

## IS-IS 协议原理与配置

IS-IS ( Intermediate System-to-Intermediate System ) 中间系统到中间系统

ISIS 知识点

ISIS 基本配置，ISIS 9 种报文，2 种网络类型，3 种路由器类型，hello 报文中的 padding 开启与关闭，P2P 链路 3-way，接口认证，修改路由器级别，接口级别，路由过载，DIS 选举，DIS 与 DR 的区别，接口优先级的修改，接口开销值，接口开销类型 ( narrow,wide )，修改网络类型 ( p2p，broadcast )，IS 路由聚合，ISIS 缺省路由，路由引入，引入外部路由的类型 ( internal,External )，路由过滤 filter-policy，IS-IS 路由渗透

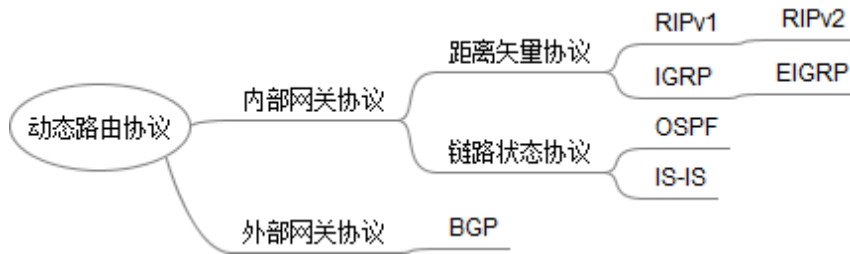
## IS-IS 协议简介：

B BYTE 字节

b bit 比特

IS-IS ( Intermediate System-to-Intermediate System，中间系统到中间系统 )

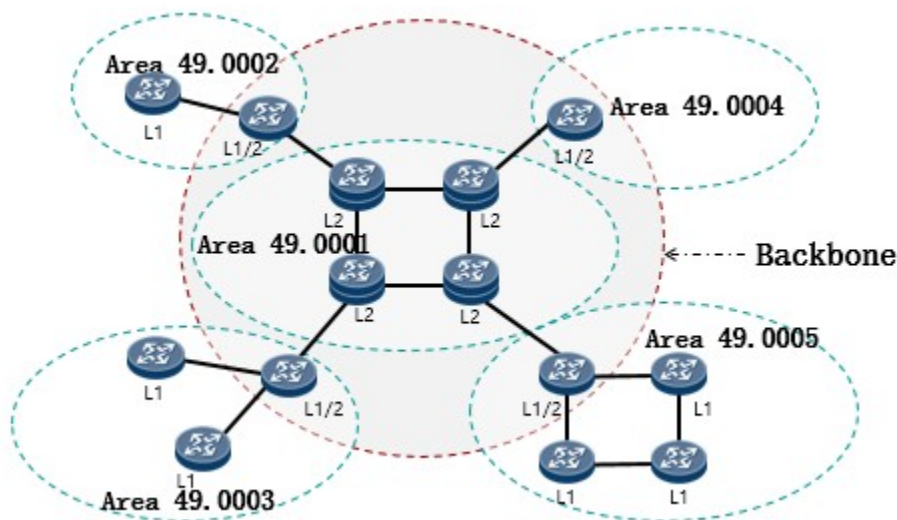
路由协议最初是 ISO ( the International Organization for Standardization，国际标准化组织 ) 为 CLNP ( Connection Less Network Protocol，无连接网络协议 ) 设计的一种动态路由协议。



和 OSPF 路由协议一样，IS-IS 也是一个应用非常广泛的 IGP 路由协议，很多 ISP 网络，特别是大型的 ISP 网络都部署了 IS-IS 路由协议。

RIP OSPF 等许多 IGP 都是针对 IP 这个网络层协议而开发的路由协议，但 IS-IS 最初是针对 CLNP(Connection-Less Network Protocol) 这个网络层协议而开发的路由协议。后来，进行把扩展的 IS-IS 既能够支持 CLNP，也能够支持 IP,这样的 IS-IS 协议被称为 Integrated 集成 IS-IS 协议。目前，通常情况下所说的 IS-IS 都是指集成 IS-IS 协议。

IS-IS 协议最初是由 ISO 对其进行标准化工作的，所以 IS-IS 协议中有许多的 ISO 的特殊用语。



=====

在路由器之间通讯时，IS-IS 使用的是 ISO 定义的协议数据单元 ( PDU )。

IS-IS 中使用的 PDU 类型主要有：

Hello PDU ( IIH PDU )

链路状态 PDU ( LSP )

完全序列号数据包 ( CSNP )

部分序列号数据包 ( PSNP )

IIH PDU 类似于 OSPF 协议中的 hello 报文，负责形成路由器间的邻居关系，发现新的邻居，检测是否有邻居退出。

LSP 类似于 OSPF 协议中的 LSA，用于描述本路由器中所有的链路状态信息。

CSNP 包含了网络中每一个 LSP 的总结性信息，当路由器收到一个 CSNP 时，它会将该 CSNP 与其链路状态数据库进行比较，如果该路由器丢失了一个在 CSNP 中存在的 LSP 时，它会发送一个组播 PSNP，向网络中其它路由器索要其需要的 LSP。

PSNP 在点对点链路中用于确认接收的 LSP；在点对点链路和广播链路中用于请求最新版本或者丢失的 LSP。

CSNP 类似于 OSPF 的 DD 报文传递的是 LSDB 里所有链路信息摘要。

PSNP 类似于 OSPF 的 LSR 或 LSAck 报文用于请求和确认部分链路信息。

ISIS 交互的过程没有 OSPF 协议那样经历了多个阶段，主要是通过 CSNP 和 PSNP 两种协议报文来同步，请求以及确认

链路状态信息（承载的是链路状态信息摘要），而链路状态信息的详细拓扑和路由信息是由 LSP 报文传递。

IS-IS 协议与 OSPF 协议非常相似。它们都是基于链路状态的路由协议，都需要建立和维护链路状态数据库，都使用 hello 报文来建立和维护邻居/邻接关系，都具有区域化和层次化的结构。

另一方面，IS-IS 协议与 OSPF 协议又存在许多差别。OSPF 区域分界位于路由器上，而 IS-IS 协议区域的分界位于链路上，OSPF 协议支持点到点，点到多点，NBMA，Broadcast 这 4 种类型的网络，而 IS-IS 协议只支持点到点和 Broadcast 这两种类型的网络。

运行 IS-IS 协议的路由器必须有一个必须有一个被称为 NET（Network Entity Title）的网络地址，即使是在 IP 环境下也是如此。NET 也称为网络实体名，长度为 8 至 20 字节，其格式可以多种多样。通常，在 IP 环境下 NET 格式为：区域 ID（1 字节）+系统 ID（6 个字节）+SEL（1 个字节），NET 中的 SEL 总是为 00。

IS-IS 协议中的区域 ID 指的是十六进制数，例如区域 20，这指的是十六进制的 20，相当于十进制的 32。

在 OSPF 协议中，描述链路状态及路由信息的报文称为 LSA，在 IS-IS 协议中，描述链路状态及路由信息的报文称为 LSP（Link State PDU, Link State Packet），LSP 也有两种类型 Level-1 LSP，Level-2 LSP

=====

## IS-IS 形成邻居关系的条件

1. 同一层次
2. 同一区域
3. 同一网段
4. 相同网络类型 P2P broadcast
5. 相同的 mtu 值
6. 认证相同
7. 在 P2P 网络中，system-id 长度要一致，最大区域地址数要相同

IS-IS 接口开销类型两端类型不一致，邻居可以建立，但路由不能学习

```
[-] IEEE 802.3 Ethernet
  [+ Destination: ISIS-all-level-1-IS's (01:80:c2:00:00:14)
  [+ Source: HuaweiTe_45:31:dc (54:89:98:45:31:dc)
    Length: 1500
[-] Logical-Link Control
  DSAP: ISO Network Layer (0xfe)
  IG Bit: Individual
  SSAP: ISO Network Layer (0xfe)
  CR Bit: Command
  [+ Control field: U, func=UI (0x03)
[-] ISO 10589 ISIS InTRA Domain Routeing Information Exchange Protocol
  Intra Domain Routing Protocol Discriminator: ISIS (0x83)
  PDU Header Length: 27
  Version (==1): 1
  System ID Length: 6
  PDU Type : L1 HELLO (R:000)
  Version2 (==1): 1
  Reserved (==0): 0
  Max.AREAs: (0==3): 3
  [+ ISIS HELLO
```

3 字节

建立邻居，这两个值必须一致

一般情况下，一个路由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要相同。为了支持区域的平滑合并，

分割及转换，在设备的实现中，一个 ISIS 进程下最多可配置 3 个区域地址。

isis

is-level level-1 : level-1 与 level-2 建立不了邻居

int g0/0/0

isis circuit-type p2p : 两端接口的网络类型不同建立不了邻居

isis

cost-style wide : 两台设备的 cost 类型不同，邻居可以建立，但报文不能收发，所以没有路由

不同层次类型的路由器不能形成邻居关系，即 Level-2 路由器不能和 Level-1 路由器形成邻居关系，但是 Level-1-2 路由器既能和同一区域的 Level-1 路由器形成 Level-1 邻居关系又能和相同或者不同区域 Level-2 路由器形成 Level-2 邻居关系。

Level-1 路由器只能与同一区域的 Level-1 路由器或者 Level-1-2 路由器形成 Level-1 邻居关系。

链路两端 ISIS 接口的地址必须处于同一网段。

isis

cost-style narrow , cost 取值范围 1-63

cost-style wide , cost 取值范围 1-16777215

## 区域 ( Areas )

IS-IS 允许将整个路由域分为多个区域；

区域之间通过 L2(L1/L2)路由器相连接；

一个路由器目前最多有 3 个 Area Id 属于 3 个区域 (IOS 和 VRP 的实现)

一个路由器必须整个属于某个区域，而不能象 OSPF 那样是同一台路由器上不同的接口可以属于不同的区域

对于 Level-1 路由器来说，只有属于同一区域才可以建立邻居，对于 Level-2 路由器则没有此同一区域限制

## 以两台 L2 路由器在广播链路上建立邻居关系为例

R1 组播发送 Level-2 LAN IIH ( 组播 MAC:01-80-C2-00-00-15 )，此报文中无邻居标识。

R2 收到此报文后，将自己和 R1 的邻居状态标识为 Initial。然后，R2 再组播向 R1 回复 Level-2 LAN IIH，此报文中标识 R1 为 R2 的邻居。

R1 收到此报文后，将自己与 R2 的邻居状态标识为 Up。然后 R1 再组播向 R2 发送一个标识 R2 为 R1 邻居的 Level-2 LAN IIH。

R2 收到此报文后，将自己与 R1 的邻居状态标识为 Up。这样，两个路由器成功建立了邻居关系。

因为是广播网络，需要选举 DIS，所以在邻居关系建立后，路由器会等待两个 Hello 报文间隔再进行 DIS 的选举。Hello 报文中包含 Priority 字段，Priority 值最大的将被选举为该广播网的 DIS。若优先级相同，接口 MAC 地址较大的被选举为 DIS。IS-IS 中 DIS 发送 Hello 时间间隔为 10/3 秒，而其他非 DIS 路由器发送 Hello 间隔为 10 秒。

IS-IS 的 Hello 报文可以具体细分为：L1 IIH、L2 IIH 和 P-2-P IIH。

L1 IIH 的组播地址为：0180-C200-0014；

L2 IIH 的组播地址为：0180-C200-0015；

P-2-P IIH 采用单播地址进行通信。

Hello 报文的作用为发现、建立和维系邻居关系，功能上类似于 OSPF 协议中的 Hello 报文。

默认情况下，普通路由的 Hello 报文的发送时间间隔为 10 秒  
DIS 发送 Hello 数据包的时间间隔是普通路由的 1/3 为 3 秒，  
这个可以保证 DIS 失效可以被快速检测到。

## IS-IS 和 OSPF 关于邻接关系的区别

IS-IS 两个邻居路由器只要相互交换 HELLO 数据包就认为相互形成了邻接关系；而 OSPF 中，两台路由器进入 2-Way 状态则认为形成了邻接关系，但是只要进入 Full 状态才被认为进入完全邻接关系。

IS-IS 中，优先级为 0 的路由器亦然可以参与 DIS 选举；而 OSPF 汇总优先级为 0 表示不参与选举。

IS-IS 中，DIS 是基于抢占的；OSPF 中 DR/BDR 已经选举不得抢占。

=====

## OSPF 协议中的 DR 与 ISIS 协议的 DIS 的区别：

DR 选举先看优先级，再比较 router-id，DIS 先看优先级，再比较 mac 地址



DR 默认为 1，取值范围为 0-255，DIS 默认为 64，取值范围为 0-127，

DR 的值为 0，代表放弃 DR 选取，DIS 的值为 0，只是值小，并不放弃 DIS 选举

DR 主要为了减少 LSA 泛洪，DIS 是为周期发送 CSNP，同步 LSDB

DR 有备份的设备 BDR，DIS 没有备份的 DIS

DR 的选举是在链路上选举的，DIS 的选举分为 Level-1 和 Level-2，在路由器上选举

DR 默认不开启抢占，DIS 默认抢占

OSPF 选举 DR/BDR 需要 waiting time 达 40 秒，过程也较为复杂，而 ISIS 选举 DIS 等待两个 Hello 报文间隔就可以，简单快捷

选举完成后，ISIS 网络链路内所有的路由器之间都建立的是邻接关系。OSPF 中 DRothers 只与 DR/BDR 形成 full 邻接关系，DRothers 之间只有 2-way 的关系。

ISIS DIS 和 OSPF DR 的区别？

答：

DIS is preempt. No backup router. Pri  $\geq 0$  (priority and mac 越大越好)；而 OSPF DR 有 BDR，

优先级越高越好，或 router id 越高越好。支持抢占，所以 DIS 可预测，而 ospf 的 DR 不可预测。

选举 DR 需要 wait timer，继而产生 BDR,DR,复杂,而 ISIS,只要 LAN hello 收到即可比较选择 DIS,无 backup,所以简单,快.

Full adjacency ,DIS guarantee reliable flooding. (MAlink 上同步的方式不一样)

DIS hello =3s；

ISIS DIS 使用 LAN id 来表示 ,即 DIS's system + circuit id 标识

=====

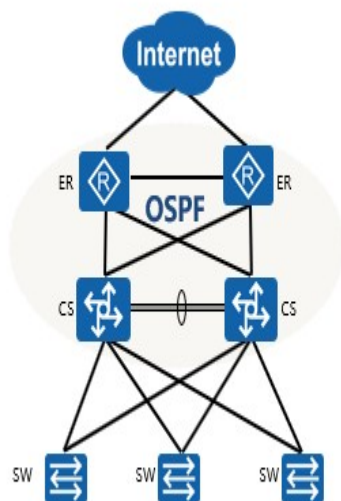


## 前言

- 和OSPF一样，IS-IS也是一种基于链路状态并使用最短路径优先算法进行路由计算的一种IGP协议。IS-IS最初是国际化标准组织ISO为它的无连接网络协议CLNP设计的一种动态路由协议。
- 为了提供对IP的路由支持，IETF在RFC1195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，修订后的IS-IS协议被称为集成化的IS-IS。由于IS-IS的简便性及扩展性强的特点，目前在大型ISP的网络中被广泛地部署。

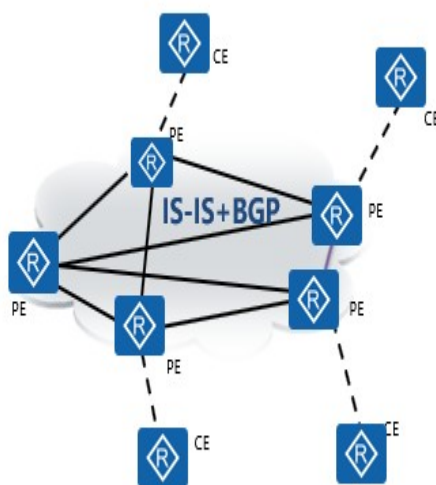


## 场景应用



• 园区网：

区域多样、策略多变、调度精细



• 骨干网：

区域扁平、收敛极快、承载庞大

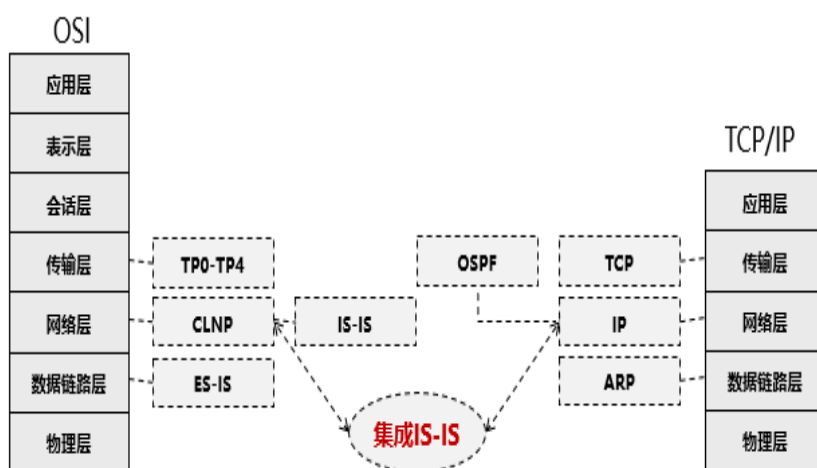
- 园区网特点：
- 应用型网络，主要面向企业网用户。
- 路由器数量偏少，动态路由的 LSDB 库容量相对偏少，三层路由域相对偏少。
- 有出口路由的概念，对内部外部路由划分敏感。
- 地域性跨度不大，带宽充足，链路状态协议开销对带宽占用比偏少。
- 路由策略和策略路由应用频繁多变，需要精细化的路由操作。
- OSPF 的多路由类型（内部/外部），多区域类型（骨干/普通/特殊），开销规则优良（根据带宽设定），网络类型多样（最多五种类型）的特点在园区网得到了极大的发挥。
- 骨干网特点：
- 服务型网络，由 ISP（互联网服务提供商）组建，并为

终端用户提供互联服务。

- 路由调度占据绝对统治地位，路由器数量庞大。
- 架构层面扁平化，要求 IGP 作为基础路由为上层 BGP 协议服务。
- LSDB 规模宏大，对链路收敛极度敏感，线路费用高昂。
- 追求简单高效，扩展性高，满足各种客户业务需求（IPV6/IPX）。
- IS-IS 的快速算法（PRC 得到加强），简便报文结构（TLV），快速邻居关系建立，大容量路由传递（基于二层开销低）等一系列特点在骨干网有着天然的优势。



## 历史起源



### • 集成IS-IS特点:

- 支持CLNP网络、IP网络
- 工作在数据链路层

### • OSPF特点:

- 目前只支持IP网络
- 工作在IP层

- IS-IS 最初是国际标准化组织 ISO ( the International Organization for Standardization ) 为它的无连接网络协议 CLNP ( ConnectionLess Network Protocol ) 设计的一种动态路由协议。

- 为了提供对 IP 的路由支持，IETF 在 RFC1195 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 )，后面如果没有特别说明，提到的 IS-IS 都是指集成 IS-IS。
- IS-IS 属于内部网关协议，用于自治系统内部。IS-IS 是一种链路状态协议，使用最短路径优先算法进行路由计算。



## 路由计算过程

- 建立邻居关系

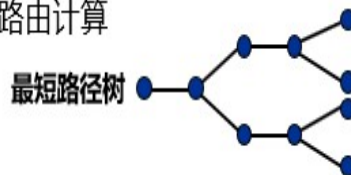


感觉和OSPF一样哦  
细节还是有一定差异

- 同步LSDB数据库



- 执行SPF路由计算



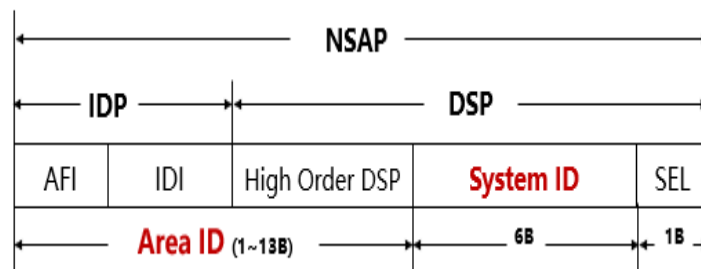
- 邻居关系建立：
- 邻居关系建立主要是通过 HELLO 包交互并协商各种参数，包括电路类型 ( level-1/level-2 )，Hold time，网络类型，支持协议，区域号，系统 ID，PDU 长度，接口 IP 等。
- 链路信息交换：
- 与 OSPF 不同，ISIS 交互链路状态的基本载体不是 LSA ( link state advertisement )，而是 LSP ( link state PDU )；交互的过程没有 OSPF 协议那样经历了多个阶段，主要是通

过 CSNP 和 PSNP 两种协议报文来同步，请求以及确认链路状态信息（承载的是链路状态信息摘要），而链路状态信息的详细拓扑和路由信息是由 LSP 报文传递。

- 路由计算：
- SPF 计算和 OSPF 基本一样的，但 ISIS 算法分离了拓扑结构和 IP 网段，加快了网络收敛速度。

## 地址结构

TCP/IP协议栈	IP协议	IP地址	OSPF	Area ID+Router ID
OSI系统	CLNP协议	NSAP地址	IS-IS	NET标识符



NET是一类特殊的NSAP (SEL = 00)，在路由器上配置IS-IS时，只需要考虑NET即可。如：

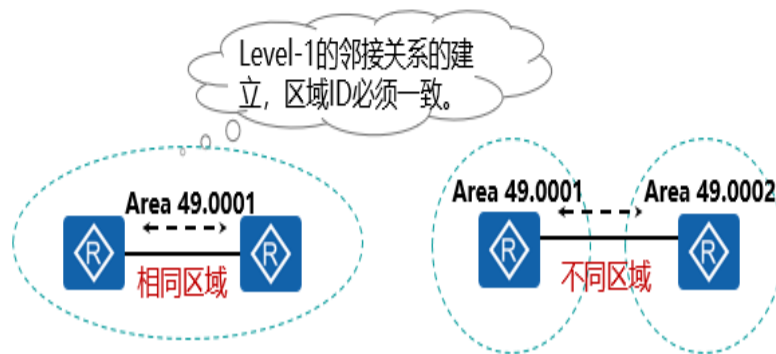
49.0001.0000.0000.0001.00  
Area ID      System ID      N-SEL

- NSAP 地址：
- IDP 相当于 IP 地址中的主网络号。它是由 ISO 规定，并由 AFI 与 IDI 两部分组成。AFI 表示地址分配机构和地址格式，IDI 用来标识域。
- DSP 相当于 IP 地址中的子网号和主机地址。它由 High Order DSP、System ID 和 SEL 三个部分组成。High Order DSP 用来分割区域，System ID 用来区分主机，SEL 用来指示服务类型。

- Area Address ( Area ID ) 由 IDP 和 DSP 中的 High Order DSP 组成，既能够标识路由域，也能够标识路由域中的区域。因此，它们一起被称为区域地址，相当于 OSPF 中的区域编号。
- System ID 用来在区域内唯一标识主机或路由器。在设备的实现中，它的长度固定为 48bit ( 6 字节 )。
- 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 SEL。在 IP 上 SEL 均为 00。
- NET :
- 网络实体名称 NET 指的是设备本身的网络层信息，可以看作是一类特殊的 NSAP ( SEL = 00 )，NET 的长度与 NSAP 的相同，最多为 20 个字节，最少为 8 个字节。在路由器上配置 IS-IS 时，只需要考虑 NET 即可，NSAP 可不必去关注。
- 在配置 IS-IS 过程中，NET 最多也只能配 3 个。在配置多个 NET 时，必须保证它们的 System ID 都相同。

## 路由器分类

- IS-IS路由器的三种类型
  - Level-1路由器 (只能创建level-1的LSDB)
  - Level-2路由器 (只能创建level-2的LSDB)
  - Level-1-2路由器 (路由器默认的类型, 能同时创建level-1和level-2的LSDB)

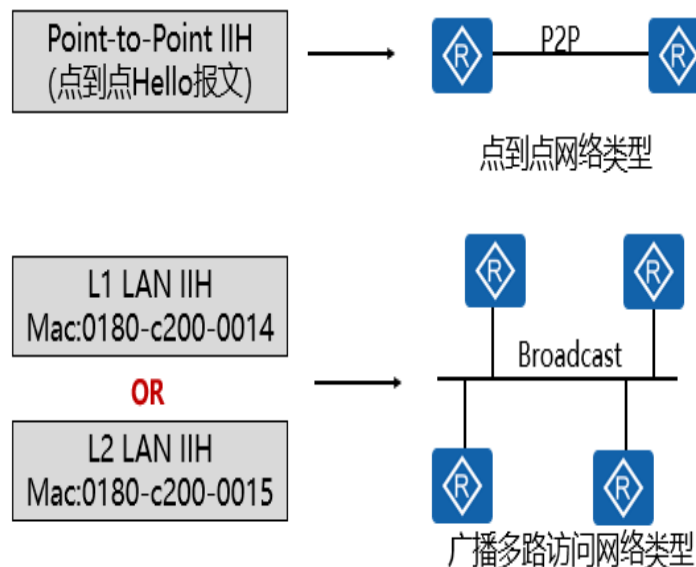


- Level-1 路由器 :
- Level-1 只能与属于同一区域的 Level-1 和 Level-1-2 路由器形成邻居关系, 只负责维护 Level-1 的链路状态数据库, 该 LSDB 包含本区域内的路由信息, 到本区域外的报文转发给最近的 Level-1-2 路由器。Level-1 路由器只可能建立 Level-1 的邻接关系。
- Level-2 路由器 :
- Level-2 路由器负责区域间的路由, 它可以与相同或者不同区域的 Level-2 路由器或者不同区域的 Level-1-2 路由器形成邻居关系。Level-2 路由器维护一个 Level-2 的 LSDB, 该 LSDB 包含区域间的路由信息。Level-2 路由器只可能建立 Level-2 的邻接关系。
- 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。
- Level-1-2 路由器可以与同一区域的 Level-1 形成 Level-1 邻居关系，也可以与其他区域的 Level-2 和 Level-1-2 路由器形成 Level-2 的邻居关系。
- 不同区域间，只能建立 Level-2 的邻接关系：
- Level-2 路由器可以与 Level-2 路由器建立邻接关系。
- Level-1-2 路由器可以与 Level-2 路由器建立邻接关系。
- Level-1-2 路由器可以与 Level-1-2 路由器建立邻接关系。

## 邻居HELLO报文



- IS-IS目前只支持**点对点**和**广播网络**类型。

- HELLO PDU ( Hello protocol data unit ) :
- HELLO 报文的作用是邻居发现，协商参数并建立邻居关系，后期充当保活报文。
- IS-IS 建立邻居关系和 OSPF 一样，通过 hello 报文的交

互来完成。但是会根据场景分为三种类型的 hello 报文。

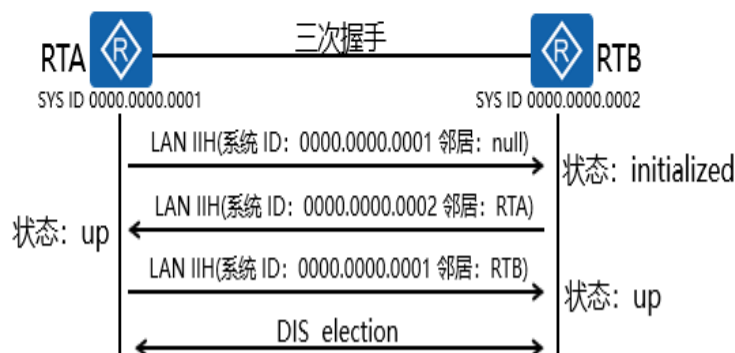
- 广播网中的 Level-1 IS-IS 使用 Level-1 LAN IIH ( Level-1 LAN IS-IS Hello )，目的组播 MAC 为：0180-c200-0014。
- 广播网中的 Level-2 IS-IS 使用 Level-2 LAN IIH ( Level-2 LAN IS-IS Hello )，目的组播 MAC 为：0180-c200-0015。
- 非广播网络中则使用 P2P IIH ( point to point IS-IS Hello )。但是其没有表示 DIS ( 虚节点 ) 的相关字段。
- IIH 报文需要通过填充字段用于邻居两端协商发送报文的大小。
- IS-IS 支持的网络类型：
- 点对点网络类型 ( P2P )。
- 广播多路访问网络类型 ( Broadcast Multiple Access )。
- 在帧中继等特殊环境下，可以通过创建子接口支持 P2P 的网络类型。



## 邻居关系建立



- ISO10589使用两次握手，RFC3373定义了P2P三次握手机制。

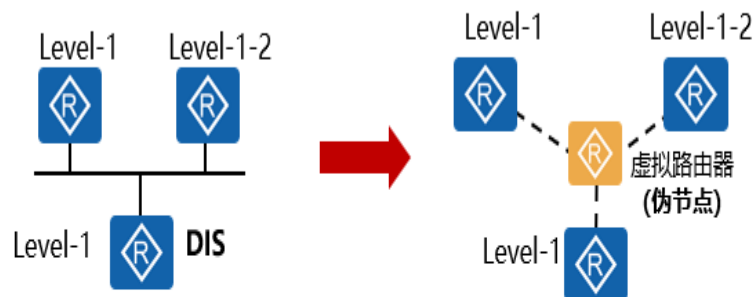


- MA网络类型的邻居关系建立必须是三次握手。

- 在 P2P 链路上，分为两次握手机制和三次握手机制。
- 两次握手只要路由器收到对端发来的 Hello 报文，就单方面宣布邻居为 up 状态，建立邻居关系，不过容易存在单通风险。
- 通过三次发送 P2P 的 IS-IS Hello PDU 最终建立起邻居关系，与广播链路邻居关系的建立情况相同。
- 在广播链路上，使用 LAN IIH 报文执行三次握手建立邻居关系。
- 当收到邻居发送的 Hello PDU 报文里面没有自己的 system ID 的时候，状态机进入 initialized。
- 只有收到邻居发过来的 Hello PDU 有自己的 system ID 才会 up，排除了链路单通的风险。
- 广播网络中邻居 up 后会选举 DIS(虚节点)，DIS 的功能类似 OSPF 的 DR(指定路由器)。



## DIS及DIS与DR的类比

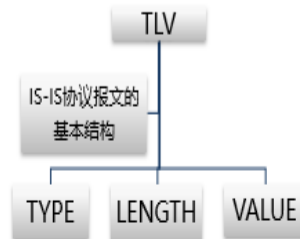


类比点	ISIS-DIS	OSPF-DR
选举优先级	所有优先级都参与选举	0优先级不参与选举
选举等待时间	2个Hello报文间隔	40s
备份	无	有 (BDR)
邻接关系	所有路由器互相都是邻接关系	DRother之间是2-way关系
抢占性	会抢占	不会抢占
作用	周期发送CSNP，保障MA网络LSDB同步	主要为了减少LSA泛洪

- DIS 与伪节点：
- DIS 是指指定中间系统 ( Designated IS ) 。
- 伪节点是指在广播网络中由 DIS 创建的虚拟路由器。
- DIS 的特点：
- 在广播网络，需要选举 DIS，所以在邻居关系建立后，路由器会等待两个 Hello 报文间隔再进行 DIS 的选举。Hello 报文中包含 Priority 字段，Priority 值最大的将被选举为该广播网的 DIS。若优先级相同，接口 MAC 地址较大的被选举为 DIS。IS-IS 中 DIS 发送 Hello 时间间隔默认为 10/3 秒，而其他非 DIS 路由器发送 Hello 间隔为 10 秒。
- DIS 与 DR 的类比：
- 选举时优先级的比较，DIS 的优先级为 0 也可以参与选举。OSPF 中优先级为 0 不参与选举 DR。
- 选举的过程需要一定的时间，OSPF 选举 DR/BDR 需要 waiting time 达 40 秒，过程也较为复杂，而 ISIS 选举 DIS 等待两个 Hello 报文间隔就可以，简单快捷。

## 链路状态信息的载体

- LSP PDU——用于交换链路状态信息。
  - 实节点LSP
  - 伪节点LSP (只在广播链路存在)
- SNP PDU——用于维护LSDB 的完整与同步，且为摘要信息。
  - CSNP (用于同步LSP)
  - PSNP (用于请求和确认LSP)



协议报文都分为Level-1和Level-2两种，在MA网络中所有协议报文的目的MAC都是组地址：

Level-1地址为：0180-C200-0014

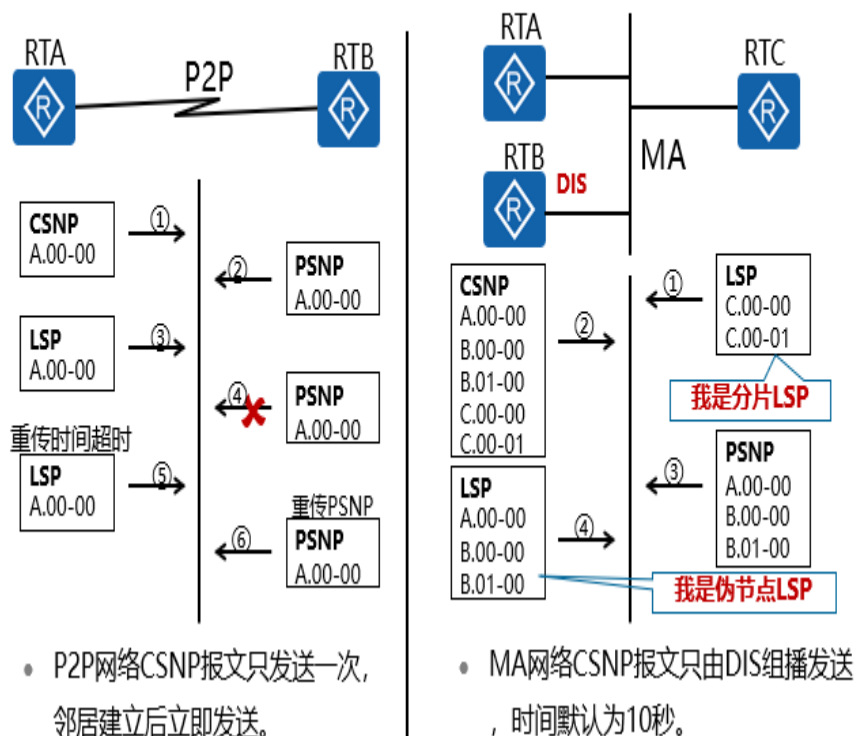
Level-2地址为：0180-C200-0015

- ISIS TLV :
- TLV 的含义是：类型 ( TYPE ) ， 长度 ( LENGTH ) ， 值 ( VALUE ) 。 实际上是一个数据结构，这个结构包含了这三个字段。
- 使用 TLV 结构构建报文的好处是灵活性和扩展性好。采用 TLV 使得报文的整体结构固定，增加新特点只需要增加新 TLV 即可。不需要改变整个报文的整体结构。
- 网络拓扑结构和路由信息用 TLV 结构表现使得报文的灵活性和扩展性得到了极大的发挥。
- LSP PDU ( Link State Protocol PDU ) :
- LSP 类似于 OSPF 的 LSA ， 承载的是链路状态信息 ， 包含了拓扑结构和网络号。
- Level-1 LSP 由 Level-1 路由器传送。
- Level-2 LSP 由 Level-2 路由器传送。

- Level-1-2 路由器则可传送以上两种 LSP。
- LSP 报文中包含了两个重要字段是 ATT 字段、IS-Type 字段。其中 ATT 字段用于标识该路由是 L1/L2 路由器发送的，IS-Type 用来指明生成此 LSP 的 IS-IS 类型是 Level-1 还是 Level-2 IS-IS。
- LSP 的刷新闻隔为 15 分钟；老化时间为 20 分钟。但是一条 LSP 的老化除了要等待 20 分钟外，还要等待 60 秒的零老化时延；LSP 重传时间为 5 秒。
- SNP PDU ( Sequence Number PDU ) :
- CSNP ( Complete Sequence Number PDU ) 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。



## 链路状态信息的交互



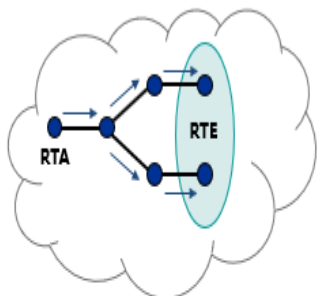
- P2P 网络 LSDB 同步过程：
- 建立邻居关系之后，RTA 与 RTB 会先发送 CSNP 给对

端设备。如果对端的 LSDB 与 CSNP 没有同步，则发送 PSNP 请求索取相应的 LSP。

- 假定 RTB 向 RTA 索取相应的 LSP，此时向 RTA 发送 PSNP。RTA 发送 RTB 请求的 LSP 的同时启动 LSP 重传定时器，并等待 RTB 发送 PSNP 作为收到 LSP 的确认。
- 如果在接口 LSP 重传定时器超时后，RTA 还没有收到 RTB 发送的 PSNP 报文作为应答，则重新发送该 LSP 直至收到 RTB 的 PSNP 报文作为确认。
- MA 网络中新加入的路由器与 DIS 的 LSDB 同步交互过程：
  - 假设新加入的路由器 RTC 已经与 RTB ( DIS ) 和 RTA 建立了邻居关系。
  - 建立邻居关系之后，RTC 将自己的 LSP 发往组播地址 ( Level-1 : 01-80-C2-00-00-14 ; Level-2 : 01-80-C2-00-00-15 )。这样网络上所有的邻居都将收到该 LSP。
  - 该网段中的 DIS 会把收到 RTC 的 LSP 加入到 LSDB 中，并等待 CSNP 报文定时器超时 ( DIS 每隔 10 秒发送 CSNP 报文 ) 并发送 CSNP 报文，进行该网络内的 LSDB 同步。
  - RTC 收到 DIS 发来的 CSNP 报文，对比自己的 LSDB 数据库，然后向 DIS 发送 PSNP 报文请求自己没有的 LSP ( 如 RTA 和 RTB 的 LSP 就没有 )。
  - RTB 作为 DIS 收到该 PSNP 报文请求后向 RTC 发送对应的 LSP 进行 LSDB 的同步。



## 路由算法

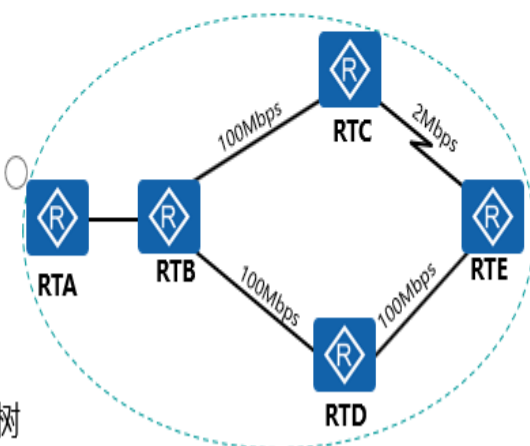


- ISIS路由计算开销方式：

- 设备默认接口开销值都是10

- SPF计算过程：

- 单区域LSDB同步完成
- 生成全网拓扑结构图
- 以本节点为根生成最短路径树
- 默认跨越每个节点开销一样

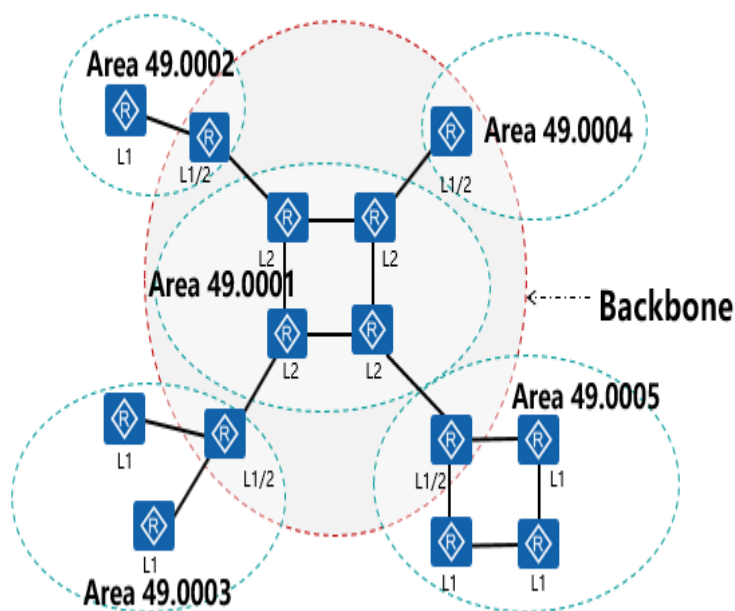


- IS-IS 的计算特点：
- 在本区域内路由器第一次启动的时候执行的是 Full-SPF 算法。
- 后续收到的 LSP 更新，如果是部分拓扑的变化执行的 iS PF 计算。
- 如果只是路由信息的变化，执行的就是 PRC 计算。
- 由于采用拓扑与网络分离的算法，路由收敛速度得到了加强。
- ISIS 路由计算的开销方式：
- Narrow 模式（设备默认模式开销都是 10，手工配置接口开销取值范围为 1 ~ 63）。
- Wide 模式（设备默认模式开销都是 10，手工配置接口开销取值范围是 1 ~ 16777215）。
- 进程下加入 auto-cost enable 命令，Narrow 模式和 Wide



模式都会参考接口带宽大小计算开销值，只是参考准则有少许差异。

## 网络分层路由域



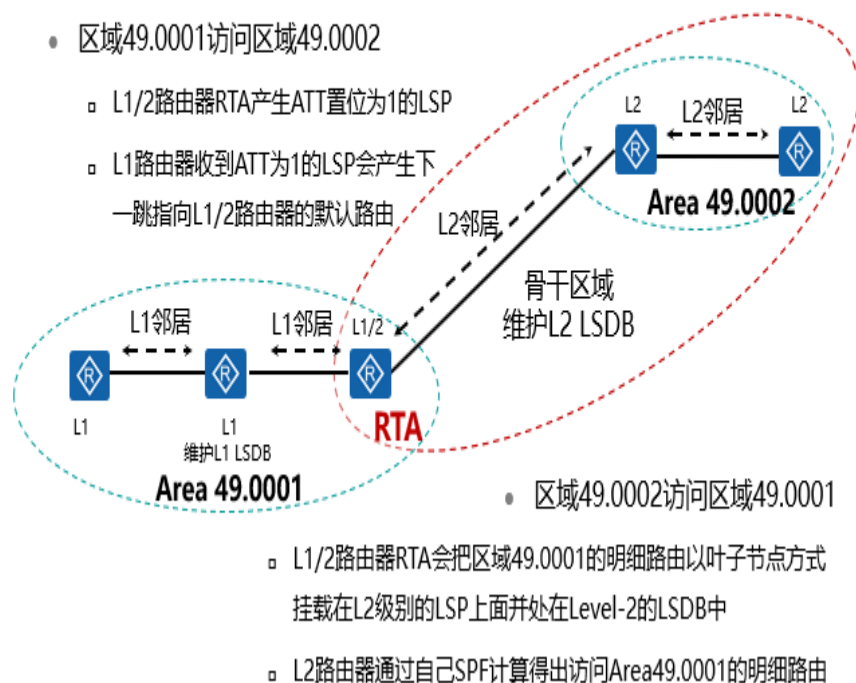
- IS-IS协议的区域边界在整个Router，OSPF协议的区域边界在Router的接口。
- IS-IS 整体拓扑：
- 为了支持大规模的路由网络，IS-IS 在自治系统内采用骨干区域与非骨干区域两级的分层结构。一般来说，将 Level-1 路由器部署在非骨干区域，Level-2 路由器和 Level-1-2 路由器部署在骨干区域。每一个非骨干区域都通过 Level-1-2 路由器与骨干区域相连。
- 拓扑中为一个运行 IS-IS 协议的网络，它与 OSPF 的多区域网络拓扑结构非常相似。整个骨干区域不仅包括 Level-2 的所有路由器，还包括 Level-1-2 路由器。
- Level-1-2 级别的路由器可以属于不同的区域，在 Level-

1 区域，维护 Level-1 的 LSDB，在 Level-2 区域，维护 Level-2 的 LSDB。

- 拓扑所体现的 IS-IS 与 OSPF 不同点：
- 在 OSPF 中，每个链路只属于一个区域；而在 IS-IS 中，每个链路可以属于不同的区域；
- 在 IS-IS 中，单个区域没有物理的骨干与非骨干区域的概念；而在 OSPF 中，Area0 被定义为骨干区域；
- 在 IS-IS 中，Level-1 和 Level-2 级别的路由器分别采用 SPF 算法，分别生成最短路径树 SPT；在 OSPF 中，只有在同一个区域内才使用 SPF 算法，区域之间的路由需要通过骨干区域来转发。



## 区域间路由



- Level-1 路由器的路由特点：
- 只拥有 Level-1 的链路状态数据库。

- 其链路状态数据库中只有本区域路由器 LSP。
- 其路由表里没有其他区域的路由信息。
- 其路由表里都有一条默认路由，下一条是指向到 Level-1-2 路由器。
- Level-2 路由器的路由特点：
- Level-2 路由器只有 Level-2 的链路状态数据库。
- 其 LSDB 中有骨干区域路由器的 LSP，但是没有 Level-1 路由器产生的 LSP。
- 路由表里面有整个网络的路由信息。
- Level-1-2 路由器的路由特点：
- Level-1-2 路由器同时拥有 Level-2 和 Level-1 的链路状态数据库。
- Level-1 数据库包含本区域的 LSP，Level-2 数据库包含骨干区域 LSP。
- 在自己产生的 Level-1 的 LSP 中设置了 ATT 比特位为 1。
- 路由表里面有整个网络的路由信息。



## IS-IS与OSPF差异性

差异性	IS-IS	OSPF
网络类型	少	多
开销方式	复杂	简便
区域类型	少	多
路由报文类型	简单	多样
路由收敛速度	很快	快
扩展性	强	一般
路由负载能力	超强	强



- 网络类型和开销方式：
- IS-IS 协议只支持两种网络类型，且所有带宽默认开销值都是一样的，OSPF 协议支持四种网络类型，且会根据不同的带宽设定相应的开销值，对帧中继，按需链路等网络类型有很好的支持。
- 区域类型：
- IS-IS 协议分 L1/L2 区域，L2 区域是骨干区域有全部明细路由。L1 去往 L2 只有默认路由。OSPF 协议分骨干区域，普通区域，特殊区域。普通区域和特殊区域跨区域访问需要经过骨干区域。
- 报文类型：
- IS-IS 协议路由承载报文类型只有 LSP 报文且里面路由信息是不区分内部与外部的，简单高效，无需递归计算。OSPF 协议路由承载报文 LSA 类型多样，有 1/2/3/4/5/7 类等。路由

级别等级森严，且需要递归计算，适合精细化调度计算。

- 路由算法：

- ISIS 协议区域内某个节点上的网段发生变化时，触发的是 PRC 算法，收敛比较快，计算路由的报文开销也比较小。OSPF 协议由于网络地址参与了拓扑的构建，在区域内当网段地址改变触发的是 i-spf 算法，相对来说过程繁琐复杂些。

- 扩展性：

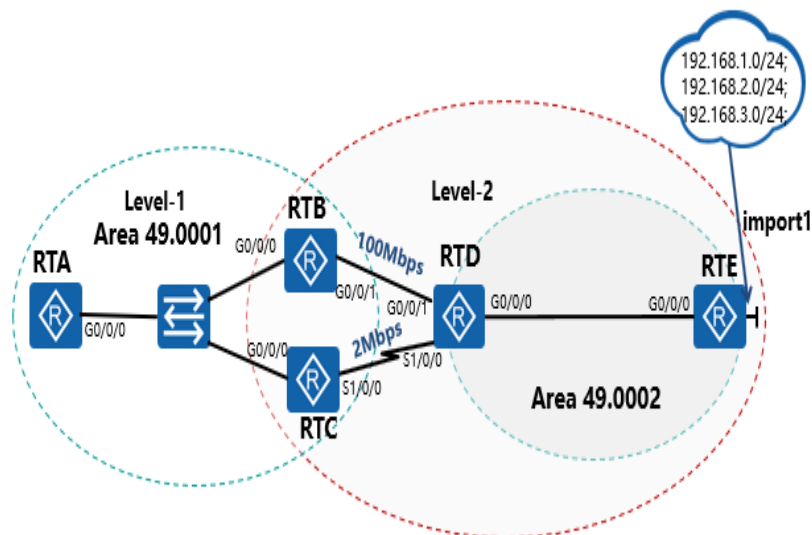
- ISIS 协议任何路由信息都使用 TLV 传递，结构简单，易于扩展，如对 IPv6 的支持只增加 2 个 TLV 就解决了。且 ISIS 本身对 IPX 等协议是支持的。OSPF 协议本身是为 IP 特定开发的，支持 IPv4 和 IPv6 的 OSPF 协议是两个独立的版本（OSPFv2 和 OSPFv3）。



## 术语对照表

缩略语	OSI术语	IETF术语
IS	Intermediate System	Router
ES	End System	Host
DIS	Designated Intermediate System	OSPF中的DR
SysID	System ID	OSPF中的Router ID
LSP	Link State PDU	OSPF中的LSA
IIH	IS-IS Hello PDU	OSPF中的Hello报文
PSNP	Partial Sequence Number PDU	OSPF中的LSR或LSAck报文
CSNP	Complete Sequence Number PDU	OSPF中的DD报文

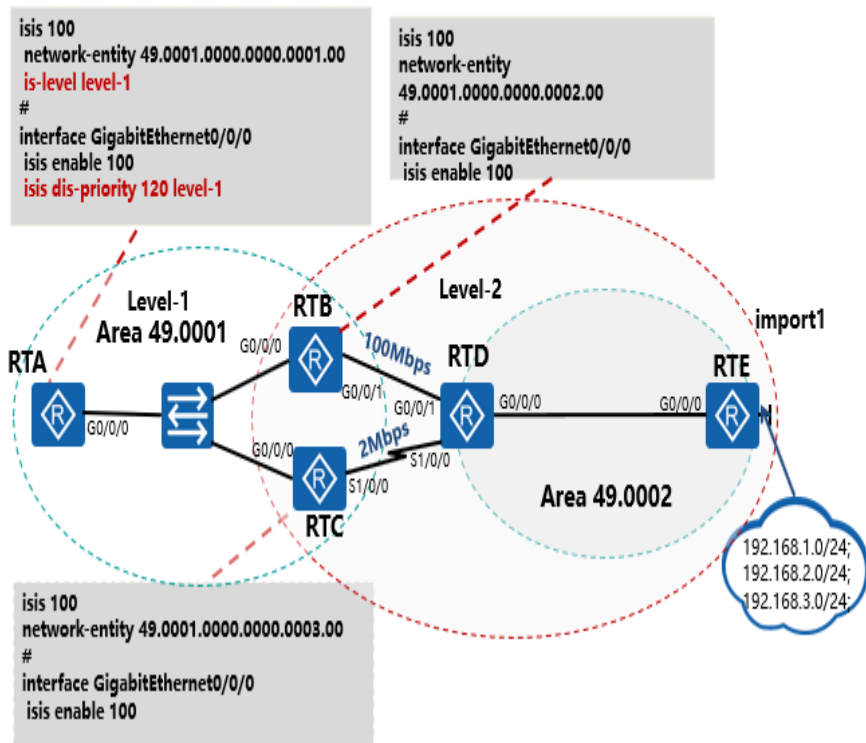
## IS-IS路由配置需求



- 如图所示，客户网络所有路由器路由协议要求启用IS-IS，使全网路由可达。全部IS-IS进程号统一为100，其中RTA在Area49.0001区域为DIS，RTD与RTE之间要求采用P2P网络类型，RTE引入直连链路192.168.X.X，要求RTA访问Area49.0002走最优路径。
- 根据上述描述，进行正确配置，使网络路由达到客户需求。
- NET 地址编号：
- RTA：49.0001.0000.0000.0001.00
- RTB：49.0001.0000.0000.0002.00
- RTC：49.0001.0000.0000.0003.00
- RTD：49.0002.0000.0000.0004.00
- RTE：49.0002.0000.0000.0005.00



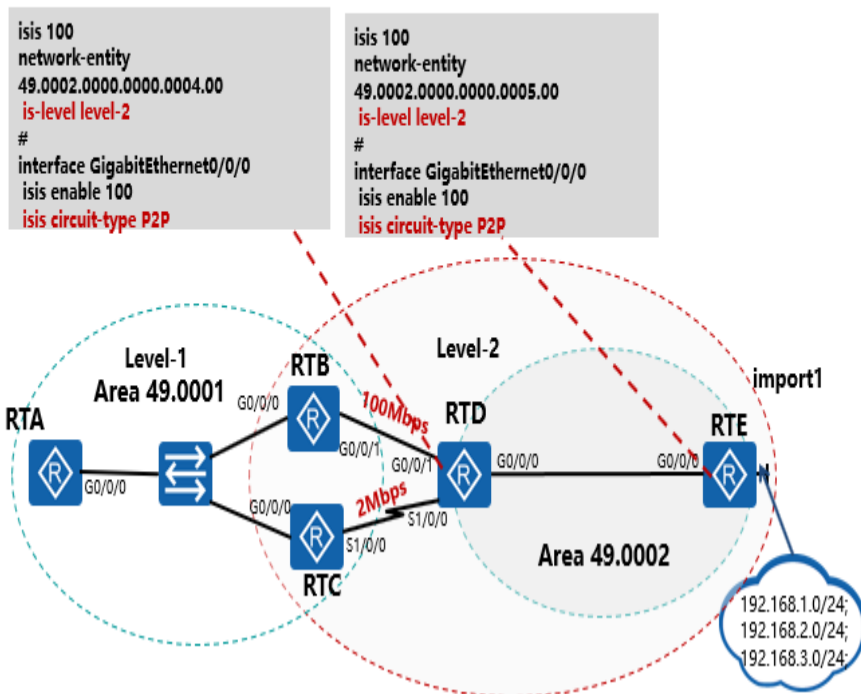
## IS-IS路由配置实现 (1)



- 区域内配置思路：
- 区域 49.0001 的业务配置：
- 每台 router 进入 IS-IS 进程 100 配置网络实体名称 NET。
- RTA 在 ISIS 进程下配置 router 的 level 级别为 level-1。RTB 和 RTC 默认为 level-1-2 不用修改。
- RTA，RTB 和 RTC 在接口下启用 ISIS 协议。
- RTA 的链路接口修改其 DIS 的优先级为最高，让其成为 DIS。



## IS-IS路由配置实现 (2)

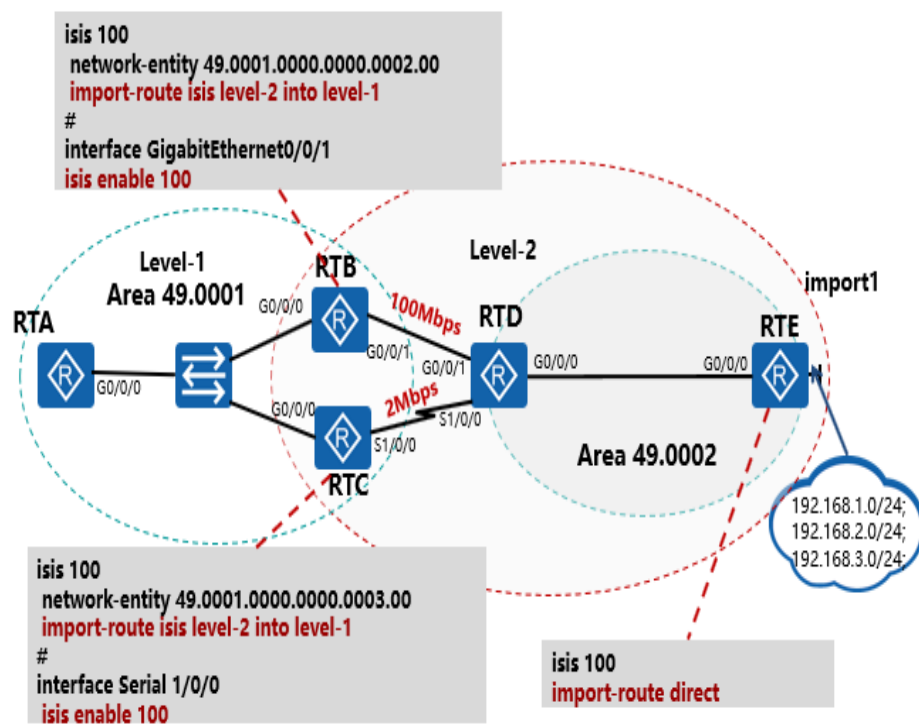


- 区域内配置思路：
- 区域 49.0002 的业务配置：
- 每台 router 进入进程 100 配置网络实体名称 NET。
- RTD 和 RTE 在 ISIS 进程下配置 router 的 level 级别的 level-2。
- RTD 和 RTE 在接口下启用 ISIS 协议。
- RTD 和 RTE 在接口修改网络类型为 P2P。





## IS-IS路由配置实现 (3)



- 区域间配置思路：
- 进入配 level-1-2 路由器 RTB，RTC 的 ISIS 进程配置好网络实体名称 NET。
- 进入链路接口，启用 ISIS 协议。
- 进入路由器 RTE 引入直连链路。
- 路由渗透：
- 如果一个 level-1 区域有两个以上 Level-1-2 路由器，则区域内 Level-1 路由器访问其他区域会选择最近的 Level-1-2 路由器，但是计算的开销值只计算本区域内的，如果最近的 Level-1-2 路由器在 Level-2 区域到达目的网络的开销相对比较大，实际会造成业务次优路径。在这种场景下需要做路由渗透操作，把 Level-2 区域的明细路由（包括开销）引入到 Level-1 区域，由 Level-1 路由器自行计算选择最优的路径访问跨区域网络。

- 本实例要求走最优的路径到达区域 49.0002，由于 RTB 连接 RTD 的链路带宽相对比较大，作用最好让数据流走 RTB。可分别在 RTB 和 RTC 的 ISIS 进程下引入 level-2 的路由到 level-1。由 RTA 的 LSDB 里面掌握 level-2 所有的明细路由，就可以选择最优的路径到达区域 49.0002。



## 思考题

1. IS-IS路由器类型有哪几种？
2. PSNP报文在邻居交互中起到了什么作用？
3. 相比OSPF，IS-IS的优势是什么？

- 答案：IS-IS 路由器类型有 Level-1 路由器，Level-2 路由器，Level-1-2 路由器。
- 答案：PSNP 报文用于 LSP 的请求和确认。
- 答案：IS-IS 报文结构简便，路由承载能力更强，路由算法更优良，扩展性更强。