第 17 章　帧中继上的 OSPF

帧中继是典型的 NBMA（NonBroadcast Multiple Access）网络，其拓扑结构通常有两种：Full Mesh(全互联)和 Hub-and-Spoke（中心－分支）。由于 Hub-and-Spoke 结构具有节约费用、简化配置等优点，在实际网络工程中有着广泛的应用。本章重点讨论的就是在 Hub-and-Spoke 结构上，网络类型为 NBMA 模式、广播模式、点到点模式和点到多点模式的 OSPF 配置。

17.1　实验 1：帧中继环境下 NBMA 模式

1. 实验目的

通过本实验可以掌握：

（1）帧中继静态映射及 broadcast 参数的含义

（2）NBMA 模式下的 DR 选举

（3）手工配置 OSPF 邻居

（4）NBMA 模式下 OSPF 的配置和调试

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 17-1 所示。

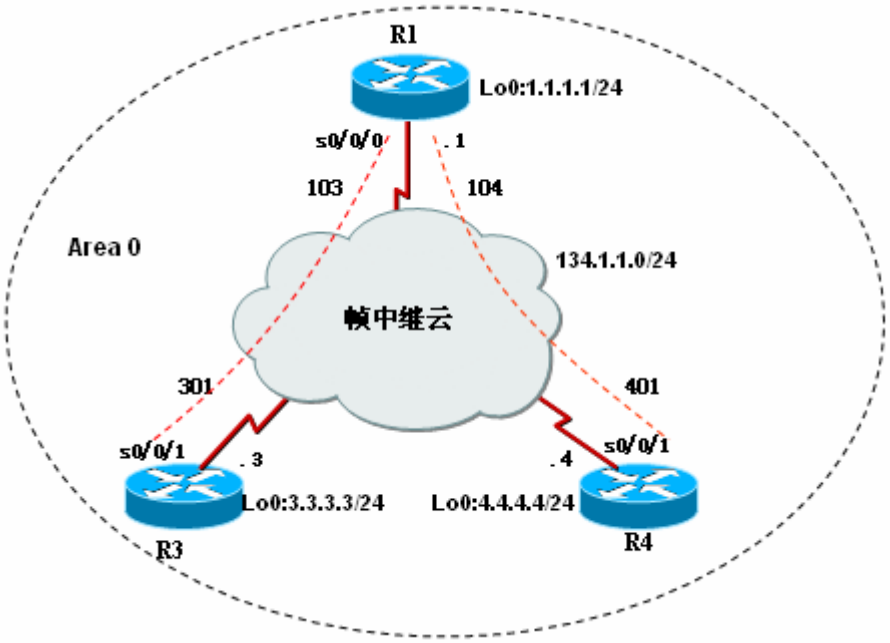

图 17-1 帧中继环境下 NBMA 模式

3. 实验步骤

（1）步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip ospf network point-to-point
R1(config-if)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#ip address 134.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 103 broadcast//帧中继静态映射
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 104 broadcast
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 103 //使得可以 PING 通自己
R1(config-if)#no frame-relay inverse-arp       //关闭帧中继动态 ARP 解析
R1(config-if)#no shutdown
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 0
R1(config-router)#network 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#neighbor 134.1.1.3     //手工指 OSPF 邻居
R1(config-router)#neighbor 134.1.1.4
```

（2）步骤 2：配置路由器 R3

```
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip ospf network point-to-point
R3(config-if)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#ip address 134.1.1.3 255.255.255.0
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
R3(config-if)#ip ospf priority 0  // 配置 spoke 端 OSPF 接口优先级为 0
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 301
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#no shutdown
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 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（3）步骤 3：配置路由器 R4

```
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip ospf network point-to-point
R4(config-if)#interface Serial0/0/1
R4(config-if)#ip address 134.1.1.4 255.255.255.0
R4(config-if)#encapsulation frame-relay
R4(config-if)#ip ospf priority 0
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 401 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 401 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 401
R4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R4(config-if)#no shutdown
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 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0

【技术要点】

（1）在帧中继网络上，OSPF 接口缺省的网络类型为 NON_BROADCAST。在这种模式下，OSPF 不会在帧中继接口上发送 Hello 包，因此无法建立最基本的邻接关系。可以手工使用“neighbor”命令来指定邻居，这时 Hello 包以单播形式传送；

（2）NBMA 属于多路访问网络，所以要进行 DR 选举。由于 Hello 包只能传 1 跳，所以在 Hub-and-Spoke 结构中，必须控制处于“Hub”端的路由器为 DR,最保险的办法就是将“Spoke”端接口优先级配置为 0，使之不参与 DR 选举，“Hub”端的路由器自然就成为 DR。否则，可能会导致路由学习不正常。

4.实验调试

（1）show ip ospf interface

```
R1#show ip ospf interface s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 134.1.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type NON_BROADCAST, Cost: 64
//接口网络类型为 NBMA 模式
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
//自己是 DR,接口优先级为 1
  Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 134.1.1.1
//DR 的 ID 和接口地址
  No backup designated router on this network
//没有 BDR
  Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5
//NBMA 模式下，Hello 周期为 30 秒
    oob-resync timeout 120
    Hello due in 00:00:22
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 3.3.3.3
    Adjacent with neighbor 4.4.4.4
//与路由器 R3 和 R4 形成邻接关系
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

（2）show ip route

```
R3#show ip route ospf
     1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       1.1.1.0 [110/65] via 134.1.1.1, 00:01:47, Serial0/0/0
     4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       4.4.4.0 [110/65] via 134.1.1.4, 00:01:47, Serial0/0/0
```

从以上输出表明，到达网络“4.4.4.0/24”的路由条目的下一跳地址为“134.1.1.4”，而不是“134.1.1.1”，所以，在 R3 的 s0/0/1 的接口上必须有到 134.1.1.4 的映射“frame-relay map ip 134.1.1.4 301 broadcast”。

（3）show ip ospf neighbor detail

```
R1#show ip ospf neighbor detail
 Neighbor 3.3.3.3, interface address 134.1.1.3
    In the area 0 via interface Serial0/0/0
    Neighbor priority is 0, State is FULL, 9 state changes
    DR is 134.1.1.1 BDR is 0.0.0.0
    Poll interval 120
    Options is 0x52
    LLS Options is 0x1 (LR)
    Dead timer due in 00:01:53
    Neighbor is up for 00:06:54
    Index 1/1, 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
 Neighbor 4.4.4.4, interface address 134.1.1.4
    In the area 0 via interface Serial0/0/0
    Neighbor priority is 0, State is FULL, 9 state changes
    DR is 134.1.1.1 BDR is 0.0.0.0
    Poll interval 120
    Options is 0x52
    LLS Options is 0x1 (LR)
    Dead timer due in 00:01:43
    Neighbor is up for 00:06:54
    Index 2/2, 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 R1 的两个邻居的接口优先级为 0。同时本网络的 BDR 为 0.0.0.0，这是可以的。

17.2 实验 2：帧中继环境下 BMA 模式

1.实验目的

通过本实验可以掌握：

（1）帧中继静态映射及 broadcast 参数的含义

（2）BMA 模式下的 DR 选举

（3）BMA 模式下 OSPF 的配置和调试

2.拓扑结构

实验拓扑如图 17-1 所示。

3.实验步骤

（1）步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip ospf network point-to-point
R1(config-if)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#ip address 134.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#encapsulation frame-relay
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 103 broadcast
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 104 broadcast
R1(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 103
R1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R1(config-if)#ip ospf network broadcast
R1(config-if)#no shutdown
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 0
R1(config-router)#network 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（2）步骤 2：配置路由器 R3

```
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip ospf network point-to-point
R3(config-if)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#ip address 134.1.1.3 255.255.255.0
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
R3(config-if)#ip ospf priority 0
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 301
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#ip ospf network broadcast
R3(config-if)#no shutdown
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 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（3）步骤 3：配置路由器 R4

```
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip ospf network point-to-point
R4(config-if)#interface Serial0/0/1
R4(config-if)#ip address 134.1.1.4 255.255.255.0
R4(config-if)#encapsulation frame-relay
R4(config-if)#ip ospf priority 0
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 401 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 401 broadcast
```

```
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 401
R4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R4(config-if)#ip ospf network broadcast
R4(config-if)#no shutdown
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 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

【技术要点】

（1）在 Hub-and-Spoke 结构中，BMA 也要控制 DR 选举，确保处于“Hub”端的路由器为 DR，实施方法和实验 1 一样；

（2）BMA 模式下，邻居关系自动通过 Hello 包建立和维持。

4.实验调试

（1）show ip ospf interface

```
R1#show ip ospf interface s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 134.1.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 64
//网络类型为 BROADCAST
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 134.1.1.1
  No backup designated router on this network
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
//BMA 模式下，Hello 周期为 10 秒
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:07
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 3.3.3.3
    Adjacent with neighbor 4.4.4.4
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

（2）show ip route

```
R4#show ip route ospf
     1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       1.1.1.0 [110/65] via 134.1.1.1, 00:03:19, Serial0/0/1
     3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O       3.3.3.0 [110/65] via 134.1.1.3, 00:03:19, Serial0/0/1
```

17.3 实验 3：帧中继环境下点到点模式

1. 实验目的

（1）帧中继子接口下静态映射

（2）点到点模式的特征

（2）点到点模式下 OSPF 的配置和调试

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 17-2 所示。

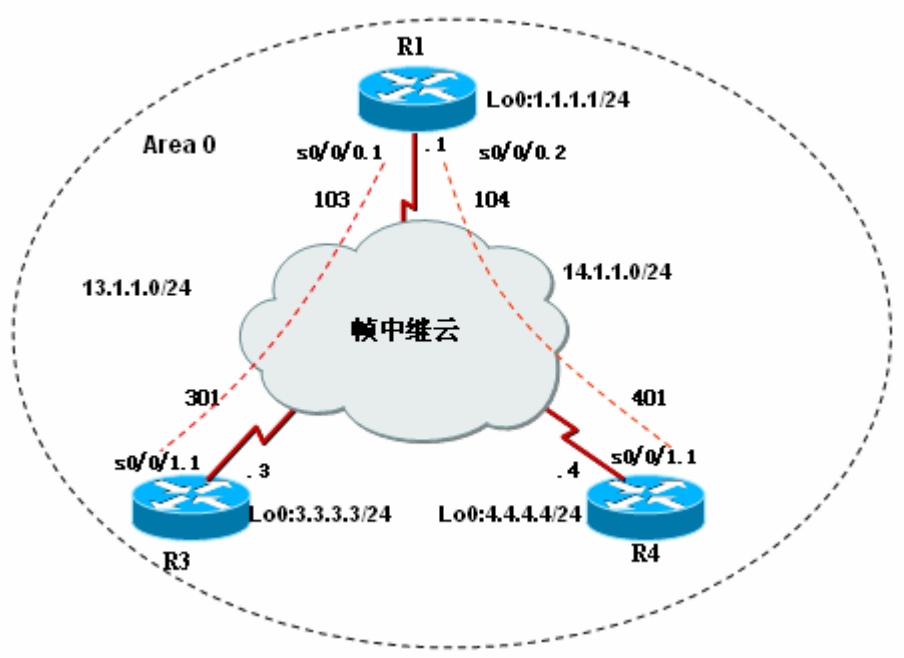

图 17-2 帧中继环境下点到点模式

3. 实验步骤

（1）步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip ospf network point-to-point
R1(config)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#no ip address
R1(config-if)#encapsulation frame-relay
R1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R1(config-if)#no shutdown
R1(config)#interface Serial0/0/0.1 point-to-point
R1(config-subif)#ip address 13.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-subif)#frame-relay interface-dlci 103
R1(config)#interface Serial0/0/0.2 point-to-point
R1(config-subif)#ip address 14.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-subif)#frame-relay interface-dlci 104
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 0
```

```
R1(config-router)#network 13.1.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#network 14.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（2）步骤 2：配置路由器 R3

```
R3(config)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#no ip address
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#no shutdown
R3(config)#interface Serial0/0/1.1 point-to-point
R3(config-subif)#ip address 13.1.1.3 255.255.255.0
R3(config-subif)#frame-relay interface-dlci 301
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 13.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（3）步骤 3：配置路由器 R4

```
R4(config)#interface Serial0/0/1
R4(config-if)#no ip address
R4(config-if)#encapsulation frame-relay
R4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R4(config-if)#no shutdown
R4(config)#interface Serial0/0/1.1 point-to-point
R4(config-subif)#ip address 14.1.1.4 255.255.255.0
R4(config-subif)#frame-relay interface-dlci 401
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 14.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

4.实验调试

（1）show ip ospf interface

```
R1#show ip ospf interface s0/0/0.1
Serial0/0/0.1 is up, line protocol is up
  Internet Address 13.1.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
//POINT_TO_POINT 模式下，Hello 周期为 10 秒
oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:09
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
```

```
   Adjacent with neighbor 3.3.3.3
 Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

（2）**show ip ospf neighbor detail**

```
R1#show ip ospf neighbor detail
Neighbor 4.4.4.4, interface address 14.1.1.4
   In the area 0 via interface Serial0/0/0.2
   Neighbor priority is 0, State is FULL, 6 state changes
   DR is 0.0.0.0 BDR is 0.0.0.0
   Options is 0x52
   LLS Options is 0x1 (LR)
   Dead timer due in 00:00:34
   Neighbor is up for 00:07:21
   Index 2/2, 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
Neighbor 3.3.3.3, interface address 13.1.1.3
   In the area 0 via interface Serial0/0/0.1
   Neighbor priority is 0, State is FULL, 6 state changes
   DR is 0.0.0.0 BDR is 0.0.0.0
   Options is 0x52
   LLS Options is 0x1 (LR)
   Dead timer due in 00:00:32
   Neighbor is up for 00:08:51
   Index 1/1, 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
```

以上输出表明路由器 R1 通过两个子接口分别与路由器 R3 和 R4 建立邻接关系。

【技术要点】

① 点到点模式的 DR 和 BDR 是“0.0.0.0”；

② 点到点模式下，每个子接口需要配置不同的网络；

③ 点到点模式下，Hello 周期为 10 秒。

17.4 实验 4：帧中继环境下点到多点模式

1.实验目的

（1）帧中继子接口下静态映射

（2）点到多点模式的特征

（3）点到多点模式下 OSPF 的配置和调试

2.拓扑结构

实验拓扑如图 17-3 所示。

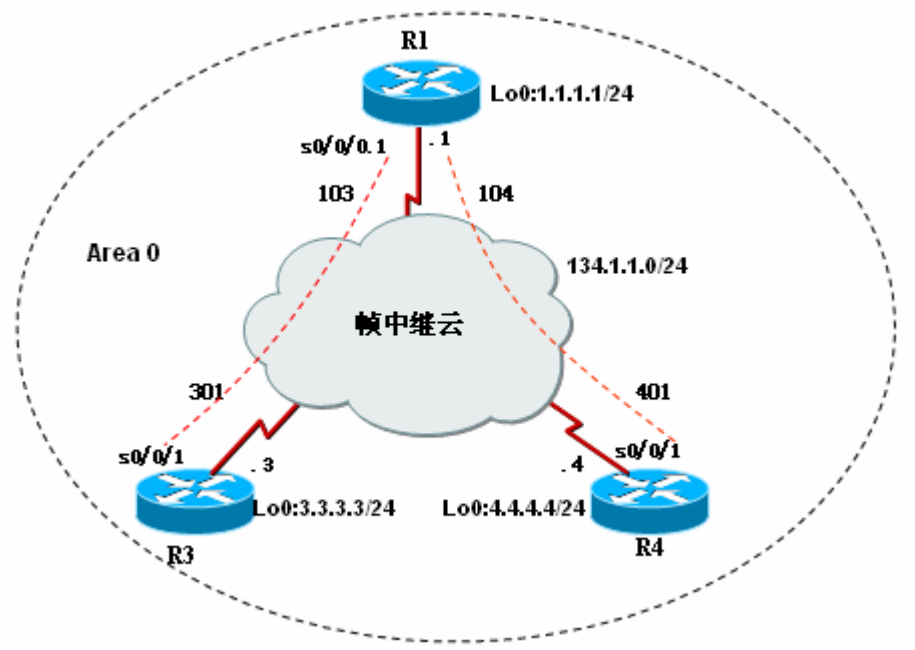

图 17-3 帧中继环境下点到多点模式

3. 实验步骤

（1）步骤 1：配置路由器 R1

```
R1(config)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#no ip address
R1(config-if)#encapsulation frame-relay
R1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R1(config-if)#no shutdown
R1(config)#interface Serial0/0/0.1 multipoint
R1(config-subif)#ip address 134.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-subif)#ip ospf network point-to-multipoint
R1(config-subif)#frame-relay map ip 134.1.1.3 103 broadcast
R1(config-subif)#frame-relay map ip 134.1.1.4 104 broadcast
R1(config-subif)#no frame-relay inverse-arp
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 0
R1(config-router)#network 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（2）步骤 2：配置路由器 R3

```
R3(config)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#ip address 134.1.1.3 255.255.255.0
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
R3(config-if)#ip ospf network point-to-multipoint
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 301 broadcast
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#no shutdown
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 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

（3）步骤 3：配置路由器 R4

```
R3(config)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#ip address 134.1.1.4 255.255.255.0
R3(config-if)#encapsulation frame-relay
R3(config-if)#ip ospf network point-to-multipoint
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 401 broadcast
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#no shutdown
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#router-id 4.4.4.4
R3(config-router)#network 4.4.4.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 134.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

4.实验调试

（1）show ip ospf interface

```
R1#show ip ospf interface s0/0/0.1
Serial0/0/0.1 is up, line protocol is up
  Internet Address 134.1.1.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type POINT_TO_MULTIPOINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
  Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5
// POINT_TO_MULTIPOINT 模式下，Hello 周期为 30 秒
    oob-resync timeout 120
    Hello due in 00:00:00
  Index 2/2, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 1
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 4.4.4.4
    Adjacent with neighbor 3.3.3.3
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

（2）show ip route

```
R1#show ip route ospf
     3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       3.3.3.3 [110/65] via 134.1.1.3, 00:02:11, Serial0/0/0.1
     4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       4.4.4.4 [110/65] via 134.1.1.4, 00:02:11, Serial0/0/0.1
     134.1.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O       134.1.1.4/32 [110/64] via 134.1.1.4, 00:02:11, Serial0/0/0.1
O       134.1.1.3/32 [110/64] via 134.1.1.3, 00:02:11, Serial0/0/0.1
```

```
R3#show ip route ospf
      1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O        1.1.1.1 [110/65] via 134.1.1.1, 00:03:41, Serial0/0/1
     4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O        4.4.4.4 [110/129] via 134.1.1.1, 00:03:41, Serial0/0/1
     134.1.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O        134.1.1.4/32 [110/128] via 134.1.1.1, 00:03:41, Serial0/0/1
O        134.1.1.1/32 [110/64] via 134.1.1.1, 00:03:41, Serial0/0/1
```

以上输出表明在点到多点模式中，在路由表中会产生该网段其他各个接口的主机路由，因此在做帧中继映射的时候，只做到中心点的就可以了。

【技术要点】

（1）点到多点广播模式可以被看成多个点到点接口的集合，然而和点到点不同的是帧中继接口是在同一子网上；

（2）在点到多点模式中，不需要选举 DR/BDR；

（3）Hello 包每 30 秒发送一次，无需手工配置邻居。

17.5 帧中继上的 OSPF 命令汇总

表 17-1 列出了本章涉及到的主要的命令。

表 17-1 本章命令汇总

命令	作用
show ip route	查看路由表
show ip ospf interface	查看运行 OSPF 的接口的相关信息
show ip ospf neighbor detail	查看 OSPF 邻居路由器的详细信息
ip ospf network	配置 OSPF 网络类型
encapsulation frame-relay	接口封装帧中继
no frame-relay inverse-arp	关闭帧中继逆向 ARP 解析
frame-relay interface-dlci	帧中继映射
frame-relay map ip	帧中继映射