

# 第 4 篇 IS-IS

---

第 10 章 IS-IS 基本概念

第 11 章 IS-IS 协议原理

第 12 章 配置 IS-IS

## 第10章 IS-IS 基本概念

OSPF 是高效且常用的链路状态型协议。与 OSPF 相对应，另外一种链路状态型路由协议是 IS-IS。本章对 IS-IS 协议的基本概述术语、发展历程、基本原理和分层架构进行了介绍，并对 IS-IS 与 OSPF 之间的异同进行了比较和归纳。

### 10.1 本章目标

#### 课程目标

● 学习完本课程，您应该能够：


- 掌握IS-IS中的基本概念和术语
- 掌握集成IS-IS的概念
- 掌握IS-IS的分层网络结构
- 了解IS-IS与OSPF的异同



www.h3c.com

## 10.2 IS-IS概述

### IS-IS起源和发展



- **IS-IS最初是由ISO为它的无连接网络协议设计的一种动态路由协议。**
- **IETF对IS-IS进行了扩充和修改，使它能够同时应用在TCP/IP和OSI环境中，称为集成化IS-IS。**
- **IS-IS属于IGP，是一种链路状态型路由协议。**

www.h3c.com

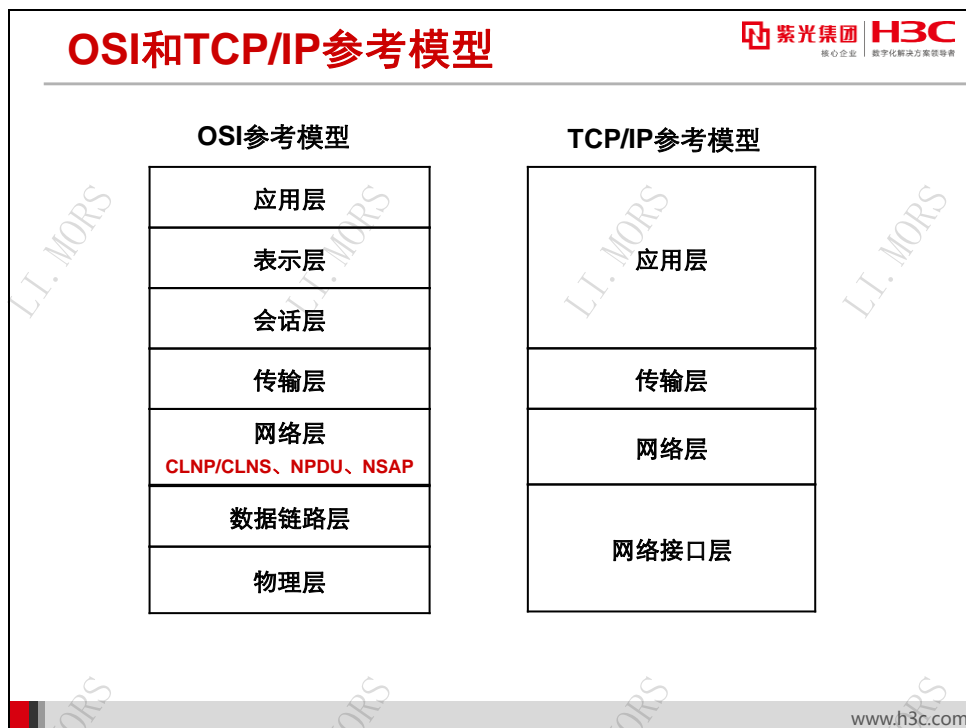
IS-IS（Intermediate System-to-Intermediate System intra-domain routing information exchange protocol，中间系统到中间系统的域内路由信息交换协议）最初是国际标准化组织（International Organization for Standardization，ISO）为它的无连接网络协议（ConnectionLess Network Protocol，CLNP）设计的一种动态路由协议。协议是由 DEC（数字设备公司）第一次作为产品开发，并于 1987 年作为 ANSI（美国国家标准协会）的 OSI 的 IGP 路由协议，不过当时只能工作在 OSI 环境中，给 CLNP 提供路由服务。

为了提供对 IP 的路由支持，IETF（Internet Engineering Task Force，因特网工程任务组）在 RFC 1195 中对 IS-IS 进行了扩充和修改，使它能够同时应用在 TCP/IP 和 OSI 环境中，称为集成化 IS-IS（Integrated IS-IS 或 Dual IS-IS）。

IS-IS 属于内部网关协议（Interior Gateway Protocol，IGP），用于自治系统内部。IS-IS 是一种链路状态协议，使用最短路径优先（Shortest Path First，SPF）算法进行路由计算。

IS-IS 协议可支持大中型网络，路由收敛速度快，可以作为除 OSPF 协议外的另一选择。在 90 年代中期，一些运营商选择 IS-IS 作为其网络的 IGP 路由协议，主要是因为集成 IS-IS 能够同时支持 CLNP 和 IP，易于从早期的 OSI 网络平滑过渡到 IP 网络。

## 10.2.1 OSI 和 TCP/IP

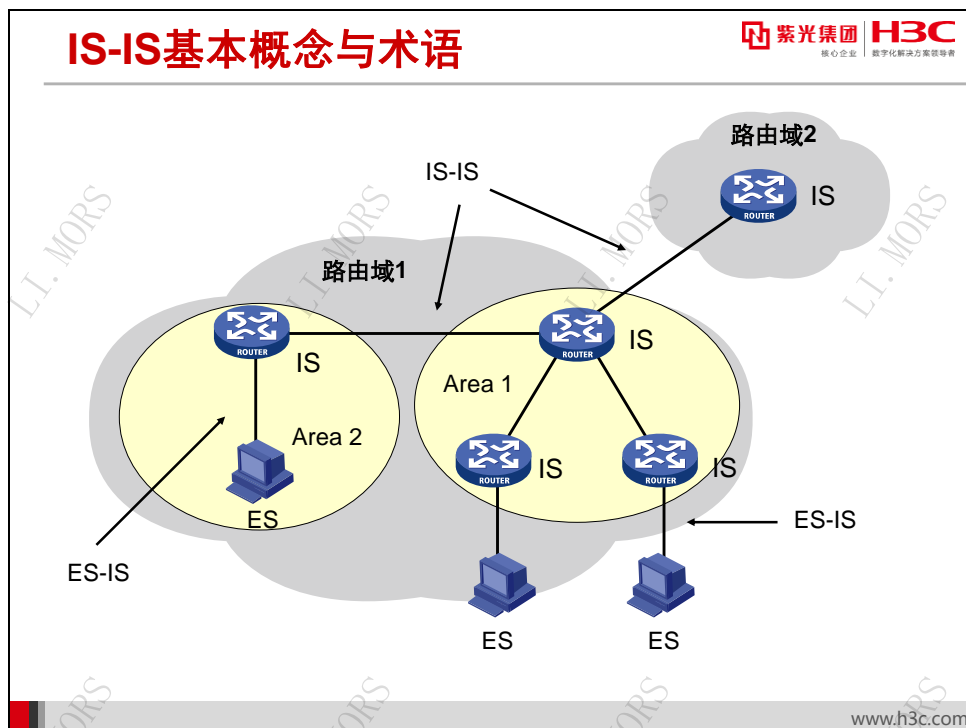


在 ISO 设计的 OSI 网络模型中，IS-IS 协议处于网络层，对应于 TCP/IP 模型的 Internet 层。其所涉及到的协议及服务如下：

- **CLNP**（Connectionless Network Protocol，无连接网络协议）：OSI 中的网络层协议，类似于 TCP/IP 协议的 IP 协议。
- **CLNS**（Connectionless Network Service，无连接网络服务）：类似于 IP 所提供的“尽力而为”的服务，OSI 就是通过 CLNP 来完成 CLNS 的。
- **NPDU**（Network Protocol Data Unit，网络协议数据单元）：是 OSI 中的网络层协议报文，相当于 TCP/IP 中的 IP 报文。
- **NSAP**（Network Service Access Point，网络服务接入点）：即 OSI 中网络层的地址，用来标识一个抽象的网络服务访问点，描述 OSI 模型的网络地址结构。

就像 OSPF 协议是专门为 IP 协议设计的路由选择协议一样，IS-IS 协议就是 OSI 专门为 CLNP 协议所设计的路由选择协议。

## 10.2.2 IS-IS 基本概念与术语



IS-IS 协议的几个基本术语如下：

- IS (Intermediate System, 中间系统)：相当于 TCP/IP 中的路由器，是 IS-IS 协议中生成路由和传播路由信息的基本单元。
- ES (End System, 终端系统)：相当于 TCP/IP 中的主机系统。ES 不参与 IS-IS 路由协议的处理，ISO 使用专门的 ES-IS 协议定义终端系统与中间系统间的通信。
- RD (Routing Domain, 路由域)：在一个路由域中多个 IS 通过相同的路由协议来交换路由信息。
- Area (区域)：路由域的细分单元，类似于 OSPF，IS-IS 允许将整个路由域划分为多个区域。
- ES-IS (End System to Intermediate System Routing Exchange Protocol, 终端系统到中间系统路由选择交换协议)：负责 ES 与 IS 之间的通信。

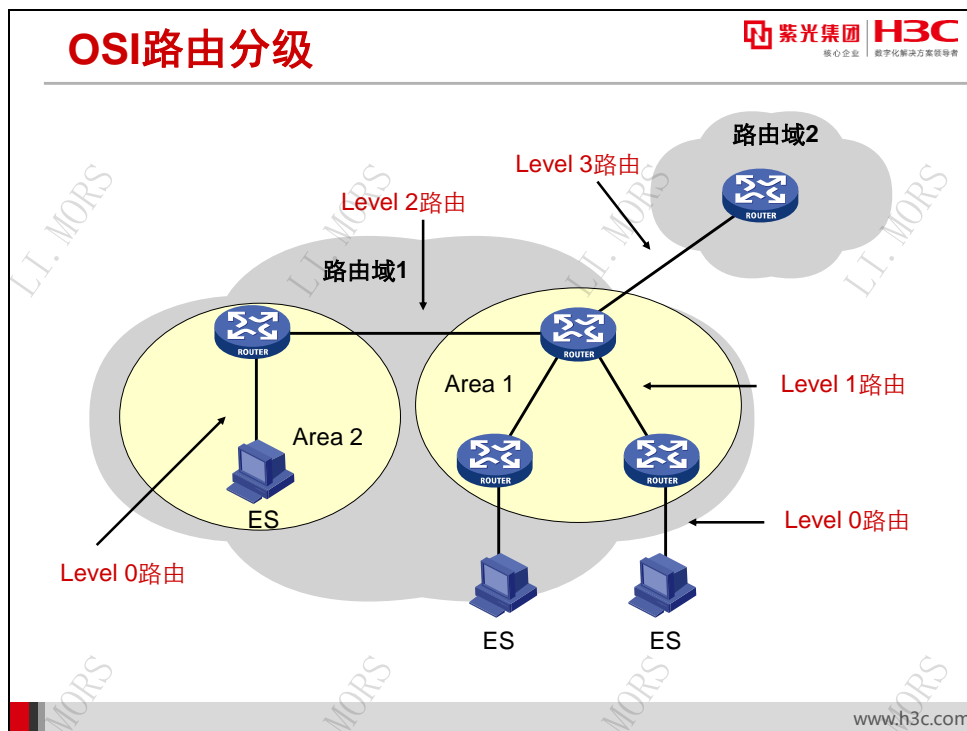
在路由域中，路由器与终端系统间使用 ES-IS 协议来进行主机和网关发现；而路由器之间使用 IS-IS 来进行邻居关系建立及路由信息交换。

在 ES-IS 中，ES 通过发送 ESH (End System Hello) 来告诉 IS 自己的存在，同时 IS 通过监听 ESH 来确定本网段是否存在 ES；IS 通过发送 ISH (Intermediate System Hello) 来通知 ES 自己的存在。ES 通过监听 ISH 确定网络中存在的 IS，并选择其中一个 IS 作为自己的网关。如果 ES 要发送报文到另外一个 ES，需要先把报文发送给网关 IS，IS 再负责报文转发。

在 IS-IS 中，路由器间通过 IIH (IS-to-IS Hello PDUs) 来建立邻居关系。每一个 IS 都会生成 LSPDU (Link State Protocol Data Unit, 链路状态协议数据单元, 简称 LSP), 此 LSP 包含了本 IS 的所有链路状态信息。通过在 IS-IS 邻居间交换 LSP, 网络中的每一个 IS 都生成了 LSDB (Link State DataBase, 链路状态数据库), 且所有 IS 的 LSDB 中所包含的链路状态信息都是相同的。

与 OSPF 类似, IS-IS 中的路由器使用 SPF 算法计算出自己的路由。

## 10.3 IS-IS 分层网络



OSI 给路由定义了 4 个路由级别，分别从 Level-0 到 Level-3。

- Level-0 路由

Level-0 路由存在于 ES 和 IS 之间，由 ES-IS 来完成。在 ES 发现最近的 IS 后，主要完成的任务有，确定相连的区域地址、在 ES 和 IS 之间建立邻居以及完成网络地址到数据链路层地址的转换。

- Level-1 路由

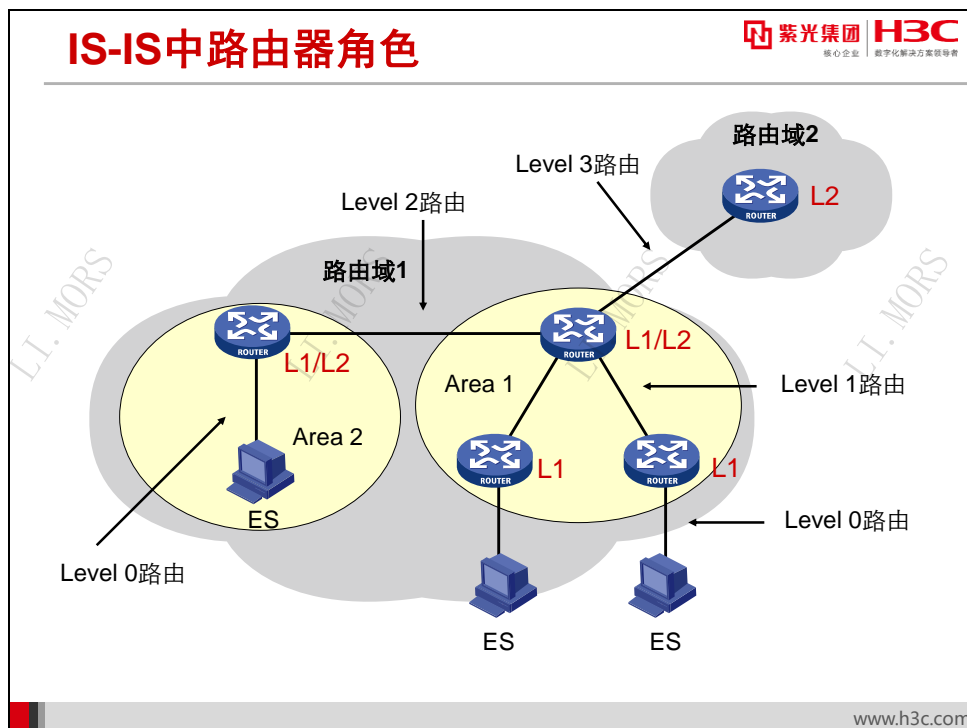
Level-1 路由存在于同一区域内的不同 IS 间，所以又称为区域内路由。当 IS 要发送报文到另外一个 IS 时，查看报文中的目的地址，发现其位于区域内的不同子网，则 IS 会选择最优的路径进行转发；如果目的地址不在同一区域，则 IS 把数据转发到本区域内最近的 Level-1-2 路由器上，然后由 Level-1-2 路由器负责数据转发。

- Level-2 路由

Level-2 路由存在于同一路由域内的区域间，所以又称为区域间路由。当目的地位于不同区域时，IS 发送报文到最近的一个 Level-2 IS，由 Level-2 IS 负责将其转发到另一个区域。

- Level-3 路由

Level-3 路由存在于路由域间。每个路由域就相当于一个自治系统，彼此间通过 IDRP (Interdomain Routing Protocol，域间路由协议) 相连接。



IS-IS 协议涉及到 Level-1 和 Level-2 路由。为了支持大规模网络的路由，IS-IS 在路由域内采用两级的分层结构，一个大的路由域通常被分成多个区域，区域内的路由通过 Level-1 路由器管理，区域间的路由通过 Level-2 路由器管理。

- Level-1 路由器

Level-1 路由器负责区域内的路由，它只维护一个 Level-1 的 LSDB，该 LSDB 包含本区域的路由信息，到区域外的报文转发给最近的 Level-1-2 路由器。

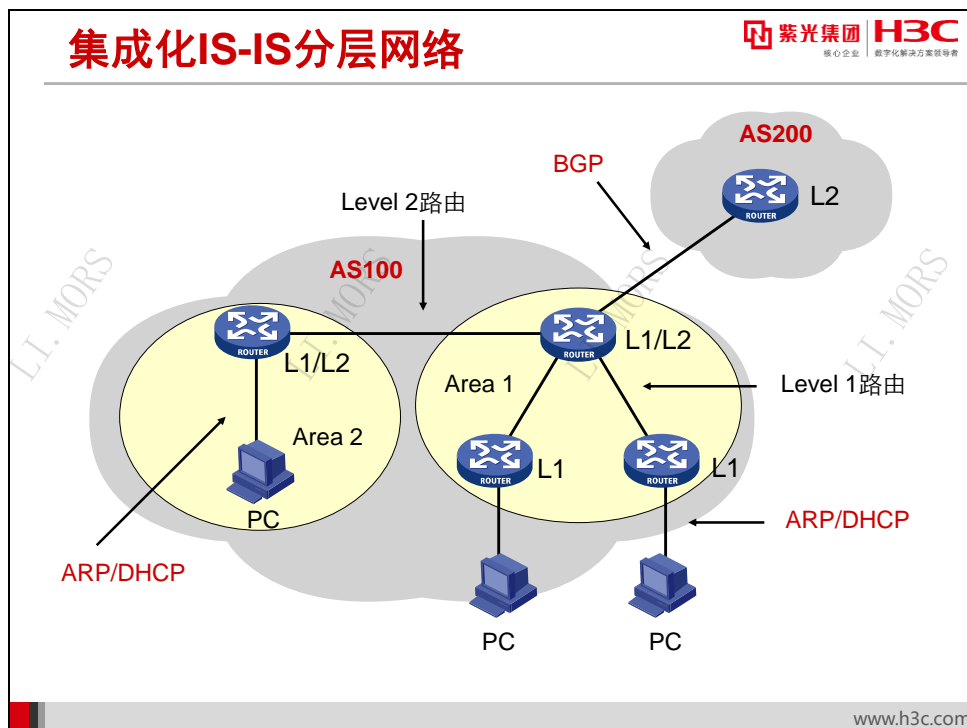
- Level-2 路由器

Level-2 路由器负责区域间的路由，它维护一个 Level-2 的 LSDB，该 LSDB 包含区域间的路由信息。所有 Level-2 路由器和 Level-1-2 路由器组成路由域的骨干网，负责在不同区域间通信，骨干网必须是物理连续的。

- Level-1-2 路由器

同时属于 Level-1 和 Level-2 的路由器称为 Level-1-2 路由器，Level-1-2 路由器维护两个 LSDB，Level-1 的 LSDB 用于区域内路由，Level-2 的 LSDB 用于区域间路由。





集成化 IS-IS 可以支持以下 3 种形式的路由域：

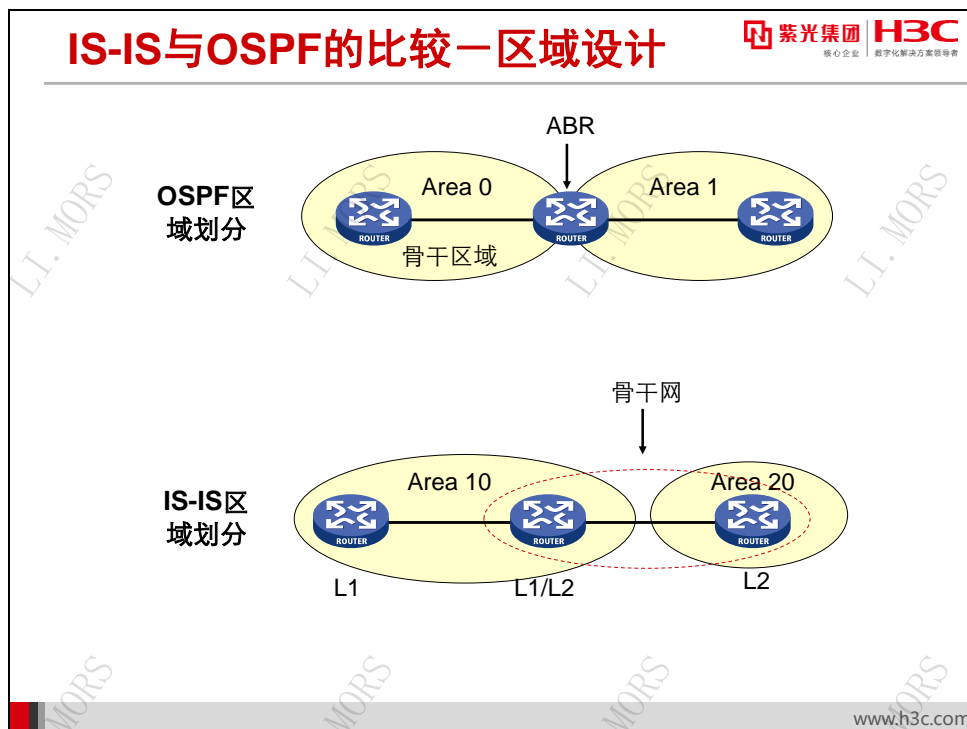
- 纯 OSI
- 纯 IP
- IP 和 OSI 的混合

在 IP 网络中，集成化 IS-IS 仍然使用 CLNS 的方式构造报文，建立 IS-IS 邻居关系，进行 IP 可达信息的传递等等。

在 IP 网络中，主机与路由器之间不运行 ES-IS，取而代之以 ICMP、ARP、DHCP 等。Level-0 路由的作用由 ARP 等协议取代，主机和路由器之间通过 ARP 地址解析协议完成网络地址到链路层地址的转换。Level-3 路由的作用由 BGP 路由协议取代，不同自治系统之间的路由学习由 BGP 路由协议完成。

由于目前的主流网络都运行了 TCP/IP 协议，所以通常在这些网络中运行的是集成化 IS-IS。

## 10.4 IS-IS与OSPF的比较



IS-IS 与 OSPF 都采用两级的分层结构，将自治系统划分出不同的区域，但它们之间还是有区别的。

- 区域边界不同

在 OSPF 中，区域的分界点在路由器上，一个路由器的不同接口可属于不同区域；用来连接骨干区域和非骨干区域的路由器称为 ABR（Area Border Router，区域边界路由器）。

而在集成化 IS-IS 中，区域的分界点在链路上，一个路由器只能属于一个区域；没有 ABR 的概念。

- 骨干区域不同

在 OSPF 中，只有 Area0 是骨干区域，其它区域均为非骨干区域，所有非骨干区域必须直接连接到骨干区域；骨干区域必须是连续的。

而在集成化 IS-IS 中，并没有规定哪个区域是骨干区域。所有 Level-2 路由器和 Level-1-2 路由器构成了 IS-IS 的骨干网，他们可以属于不同的区域，但必须是物理连续的。

## IS-IS和OSPF的比较—协议应用

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者

### ● IS-IS和OSPF的相同点：

- 都是链路状态型路由协议
- 收敛快速
- 支持网络分层与路由分级，适用于大规模网络
- 都有在运营商网络中运行的成功经验

### ● 集成化IS-IS可同时支持IP和OSI；协议采用TLV架构，更易扩展

### ● OSPF应用更加广泛

www.h3c.com

集成 IS-IS 和 OSPF 有很多相似点，比如它们都是基于链路状态的动态路由协议，它们的工作机制相似（LSA 的通告、同步 LSDB、老化等等），它们的收敛速度都较快，它们都有区域分层的概念，它们都是应用较成功的路由协议等等。

但它们之间也有一些细微区别。集成化 IS-IS 可同时支持 IP 和 OSI，这样在多协议网络中有优势；而 OSPF 是专为 IP 而设计的协议。集成化 IS-IS 的协议报文采用了 TLV 格式，易于扩展而支持新的特性如 IPv6 等；而 OSPF 与 IP 结合非常紧密，扩展性要差一些。当然，OSPF 应用非常广泛，技术文档与经验积累较多，也为广大网络管理员所熟知，这是 OSPF 最大的优势。

## 10.5 本章总结

### 本章总结

- IS-IS的起源和发展
- IS-IS协议术语
- 集成IS-IS可同时支持IP和OSI
- IS-IS分层网络和OSPF分层网络的比较

www.h3c.com

## 10.6 习题和解答

### 10.6.1 习题

1. ISO 定义了 OSI 协议。在 OSI 协议族中，与 TCP/IP 协议中的 IP 具有类似作用的协议是（ ）  
A. CLNS      B. NPDU      C. CLNP      D. NSAP
2. 在 OSI 的 IS-IS 网络中，存在于同一区域内的不同 IS 间的路由是（ ）  
A. Level-0 路由      B. Level-1 路由  
C. Level-2 路由      D. Level-3 路由
3. 在 OSI 的 IS-IS 网络中，同时维护两个 LSDB 的路由器是（ ）  
A. Level-1 路由器      B. Level-2 路由器  
C. Level-1-2 路由器      D. Level-3 路由器
4. 集成化 IS-IS 能够支持下列哪些协议？（ ）  
A. TCP/IP      B. IPX/SPX      C. OSI CLNS      D. AppleTalk
5. 以下哪些是 IS-IS 协议与 OSPF 协议的相同点？（ ）  
A. 都采用分层架构  
B. 都是链路状态型协议  
C. 都有区域边界路由器的概念  
D. 非骨干区域都必须直接连接到骨干区域上

### 10.6.2 习题答案

1. C
2. B
3. C
4. AC
5. AB

## 第11章 IS-IS 协议原理

不同于 TCP/IP，IS-IS 是 ISO 定义的路由协议，工作在 OSI 网络中，所以其采用 OSI 地址结构。另外，作为一种动态路由协议，IS-IS 也有路由发现、计算、维护等过程。本章对 IS-IS 协议的 OSI 地址、路由发现与计算过程、LSDB 数据库的维护等进行了介绍。

### 11.1 本章目标

#### 课程目标

● 学习完本课程，您应该能够：

- 掌握OSI地址结构
- 掌握IS-IS协议报文
- 掌握IS-IS所支持的网络类型
- 掌握IS-IS的数据库同步与路由计算



www.h3c.com

## 11.2 OSI地址

### OSI地址

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化解决方案领导者

- 在OSI体系结构中，使用OSI地址标识网络设备，建立拓扑信息
- OSI地址采用NSAP地址格式。

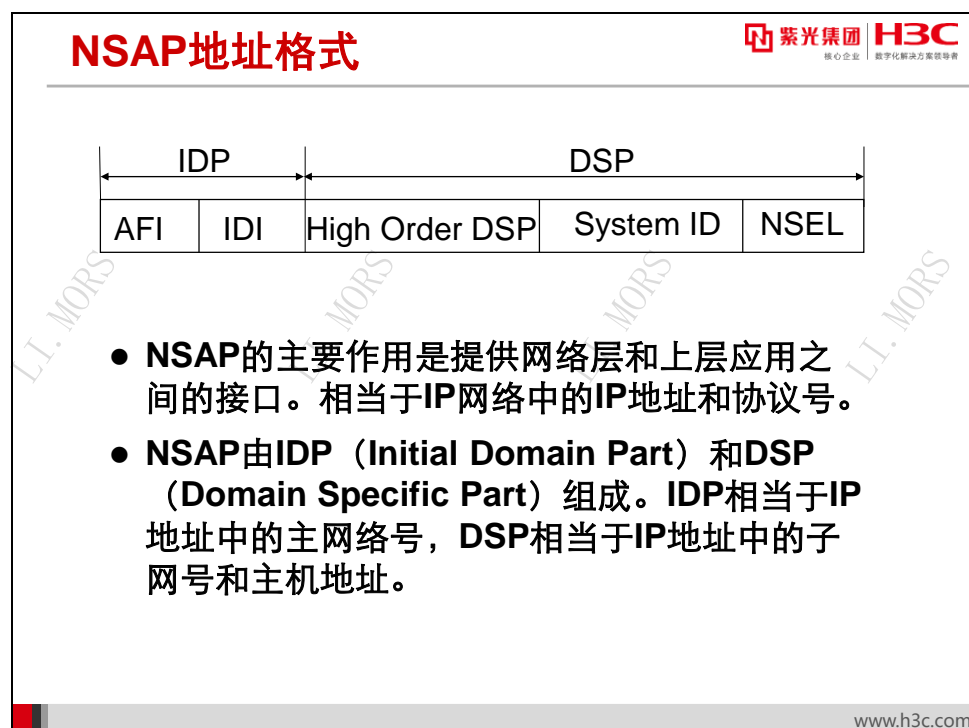
10.0000.0000.0001.00      10.0000.0000.0002.00      20.0000.0000.0001.00

www.h3c.com

在不同的网络层次或网络结构中，需要使用地址来标识一台网络节点，以完成寻址功能。比如，在二层交换网络中使用 MAC 地址来标识；在三层 IP 网络中使用 IP 地址来标识；在 OSPF，BGP 等路由协议拓扑中使用 Router ID（IP 地址）来标识等等。同样，在 OSI 协议体系结构中，OSI 地址标识了一台支持 OSI 协议的设备。

在 IS-IS 协议中，IS 间建立邻居、交换路由信息所使用的 Hello，LSP 等协议报文，均直接承载在 OSI 数据链路帧中，而不是像 OSPF 一样由 IP 来承载。这些协议报文的格式是 OSI 报文格式，报文中包含有 OSI 地址。IS-IS 使用这些 OSI 地址来识别不同的 IS，并构建网络拓扑数据库，计算到达各节点的最短路径树。

OSI 地址使用的是 NSAP 地址格式，它的作用相当于 IP 网络中的 IP 地址和上层协议号的组合，用来标识设备和设备所启用的服务。



**NSAP**（Network Service Access Point，网络服务接入点）：即 OSI 中网络层的地址，用来标识一个抽象的网络服务访问点，描述 OSI 模型的网络地址结构。

如上图所示，NSAP 由 IDP（Initial Domain Part）和 DSP（Domain Specific Part）组成。IDP 相当于 IP 地址中的主网络号，DSP 相当于 IP 地址中的子网号和主机地址。

IDP 部分是 ISO 规定的，它由 AFI（Authority and Format Identifier）与 IDI（Initial Domain Identifier）组成，AFI 表示地址分配机构和地址格式，IDI 用来标识域。常见的一些 AFI 值及相关地址域如下表所示：

表11-1 常见 AFI 值及相关地址域

AFI 值	地址域
39	ISO Data Country Code (DCC)
45	E.164
47	ISO 6523 International Code Designator (ICD)
49	Locally administered (private)

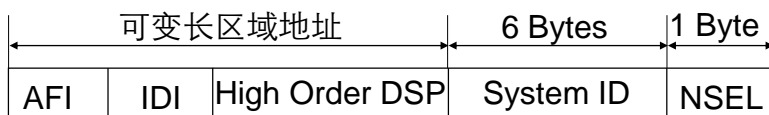
DSP 由 HO-DSP（High Order Part of DSP）、System ID 和 SEL 三个部分组成。HO-DSP 用来分割区域，System ID 用来区分主机，SEL 指示服务类型。

IDP 和 DSP 的长度都是可变的，NSAP 总长最多是 20 个字节，最少 8 个字节。



## IS-IS中的NSAP地址格式

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者



### ● IS-IS中的NSAP地址由下列三部分组成：

- 区域地址：长度可变，为1~13个字节。
- System ID：系统ID，用来唯一标识区域内的IS，长度固定为6个字节。
- NSEL：服务类型选择符，长度为1个字节。

www.h3c.com

在集成 IS-IS 中，将 NSAP 地址划分成三部分：区域地址、System ID 和 NSEL。

IDP 和 DSP 的 HO-DSP 一起用来标识路由域中的区域，因此将（IDP，HO-DSP）一起称为区域地址（Area Address）。一般情况下，一台路由器只需要配置一个区域地址，且同一区域中所有节点的区域地址都相同。为支持区域的平滑合并、分裂、迁移，一台路由器最多可配置 3 个区域地址。

System ID 用来在区域内唯一标识终端系统或路由器，它的长度固定为 6 字节（48 比特）。System ID 的指定可以有不同的方法，但要保证能够唯一标识终端系统或路由器，一般 System ID 由 Router ID 或者 MAC 地址转换而成。

NSEL（NSAP Selector，有时也写成 N-SEL）的作用类似 IP 中的“协议标识符”，不同的传输协议对应不同的 NSEL。在 IP 中，NSEL 均为 00。

## IS-IS中的NET地址

- **NET (Network Entity Title, 网络实体名称)** 指的是IS本身的网络层信息, 不包括传输层信息, 可以看作是一类特殊的NSAP, 即NSEL为0的NSAP地址。
- 每台IS可以有最多不超过三个NET, 这些NET拥有相同的System ID和不同的区域地址。

NET (Network Entity Title, 网络实体名称) 指示的是 IS 本身的网络层信息, 不包括传输层信息, 可以看作是一类特殊的 NSAP, 即 SEL 为 0 的 NSAP 地址。因此, NET 的长度与 NSAP 的相同, 最多为 20 个字节, 最少为 8 个字节。

通常情况下, 一台路由器配置一个 NET 即可, 当区域需要重新划分时, 例如将多个区域合并, 或者将一个区域划分为多个区域, 这种情况下配置多个 NET 可以在重新配置时仍然能够保证路由的正确性。由于一台路由器最多可配置 3 个区域地址, 所以最多也只能配置 3 个 NET。在配置多个 NET 时, 必须保证它们的 System ID 都相同。

例如, 若 NET 为 ab.cdef.1234.5678.9abc.00, 则其中 Area 为 ab.cdef, System ID 为 1234.5678.9abc, NSEL 为 00。

## 典型NET生成方法

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者

- 为了便于管理，一般根据Router ID来生成对应的System ID。



www.h3c.com

System ID 用来在区域内唯一标识主机或路由器。它的长度固定为 48 比特。

为了便于管理，一般将 Router ID 与 System ID 进行对应。将 Router ID 转换为 System ID 的方法如下：

**第1步：**将 IP 地址的每一部分都扩展为 3 位，不足 3 位的在前面补 0；

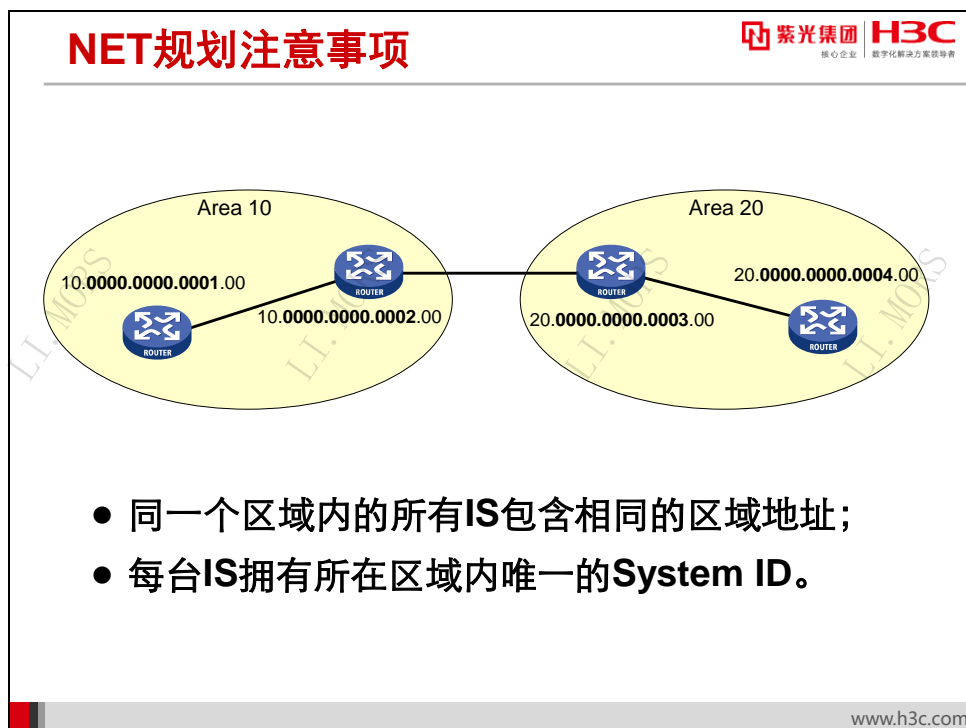
**第2步：**将扩展后的地址重新划分为 3 部分，每部分由 4 位数字组成，得到的就是 System ID。

最后，将区域号和 NSEL 添加后，就得了路由器的 NET 地址。

NET 地址除了由 Router ID 生成外，还可以根据 MAC 地址生成，比如一台设备某个接口的 MAC 地址为 00e0-fc00-3100，可以将其直接映射为 System ID: 00e0.fe00.3100。假设其所在的区域为 0100，那么它所对应的 NET 地址为 0100.00e0.fe00.3100.00。

这样看起来，由 MAC 地址生成 NET 比使用 Router ID 更方便，因为 MAC 地址的长度与 System-ID 的长度相同都是六个字节。但是 MAC 地址不像 IP 地址一样可以随意改变且具有全局性，管理不方便，所以一般还是使用 Router ID 来进行 System ID 的映射。

通过 Router ID 或 MAC 地址生成 System ID 的最大的好处是易于维护和管理，并且可以保证网络中 System ID 的唯一性。如果在分配 System ID 没有统一规划，可能会造成网络中 System ID 冲突，并且不易被发现。



在进行 IS-IS 网络设计的时候，需要关注以下几点：

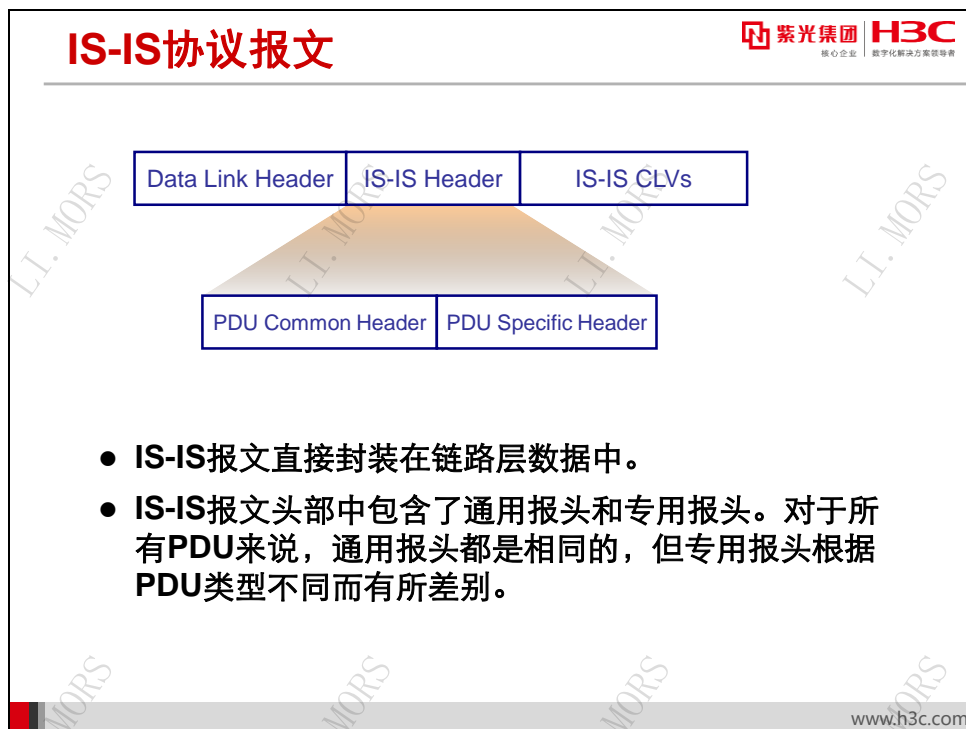
- 在同一区域中的 IS 必须包含相同的区域地址；
- 每台 IS 拥有所在区域内唯一的 System ID。

因为在同一区域内，IS 使用 System ID 标识不同的设备，构造拓扑数据库，因此其 System ID 必须唯一；而 IS 使用区域地址来进行路由转发的判断，所以同一区域中 IS 的区域地址需要相同。

因为所有 Level-2 路由器和 Level-1-2 路由器组成路由域的骨干网，所以它们的 System ID 也不能相同。

另外，还有一点需要注意，因为 IS-IS 路由域中可能存在区域合并和区域迁移的情况，因此在不同的区域中，System ID 也尽量不要相同。否则可能会给将来的区域重新划分造成困难。

## 11.3 IS-IS协议报文



在 IS-IS 协议中定义了 IS-IS 所使用的协议报文，这些报文直接封装在数据链路层的帧中，称为 PDU（Protocol Data Unit，协议数据单元）。

PDU 可以分为两个部分，报文头和变长字段部分。其中报文头又可分为通用报头和专用报头。对于所有 PDU 来说，通用报头都是相同的，但专用报头根据 PDU 类型不同而有所差别。

在链路层头部中定义了所使用的 MAC 地址为 0180-c200-0014（Level-1 报文）和 0180-c200-0015（Level-2 报文），在链路层上 IS-IS 报文的协议号为 0x83。

IS-IS协议报文类型			紫光集团 H3C 核心企业 数字化转型领导者
简称	全称	作用	
IIH	IS-IS Hello PDU	建立和维护邻接关系	
LSP	Link State PDU	传输链路状态信息	
CSNP	Complete Sequence Numbers PDU	通告链路状态数据库 (LSDB) 中所有摘要信息	
PSNP	Partial Sequence Numbers PDU	请求和确认链路状态信息	

Hello 报文用于建立和维持邻居关系，也称为 IIH（IS-to-IS Hello PDUs）。其中，广播网中的 Level-1 路由器使用 Level-1 LAN IIH，广播网中的 Level-2 路由器使用 Level-2 LAN IIH，点到点网络中的路由器则使用 P2P IIH。

LSP 用于交换链路状态信息。LSP 分为两种：Level-1 LSP 和 Level-2 LSP。Level-1 路由器传送 Level-1 LSP，Level-2 路由器传送 Level-2 LSP，Level-1-2 路由器则可传送以上两种 LSP。

时序报文 SNP（Sequence Number PDUs）用于确认邻居之间最新接收的 LSP，作用类似于确认（Acknowledge）报文，但更有效。

SNP 包括 CSNP（Complete SNP，全时序报文）和 PSNP（Partial SNP，部分时序报文），进一步又可分为 Level-1 CSNP、Level-2 CSNP、Level-1 PSNP 和 Level-2 PSNP。

## IS-IS协议报文中的CLV

**紫光集团 H3C**  
核心企业 数字化转型领导者

Code	1
Length	1
Value	Length

- CLV中包含了PDU中的各种属性。
- 可以通过扩展CLV来增加协议功能。

CLV Code	名称	PDU类型
1	Area Addresses	IIH、LSP
2	IS Neighbors (LSP)	LSP
6	IS Neighbors (MAC Address)	LAN IIH
128	IP Internal Reachability Information	LSP
132	IP Interface Address	IIH、LSP

[www.h3c.com](http://www.h3c.com)

PDU 中的变长字段部分是多个 CLV（Code-Length-Value）三元组。CLV 的作用主要是传递协议报文中所包含的各种属性，包括网络中的链路信息，拓扑信息和前缀信息等。

为了使协议支持更多的功能，可以对 CLV 进行扩展，定义新的 CLV 以增加协议功能。其中，IETF 在 RFC1195 中定义了对 IPv4 的扩展，使 IS-IS 协议能够完全支持 IP 网络。后来，又分别定义了对 IPv6 和 MPLS TE 的相关扩展。

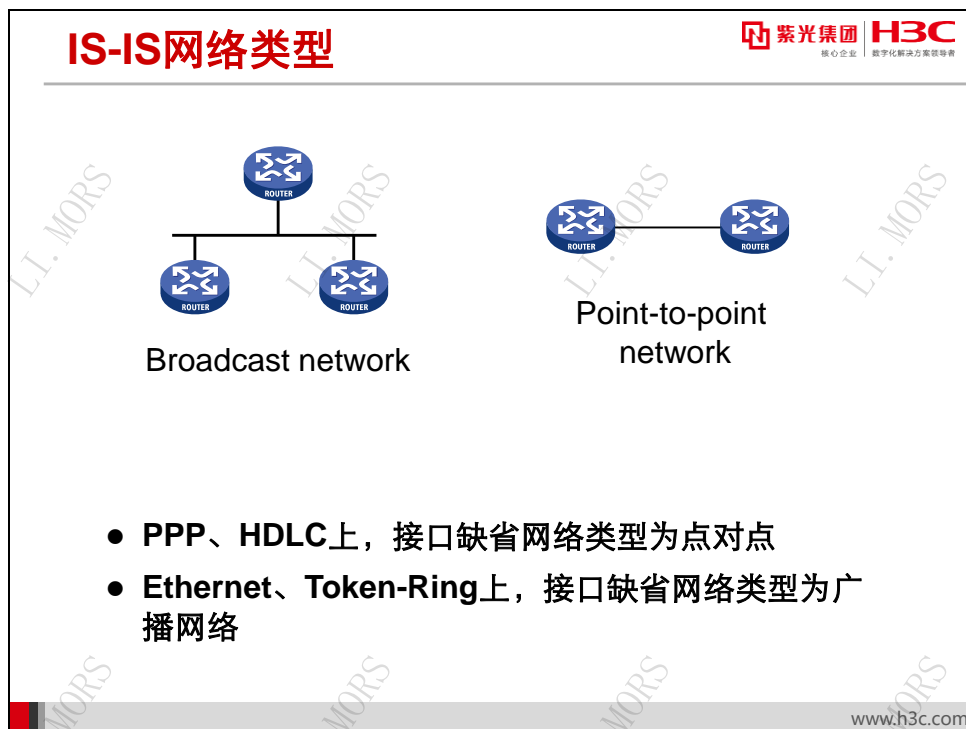
表11-2 典型 CLV 的作用

CLV Code	CLV 名称	CLV 的作用
1	Area Addresses	区域地址CLV在IIH报文中主要作用是判断同网段的IS是否在相同的区域，如果区域相同建立L1或L2邻居，否则只能建立L2邻居。
2	IS Neighbors (LSP)	IS邻居CLV主要应用在LSP报文中描述网络拓扑，value字段中填写的是邻居的System ID + 00或者DIS ID。
6	IS Neighbors (MAC Address)	该CLV主要用在广播网上邻居建立过程中，通过它确认邻居之间的双向关系，Value字段中填写的是对端邻居接口的MAC地址。

CLV Code	CLV 名称	CLV 的作用
128	IP Internal Reachability Infomation	该CLV主要用于在LSP报文中携带IP前缀信息，包括使 能了IS-IS的所有接口的IP地址。
132	IP Interface Address	该CLV的主要作用是在邻居建立过程中，检查对端地址 是否在同一网段；还可以通过该字段获得路由下一跳的 地址。



## 11.4 IS-IS网络类型



与 OSPF 不同，IS-IS 只支持两种类型的网络，可分为：

- 广播型网络；
- 点到点网络。

缺省情况下，路由器接口网络类型根据物理链路决定。在广播型的链路如 Ethernet、Token-Ring 上，接口缺省网络类型为广播网络；而在点对点链路如 PPP、HDLC 上，接口缺省网络类型为点对点。对于 NBMA（Non-Broadcast Multi-Access）网络，如 ATM，需对其配置子接口，并将子接口类型配置为点到点网络或广播网络。IS-IS 不能在点到多点（Point to MultiPoint, P2MP）链路上运行。

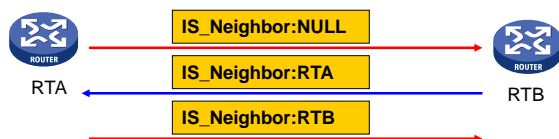
接口网络类型不同，其工作机制也略微不同。例如当网络类型为广播网时，需要选举 DIS、通过泛洪 CSNP 报文来实现 LSDB 同步；当网络类型为 P2P 时，不需要选举 DIS，LSDB 同步机制也不同。

当只有两台路由器接入到同一个广播网时，通过将接口网络类型配置为 P2P 可以使 IS-IS 按照 P2P 而不是广播网的工作机制运行，避免 DIS 选举以及 CSNP 的泛洪，既可以节省网络带宽，又可以加快网络的收敛速度。

## 邻居关系的建立

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者

- 邻居关系有Level-1和Level-2两种。
- 点对点网络上，只要IS能够收到对端的P2P IIH报文，就认为邻居能够建立，邻居状态为UP。
- 广播网络上，邻居建立需要三方握手过程。



www.h3c.com

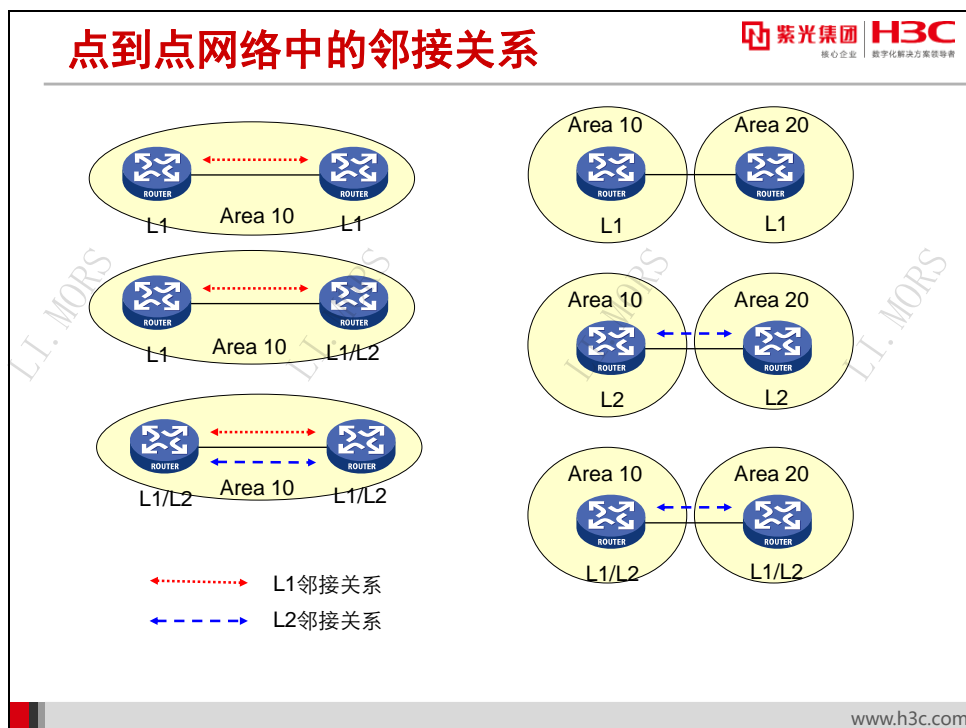
在 IS-IS 中，路由器类型有 Level-1、Level-2 和 Level-1-2 等 3 种，所能够建立的邻居关系有 Level-1 和 Level-2 两种。属于不同区域的 Level-1 路由器不能形成邻居关系，而 Level-2 路由器是否形成邻居关系则与区域无关。

在点对点网络上，当 IS 的端口物理层 UP 后，邻居的初始状态为 init。当收到对端发出的 P2P IIH 报文后，IS 检查报文中的相关参数，如果参数一致，则邻居状态会转化为 UP。

在广播网络上，邻居关系建立需要三方握手过程。具体过程如上图所示：

- RTA 的物理端口 UP 后，发送 LAN IIH 报文，报文中的 Neighbor 字段为空；
- RTB 收到 RTA 的 Hello 报文后，将 RTA 的 MAC 地址放在邻居字段中，发送出去，邻居状态变为 Init；
- RTA 收到 RTB 的 Hello 报文后发现自己的 MAC 地址在邻居列表中，双向关系确认，邻居状态变为 UP，并将 RTB 的接口 MAC 地址放在邻居列表中发送出去；RTB 收到该 Hello 报文后，发现自己的 MAC 地址在邻居列表中，双向关系确认，邻居状态变为 UP。

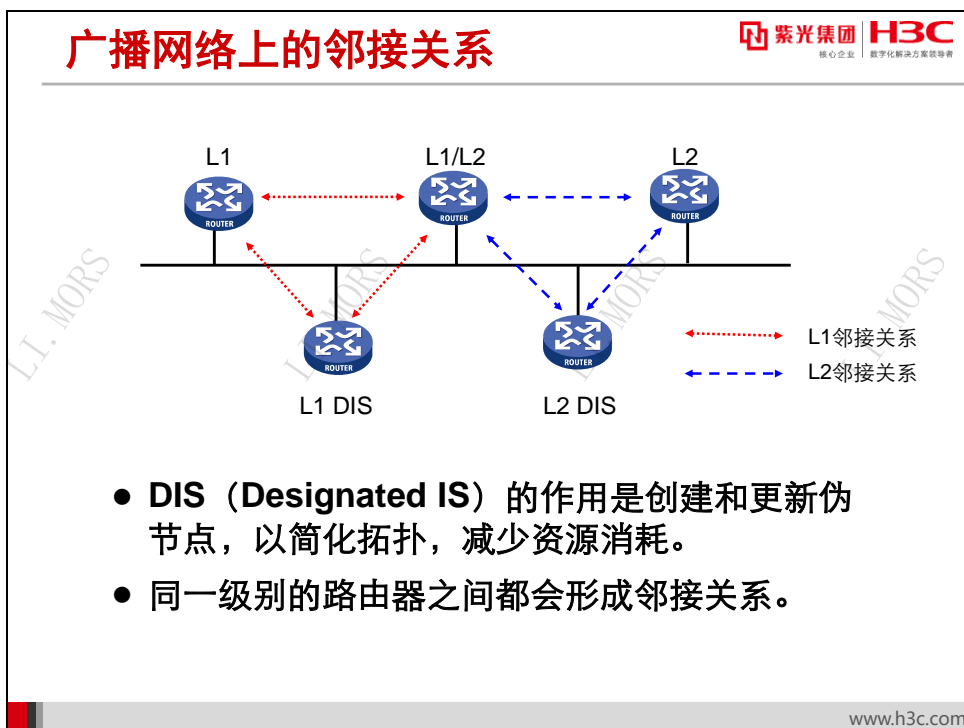
在 IS-IS 中，只要邻居关系建立，则意味着邻接关系同时建立了，邻居之间可以进行 LSP 的交换，达到 LSDB 的同步。



**Level-1** 路由器负责区域内的路由，它只与属于同一区域的 **Level-1** 和 **Level-1-2** 路由器形成邻接关系。分属不同区域间的 **Level-1** 路由器之间不会形成邻接关系，而同一区域中的 **Level-1** 和 **Level-2** 路由器间也不会形成邻接关系。

**Level-2** 路由器负责区域间的路由，可以与同一区域或者其它区域的 **Level-2** 和 **Level-1-2** 路由器形成邻接关系。

**Level-1-2** 路由器可以与同一区域的 **Level-1** 和 **Level-1-2** 路由器形成 **Level-1** 邻接关系，也可以与同一区域或者其他区域的 **Level-2** 和 **Level-1-2** 路由器形成 **Level-2** 的邻接关系。



在广播网络中，如果所有 IS 之间均交换路由信息将导致路由信息的重复传播。因此，在广播网络中，IS-IS 需要在所有的路由器中选举一个路由器作为 DIS (Designated IS, 指定中间系统)，它负责来创建和更新伪节点 (Pseudo nodes)，并负责生成伪节点的 LSP，用来描述这个网络上有哪些路由器。所有其它路由器都只与此路由器进行路由信息交换。

与 OSPF 不同的是，IS-IS 只要求选举一台 DIS，不需要备份，而且允许抢占。

伪节点是用来模拟广播网络的一个虚拟节点，并非真实的路由器。在 IS-IS 中，伪节点用 DIS 的 System ID 和一个字节的 Circuit ID (非 0 值) 标识。使用伪节点可以简化网络拓扑，减少 SPF 的资源消耗。

Level-1 和 Level-2 的 DIS 是分别选举的，用户可以为不同级别的 DIS 选举设置不同的优先级。DIS 优先级数值越高，被选中的可能性就越大。如果优先级最高的路由器有多台，则其中 SNPA (Subnetwork Point of Attachment, 子网连接点) 地址 (广播网络中的 SNPA 地址是 MAC 地址) 最大的路由器会被选中。不同级别的 DIS 可以是同一台路由器，也可以是不同的路由器。

在 IS-IS 广播网中，同一链路上的同一级别的路由器之间都会形成邻接关系，包括所有的非 DIS 路由器之间也会形成邻接关系。

## 两种网络上邻居建立过程比较

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者

	点到点网络	广播网络
Hello报文	P2P IIH	Level-1/Level-2 LAN IIH
Hello报文形式	单播	组播
Hello Timer	10S	10S, DIS是3.3S
有无DIS	无	有
邻接关系数量	1个	多个


www.h3c.com

上图总结了在点到点网络上与在广播网络上建立邻居关系过程中的异同。

- 广播网络中的 Level-1 路由器使用 Level-1 LAN IIH 来建立邻居关系，广播网络中的 Level-2 路由器使用 Level-2 LAN IIH，而点到点网络中的路由器则使用 P2P IIH。
- 在广播网络上，Hello 报文以组播形式发送。Level-1 LAN IIH 报文的组播地址是 0180.C200.0014，Level-2 LAN IIH 报文的组播地址是 0180.C200.0015。而在点到点网络上，IIH 报文是以单播形式发送的。
- Hello Timer 定时器都是一样的，默认为 10s，与网络类型无关。但在广播网络中，DIS 的 Hello Timer 只有其它 IS 的 1/3，这样可以更快的探测到 DIS 失效，加快网络收敛。
- 在广播网络上，使用 DIS 来创建和更新伪节点，以简化网络拓扑，减少 SPF 的资源消耗。而在点到点网络上没有 DIS 机制。
- 在广播网络上，所有同一级别的 IS 之间都形成邻接关系，总的邻接关系数量为  $n(n-1)/2$ 。而在点到点网络上，相邻的同一级别 IS 间只建立一个邻接关系。

## 11.5 LSDB 的同步

### LSDB 的同步—LSP 与 SNP 报文



- **LSP 用于描述链路状态信息**
  - Level-1 LSP 仅在区域内传播
  - Level-2 LSP 在骨干网传播
- **SNP 用于描述 LSDB 中 LSP 的摘要，并对邻居之间最新接收的 LSP 进行确认。**
- **CSNP 包括所有 LSP 的摘要信息**
  - 广播网络中周期性发送
  - 点到点网络中，只在第一次发送
- **PSNP 列举最近收到的一个或多个 LSP 的序号**
  - 用于 LSP 的确认

www.h3c.com

邻接关系建立后，邻居 IS 间进行 LSDB 的同步。同步过程主要由邻居间交互 LSP 和 SNP 协议报文完成的。

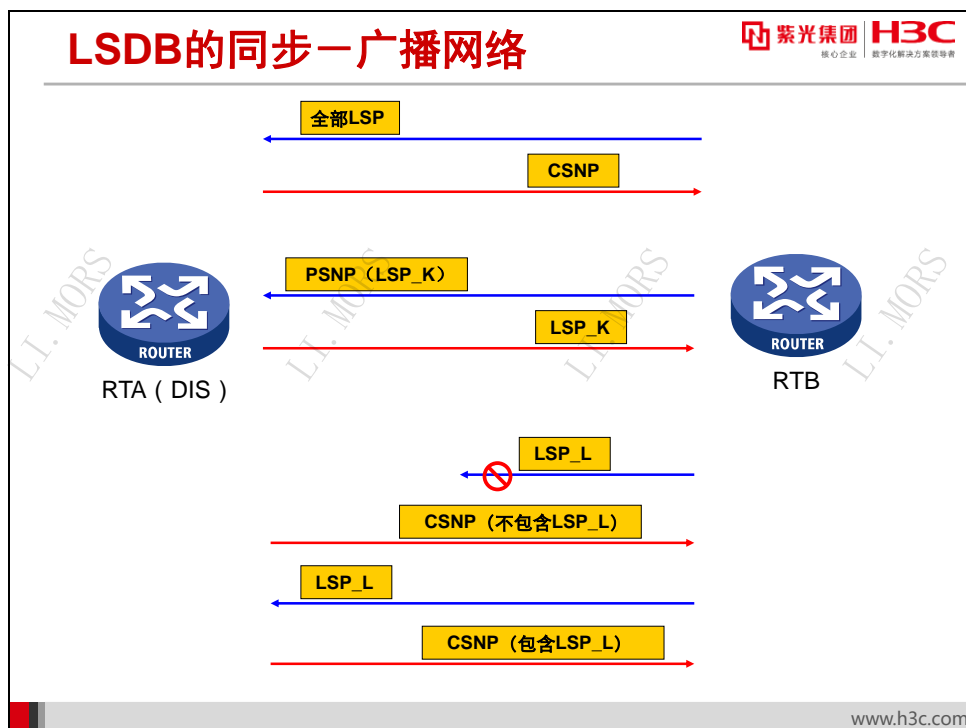
LSP 用于描述链路状态信息。每一个 IS 产生一个（或多个）LSP 来描述它与周围邻居 IS 的连接；LSP 报文中包含了发送者的 System ID 和序列号。如果 LSP 中包含的链路信息量太多，报文太大，则可以进行分片。Level-1 路由器产生 Level-1 LSP，仅在区域内传播；Level-2 路由器产生 Level-2 LSP，在骨干网内传播。

SNP 用于描述 LSDB 中 LSP 的摘要信息，并对邻居之间最新接收的 LSP 进行确认。

SNP 包括 CSNP（Complete SNP，全时序报文）和 PSNP（Partial SNP，部分时序报文），进一步又可分为 Level-1 CSNP、Level-2 CSNP、Level-1 PSNP 和 Level-2 PSNP。

CSNP 包括 LSDB 中所有 LSP 的摘要信息，从而可以在相邻路由器间保持 LSDB 的同步。在广播网络上，CSNP 由 DIS 定期发送（缺省的发送周期为 10 秒）；在点到点链路上，CSNP 只在第一次建立邻接关系时发送。

PSNP 只列举最近收到的一个或多个 LSP 的序号，它能够一次对多个 LSP 进行确认。

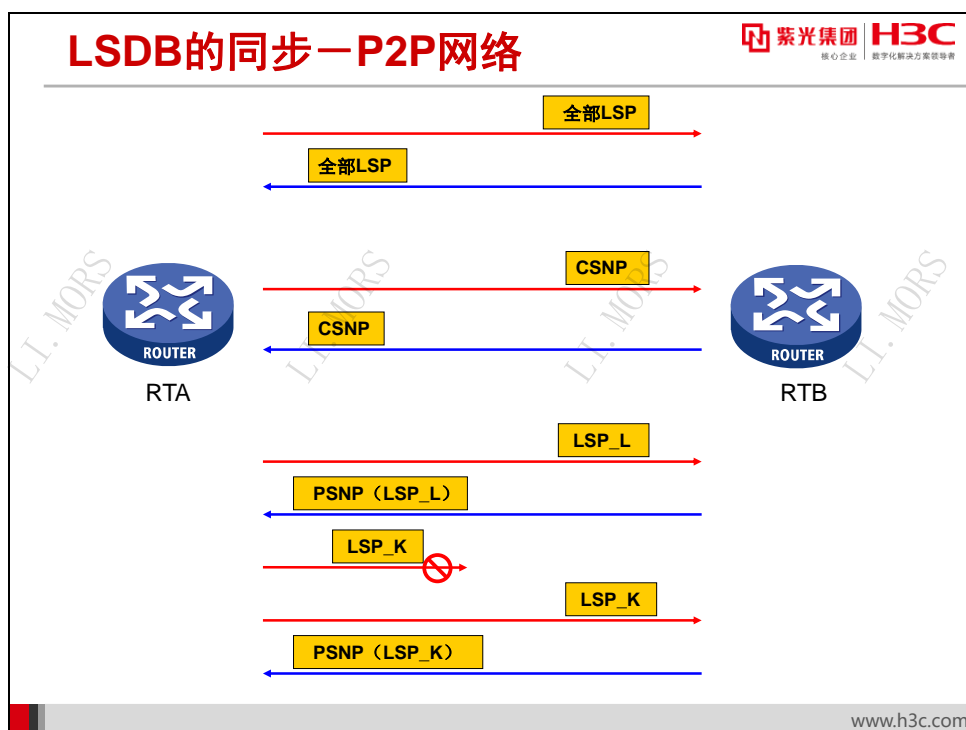


广播网络上，路由器之间的邻居状态变为 UP 后，为了加快链路状态数据库（LSDB）的同步过程，会先向邻居发送自己 LSDB 中的所有 LSP。这样，所有邻居的 LSDB 快速进入到同步状态。

在同步状态下，DIS 会周期性的发送 CSNP 报文，以维护区域中所有 IS 具有相同的 LSDB 数据库信息。如果某一个邻居路由器收到 CSNP 报文后，发现自己的 LSDB 与 DIS 没有达到同步状态，它会发送 PSNP 来请求 DIS 发送相应的 LSP。如上图，RTB 发现自己的 LSDB 中没有 LSP\_K，则它发送 PSNP 请求 DIS 重新发布该 LSP。DIS 收到请求后，单独发送这个 LSP，RTB 收到后，以 PSNP 进行回应以确认收到此 LSP。

如果网络拓扑发生变化，则路由器直接发送描述该变化的 LSP。如果因为某种原因，DIS 未收到该 LSP，则在周期性的 CSNP 中没有该 LSP。路由器根据从 DIS 接收到的 CSNP，发现没有该 LSP，则路由器会再次发送该 LSP，直到 DIS 发送的 CSNP 中包含该 LSP 为止。

如上图，RTB 因为链路变化产生新的 LSP\_L，会直接发送该 LSP。RTA 没有收到，因此在定期发送的 CSNP 中不包含 LSP\_L；RTB 根据 CSNP 发现 DIS 没有收到自己的 LSP\_L，会再次发送 LSP\_L，直到 CSNP 中包含了 LSP\_L 为止。



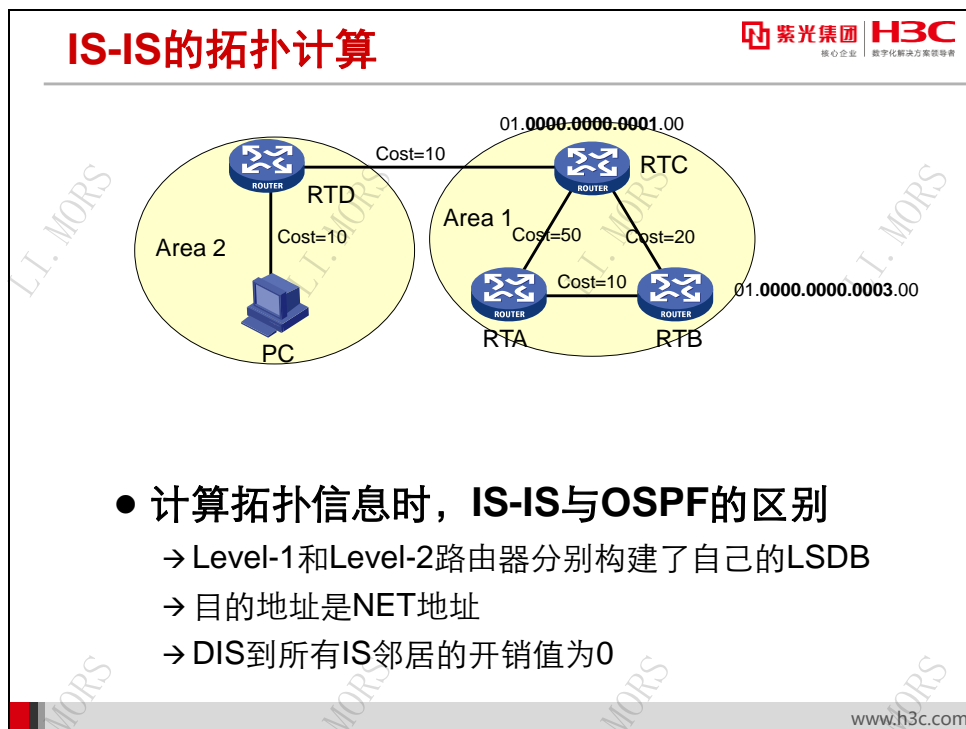
同样，在点对点网络上，路由器之间的邻居状态变为 UP 后，先向邻居发送自己 LSDB 中的所有 LSP 以快速进入到同步状态。

与广播网络不同的是，CSNP 只是在邻居建立后发送一次，而不是周期性发送。此后，路由器之间互相发送各自 LSDB 中的 LSP，并使用 PSNP 对所有收到的所有 LSP 进行确认。

如果因为某种原因，路由器所发送的 LSP 未到达对端，则不会收到对端的 PSNP 报文。路由器会重传该 LSP，直到收到对端的对应 PSNP 确认为止。



## 11.6 拓扑计算与IP路由的生成



在集成化 IS-IS 中，最终 IP 路由的生成需要经过两个步骤：

**第1步：**根据 LSDB 中的 LSP 信息，通过 SPF 算法计算出到达拓扑中所有节点的路径和开销；

**第2步：**根据 LSP 中携带的 IP 可达性信息，通过执行 PRC（Partial Route Computing），得出 IP 路由转发信息表。

在计算拓扑信息时，IS-IS 与 OSPF 的区别有以下几点：

- Level-1 和 Level-2 路由器分别构建了自己的 LSDB，所以在 Level-1-2 路由器上，SPF 算法要针对不同的 LSDB 而执行两次；
- IS-IS 使用 NET 来标识路由器，所以拓扑数据库中的目的地址是 NET 地址，而非像 OSPF 中的 IP；
- 对于广播网络，DIS 到所有 IS 邻居的开销值为 0。

在上图中，RTA 和 RTB 是 Level-1 路由器，属于 Area1；RTC 和 RTD 是 Level-1-2 路由器。RTC 经过 SPF 计算后，得出到达 RTB 的最小开销是 20，到达 RTC 的最小开销是 20+10=30，到达 RTD 的最小开销是 10。

## IP路由的形成

**紫光集团 H3C**  
核心企业 数字化转型领导者

```
[RTC]display isis route
```

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop
1.0.0.0/24	20	NULL	Eth1/1	2.1.1.1
2.0.0.0/24	20	NULL	Eth1/1	2.1.1.1

- 路由信息在LSP中以叶节点的形式传递
- 分别生成Level-1和Level-2路由

[www.h3c.com](http://www.h3c.com)

IS-IS 路由器接口启动 IP 协议后，相关的 IP 路由信息作为 CLV 附在 LSP 中，以叶节点的形式传递。IP 信息的变化不会影响到网络拓扑。

如果链路新增加了 IP 地址，相关的 LSP 传播到区域中后，所有路由器只需要执行 RPC，将计算出的路由插入到路由表中，不需要重新执行 SPF 运算。这可以降低网络变化对设备 CPU 的影响，是 IS-IS 相比 OSPF 的优点。但是如果拓扑信息发生变化，则需要重新计算到达特定网段的路径和开销。

IS-IS 会分别生成 Level-1 和 Level-2 路由，放于 IS-IS 协议路由表中。对于 Level-1-2 链路来说，链路上的 IP 路由会同时生成 Level-1 和 Level-2 路由，Level-1 路由优先。如果路由器上同时运行了多路由协议，则经过路由优先级比较后，IS-IS 协议路由表中的路由才会进入 IP 路由表中，作为有效路由指导 IP 报文转发。

## 11.7 本章总结

### 本章总结

- OSI地址格式
- IS-IS协议报文包含了4类
- IS-IS网络类型只有两种
- LSDB同步和IP路由计算

www.h3c.com

## 11.8 习题和解答

### 11.8.1 习题

1. NET 地址包含哪几部分？（ ）  
A. Area      B. System ID      C. NSEL      D. IDP
2. 一个 IS-IS 进程最多可以配置三个 NET 地址，它们拥有相同的（ ）  
A. Area ID      B. DSP      C. IDP      D. System ID
3. IS-IS 中的 PDU 包含有如下哪些类型？（ ）  
A. Hello      B. DSP      C. IDP      D. PSNP  
E. CSNP      F. LSP      G. IP
4. PSNP 报文的作用是（ ）  
A. 对收到的 LSP 进行确认      B. 交换链路状态信息  
C. 保持 LSDB 的同步      D. 建立邻居关系
5. IS-IS 支持哪些网络类型？（ ）  
A. Broadcast      B. P2P      C. NBMA      D. P2MP

### 11.8.2 习题答案

1. ABC
2. D
3. ADEF
4. BC
5. A

## 第12章 配置 IS-IS

IS-IS 是一种链路状态型协议，其配置与 OSPF 有类似的地方。本章介绍了常用的 IS-IS 相关配置命令，如何配置 IS-IS 单区域、多区域，如何配置路由泄漏和验证，并在最后介绍如何使用命令来查看 IS-IS 的邻居和 LSDB。

### 12.1 本章目标

#### 课程目标

● 学习完本课程，您应该能够：

- 掌握IS-IS路由协议的基本配置
- 掌握IS-IS路由协议的高级配置
- 掌握IS-IS路由协议的显示维护



www.h3c.com

## 12.2 IS-IS基本配置

### 12.2.1 配置 IS-IS 基本功能

### IS-IS基本功能配置

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化解决方案领导者

- 创建IS-IS进程，并进入IS-IS视图

```
[RTA] isis [ process-id ] [ vpn-instance vpn-instance-name ]
```

- 配置IS-IS进程的网络实体名称

```
[RTA-isis-1] network-entity net
```

- 在指定接口上使能IS-IS进程

```
[RTA-Ethernet0/0] isis enable [process-id]
```

[www.h3c.com](http://www.h3c.com)

在配置 IS-IS 之前需要提前规划好 IS-IS 区域，IS-IS 的网络实体名称。上图已经给出了使能 IS-IS 必需的四条基本命令，它们分别是创建 IS-IS 进程，配置 IS-IS 进程的网络实体名称，以及在指定接口上使能 IS-IS 路由进程的命令。具体过程如下所示。

**第1步：**在系统视图下创建 IS-IS 路由进程，并进入 IS-IS 视图：

```
[RTA] isis [ process-id ] [ vpn-instance vpn-instance-name ]
```

由于同一台设备上可以支持多个 IS-IS 进程同时运行，所以需要用到 IS-IS 进程号来区别不同的 IS-IS 进程。创建 IS-IS 进程时，如果不指定其进程号，则系统采用缺省的进程号 1。另外，还可以用 **vpn-instance** 参数来指定 IS-IS 所属的 VPN。

**第2步：**在 IS-IS 进程视图下配置该 IS-IS 进程的网络实体名称：

```
[RTA-isis-1] network-entity net
```

net 参数的格式为 X...X.XXXX....XXXX.00，前面的“X...X”是区域地址，中间的 12 个“X”是路由器的 System ID，最后的“00”是 SEL。


网络实体名称包括区域 ID，系统 ID，网络服务访问点三部分。区域 ID 的长度可以是 1 到 8 个八位组字节；系统 ID 的长度必须为 6 个八位组字节，其值在 Level-1 域以及 Level-2 域中必须唯一；网络服务访问点的长度为 1 个八位组字节，其值必须为零。

**第3步：**在指定接口上使能 IS-IS 进程：

**[RTA-Ethernet0/0] isis enable [process-id]**

只有配置该命令之后，IS-IS 进程才能在该接口上发送协议报文进行邻居建立以及路由学习。在使能 IS-IS 进程时，如果不指定进程号，系统则取 IS-IS 进程 1。

## 12.2.2 配置 IS-IS 路由器类型及接口邻接关系


**紫光集团**  
核心企业 数字化转型与智能服务

## IS-IS路由器类型及接口邻接关系配置

- **配置IS-IS路由器类型**

**[RTA-isis-1] is-level { level-1 | level-1-2 | level-2 }**

- **配置IS-IS接口邻接关系类型**

**[RTA-Ethernet0/0] isis circuit-level [ level-1 | level-1-2 | level-2 ]**

[www.h3c.com](http://www.h3c.com)

对 IS-IS 路由协议进行适当优化可以提高其工作效率，减少其资源消耗，上图中提供了常用的 IS-IS 优化命令。

在 IS-IS 缺省配置中，路由器类型默认是 level-1-2。level-1-2 类型路由器可以同时建立 level-1 和 level-2 邻居关系，维护 level-1 和 level-2 数据库。这种缺省配置的缺点是消耗路由器 CPU、内存去处理和维持两个链路状态数据库，而且要消耗大量的缓存和带宽去处理每一台路由器始发的 Level-1 和 Level-2 类型的 IS-IS Hello 报文和 PDU 报文。所以路由器应该在满足其基本功能应用的情况下，尽量选择节约资源，节约带宽的优化配置。

如果路由器只是一台区域内部路由器，可以把它配置为 Level-1 类型；如果路由器是一台骨干区域路由器，可以把它配置为 Level-2 类型，如果一台路由器需要承担不同区域内路由的交换的工作，那么该路由器就需要保持其缺省配置 Level-1-2 类型。

配置 IS-IS 路由器类型的命令如下：

**[RTA-isis-1] is-level { level-1 | level-1-2 | level-2 }**

其中参数含义如下：

- **level-1**：配置路由器类型为 Level-1，它只计算区域内路由，维护 Level-1 的 LSDB。

- **level-1-2:** 配置路由器工作在 Level-1-2, 同时参与 Level-1 和 Level-2 的路由计算, 同时维护 Level-1 和 Level-2 链路状态数据库。
- **level-2:**配置路由器工作在 Level-2, 只参加 Level-2 的 LSP 交换和 Level-2 的路由计算, 维护 Level-2 的链路状态数据库。

尽管区域边界路由器需要 Level-1-2 类型, 但是并不要求其所有接口都建立 Level-1-2 邻接关系, 如果其接口相连的路由器是 Level-1 类型, 可以在该接口下把 IS-IS 邻接关系配置为 Level-1, 则与对端只建立 Level-1 邻接关系; 如果接口相连的路由器是 Level-2 类型, 则可以在该接口下把 IS-IS 邻接关系配置为 Level-2, 则与对端只建立 Level-2 邻接关系; 如果接口相连的路由器是 Level-1-2, 则取其缺省配置, 建立 IS-IS Level-1-2 邻接关系。

配置 IS-IS 接口邻接关系类型的命令如下:


```
[RTA-Ethernet0/0] isis circuit-level [ level-1 | level-1-2 | level-2 ]
```

其中参数含义如下:

- **level-1:** 配置本接口链路邻接关系类型为 Level-1;
- **level-1-2:** 配置本接口链路邻接关系类型为 Level-1-2;
- **level-2:** 配置本接口链路邻接关系类型为 Level-2。

### 12.2.3 配置 IS-IS 链路开销

## IS-IS链路开销配置



紫光集团 H3C  
核心企业 数字化解决方案领导者

- 配置IS-IS开销值的类型
 

```
[RTA-isis-1] cost-style { narrow | wide | wide-compatible | { compatible | narrow-compatible } [ relax-spf-limit ] }
```
- 配置IS-IS接口的链路开销值
 

```
[RTA-Ethernet0/0] isis cost value [ level-1 | level-2 ]
```
- 使能自动计算接口链路开销值功能
 

```
[RTA-isis-1] auto-cost enable
```

www.h3c.com

由于 IS-IS 当初是为 CLNS 设计的, 导致其 cost 类型字段长度比较小, 只能表示 0 到 63 的度量值; 当 IS-IS 通过扩展应用到 TCP/IP 网络时, 该度量值不能满足 TCP/IP 网络的需



要，所以对度量值对应的字段进行了扩展，增大到 32 位，度量值最大可以达到 16777215。不同的链路度量值范围把 IS-IS 链路开销类型分为 **wide**、**narrow** 两种类型，为了使 **wide** 和 **narrow** 类型的路由器能够互通就定义了 **compatible**、**narrow-compatible**、**wide-compatible** 类型。

配置 IS-IS 开销值的类型的命令如下：

```
[RTA-isis-1] cost-style { narrow | wide | wide-compatible | { compatible | narrow-compatible } [ relax-spf-limit ] }
```

其中参数含义如下：

- **narrow 类型**：表示只可以接收和发送采用 **narrow** 方式（取值范围为 0～63）表示到达目的地路径开销的报文。
- **wide 类型**：表示只可以接收和发送采用 **wide** 方式（取值范围为 0～16777215）表示到达目的地路径开销的报文。
- **compatible 类型**：表示可以接收和发送采用 **narrow** 和 **wide** 方式表示到达目的地路径开销的报文。
- **narrow-compatible 类型**：表示可以接收采用 **narrow** 和 **wide** 方式表示到达目的地路径开销的报文，却只能发送采用 **narrow** 方式表示到达目的地路径开销的报文。
- **wide-compatible 类型**：表示可以接收采用 **narrow** 和 **wide** 方式表示到达目的地路径开销的报文，却只能发送采用 **wide** 方式表示到达目的地路径开销的报文。
- **relax-spf-limit**：表示允许接收到目的地路径开销值大于 1023 的报文。如果不指定该参数，则在收到开销值大于 1023 的报文时，将丢弃。只有当指定了 **compatible** 或 **narrow-compatible** 时该参数可选。

与 OSPF 不同，在 IS-IS 协议中，缺省情况下它并不考虑接口的链路带宽，而是直接把所有接口的链路开销值设置为 10。可以通过配置命令来修改 IS-IS 接口的链路的开销值。该配置命令可以分别就 Level-1，Level-2 设置不同的链路开销值，如果不指定 Level 参数，则默认对 Level-1，Level-2 都设置相同的链路开销值。

配置 IS-IS 接口的链路开销值的命令如下：

```
[RTA-Ethernet0/0] isis cost value [ level-1 | level-2 ]
```

其中参数含义如下：

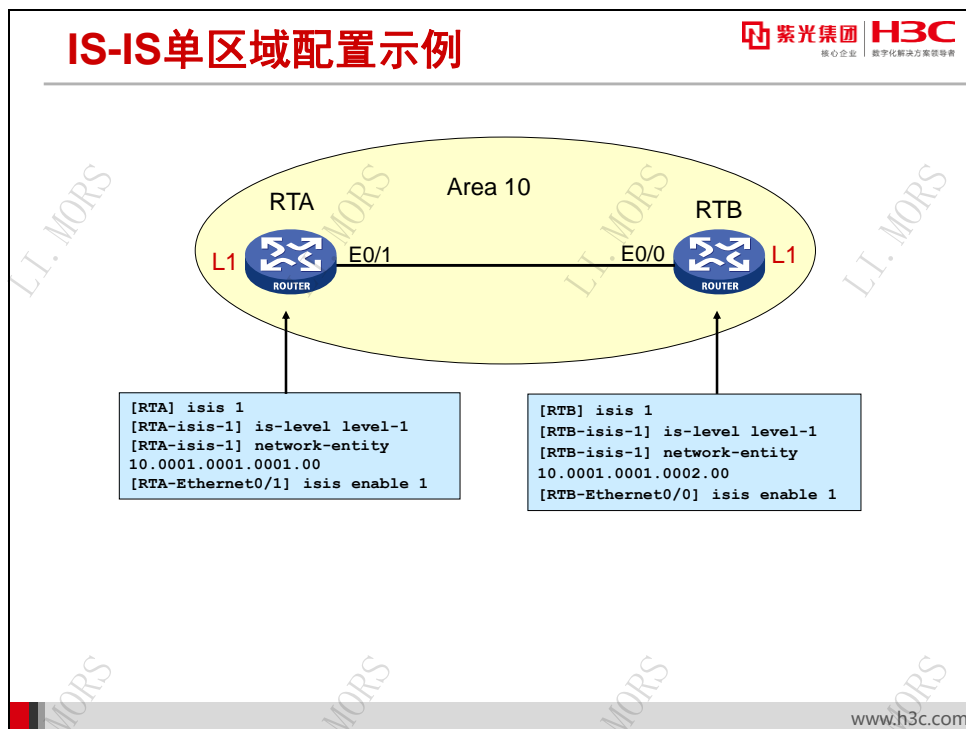
- **value**：链路开销值。
- **level-1**：配置在计算 Level-1 路由时使用的链路开销值。
- **level-2**：配置在计算 Level-2 路由时使用的链路开销值。

如果不想通过手工配置接口链路开销值，还可以选择配置根据链路带宽自动计算接口链路开销值功能；在路由器上使能 IS-IS 自动计算接口链路开销值的命令如下：

```
[RTA-isis-1] auto-cost enable
```

使能自动计算接口链路开销值功能后，系统将根据带宽参考值自动计算接口的链路度量值。

## 12.3 IS-IS单区域配置示例



如上图所示，RTA 与 RTB 处于同一区域中，之间建立 IS-IS 邻接关系，通过 IS-IS 协议达到 IP 网络互连。规划区域号为 10，RTA 和 RTB 为 Level-1 路由器，RTA 的 System ID 为 0001.0001.0001，RTB 的 System ID 为 0001.0001.0002。

RTA 的配置如下：

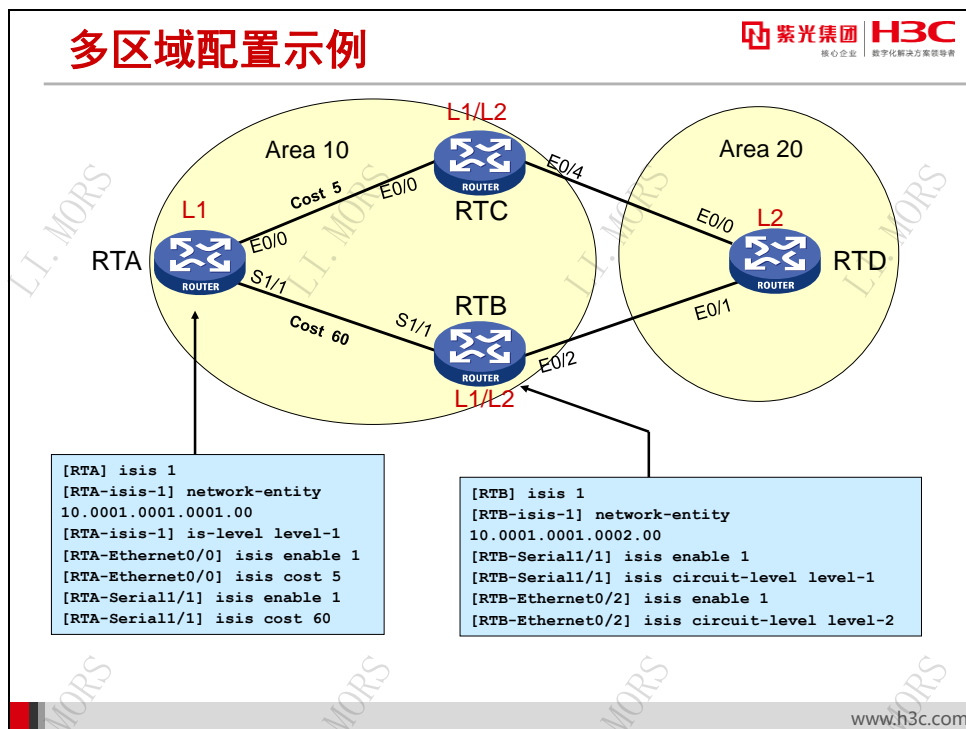
```
[RTA] isis 1
[RTA-isis-1] is-level level-1
[RTA-isis-1] network-entity 10.0001.0001.0001.00
[RTA-Ethernet0/1] isis enable 1
```

RTB 的配置如下：

```
[RTB] isis 1
[RTB-isis-1] is-level level-1
[RTB-isis-1] network-entity 10.0001.0001.0002.00
[RTB-Ethernet0/0] isis enable 1
```

完成配置后，RTA 与 RTB 之间建立了 IS-IS 邻接关系并交换 IS-IS 链路状态信息。

## 12.4 IS-IS多区域配置示例



如上图所示，4 台路由器构建了 IS-IS 网络，网络中有 2 个区域，编号分别为 10 和 20。

规划 RTA 为区域 10 的内部路由器，它不和其它区域的路由器相连，所以可以把其类型配置为 Level-1，只与邻居路由器建立 Level-1 邻接关系。规划 RTD 为骨干网路由器，把其类型配置为 Level-2，只与邻居路由器建立 Level-2 邻接关系。

RTB 和 RTC 在连接区域 10 内部路由器 RTA 的同时还连接骨干网路由器 RTD，所以 RTB 和 RTC 要配置为 Level-1-2 类型路由器。

RTB 和 RTC 没有必要向内部路由器 RTA 发送 Level-2 类型的 hello 报文，所以在 RTB 和 RTC 上，把与 RTA 相连的接口配置为 Level-1 邻接关系；同样，在 RTB 和 RTC 上，把与 RTD 相连的接口配置为 Level-2 邻接关系。

RTA 有 2 条路径到达骨干网，设定其优选从 RTC 到达骨干网。

RTA 的配置如下：

```

[RTA] isis 1
[RTA-isis-1] network-entity 10.0001.0001.0001.00
[RTA-isis-1] is-level level-1
[RTA-Ethernet0/0] isis enable 1
[RTA-Ethernet0/0] isis cost 5
[RTA-Serial1/1] isis enable 1
[RTA-Serial1/1] isis cost 60

```

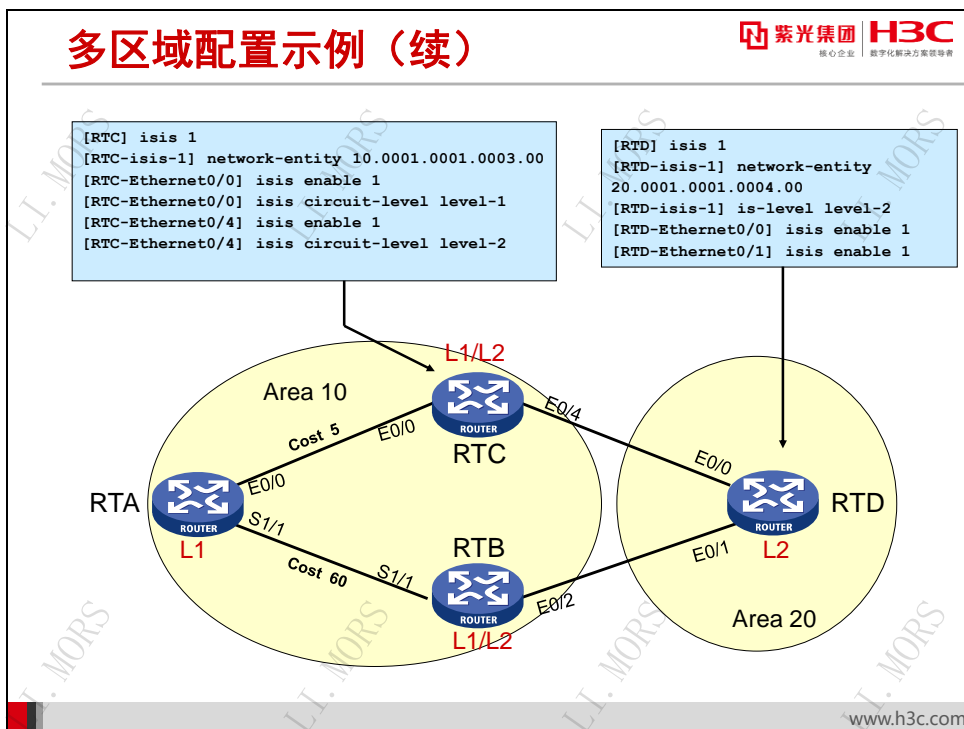
RTB 的配置如下：

```

[RTB] isis 1

```

```
[RTB-isis-1] network-entity 10.0001.0001.0002.00
[RTB-Serial1/1] isis enable 1
[RTB-Serial1/1] isis circuit-level level-1
[RTB-Ethernet0/2] isis enable 1
[RTB-Ethernet0/2] isis circuit-level level-2
```



RTC 的配置如下：

```
[RTC] isis 1
[RTC-isis-1] network-entity 10.0001.0001.0003.00
[RTC-Ethernet0/0] isis enable 1
[RTC-Ethernet0/0] isis circuit-level level-1
[RTC-Ethernet0/4] isis enable 1
[RTC-Ethernet0/4] isis circuit-level level-2
```

RTD 的配置如下：

```
[RTD] isis 1
[RTD-isis-1] network-entity 20.0001.0001.0004.00
[RTD-isis-1] is-level level-2
[RTD-Ethernet0/0] isis enable 1
[RTD-Ethernet0/1] isis enable 1
```

## 12.5 IS-IS高级配置

### 12.5.1 配置 IS-IS 验证

IS-IS验证配置

**紫光集团 H3C**  
核心企业 数字化解决方案领导者

- **配置IS-IS邻居关系验证方式和验证密码**

```
[RTA-Ethernet0/0] isis authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-sha-1 | hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher cipher-string | plain plain-string } [ level-1 | level-2 ] [ ip | osi ]
```
- **配置IS-IS区域验证方式和验证密码**

```
[RTA-isis-1] area-authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-sha-1 | hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher cipher-string | plain plain-string } [ ip | osi ]
```
- **配置IS-IS路由域验证方式和验证密码**

```
[RTA-isis-1] domain-authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-sha-1 | hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher cipher-string | plain plain-string } [ ip | osi ]
```

www.h3c.com

在 IS-IS 中，可以配置三个级别的认证，分别是邻居关系验证，区域范围验证和域验证。它们可以单独使用，也可以一起使用。每一级别的认证都可以使用明文口令或者 md5。

邻居关系验证，是对邻居建立的 hello 报文进行认证，认证不通过，邻居不能建立。配置 IS-IS 邻居关系验证方式和验证密码的命令如下：

```
[RTA-Ethernet0/0] isis authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-sha-1 | hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher cipher-string | plain plain-string } [ level-1 | level-2 ] [ ip | osi ]
```

其参数含义如下：

- **md5**：指定验证方式为密文，且加密方式为 MD5。
- **simple**：指定验证方式为明文。
- **password**：认证密码。
- **level-1**：为 Level-1 配置认证密码。
- **level-2**：为 Level-2 配置认证密码。
- **ip**：检查 SNP、LSP 中 IP 的相应字段的配置内容。
- **osi**：检查 SNP、LSP 中 OSI 的相应字段的配置内容。

- **md5**: MD5 验证模式。
- **simple**: 简单验证模式。
- **gca**: GCA 验证模式（Generic Cryptographic Authentication）。
- **key-id**: 唯一标识一个认证项（SA），取值范围为 1~65535。发送方将 Key ID 放入认证 TLV 中，接收方根据报文中提取的 Key ID 选择 SA 对报文进行认证。
- **hmac-sha-1**: 支持 HMAC-SHA-1 算法。
- **hmac-sha-224**: 支持 HMAC-SHA-224 算法。
- **hmac-sha-256**: 支持 HMAC-SHA-256 算法。
- **hmac-sha-384**: 支持 HMAC-SHA-384 算法。
- **hmac-sha-512**: 支持 HMAC-SHA-512 算法。
- **cipher**: 表示输入的密码为密文。
- **cipher-string**: 表示设置的密文密码，为 33~53 个字符的字符串，区分大小写。
- **plain**: 表示输入的密码为明文。
- **plain-string**: 表示设置的明文密码，为 1~16 个字符的字符串，区分大小写。
- **level-1**: 为 Level-1 配置认证密码。
- **level-2**: 为 Level-2 配置认证密码。
- **ip**: 检查 SNP、LSP 中 IP 的相应字段的配置内容。
- **osi**: 检查 SNP、LSP 中 OSI 的相应字段的配置内容。

区域范围验证，是对接收到的 Level-1 报文（LSP、CSNP、PSNP）进行认证，认证不通过，相关信息不能加到 Level-1 数据库中。配置 IS-IS 区域验证方式和验证密码的命令如下：


```
[RTA-isis-1] area-authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-sha-1
| hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher
cipher-string | plain plain-string } [ ip | osi ]
```

域验证，是对接收到的 Level-2 报文进行认证，认证不通过，相关信息不能加到 Level-2 数据库中。配置 IS-IS 路由域验证方式和验证密码的命令如下：

```
[RTA-isis-1] domain-authentication-mode { md5 | simple | gca key-id { hmac-
sha-1 | hmac-sha-224 | hmac-sha-256 | hmac-sha-384 | hmac-sha-512 } } { cipher
cipher-string | plain plain-string } [ ip | osi ]
```

## 12.5.2 配置 IS-IS 路由聚合

## IS-IS聚合配置

 紫光集团 **H3C**  
核心企业 数字化转型方案领导者

```
summary ip-address { mask | mask-length } [ avoid-feedback | generate_null0_route | [ level-1 | level-1-2 | level-2 ] | tag tag ]
```

- 在IS-IS视图下使用
- 缺省只对level-2路由进行聚合
- 聚合后路由的开销值取所有被聚合路由中最小的开销值
- **generate\_null0\_route**表示聚合的同时生成NULL0路由

www.h3c.com

通过路由聚合，一方面可以减小路由表规模，还可以减少本路由器生成的 LSP 报文大小和 LSDB 的规模，同时还可以隐藏区域内部网络震荡的影响。其中，被聚合的路由可以是 IS-IS 协议发现的路由，也可以是引入的外部路由。另外，聚合后路由的开销值取所有被聚合路由中最小的开销值。

配置 IS-IS 聚合路由的命令如下：

```
[RTA-isis-1] summary ip-address { mask | mask-length } [ avoid-feedback | generate_null0_route | [ level-1 | level-1-2 | level-2 ] | tag tag ]
```

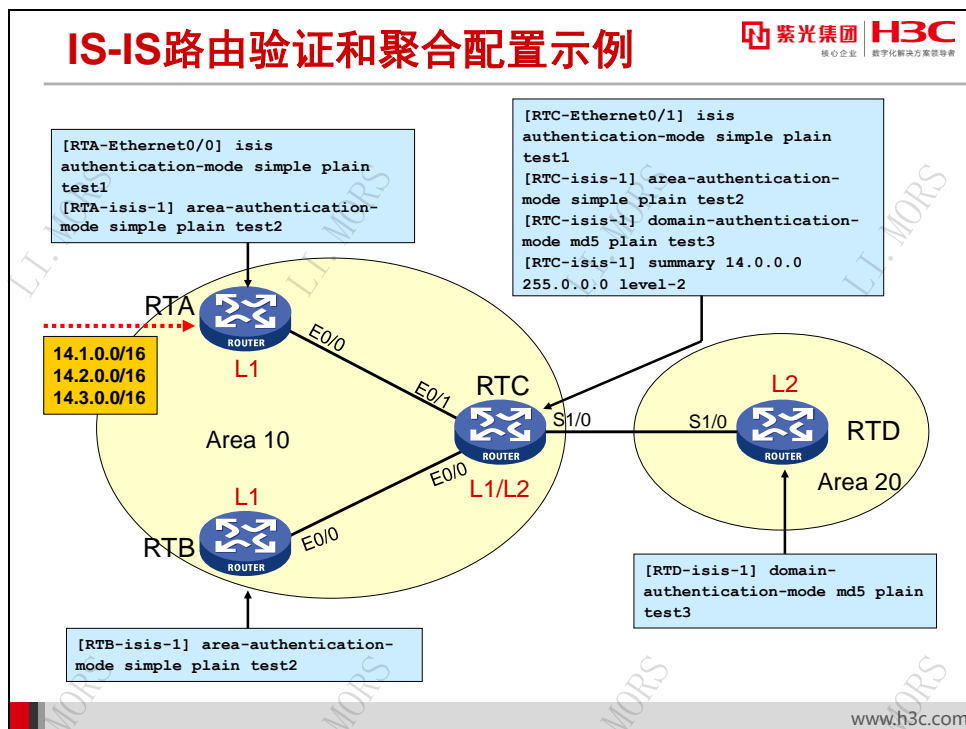
其常见参数含义如下：

- **ip-address**: 聚合路由的目的 IP 地址。
- **mask**: 聚合路由的网络掩码，点分十进制格式。
- **mask-length**: 聚合路由的网络掩码长度，取值范围为 0~32。
- **generate\_null0\_route**: 为防止路由循环而生成 NULL0 路由。
- **level-1**: 只对引入到 Level-1 区域的路由进行聚合。
- **level-1-2**: 对引入到 Level-1 和 Level-2 区域的路由都进行聚合。
- **level-2**: 只对引入到 Level-2 区域的路由进行聚合。
- **tag tag**: 管理标记。

缺省情况下，只对引入到 Level-2 区域的路由进行聚合。



## 12.6 IS-IS路由聚合和验证配置示例



在上图所示网络中，RTA 和 RTC 之间配置邻居关系验证，采用明文验证方式，密码为 test1；区域 10 内配置区域验证方式，采用明文验证方式，验证密码是 test2；在骨干网即区域 20 内配置域验证方式，采用密文验证方式，验证密码是 test3。

在 RTA 上有路由 14.1.0.0/16，14.2.0.0/16，14.3.0.0/16，这些路由在 RTC 上转化为 level-2 类型路由后在骨干网中传播。为了减少骨干网中 LSP 的数量，可以在 RTC 上进行路由聚合，把上述连续地址聚合为 14.0.0.0/8，聚合后路由为 level-2 类型。

RTA 的配置如下：

```
[RTA-Ethernet0/0] isis authentication-mode simple plain test1
[RTA-isis-1] area-authentication-mode simple plain test2
```

RTB 的配置如下：

```
[RTB-isis-1] area-authentication-mode simple plain test2
```

RTC 的配置如下：

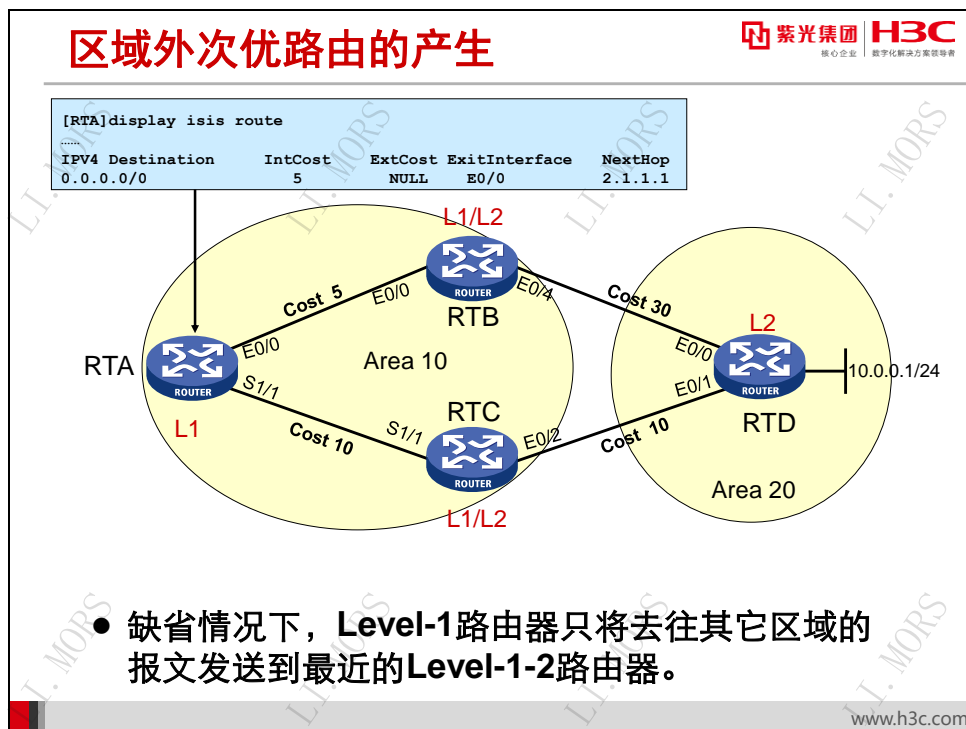
```
[RTC-Ethernet0/1] isis authentication-mode simple plain test1
[RTC-isis-1] area-authentication-mode simple plain test2
[RTC-isis-1] domain-authentication-mode md5 plain test3
[RTC-isis-1] summary 14.0.0.0 255.0.0.0 level-2
```

RTD 的配置如下：

```
[RTD-isis-1] domain-authentication-mode md5 plain test3
```

## 12.7 次优路由产生和解决方法

### 12.7.1 区域外次优路由的产生和解决方法



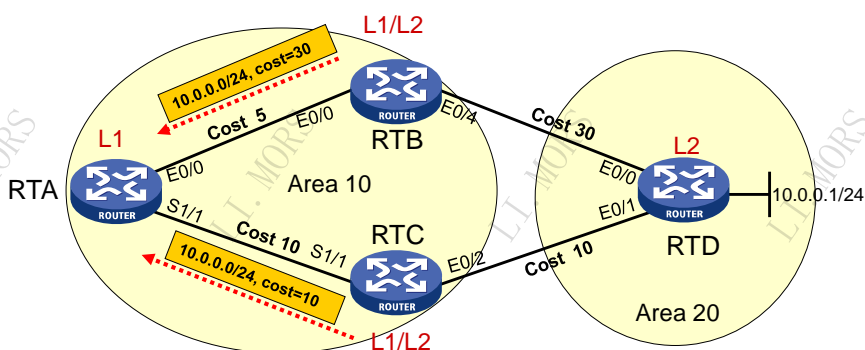
在 IS-IS 中，区域内的路由通过 Level-1 路由器进行管理，区域内的路由信息通过 Level-1-2 路由器发布到 Level-2 区域，Level-2 路由器知道整个 IS-IS 路由域的路由信息。但是，在缺省情况下，Level-2 路由器并不将自己知道的其它 Level-1 区域以及 Level-2 区域的路由信息发布到 Level-1 区域。这样，Level-1 路由器将不了解本区域以外的路由信息，Level-1 路由器只将去往其它区域的报文发送到最近的 Level-1-2 路由器，所以可能导致对本区域之外的目的地址无法选择最佳的路由。

在上图所示网络中，RTA 可通过 RTB 或 RTC 到达 RTD。因为 RTA 到 RTB 的链路开销值为 5，而到 RTC 的链路开销值为 10，所以 RTA 会将去往 RTD 的报文发送给 RTB，由 RTB 进行转发。但这显然这是不合理的，因为经由 RTC 到达 RTD 的路径总开销是 20，比经由 RTB 到达 RTD 的路径总开销 35 小，所以经由 RTC 到达 RTD 的路径应该是最优路径。所以在 RTA 上，选择经由 RTB 到达 RTD 的路径并不是最优的，即出现了次优路由问题。

#### 说明：

Level-1-2 路由器会发出 ATT（Attach bit）置位的 LSP，Level-1 路由器据此能知道区域中有 Level-1-2 路由器。

## 区域外次优路由的解决方法

紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型方案领导者

- 路由渗透使Level-1-2路由器将Level-2区域的路由信息发布到Level-1区域。


www.h3c.com

为解决上述问题，IS-IS 提供了路由渗透功能，使 Level-1-2 路由器可以将已知的其它 Level-1 区域以及 Level-2 区域的路由信息发布到指定的 Level-1 区域。

在上图所示网络中，配置了路由渗透后，RTB 和 RTC 将 Level-2 区域的路由 10.0.0.0/24 和相关开销值发送到 RTA。RTA 经过比较开销值，选择经由下一跳 RTC 到达 RTD。

## 12.7.2 配置 IS-IS 路由渗透

## IS-IS路由渗透配置



```
import-route isis level-2 into level-1 [ filter-policy  
{ acl-number | prefix-list prefix-list-name | route-policy  
route-policy-name } | tag tag ]
```

- 在IS-IS视图下使用
- 此命令仅在Level-1-2路由器上使用才有意义
- 如果未配置路由过滤，则所有的level-2路由会引入到level-1区域中

www.h3c.com

配置了路由渗透后，路由器将所维护的 Level-2 路由信息引入到 Level-1 链路状态数据库中。所以，路由渗透的命令仅在 Level-1-2 路由器上有意义。

另外，如果只想将部分 Level-2 路由信息引入到 Level-1 区域中，则可以配置路由过滤或路由策略，将不需要的路由过滤掉。同时，还可以指定引入的路由带有标记（tag）值，以利于识别。

配置 IS-IS 路由渗透的命令如下：


```
[RTA-isis-1] import-route isis level-2 into level-1 [ filter-policy { acl-number |  
prefix-list prefix-list-name | route-policy route-policy-name } | tag tag ]
```

其常见参数含义如下：

- **acl-number**: 指定访问控制列表序号，过滤从 Level-2 区域引入到 Level-1 区域的路由信息。
- **prefix-list prefix-list-name**: 指定 IPv4 地址前缀列表名。
- **route-policy route-policy-name**: 指定路由策略名。
- **tag tag**: 为引入路由设置 Tag 值。

## 12.8 IS-IS显示和维护

### IS-IS显示和维护



紫光集团 H3C  
核心企业 | 数字化解决方案领导者

- 显示IS-IS的进程信息
 

**[RTA] display isis [ process-id ]**
- 显示IS-IS的邻居信息
 

**[RTA] display isis peer [ statistics | verbose ] [ process-id ]**
- 显示IS-IS的IPv4路由信息
 

**[RTA] display isis route [ ipv4 [ topology topo-name ] [ ip-address mask-length ] ] [ [ level-1 | level-2 ] | verbose ] [ process-id ]**
- 显示IS-IS的链路状态数据库
 

**[RTA] display isis lsdb [ [ level-1 | level-2 ] | local [ lsp-id lspid | lsp-name lspname ] | verbose ] [ process-id ]**

www.h3c.com

完成 IS-IS 相关配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 IS-IS 的运行情况。常用的 IS-IS 显示和维护相关命令如下表所示：

表12-1 IS-IS 显示和维护命令表

操作	命令
显示IS-IS的进程信息	<b>display isis [ process-id ]</b>
显示IS-IS的邻居信息	<b>display isis peer [ statistics   verbose ] [ process-id ]</b>
显示IS-IS的IPv4路由信息	<b>display isis route [ ipv4 [ topology topo-name ] [ ip-address mask-length ] ] [ [ level-1   level-2 ]   verbose ] [ process-id ]</b>
显示IS-IS的链路状态数据	<b>display isis lsdb [ [ level-1   level-2 ]   local [ lsp-id lspid   lsp-name lspname ]   verbose ] [ process-id ]</b>
清除IS-IS特定邻居的数据信息	<b>reset isis peer system-id [ process-id ]</b>
清除所有IS-IS的数据结构信息	<b>reset isis all [ process-id ] [ graceful-restart ]</b>

## IS-IS进程信息显示

```

<RTA> display isis

IS-IS(1) Protocol Information

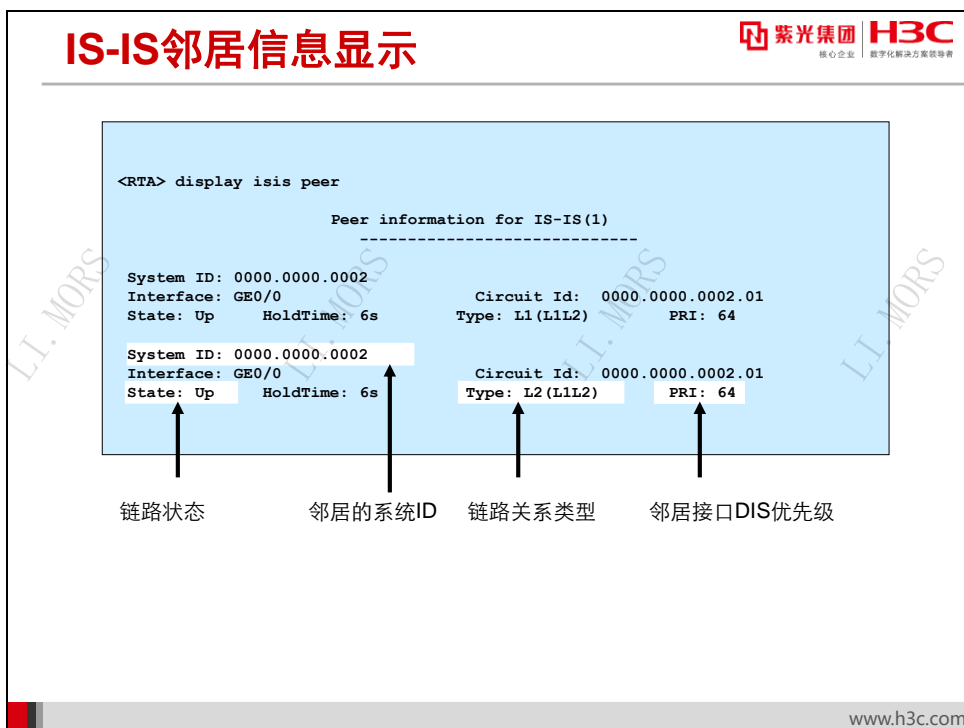
Network entity      : 01.0000.0000.0003.00
IS-level           : level-1-2
Cost-style         : Narrow
Fast reroute       : Disabled
Preference         : 15
LSP-length receive : 1497
LSP-length originate
  level-1          : 1497
  level-2          : 1497
Maximum imported routes : 1000000
Timers
  LSP-max-age      : 1200
  LSP-refresh      : 900
  SPF intervals    : 5 50 200
  
```

网络实体名称  
路由器类型  
开销类型  
路由优先级

www.h3c.com

在任意视图下使用 `display isis` 命令来显示 IS-IS 的进程信息。

由上图中输出可知，当前运行 IS-IS 的进程号是 1，所配置的网络实体名称为 01.0000.0000.0003.00，路由器类型为 level-1-2，开销类型为 narrow，路由优先级是缺省值 15。



使用 `display isis peer` 命令来显示 IS-IS 的邻居信息。

由上图中输出可知，路由器与邻居路由器相连的链路状态为 **UP**，说明邻居关系建立成功。邻居路由器的系统 ID 为 0000.0000.0002，邻居路由器的类型为 **Level-1-2**，所以所建立的邻居关系为 **Level-1** 和 **Level-2**。

邻居路由器接口 **Level-1** 和 **Level-2** 的 DIS 优先级都是缺省值 64。

对于 IS-IS，**Level-1** 和 **Level-2** 的 DIS 是分别选举的，可以为不同级别的 DIS 选举设置不同的优先级。优先级数值高者被选为 DIS。如果所有路由器的 DIS 优先级相同，将会选择 MAC 地址最大的路由器作为 DIS。

## IS-IS的路由信息显示

**紫光集团 H3C**  
核心企业 数字化转型领导者

```

<RTA> display isis route

Route information for IS-IS(1)
-----
Level-1 IPv4 Forwarding Table
-----

```

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags
2.0.0.0/24	20	NULL	GE0/0	3.0.0.2	R/L/-
3.0.0.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

路由是否已放到路由表中

是否已经通过LSP发布

www.h3c.com

使用 `display isis route` 命令用来显示 IS-IS 的路由信息。

由上图中输出可知，当前路由器维护了 Level-1 路由转发表，表中有 2.0.0.0/24 和 3.0.0.0/24 这 2 条路由，但只有 2.0.0.0/24 被添加到 IP 路由表中，被作为报文转发的依据。

如果路由器是 Level-1 路由器，则 `display isis route` 命令只会输出 Level-1 路由转发表；如果路由器是 Level-2 路由器，则只维护 Level-2 路由转发表。



## IS-IS的链路状态数据库显示

 紫光集团 H3C  
核心企业 数字化转型领导者

```
<RTA> display isis lsdb level-1 verbose
```

```
Database information for IS-IS(1)
```

```
Level-1 Link State Database
```

LSPID	Seq Num	Checksum	Holdtime	Length	ATT/P/OL
0000.0000.0001.00-00	0x00000022	0x9ba1	891	76	0/0/0
Source 0000.0000.0001.00 ← LSP生成路由器的System ID					
Auth: ***** Len: 5 Type: Plain Text					
NLPID IPv4					
Area address 01 ← LSP生成路由器的区域地址是01					
IPv4 address 2.0.0.2					
NBR ID					
0000.0000.0001.02 Cost: 10					
IP-Internal					
2.0.0.0 255.255.255.0 Cost: 10					

↑  
LSP生成路由器IP内部可达地址和掩码信息

[www.h3c.com](http://www.h3c.com)

使用 `display isis lsdb` 命令来显示 IS-IS 的链路状态数据库。

在上图中，通过执行 `display isis lsdb level-1 verbose` 来查看 Level-1 链路状态数据库详细信息。由输出可知，当前这个 LSP 是由 System ID 为 0000.0000.0001 的路由器生成的，其区域 ID 为 01。这条 LSP 所携带的 IP 路由信息为 2.0.0.0/24。

## 12.9 本章总结

### 本章总结

- IS-IS路由协议的基本配置
- IS-IS路由器类型、接口邻接关系、链路开销配置
- IS-IS路由验证和聚合配置
- 配置IS-IS路由渗透来解决次优路由
- IS-IS路由协议的显示和维护

www.h3c.com

## 12.10 习题和解答

### 12.10.1 习题

1. 在路由器上用如下哪个命令来配置 IS-IS 进程的网络实体名称？（ ）  
A. [RTA] network-entity 10.0000.0000.0000.00  
B. [RTA-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0000.00  
C. [RTA- Ethernet0/0] network-entity 10.0000.0000.0000.00  
D. [RTA-isis-area-1] network-entity 10.0000.0000.0000.00
2. 如果需要使路由器接口只接收和发送采用 **wide** 方式（取值范围为 0~16777215）开销的报文，则需要将接口开销类型设置为以下哪种类型？（ ）  
A. narrow      B. wide      C. compatible      D. wide-compatible
3. 在 IS-IS 中，如果要将 Level-2 路由发布到 Level-1 区域中，则需要采用如下哪种方法？（ ）  
A. 路由渗透      B. 路由过滤      C. 路由策略      D. 基于策略的路由
4. 用如下哪个命令来查看当前设备 IS-IS 进程的路由器类型？（ ）  
A. [RTA] display isis brief      B. [RTA] display isis route  
C. [RTA] display isis lsdb      D. [RTA] display isis interface
5. 用如下哪个命令来查看当前设备 IS-IS 进程的 LSP？（ ）  
A. [RTA] display isis brief      B. [RTA] display isis route  
C. [RTA] display isis lsdb      D. [RTA] display isis interface

### 12.10.2 习题答案

1. B
2. B
3. A
4. A
5. C