

第 19 章 IS-IS

近几年来，随着在 ISP 中的广泛应用，IS（Intermediate System，中间系统）-IS 路由协议已经变得很普及。IS-IS 最初是由国际标准化组织制定的一个 OSI（开放系统互联）路由协议，被设计成工作在 OSI 无连接网络服务（CLNS）的环境中。

19.1 IS-IS 概述

19.1.1 IS-IS 特点

IS-IS 是一个非常灵活的路由协议，具有很好地可扩展性，而且已经整合了诸如 MPLS（多协议标记交换）之类的特性，其主要特点如下：

1. 维护一个链路状态数据库，并使用 SPF 算法来计算最佳路径；
2. 用 Hello 包建立和维护邻居关系；
3. 使用区域来构造两级层次化的拓扑结构；
4. 在区域之间可以使用路由汇总来减少路由器的负担；
5. 支持 VLSM 和 CIDR；
6. 在广播多路访问网络，通过选举指定 IS（DIS）来管理和控制网络上的泛洪扩散；
7. 具有认证功能；
8. IS-IS 采用 cost 作为度量值；
9. IS-IS 管理距离为 115；
10. 快速收敛；
11. 适合大型网络。

19.1.2 术语

1. CLNS（Connectionless Network Service，无连接网络服务）：使用数据报传输服务，在数据传输之前不需要建立连接，它描述提供给传输层的服务；
2. CLNP（Connectionless Network Protocol，无连接网络协议）：是 OSI 模型中网络层中的一种无连接的网络协议，和 IP 有相同的特质；
3. ES（End system，端系统）：没有路由能力的网络节点；
4. IS（Intermediate System，中间系统）：有数据包转发能力的网络节点，即路由器；
5. NSAP（Network Service Access Point，网络服务访问点），是网络层和传输层边界上概念性的点。每一个传输层实体都会分配得到唯一的 NSAP 地址；
6. Level 1 路由器：类似 OSPF 的内部路由器；
7. Level 1/2 路由器：类似 OSPF 的 ABR；
8. Level 2 路由器：类似 OSPF 的主干路由器；
9. SNPA（Subnetwork Point of Attachment，子网连接点）：是和三层地址对应的二层地址，如 MAC 地址、DLCI 等；
10. ISO 地址：ISO 地址有两种形式，NET（网络实体标题）和 NSAP 地址，其中 NET 是 NSEL 的值为 0x00 时的 NSAP 地址，NSAP 地址长度为 8-20 个字节，包括区域、系统 ID 和 NSEL 三个部分，其中前两部分可以分得更细。

19.2 实验 1：集成 IS-IS 的基本配置

1. 实验目的

通过本实验可以掌握

- (1) 在路由器上启动 IS-IS 路由进程
- (2) 启用参与路由协议的接口
- (3) 度量值 cost 的计算
- (4) NET 地址配置
- (5) DIS 选举的控制
- (6) 查看和调试 IS-IS 路由协议相关信息

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 19-1 所示。

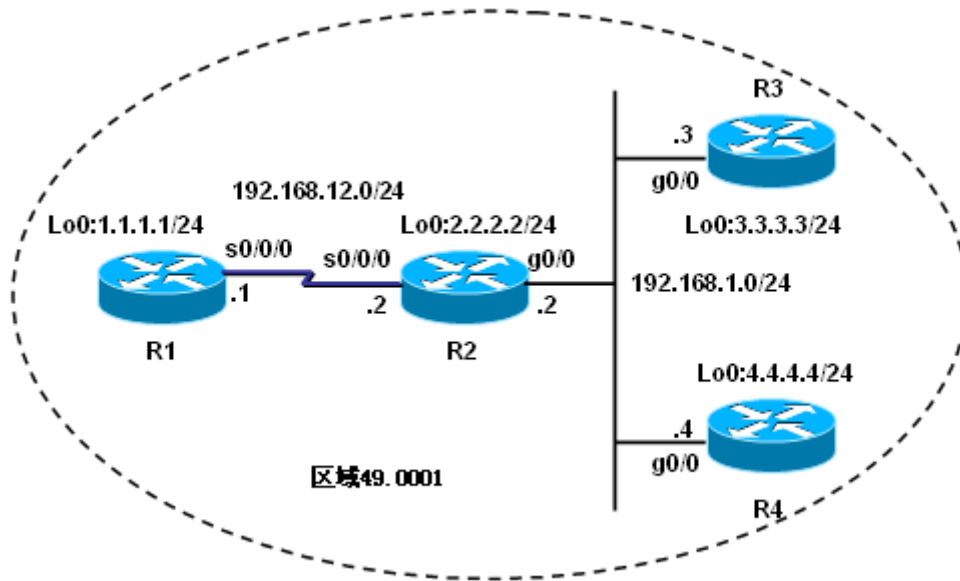


图 19-1 集成 IS-IS 的基本配置

3. 实验步骤

- (1) 步骤 1: 配置路由器 R1

```
R1(config)#router isis //启动 IS-IS 路由进程
R1(config-router)#net 49.0001.1111.1111.1111.00 //配置 NET 地址
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis //接口下启用 IS-IS
R1(config-if)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis
R1(config-if)#no shutdown
```

- (2) 步骤 2: 配置路由器 R2

```
R2(config)#router isis
R2(config-router)#net 49.0001.2222.2222.2222.00
R2(config)#interface Loopback0
R2(config-if)#ip address 2.2.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)#ip router isis
R2(config)#interface gigabitethernet0/0
```

```

R2(config-if)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
R2(config-if)#ip router isis
R2(config-if)#no shutdown
R2(config)#interface Serial0/0/0
R2(config-if)#ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
R2(config-if)#clockrate 128000
R2(config-if)#ip router isis
R2(config-if)#no shutdown

```

(3) 步骤 3: 配置路由器 R3

```

R3(config)#router isis
R3(config-router)#net 49.0001.3333.3333.00
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip router isis
R3(config)#interface gigabitethernet0/0
R3(config-if)#ip address 192.168.1.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip router isis
R3(config-if)#no shutdown

```

(4) 步骤 4: 配置路由器 R4

```

R4(config)#router isis
R4(config-router)#net 49.0001.4444.4444.00
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config)#interface gigabitethernet0/0
R4(config-if)#ip address 192.168.1.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config-if)#no shutdown

```

4. 实验调试

(1) show clns neighbors

该命令用来显示 IS-IS 的邻居。

```
R2#show clns neighbors
```

System Id	Interface	SNPA	State	Holdtime	Type Protocol
R1	Se0/0/0	*HDLC*	Up	24	L1L2 IS-IS
R3	Gi0/0	ca02.0f78.0000	Up	26	L1L2 IS-IS
R4	Gi0/0	ca03.0f78.0000	Up	8	L1L2 IS-IS

从以上输出可以看出, 路由器 R2 有 3 个邻居, 而且都是 “L1L2” 类型的, 这也是启动 IS-IS 的路由器的默认类型。由于 R1 和 R2 是通过串行连接的, 所以 SNPA 为 “*HDLC*”, 而 R2 与 R3 和 R4 是通过以太网连接的, 所以 SNPA 分别是 R3 和 R4 以太口 “gigabitethernet0/0” 的 MAC 地址。

【提示】

从 IOS12.0(5) 版本开始, Cisco 路由器支持动态主机名字映射, 可以通过命令“**show isis hostname**”查看:

```
R2#show isis hostname
Level  System ID      Dynamic Hostname  (notag)
  1      4444.4444.4444 R4
  2      3333.3333.3333 R3
  1      1111.1111.1111 R1
      * 2222.2222.2222 R2
```

上面输出清楚的显示了系统 ID 和动态主机名的映射关系, 其中“*”表示本地路由器。

【注意】

缺省情况下, Hello 包每 10 秒中发送一次, holddown 时间为 30 秒, 即 3 倍的关系。可以在接口下通过“**isis hello-interval**”命令修改 Hello 包发送的周期, 同时通过“**isis hello-multiplier**”命令定义 holddown 是 Hello 周期的倍数。

(2) show clns protocol

该命令显示和 CLNS 路由协议相关的信息。

```
R2#show clns protocol
IS-IS Router: <Null Tag>
  System Id: 2222.2222.2222.00  IS-Type: level-1-2
//系统 ID 以及 IS-IS 路由器类型
  Manual area address(es):
    49.0001
  Routing for area address(es):
    49.0001
  Interfaces supported by IS-IS:
    Gigabitethernet0/0 - IP
    Serial0/0/0 - IP
    Loopback0 - IP
//以上四行表示运行 IS-IS 路由协议的接口
  Redistribute:
    static (on by default)
  Distance for L2 CLNS routes: 110
//管理距离
  RRR level: none
  Generate narrow metrics: level-1-2
  Accept narrow metrics:   level-1-2
//使用“窄”度量
  Generate wide metrics:   none
  Accept wide metrics:     none

(3) show clns interface
该命令显示 clns 接口状态的基本信息。
R2#show clns interface s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
```

```
Checksums enabled, MTU 1500, Encapsulation HDLC
ERPDUs enabled, min. interval 10 msec.
CLNS fast switching enabled
//CLNS 快速交换启动
CLNS SSE switching disabled
//CLNS SSE 交换关闭
DEC compatibility mode OFF for this interface
Next ESH/ISH in 47 seconds
Routing Protocol: IS-IS
  Circuit Type: level-1-2    //电路类型
  Interface number 0x1, local circuit ID 0x100
  Neighbor System-ID: R1
  Level-1 Metric: 10, Priority: 64, Circuit ID: R2.00
// 接口 Level-1 的度量值、接口优先级以及电路 ID
  Level-1 IPv6 Metric: 10
  Number of active level-1 adjacencies: 1
  Level-2 Metric: 10, Priority: 64, Circuit ID: R2.00
// 接口 Level-2 的度量值、接口优先级以及电路 ID
  Level-2 IPv6 Metric: 10
  Number of active level-2 adjacencies: 1
  Next IS-IS Hello in 7 seconds
  if state UP
```

(4) **show clns route**

该命令查看 CLNS 第二层路由信息。

R2#show clns route

Codes: C - connected, S - static, d - DecnetIV

I - ISO-IGRP, i - IS-IS, e - ES-IS

B - BGP, b - eBGP-neighbor

C 49.0001.2222.2222.00 [1/0], Local IS-IS NET

C 49.0001 [2/0], Local IS-IS Area

因为这条命令用于 OSI 路由选择，所以以上输出没有太多的信息。

(5) **show isis topology**

该命令显示 IS-IS 的拓扑结构信息，包含到其它中间系统的路径信息。

R2#show isis topology

IS-IS IP paths to **level-1** routers

System Id	Metric	Next-Hop	Interface	SNPA
R1	10	R1	Se0/0/0	*HDLC*
R2	--			
R3	10	R3	Gi0/0	ca02.0f78.0000
R4	10	R4	Gi0/0	ca03.0f78.0000

IS-IS IP paths to **level-2** routers

System Id	Metric	Next-Hop	Interface	SNPA
-----------	--------	----------	-----------	------

R1	10	R1	Se0/0/0	*HDLC*
R2	---			
R3	10	R3	Gi0/0	ca02.0f78.0000
R4	10	R4	Gi0/0	ca03.0f78.0000

以上输出表明 IS-IS 为 L1 路由器和 L2 路由器分别存放拓扑结构数据库的，其中“metric”是到达目标的 cost 之和。

(6) show isis database

该命令显示 IS-IS 链路状态数据库。

R2#show isis database

IS-IS Level-1 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x0000001C	0x5F4F	1077	0/0/0
R2.00-00	* 0x0000001E	0xF57A	974	0/0/0
R3.00-00	0x0000001C	0x0608	855	0/0/0
R4.00-00	0x0000001B	0xA5FA	701	0/0/0
R4.02-00	0x00000018	0x9BE2	592	0/0/0

IS-IS Level-2 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x00000020	0xFD8C	882	0/0/0
R2.00-00	* 0x00000020	0x125F	493	0/0/0
R3.00-00	0x0000001E	0x658B	869	0/0/0
R4.00-00	0x0000001B	0x1870	542	0/0/0
R4.02-00	0x00000018	0x4DB9	916	0/0/0

以上输出表明：

① IS-IS 为第一层路由和第二层路由分别维护独立的链路状态数据库。由于 IS-IS 是链路状态路由协议，而且四台路由器具有相同区域，所以它们的链路状态数据库是相同的；

② 路由器 R4 是 DIS, LSPID（链路状态协议数据单元 ID）由三个部分构成：

第一部分是系统 ID, 长度为 6 个字节；

第二部分是伪节点 ID, 长度为一个字节，它代表了一个 LAN, 当这个值非 0 时，表示该路由器为 DIS；

第三部分是 LSP 分段号，长度为一个字节，如果是 00 表示所有的数据都在单个的 LSP 中；

③ 系统 ID 和伪节点就构成了电路 ID（Circuit ID），如：“R4.02”。

【技术要点】

DIS 的选举原则如下：

- ① 只有形成邻接关系的路由器才有资格参与选举；
- ② 接口优先级最高成为 DIS；
- ③ 如果接口优先级相同，则最高的 SNPA 地址成为 DIS；
- ④ DIS 选举是抢占的。

修改接口优先级的命令是“isis priority”，默认是 64，取值范围为 0-127。在本例中

可以将 R2 的以太口的接口优先级改为 100，则 R2 马上被选为 DIS，显示如下：

```
R2#show isis database
```

```
IS-IS Level-1 Link State Database:
```

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x00000020	0x5753	1196	0/0/0
R2.00-00	* 0x00000023	0xD562	1197	0/0/0
R2.02-00	* 0x00000001	0x63FE	1189	0/0/0
R3.00-00	0x00000021	0xC80D	1191	0/0/0
R4.00-00	0x00000020	0x68FF	1191	0/0/0

```
IS-IS Level-2 Link State Database:
```

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x00000024	0xF590	1196	0/0/0
R2.00-00	* 0x00000025	0x58E0	1198	0/0/0
R2.02-00	* 0x00000001	0x15D5	1198	0/0/0
R3.00-00	0x00000024	0xB0B5	1196	0/0/0
R4.00-00	0x00000021	0x639A	1196	0/0/0

(7) show isis route

该命令查看 CLNS 第一层路由信息。

```
R2#show isis route
```

```
IS-IS not running in OSI mode (*) (only calculating IP routes)
```

```
(*) Use "show isis topology" command to display paths to all routers
```

由于该命令是针对 OSI 路由选择协议的，所以没有具体的输出。

(8) show ip protocols

该命令显示和 IP 路由协议相关的信息。

```
R2#show ip protocols
```

```
Routing Protocol is "isis"
```

```
Invalid after 0 seconds, hold down 0, flushed after 0
```

```
//更新计时器全部为 0，表示 IS-IS 路由协议采用出发更新
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Redistributing: isis
```

```
Address Summarization:
```

```
None
```

```
Maximum path: 4
```

```
Routing for Networks:
```

```
Loopback0
```

```
Serial0/0/0
```

```
Gigabitethernet0/0
```

```
//以上四行表示运行 IS-IS 路由协议的接口
```

```
Routing Information Sources:
```

Gateway	Distance	Last Update
4.4.4.4	115	00:06:51
3.3.3.3	115	00:06:51
1.1.1.1	115	00:06:51

//以上五行表示路由信息源

Distance: (default is 115)

//默认管理距离

(9) **show ip route**

R2#**show ip route isis**

1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

i L1 1.1.1.0 [115/20] via 192.168.12.1, Serial0/0/0

3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

i L1 3.3.3.0 [115/20] via 192.168.1.3, GigabitEthernet0/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

i L1 4.4.4.0 [115/20] via 192.168.1.4, GigabitEthernet0/0

以上输出表明, 如果路由器类型为“L1/L2”, 区域内的路由用“i L1”表示, 即 level-1 路由。

【提示】

默认情况下, IS-IS 使用窄度量计算度量值, 所有链路都使用 10 作为度量值, 因为 IS-IS 不能象 OSPF 那样基于带宽自动的计算度量值。

19.3 实验 2: 多区域集成的 IS-IS

1. 实验目的

通过本实验可以掌握

- (1) 在路由器上启动 IS-IS 路由进程
- (2) 启用参与路由协议的接口
- (3) L1 和 L2 路由的区别
- (4) 配置 L1 或 L2 路由器
- (5) 配置电路类型
- (6) 配置区域间路由汇总
- (7) 通告默认路由
- (8) 配置 IS-IS 认证
- (9) 查看和调试多区域 IS-IS 路由协议相关信息

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 19-2 所示。

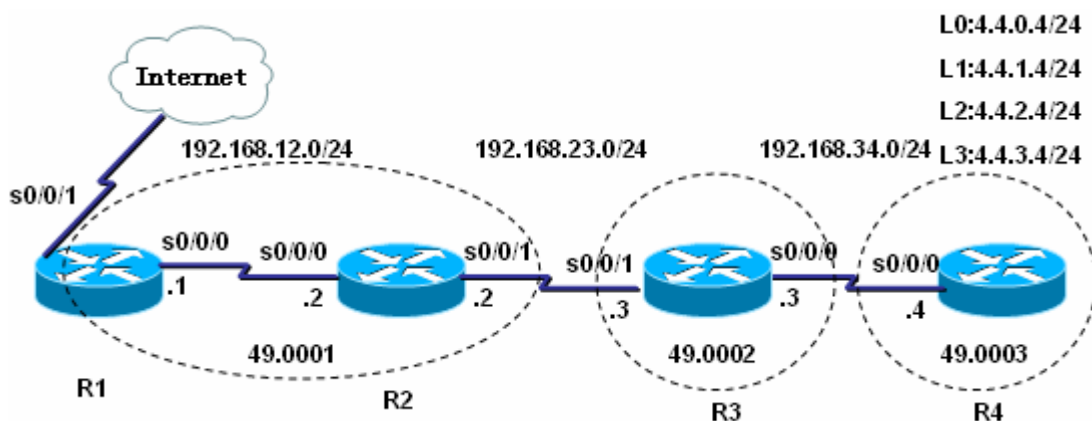


图 19-2 多区域集成的 IS-IS

【说明】

IS-IS 区域的划分是基于路由器的，也就是说一个路由器只能属于一个区域，而 OSPF 区域的划分是基于链路的。

3. 实验步骤

(1) 步骤 1: 配置路由器 R1

```
R1(config)#router isis
R1(config-router)#net 49.0001.1111.1111.1111.00
R1(config-router)#is-type level-1 //将 R1 配置成 L1 路由器
R1(config-router)#area-password area //启用区域认证
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis
R1(config)#interface Serial0/0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis
R1(config-if)#isis password neighbor level-1 //启用 level 1 邻居认证
R1(config-if)#no shutdown
```

(2) 步骤 2: 配置路由器 R2

```
R2(config)#router isis
R2(config-router)#net 49.0001.2222.2222.2222.00
R2(config-router)#default-information originate //向 IS-IS 区域注入默认路由
R2(config-router)#area-password area
R2(config-router)#domain-password domain //启用域认证
R2(config)#interface Serial0/0/0
R2(config-if)#ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
R2(config-if)#clockrate 128000
R2(config-if)#ip router isis
R2(config-if)#isis password neighbor level-1
R2(config-if)#no shutdown
R2(config)#interface Serial0/0/1
R2(config-if)#ip address 192.168.23.2 255.255.255.0
R2(config-if)#ip router isis
R2(config-if)#clockrate 128000
R2(config-if)#no shutdown
```

(3) 步骤 3: 配置路由器 R3

```
R3(config)#router isis
R3(config-router)#net 49.0002.3333.3333.3333.00
R3(config-router)#is-type level-2-only //将 R3 配置成 L2 路由器
R3(config-router)#domain-password domain
R3(config)#interface Serial0/0/0
R3(config-if)#ip address 192.168.34.3 255.255.255.0
```

```
R3(config-if)#ip router isis
R3(config-if)#isis circuit-type level-2-only //配置接口电路类型
R3(config-if)#isis password neighborpassword level-2 //启用 level 2 邻居认证
R3(config-if)#clockrate 128000
R3(config-if)#no shutdown
R3(config)#interface Serial0/0/1
R3(config-if)#ip address 192.168.23.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip router isis
R3(config-if)#no shutdown
(4) 步骤 4: 配置路由器 R4
```

```
R4(config)#router isis
R4(config-router)#net 49.0003.4444.4444.00
R4(config-router)#summary-address 4.4.0.0 255.255.252.0//配置区域间路由汇总
R4(config-router)#is-type level-2-only
R4(config-router)#domain-password domain
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.0.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config)#interface Loopback1
R4(config-if)#ip address 4.4.1.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config)#interface Loopback2
R4(config-if)#ip address 4.4.2.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config)#interface Loopback3
R4(config-if)#ip address 4.4.3.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config-if)#interface Serial0/0/0
R4(config-if)#ip address 192.168.34.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config-if)#isis circuit-type level-2-only
R4(config-if)#isis password neighborpassword level-2
R4(config-if)#no shutdown
```

【技术要点】

IS-IS 的认证只限于明文口令，Cisco 的 IOS 支持 3 个级别的认证：

(1) 邻居认证：相互连接的路由器接口必须配置相同的口令，同时必须为 L1 和 L2 类型的邻居关系配置各自的认证，L1 邻居认证的密码和 L2 邻居认证的密码可以不同。邻居认证通过命令“**isis password**”配置。本实验中 R1 和 R2 之间的串行链路启用 Level-1 的邻居认证，而 R3 和 R4 之间的串行链路启用 Level-2 的邻居认证；

(2) 区域认证：区域内的每台路由器必须执行认证，并且必须使用相同的口令。区域认证通过命令“**area-password**”配置。本实验中区域“49.0001”启用区域认证；

(3) 域认证：域内的每一个 L2 和 L1/L2 类型的路由器必须执行认证，并且必须使用相同的口令。域认证通过命令“**domain-password**”配置。本实验中 R2、R3 和 R4 都配置域认

证，因为路由器 R1 是 L1 路由器，所以不用配置域认证。

4. 实验调试

(1) show isis database

R1#show isis database

IS-IS Level-1 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	* 0x0000003B	0x1F72	659	0/0/0
R2.00-00	0x00000039	0x9DEE	658	1/0/0

R2#show isis database

IS-IS Level-1 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x00000008	0x8161	993	1/0/0
R2.00-00	* 0x00000007	0x02BC	902	1/0/0

IS-IS Level-2 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	0x00000009	0xE455	1120	0/0/0
R2.00-00	* 0x00000006	0xFFFFD	903	0/0/0
R3.00-00	0x00000009	0xE9C4	1039	0/0/0
R4.00-00	0x0000000B	0xC040	1110	0/0/0

R3#show isis database

IS-IS Level-2 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R2.00-00	0x0000003B	0xC0D2	1036	0/0/0
R3.00-00	* 0x00000044	0x0FE3	1043	0/0/0
R4.00-00	0x00000046	0xEC58	1041	0/0/0

以上输出表明：

- ① R1 路由器为 L1 路由器，只维护 L1 的链路状态数据库；
- ② R2 路由器为 L1/L2 路由器，同时为 L1 和 L2 维护单独的链路状态数据库，也表明所在区域有另一台路由器 R1；
- ③ R3 和 R4 路由器为 L2 路由器，只维护 L2 的链路状态数据库。

(2) show ip route

R1#show ip route isis

```
i L1 192.168.23.0/24 [115/20] via 192.168.12.2, Serial0/0/0
i*L1 0.0.0.0/0 [115/10] via 192.168.12.2, Serial0/0/0
```

R2#show ip route isis

```
1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L1 1.1.1.0 [115/20] via 192.168.12.1, Serial0/0/0
4.0.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
i L2 4.4.0.0 [115/30] via 192.168.23.3, Serial0/0/1
i L2 192.168.34.0/24 [115/20] via 192.168.23.3, Serial0/0/1
```

```

R3#show ip route isis
i L2 192.168.12.0/24 [115/20] via 192.168.23.2, Serial0/0/1
    1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L2    1.1.1.0 [115/30] via 192.168.23.2, Serial0/0/1
    4.0.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
i L2    4.4.0.0 [115/20] via 192.168.34.4, Serial0/0/0
i*L2 0.0.0.0/0 [115/10] via 192.168.23.2, Serial0/0/1
R4#show ip route isis
i L2 192.168.12.0/24 [115/30] via 192.168.34.3, Serial0/0/0
    1.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L2    1.1.1.0 [115/40] via 192.168.34.3, Serial0/0/0
    4.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
i su    4.4.0.0/22 [115/10] via 0.0.0.0, Null0
i L2 192.168.23.0/24 [115/20] via 192.168.34.3, Serial0/0/0
i*L2 0.0.0.0/0 [115/20] via 192.168.34.3, Serial0/0/0

```

以上输出表明：

- ① 由于 R1 为 L1 路由器，所以只有 “i L1” 的路由和一条到最近的 L1/L2 路由器的默认路由 “i*L1”；
- ② 由于 R1 和 R2 在一个区域，所以 R2 既有 “i L1” 的路由，又有 “i L2” 的路由；
- ③ R3 和 R4 都是 L2 路由器，所以只有 “i L2” 的路由；
- ④ R3 和 R4 都收到一条由 R2 注入的默认路由 “i*L2”；
- ⑤ R2 和 R3 都收到 R4 的汇总路由，同时 R4 的路由表自动生成一条 “i su” 的路由条目，主要是为了避免路由环路。

(3) show clns interface

```

R3#show clns interface s0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
Checksums enabled, MTU 1500, Encapsulation HDLC
  ERPDUs enabled, min. interval 10 msec.
  CLNS fast switching enabled
  CLNS SSE switching disabled
  DEC compatibility mode OFF for this interface
  Next ESH/ISH in 12 seconds
  Routing Protocol: IS-IS
    Circuit Type: level-2
.....

```

以上输出可以看到接口的电路类型为 “level-2”。

19.4 帧中继上集成 IS-IS

19.4.1 实验 3：NBMA 上集成的 IS-IS

1. 实验目的

通过本实验可以掌握

- (1) 帧中继上 CLNS 映射
- (2) 在 NBMA 下 IS-IS 的配置和调试

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 19-3 所示。

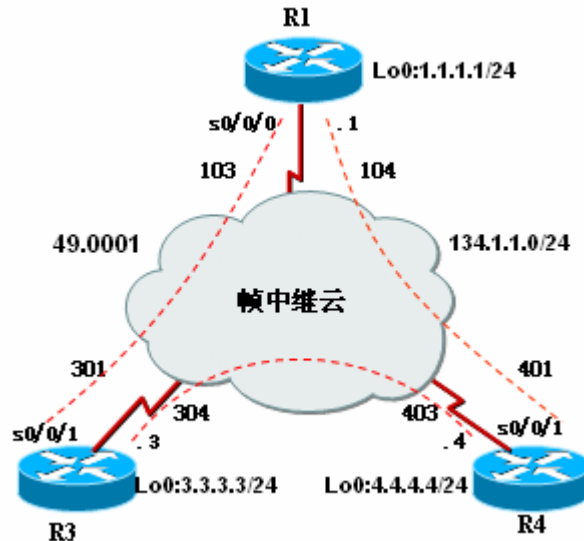


图 19-3 NBMA 上集成 IS-IS

3. 实验步骤

- (1) 步骤 1: 配置路由器 R1

```
R1(config)#router isis
R1(config-router)#net 49.0001.1111.1111.1111.00
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis
R1(config)#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 clns 104 broadcast //配置 CLNS 映射
R1(config-if)#frame-relay map clns 103 broadcast
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)#no frame-relay inverse-arp
R1(config-if)#ip router isis
R1(config-if)#no shutdown
```

- (2) 步骤 2: 配置路由器 R3

```
R3(config)#router isis
R3(config-router)#net 49.0001.3333.3333.3333.00
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip router isis
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)#frame-relay map clns 304 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map clns 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 301 broadcast
R3(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.4 304 broadcast
R3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R3(config-if)#ip router isis
R3(config-if)#no shutdown
(3) 步骤 3: 配置路由器 R4

```

```

R4(config)#router isis
R4(config-router)#net 49.0001.4444.4444.00
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config)#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)#frame-relay map clns 403 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map clns 401 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.1 401 broadcast
R4(config-if)#frame-relay map ip 134.1.1.3 403 broadcast
R4(config-if)#ip router isis
R4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
R4(config-if)#no shutdown

```

4. 实验调试

(1) show clns neighbors

```

R1#show clns neighbors

```

System Id	Interface	SNPA	State	Holdtime	Type	Protocol
R3	Se0/0/0	DLCI 103	Up	23	L1L2	IS-IS
R4	Se0/0/0	DLCI 104	Up	8	L1L2	IS-IS

以上输出表明 NBMA 网络中 IS-IS 的 SNPA 为 “DLCI” 号码。

(2) show isis database

```

R1#show isis database

```

IS-IS Level-1 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	* 0x00000012	0x6472	1133	0/0/0
R3.00-00	0x00000011	0xA159	716	0/0/0
R4.00-00	0x00000010	0x414C	1169	0/0/0
R4.02-00	0x0000000F	0xAD40	1171	0/0/0

IS-IS Level-2 Link State Database:

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
R1.00-00	* 0x00000014	0x0D6F	1046	0/0/0

R3.00-00	0x00000014	0xDEC6	666	0/0/0
R4.00-00	0x00000012	0x8FAC	528	0/0/0
R4.02-00	0x0000000E	0x6116	556	0/0/0

以上输出表明在 NBMA 网络中，需要 DIS 选举，由于各个接口没有配置优先级，所以 R4 被选举成 DIS。

(3) show ip route

```
R1#show ip route isis
```

```
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
i L1 3.3.3.0 [115/20] via 134.1.1.3, Serial0/0/0
```

```
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
i L1 4.4.4.0 [115/20] via 134.1.1.4, Serial0/0/0
```

以上输出表明路由器 R1 的路由表中有两条“i L1”的路由，因为它们都在区域“49.0001”中。

(3) show frame-relay map

```
R1#show frame-relay map
```

```
Serial0/0/0 (up): CLNS dlci 103(0x67,0x1870), static,  
broadcast,
```

```
CISCO, status defined, active
```

```
Serial0/0/0 (up): CLNS dlci 104(0x68,0x1880), static,  
broadcast,
```

```
CISCO, status defined, active
```

```
Serial0/0/0 (up): ip 134.1.1.3 dlci 103(0x67,0x1870), static,  
broadcast,
```

```
CISCO, status defined, active
```

```
Serial0/0/0 (up): ip 134.1.1.4 dlci 104(0x68,0x1880), static,  
broadcast,
```

```
CISCO, status defined, active
```

以上输出表明接口 s0/0/0 上即需要 CLNS 的映射，又需要 IP 的映射。CLNS 的映射是必须的，如果没有 CLNS 的映射，CLNS 的邻居关系都不能建立。

【技术要点】

(1) 在主接口和多点子接口下，IP 映射和 CNLS 映射应该分别配置，命令分别是“frame-relay map clns”和“frame-relay map ip”；

(2) 在点到点子接口下，命令“frame-relay interface-dlci”同时启动 IP 映射和 CNLS 映射，所以不需要额外的 CLNS 映射。

19.4.2 实验 4: 帧中继上点到点子接口下集成的 IS-IS

1. 实验目的

通过本实验可以掌握

(1) 帧中继上 CLNS 映射

(2) 在帧中继上点到点子接口下 IS-IS 的配置和调试

2. 拓扑结构

实验拓扑如图 19-4 所示。

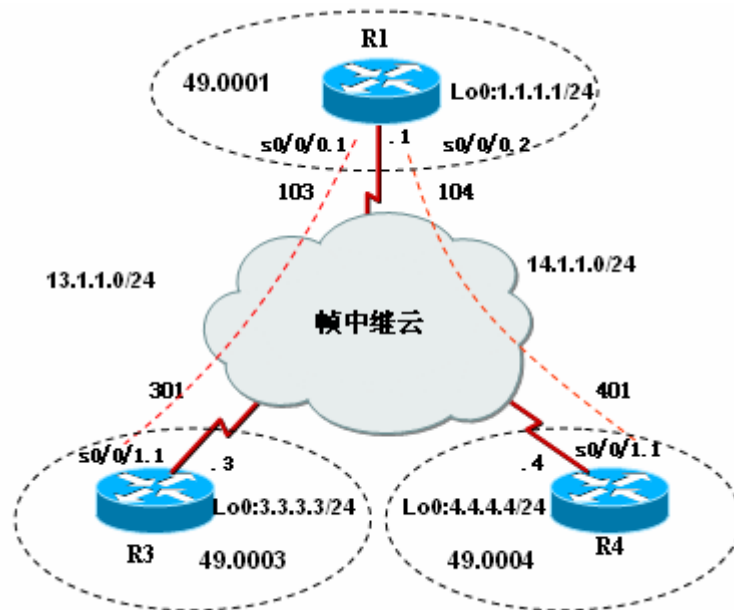


图 19-4 帧中继点到点子接口下集成的 IS-IS

3. 实验步骤

(1) 步骤 1: 配置路由器 R1

```
R1(config)#router isis
R1(config-router)#net 49.0001.1111.1111.1111.00
R1(config)#interface Loopback0
R1(config-if)#ip address 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#ip router isis
R1(config)#interface Serial0/0/0
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-subif)#ip router isis
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-subif)#ip router isis
```

(2) 步骤 2: 配置路由器 R3

```
R3(config)#router isis
R3(config-router)#net 49.0003.3333.3333.3333.00
R3(config)#interface Loopback0
R3(config-if)#ip address 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#ip router isis
R3(config)#interface Serial0/0/1
```



```
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-subif)#ip router isis
```

(3) 步骤 3: 配置路由器 R4

```
R4(config)#router isis
R4(config-router)#net 49.0004.4444.4444.00
R4(config)#interface Loopback0
R4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
R4(config-if)#ip router isis
R4(config-if)#interface Serial0/0/1
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-subif)#ip router isis
```

4. 实验调试

(1) show ip route

```
R1#show ip route isis
3.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L2    3.3.3.0 [115/20] via 13.1.1.3, Serial0/0/0.1
4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
i L2    4.4.4.0 [115/20] via 14.1.1.4, Serial0/0/0.2
```

以上输出表明路由器 R1 的路由表中有两条“i L2”的路由，路由表是正确的。

(2) show frame-relay map

```
R1#show frame-relay map
Serial0/0/0.1 (up): point-to-point dlci, dlci 103(0x67,0x1870), broadcast
status defined, active
Serial0/0/0.2 (up): point-to-point dlci, dlci 104(0x68,0x1880), broadcast
status defined, active
```

以上输出表明点到点子接口的映射根本没有区分 IP 或者 CLNS，所以命令“frame-relay interface-dlci”同时启动 IP 映射和 CNLS 映射。

19.5 IS-IS 命令汇总

表 19-1 列出了本章涉及到的主要的命令。

表 19-1 本章命令汇总

命令	作用
show clns neighbors	查看 CLNS 邻居

show clns protocols	查看 CLNS 路由协议相关的信息
show clns interface	查看 CLNS 接口状态的信息
show clns route	查看 CLNS L2 路由
clear clns route	清除 CLNS 路由表
clear isis *	清除 IS-IS 链路状态数据库
show clns traffic	查看 CLNS 协议的统计信息
show isis hostname	查看主机名和系统 ID 的动态对应关系
show isis database	查看 IS-IS 链路状态数据库
show isis topology	查看 IS-IS 拓扑结构信息
show isis route	查看 CLNS L1 的路由表
show frame-relay map	查看帧中继映射
show ip protocols	查看和 IP 路由协议相关的信息
router isis	启动 IS-IS 路由进程
net	配置 NET 地址
ip router isis	接口下启用 IS-IS
is-type	配置 IS-IS 路由器类型
area-password	配置区域认证
isis password	配置邻居认证
domain-password domain	配置域认证
default-information originate	向 IS-IS 网络注入默认路由
summary-address	配置区域间路由汇总
isis circuit-type	配置接口电路类型
frame-relay map clns	配置 CLNS 映射