
```

```
  Link connected to;a Stub Network
    (Link ID)Network Router ID;2.2.2.2
    (Link Data)Router Interface address;192.168.12.0
    Number of TOS metrics;0
```

TOS 0 Metrics:64

以上输出是路由器 R1 在区域 1 的 LSA 类型 1 的全部信息。

(3)show ip ospf

R4#show ip ospf1

Routing Process "ospf 1" with ID 4.4.4.4

Supports only single TOS(TOS0) routes

Supports opaque LSA

Supports Link-local Signaling(LLS)

It is an autonomous system boundary router

Redisributing External Routes from,

.....

以上信息表明路由器 R4 是一台 ASBR。

2 多区域 OSPF 高级配置

2.1 实验 2：OSPF 手工汇总

1.实验目的

通过本实验可以掌握：

- ①路由汇总的目的；
- ②区域间路由汇总；
- ③外部自治系统路由汇总。

2.实验拓扑

本实验的拓扑

本实验的拓扑结构图 18-3 所示。

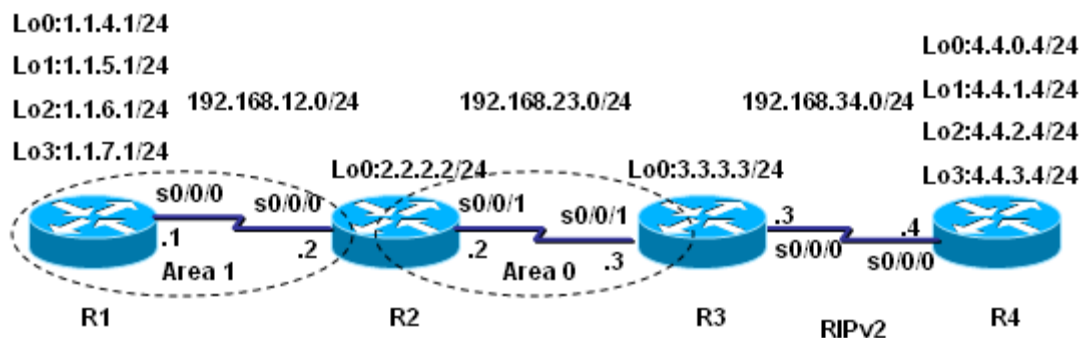


图 18-3 OSPF 手工汇总

路由器 R1、R2 和 R3 之间运行 OSPF，路由器 R3 和 R4 之间运行 RIPv2，路由器 R1 上的 4 个环回接口是为在路由器 R2 上进行区域间路由汇总准备的，路由器 R2 上进行区域间路由汇总准备的，路由器 R4 上的 4 个环回接口是为在路由器 R3 上进行外部路由汇总准备的。由于路由器 R3 是边界路由器，所以要完成双像重分布。

3.实验步骤

(1)步骤 1：配置路由器 R1

R1(config)#router ospf 1

R1(config-router)#router-id 1.1.1.1

R1(config-router)#network 1.1.4.0 255.255.255.0 area 1

R1(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1

(2)步骤 2: 配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
R2(config-router)#network 192.168.23.0 255.255.255.0 area 0
R2(config-router)#network 2.2.2.0 255.255.255.0 area 0
R2(config-router)#area 1 range 1.1.4.0 255.255.255.0 //配置区域间路由汇总
```

(3)步骤 3: 配置路由器 R3

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 3.3.3.3
R2(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#summary-address 4.4.0.0 255.255.255.0 //配置外部自治系统路由汇总
R2(config-router)#redistribut rip subnets //将 RIP 路由重分布到 OSPF 中
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#network 192.168.34.0
R3(config-router)#redistribute ospf metric 2 //将 OSPF 路由重分布到 RIP 中
```

(4)步骤 4: 配置路由器 R4

```
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#network 4.0.0.0
R3(config-router)#network 192.168.34.0
```

【技术要点】

- ①区域间路由汇总必须在 ABR 上完成；
- ②外部路由汇总必须在 ASBR 上完成。

4.实验调试

(1)在 R2 上查看路由表

具体显示如下。

```
R2#show ip route ospf
      1.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
O       1.1.5.1/32[110/65]via 192.168.12.1, 00;17;16, Serial0/0/0
O       1.1.4.0/24[110/65]via 192.168.12.1, 00;17;16, Serial0/0/0
O       1.1.40/22 is a summary, 00;17;16, Null0
O       1.1.7.1/32[110/65]via 192.168.12.1, 00;17;16, Serial0/0/0
O       1.1.6.1/32[110/65]via 192.168.12.1, 00;17;16, Serial0/0/0

      3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       3.3.3.3[110/65]via 192.168.23.3, 00;12;14, Serial0/0/1

      4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OE2     4.4.0.0[110/20]via 192.168.23.3, 00;11;09, Serial0/0/1
OE2     192.168.34.0/24[110/20]via 192.168.23.3, 00;12;15, Serial0/0/1
```

以上输出表明 R2 对 R1 的 4 条环回接口的路由汇总后，会产生一条指向 Null0 的路由；

同时收到经路由器 R3 汇总的路由, 因为是重分布进来的外部路由, 所以路由代码为"OE2"。

(2)在 R3 上查看路由表

具体显示如下。

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

```
OIA 192.168.12.0/24[110/128]via 192.168.23.2, 00:23:20, Serial0/0/1
    1.0.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
OIA    1.1.4.0[110/129]via 192.168.23.2, 00:23:20, Serial0/0/1
    2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O    2.2.2.0[110/65]via 192.168.23.2, 00:23:20, Serial0/0/1
    4.0.0.0/8is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
O    4.4.0.0/22is a summary, 00:20:29, Null0
```

以上输出表明 R3 对 4 条环回接口的 RIP 路由汇总后, 会产生一条指向 NULLO 的路由; 同时收到经路由 R2 汇总的路由, 由于是区域间路由汇总, 所以路由代码为" OIA "。

2.2 实验 3 OSPF 末节区域和完全末节区域

1.实验目的

通过本实验可以掌握:

- ①末节区域的条件;
- ②末节区域的特征;
- ③完全末节区域的特征;
- ④末节区域的配置;
- ⑤完全末节区域的配置。

2.实验拓扑

本实验的拓扑结构图 18-4 所示

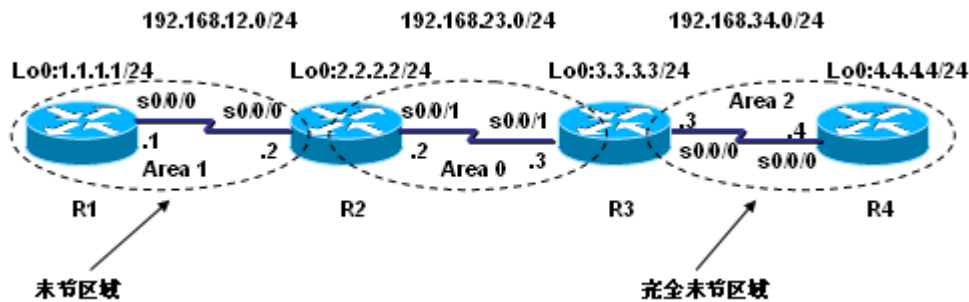


图 18-4 OSPF 末节区域的配置

本实验在路由器 R2 上将环回接口 0 以重分布的方式注入 OSPF 区域, 用来构造 5 类的 LSA。把区域 1 配置成末节区域, 将区域 2 配置成完全末节区域。

3.实验步骤

(1)步骤 1: 配置路由器 R1

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 1
R1(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
R1(config-router)#area 1 stub //把区域 1 配置成末节区域
```

(2)步骤 2: 配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
```

```
R2(config-router)#network 192.168.23.0 255.255.255.0 area 0
R2(config-router)#redistribute connected subnets //将直连重分布进 OSPF 区域
R2(config-router)#area 1 stub
```

(3)步骤 3: 配置路由器 R3

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 2
R3(config-router)#area 2 stub no-summary //把区域 2 配置成完全末节区域
```

【技术要点】

“no-summary”阻止区域间的路由进入末节区域，所以叫完全末节区域。只需在 ABR 上启用本参数即可。

(4)步骤 4: 配置路由器 R4

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 4.4.4.4
R1(config-router)#network 4.4.4.0 0.0.0.255 area 2
R1(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 2
R1(config-router)#area 2 stub
```

【技术要点】

末节和完全末节区域需要满足如下的条件：

- ①区域只有一个出口；
- ②区域不需要作为虚连路的过渡区；
- ③区域内没有 ASBR；
- ④区域不是主干区域。

4.实验调试

(1)在 R1 上查看路由表

具体显示如下

```
R1#show ip route ospf
    3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OIA      3.3.3.0[110/129]via 192.168.12.2, 00:12:29, Serial0/0/0
    4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
OIA      4.4.4.4[110/193]via 192.168.12.2, 00:12:29, Serial0/0/0
OIA 192.168.23.0/24[110/128]via 192.168.12.2, 00:12:29, Serial0/0/0
OIA 192.168.34.0/24[110/192]via 192.168.12.2, 00:12:29, Serial0/0/0
O*IA 0.0.0.0/0[110/65]via 192.168.12.2, 00:12:29, Serial0/0/0
```

以上的输出表明 R2 重分布近来的环回接口的路由并没有在 R1 的路由表中出现，说明末节区域不接收类型 5 的 LSA，也就是外部路由；同时，末节区域 1 的 ABR R2 自动向该区域内传播 0.0.0.0/0 的默认路由；末节区域可以接收区域间路由。

(2)在 R4 上查看路由表

具体显示如下。

```
R4#show ip route
Codes:C-connected, S-static, R-RIP, M-mobile, B-BGP
       D-EIGRP, EX-EIGRP external, O-OSPF, IA-OSPF inter area
       N1-OSPF NSSA external type 1, N2-OSPF NSSA external type 2
       E1-OSPF external type 1, E2-OSPF external type 2
       i-IS-IS, L1-IS-IS level-1, L2-IS-IS level-2, ia -IS-IS inter area
       *-candidate default, U-per-user static route, o-ODR
       P-periodic downloaded static route
```

Gateway of last resort is 192.168.34.3 to network 0.0.0.0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 4.4.4.0 is directly connected, Loopback0

C 192.168.34.0/24 is directly connected, Serial0/0/0

O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 192.168.34.3, 00:24:36, Serial0/0/0

以上输出表明在完全末节区域 2 中，R4 的路由表中除了直连和区域内路由，全部被默认路由代替，证明完全末节区域不接收外部路由和区域间路由，只有区域内的路由和一条由 ABR 向该区域注入的默认路由。

2.3 实验 4： OSPF NSSA 区域

1. 实验目的

通过本实验可以掌握：

- ①NSSA 的特征；
- ②NSSA 的配置；
- ③NSSA 的产生默认路由方法。

2.实验拓扑

本实验的拓扑结构图如图 18-5 所示。

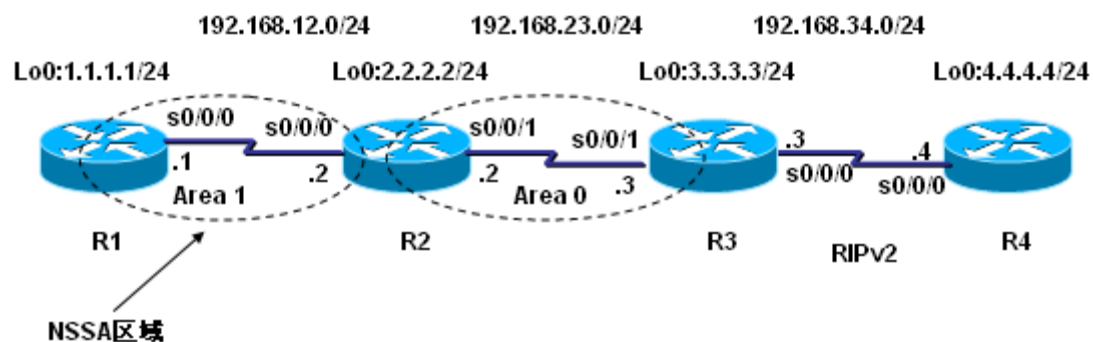


图 18-5 OSPF NSSA 区域配置

本实验在路由器 R1 上将环回接口 0 以重分布的方式注入 OSPF 区域，用来验证 5 类 LSA 在 NSSA 区域的传递方式。

3.实验步骤

(1)步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
```

```
R1(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
```

```
R1(config-router)#redistribute connected subnets
```

```
R1(config-router)#area 1 nssa //将区域 1 配置成 NSSA
```

(2)步骤 2：配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
```

```
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
```

```
R2(config-router)#network 192.168.12.0 255.255.255.0 area 1
```

```
R2(config-router)#network 192.168.23.0 255.255.255.0 area 0
```

```
R2(config-router)#network 2.2.2.0 255.255.255.0 area 0
```

```
R2(config-router)#area 1 nssa
```

(3)步骤 3: 配置路由器 R3

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 2
R3(config-router)#redistribut rip subnets //将 RIP 路由重分布到 OSPF 区域
R3(cofnig)#router rip
R3(cofnig-rotuer)#version 2
R3(cofnig-rotuer)#no auto-summary
R3(cofnig-rotuer)#network 192.168.34.0
R3(cofnig-rotuer)#redistribute ospf 1 metric 2
```

(4)步骤 4: 配置路由器 R4

```
R4(cofnig)#router rip
R4(cofnig-router)#version 2
R4(cofnig-router)#no auto-summary
R4(cofnig-router)#network 4.0.0.0
R4(cofnig-router)#network 192.168.34.0
```

4.实验调试

(1)在 R1 上查看路由表

具体显示如下。

```
R1#show ip route ospf
```

```
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OIA 2.2.2.0[110/65]via 192.168.12.2, 00:06:11, Serial0/0/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OIA 3.3.3.0[110/129]via 192.168.12.2, 00:06:11, Serial0/0/0
OIA 192.168.23.0/24[110/128]via 192.168.12.2, 00:06:11, Serial0/0/0
```

以上的输出表明区域间路由是可以进入到 NSSA 区域的；但是在 R1 的路由表中并没有出现在 R3 上把 RIP 重分布进来的路由，因此，说明 LSA 类型为 5 的外部路由不能在 NSSA 区域中传播，ABR 也没有能力把类型 5 的 LSA 转成类型 7 的 LSA。

【技术要点】

如果不想在 NSSA 区域中出现区域间的路由，则在 ABR 的路由器上配置 NSSA 区域时加上” no-summary” 参数即可。这是 ABR 也会自动向 NSSA 区域注入一条”O IA” 的默认路由，配置如下所述。

```
R2(config-router)#area 1 nssa no-summary
```

R1 的路由表如下。

```
R1show ip route
```

```
Codes: C-connected, S-static, R-RIP, M-mobile, B-BGP
D-EIGRP, EX-EIGRP external, O-OSPF, IA-OSPF inter area
NI-OSPF NSSA external type 1, N2-OSPF NSSA external type 2
E1-OSPF external type 1, W2-OSPF external type 2
i-IS-IS, L1-IS-IS level-1, L2-IS-IS level-2, ia-IS-IS inter area
*-candidate default, U-per-user static route, o-ODR
P-periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is 192.168.12.2 to network 0.0.0.0
```

```
C 192.168.12.0/24 is directly connected Serial0/0/0
1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
```

```
O*IA 0.0.0.0/0[110/65] via 192.168.12.2, 00;00;32, Serial0/0/0
```

本实验中，如果在路由器 R2 配置 NSSA 时没有加” no-summary” 参数，那么对路由器 R1 来讲，RIP 部分的路由是不可达的，为了解决此问题，可以在路由器 R2 上配置 NSSA 区域时加上” default-information-originate” 参数即可，此时 ABR 路由器 R2 会向 NSSA 区域注入一条” O N2” 的默认路由，配置如下。

```
R2(config-router)#area 1 nssa default-information-originate
```

```
R1#show ip route
```

```
Codes:C-connected, S-static, R-RIP, M-mobile, B-BGP
       D-EIGRP, EX-EIGRP external, O-OSPF, LA-OSPF inter area
       NI-OSPF NSSA external type 1, N2-OSPF NSSA external type 2
       E1-OSPF external type 1, E2-OSPF external type 2
       i-IS-IS, L1-IS-IS level-1, L2-IS-IS level-2, ia-IS-IS inter area
       *-candidate default, U-per-user static route, o-ODR
       P-periodic downloaded static route
```

Gateway of last resort is 192.168.12.2 to network 0.0.0.0

```
2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OIA    2.2.2.0[110/65]via 192.168.12.2, 00;01;57, Serial0/0/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
OIA    3.3.3.0[110/129]via 192.168.12.2, 00;01;57, Serial0/0/0
OIA 192.168.23.0/24[110/128]via 192.168.12.2, 00;01;57, Serial0/0/0
O*N2 0.0.0.0/0[110/1]via 192.168.12.2, 00;01;49, Serial0/0/0
```

如果在 R2 配置 NSSA 时，” no-summary” 参数和” default-information-originate” 参数都加，如下所示。

```
R2(config-router)#area 1 nssa default-information-originate no-summary
```

则 R1 的路由表如下。

```
R1#show ip route
```

```
Codes:C-connected, S-static, R-RIP, M-mobile, B-BGP
       D-EIGRP, EX-EIGRP external, O-OSPF, LA-OSPF inter area
       NI-OSPF NSSA external type 1, N2-OSPF NSSA external type 2
       E1-OSPF external type 1, E2-OSPF external type 2
       i-IS-IS, L1-IS-IS level-1, L2-IS-IS level-2, ia-IS-IS inter area
       *-candidate default, U-per-user static route, o-ODR
       P-periodic downloaded static route
```

Gateway of last resort is 192.168.12.2 to network 0.0.0.0

```
C    192.168.12.0/24 is directly connected Serial0/0/0
    1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C    1.1.1.0 is directly connected, Loopback0
O*IA 0.0.0.0/0[110/65] via 192.168.12.2, 00;00;20, Serial0/0/0
```

以上输出表明” O IA” 的路由优先于” O N2” 的路由。

(2)在 R2 上查看路由表

具有显示如下。

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

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
ON2    1.1.1.0[110/20]via 192.168.12.1,00;04;11,Serial0/0/0
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O    3.3.3.0[110/65]via 192.168.23.3,00;04;11,Serial0/0/1
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

OE2 4.4.4.0[110/20]via 192.168.23.3,00;04;11,Serial0/0/1
 ON2192.168.34.0/24[110/20]via 192.168.23.3,00;04;11,Serial0/0/1
 以上输出表明 NSSA 区域的路由代码为” O N2” 或” O N1”

(3)在 R2 上查看拓扑表
 具有显示如下。

R2#show ip ospf database

OSPF Router with ID(2.2.2.2)(Process ID 1)					
Router Link States(Area 0)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
2.2.2.2	2.2.2.2	89	0x80000014	0x004810	3
3.3.3.3	3.3.3.3	85	0x8000000C	0x005BFD	3
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
192.168.12.0	2.2.2.2	89	0x8000000A	0x0087EE	
Summary Net Link States(Area1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	16	0x80000009	0x002D6B	2
2.2.2.0	2.2.2.2	89	0x80000010	0x00C1C9	2
Summary ASB Link States(Area1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
0.0.0.0	2.2.2.2	419	0x80000001	0x00FC31	
Type-7 AS External Link States(Area1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	2.2.2.2	657	0x80000001	0x00B978	0
1.1.1.0	1.1.1.1	275	0x80000002	0x00E92E	0
Type-5 AS External Link States					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
1.1.1.0	2.2.2.2	90	0x80000002	0x0060BD	0
4.4.4.0	3.3.3.3	1863	0x80000001	0x00FC8B	0
192.168.34.0	3.3.3.3	87	0x80000002	0x0062A5	0

从输出结果中表明，路由器 R2 将类型 7 的 LSA 转换成类型 5 的 LSA，并且继续在网络上扩散到路由 R3。

3 OSPF 虚链路

在实际网络中，可能会存在主干区域不连续或者某一个区域与主干区域物理不相连的情况，在这两种情况下，可以通过虚链路来解决。

3.1 实验 5：不连续区域 0 的虚链路

1.实验目的

通过本实验可以掌握：

①不连续区域 0 虚链路的特征；

②虚链路的配置。

2.实验拓扑

本实验的拓扑结构图如图 18-6 所示。

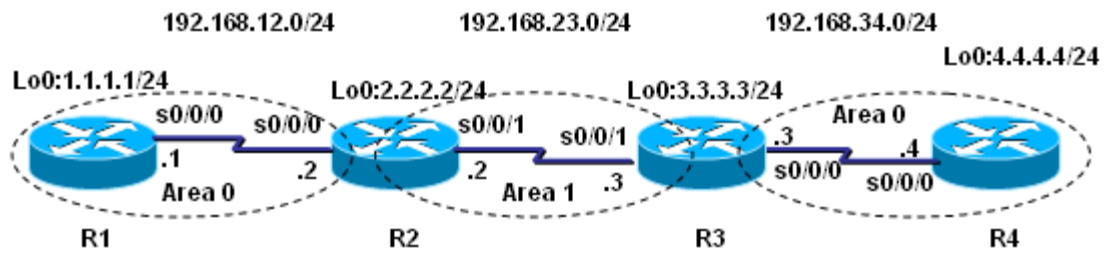


图 18-6 不连续区域 0 需链路

在本实验中，区域 1 为转接区域。

3.实验步骤

(1)步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 2.2.2.2
R1(config-router)#network 1.1.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
```

(2)步骤 2：配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 2.2.2.2
R2(config-router)#network 2.2.2.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 1
R2(config-router)#area 1 virtual-link 3.3.3.3 //配置虚链路
```

【技术要点】

配置需链路的时候，“virtual-link”后一定要互相指对方的路由器 ID。

(3)步骤 3：配置路由器 R3

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 1
R3(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#area 1 virtual-link 2.2.2.2
```

(4)步骤 4：配置路由器 R4

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4
R4(config-router)#network 4.4.4.0 0.0.0.255 area 0
R4(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
```

4.实验调试

(1)show ip route

```
R#show ip route ospf
      2.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       2.2.2.0[110/65]via 192.168.12.2, 00:04:42, Serial0/0/0
      3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       3.3.3.0[110/129]via 192.16.23.2, 00:04:42, Serial0/0/0
      4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       4.4.4.4[110/193]via 192.16.12.2, 00:04:42, Serial0/0/0
OIA 192.168.23.0/24[110/128]via 192.168.12.2, 00:04:42, Serial0/0/0
O    192.168.34.0/24[110/192]via 192.16.12.2, 00:04:42, Serial0/0/0
```

以上输出可以看出。通过虚链路可将两个不连续的区域 0 连接起来。

```

(2)show ip ospf virtual-links
R2#show ip ospf virtual-links
Virtual Link OSPF_VLO to router 3.3.3.3 is up
  Run as demand circuit
  DoNotAge LSA allowed
  Transit area 1, via interface Serial10/0/1, Cost of using 64
  Transmit Delay is 1 sec , State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    Hello due in 00:00:03
    Adjacency State FULL(Hello suppressed)
    Index 2/3, retransmission queue length 0, number of retransmission 1
    First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
    Last retransmission scan length is 1, maximum is 1
    Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

```

以上输出表明了虚链路的基本信息。

```

(3)show ip ospf database
R2#show ip ospf database
      OSPF Router with ID(2.2.2.2)(Process ID 1)

```

Router Link States(Area 0)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	668	0x80000003	0x00ABE6	3
2.2.2.2	2.2.2.2	537	0x80000007	0x00EEB6	4
3.3.3.3	3.3.3.3	1 (DNA)	0x80000014	0x00C591	4
4.4.4.4	4.4.4.4	6 (DNA)	0x80000003	0x00AB8E	3

Summary Net Link States(Area0)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	
192.168.23.0	2.2.2.2	608	0x80000001	0x002054	
192.168.34.0	3.3.3.3	16 (DNA)	0x80000001	0x00026E	

Router Link States(Area1)					
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
2.2.2.2	2.2.2.2	562	0x80000002	0x00ED95	2
3.3.3.3	3.3.3.3	553	0x80000003	0x008BF1	2

以上输出表明虚链路的路由被拉进区域 0，并带有” (DNA)” 标记，表示不老化。

3.2 实验 6：远离区域 0 的虚链路

1.实验目的

通过本实验可以掌握：

- ①远离区域 0 虚链路的特征 ；
- ②虚链路的配置。

2.实验拓扑

本实验的拓扑结构图 18-7 所示。

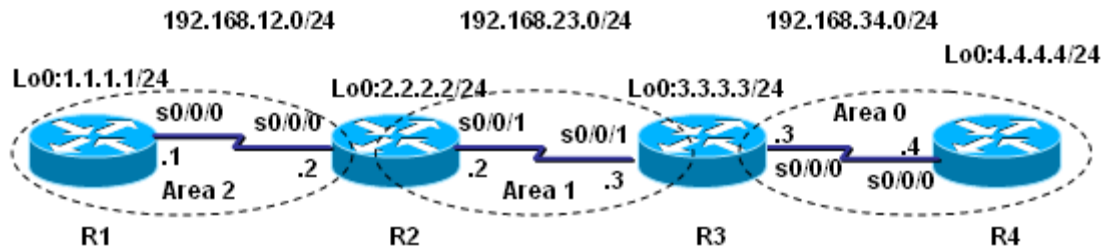


图 18-7 远离区域 0 的虚链路

在本实验中，区域 1 为转接区域。

3.实验步骤

(1)步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#router-id 1.1.1.1
R1(config-router)#network 1.1.1.0 0.0.0.255 area 2
R1(config-router)#network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 2
```

(2)步骤 2：配置路由器 R2

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#router-id 3.3.3.3
R2(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 2
R2(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 1
R2(config-router)#area 1 virtual-link 3.3.3.3
```

(3)步骤 2：配置路由器 R3

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 3.3.3.3
R3(config-router)#network 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.23.0 0.0.0.255 area 1
R3(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#area 1 virtual-link 2.2.2.2
```

(4)步骤 2：配置路由器 R4

```
R4(config)#router ospf 1
R4(config-router)#router-id 4.4.4.4
R4(config-router)#network 4.4.4.0 0.0.0.255 area 0
R4(config-router)#network 192.168.34.0 0.0.0.255 area 0
```

4.实验调试

在路由器 R4 上查看路由表。

```
R4#show ip route
Codes: C-connected, S-static, R-RIP, M-mobile, B-BGP
       D-EIGRP, EX-EIGRP external, O-OSPF, LA-OSPF inter area
       NI-OSPF NSSA external type 1, N2-OSPF NSSA external type 2
       E1-OSPF external type 1, E2-OSPF external type 2
       i-IS-IS, L1-IS-IS level-1, L2-IS-IS level-2, ia-IS-IS inter area
       *-candidate default, U-per-user static route, o-ODR
       P-periodic downloaded static route
```

Gateway of last resort is not set

```
OIA 192.168.12.0[110/192]via 192.168.34.3, 00:02:19, Serial0/0/0
    1.0.0.0/34 is subnetted, 1 subnets
OIA    1.1.1.1[110/193]via 192.168.34.3, 00:02:19, Serial0/0/0
    2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
OIA    2.2.2.2[110/129]via 192.168.34.3, 00:02:19, Serial0/0/0
    3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
```

O 3.3.3.3[110/65]via 192.168.34.3, 00:02:19, Serial0/0/0
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 4.4.4.0/24 is directly connected, Loopback 0

OIA 192.168.23.0/24[100/128]via 192.168.34.3, 00:02:19, Serial0/0/0

C 192.168.34.0/24 is directly connected, Serial0/0/0

从 R4 的路由表的输出，可以看出路由器 R1 能够通过使用转接区域 1 的虚拟链路到达区域 0。

【技术要点】

虚链路属于区域 0，所以在进行区域 0 认证的时候，不要忘记虚链路的认证，例如，如果区域 0 采用 MD5 认证，则在虚链路上配置如下：

```
R3(config-router)#area 1 virtual-link 2.2.2.2 message-digest-key 1 md5 cisco
```