JXNET 甲信

甲信三层以太网交换机 三层业务通用配置手册

配置指南(CLI)

(Rel_01)

北京甲信技术有限公司（以下简称“甲信”）为客户提供全方位的技术支持和服务。直接向甲信购买产品的用户，如果在使用过程中有任何问题，可与甲信各地办事处或用户服务中心联系，也可直接与公司总部联系。

读者如有任何关于甲信产品的问题，或者有意进一步了解公司其他相关产品，可通过下列方式与我们联系：

公司网址： www.jiaxinnet.com.cn

技术支持邮箱： jxhelp@bjjx.cc

技术支持热线： 400-179-1180

公司总部地址： 北京市海淀区丹棱 SOHO 7 层 728 室

邮政编码: 100080

声　明

Copyright ©2025

北京甲信技术有限公司

版权所有，保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

JXNET 甲信是北京甲信技术有限公司的注册商标。

对于本手册中出现的其它商标，由各自的所有人拥有。

由于产品版本升级或其它原因，本手册内容会不定期进行更新。除非另有约定，本手册仅作为使用指导，本手册中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保

目录

1 IP 业务 9
1.1 IP 基础配置 9
1.1.1 简介 9
1.1.2 配置准备 9
1.1.3 VLAN 接口的缺省配置 10
1.1.4 配置 VLAN 接口 IPv4 地址 10
1.1.5 配置 VLAN 接口 IPv6 地址 10
1.1.6 检查配置 11
1.1.7 配置 VLAN 接口 IP 地址实现和主机互通示例 11
组网需求 11
1.2 LOOPBACK 接口 13
1.2.1 简介 13
1.2.2 配置准备 13
1.2.3 LOOPBACK 接口的缺省配置 13
1.2.4 配置 LOOPBACK 接口 IP 地址 13
1.2.5 检查配置 14
1.3 ARP 14
1.3.1 简介 14
1.3.2 配置准备 14
1.3.3 ARP 的缺省配置 15
1.3.4 配置静态 ARP 表项 15
1.3.5 配置动态 ARP 表项 15
1.3.6 检查配置 16
1.3.7 维护 16
1.3.8 配置 ARP 示例 16
组网需求 16
1.4 NDP 18
1.4.1 简介 18
1.4.2 配置准备 18

1.4.3 NDP 的缺省配置 19
1.4.4 配置静态邻居表项 19
1.4.5 配置动态 NDP 老化时间 19
1.4.6 检查配置 20
1.4.7 维护 20
1.5 静态路由 20
1.5.1 简介 20
1.5.2 配置准备 20
1.5.3 配置静态路由 21
1.5.4 检查配置 21
1.5.5 配置静态路由示例 21
组网需求 21
1.6 策略路由 23
1.6.1 简介 23
1.6.2 配置基于 ACL 的策略路由示例 24
组网需求 24
1.7 BGP 25
1.7.1 简介 25
1.7.2 配置准备 36
1.7.3 缺省配置 36
1.7.4 配置 BGP 基本功能 37
1.7.5 简化 IBGP 网络连接 38
1.7.6 配置 BGP 路由选路和负载分担 38
1.7.7 控制 BGP 路由的发布与接收 39
1.7.8 控制调整 BGP 网络的收敛速度 39
1.7.9 配置 BGP 可靠性 40
1.7.10 检查配置 40
1.7.11 配置 BGP 的基本功能示例 41
1.7.12 配置 BGP 和 IGP 交互功能示例 45
1.7.13 配置 BGP 路由聚合功能示例 47
1.7.14 配置 BGP 团体功能示例 51

1.7.15 配置 BGP 路由反射器功能示例 53
1.7.16 配置 BGP 联盟功能示例 56
1.7.17 配置 BGP 路径选择示例 59
组网需求 59
1.8 OSPFV2 64
1.8.1 简介 64
OSPF 路由计算 73
1.8.2 配置准备 78
1.8.3 缺省配置 78
1.8.4 配置 OSPF 基本功能 78
1.8.5 配置 OSPF STUB 区域 79
1.8.6 配置 OSPF NSSA 区域 80
1.8.7 配置 OSPF 引入外部路由 80
1.8.8 配置 OSPF 路由聚合 80
1.8.9 配置 OSPF 虚连接 81
1.8.10 配置 OSPF 认证功能 82
1.8.11 检查配置 82
1.8.12 配置 OSPF 基本功能示例 83
1.8.13 配置 OSPF STUB 区域示例 86
1.8.14 配置 OSPF NSSA 区域示例 88
1.8.15 配置 OSPF 引入外部路由示例 92
1.8.16 配置 OSPF 路由聚合示例 94
1.8.17 配置 OSPF 虚连接示例 99
1.8.18 配置 OSPF 认证示例 102
组网需求 102
1.9 OSPFV3 105
1.9.1 简介 105
1.9.2 配置准备 118
1.9.3 缺省配置 118
1.9.4 配置 OSPFV3 基本功能 119
1.9.5 配置 OSPFV3 STUB 区域 120

1.9.6 配置 OSPFV3 NSSA 区域 120
1.9.7 配置 OSPFV3 引入外部路由 120
1.9.8 配置 OSPFV3 路由聚合 121
1.9.9 配置 OSPFV3 虚连接 121
1.9.10 检查配置 122
1.9.11 配置 OSPFV3 基本功能示例 123
1.9.12 配置 OSPFV3 STUB 区域示例 127
1.9.13 配置 OSPFV3 NSSA 区域示例 128
1.9.14 配置 OSPFV3 引入外部路由示例 133
1.9.15 配置 OSPFV3 路由聚合示例 135
1.9.16 配置 OSPFV3 虚连接示例 139
组网需求 139
1.10 IS-IS 143
1.10.1 简介 143
1.10.2 配置准备 153
1.10.3 缺省配置 153
1.10.4 配置 IS-IS 基本功能 153
1.10.5 配置 IS-IS 网络的安全性 154
1.10.6 配置 IS-IS 的选路 155
1.10.7 配置 IS-IS 的路由信息的交互 155
1.10.8 配置 IS-IS 的路由的收敛 155
1.10.9 配置 IS-IS 的可靠性 156
1.10.10 配置维护 IS-IS 156
1.10.11 检查配置 156
1.10.12 配置 IS-IS 的基本功能示例 157
1.10.13 配置 IS-IS 的 DIS 选择示例 161
1.10.14 配置 IS-IS 引入外部路由 165
1.10.15 配置 IS-IS 验证配置举例 168
组网需求 168
1.11 IS-IS（IPv6） 171
1.11.1 简介 171

1.11.2 配置准备 172
1.11.3 缺省配置 172
1.11.4 配置 IS-IS（IPv6）基本功能 172
1.11.5 配置 IS-IS（IPv6）网络的安全性 173
1.11.6 配置 IS-IS（IPv6）的选路 174
1.11.7 配置 IS-IS（IPv6）的路由信息的交互 174
1.11.8 配置 IS-IS（IPv6）的路由的收敛 175
1.11.9 配置 IS-IS（IPv6）的可靠性 175
1.11.10 配置维护 IS-IS（IPv6） 176
1.11.11 检查配置 176
1.11.12 配置 IS-IS（IPv6）的基本功能示例 176
组网需求 176
1.12 RIP 181
1.12.1 简介 181
1.12.2 配置准备 183
1.12.3 缺省配置 183
1.12.4 配置 RIP 基本功能 183
1.12.5 配置 RIP 的路由信息控制 184
1.12.6 配置调整和优化 RIP 网络 185
1.12.7 配置检查和维护 186
1.12.8 配置 RIP 基本功能实示例 186
1.12.9 配置 RIP 引入外部路由 190
组网需求 190
1.13 RIPng 192
1.13.1 简介 192
1.13.2 配置准备 194
1.13.3 配置 RIPng 基本功能 194
1.13.4 配置 RIPng 的路由特性 194
1.13.5 配置调整和优化 RIPng 网络 195
1.13.6 配置检查和维护 196
1.13.7 配置 RIPng 基本功能实示例 197

1.13.8 配置 RIPng 引入外部路由 201
组网需求 201
1.14 路由策略 204
1.14.1 简介 204
1.14.2 配置准备 206
1.14.3 缺省配置 206
1.14.4 配置路由策略基本功能 206
1.14.5 配置过滤器 208
1.14.6 检查配置 209
1.14.7 在 IPV4 路由中应用路由策略示例 209
1.14.8 在 IPV6 路由引入中应用路由策略 213
组网需求 213
1.15 ECMP 215
1.15.1 简介 215
1.15.2 配置准备 215
1.15.3 缺省配置 215
1.15.4 配置 ECMP 分流算法 215
1.15.5 配置 ECMP 模版 215
1.15.6 检查配置 216

1 IP 业务

本章介绍 IP 业务特性的基本原理和配置过程，并提供相关的配置案例。

- IP 基础配置
- LOOPBACK 接口
- ARP
- NDP
- 静态路由
- 策略路由
- BGP
- OSPFV2
- OSPFV3
- IS-IS
- RIPng
- ECMP

1.1 IP 基础配置

1.1.1 简介

IP 接口是基于 VLAN 的虚拟接口。一般应用于需要对设备进行网管或多台设备之间需要进行路由连通的场合。

设备支持管理 VLAN 报文为双 TAG，能够发送和处理双 TAG 报文。

1.1.2 配置准备

场景

为每一个 VLAN 接口、SNMP 或 LOOPBACK 接口配置 IP 地址。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

前提

为 VLAN 接口配置 IP 地址前，需创建 VLAN 并激活。

1.1.3 VLAN 接口的缺省配置

设备上 VLAN 接口的缺省配置如下。

功能	缺省值
管理 VLAN 内层 TPID	0x8100
管理 VLAN 内层 VLAN	1
SNMP 接口 IP 地址	192.168.0.1

1.1.4 配置 VLAN 接口 IPv4 地址

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#vlan` *`vlan-id`*	创建 VLAN。
3	`JX(config)#interface vlan` *`vlan-id`*	进入 VLAN 接口配置模式。
4	`JX(config-vlanif-*)#ip address` *`ip-address`* [*`ip-mask`*]	配置 VLAN 接口的主 IP 地址。 可以使用 **no ip address** *ip-address* 命令删除主 IP 地址配置。
5	`JX(config-vlanif-*)#ip address` *`ip-address`* [*`ip-mask`*] `sub`	配置接口的从 IP 地址。 可以使用 **no ip address** *ip-address* 命令删除从 IP 地址配置。

1.1.5 配置 VLAN 接口 IPv6 地址

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#vlan` *`vlan-id`*	创建 VLAN。
3	`JX(config)#interface vlan` *`vlan-id`*	进入 VLAN 接口配置模式。
4	`JX(config-vlanif-*)#ipv6 enable`	配置 VLAN 接口 IPv6 使能。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
5	JX(config-vlanif-*)#**ipv6 address** *ipv6-address/prefix-length* JX(config-vlanif-*)#**ipv6 address** *ipv6-address* **link-local**	配置 VLAN 接口的 IPv6 地址。

1.1.6 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

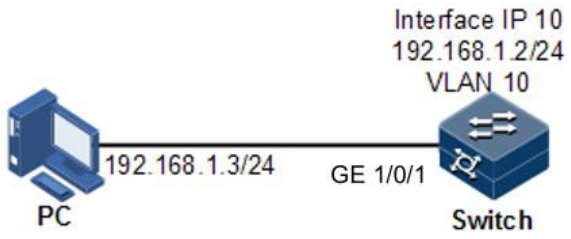
序号	检查项	说明
1	JX#**show ip interface**	查看 VLAN 接口的 IP 地址配置信息。
2	JX#**show ipv6 interface**	查看 VLAN 接口的 IPv6 地址配置信息。

1.1.7 配置 VLAN 接口 IP 地址实现和主机互通示例

组网需求

配置交换机设备 VLAN 接口，使图 3-1 中的主机和设备之间能够相互 Ping 通。

图 1-1 配置 VLAN 接口组网示意图



配置步骤

步骤 1 创建 VLAN，并将接口加入 VLAN。

```
JX#config
JX(config)#vlan 10
JX(config)#interface ge 1/0/1
JX(config-ge-1/0/1)#port hybrid pvid 10
JX(config-ge-1/0/1)#port hybrid vlan 10 untagged
JX(config-ge-1/0/1)#quit
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤 2 在交换机设备上创建三层接口，配置三层接口的 IP 地址并关联 VLAN。

```
JX(config)#interface vlan 10
JX(config-vlan10)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
```

检查结果

通过 **show vlan** 命令查看 VLAN 和物理接口的绑定关系是否正确。

```
JX#show vlan 10

vlan-10 information:
-------------------------------------------------------------
  Description                  :
  Admin state                  : up
  Operation state               : down
  Vlan type                    : normal
  Vlan status                  : static
  Unknown multicast state        : forward
  Unknown unicast state         : forward
  IPv4 address total number      : 0
  IPv6 address total number      : 0

  Ports :
    Interface                   Tagged
    ---------------------------------------
    ge-1/0/1                    Untag
-------------------------------------------------------------
```

通过 **show ip interface** 命令查看三层接口配置是否正确。

```
JX#show ip interface
 Total number: 2
 Interface          State(a/o) Addr/Prefix       Role     Type
Vpn-instance
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 loopback-0         up/up     127.0.0.1/8       primary   auto
N/A
 vlan-10            up/up    192.168.1.2/24    primary   static
N/A
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
```

通过 **ping** 命令查看设备和 PC 之间是否能够互通。

```
JX#ping 192.168.1.3
PING 192.168.1.3: 64 data bytes
Reply from 192.168.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=1
Reply from 192.168.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=2
Reply from 192.168.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=3
Reply from 192.168.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=4
Reply from 192.168.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=5
PING Statistics for 192.168.1.3
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip (ms)  min/avg/max = 0/0/0
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.2 LOOPBACK 接口

1.2.1 简介

LOOPBACK 接口是一种虚拟接口，可以分为两类：

- 由系统自动创建的 LOOPBACK 接口。IP 地址固定为 127.0.0.1，用来接收所有发送给本机的数据包。不通过路由协议对外发布。
- 由用户创建的 LOOPBACK 接口。在不影响物理接口配置的情况下，配置一个带有指定 IP 地址的本地接口，并且接口状态永远是 up 状态，能够被路由协议发布出去。

LOOPBACK 接口状态不受物理接口 Up/Down 的影响，只要保证设备运行正常，该 LOOPBACK 接口就不会 Down 掉。因此，LOOPBACK 接口地址常被用来标示物理设备本身，作为设备的管理地址。

1.2.2 配置准备

场景

使用 LOOPBACK 接口 IP 地址对设备进行 Telnet 登录，可以保证 Telnet 操作不会因接口的物理状态改变为 Down 掉，如果 PC 需要 ping 通 LOOPBACK 接口地址，需要 PC 端设置相对应的静态路由表项。LOOPBACK 接口还常被用来作为动态路由协议如 OSPF 等协议的 Router ID，作为设备的唯一标识。

前提

无

1.2.3 LOOPBACK 接口的缺省配置

无

1.2.4 配置 LOOPBACK 接口 IP 地址

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#interface loopback` *`loopback-number`*	进入 LOOPBACK 接口配置模式。
3	`JX(config-loopback-*)#ip address` *`ip-address`* `[` *`ip-mask`* `] [ sub ]`	配置 LOOPBACK 接口的 IP 地址。
4	`JX(config-loopback-*)#ipv6 enable`	配置 LOOPBACK 接口 IPv6 使能。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
4	JX(config-loopback*)#**ipv6 address** *ipv6-address/prefix-length* `JX(config-loopback-*)#ipv6 address` *`ipv6-address`* `link-local`	配置 LOOPBACK 接口的 IPV6 地址。

1.2.5 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	`JX#show interface loopback [` *`loopback-number`* `]`	查看 LOOPBACK 接口配置信息。

1.3 ARP

1.3.1 简介

在 TCP/IP 网络环境中，每台主机都被分配了一个 32 位的 IP 地址，这种互联网地址是在网际范围内标识主机的一种逻辑地址。为了让报文在物理链路中传送，必须知道目的主机的物理地址。这就需要把 IP 地址通过映射关系转换成物理地址。在以太网环境中采用的物理地址是 48 位 MAC 地址，为了正确地向目的主机传送报文，必须把目的主机的 32 位 IP 地址转换成为 48 位以太网的地址。为此产生了 ARP（Address Resolution Protocol，地址解析协议），该协议主要用于 IP 地址到 MAC 地址的解析，建立 IP 地址和 MAC 地址的映射关系。

ARP 地址映射表项包括以下两种类型：

- 静态表项：静态表项是将 IP 地址和 MAC 地址进行静态绑定，用于防止 ARP 动态学习欺骗。
  - 静态 ARP 地址表项需要手动添加，手动删除。
  - 静态 ARP 地址不老化。
- 动态表项：设备通过 ARP 协议自动学习到的 MAC 地址。
  - 动态表项生成由交换机自动完成，不需要手动配置，可以调整动态 ARP 的一些参数。
  - 如果不使用，到达老化时间会老化。

1.3.2 配置准备

场景

IP 地址和 MAC 地址的映射关系保存在 ARP 地址映射表中。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

一般情况下，ARP 地址映射表项由设备动态维护，设备按照 ARP 协议自动寻找 IP 地址和 MAC 地址之间的映射关系，无需用户关注。只有在防止 ARP 动态学习欺骗，需要添加静态 ARP 地址映射表项时，才需要对设备进行手动配置。

前提

无

1.3.3 ARP 的缺省配置

设备上 ARP 的缺省配置如下。

功能	缺省值
静态 ARP 表项	无
动态 ARP 老化时间	1200 秒

1.3.4 配置静态 ARP 表项

注意

- 静态添加的 ARP 表项的 IP 地址必须属于交换机三层接口所属的 IP 网段。
- 静态 ARP 表项，需要手动添加和手动删除。

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#arp static` *`ip-address mac-address`* `(ge|10ge|25ge|40ge|100ge|400ge)` *`interface-number`*	配置静态 ARP 表项。

1.3.5 配置动态 ARP 表项

请在需要配置的设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
3	`JX(config)#arp aging-time` *`(aging-time | default )`*	配置动态 ARP 老化时间。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.3.6 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	`JX#show arp`	查看 ARP 地址映射表中的表项信息。

1.3.7 维护

用户可以通过以下命令，维护设备 ARP 特性的运行情况和配置情况。

命令	描述
`JX(config)#flush arp [ all / dynamic/ static ]`	清空 ARP 地址映射表中表项。

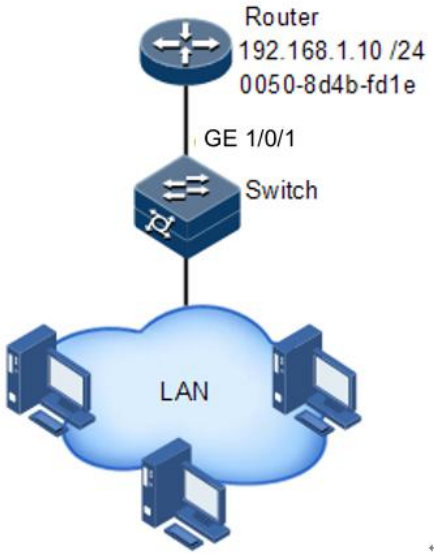
1.3.8 配置 ARP 示例

组网需求

如图 3-2 所示，交换机设备连接主机，通过接口 GE 1/0/1 连接上游的 Router。Router 的 IP 地址为 192.168.1.10/24，MAC 地址为 0050.8d4b.fd1e。

为了增加交换机和 Router 通信的安全性，需要在交换机上配置相应的静态 ARP 表项。

图 1-2 配置 ARP 组网示意图



Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

配置步骤

创建 VLAN3。

```
JX#configure
JX(config)#vlan 3
```

将接口 GE1/0/1 加入 VLAN3 中。

```
JX(config)#interface ge 1/0/1
JX(config-ge-1/0/1)#port hybrid pvid 3
JX(config-ge-1/0/1)#port hybrid vlan 3 untagged
JX(config-ge-1/0/1)#quit
```

创建接口 VLANIF3。

```
JX(config)#interface vlan 3
```

配置接口 VLANIF3 的 IP 地址。

```
JX(config-vlanif-3)#ip address 192.168.1.1/24
JX(config-vlanif-3)#quit
```

配置增加一条 ARP 静态表项。

```
JX#config
JX(config)#arp static 192.168.1.10 00:50:8d:4b:fd:1e ge 1/0/1
```

检查结果

通过 **show arp** 命令查看 ARP 地址映射表中的所有表项信息是否正确。

```
JX#show arp
Arp aging time: 1200(s)
Arp entry types: D-Dynamic, S-Static, I-Interface, DH-Dhcp, B-Bgp,
INV-Invalid

IP-addr    Mac-addr   Type Aging   Vlan(O/I)   Interface
Vpn-instance

------------------------------------------------------------
---------------------------------------------

192.168.1.1    0002:5600:0001  I    -      -/-          vlan-3
N/A

192.168.1.10    0050:8d4b:fd1e   S    -      3/-
ge-1/0/1          N/A

------------------------------------------------------------
---------------------------------------------

Total: 2       Dynamic: 0       Static: 1       Bgp: 0
Other: 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

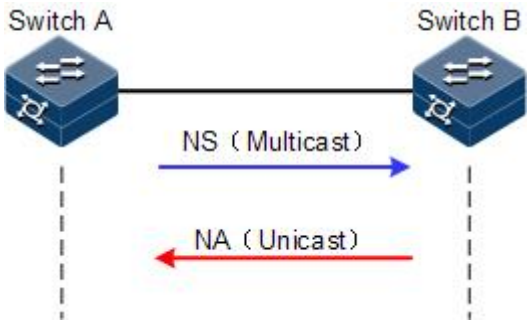
1.4 NDP

1.4.1 简介

NDP（Neighbor Discovery Protocol，邻居发现协议）通过在同一链路上的IPv6 设备上使用邻居发现机制，来发现彼此的存在、确定彼此的 MAC 地址并维护邻居设备信息。

NDP 通过邻居请求消息 NS（Neighbor Solicitation）和邻居通告消息 NA（Neighbor Advertisement）获取同一链路上邻居设备的链路层地址，即 MAC 地址。

图 1-3 NDP 地址解析原理示意图



如图 3-3 所示，以 Switch A 为例，Switch A 要获取 Switch B 的链路层地址。具体报文处理过程如下：

1. Switch A 通过组播方式发送 NS 消息。其中 NS 消息的源地址是 Switch AVLAN 接口的 IPv6 地址，目的地址是 Switch B 的被请求节点组播地址，消息内容中还包含了 Switch A 的链路层 MAC 地址。

2. Switch B 收到 NS 消息后，判断报文的目的地址是否为自己的 IPv6 地址对应的被请求设备组播地址。如果是，则 Switch B 可以学习到 Switch A 的链路层地址，并以单播方式发送 NA 消息，其中包含了自身的链路层地址。

3. Switch A 收到 Switch B 发送的 NA 消息，就可以获得 Switch B 的链路层地址。

IPv6 邻居发现协议通过使用 ICMPv6 消息，还可以实现验证邻居是否可达、重复地址检测、路由设备发现/前缀发现、地址自动配置和重定向等功能。

1.4.2 配置准备

场景

IPv6 邻居发现协议不但实现了 IPv4 中的 ARP 协议、ICMP 重定向和 ICMP 设备发现等功能，还提供了邻居可达性检测功能。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

前提

在配置 NDP 功能之前，需完成以下任务：

- 连接接口并配置接口的物理参数，使接口的物理层状态为 Up。
- 配置 VLAN 接口的 IPv6 地址。

1.4.3 NDP 的缺省配置

设备上 NDP 的缺省配置如下。

功能	缺省值
动态 NDP 老化时间	1200 秒

1.4.4 配置静态邻居表项

将邻居节点的 IPv6 地址解析为链路层地址，可以通过邻居请求消息 NS 及邻居通告消息 NA 来动态实现，也可以通过手工配置静态邻居表项来实现。

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config-vlanif-*)#**ipv6 neighbor-static** *ipv6-address mac-address* { **ge** | **10ge** } *interface-number*	配置静态邻居表项信息。

1.4.5 配置动态 NDP 老化时间

邻居信息表项中的表项并非永远有效，每一条记录都有一个生存周期，到达生存周期仍得不到刷新的记录将从邻居信息表项中删除，这个生存周期被称作老化时间。

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ipv6 nd lifetime** *(aging-time | default)*	配置动态 NDP 老化时间。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.4.6 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	JX#**show ipv6 neighbor**	查看所有 NDP 邻居信息。

1.4.7 维护

用户可以通过以下命令维护 NDP 特性。

命令	描述
JX(config)#**flush ipv6 neighbor** [*all* / *dynamic*/ *static*]	清除所有 IPv6 邻居信息。

1.5 静态路由

1.5.1 简介

路由是将报文穿过网络传递到目的地的行为，在传递过程中采用路由表进行转发。不同 VLAN 间的设备进行通讯，或同一 VLAN 跨越不同网络进行通信，需要使用路由功能。

缺省路由

缺省路由是一种特殊的静态路由，只有在路由表中没有找到匹配的路由表项时才会被使用。在路由表中，缺省路由以到达网络 IP 地址 0.0.0.0、掩码为 0.0.0.0 的路由形式出现。可通过命令 **show ip route** 查看当前是否配置了缺省路由。如果设备没有配置缺省路由且报文的目的 IP 地址不在路由表中，那么设备在丢弃该报文的同时，会向报文发送端返回一个 ICMP 报文，报告该目的地址或网络不可达。

静态路由

静态路由是需要用户手动配置的路由，对系统要求低，适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。缺点是不能自动适应网络拓扑的变化，需要人工干预。

1.5.2 配置准备

场景

对于拓扑结构比较简单的网络，可以配置静态路由。静态路需要由用户手动配置，通过配置静态路由可以建立一个互通的网络。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

前提

正确配置 VLAN 接口的 IP 地址。

1.5.3 配置静态路由

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ip route-static** *ip-address mask-address nexthop-address* {**preference** *preferencevalue*}	配置 IPv4 静态路由。
	JX(config)#**ipv6 route-static** *ipv6-address mask-length ipv6-nexthop-address* {**preference** *preference-value*}	配置 IPv6 静态路由。

1.5.4 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	JX#**show ip route**	查看路由表信息。
	JX#**show ipv6 route**	
2	JX#**show { ip | ipv6 } route statistics**	查看路由统计信息。

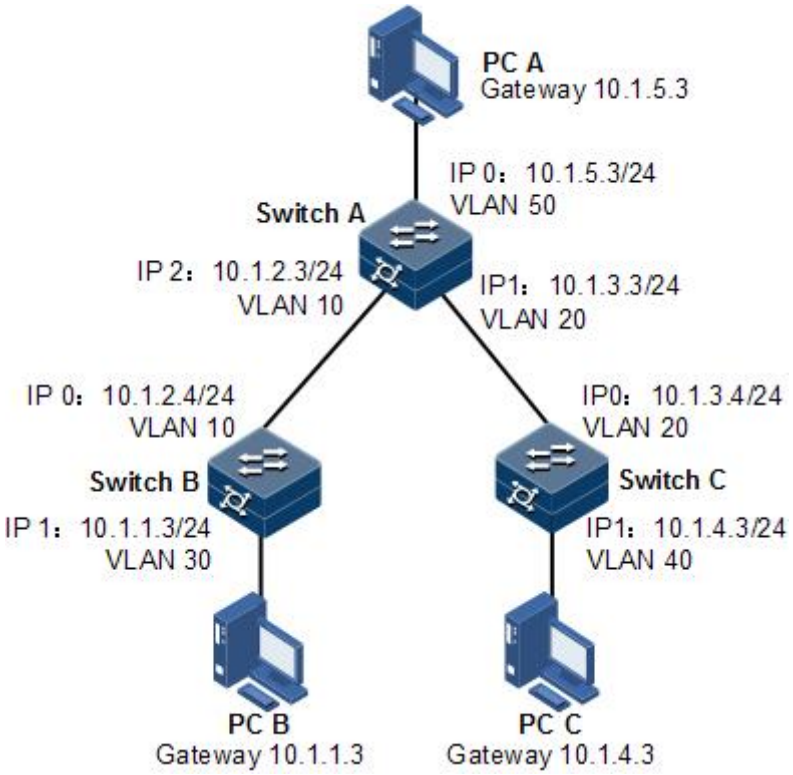
1.5.5 配置静态路由示例

组网需求

配置静态路由，使图 3-4 中的任意两台主机或交换机设备之间能够相互 Ping 通。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-4 配置静态路由组网示意图



配置步骤

步骤 1 配置各设备的 IP 地址。具体配置略。

步骤 2 在 Switch A 上配置静态路由。

```
JX#hostname SwitchA
SwitchA#config
SwitchA(config)#ip route-static 10.1.1.0 255.255.255.0 10.1.2.4
SwitchA(config)#ip route-static 10.1.4.0 255.255.255.0 10.1.3.4
```

步骤 3 在 Switch B 上配置缺省网关。

```
JX#hostname SwitchB
SwitchB#config
SwitchB(config)#ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.2.3
```

步骤 4 在 Switch C 上配置缺省网关。

```
JX#hostname SwitchC
SwitchC#config
SwitchC(config)#ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.3.3
```

步骤 5 在主机 A 上配置默认网关为 10.1.5.3，具体配置略。

步骤 6 在主机 B 上配置默认网关为 10.1.1.3，具体配置略。

步骤 7 在主机 C 上配置默认网关为 10.1.4.3，具体配置略。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

检查结果

通过 **ping** 命令查看所有设备之间是否均能两两互通。

```
SwitchA#ping 10.1.1.3
PING 10.1.1.3: 64 data bytes
Reply from 10.1.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=1
Reply from 10.1.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=2
Reply from 10.1.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=3
Reply from 10.1.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=4
Reply from 10.1.1.3: bytes=64 time=0ms TTL=64 icmp_seq=5
PING Statistics for 10.1.1.3
5 packets transmitted, 5 packets received, 0% packet loss
round-trip (ms)  min/avg/max = 0/0/0
```

1.6 策略路由

1.6.1 简介

概述

传统上，普通的报文转发是依据报文的目的地址查询转发表来实现的，当遇到需要根据源 IP 来控制报文转发，根据报文的长度来控制报文转发或根据报文的其他属性来控制报文转发时，就需要一种新的路由机制来控制，也就是策略路由来控制。

所谓策略路由，顾名思义，即是根据一定的策略进行报文转发，因此策略路由是一种比目的路由更灵活的路由机制。在路由器转发一个数据报文时，首先根据配置的规则对报文进行过滤，匹配成功则按照一定的转发策略进行报文转发。这种规则可以是基于标准和扩展访问控制列表，也可以基于报文的长度；而转发策略则是控制报文按照指定的策略路由表进行转发，也可以修改报文的 IP 优先字段。因此，策略路由是对传统 IP 路由机制的有效增强。

策略路由能满足基于源 IP 地址、目的 IP 址、协议字段，甚至于 TCP、UDP 的源、目的端口等多种组合进行选路。简单点来说，只要 IP standard/extended ACL 能设置的，都可以做为策略路由的匹配规则进行转发。

策略路由（Policy Route）在决定一个 IP 包的下一跳转发地址或是下一跳缺省 IP 地址时，不是简单的根据目的 IP 地址决定，而是综合考虑多种因素来决定。如可以根据 DSCP（差分服务代码点）字段、源和目的端口号，源 IP 地址等来为数据包选择路径。策略路由可以在一定程度上实现流量工程，使不同服务质量的流或者不同性质的数据（语音、FTP）走不同的路径。

基于策略的路由为网络管理者提供了比传统路由协议对报文的转发和存储更强的控制能力。传统上，路由器用从路由协议派生出来的路由表，根据目的地址进行报文的转发。基于策略的路由比传统路由能力更强，使用更灵活，它使网络管理者不仅能够根据目的地址而且能够根据协议

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

类型、报文大小、应用或 I P 源地址来选择转发路径。策略可以定义为通过多路由器的负载平衡或根据总流量在各线上进行报文转发的服务质量（QoS）。

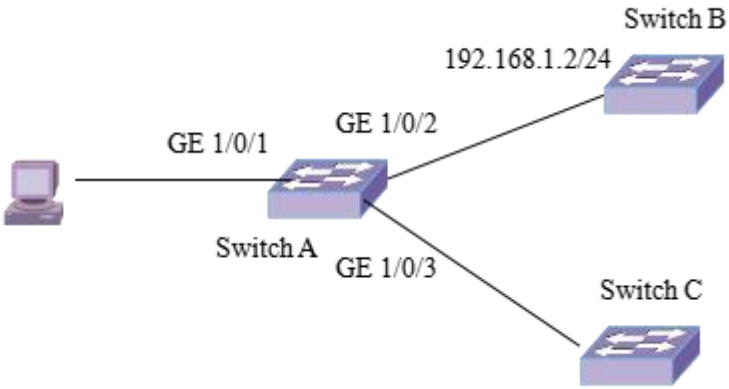
策略路由功能的实现是依靠芯片的支持，策略路由功能是通过命令行或其它配置界面，将软件表项转换为硬件表项存储到芯片上去，当流量通过时，芯片会按照策略路由硬件表来过滤报。

1.6.2 配置基于 ACL 的策略路由示例

组网需求

如下图所示，定义一条名为 aaa 的策略路由，所有从以太网接口 GE 1/0/1 接收的 IP 报文通过接口 GE 1/0/2 发送，下一跳 IP 是 192.168.1.2，其它报文仍然按照查找路由表的方式转发。

图 1-5 配置策略路由组网示意图



配置步骤

步骤 1 定义访问控制列表，ACL filter 1 匹配 IP 报文。

```
switch(config)#acl-ipv4 1001
switch(configure-acl-ipv4-1001)#rule 1 src-ip any dst-ip any
switch(configure-acl-ipv4-1001)#rule 1 action permit
```

步骤 2 定义策略的规则和动作。

```
switch(config)#policy-route aaa permit node 1
switch(config-policy-route-aaa-1)#if-match acl-ipv4 1001
switch(config-policy-route-aaa-1)#apply ip-address next-hop
192.168.1.2
switch(config-policy-route-aaa-1)#quit
```

步骤 3 在接口上使能策略。

```
switch(config)#inter ge 1/0/1
switch(config-ge-1/0/1)#policy-route bind-policy aaa
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

检查结果

```
switch(config-ge-1/0/1)#show ip policy-route aaa
policy-route : aaa
Node 1 : permit
if-match acl-ipv4 1001
apply ip-address next-hop 192.168.1.2
 enabled port : ge-1/0/1
```

1.7 BGP

1.7.1 简介

功能

BGP 是一种外部网关协议（EGP），与 OSPF、RIP 等内部网关协议（IGP）不同，其着眼点不在于发现和计算路由，而在于控制路由的传播和选择最佳路由。

BGP 使用 TCP 作为其传输层协议（端口号 179），提高了协议的可靠性。

BGP 支持无类别域间路由 CIDR（Classless Inter-Domain Routing）。

路由更新时，BGP 只发送更新的路由，大大减少了 BGP 传播路由所占用的带宽，适用于在 Internet 上传播大量的路由信息。

BGP 路由通过携带 AS 路径信息彻底解决路由环路问题。

BGP 提供了丰富的路由策略，能够对路由实现灵活的过滤和选择。

BGP 易于扩展，能够适应网络新的发展。

BGP 的基本概念

自治系统 AS（Autonomous System）：AS 是指在一个实体管辖下的拥有相同选路策略的 IP 网络。BGP 网络中的每个 AS 都被分配一个唯一的 AS 号，用于区分不同的 AS。AS 号分为 2 字节 AS 号和 4 字节 AS 号，其中 2 字节 AS 号的范围为 1 至 65535，4 字节 AS 号的范围为 1 至 4294967295。支持 4 字节 AS 号的设备能够与支持 2 字节 AS 号的设备兼容。

BGP 分类：BGP 按照运行方式分为 EBGP（External/Exterior BGP）和 IBGP（Internal/Interior BGP）。EBGP：运行于不同 AS 之间的 BGP 称为 EBGP。为了防止 AS 间产生环路，当 BGP 设备接收 EBGP 对等体发送的路由时，会将带有本地 AS 号的路由丢弃。IBGP：运行于同一 AS 内部的 BGP 称为 IBGP。为了防止 AS 内产生环路，BGP 设备不将从 IBGP 对等体学到的路由通告给其他 IBGP 对等体，并与所有 IBGP 对等体建立全连接。

BGP 报文交互中的角色：BGP 报文交互中分为 Speaker 和 Peer 两种角色。Speaker：发送 BGP 报文的设备称为 BGP 发言者（Speaker），它接收或产生新的报文信息，并发布给其它 BGP Speaker。Peer：相互交换报文的 Speaker 之间互称对等体（Peer）。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

BGP 的路由器号（Router ID）：BGP 的 Router ID 是一个用于标识 BGP 设备的 32 位值，通常是 IPv4 地址的形式，在 BGP 会话建立时发送的 Open 报文中携带。对等体之间建立 BGP 会话时，每个 BGP 设备都必须有唯一的 Router ID，否则对等体之间不能建立 BGP 连接

BGP4 对等体

BGP 邻居又称为对等体，分为两种。如果两个交换 BGP 报文的对等体属于不同的自治系统，那么这两个对等体就是 EBGP 对等体。如果两个交换 BGP 报文的对等体属于同一个自治系统，那么这两个对等体就是 IBGP 对等体。一个 AS 内的不同边界路由器之间也要建立 BGP 连接，只有这样才能实现路由信息在整个 AS 内的传递。

IBGP 对等体之间不一定是物理上直连的但必须保证逻辑上全连接。EBGP 对等体之间在绝大多数情况下是有物理上的直连链路的但是如果实在无法实现也可以配置逻辑链接。

BGP 把从 EBGP 获得的路由向它所有的 BGP 对等体通告，包括 IBGP 和 EBGP，而把从 IBGP 获得的路由不向它的 IBGP 对等体通告，向 EBGP 通告时要保证 IGP 同 BGP 同步。同步是指 BGP 一直要等到 IGP 在本 AS 中传播了同一条路由后，再给其它各 AS 通告这条路由。也就是说在通告给其它 AS 一条路由时先要保证本 AS 内部的路由器要知道该路由。

BGP4 路由通告

一条路由在一般情况下是从 AS 内部产生的，它由某种内部路由协议发现和计算传递到自治系统的边界，由自治系统边界路由器(ASBR)通过 EBGP 连接传播到其它自治系统中。

路由在传播过程中可能会经过若干个自治系统，这些自治系统称为过渡自治系统。若这个自治系统有多个边界路由器，这些路由器之间运行 IBGP 来交换路由信息。这时内部的路由器并不需要知道这些外部路由，它们只需要在边界路由器之间维护 IP 连通性。路由到达自治系统边界后，若内部路由器需要知道这些外部路由，ASBR 可以将路由引入内部路由协议。外部路由的数量是很大的，通常会超出内部路由器的处理能力，因此引入外部路由时一般需要过滤或聚合以减少路由的数量，极端的情况是使用默认路由。

BGP4 报文

BGP 对等体间通过以下 5 种报文进行交互，其中 Keepalive 报文为周期性发送，其余报文为触发式发送：

Open 报文：用于建立 BGP 对等体连接。Open 消息是 BGP 邻居使用的 TCP 连接建立之后的第一个报文，其内容包括当前的协议版本，自治系统，路由器标识符，以及一些可选参数。如果对方对报文中的某些参数不能达成一致，则无法建立 BGP 邻居。

Keepalive 报文：用于保持 BGP 连接。一旦双方对 Open 报文的内容达成一致，则开始周期性发送 KeepAlive 报文，此报文用于检测邻居的状态，一定时间内没有收到邻居发送的 KeepAlive 报文，则认为邻居发生故障。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

Update 报文：用于在对等体之间交换路由信息。Update 报文用于承载路由信息，包括路由的各种属性，BGP 使用该报文向邻居通告路由信息。

Notification 报文：用于中断 BGP 连接。一旦 BGP 运行过程中发生了差错，就会发送 Notification 报文，报文中指明了差错的原因。

Route-refresh 报文：用于在改变路由策略后请求对等体重新发送路由信息。只有支持路由刷新（Route-refresh）能力的 BGP 设备会发送和响应此报文。

BGP4 路由属性

路由属性是对路由的特定描述，所有的 BGP 路由属性都可以分为 4 类，公认必须遵循（Well-known mandatory）：所有 BGP 设备都可以识别此类属性，且必须存在于 Update 报文中。如果缺少这类属性，路由信息就会出错；公认任意（Well-known discretionary）：所有 BGP 设备都可以识别此类属性，但不要求必须存在于 Update 报文中，即就算缺少这类属性，路由信息也不会出错；可选过渡（Optional transitive）：在 AS 之间具有可传递性的属性。BGP 设备可以不支持此属性，但它仍然会接收这类属性，并传递给其他对等体；可选非过渡（Optional non-transitive）：BGP 设备可以不识别此类属性，如果 BGP 设备不识别此类属性，则会被忽略该属性，且不会通告给其他对等体。

几种常用的 BGP 路由属性：

- Origin 属性（公认必须遵循）

ORIGIN 属性定义了路由信息的来源，标记一条 BGP 路由是怎么生成的。它有以下三种类型：

IGP：优先级最高，表示路由产生于本 AS 内。

EGP：优先级次之，表示路由通过 EGP 学到。

Incomplete：优先级最低，表示路由的来源无法确定。例如，从其它路由协议引入的路由信息。

- AS_Path 属性（公认必须遵循）

AS_PATH 属性记录了某条路由从本地到目的地址所要经过的所有 AS 号。当 BGP 路由器将一条路由通告到其他 AS 时，会把本地 AS 号添加在 AS_PATH 列表中。收到此路由的 BGP 路由器根据 AS_PATH 属性就可以知道到达目的地址所要经过的 AS。

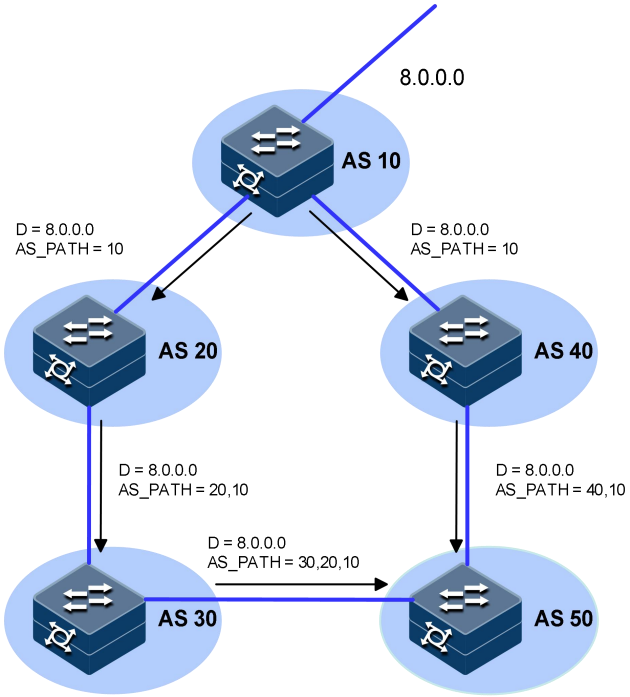
AS_PATH 属性有以下两种类型：

AS_SEQUENCE：AS 号按照一定的顺序排列。如下图所示，离本地 AS 最近的相邻 AS 号排在前面，其他 AS 号按顺序依次排列。

AS_SET：AS 号只是经过的 AS 的简单罗列，没有顺序要求。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-6 AS_PATH 属性



- AS_PATH 属性具有如下用途：

避免路由环路的形成：缺省情况下，如果 BGP 路由器接收到的路由的 AS_PATH 属性中已经包含了本地的 AS 号，则 BGP 路由器认为出现路由环路，不会接受该路由。

影响路由的选择：在其他因素相同的情况下，BGP 会优先选择路径较短的路由。比如在上图中，AS 50 中的 BGP 路由器会选择经过 AS 40 的路径作为到目的地址 8.0.0.0 的最优路由。用户可以使用路由策略来人为地增加 AS 路径的长度，以便更为灵活地控制 BGP 路径的选择。

对路由进行过滤：通过配置 AS 路径过滤列表，可以针对 AS_PATH 属性中所包含的 AS 号来对路由进行过滤。

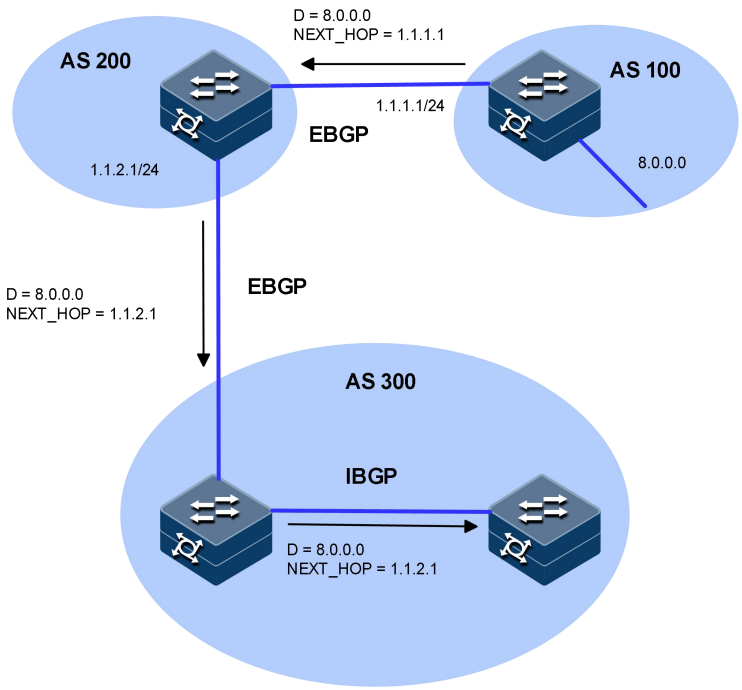
- Next_Hop 属性（公认必须遵循）

BGP 的 NEXT_HOP 属性取值不一定是邻居路由器的 IP 地址。如下图所示，NEXT_HOP 属性取值情况分为几种：

  - BGP 发言者把自己产生的路由发给所有邻居时，将该路由信息的 NEXT_HOP 属性设置为自己与对端连接的接口地址；
  - BGP 发言者把接收到的路由发送给 EBGP 对等体时，将该路由信息的 NEXT_HOP 属性设置为自己与对端连接的接口地址；
  - BGP 发言者把从 EBGP 邻居得到的路由发给 IBGP 邻居时，并不改变该路由信息的 NEXT_HOP 属性。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-7 NEXT_HOP 属性



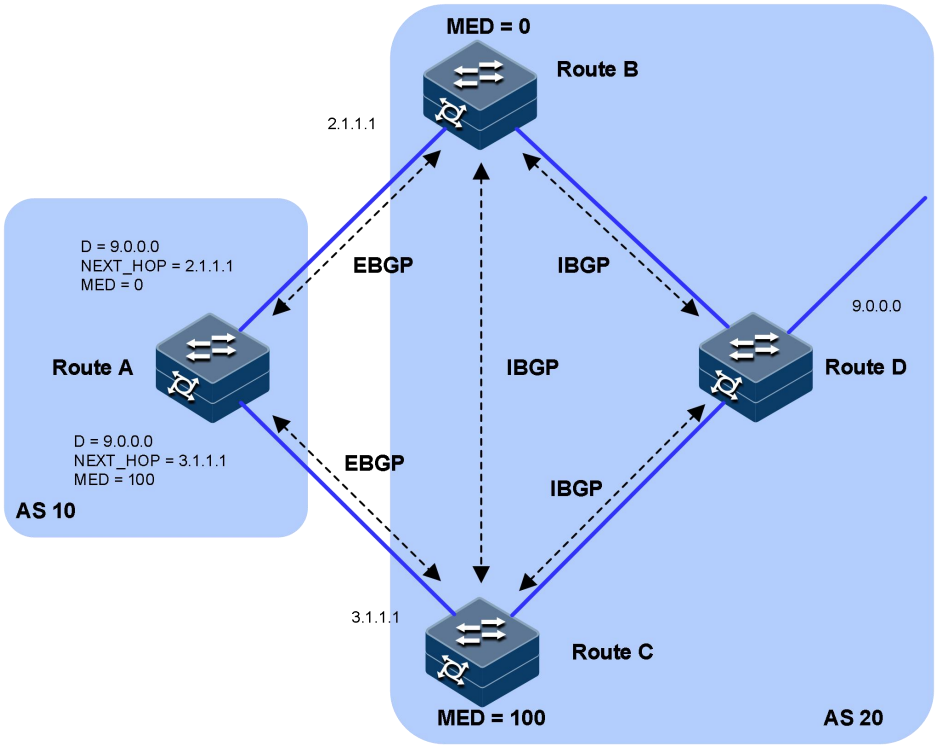
- MED（Multi-Exit Discriminator）属性（可选非过渡）

MED 属性仅在相邻两个 AS 之间交换，收到此属性的 AS 不会再将其通告给其它 AS。

MED 属性相当于 IGP 使用的度量值（metrics），它用于判断流量进入 AS 时的最佳路由。当一个 BGP 路由器通过不同的 EBGP 对等体得到目的地址相同但下一跳不同的多条路由时，在其它条件相同的情况下，将优先选择 MED 值较小者作为最佳路由。如下图所示，从 AS 10 到 AS 20 的流量将选择 Router B 作为入口。通常情况下，BGP 只比较来自同一个 AS 的路由的 MED 属性值。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-8 MED 属性



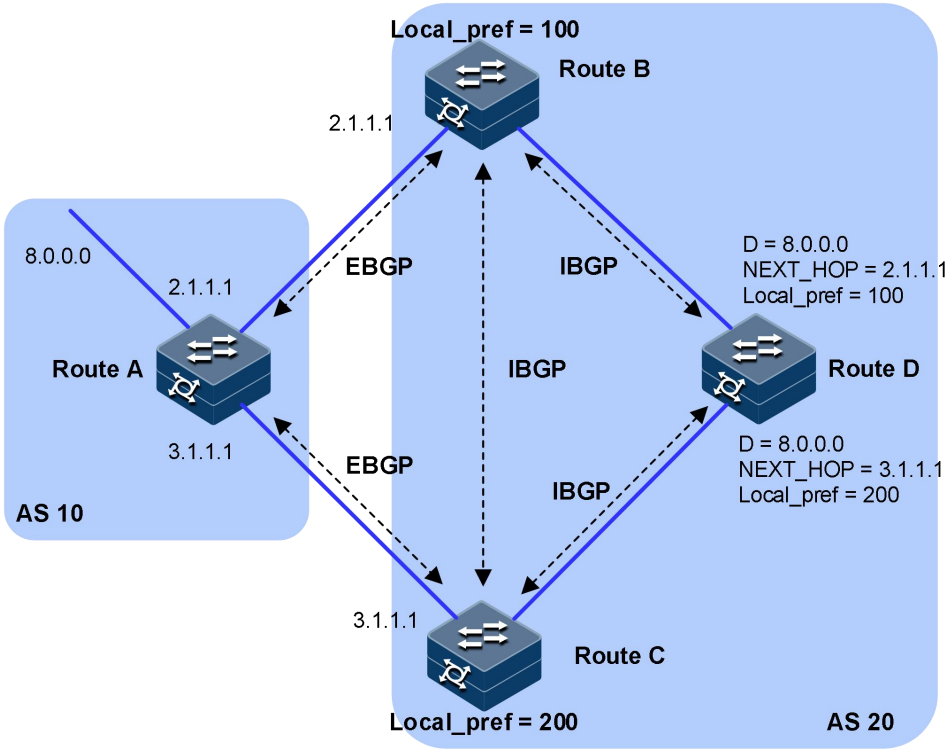
- Local_Pref 属性（公认任意）

LOCAL_PREF 属性仅在 IBGP 对等体之间交换，不通告给其他 AS。它表明 BGP 路由器的优先级。

LOCAL_PREF 属性用于判断流量离开 AS 时的最佳路由。当 BGP 路由器通过不同的 IBGP 对等体得到目的地址相同但下一跳不同的多条路由时，将优先选择 LOCAL_PREF 属性值较高的路由。如下图所示，从 AS 20 到 AS 10 的流量将选择 Router C 作为出口。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-9 LOCAL_PREF 属性



- 团体属性（可选过渡）

BGP 将具有相同特征的路由归为一组，称为一个团体，通过在路由中携带团体属性标识路由所属的团体。团体没有物理上的边界，不同 AS 的路由可以属于同一个团体。

根据需要，一条路由可以携带一个或多个团体属性值（每个团体属性值用一个四字节的整数表示）。接收到该路由的路由器可以通过比较团体属性值对路由作出适当的处理（比如决定是否发布该路由、在什么范围发布等），而不需要匹配复杂的过滤规则，从而简化路由策略的应用和降低维护管理的难度。

- 公认的团体属性有：
  - INTERNET：缺省情况下，所有的路由都属于 INTERNET 团体。具有此属性的路由可以被通告给所有的 BGP 对等体。
  - NO_EXPORT：具有此属性的路由在收到后，不能被发布到本地 AS 之外。如果使用了联盟，则不能被发布到联盟之外，但可以发布给联盟中的其他子 AS。
  - NO_ADVERTISE：具有此属性的路由被接收后，不能被通告给任何其他的 BGP 对等体。
  - NO_EXPORT_SUBCONFED：具有此属性的路由被接收后，不能被发布到本地 AS 之外，也不能发布到联盟中的其他子 AS。

除了公认的团体属性外，用户还可以使用团体属性列表自定义团体属性，以便更为灵活地控制路由策略。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

BGP4 选择路由的策略

优选本地优先级（Local_Pref）最高的路由；

优选聚合路由（聚合路由优先级高于非聚合路由）；

优选 AS 路径（AS_Path）最短的路由；

比较 Origin 属性，依次选择 Origin 类型为 IGP、EGP、Incomplete 的路由；

优选 MED 值最低的路由；

优选从 EBGP 学来的路由（EBGP 路由优先级高于 IBGP 路由）；

优选 AS 内部 IGP 的 Metric 最低的路由；

优选 Router ID 最小的交换机发布的路由；

比较对等体的 IP Address，优选从具有较小 IP Address 的对等体学来的路由。

BGP4 发布路由的策略

存在多条活跃路由时，BGP 发言者（BGP Speaker）只将最优路由发布给对等体；

BGP 发言者只把自己使用的路由发布给对等体；

BGP 发言者从 EBGP 获得的路由会向它所有 BGP 对等体发布，但不会向通告该路由的对等体发布（包括 EBGP 对等体和 IBGP 对等体）；

BGP 发言者从 IBGP 获得的路由不向它的 IBGP 对等体发布；

BGP 发言者从 IBGP 获得的路由发布给它的 EBGP 对等体（在不使能 BGP 与 IGP 同步特性的情况下）；

连接一旦建立，BGP 发言者将把自己所有 BGP 路由发布给新对等体。

BGP4 路由聚合

在大规模的网络中，BGP 路由表十分庞大，使用路由聚合（Routes Aggregation）可以大大减小路由表的规模。

路由聚合实际上是将多条路由合并的过程。这样 BGP 在向对等体通告路由时，可以只通告聚合后的路由，而不是将所有的具体路由都通告出去。

BGP4 路由衰减

路由发生变化时，路由协议会向邻居发布路由更新，收到路由更新的路由器需要重新计算路由并修改路由表。如果发生路由振荡，即路由不稳定，路由表中的某条路由反复消失和重现，则会消耗大量的带宽资源和 CPU 资源，严重时会影响到网络的正常工作。

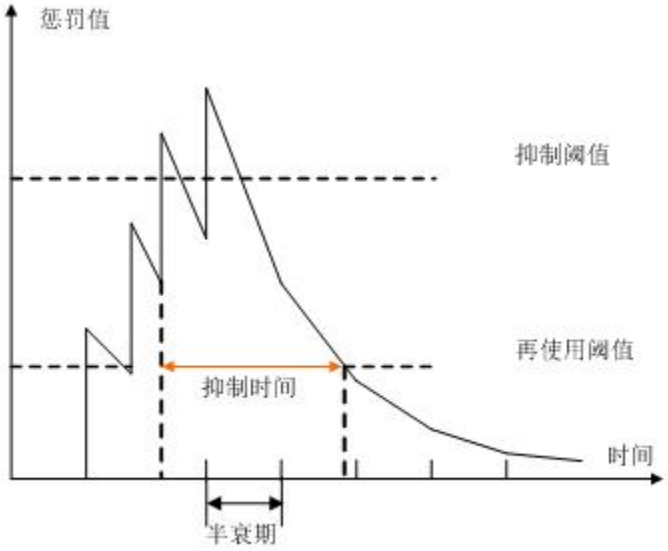
在多数情况下，BGP 协议都应用于复杂的网络环境中，路由变化十分频繁。为了防止持续的路由振荡带来的不利影响，BGP 使用衰减来抑制不稳定的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

BGP 衰减使用惩罚值来衡量一条路由的稳定性，惩罚值越高说明路由越不稳定。路由每次从可达状态变为不可达状态，或者可达路由的属性每次发生变化时，BGP 给此路由增加一定的惩罚值（系统固定为 1000，不可修改）。当惩罚值超过抑制阈值时，此路由被抑制，不参与路由选择。惩罚值达到设置的上限后，不再继续增加。

发生振荡的路由如果没有再次振荡，则路由的惩罚值会逐渐减少。每经过一段时间，惩罚值便会减少一半，这个时间称为半衰期（Half-life）。当惩罚值低于再使用阈值时，此路由变为可用路由，参与路由选择。

图 1-10 BGP 路由反射器示意图



BGP4 的团体

对等体组可以使一组对等体共享相同的策略，而利用团体可以使多个 AS 中的一组 BGP 路由器共享相同的策略。团体是一个路由属性，在 BGP 对等体之间传播，它并不受到 AS 范围的限制。

BGP 路由器在将带有团体属性的路由发布给其它对等体之前，可以改变此路由原有的团体属性。

除了使用公认的团体属性外，用户还可以使用团体属性过滤器过滤自定义扩展团体属性，以便更为灵活的控制路由策略。

BGP4 的路由反射器

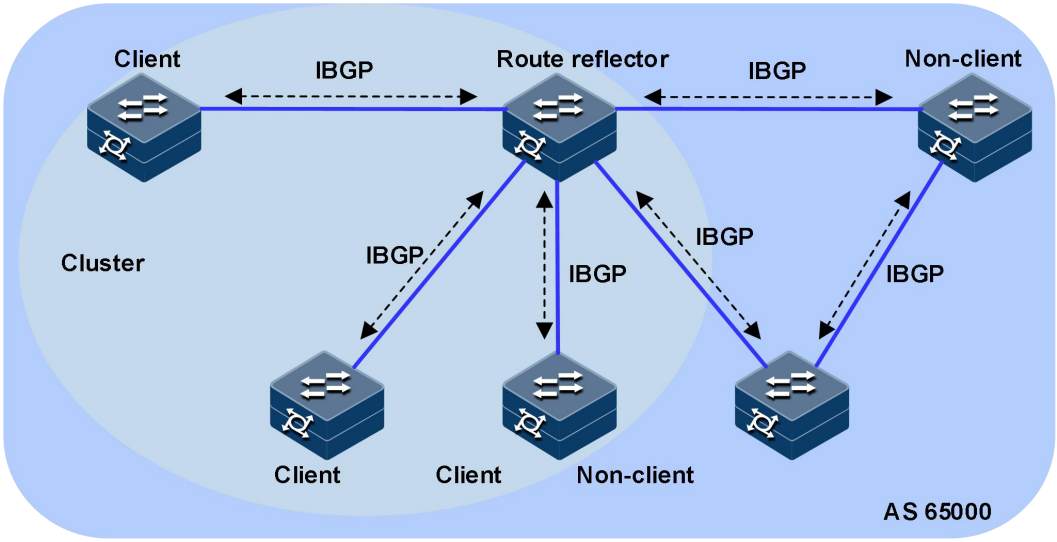
为保证 IBGP 对等体之间的连通性，需要在 IBGP 对等体之间建立全连接关系。假设在一个 AS 内部有 n 台交换机，那么应该建立的 IBGP 连接数就为 n(n-1)/2。当 IBGP 对等体数目很多时，对网络资源和 CPU 资源的消耗都很大。

利用路由反射可以解决这一问题。在一个 AS 内，其中一台交换机作为路由反射器 RR（Route Reflector），其它交换机作为客户机（Client）与路由反射器之间建立 IBGP 连接。路由反射器在客户机之间传递（反射）路由信息，而客户机之间不需要建立 BGP 连接。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

既不是反射器也不是客户机的 BGP 路由器被称为非客户机（Non-Client）。非客户机与路由反射器之间，以及所有的非客户机之间仍然必须建立全连接关系。

图 1-11 BGP 路由反射器示意图



BGP4 的联盟

联盟（Confederation）是处理 AS 内部的 IBGP 网络连接激增的另一种方法，它将一个自治系统划分为若干个子自治系统，每个子自治系统内部的 IBGP 对等体建立全连接关系，子自治系统之间建立 EBGP 连接关系。

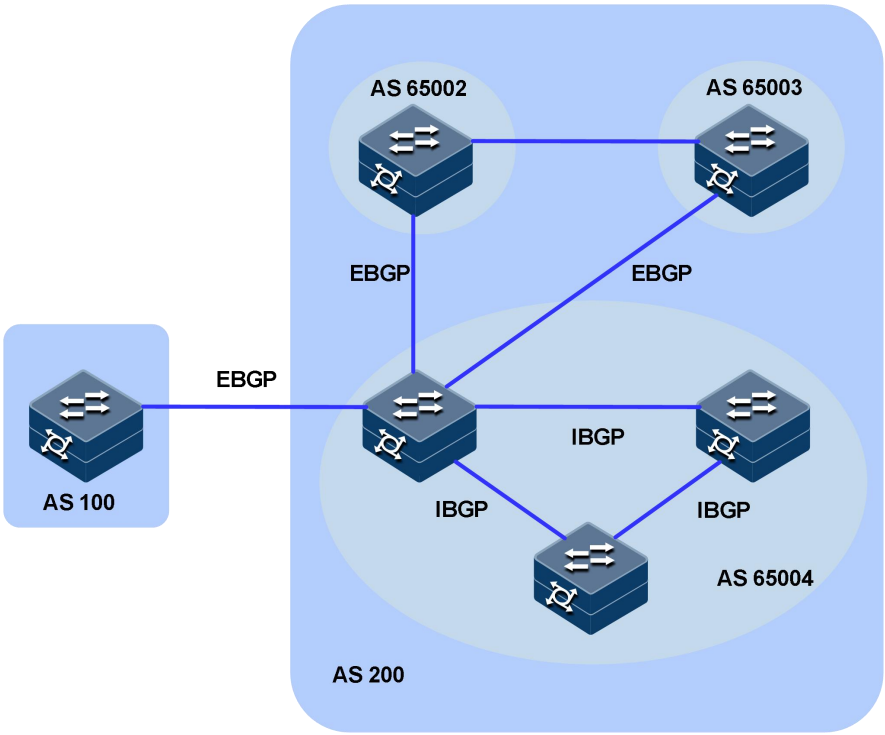
在不属于联盟的 BGP 发言者看来，属于同一个联盟的多个子自治系统是一个整体，外界不需要了解内部的子自治系统情况，联盟 ID 就是标识联盟这一整体的自治系统号。

联盟的缺陷是：从非联盟向联盟方案转变时，要求交换机重新进行配置，逻辑拓扑也要改变。

在大型 BGP 网络中，路由反射器和联盟可以被同时使用。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-12 BGP 联盟示意图



BGP4 的 MP-BGP 概述

传统的 BGP-4 只能管理 IPv4 的路由信息，对于使用其它网络层协议（如 IPv6 等）的应用，在跨自治系统传播时就受到一定限制。

为了提供对多种网络层协议的支持，IETF 对 BGP-4 进行了扩展，形成 MP-BGP，目前的 MP-BGP 标准是 RFC2858（Multiprotocol Extensions for BGP-4，BGP-4 的多协议扩展）。

MP-BGP 可以为多种网络层协议传递路由信息，如 IPv4 组播、IPv6 单播、IPv6 组播、VPNv4 等。

MP-BGP 前向兼容，即支持 BGP 扩展的交换机与不支持 BGP 扩展的交换机可以互通。

MP-BGP 的扩展属性

MP-BGP 使用的报文中，与 IPv4 相关的三条信息都由 Update 报文携带，这三条信息分别是：NLRI、路径属性中的 Next_Hop、路径属性中的 Aggregator（该属性中包含形成聚合路由的 BGP 发言者的 IP 地址）。

为实现对多种网络层协议的支持，BGP-4 需要将网络层协议的信息反映到 NLRI 及 Next_Hop。MP-BGP 中引入了两个新的路径属性：

MP_REACH_NLRI：Multiprotocol Reachable NLRI，多协议可达 NLRI。用于发布可达路由及下一跳信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

MP_UNREACH_NLRI：Multiprotocol Unreachable NLRI，多协议不可达NLRI。用于撤销不可达路由。

这两种属性都是可选非过渡（Optional non-transitive）的，因此，不提供多协议能力的 BGP 发言者将忽略这两个属性的信息，不把它们传递给其它邻居。

地址族

MP-BGP 采用地址族（Address Family）和子地址族（Subsequent Address Family）来区分 MP_REACH_NLRI 属性、MP_UNREACH_NLRI 属性中携带路由信息所属的网络层协议。例如，如果 MP_REACH_NLRI 属性中 AFI（Address Family Identifier，地址族标识符）为 2、SAFI（Subsequent Address Family Identifier，子地址族标识符）为 1，则表示该属性中携带的是 IPv6 单播路由信息。关于地址族的一些取值可以参考 RFC1700（Assigned Numbers）。MP-BGP 扩展应用，包括对 VPN 的扩展、对 IPv6 的扩展等，不同的扩展应在各自的地址族视图下配置。

BFD for BGP 特性

在 IPv4 中使用 BFD（Bidirectional Forwarding Detection）为 BGP 协议提供更快速的链路故障检测。

BFD 能够快速检测到 BGP 对等体间的链路故障，并报告给 BGP 协议，从而实现 BGP 路由的快速收敛。

BFD GR

当 BGP 协议重启时会导致对等体关系重新建立和转发中断，使能平滑重启 GR（Graceful Restart）功能后可以避免流量中断。

1.7.2 配置准备

场景

BGP 是为取代最初的 EGP 而设计的另一种外部网关协议。不同于最初的 EGP，BGP 能够进行路由优选、避免路由环路、更高效率的传递路由和维护大量的路由信息。

前提

相邻节点的网络层可达。

1.7.3 缺省配置

设备上 BGP 的缺省配置如下。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

功能	缺省值
BGP 全局功能状态	禁用
Keepalive 消息发送间隔	30s
对等体邻接关系保持时间	90s

1.7.4 配置 BGP 基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**bgp** *as-number*	启动 BGP，指定本地 AS 编号，并进入 BGP 视图。
3	JX(config-bgp)#**router-id** *ipv4-address*	配置 BGP 的 Router ID。
4	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **remote-as** *as-number*	创建 BGP 对等体。
5	JX(config-bgp)#**neighbor** *ipv4-address* **update-source** *ipv4-address* JX(config-bgp)#**neighbor** *ipv6-address* **update-source** *ipv6-address*	配置发起连接时使用的源地址。
6	JX (config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **password** { **cipher** *cipher-password* | **plain** *plain-password* }	配置 BGP 对等体在建立 TCP 连接时对 BGP 消息进行 MD5 认证。
7	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **ebgp-multihop**	配置 BGP 邻居支持多跳 EBGP。
8	JX(config-bgp)#**ipv4-family** { **unicast** | **vpn-instance** *vpn-instance-name* }	进入 BGP 的 IPv4 单播/BGP-VPN 实例地址族视图。
9	JX(config-bgp)#**ipv6-family** { **unicast** | **vpn-instance** *vpn-instance-name* }	进入 BGP 的 IPv6 单播/BGP-VPN 实例地址族视图。
10	JX(config-bgp-af-*)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **enable**	在地址族视图下使能与指定对等体之间交换相关的路由信息。
11	JX(config-bgp-af-*)#**network** { *ipv4-address/mask-length* | *ipv6-address/mask-length* }	配置 BGP 发布的本地网络路由，即将本地路由表中的路由以静态方式加入到 BGP 路由表中，并发布给对等体。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
12	JX(config-bgp-af-*)#**import-route** { **connected** | **isis** [*process-id*] | **ospf** [*process-id*] | **rip** [*process-id*] | **static** } [**med** *med* | **route-policy** *route-policy-name*]	引入其它协议路由信息。

1.7.5 简化 IBGP 网络连接

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-bgp-af-*)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **route-reflector-client**	配置将本机作为路由反射器，并将对等体作为路由反射器的客户。
2	JX(config-bgp-af-*)#**cluster-id** *cluster-id*	配置路由反射器的集群 ID。
3	JX(config-bgp)#**confederation identifier** *as-number*	配置联盟 ID。
4	JX(config-bgp)#**confederation peer-as** *as-number-list*	配置属于同一个联盟的各子自治系统号。

1.7.6 配置 BGP 路由选路和负载分担

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-bgp-af-*)#**preference** { **external** { *preference* | **default** } | **internal** { *preference* | **default** } | **local** { *preference* | **default** }}*	配置外部、内部、本地路由的路由优先级。
2	JX(config-bgp-af-*)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **next-hop-local**	设置向 IBGP 对等体通告路由时，把下一跳属性设为自身的 IP 地址。
3	JX(config-bgp-af-*)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **preference** { *preference* | **default** }	为从对等体接收的路由分配首选值。
4	JX(config-bgp-af-*)#**default local-preference** { *local-preference* | **default** }	配置 BGP 的缺省本地优先级。
5	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **allow-as-loop** { *number* | **default** }	配置对于从对等体接收的路由，允许本地 AS 号在接收路由的 AS_PATH 属性中出现，并配置允许出现的次数。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
6	JX(config-bgp-af-*)#**default local-med** { *local-med* | **default** }	配置 BGP 路由的缺省 MED 值。
7	JX(config-bgp-af-*)#**community** { *community-number* | **noadvertise** | **noexport** } { **additive** | **replace** | **none** }	配置 BGP 团体属性。
8	JX(config-bgp-af-*)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **advertise-community**	配置将团体属性发布给对等体。

1.7.7 控制 BGP 路由的发布与接收

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-bgp-af-*)#**summary automatic enable**	使能自动聚合功能。(支持 BGP-IPv4 单播地址族视图、BGP-VPN 实例 IPv4 地址族视图)
2	JX(config-bgp-af-*)#**summary** *ipv4-address/prefix-length* [**aggregated-only**]* JX(config-bgp-af-*)#**ipv6 summary** *ipv6-address/prefix-length* [**aggregated-only**]*	在 BGP 路由表中创建一条聚合条目。
3	JX(config-bgp-af-*)#**filter-policy import route-policy** *route-policy-name*	配置 BGP 全局入过滤策略。
4	JX(config-bgp-af-*)#**filter-policy export** [**static** | **connected** | **rip** | **ospf** | **isis**] **route-policy** *route-policy-name*	配置 BGP 全局出过滤策略。

1.7.8 控制调整 BGP 网络的收敛速度

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **connect-retry-interval** { *seconds* | **default** }	配置对等体的连接重传定时器。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
2	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **keeplive-timer** { *keeplive-time* | **default** } **hold-timer** { *hold-time* | **default** }	配置本地路由器与指定对等体之间 BGP 会话的存活时间间隔和保持时间。
3	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **advertisement-interval** { *seconds* | **default** }	配置更新报文定时器。
4	JX(config-bgp-af-*)#**dampening half-life-reach** { *half-life-time* | **default** } **reuse** { *reuse* | **default** } **suppress** { *suppress* | **default** } **ceiling** { *max* | **default** }	配置路由抑制功能相关参数。
5	JX(config-bgp-af-*)#**dampening enable**	使能路由抑制功能。

1.7.9 配置 BGP 可靠性

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-bgp)#**graceful-restart enable**	使能 BGP 协议的 GR 能力。
2	JX(config-bgp)#**graceful-restart timer restart** { *timer* | **default** }	配置对端等待重建 BGP 会话的时间。
3	JX(config-bgp)#**graceful-restart timer selection-deferral** { *timer* | **default** }	配置本端等待 End-Of-RIB 标记的时间。
4	JX(config-bgp)#**neighbor** { *ipv4-address* | *ipv6-address* } **bfd enable**	配置为对等体创建 BFD 会话。

1.7.10 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	JX#**show bgp config**	查看 BGP 配置信息。
2	JX#**show bgp neighbor** [**ip-address** *ipv4-address* | **ipv6-address** *ipv6-address*]	显示 BGP 对等体的状态。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

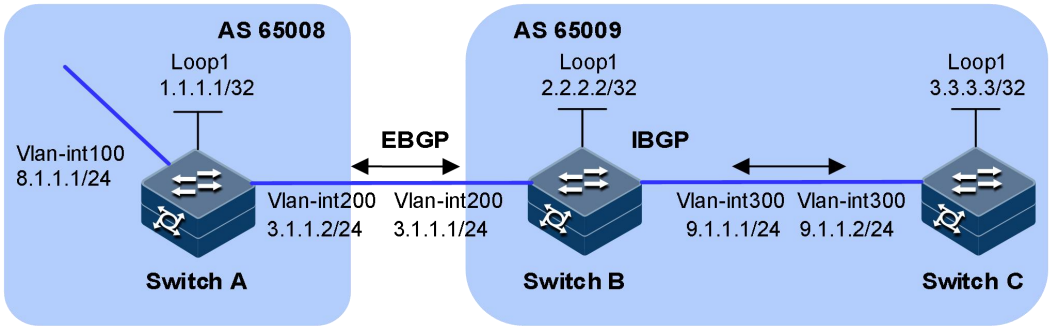
序号	检查项	说明
3	JX#show bgp ip-route JX#show bgp ipv6-route	显示 BGP 的路由表。

1.7.11 配置 BGP 的基本功能示例

组网需求

如下图所示，所有交换机均运行 BGP 协议。要求 Switch A 和 Switch B 之间建立 EBGP 连接，Switch B 和 Switch C 之间建立 IBGP 连接，使得 Switch C 能够访问 Switch A 直连的 8.1.1.0/24 网段。

图 1-13 BGP 基本配置组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 IBGP 连接。

在 AS 65009 内部，使用 OSPF 协议，保证 Switch B 到 Switch C 的 Loopback 接口路由可达， Switch C 到 Switch B 的 Loopback 接口路由可达。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-ospf-1)#network 2.2.2.2 255.255.255.255 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#network 9.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#ospf 1
SwitchC(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-ospf-1)#network 3.3.3.3 255.255.255.255 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#network 9.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#end
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

为了防止端口状态不稳定引起路由震荡，本举例使用 Loopback 接口来创建 IBGP 对等体。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 65009
SwitchB(config-bgp)#neighbor 3.3.3.3 remote-as 65009
SwitchB(config-bgp)#neighbor 3.3.3.3 update-source 2.2.2.2
SwitchB(config-bgp)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 65009
SwitchC(config-bgp)#neighbor 2.2.2.2 remote-as 65009
SwitchC(config-bgp)#neighbor 2.2.2.2 update-source 3.3.3.3
SwitchC(config-bgp)#end
```

步骤 3 配置 EBGP 连接。

EBGP 邻居关系的两台路由器（通常属于两个不同运营商），处于不同的 AS 域，对端的 Loopback 接口一般路由不可达，所以一般使用直连地址建立 BGP 邻居。

因为要求 Switch C 能够访问 Switch A 直连的 8.1.1.0/24 网段，所以，建立 EBGP 连接后，需要将 8.1.1.0/24 网段路由通告到 BGP 路由表中。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 65008
SwitchA(config-bgp)#neighbor 3.1.1.1 remote-as 65009
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#network 8.1.1.0/24
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 65009
SwitchB(config-bgp)#neighbor 3.1.1.2 remote-as 65008
SwitchB(config-bgp)#exit
SwitchB(config)#show bgp neighbor

 BGP local router ID :2.2.2.2
 Local AS number :65009
 Total number of neighbors :2
 Neighbors in established state:2
 Neighbor             Ver AS       MsgIn    MsgOut    Up/Down
State/Change    VpnInstance
 3.1.1.2              4   65008    65       64       00:26:44
Established/1        N/A
 3.3.3.3              4   65009    78       78       00:32:19
Established/1        N/A
```

可以看出，Switch B 与 Switch C、Switch B 与 Switch A 之间的 BGP 连接均已建立。

查看各 Switch 的 BGP 路由表：

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#show bgp ip-route
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
8.1.1.0/24            0.0.0.0             0.0.0.0
other    0         0         IGP       public
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchB#configure
SwitchB(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
8.1.1.0/24            3.1.1.2             3.1.1.2
bgp      0         0         IGP       public
AS_SEQUENCE 65008
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchC#configure
SwitchC(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
8.1.1.0/24            2.2.2.2             3.1.1.2
bgp      0         100       IGP       public
AS_SEQUENCE 65008
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
  Total:1
```

从路由表可以看出，Switch A 没有学到 AS 65009 内部的任何路由，Switch C 虽然学到了 AS 65008 中的 8.1.1.0 的路由，但因为下一跳 3.1.1.2 不可达，所以也不是有效路由。

步骤 4 配置 EBGP 连接。

在 Switch B 上配置 BGP 引入直连路由，以便 Switch A 能够获取到网段 9.1.1.0/24 的路由，Switch C 能够获取到网段 3.1.1.0/24 的路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchB(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#import-route connected
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#end
```

查看各 SwitchA 和 SwitchC 的 BGP 路由表

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
2.2.2.2/32            3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      0         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
3.1.1.0/24            3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      0         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
8.1.1.0/24            0.0.0.0             0.0.0.0
other     0         0         IGP       public
9.1.1.0/24            3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      0         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:4

SwitchC#configure
SwitchC(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
2.2.2.2/32            2.2.2.2             2.2.2.2
bgp      0         100       Incomplete public
3.1.1.0/24            2.2.2.2             2.2.2.2
bgp      0         100       Incomplete public
8.1.1.0/24            2.2.2.2             3.1.1.2
bgp      0         100       IGP       public
AS_SEQUENCE 65008
9.1.1.0/24            2.2.2.2             2.2.2.2
bgp      0         100       Incomplete public
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:4
```

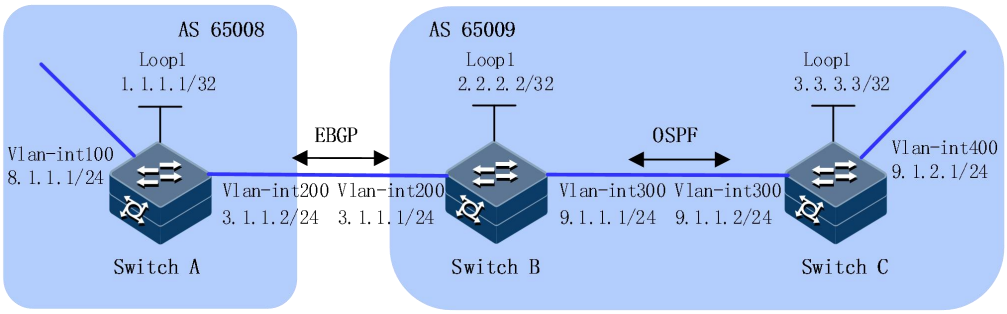
Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.7.12 配置 BGP 和 IGP 交互功能示例

组网需求

如下图所示，公司 A 的所有设备在 AS 65008 内，公司 B 的所有设备在 AS 65009 内，AS 65008 和 AS 65009 通过设备 Switch A 和 Switch B 相连。现要求实现 Switch A 能够访问 AS 65009 内的网段 9.1.2.0/24，Switch C 能够访问 AS 65008 内的网段 8.1.1.0/24。

图 1-14 BGP 与 IGP 交互配置组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 OSPF。

在 AS 65009 内配置 OSPF，使得 Switch B 能获取到到 9.1.2.0/24 网段的路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-ospf-1)#network 2.2.2.2 255.255.255.255 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#network 9.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#ospf 1
SwitchC(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-ospf-1)#network 9.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#import-route connect
SwitchC(config-ospf-1)#end
```

步骤 3 配置 EBGP 连接。

配置 EBGP 连接，并在 Switch A 上将 8.1.1.0/24 网段通告到 BGP 路由表中，以便 Switch B 获取到网段 8.1.1.0/24 的路由。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 65008
SwitchA(config-bgp)#neighbor 3.1.1.1 remote-as 65009
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#network 8.1.1.0/24
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 65009
SwitchB(config-bgp)#neighbor 3.1.1.2 remote-as 65008
SwitchB(config-bgp)#end
```

步骤 4 配置 BGP 与 IGP 交互

在 Switch B 上配置 BGP 引入 OSPF 路由，以便 Switch A 能够获取到到 9.1.2.0/24 网段的路由。

在 Switch B 上配置 OSPF 引入 BGP 路由，以便 Switch C 能够获取到到 8.1.1.0/24 网段的路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp
SwitchB(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#import-route ospf 1
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#end
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#import-route bgp
SwitchB(config-ospf-1)#end
```

查看 SwitchA BGP 路由表

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
2.2.2.2/32           3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      1         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
3.3.3.3/32           3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      1         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
8.1.1.0/24           0.0.0.0             0.0.0.0
other    0         0         IGP       public
9.1.1.0/24           3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      1         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
9.1.2.0/24           3.1.1.1             3.1.1.1
bgp      1         0         Incomplete public
AS_SEQUENCE 65009
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:5
```

查看 SwitchC OSPF 路由表

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ASBR     2.2.2.2/32        INTRA    1      0         9.1.1.1
0.0.0.0         0      0:01:33
 Network   2.2.2.2/32        INTRA    2      0         9.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:01:33
 Network   8.1.1.0/24        ASE2     1      1         9.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:01:33
 Network   9.1.1.0/24        INTRA    1      0         9.1.1.2
0.0.0.0         N/A    0:01:38
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 0        1        3        2        0        1

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 0        1        3        2        0        1
```

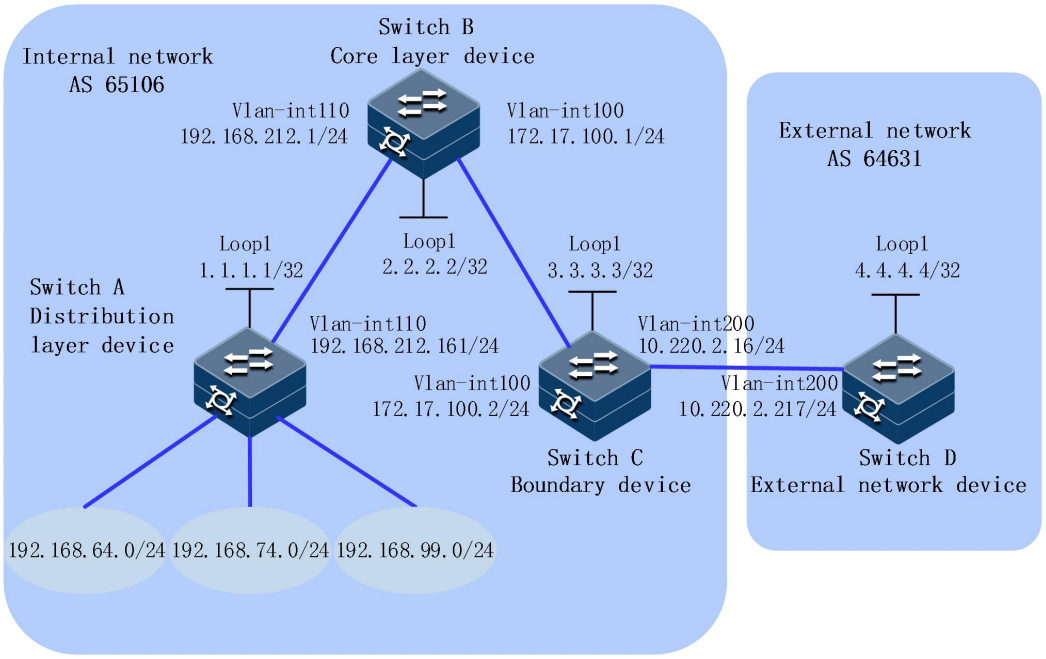
1.7.13 配置 BGP 路由聚合功能示例

组网需求

如下图所示，通过在边界设备 Switch C 和外部网络设备 Switch D 之间建立 EBGP 连接，实现公司内部网络与外部网络的互通。在公司内部，核心层设备 Switch B 与汇聚层设备 Switch A 之间配置静态路由，Switch B 与 Switch C 之间配置 OSPF，并在 OSPF 路由中引入静态路由，以实现公司内部网络的互通。公司内部网络包括三个网段：192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24。在 Switch C 上配置路由聚合，将这三个网段的路由聚合为一条路由，以减少通过 BGP 发布的路由数量。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-15 BGP 路由聚合组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 在 Switch A 和 Switch B 之间配置静态路由。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.212.1

SwitchB#configure
SwitchB(config)#ip route-static 192.168.64.0 255.255.255.0
192.168.212.161
SwitchB(config)#ip route-static 192.168.74.0 255.255.255.0
192.168.212.161
SwitchB(config)#ip route-static 192.168.99.0 255.255.255.0
192.168.212.161
```

步骤 3 在 Switch B 和 Switch C 之间配置 OSPF，并引入静态路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#network 172.17.100.0 255.255.255.0 area
0
SwitchB(config-ospf-1)#import-route static
SwitchB(config-ospf-1)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#ospf 1
SwitchC(config-ospf-1)#network 172.17.100.0 255.255.255.0 area
0
SwitchC(config-ospf-1)#network 10.220.2.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#end
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

在 Switch C 上查看路由表信息，可以看到 Switch C 通过 OSPF 学习到了到达 192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24 网段的路由。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config-ospf-1)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ASBR     2.2.2.2/32         INTRA     1       0
172.17.100.1     0.0.0.0          0       0:00:17
 Network   10.220.2.0/24      INTRA     1       0
10.220.2.16      0.0.0.0          N/A     0:01:01
 Network   172.17.100.0/24    INTRA     1       0
172.17.100.2     0.0.0.0          N/A     0:00:20
 Network   192.168.64.0/24    ASE2      1       1
172.17.100.1     0.0.0.0          N/A     0:00:17
 Network   192.168.74.0/24    ASE2      1       1
172.17.100.1     0.0.0.0          N/A     0:00:17
 Network   192.168.99.0/24    ASE2      1       1
172.17.100.1     0.0.0.0          N/A     0:00:17
 Route :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 0        1         5         2         0         3

 Path :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 0        1         5         2         0         3
```

步骤 4 在 Switch C 和 Switch D 之间配置 BGP，并引入 OSPF 路由。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 65106
SwitchC(config-bgp)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-bgp)#neighbor 10.220.2.217 remote-as 64631
SwitchC(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#import-route ospf
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchD#configure
SwitchD(config)#bgp 64631
SwitchD(config-bgp)#router-id 4.4.4.4
SwitchD(config-bgp)#neighbor 10.220.2.16 remote-as 65106
SwitchD(config-bgp)#end
```

在 Switch D 上查看路由表信息，可以看到 Switch D 通过 BGP 学习到了到达 192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24 三个网段的路由。在 Switch D 上可以 ping 通 192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24 网段内的主机。

```
SwitchD#configure
SwitchD(config-bgp)#show ip route
 Max Routing Number Limit: 131072
 Max Destination Number Limit: 771
 Routing Tables:
 Destination      Gateway          Pre/Cost     Proto
Interface         Mpls     Status    Vpn-Instance
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 4.4.4.4/32       4.4.4.4           0/0        local
loopback-1         no       Up       N/A
 10.220.2.0/24    10.220.2.217       0/0        local
vlan-200           no       Up       N/A
 10.220.2.217/32   10.220.2.217       0/0        local
vlan-200           no       Up       N/A
 127.0.0.1/32      127.0.0.1          0/0        local
loopback-0         no       Up       N/A
 172.17.100.0/24   10.220.2.16       255/1        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
 192.168.64.0/24   10.220.2.16       255/1        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
 192.168.74.0/24   10.220.2.16       255/1        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
 192.168.99.0/24   10.220.2.16       255/1        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
 Total: 8          Static: 0          Down: 0          Destination:
8
```

步骤 5 在 Switch C 上配置路由聚合，将路由 192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24 聚合为 192.168.64.0/18，并抑制发布具体路由。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp
SwitchC(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#summary 192.168.64.0/18
aggregated-only
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#end
```

在 Switch D 上查看路由表信息，可以看到 Switch D 上到达公司内部三个网络的路由聚合为一条路由 192.168.64.0/18。在 Switch D 上可以 ping 通 192.168.64.0/24、192.168.74.0/24 和 192.168.99.0/24 网段内的主机。

```
SwitchD#configure
SwitchD(config-bgp)#show ip route
 Max Routing Number Limit: 131072
 Max Destination Number Limit: 771
 Routing Tables:
 Destination       Gateway          Pre/Cost     Proto
Interface          Mpls     Status    Vpn-Instance
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
 4.4.4.4/32       4.4.4.4           0/0        local
loopback-1         no       Up       N/A
 10.220.2.0/24    10.220.2.217       0/0        local
vlan-200           no       Up       N/A
 10.220.2.217/32   10.220.2.217       0/0        local
vlan-200           no       Up       N/A
 127.0.0.1/32      127.0.0.1          0/0        local
loopback-0         no       Up       N/A
 172.17.100.0/24   10.220.2.16       255/1        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
 192.168.64.0/18   10.220.2.16       255/0        bgp
vlan-200           no       Up       N/A
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

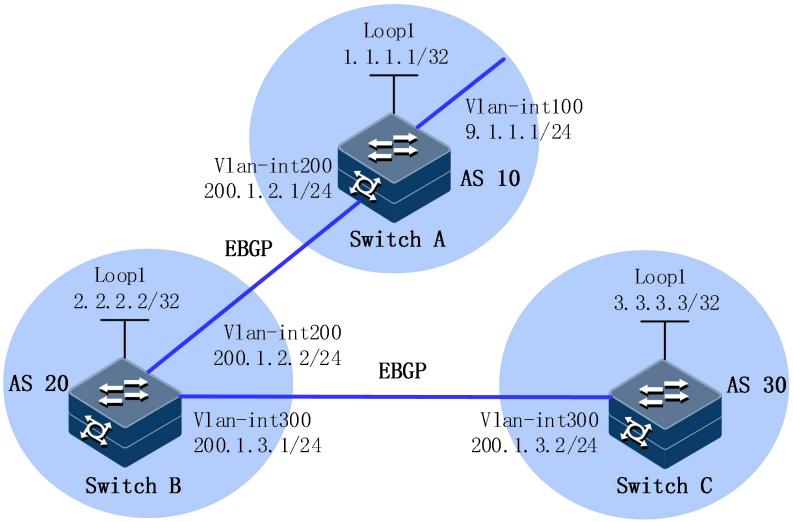
```
------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 Total: 6          Static: 0          Down: 0          Destination:
6
```

1.7.14 配置 BGP 团体功能示例

组网需求

如下图所示，Switch B 分别与 Switch A、Switch C 之间建立 EBGP 连接。通过在 Switch A 上配置 NO_EXPORT 团体属性，使得 AS 10 发布到 AS 20 中的路由，不会再被 AS 20 发布到其他 AS。

图 1-16 BGP 团体组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 EBGP。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 10
SwitchA(config-bgp)#router-id 1.1.1.1
SwitchA(config-bgp)#neighbor 200.1.2.2 remote-as 20
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#network 9.1.1.0/24
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 20
SwitchB(config-bgp)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-bgp)#neighbor 200.1.2.1 remote-as 10
SwitchB(config-bgp)#neighbor 200.1.3.2 remote-as 30
SwitchB(config-bgp)#end
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 30
SwitchC(config-bgp)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-bgp)#neighbor 200.1.3.1 remote-as 20
```

查看 Switch B、Switch C 的路由表。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
9.1.1.0/24            200.1.2.1           200.1.2.1
bgp      0         0         IGP       public
AS_SEQUENCE 10
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchC#configure
SwitchC(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
9.1.1.0/24            200.1.3.1           200.1.3.1
bgp      0         0         IGP       public
AS_SEQUENCE 20,10
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:1
```

可以看出，Switch C 从 Switch B 那里学到了目的地址为 9.1.1.0/24 的路由。

步骤 3 配置 BGP 团体属性。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#community noexport additive
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 200.1.2.2
advertise-community
```

查看 Switch B、Switch C 的路由表。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#show bgp ip-route destination-address
9.1.1.0/24
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
BGP routing table entry information

Network                :9.1.1.0/24
Peer                  :200.1.2.1
NextHop                :200.1.2.1
Protocol               :bgp
Med                   :0
Local Preference        :0
As-Path                :AS_SEQUENCE 10
Origin                 :IGP
Best                  :True
InLabel                :0
OutLabel               :0
AtomicAggr              :0
HWState                :1
HWUpdateTime            :0h:2m:58s
SummaryRoute            :0
SummaryFilter           :0
WaitDelete             :0
BestSysroute            :1
MPLSUpdate             :0
ImportFiltered          :0
IGPSyncWait            :0
SourceVRF              :0
Damp Supressed          :N
DirectNexthop           :200.1.2.1
Less Priority Reason     :none
Community              :ffffff01
VPN-Instance            :public
```

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#show bgp ip-route
```

在 Switch B 的 BGP 路由表中可以看到配置的团体属性，Switch B 不会通过 BGP 将到达目的地址 9.1.1.0/24 的路由发布出去。

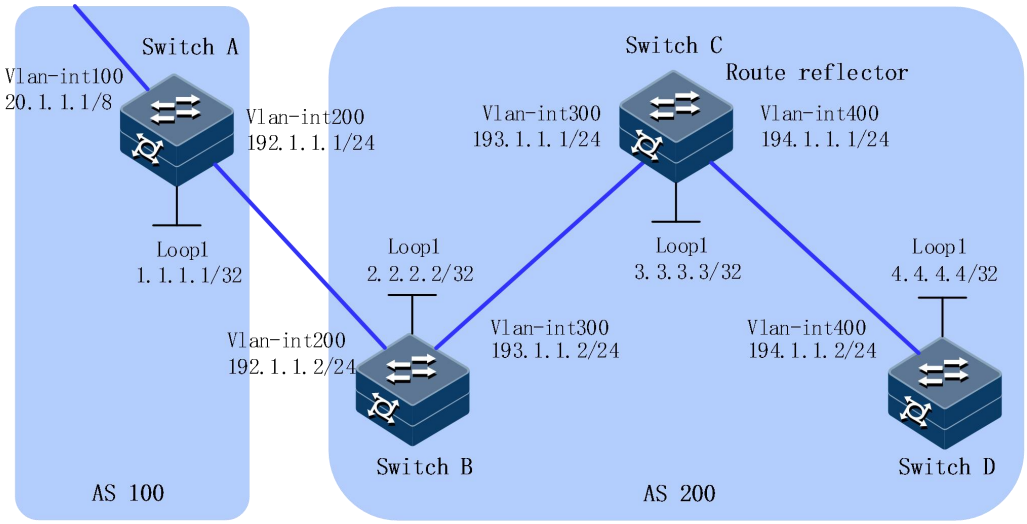
1.7.15 配置 BGP 路由反射器功能示例

组网需求

如下图所示，所有交换机运行 BGP 协议，Switch A 与 Switch B 建立 EBGP 连接，Switch C 与 Switch B 和 Switch D 之间建立 IBGP 连接。Switch C 作为路由反射器，Switch B 和 Switch D 为 Switch C 的客户机。Switch D 能够通过 Switch C 学到路由 20.0.0.0/8。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-17 配置 BGP 路由反射器的组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 在 AS 200 内配置 OSPF。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-ospf-1)#network 193.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#network 2.2.2.2 255.255.255.255 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#ospf 1
SwitchC(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-ospf-1)#network 193.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#network 194.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#network 3.3.3.3 255.255.255.255 area 0

SwitchD#configure
SwitchD(config)#ospf 1
SwitchD(config-ospf-1)#router-id 4.4.4.4
SwitchD(config-ospf-1)#network 194.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchD(config-ospf-1)#network 4.4.4.4 255.255.255.255 area 0
SwitchD(config-ospf-1)#end
```

步骤 3 配置 BGP 连接。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 100
SwitchA(config-bgp)#router-id 1.1.1.1
SwitchA(config-bgp)#neighbor 192.1.1.2 remote-as 200
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#network 20.0.0.0/8
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 200
SwitchB(config-bgp)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-bgp)#neighbor 192.1.1.1 remote-as 100
SwitchB(config-bgp)#neighbor 193.1.1.1 remote-as 200
SwitchB(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 193.1.1.1 next-hop-local
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 200
SwitchC(config-bgp)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-bgp)#neighbor 193.1.1.2 remote-as 200
SwitchC(config-bgp)#neighbor 194.1.1.2 remote-as 200
SwitchC(config-bgp)#end

SwitchD#configure
SwitchD(config)#bgp 200
SwitchD(config-bgp)#router-id 4.4.4.4
SwitchD(config-bgp)#neighbor 194.1.1.1 remote-as 200
SwitchD(config-bgp)#end
```

步骤 4 配置路由反射器。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp
SwitchC(config)#ipv4-family unicast
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 193.1.1.2
route-reflector-client
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 194.1.1.2
route-reflector-client
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#end
```

查看 Switch B、Switch D 的 BGP 路由表。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
20.0.0.0/8            192.1.1.1           192.1.1.1
bgp      0          0          IGP       public
AS_SEQUENCE 100
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchD#configure
SwitchD(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
20.0.0.0/8            194.1.1.1            193.1.1.2
bgp      0          100        IGP       public
AS_SEQUENCE 100
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
 Total:1
```

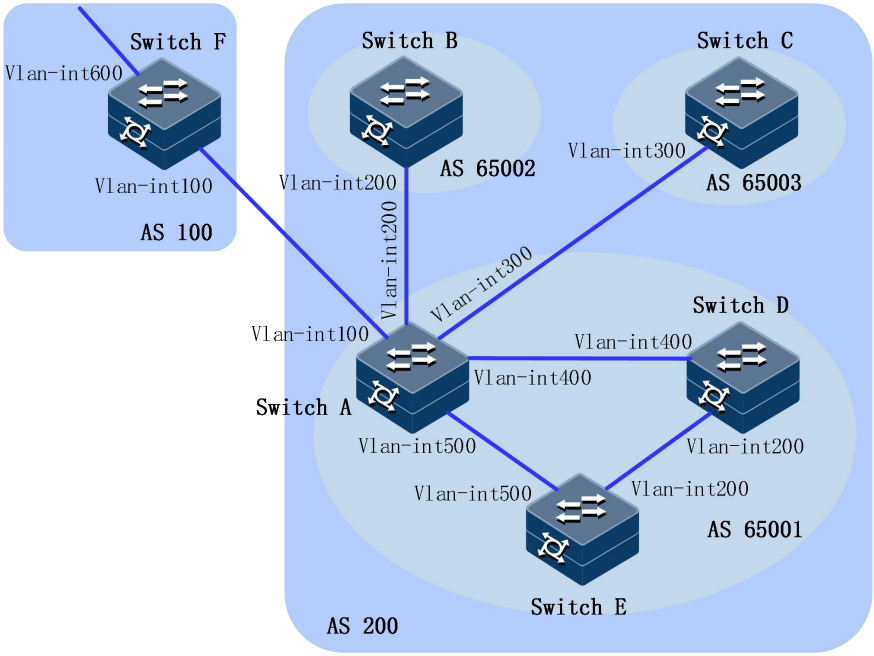
可以看出，Switch D 从 Switch C 已经学到了 20.0.0.0/8 路由。

1.7.16 配置 BGP 联盟功能示例

组网需求

如下图所示，AS 200 中有多台 BGP 交换机，为了减少 IBGP 的连接数，现将他们划分为 3 个子自治系统：AS 65001、AS 65002 和 AS 65003。其中 AS 65001 内的三台交换机建立 IBGP 全连接。

图 1-18 配置联盟组网图



设备	接口	IP 地址
Switch A	Vlan-int100	200.1.1.1/24
	Vlan-int200	10.1.1.1/24
	Vlan-int300	10.1.2.1/24

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

	Vlan-int400	10.1.3.1/24
	Vlan-int500	10.1.4.1/24
Switch B	Vlan-int200	10.1.1.2/24
Switch C	Vlan-int300	10.1.2.2/24
Switch D	Vlan-int200	10.1.5.1/24
	Vlan-int400	10.1.3.2/24
Switch E	Vlan-int200	10.1.5.2/24
	Vlan-int500	10.1.4.2/24
Switch F	Vlan-int100	200.1.1.2/24
	Vlan-int600	9.1.1.1/24

配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 BGP 联盟。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 65001
SwitchA(config-bgp)#router-id 1.1.1.1
SwitchA(config-bgp)#confederation identifier 200
SwitchA(config-bgp)#confederation peer-as 65002,65003
SwitchA(config-bgp)#neighbor 10.1.1.2 remote-as 65002
SwitchA(config-bgp)#neighbor 10.1.2.2 remote-as 65003
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.1.1.2 next-hop-local
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.1.2.2 next-hop-local
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 65002
SwitchB(config-bgp)#router-id 2.2.2.2
SwitchB(config-bgp)#confederation identifier 200
SwitchB(config-bgp)#confederation peer-as 65001,65003
SwitchB(config-bgp)#neighbor 10.1.1.1 remote-as 65001
SwitchB(config-bgp)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 65003
SwitchC(config-bgp)#router-id 3.3.3.3
SwitchC(config-bgp)#confederation identifier 200
SwitchC(config-bgp)#confederation peer-as 65001,65002
SwitchC(config-bgp)#neighbor 10.1.2.1 remote-as 65001
SwitchC(config-bgp)#end
```

步骤 3 配置 AS 65001 内的 IBGP 连接。

```
SwitchA#configure
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchA(config)#bgp 65001
SwitchA(config-bgp)#neighbor 10.1.3.2 remote-as 65001
SwitchA(config-bgp)#neighbor 10.1.4.2 remote-as 65001
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.1.3.2 next-hop-local
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.1.4.2 next-hop-local
SwitchA(config-bgp)#end

SwitchD#configure
SwitchD(config)#bgp 65001
SwitchD(config-bgp)#router-id 4.4.4.4
SwitchD(config-bgp)#confederation identifier 200
SwitchD(config-bgp)#neighbor 10.1.3.1 remote-as 65001
SwitchD(config-bgp)#neighbor 10.1.5.2 remote-as 65001
SwitchD(config-bgp)#end

SwitchE#configure
SwitchE(config)#bgp 65001
SwitchE(config-bgp)#router-id 5.5.5.5
SwitchE(config-bgp)#confederation identifier 200
SwitchE(config-bgp)#neighbor 10.1.4.1 remote-as 65001
SwitchE(config-bgp)#neighbor 10.1.5.1 remote-as 65001
SwitchE(config-bgp)#end
```

步骤 4 配置 AS 100 和 AS 200 之间的 EBGP 连接。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 65001
SwitchA(config-bgp)#neighbor 200.1.1.2 remote-as 100
SwitchA(config-bgp)#end

SwitchF#configure
SwitchF(config)#bgp 100
SwitchF(config-bgp)#router-id 6.6.6.6
SwitchF(config-bgp)#neighbor 200.1.1.1 remote-as 200
SwitchF(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchF(config-bgp-af-ipv4)#network 9.1.1.0/24
SwitchF(config-bgp-af-ipv4)#end
```

步骤 5 验证配置。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin    Vpn-Instance
As-Path
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
9.1.1.0/24            10.1.1.1            10.1.1.1
bgp      0          100        IGP       public
AS_CONFED_SEQUENCE 65001
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchC#configure
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin     Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
9.1.1.0/24            10.1.2.1            10.1.2.1
bgp      0          100        IGP       public
AS_CONFED_SEQUENCE 65001
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:1

SwitchD#configure
SwitchD(config)#show bgp ip-route
DestAddr/Prefixlen     Neighbor            Nexthop
Protocol  Med        LocalPrf    Origin     Vpn-Instance
As-Path
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
9.1.1.0/24            10.1.3.1            10.1.3.1
bgp      0          100        IGP       public
AS_SEQUENCE 100
------------------------------------------------------------
------------------------------------------------------------
--------
  Total:1
```

Switch F 只需要和 Switch A 建立 EBGP 连接，而不需要和 Switch B、Switch C 建立连接，同样可以通过联盟将路由信息传递给 Switch B 和 Switch C。

Switch B 和 Switch D 在同一个联盟里，但是属于不同的子自治系统，它们都是通过 Switch A 来获取外部路由信息，生成的 BGP 路由表项也是一致的，等效于在同一个自治系统内，但是又不需要物理上全连接。

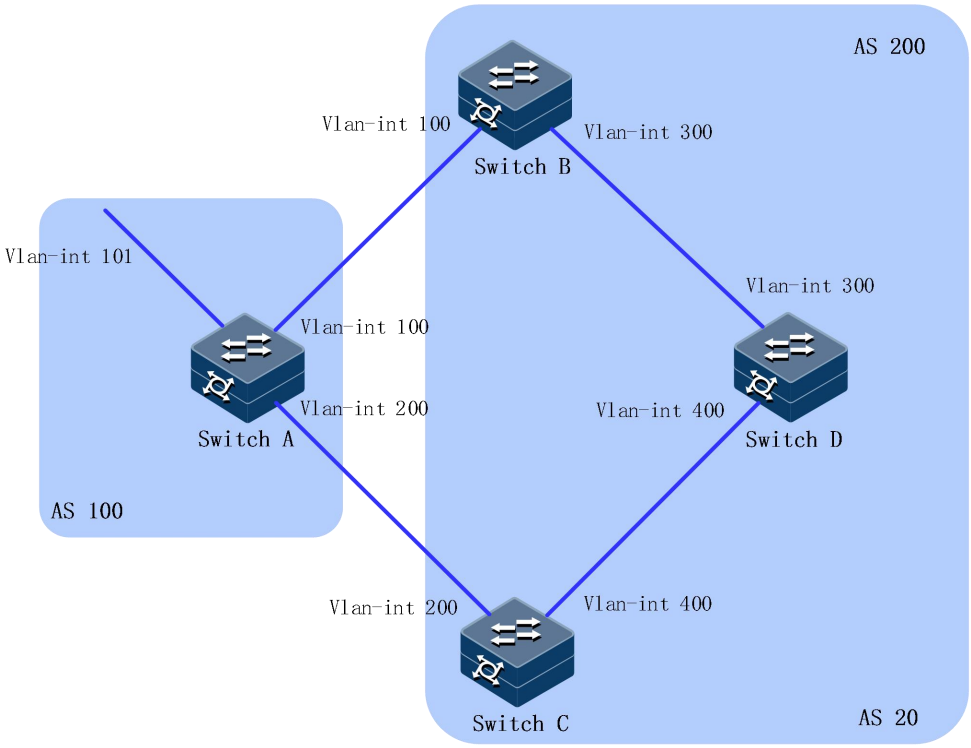
1.7.17 配置 BGP 路径选择示例

组网需求

如下图所示，所有路由器都运行 BGP 协议。Switch A 与 Switch B 和 Switch C 之间运行 EBGP；Switch D 与 Switch B 和 Switch C 之间运行 IBGP。AS 200 中运行 OSPF 协议。配置路由策略，使得 Switch D 优选从 Switch C 学到的 1.0.0.0/8 路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-19 配置 BGP 路径选择的组网图



设备	接口	IP 地址
Switch A	Vlan-int101	1.0.0.1/8
	Vlan-int100	192.1.1.1/24
	Vlan-int200	193.1.1.1/24
Switch B	Vlan-int100	192.1.1.2/24
	Vlan-int300	194.1.1.2/24
Switch C	Vlan-int400	195.1.1.2/24
	Vlan-int200	193.1.1.2/24
Switch D	Vlan-int400	195.1.1.1/24
	Vlan-int300	194.1.1.1/24

配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 Switch B、Switch C 和 Switch D 之间运行 OSPF 协议。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ospf 1
SwitchB(config-ospf-1)#network 192.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchB(config-ospf-1)#network 194.1.1.0 255.255.255.0 area 0
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchB(config-ospf-1)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#ospf 1
SwitchC(config-ospf-1)#network 193.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#network 195.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchC(config-ospf-1)#end

SwitchD#configure
SwitchD(config)#ospf 1
SwitchD(config-ospf-1)#network 194.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchD(config-ospf-1)#network 195.1.1.0 255.255.255.0 area 0
SwitchD(config-ospf-1)#end
```

步骤 3 配置 BGP 连接。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#bgp 100
SwitchA(config-bgp)#neighbor 192.1.1.2 remote-as 200
SwitchA(config-bgp)#neighbor 193.1.1.2 remote-as 200
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#network 1.0.0.0/8
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#end

SwitchB#configure
SwitchB(config)#bgp 200
SwitchB(config-bgp)#neighbor 192.1.1.1 remote-as 100
SwitchB(config-bgp)#neighbor 194.1.1.1 remote-as 200
SwitchB(config-bgp)#end

SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp 200
SwitchC(config-bgp)#neighbor 193.1.1.1 remote-as 100
SwitchC(config-bgp)#neighbor 195.1.1.1 remote-as 200
SwitchC(config-bgp)#end

SwitchD#configure
SwitchD(config)#bgp 200
SwitchD(config-bgp)#neighbor 194.1.1.2 remote-as 200
SwitchD(config-bgp)#neighbor 195.1.1.2 remote-as 200
SwitchD(config-bgp)#end
```

步骤 4 通过配置 1.0.0.0/8 路由的不同属性值，使得 Switch D 优选从 Switch C 学到的路由。。

方法一：在 Switch A 上对发布给对等体 192.1.1.2 的 1.0.0.0/8 路由配置较高的 MED 属性值，使得 Switch D 优选从 Switch C 学到的路由。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#route-policy apply_med_100 permit node 10
SwitchA(config-route-policy-apply_med_100-10)#apply cost 100
SwitchA(config-route-policy-apply_med_100-10)#exit
SwitchA(config)#route-policy apply_med_50 permit node 10
SwitchA(config-route-policy-apply_med_50-10)#apply cost 50
SwitchA(config-route-policy-apply_med_50-10)#exit
SwitchA(config)#bgp
SwitchA(config-bgp)#ipv4-family unicast
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 192.1.1.2 filter-policy
export route-policy apply_med_100
SwitchA(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 193.1.1.2 filter-policy
export route-policy apply_med_50
SwitchA(config-bgp)#end
```

查看 Switch D 的 BGP 路由表。

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#show bgp ip-route destination-address 1.0.0.0/8
 BGP routing table entry information

 Network                :1.0.0.0/8
 Peer                   :194.1.1.2
 NextHop                :192.1.1.1
 Protocol               :bgp
 Med                    :100
 Local Preference         :100
 As-Path                :AS_SEQUENCE 100
 Origin                 :IGP
 Best                   :False
 InLabel                :0
 OutLabel               :0
 AtomicAggr             :0
 HWState                :0
 HWUpdateTime           :0h:1m:43s
 SummaryRoute           :0
 SummaryFilter          :0
 WaitDelete             :0
 BestSysroute           :0
 MPLSUpdate             :0
 ImportFiltered         :0
 IGPSyncWait            :0
 SourceVRF              :0
 Damp Supressed         :N
 DirectNexthop          :194.1.1.2
 Less Priority Reason     :none
 VPN-Instance           :public
 BGP routing table entry information

 Network                :1.0.0.0/8
 Peer                   :195.1.1.2
 NextHop                :193.1.1.1
 Protocol               :bgp
 Med                    :50
 Local Preference         :100
 As-Path                :AS_SEQUENCE 100
 Origin                 :IGP
 Best                   :True
 InLabel                :0
 OutLabel               :0
 AtomicAggr             :0
 HWState                :1
 HWUpdateTime           :0h:1m:13s
 SummaryRoute           :0
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 SummaryFilter          :0
 WaitDelete            :0
 BestSysroute           :1
 MPLSUpdate            :0
 ImportFiltered         :0
 IGPSyncWait           :0
 SourceVRF             :0
 Damp Supressed         :N
 DirectNexthop          :195.1.1.2
 Less Priority Reason    :none
 VPN-Instance          :public
```

可以看到，Switch D 从 Switch C 学到 1.0.0.0/8 的路由是最优的。

方法二：在 Switch B 和 Switch C 上分别对 1.0.0.0/8 路由配置不同的本地优先级，使得 Switch D 优选从 Switch C 学到的路由。在 Switch C 上本地优先级为 200（缺省的本地优先级为 100）。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#bgp
SwitchC(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#default local-preference 200
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#end
```

查看 Switch D 的 BGP 路由表。

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#show bgp ip-route destination-address 1.0.0.0/8
 BGP routing table entry information

 Network               :1.0.0.0/8
 Peer                  :194.1.1.2
 NextHop               :192.1.1.1
 Protocol              :bgp
 Med                   :0
 Local Preference        :100
 As-Path               :AS_SEQUENCE 100
 Origin                :IGP
 Best                  :False
 InLabel               :0
 OutLabel              :0
 AtomicAggr            :0
 HWState               :0
 HWUpdateTime           :0h:0m:45s
 SummaryRoute           :0
 SummaryFilter          :0
 WaitDelete            :0
 BestSysroute           :0
 MPLSUpdate            :0
 ImportFiltered         :0
 IGPSyncWait           :0
 SourceVRF             :0
 Damp Supressed         :N
 DirectNexthop          :194.1.1.2
 Less Priority Reason    :local preference
 VPN-Instance          :public
 BGP routing table entry information

 Network               :1.0.0.0/8
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Peer                    :195.1.1.2
NextHop                 :193.1.1.1
Protocol                :bgp
Med                     :0
Local Preference        :200
As-Path                 :AS_SEQUENCE 100
Origin                  :IGP
Best                    :True
InLabel                 :0
OutLabel                :0
AtomicAggr              :0
HWState                 :1
HWUpdateTime            :0h:1m:35s
SummaryRoute            :0
SummaryFilter           :0
WaitDelete              :0
BestSysroute            :1
MPLSUpdate              :0
ImportFiltered          :0
IGPSyncWait             :0
SourceVRF               :0
Damp Supressed          :N
DirectNexthop           :195.1.1.2
Less Priority Reason    :none
VPN-Instance            :public
```

可以看到，Switch D 从 Switch C 学到 1.0.0.0/8 的路由是最优的。

1.8 OSPFV2

1.8.1 简介

功能

开放式最短路径优先 OSPF（Open Shortest Path First）是 IETF 组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议（Interior Gateway Protocol）。

OSPF 具有以下特性：

- 适应范围广：支持各种规模的网络，最多可支持几百台路由器。
- 快速收敛：在网络的拓扑结构发生变化后立即发送更新报文，使得自治系统中的其他节点能够快速同步这一变化。
- 无环路：OSPF 根据收集到的链路状态，用最短路径树算法计算路由，该算法保证了 OSPF 不会生成自环路由。
- 区域划分：允许自治系统的网络被划分成区域来管理，区域间传送的路由信息被进一步抽象，减少了占用的网络带宽。
- 等价路由：支持到同一目的地址的多条等价路由。
- 路由分级：使用 4 类不同的路由。按优先顺序分别是：区域内路由、区域间路由、第一类外部路由、第二类外部路由。
- 支持验证：支持基于接口的报文验证，保证报文交互的安全性。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 组播发送：在能够发送组播的链路上，以组播地址发送协议报文，减少对其他设备的干扰。

OSPF 路由器 ID

一台路由器如果要运行 OSPF 协议，必须存在路由器 ID。路由器 ID 是一个 32 比特无符号整数，是一台路由器在自治系统中的唯一标识。路由器的 ID 可以手工配置，也可以由系统自动产生，系统从当前接口的 IP 地址中自动选择最大的一个地址作为路由器的 ID 号。如果系统当前未配置任何 IP 地址，则无法启动 OSPF。

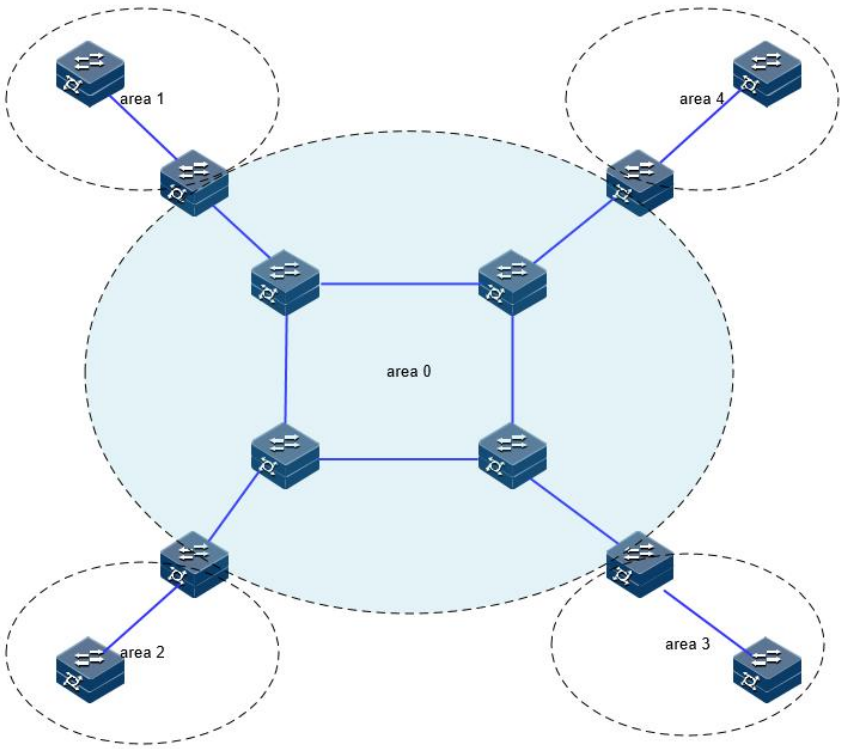
OSPF 区域划分

随着网络规模日益扩大，当一个大型网络中的设备都运行 OSPF 路由协议时，设备数量的增多会导致链路状态数据库 LSDB（Link-State Database）非常庞大，占用大量的存储空间，并使得运行 SPF 算法的复杂度增加，导致设备负担很重。在网络规模增大之后，拓扑结构发生变化的概率也增大，网络会经常处于“动荡”之中，造成网络中会有大量的 OSPF 协议报文在传递，降低了网络的带宽利用率。更为严重的是，每一次变化都会导致网络中所有的设备重新进行路由计算。

为了解决上述问题，OSPF 协议将自治系统划分成不同的区域（Area）。区域是从逻辑上将路由器划分为不同的组，每个组用区域号（Area ID）来标识。区域的边界是路由器，而不是链路。一个网段（链路）只能属于一个区域，或者说每个运行 OSPF 的接口必须指明属于哪一个区域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-20 OSPF 区域划分



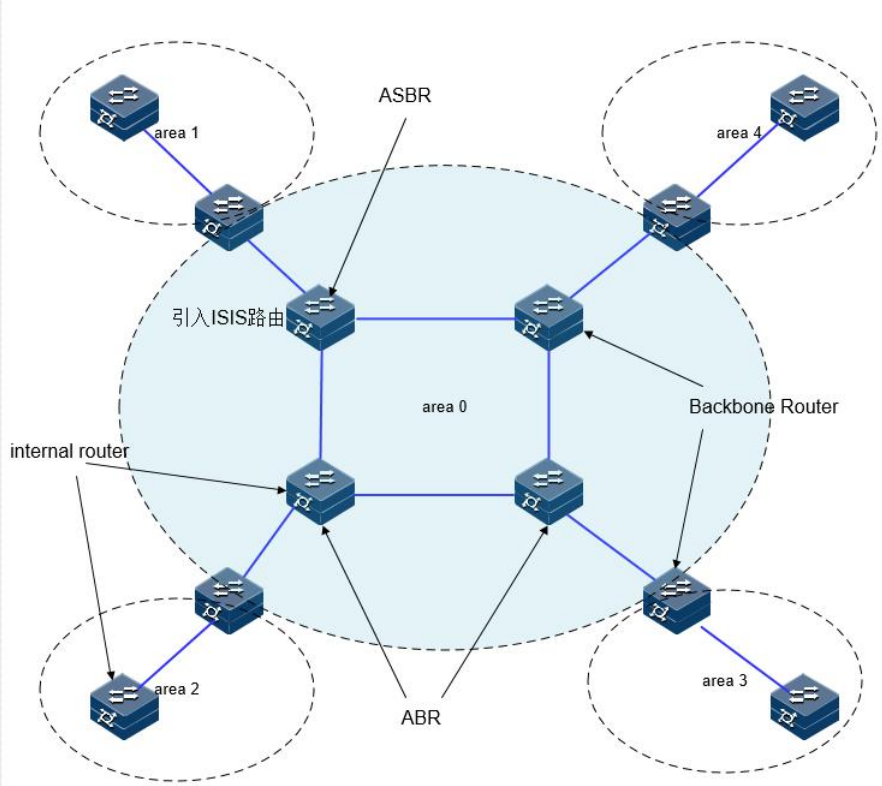
划分区域后，可以在区域边界路由器上进行路由聚合，减少通告到其他区域的 LSA 数量。另外，划分区域还可以使网络拓扑变化造成的影响最小化。

OSPF 的区域类型包括普通区域、Stub 区域、NSSA 区域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPF 路由器类型

图 1-21 OSPF 路由器类型示例



- 区域内路由器（Internal Router）：该类设备的所有接口都属于同一个 OSPF 区域。
- 区域边界路由器 ABR（Area Border Router）：该类设备可以同时属于两个以上的区域，但其中一个必须是骨干区域。ABR 用来连接骨干区域和非骨干区域，它与骨干区域之间既可以是物理连接，也可以是逻辑上的连接。
- 骨干路由器（Backbone Router）：该类设备至少有一个接口属于骨干区域。所有的 ABR 和位于 Area0 的内部设备都是骨干路由器。
- 自治系统边界路由器 ASBR（AS Boundary Router）：与其他 AS 交换路由信息的设备称为 ASBR。ASBR 并不一定位于 AS 的边界，它可能是区域内设备，也可能是 ABR。只要一台 OSPF 设备引入了外部路由的信息，它就成为 ASBR。

OSPF 协议报文

OSPF 有以下五种类型的协议报文：

- Hello 报文：周期性发送，用于发现和维持 OSPF 邻居关系。
- DD（Database Description Packet）报文：描述本地 LSDB 的摘要信息，用于两台路由器开始建立邻接时进行数据库同步。
- LSR 报文（Link State Request Packet）：向对方请求所需的 LSA。
- LSU 报文（Link State Update Packet）：向对方发送其所需要的 LSA。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- LSAck 报文（Link State Acknowledgment Packet）：用来对收到的 LSA 进行确认。

OSPF LSA 类型

OSPF 中对路由信息的描述都是封装在 LSA 中发布出去，常用的 LSA 有以下类型：

- Router LSA（Type1）：每个路由器都会产生，描述了路由器的链路状态和开销，在所属的区域内传播。
- Network LSA（Type2）：由 DR 产生，描述本网段的链路状态，在所属的区域内传播。
- Network Sumary LSA（Type3）：由 ABR（Area Border Router）产生，描述区域内某个网段的路由，并通告给其他区域。
- ASBR Summary LSA（Type4）：由 ABR 产生，描述到 ASBR（Autonomous System Boundary Router）的路由，通告给相关区域。
- AS External LSA（Type5）：由 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由，通告到所有的区域（除了 Stub 区域和 NSSA（Not-So-Stubby Area）区域）。
- NSSA LSA（Type7）：由 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由，仅在 NSSA 区域内传播。
- Opaque LSA（Type9/Type10/Type11）：Opaque LSA 提供用于 OSPF 的扩展的通用机制。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPF 邻居状态机

图 1-22 OSPF 邻居状态机

```
                          +----+
                          |Down|
                          +----+
                            |\
                            | \Start
                            |  \      +-------+
                   Hello    |   +---->|Attempt|
                 Received   |         +-------+
                            |             |
                   +----+<-+             |HelloReceived
                   |Init|<---------------+
                   +----+<--------+
                       |           |
                       |2-Way      |1-Way
                       |Received   |Received
                       |           |
     +-------+         |        +-----+
     |ExStart|<--------+------->|2-Way|
     +-------+                  +-----+
```

```
              +-------+
              |ExStart|
              +-------+
                |
 NegotiationDone|
                +->+--------+
                   |Exchange|
                +--+--------+
                |
        Exchange|
          Done  |
+----+          |      +-------+
|Full|<---------+----->|Loading|
+----+<-+              +-------+
        |  LoadingDone     |
        +------------------+
```

邻居状态机的含义：

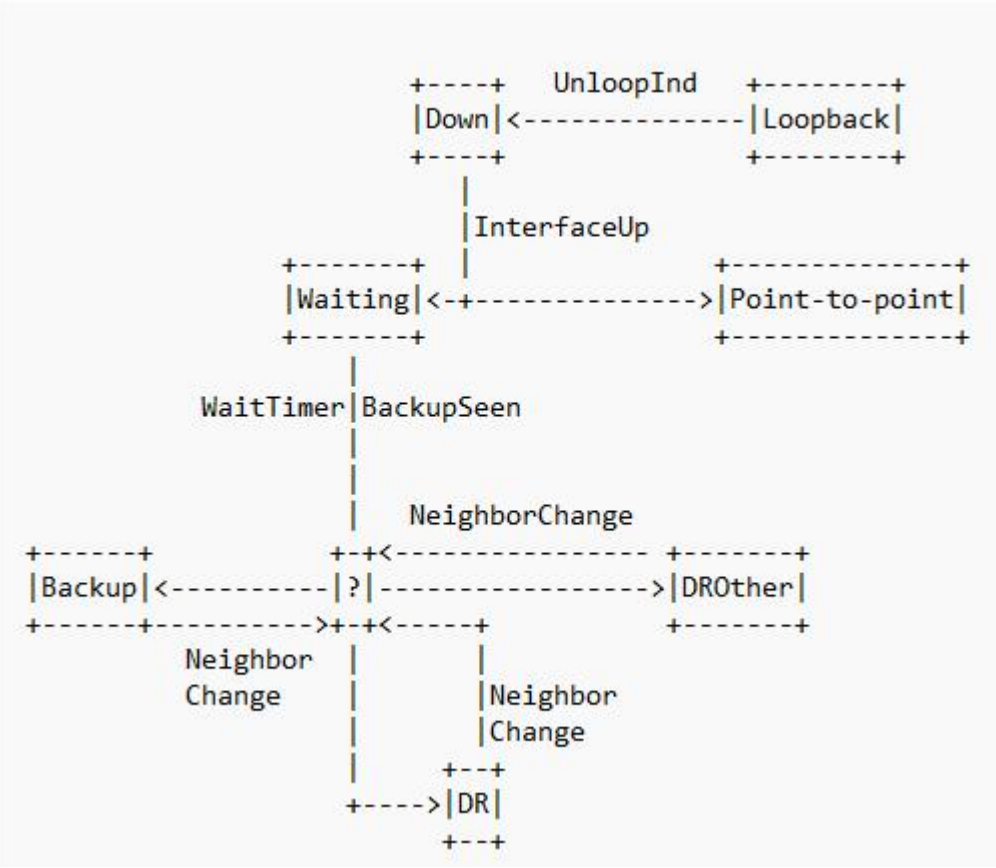
- Down：邻居会话的初始阶段。表明没有在邻居失效时间间隔内收到来自邻居设备的 Hello 报文。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- Attempt：处于本状态时，定期向手工配置的邻居发送 Hello 报文。
  说明： Attempt 状态只适用于 NBMA 类型的接口。
- Init：本状态表示已经收到了邻居的 Hello 报文，但是对端并没有收到本端发送的 Hello 报文。
- 2-way：互为邻居。本状态表示双方互相收到了对端发送的 Hello 报文，建立了邻居关系。如果不形成邻接关系则邻居状态机就停留在此状态，否则进入 Exstart 状态。
- Exstart：协商主/从关系。建立主/从关系主要是为了保证在后续的 DD 报文交换中能够有序的发送。
- Exchange：交换 DD 报文。本端设备将本地的 LSDB 用 DD 报文来描述，并发给邻居设备。
- Loading：正在同步 LSDB。两端设备发送 LSR 报文向邻居请求对方的 LSA，同步 LSDB。
- Full：建立邻接。两端设备的 LSDB 已同步，本端设备和邻居设备建立了邻接状态。

OSPF 接口状态机

图 1-23 OSPF 接口状态机



接口状态机的含义：

- Down：接口状态的初始状态。
- Loopback：在这种状态下，路由器到网络的接口被环路回绕。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- Waiting：仅适用于广播和 NBMA 接口类型，在该阶段试图识别网络上的 DR 和 BDR。
- Point-to-point：仅适用于点对点，点到多点和虚连接的接口。在这个状态下，尝试和接口另一端路由器建立邻接关系。
- DR：在这种状态下，路由器成功所连网络的 DR，尝试与其他路由器建立邻接关系。
- Backup：在这种状态下，路由器成功所连网络的 BDR，尝试与其他路由器建立邻接关系。
- DROther：在这种状态下，路由器成功所连网络的 DRother，仅会和网络上的 DR 和 BDR 建立邻接关系。

OSPF 邻居和邻接

在 OSPF 中，邻居（Neighbors）和邻接（Adjacencies）是两个不同的概念。

邻居关系：OSPF 路由器启动后，会通过 OSPF 接口向外发送 Hello 报文。收到 Hello 报文的 OSPF 路由器会检查报文中所定义的一些参数，如果双方一致就会形成邻居关系。

邻接关系：形成邻居关系的双方不一定都能形成邻接关系，这要根据网络类型而定。只有当双方成功交换 DD 报文，并能交换 LSA 之后，才形成真正意义上的邻接关系。

在广播网络中建立邻接关系流程：

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-24 OSPF 广播网络建邻示意图

```
+---+                                          +---+
|RT1|                                          |RT2|
+---+                                          +---+

Down                                           Down
                Hello(DR=RT1,seen=0)
            ------------------------------>
              Hello (DR=RT2,seen=RT1,...)      Init
            <------------------------------
                Hello(DR=RT2,seen=RT2)
2-way       ------------------------------>    2-way
                D-D (Seq=x,I,M,Master)
ExStart     ------------------------------>
                D-D (Seq=y,I,M,Master)         ExStart
            <------------------------------
Exchange        D-D (Seq=y,M,Slave)
            ------------------------------>
                D-D (Seq=y+1,M,Master)         Exchange
            <------------------------------
                D-D (Seq=y+1,M,Slave)
            ------------------------------>
                            ...
                            ...
                            ...
                D-D (Seq=y+n, Master)
            <------------------------------
                D-D (Seq=y+n, Slave)
 Loading    ------------------------------>
                      LS Request               Full
            ------------------------------>
                      LS Update
            <------------------------------
                      LS Ack
            ------------------------------>
 Full
```

RT1 和 RT2 都连接到广播网络。假设 RT2 为网络的 DR（指定路由器），且 RT2 的 Router ID 高于 Router RT1。

（1）建立邻居关系，RT1 的一个连接到广播类型网络的接口上激活了 OSPF 协议，会开始发送 Hello 数据包。此时，RouterA 认为自己是 DR 路由器，但不确定邻居是哪台路由器。RT2 收到这个 hello 报文(将邻居状态机改为 Init 状态)，并在其下一个 hello 中数据包表明它本身就是 DR（指定路由器）。RT1 收到 RT2 发来的 Hello 报文。这反过来又导致 RT1 转到状态 2-way，开始启动邻接流程。

（2）主/从关系协商、DD 报文交换

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

RT1 首先发送一个 DD 报文，宣称自己是 Master（MS=1），并规定序列号 Seq=x。I=1 表示这是第一个 DD 报文，报文中并不包含 LSA 的摘要，只是为了协商主从关系。M=1 说明这不是最后一个报文。

RT2 在收到 RT1 的 DD 报文后，将 RT1 的邻居状态机改为 Exstart，并且回应一个 DD 报文。由于 RT2 的 Router ID 较大，所以在报文中 RT2 认为自己是 Master，并且重新规定了序列号 Seq=y。

RT1 收到报文后，同意了 RT2 为 Master，并将 RT2 的邻居状态机改为 Exchange。RT1 使用 RT2 的序列号 Seq=y 来发送新的 DD 报文，该报文开始正式地传送 LSA 的摘要，通过这种方式确认数据库中哪些 LSA 是需要更新的。在报文中 RT1 将 MS=0，说明自己是 Slave。

RT2 收到报文后，将 RT1 的邻居状态机改为 Exchange，并发送新的 DD 报文来描述自己的 LSA 摘要，此时 RT2 将报文的序列号改为 Seq=y+1。

上述过程持续进行，RT1 通过重复 RT2 的序列号来确认已收到 RT2 的报文。RT2 通过将序列号 Seq 加 1 来确认已收到 RouterA 的报文。当发送最后一个 DD 报文时，在报文中写上 M=0。

（3）LSDB 同步（LSA 请求、LSA 传输、LSA 应答

RT1 收到最后一个 DD 报文后，发现 RT2 的数据库中存在自己没有的 LSA，将邻居状态机改为 Loading 状态。

RT2 发现 RT1 的 LSA，RT2 都已经有了，不需要再请求，将 RT1 的邻居状态机改为 Full 状态。

RT1 发送 LSR 报文向 RT2 请求更新 LSA。RT2 用 LSU 报文来回应 RT1 的请求。RT1 收到后，发送 LSAck 报文确认。

上述过程持续到 RT1 中的 LSA 与 RT2 的 LSA 完全同步为止，此时 RT1 将 RT2 的邻居状态机改为 Full 状态。当路由器交换完 DD 报文并更新所有的 LSA 后，此时邻接关系建立完成。

OSPF 路由计算

OSPF 路由的计算过程可简单描述如下：

每台 OSPF 路由器根据自己周围的网络拓扑结构生成链路状态通告 LSA（Link State Advertisement），并通过更新报文将 LSA 发送给网络中的其它 OSPF 路由器。

每台 OSPF 路由器都会收集其它路由器发来的 LSA，所有的 LSA 形成链路状态数据库 LSDB（Link State Database），LSDB 是对整个自治系统的网络拓扑结构的描述。

OSPF 路由器将 LSDB 转换成一张带权的有向图，这张图是对整个网络拓扑结构的真实反映。各 OSPF 路由器得到的有向图是完全相同的。

每台 OSPF 路由器根据有向图，使用 SPF 算法计算出一棵以自己为根的最短路径树，这棵树给出了到自治系统中各节点的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPF 骨干区域

OSPF 划分区域之后，并非所有的区域都是平等的关系。其中有一个区域与众不同，通常被称为骨干区域，它的区域号（Area ID）是 0。

骨干区域负责区域之间的路由，非骨干区域之间的路由信息必须通过骨干区域来转发。对此，OSPF 有以下规定：

所有非骨干区域必须与骨干区域保持连通。骨干区域自身也必须保持连通。但在实际应用中，可能会因为网络拓扑等限制，无法满足以上要求；这时可以通过配置 OSPF 虚连接满足要求。

OSPF 虚连接

虚连接指在两台 ABR 之间通过一个非骨干区域而建立的一条逻辑上的连接通道。虚连接相当于在两个 ABR 之间形成了一个点到点的连接。为虚连接两端提供一条非骨干区域内部路由的区域称为中转区域（TransitArea）。

虚连接有如下特点：

- 虚连接的两端必须是 ABR。
- 必须在两端同时配置虚连接，虚连接方能生效。
- 虚连接和物理接口一样可以配置接口参数，如发送 HELLO 报文间隔等。

两台 ABR 之间直接传递 OSPF 报文信息时，他们之间的 OSPF 路由器只起到转发报文的作用。由于协议报文的目的地址不是这些路由器，所以这些报文对于他们而言是透明的，只是当作普通的 IP 报文来转发。

OSPFStub 区域

Stub 区域的特点：

- Stub 区域的 ABR 不传播它们接收到的自治系统外部路由，在这些区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量会大大减少。
- Stub 区域是一种可选的配置属性，并不是每个区域都符合配置的条件。通常来说，Stub 区域是位于自治系统边界，只有一个 ABR 的非骨干区域。
- 为保证到自治系统外的路由依旧可达，Stub 区域的 ABR 将生成一条缺省路由，并发布给 Stub 区域中的其他非 ABR 路由器。

配置 Stub 区域的注意事项：

- 骨干区域不能配置成 Stub 区域。
- 如果要将一个区域配置成 Stub 区域，则该区域中的所有路由器必须都要配置 Stub 区域。
- Stub 区域内不能存在 ASBR，即自治系统外部的路由不能在本区域内传播。虚连接不能穿过 Stub 区域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPFNSSA 区域

在 RFC1587 NSSA Option 中增加一类新的区域：NSSA 区域；同时增加一类新的 LSA：NSSA LSA（或称为 Type7 LSA）。

NSSA 区域其实是 Stub 区域的一个变形，它和 Stub 区域有许多相似的地方。两者的差别在于，NSSA 区域能够将自治域外部路由引入并传播到整个 OSPF 自治域中，同时又不会学习来自 OSPF 网络其它区域的外部路由。

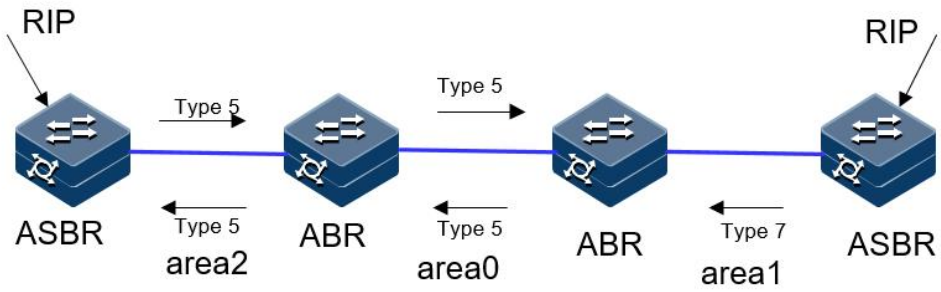
NSSA 区域的特点:

与 Stub 区域类似，NSSA 区域也不能配置虚连接。

与 Stub 区域类似，NSSA 区域也不允许 AS-External-LSA（即 Type5 LSA 注入，但可以允许 Type7 LSA 注入）。Type7 LSA 由 NSSA 区域的 ASBR 产生，在 NSSA 区域内传播。当 Type7 LSA 到达 NSSA 的 ABR 时，由 ABR 将 Type7 LSA 转换成 AS-ExternalLSA，传播到其他区域。

如图所示，运行 OSPF 协议的自治系统包括 3 个区域：区域 1、区域 2 和区域 0

图 1-25 OSPFNSSA 区域示意图



区域 1 被定义为 NSSA 区域。与区域 1、区域 2 相连的非 OSPF 网络运行 RIP 协议。区域 1 从 RIP 网络接收的 RIP 路由传播到 NSSA ASBR 后，由 NSSA ASBR 产生 Type7 LSA 在区域 1 内传播；当 Type7 LSA 到达 NSSA ABR 后，转换成 Type5 LSA 传播到区域 0 和区域 2。另一方面，区域 2 从 RIP 网络中接收的 RIP 路由通过区域 2 的 ASBR 产生 Type-5 LSA 在 OSPF 自治系统中传播。但由于区域 1 是 NSSA 区域，所以 Type-5LSA 不会到达区域 1。

OSPF 路由聚合

路由聚合是指：ABR 将具有相同前缀的路由信息聚合在一起后，形成一条路由发布到其它区域。

AS 被划分成不同的区域后，区域间可以通过路由聚合来减少路由信息，减小路由表的规模，提高路由器的运算速度。

OSPF 有两种路由聚合方式：

- ABR 聚合

ABR 向其它区域发送路由信息时，以网段为单位生成 Type3 LSA。如果该区域中存在一些连续的网段，则可以通过路由聚合的命令将这些连续

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

的网段聚合成一个网段。这样 ABR 只发送一条聚合后的 LSA，所有属于命令指定的聚合网段范围的 LSA 将不会再被单独发送出去。

例如，区域 1 内有三条区域内路由 19.1.1.0/24，19.1.2.0/24，19.1.3.0/24，如果此时在 ABR 上配置了路由聚合，将三条路由聚合成一条 19.1.0.0/16，则 ABR 就只生成一条聚合后的 LSA，并发布给其他区域的路由器。

- ASBR 聚合

配置路由聚合后，如果本地设备是自治系统边界路由器 ASBR，将对引入的聚合地址范围内的 Type5 LSA 进行聚合。当配置了 NSSA 区域时，还要对引入的聚合地址范围内的 Type7 LSA 进行聚合。如果本地设备既是 ASBR 又是 ABR，则对由 Type7LSA 转化成的 Type5 LSA 进行聚合处理。

OSPF 路由类型

OSPF 将路由分为 4 级，按优先顺序分别是：区域内路由（Intra Area）；区域间路由（InterArea）；第一类外部路由（Type1 External）；第二类外部路由（Type2 External）。

AS 内部路由：AS 区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构。缺省情况下，这两种路由的协议优先级为 10。

AS 外部路由：外部路由则描述了应该如何选择到 AS 以外目的地址的路由。OSPF 将引入的 AS 外部路由分为两类：Type1 和 Type2。缺省情况下，这两种路由的协议优先级为 150。

第一类外部路由：指接收的是 IGP 路由（例如静态路由和 RIP 路由）。由于这类路由的可信程度比较高，所以计算出的外部路由的开销与自治系统内部的路由开销是相同的，并且和 OSPF 自身路由的开销具有可比性；即到第一类外部路由的开销等于本路由器到相应的 ASBR 的开销+ASBR 到该路由目的地址的开销。

第二类外部路由：指接收的是 EGP 路由。由于这类路由的可信度比较低，所以 OSPF 协议认为从 ASBR 到自治系统之外的开销远远大于在自治系统之内到达 ASBR 的开销；所以计算路由开销时将主要考虑前者，即到第二类外部路由的开销=ASBR 到该路由目的地址的开销。如果两条路由计算出的开销值相等，再考虑本路由器到相应的 ASBR 的开销。

OSPF 网络类型

OSPF 根据链路层协议类型将网络分为下列四种类型：

- 广播（Broadcast）类型：OSPF 缺省认为网络类型是 Broadcast。在该类型的网络中，通常以组播形式（224.0.0.5 和 224.0.0.6）发送协议报文。
- NBMA（Non-Broadcast Multi-Access）类型：在该类型的网络中，以单播形式发送协议报文。
- 点到多点 P2MP（point-to-multipoint）类型：点到多点必须是由其他的网络类型强制更改的。常用做法是将非全连通的 NBMA 改为点到多点的网络。在该类型的网络中，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 点到点 P2P（point-to-point）类型：在该类型的网络中，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。

OSPFDR 和 BDR

在广播网和 NBMA 网络中，任意两台路由器之间都要传递路由信息。如果网络中有 n 台路由器，则需要建立 nx(n-1)/2 个邻接关系。这使得任何一台路由器的路由变化都会导致多次传递，浪费了带宽资源。

为解决这一问题，OSPF 协议定义了 DR（Designated Router）、BDR（Backup Designated Router）和除 DR 和 BDR 之外的路由器（DROther）。

- DR：所有路由器都只将信息发送给 DR，由 DR 将网络链路状态广播出去。
- BDR：如果 DR 由于某种故障而失效，则网络中的路由器必须重新选举 DR，并与新的 DR 同步。这需要较长的时间，在这段时间内，路由的计算是不正确的。为了能够缩短这个过程，OSPF 提出了 BDR（BackupDesignatedRouter）的概念。BDR 实际上是对 DR 的一个备份，在选举 DR 的同时也选举出 BDR，BDR 也和本网段内的所有路由器建立邻接关系并交换路由信息。当 DR 失效后，BDR 会立即成为 DR。由于不需要重新选举，并且邻接关系事先已建立，所以这个过程是非常短暂的。当然这时还需要再重新选举出一个新的 BDR，虽然一样需要较长的时间，但并不会影响路由的计算。
- DROther：除 DR 和 BDR 之外的路由器（DROther）之间将不再建立邻接关系，也不再交换任何路由信息。这样就减少了广播网和 NBMA 网络上各路由器之间邻接关系的数量。

DR/BDR 选举过程：

- DR 和 BDR 不是人为指定的，而是由本网段中所有的路由器共同选举出来的。路由器接口的 DR 优先级决定了该接口在选举 DR、BDR 时所具有的资格。本网段内 DR 优先级大于 0 的路由器都可作为“候选人”。选举过程如下：
- 每台路由器将自己选出的 DR 写入 Hello 报文中，发给网段上的每台路由器。
- 如果处于同一网段的两台路由器同时宣布自己是 DR，DR 优先级高者胜出。如果优先级相等，则 RouterID 大者胜出。如果一台路由器的优先级为 0，则它不会被选举为 DR 或 BDR。

DR/BDR 选举特点：

- 只有在广播或 NBMA 类型接口时才会选举 DR，在点到点或点到多点类型的接口上不需要选举 DR。
- DR 是指某个网段中概念，是针对路由器的接口而言的。某台路由器在一个接口上可能是 DR，在另一个接口上有可能是 BDR，或者是 DROther。
- 若 DR、BDR 已经选择完毕，当一台新路由器加入后，即使它的 DR 优先级值最大，也不会立即成为该网段中的 DR。
- DR 不一定就是 DR 优先级最大的路由器；同理，BDR 也不一定就是 DR 优先级第二大的路由器。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPF 报文认证

OSPF 支持报文验证功能，只有通过验证的 OSPF 报文才能接收，否则将不能正常建立邻居。

路由器支持两种验证方式：区域验证方式、接口验证方式。当两种验证方式都存在时，优先使用接口验证方式。

1.8.2 配置准备

场景

完成配置 OSPF 的基本功能后，即可以实现通过 OSPF 协议构建三层网络

前提

配置接口的 IP 地址，使各相邻节点网络层可达。

1.8.3 缺省配置

设备上 OSPF 的缺省配置如下。

功能	缺省值
OSPF 特性	不使能
Hello 报文发送间隔	10s
邻居失效时间	40s
计算接口开销的带宽参考值	100Mbit/s

1.8.4 配置 OSPF 基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)# ospf process-id [ vpn-instance NAME ]`	启动 OSPF 进程，进入 OSPF 视图 process-id 缺省值为 1 vpn-instance 表示 vpn 实例，若指定则此 OSPF 进程属于 VPN 实例，若未指定则属于公网实例。
3	`JX(config-ospf-1)#router-id ipv4-address`	配置 OSPF 进程的 ID 号，需要保证 router id 全网唯一，不配置的情况下，系统会从当前接口的 IP 地址中选择一个作为 router id。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
4	（1）在实例模式配置 JX(config-ospf-1)#**network** *network-address network-mask* **area** *area-id* （2）在接口下配置 JX (config-vlanif-1)# **ospf** *process-id* **area** *area-id*	接口使能 OSPF 并创建区域，有两种方式 （1）配置 OSPF 区域以及区域所包含的网段 接口的 IP 地址满足网段要求时，接口上便可正常运行 OSPF 协议。 （2）配置接口所运行的实例和区域。 两者配置矛盾时，以接口配置为主。
5	JX(config)# **interface** *interface-type interface-number*	进入接口模式，下面以 vlan 口 为例。
6	JX (config-vlanif-1)# **ospf if-type** { **broadcast** | **nbma** | **p2p** | **p2multip** }	配置接口的网络类型。（可选）
7	JX(config)# **ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图
8	JX(config-ospf-1)# **peer** *ipv4-address* **priority** *priority*	配置 NBMA 网络的邻居（可选）
9	JX(config-ospf-1)# **maximum load-balancing** *number*	配置 OSPF 最大等价路由条数（可选）
10	JX(config-ospf-1)# **rfc1583 compatible** { **enable** | **disable** }	配置兼容 RFC1583 的外部路由选择规则（可选）
11	JX(config-ospf-1)# **preference** *preference-value* { **route-policy** *NAME* }	配置 OSPF 域内路由和域间路由的优先级
12	JX(config-ospf-1)# **preference ase** *preference-value* { **route-policy** *NAME* }	配置 OSPF 外部路由的优先级

1.8.5 配置 OSPF STUB 区域

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图。
3	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **stub** [**no-summary-lsa**]	配置区域为 stub 区域，区域不能为骨干区域。 **no-summary** 表示禁止 ABR 向 Stub 区域内发送 Summary LSA。只有在 ABR 上配置 **stub** 命令时，可选参数 **no-summary** 才能对该区域起作用。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.8.6 配置 OSPF NSSA 区域

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图。
3	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **nssa** [**no-summary-lsa**]	配置区域为 stub 区域，区域不能为骨干区域。**no-summary** 表示禁止 ABR 向 nssa 区域内发送 Summary LSA。
4	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **nssa default-cost** *cost*	配置 ABR 发送到 NSSA 区域的 Type3 LSA 的缺省路由的开销(可选)。
5	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **nssa translator** { **always** | **candidate** }	candidate 状态时，NSSA 区域会根据规则自动选择一个 ABR 作为转换器，将 Type7 LSA 转换为 Type5 LSA。通过在 ABR 上配置 translator always，可以将某一个 ABR 指定为转换器。

1.8.7 配置 OSPF 引入外部路由

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图。
3	JX(config-ospf-1)#**import-route** { **connect** | **static** | **rip** | **bgp** | **isis** | **ospf** } [**cost** { **cost** | **inherit** }|**route-policy** *NAME*]*	引入其它协议的路由信息。 cost 参数为 OSPF 引入的外部路由的缺省度量值，inherit 表示引入路由的开销值为路由自带的 cost 值。 如果没有指定开销值，则使用 default route-attribute 命令设置的缺省开销值。route-policy 参数用于绑定路由策略，在路由引入时进行过滤。

1.8.8 配置 OSPF 路由聚合

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
2	JX(config)# **ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图。
3	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **abr-summary** {*dest-address/dest-masklen* | *dest-address/dest-mask*}	配置 OSPF 的 ABR 路由聚合
4	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **nssa summary** {*dest-address/dest-masklen* | *dest-address/dest-mask*}	配置在本路由器进行 type-7LSA 到 type-5LSA 转换时的汇聚功能。
5	JX(config-ospf-1)# **asbr-summary** *dest-address/dest-masklen*	配置 OSPF 的 ASBR 路由聚合。
6	JX(config-ospf-1)# **asbr-summary** { **connect** | **static** | **rip** | **bgp** | **isis** | **ospf** } *dest-address/dest-masklen*	配置 OSPF 针对某个协议引入的路由进行 ASBR 路由聚合
7	JX(config-ospf-1)# **asbr-summary** { **rip** | **isis** | **ospf** } *process-id dest-address/dest-masklen*	配置 OSPF 针对某个协议某个实例引入的路由进行 ASBR 路由聚合

1.8.9 配置 OSPF 虚连接

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospf** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPF 视图。
3	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address*	创建并配置虚连接。
4	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **hello-interval** *value*	配置虚连接的 hello 包发送间隔（可选）。
5	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **dead-interval** *value*	配置虚连接的邻居失效时间（可选）。
6	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **retransmit-interval** *value*	配置虚连接的 LSA 重传时间间隔（可选）。
7	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **transmit-delay** *value*	配置虚连接延迟发送 LSA 的时间间隔（可选）。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.8.10 配置 OSPF 认证功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **interface** *interface-type interface-number*	进入接口模式
3	JX (config-vlanif-1)# **ospf authentication md5** *key-id* { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 的接口认证，模式为 MD5 验证。
4	JX (config-vlanif-1)# **ospf authentication simple** { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 的接口认证，模式为简单验证。
5	JX(config)# **ospf** *process-id* { **vpn-instance** *NAME* }	进入 OSPF 视图。
6	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **authentication md5** *key-id* { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 的区域认证，模式为 MD5 验证。
7	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **authentication simple** { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 的区域认证，模式为简单验证。
8	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **authentication md5** *key-id* { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 虚连接报文认证，模式为 MD5 验证。
9	JX(config-ospf-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **authentication simple** { **cipher** | **plain** } *KEY*	配置 OSPF 虚连接报文认证，模式为简单验证。

1.8.11 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

步骤	配置	说明
1	JX#**show ospf interface**	查看 OSPF 接口。
2	JX# **show ospf process** *process-id*	查看 OSPF 实例。
3	JX# **show ospf area**	查看 OSPF 区域。
4	JX# **show ospf neighbor**	查看 OSPF 邻居，对端进行对应的配置之后，可以建立邻居。
5	JX# **show ospf route**	查看 OSPF 路由表。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

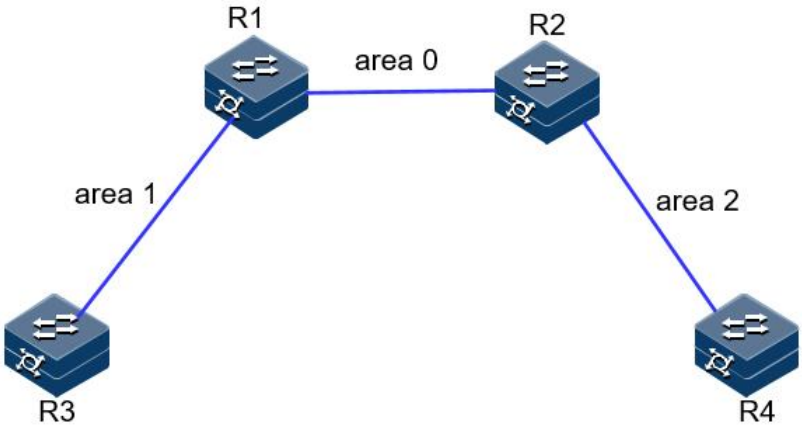
步骤	配置	说明
6	JX# **show ospf database**	查看 OSPF 数据库。
7	JX# **show ospf import-route**	查看 OSPF 引入的路由信息。
8	JX# **show ospf virtual-link**	查看 OSPF 虚连接信息。
9	JX#**show ospf interface** *interface-type interface-number*	查看接口的具体信息。
10	JX# **show ospf area area-id** *area-id*	查看区域的具体信息。
11	JX# **show ospf information**	查看 OSPF 的全局信息。

1.8.12 配置 OSPF 基本功能示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPF，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 Router 1 和 router 2 为 ABR 来转发区域之间的路由。配置完成后，每台 router 都应学到自治系统内的到所有网段的路由。

图 1-26 OSPF 基本配置组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

R1 的两个接口地址：1.1.1.1/24 和 3.1.1.1/24

R2 的两个接口地址：1.1.1.2/24 和 4.1.1.2/24

R3 的一个接口地址：3.1.1.3/24

R4 的一个接口地址：4.1.1.4/24

步骤 2 配置 OSPF。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R1(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R1(config-ospf-1)#
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R2(config-ospf-1)#network 4.1.1.0 255.255.255.0 area 2
JX-R2(config-ospf-1)#
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
JX-R3(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R3(config-ospf-1)#
```

R4：

```
JX-R4#configure
JX-R4(config)#ospf 1
JX-R4(config-ospf-1)#router-id 4.4.4.4
JX-R4(config-ospf-1)#network 4.1.1.0 255.255.255.0 area 2
JX-R4(config-ospf-1)#
```

步骤 3 验证配置结果。

使用 **show ospf neighbor** 查看邻居建立结果：

R1:

```
JX-R1(config)#show ospf neighbor

 OSPF Process 1
 IpAddress  NeighborID  Priority  State   Aging   UpTime
Interface
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1.1.1.2    2.2.2.2      1     full       38     0:00:32
vlan-10
 3.1.1.3    3.3.3.3      1     full       35     0:05:04
vlan-13
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
  Down:0   Attempt:0  Init:0   TwoWay:0   ExchangeStart:0
Exchange:0
  Loading:0    Full:2
```

R2：

```
JX-R2(config)#show ospf neighbor
OSPF Process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 IpAddress  NeighborID  Priority  State   Aging    UpTime
Interface
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1.1.1.1     1.1.1.1      1      full     39    0:01:41
vlan-10
 4.1.1.4     4.4.4.4      1      full     39    0:01:40
vlan-24
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
Down:0   Attempt:0  Init:0   TwoWay:0   ExchangeStart:0
Exchange:0
Loading:0   Full:2
```

通过 **show ospf database** 查看数据库

```
JX-R1(config)#show ospf database
Database of OSPF Process 1

                    Router LSA (area 0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.1         1.1.1.1         291     0x80000002   0xe05f
36
 2.2.2.2         2.2.2.2         292     0x80000002   0xa294
36

                    Network LSA (area 0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.2         2.2.2.2         292     0x80000001   0x83bd
32

                    SummaryNetwork LSA (area 0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 3.1.1.0         1.1.1.1         563     0x80000002   0x173b
28
 4.1.1.0         2.2.2.2         291     0x80000002   0xeb61
28

                    Router LSA (area 1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.1         1.1.1.1         563     0x80000002   0xfa42
36
 3.3.3.3         3.3.3.3         563     0x80000002   0x7bb0
36

                    Network LSA (area 1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 3.1.1.1         1.1.1.1         563     0x80000001   0xd36c
32
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
                    SummaryNetwork LSA (area 1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.0         1.1.1.1         292     0x80000002   0x3123
28
 4.1.1.0         1.1.1.1         290     0x80000001   0x163b
28
```

通过 **show ospf route** 查看路由表

```
JX-R1(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix           PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      2.2.2.2/32        INTRA    1      0         1.1.1.2
0.0.0.0         0      0:06:38
 Network   1.1.1.0/24        INTRA    1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:06:40
 Network   3.1.1.0/24        INTRA    1      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:11:12
 Network   4.1.1.0/24        INTER    2      0         1.1.1.2
0.0.0.0         N/A    0:06:38
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1       0        3        2        1        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1       0        3       2       1        0
```

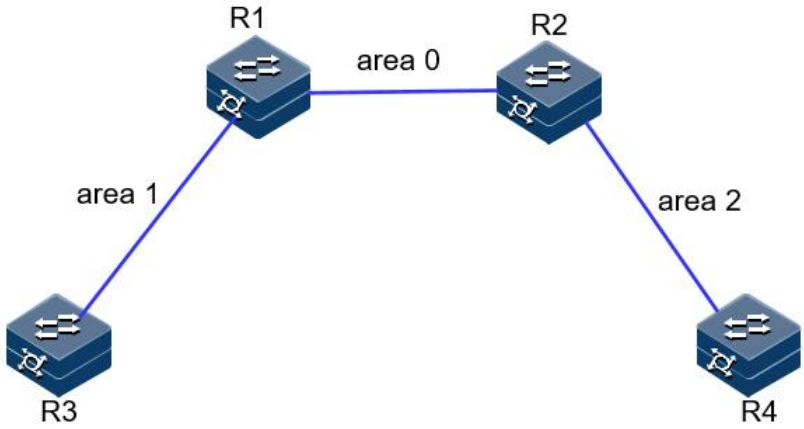
1.8.13 配置 OSPF STUB 区域示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPF，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 R1 和 R2 为 ABR 来转发区域之间的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-27 OSPF STUB 区域示例组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPF 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 stub 区域。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#area 1 stub
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#area 1 stub
```

步骤 3 配置 R4 引入 100.1.1.1 的五类 LSA

```
JX-R4(config)#ip route-static 100.1.1.1 255.255.255.255 4.1.1.5
JX-R4(config)#ospf 1
JX-R4(config-ospf-1)#import-route static
```

步骤 4 验证配置结果

当 R3 所在区域为普通区域时，可以看到路由表中存在 AS 外部的路由。

```
JX-R3(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop     AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA     1       0          3.1.1.1
0.0.0.0          1       0:00:05
 ASBR     4.4.4.4/32         INTER     3       0          3.1.1.1
0.0.0.0          0       0:00:00
 Network  1.1.1.0/24         INTER     2       0          3.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:00:05
 Network  3.1.1.0/24         INTRA     1       0          3.1.1.3
0.0.0.0          N/A     0:00:07
 Network  4.1.1.0/24         INTER     3       0          3.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:00:05
 Network  100.1.1.1/32       ASE2      3       1
3.1.1.1          0.0.0.0          N/A     0:00:05
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        1        4         1        2        1

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        1        4         1        2        1
```

当 R3 所在区域配置为 Stub 区域时，已经看不到 AS 外部的路由，取而代之的是

一条通往区域外部的缺省路由。

```
JX-R3(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA    1      0         3.1.1.1
0.0.0.0         1      0:00:07
 Network   0.0.0.0/0          INTER    2      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:00:07
 Network   1.1.1.0/24         INTER    2      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:00:07
 Network   3.1.1.0/24         INTRA    1      0         3.1.1.3
0.0.0.0         N/A    0:00:12
 Network   4.1.1.0/24         INTER    3      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:00:07
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        4         1        3        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        4         1        3        0
```

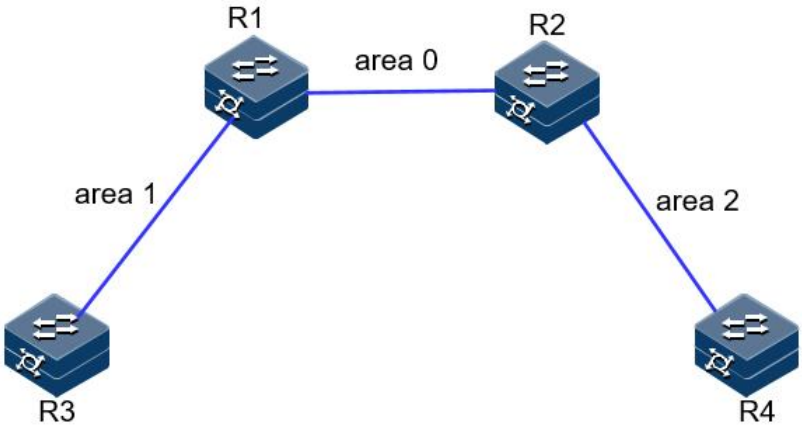
1.8.14 配置 OSPF NSSA 区域示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPF，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 R1 和 R2 为 ABR 来转发区域之间的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-28 OSPF NSSA 区域示例组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPF 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 NSSA 区域。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#area 1 nssa
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#area 1 nssa
```

步骤 3 配置 R4 引入 100.1.1.1 的五类 LSA

```
JX-R4(config)#ip route-static 100.1.1.1 255.255.255.255 4.1.1.5
JX-R4(config)#ospf 1
JX-R4(config-ospf-1)#import-route static
```

步骤 4 验证配置结果

nssa 区域的数据库比正常区域的数据库多一个缺省 NSSA 类型 LSA，R3 上没有 100.1.1.1 的外部 LSA

```
JX-R3(config)#show ospf database
Database of OSPF Process 1

                    Router LSA (area 1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.1         1.1.1.1         1763    0x8000001b   0x6aad
36
 3.3.3.3         3.3.3.3         1762    0x8000001b   0xe424
36

                    Network LSA (area 1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 3.1.1.3          3.3.3.3          1762     0x8000001a   0xb85c
32

                    SummaryNetwork LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.0          1.1.1.1          6        0x8000001b   0x86ac
28
 4.1.1.0          1.1.1.1          6        0x8000001b   0x69c5
28

                    NSSA LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0          1.1.1.1          6        0x8000001b   0x9c17
36
```

步骤 5 配置 R3 引入 200.1.1.0 的静态路由

```
JX-R3(config)#ip route-static 200.1.1.0 255.255.255.0 3.1.1.1
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#import-route static
```

步骤 6 验证配置结果

R3 上存在 200.1.1.0 的五类 LSA 和 NSSA LSA

```
JX-R3(config)#show ospf database
Database of OSPF Process 1

                    Router LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.1          1.1.1.1          286      0x8000001c   0x68ae
36
 3.3.3.3          3.3.3.3          194      0x8000001d   0xe61e
36

                    Network LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 3.1.1.3          3.3.3.3          286      0x8000001b   0xb65d
32

                    SummaryNetwork LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.0          1.1.1.1          330      0x8000001b   0x86ac
28
 4.1.1.0          1.1.1.1          330      0x8000001b   0x69c5
28

                    NSSA LSA (area 1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0          1.1.1.1          330      0x8000001b   0x9c17
36
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 200.1.1.0        3.3.3.3          0       0x80000001   0x1bd1
36

                     ASExternal LSA
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 200.1.1.0        3.3.3.3          0       0x80000001   0x9163
36
```

查看 R4 的路由表和数据库，存在 200.1.1.0 路由和 LSA。

```
JX-R4(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop     AreaId  Time
 ABR      2.2.2.2/32         INTRA     1       0          4.1.1.2
0.0.0.0          2      0:03:46
 ASBR     1.1.1.1/32         INTER     2       0          4.1.1.2
0.0.0.0          0      0:00:00
 ASBR     3.3.3.3/32         INTER     3       0          4.1.1.2
0.0.0.0          0      0:00:00
 Network   1.1.1.0/24         INTER     2       0          4.1.1.2
0.0.0.0          N/A     13:59:11
 Network   3.1.1.0/24         INTER     3       0          4.1.1.2
0.0.0.0          N/A     13:59:11
 Network   4.1.1.0/24         INTRA     1       0          4.1.1.4
0.0.0.0          N/A     13:59:13
 Network   200.1.1.0/24       ASE2      3       1
4.1.1.2          0.0.0.0          N/A     0:03:46
 Route :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 1        2         4         1         2         1

 Path :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 1        2         4         1         2         1

JX-R4(config)#show ospf database
Database of OSPF Process 1

                     Router LSA (area 2)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 2.2.2.2          2.2.2.2          1782     0x8000001d   0xb65d
36
 4.4.4.4          4.4.4.4          1403     0x8000001e   0x3bc4
36

                     Network LSA (area 2)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 4.1.1.4          4.4.4.4          1782     0x8000001c   0x4cc0
32

                     SummaryNetwork LSA (area 2)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 1.1.1.0         2.2.2.2         1783     0x8000001e   0xda59
28
 3.1.1.0         2.2.2.2         1781     0x8000001c   0xce64
28

                    SummaryASBR LSA (area 2)
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.1         2.2.2.2         589      0x8000001b   0xc86c
28
 3.3.3.3         2.2.2.2         454      0x80000001   0xaa9b
28

                    ASExternal LSA
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 100.1.1.1        4.4.4.4         1400     0x8000001b   0x91a3
36
 200.1.1.0        1.1.1.1         262      0x80000001   0xcd2f
36
```

1.8.15 配置 OSPF 引入外部路由示例

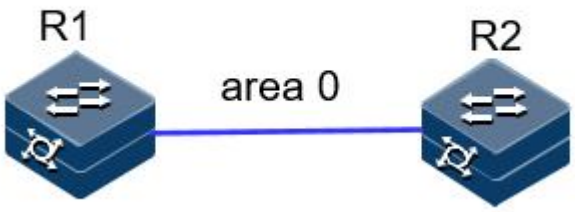
组网需求

如下图所示， 2 个 router 都运行 OSPF，并将有个都配置为区域 0。假定 R1 需要向 OSPF 导入外部路由，R1 存在静态路由 100.1.1.0/24，本地路由 200.1.1.1/32 但是对外部路由有如下要求：

- 接受所有直连路由，并采用默认配置；
- 接收所有静态路由，并为路由配置开销 2000；

配置完成后，每台设备都应学到自治系统内的到所有网段的路由。。

图 1-29 OSPF 引入外部路由组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

R1 的一个接口地址：1.1.1.1/24

R2 的一个接口地址：1.1.1.2/24

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤 2 配置 OSPF。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R1(config-ospf-1)#
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R2(config-ospf-1)#
```

步骤 3 配置重分配。

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#import-route connect
JX-R1(config-ospf-1)#import-route static cost 2000
```

步骤 4 检查配置结果。

```
JX-R1(config)#show ospf import-route
  Import Route of OSPF(1)
 dest              mask              nexthop           cost
proto   pid
 1.1.1.0           255.255.255.0      1.1.1.1           1
connect 0
 100.1.1.0         255.255.255.0      1.1.1.3           60
static  0
 200.1.1.1         255.255.255.255    200.1.1.1         1
connect 0
JX-R1(config)#show ospf database ls-type as-external-lsa
Database of OSPF Process 1

                     ASExternal LSA
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 1.1.1.0          1.1.1.1          324      0x80000001   0xdce9
36
 100.1.1.0        1.1.1.1          21       0x80000001   0x4a40
36
 200.1.1.1        1.1.1.1          285      0x80000001   0x7b86
36
```

在 R2 查看路由表：

```
JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop     AreaId  Time
 ASBR      1.1.1.1/32         INTRA     1       0          1.1.1.1
0.0.0.0          0       0:00:38
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1       0          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     0:09:33
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 Network   100.1.1.0/24       ASE2      1       2000
1.1.1.3          0.0.0.0          N/A     0:00:38
 Network   200.1.1.1/32       ASE2      1       1
1.1.1.1          0.0.0.0          N/A     0:05:02
 Route :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 0        1         3         1         0         2

 Path :
 ABR      ASBR      Network   Intra     Inter     External
 0        1         3         1         0         2
```

1.8.16 配置 OSPF 路由聚合示例

组网需求

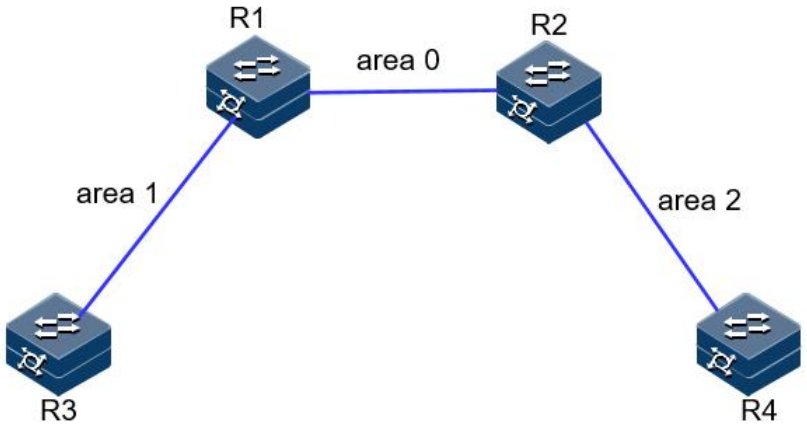
如下图所示，网络要求：区域 2 中存 10.1.1.1/32,10.1.2.1/32,20.1.1.1/32,20.1.2.1/32 的区域内路由，希望将 10.1.1.1/32 和 10.1.2.1/32 聚合为 10.1.0.0/16 通告；而希望 20.1.1.1/32 和 20.1.2.1/32 不导入其他区域。

R4 具有 30.1.1.1/32 和 30.1.2.1/32 的外部路由，希望将此路由通告给其他区域。

区域 1 的设备能力较差，不能接受大量外部路由，但是 R3 具有 40.1.1.1/32 和 40.1.1.2/32 的外部路由，希望将此路由通告给其他区域。

根据上述要求，我们可以为区域 2 配置聚合条目和过滤条目，为区域 1 配置 NSSA 属性。

图 1-30 OSPF 路由聚合组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPF 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 nssa 区域。

R1：

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#area 1 nssa

R3:
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#area 1 nssa
```

步骤 3 查看聚合前的路由条目和数据库。

```
JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:02:22
 ASBR     1.1.1.1/32         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:02:22
 ASBR     3.3.3.3/32         INTER     2      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:02:22
 ASBR     4.4.4.4/32         INTRA     1      0          4.1.1.4
0.0.0.0          0      0:00:00
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1      0          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     14:59:45
 Network   3.1.1.0/24         INTER     2      0          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     14:59:44
 Network   4.1.1.0/24         INTRA     1      0          4.1.1.2
0.0.0.0          N/A     14:59:44
 Network   10.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:05:20
 Network   10.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:05:15
 Network   20.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:05:07
 Network   20.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:05:06
 Network   30.1.1.1/32        ASE2      1      1          4.1.1.3
0.0.0.0          N/A     0:04:07
 Network   30.1.2.1/32        ASE2      1      1          4.1.1.3
0.0.0.0          N/A     0:04:03
 Network   40.1.1.1/32        ASE2      2      1          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:02:24
 Network   40.1.1.2/32        ASE2      2      1          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:02:22
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        3        11        6        1        4

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        3        11        6        1        4
```

步骤 4 在 R2 配置 ABR 聚合，将 10.1.1.1/32 和 10.1.2.1/32 聚合为 10.1.0.0/16 通告，20.1.1.1/32 和 20.1.2.1/32 汇聚之后不通告。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#area 2 abr-summary 10.1.0.0/16 advertise
JX-R2(config-ospf-1)#area 2 abr-summary 20.1.0.0/16
no-advertise
```

步骤 5 验证配置结果

R1 的路由表中仅存在聚合后的 10.1.0.0/16，无 10.1.1.1/32、10.1.2.1/32、20.1.1.1/32 和 20.1.2.1/32。

```
JX-R1(config)#show ospf route
OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      2.2.2.2/32         INTRA     1      0          1.1.1.2
0.0.0.0          0      0:00:11
 ASBR     4.4.4.4/32         INTER     2      0          1.1.1.2
0.0.0.0          0      0:00:11
 ASBR     3.3.3.3/32         INTRA     1      0          3.1.1.3
0.0.0.0          0      0:00:00
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     15:09:50
 Network   3.1.1.0/24         INTRA     1      0          3.1.1.1
0.0.0.0          N/A     14:19:11
 Network   4.1.1.0/24         INTER     2      0          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     15:09:48
 Network   10.1.0.0/16        INTER     3      0
1.1.1.2          0.0.0.0          N/A     0:06:36
 Network   30.1.1.1/32        ASE2      2      1          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     0:14:12
 Network   30.1.2.1/32        ASE2      2      1          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     0:14:08
 Network   40.1.1.1/32        ASE2      1      1          3.1.1.2
0.0.0.0          N/A     0:00:14
 Network   40.1.1.2/32        ASE2      1      1          3.1.1.2
0.0.0.0          N/A     0:00:11
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        2        8         2        2        4

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        2        8         2        2        4
```

步骤 6 在 R4 上配置 asbr 聚合，将 30.1.1.1/32 和 30.1.2.1/32 聚合为 30.1.0.0/16

```
JX-R4#configure
JX-R4(config)#ospf 1
JX-R4(config-ospf-1)#asbr-summary 30.1.0.0/16
```

步骤 7 验证配置结果

查看 R2 路由表和数据库，聚合成功

```
JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:01:33
 ASBR     1.1.1.1/32         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:01:33
 ASBR     3.3.3.3/32         INTER     2      0          1.1.1.1
0.0.0.0          0      0:01:33
 ASBR     4.4.4.4/32         INTRA     1      0          4.1.1.4
0.0.0.0          0      0:00:00
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1      0          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A     15:14:02
 Network   3.1.1.0/24         INTER     2      0          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     15:14:01
 Network   4.1.1.0/24         INTRA     1      0          4.1.1.2
0.0.0.0          N/A     15:14:01
 Network   10.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:19:37
 Network   10.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:19:32
 Network   20.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:19:24
 Network   20.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4          0.0.0.0          N/A     0:19:23
 Network   30.1.0.0/16        ASE2      1      1          4.1.1.4
0.0.0.0          N/A     0:01:34
 Network   40.1.1.1/32        ASE2      2      1          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:04:26
 Network   40.1.1.2/32        ASE2      2      1          1.1.1.1
0.0.0.0          N/A     0:04:23
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 1        3        10        6         1         3

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 1        3        10        6         1         3

JX-R2(config)#show ospf database ls-type as-external-lsa
Database of OSPF Process 1

                    ASExternal LSA
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 30.1.0.0         4.4.4.4          110      0x80000001   0xe0c1
36
 40.1.1.1         1.1.1.1          283      0x80000001   0xf9a1
36
 40.1.1.2         1.1.1.1          279      0x80000001   0xefaa
36
```

步骤 8 在 R1 上配置 nssa 聚合，将 R3 产生的 NSSA LSA 转换时进行聚合。

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#area 1 nssa summary 40.1.1.0/24 advertise
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤 9 检查配置结果

R1 生成的 external-lsa 进行了聚合

```
JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA     1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         0      0:00:54
 ASBR     1.1.1.1/32         INTRA     1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         0      0:00:54
 ASBR     3.3.3.3/32         INTER     2      0         1.1.1.1
0.0.0.0         0      0:00:54
 ASBR     4.4.4.4/32         INTRA     1      0         4.1.1.4
0.0.0.0         0      0:00:00
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1      0         1.1.1.2
0.0.0.0         N/A     15:18:01
 Network   3.1.1.0/24         INTER     2      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A     15:18:00
 Network   4.1.1.0/24         INTRA     1      0         4.1.1.2
0.0.0.0         N/A     15:18:00
 Network   10.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4         0.0.0.0         N/A     0:23:36
 Network   10.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4         0.0.0.0         N/A     0:23:31
 Network   20.1.1.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4         0.0.0.0         N/A     0:23:23
 Network   20.1.2.1/32        INTRA     2      0
4.1.1.4         0.0.0.0         N/A     0:23:22
 Network   30.1.0.0/16        ASE2      1      1         4.1.1.4
0.0.0.0         N/A     0:05:33
 Network   40.1.1.0/24        ASE2      1      2         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A     0:00:54
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 1        3        9         6         1         2

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 1        3        9         6         1         2
JX-R2(config)#show ospf database ls-type as-external-lsa
Database of OSPF Process 1

                    ASExternal LSA
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 30.1.0.0         4.4.4.4          337      0x80000001   0xe0c1
36
 40.1.1.0         1.1.1.1          58       0x80000001   0xb7ea
36
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

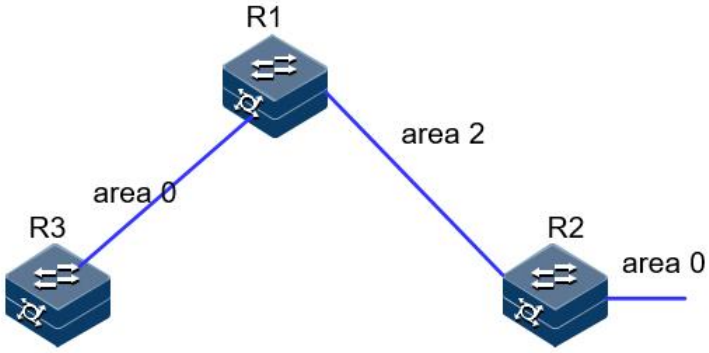
1.8.17 配置 OSPF 虚连接示例

组网需求

在划分 OSPF 区域之后，非骨干区域之间的 OSPF 路由更新是通过骨干区域来交换完成的。因此，OSPF 要求所有非骨干区域必须与骨干区域保持连通，并且骨干区域之间也要保持连通。但在实际应用中，因为各方面条件的限制，可能无法满足这个要求，这时可以通过配置 OSPF 虚连接解决。

如下图所示，R3 位于区域 0；R1 连接区域 0 和区域 2，而 R2 连接区域 0 和区域 2，此时区域 0 被分割，区域 0 内无法学习到区域 2 的内部路由；区域 2 也无法学习到区域 0 的内部路由和其他区域的路由。此时需要在 R1 和 R4 间配置虚链路，连接 0 域。

图 1-31 配置 OSPF 虚连接的组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

R1 的两个接口地址：1.1.1.1/24 和 3.1.1.1/24

R2 的一个接口地址：1.1.1.2/24 和一个环回口地址 2.2.2.2/32

R3 的一个接口地址：3.1.1.3/24 和一个环回口地址 3.3.3.3/32

步骤 2 配置 OSPF。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 2
JX-R1(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R1(config-ospf-1)#
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 2
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R2(config-ospf-1)#network 2.2.2.2 255.255.255.255 area 0
JX-R2(config-ospf-1)#
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
JX-R3(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-R3(config-ospf-1)#network 3.3.3.3 255.255.255.255 area 0
JX-R3(config-ospf-1)#
```

步骤 3 检查配置结果。

```
JX-R1#show ospf neighbor

 OSPF Process 1
 IpAddress         NeighborID        Priority  State
Aging   UpTime        Interface
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1.1.1.2           2.2.2.2           1        full          37
0:06:10       vlan-10
 3.1.1.3           3.3.3.3           1        full          30
0:04:57       vlan-13
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2
```

R2 上无法学习到 3.3.3.3 的路由，R1、R3 也无法学习到 2.2.2.2 的路由

```
JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32         INTRA     1      0          1.1.1.1
0.0.0.0          2      0:07:41
 Network   1.1.1.0/24         INTRA     1      0          1.1.1.2
0.0.0.0          N/A    0:09:38
 Network   2.2.2.2/32         INTRA     1      0          2.2.2.2
0.0.0.0          N/A    0:09:20
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        2         2        0        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        2         2        0        0

JX-R1#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      2.2.2.2/32         INTRA     1      0          1.1.1.2
0.0.0.0          2      0:08:38
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 Network   1.1.1.0/24        INTRA    1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:09:55
 Network   3.1.1.0/24        INTRA    1      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:08:42
 Network   3.3.3.3/32        INTRA    2      0         3.1.1.3
0.0.0.0         N/A    0:08:38
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        3         3        0        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        3         3        0        0
```

步骤 4 配置虚连接。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

步骤 5 检查配置结果。

虚连接邻居正常建立

```
JX-R1(config)#show ospf virtual-link
 OSPF Process 1
 Area Id                  :2
 Enable Status             :Enable
 State                    :pointToPoint
 Event Change              :3
 Hello Interval            :10
 Retransmit Interval        :5
 Transmit Delay            :1
 Dead Interval             :40
 Auth Type                :0(None)
 Neighbor Address          :1.1.1.2
 Neighbor Router Id        :2.2.2.2
 Neighbor State            :full
 Neighbor Event Count       :5
 Neighbor Retransmit Queue Length:0
 Neighbor Options          :0x2
```

路由表学习正常

```
JX-R1(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      2.2.2.2/32         INTRA    1      0         1.1.1.2
0.0.0.0         2      0:01:45
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 Network   1.1.1.0/24        INTRA    1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:13:44
 Network   2.2.2.2/32        INTRA    2      0         1.1.1.2
0.0.0.0         N/A    0:01:45
 Network   3.1.1.0/24        INTRA    1      0         3.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:12:31
 Network   3.3.3.3/32        INTRA    2      0         3.1.1.3
0.0.0.0         N/A    0:12:27
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 2        0        4         4        0        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        4         4        0        0

JX-R2(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop         BackupNextHop    AreaId  Time
 ABR      1.1.1.1/32        INTRA    1      0         1.1.1.1
0.0.0.0         2      0:02:23
 Network   1.1.1.0/24        INTRA    1      0         1.1.1.2
0.0.0.0         N/A    0:14:58
 Network   2.2.2.2/32        INTRA    1      0         2.2.2.2
0.0.0.0         N/A    0:14:40
 Network   3.1.1.0/24        INTRA    2      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:02:23
 Network   3.3.3.3/32        INTRA    3      0         1.1.1.1
0.0.0.0         N/A    0:02:23
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 2        0        4         4        0        0

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 1        0        4         4        0        0
```

1.8.18 配置 OSPF 认证示例

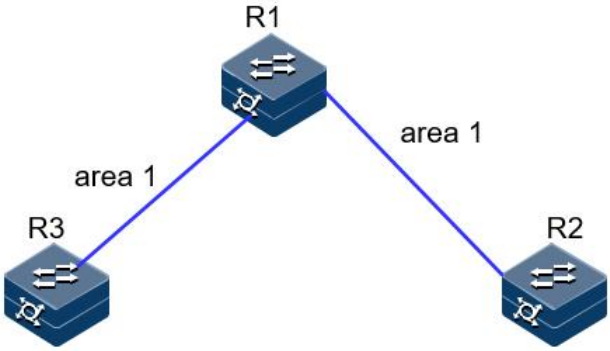
组网需求

如下图所示，R1，R2,R3 均位于区域 0；R2 和 R3 之间建立虚连接，配置要求：

- R1 与 R2 间采用简单密码认证，密码为 test。
- R2 与 R3 建立虚链路，采用 MD5 认证，密码为 aaa,ID 为 100。
- R1 与 R3 采用 MD5 认证，密码为 ccc，ID 为 110。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-32 配置 OSPF 虚连接的组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

- R1 的两个接口地址：1.1.1.1/24 和 3.1.1.1/24
- R2 的一个接口地址：1.1.1.2/24
- R3 的一个接口地址：3.1.1.3/24

步骤 2 配置 OSPF。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospf 1
JX-R1(config-ospf-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R1(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R1(config-ospf-1)#
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospf-1)#network 1.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R2(config-ospf-1)#area 1 virtual-link 3.3.3.3
JX-R2(config-ospf-1)#
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#router-id 3.3.3.3
JX-R3(config-ospf-1)#network 3.1.1.0 255.255.255.0 area 1
JX-R3(config-ospf-1)#area 1 virtual-link 2.2.2.2
JX-R3(config-ospf-1)#
```

步骤 3 检查配置结果。

```
JX-R1#show ospf neighbor
 OSPF Process 1
 IpAddress          NeighborID         Priority  State
Aging   UpTime        Interface
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1.1.1.2          2.2.2.2          1       full          36
0:00:14      vlan-12
 3.1.1.3          3.3.3.3          1       full          38
0:01:12      vlan-13
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2

 JX-R2(config)#show ospf virtual-link
 OSPF Process 1
 Area Id                  :1
 Enable Status             :Enable
 State                    :pointToPoint
 Event Change              :3
 Hello Interval            :10
 Retransmit Interval        :5
 Transmit Delay            :1
 Dead Interval             :40
 Auth Type                :0(None)
 Neighbor Address          :3.1.1.3
 Neighbor Router Id        :3.3.3.3
 Neighbor State            :full
 Neighbor Event Count       :5
 Neighbor Retransmit Queue Length:0
 Neighbor Options          :0x2
```

步骤 4 配置认证，R1R2 和 R1R3 之间的认证进入接口配置。

R1：

```
JX-R1(config)#interface vlan 12
JX-R1(config-vlanif-12)#ospf authentication simple plain test
JX-R1(config-vlanif-12)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 13
JX-R1(config-vlanif-13)#ospf authentication md5 110 plain ccc
JX-R1(config-vlanif-13)#exit
```

R2：

```
JX-R2(config)#interface vlan 12
JX-R2(config-vlanif-12)#ospf authentication simple plain test
JX-R2(config-vlanif-12)#exit
JX-R2(config)#ospf 1
JX-R2(config-ospf-1)#area 1 virtual-link 3.3.3.3 authentication
md5 100 plain aaa
```

R3：

```
JX-R3(config)#interface vlan 13
JX-R3(config-vlanif-13)#ospf authentication md5 110 plain ccc
JX-R3(config-vlanif-13)#exit
JX-R3(config)#ospf 1
JX-R3(config-ospf-1)#area 1 virtual-link 2.2.2.2 authentication
md5 100 plain aaa
```

步骤 5 检查配置结果。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

邻居正常建立

```
JX-R1(config)#show ospf neighbor

 OSPF Process 1
 IpAddress         NeighborID        Priority  State
Aging   UpTime       Interface
-------------------------------------------------------------
--------------------------------------
 1.1.1.2           2.2.2.2           1        full          39
0:00:02       vlan-12
 3.1.1.3           3.3.3.3           1        full          39
0:00:12       vlan-13
-------------------------------------------------------------
--------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2

JX-R2(config)#show ospf virtual-link
 OSPF Process 1
 Area Id                  :1
 Enable Status             :Enable
 State                    :pointToPoint
 Event Change              :15
 Hello Interval            :10
 Retransmit Interval        :5
 Transmit Delay            :1
 Dead Interval             :40
 Auth Type                :2(MD5 Key)
 MD5 Key ID               :100
 MD5 Key                  :aaa
 Neighbor Address          :3.1.1.3
 Neighbor Router Id        :3.3.3.3
 Neighbor State            :full
 Neighbor Event Count       :5
 Neighbor Retransmit Queue Length:0
 Neighbor Options          :0x2
```

1.9 OSPFV3

1.9.1 简介

功能

OSPFv3 是运行于 IPv6 的 OSPF 路由协议（RFC2740），它在 OSPFv2 基础上进行了增强，是一个独立的路由协议。OSPFv3 在 Hello 报文、状态机、LSDB、洪泛机制和路由计算等方面的工作原理和 OSPFv2 保持一致。OSPFv3 协议把自治系统划分成逻辑意义上的一个或多个区域，通过 LSA（Link State Advertisement）的形式发布路由。OSPFv3 依靠在 OSPFv3 区域内各设备间交互 OSPFv3 报文来达到路由信息的统一。OSPFv3 报文封装在 IPv6 报文内，可以采用单播和组播的形式发送。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPFV3 和 OSPFV2 的比较

OSPFv3 基于链路，而不是网段。IPv6 是基于链路而不是网段的。这样，在配置 OSPFv3 时，不需要考虑是否配置在同一网段，只要在同一链路，就可以不配置 IPv6 全局地址而直接建立联系。

OSPFv3 上移除了 IP 地址的意义。这样做的目的是为了使“拓扑与地址分离。OSPFv3 可以不依赖 IPv6 全局地址的配置来计算出 OSPFv3 的拓扑结构。

OSPFv3 的报文及 LSA 格式发生改变。OSPFv3 报文不包含 IP 地址；OSPFv3 的 Router LSA 和 Network LSA 里不包含 IP 地址。IP 地址部分由新增的两类 LSA（Link LSA 和 Intra Area Prefix LSA）宣告。

OSPFv3 利用 IPv6 链路本地地址，IPv6 使用链路本地（Link-local）地址在同一链路上发现邻居及自动配置等。OSPFv3 是运行在 IPv6 上的路由协议，同样使用链路本地地址来维持邻居，同步 LSA 数据库。

OSPFv3 移除所有认证字段，OSPFv3 的认证直接使用 IPv6 的认证及安全处理，不再需要其自身来完成认证，使用协议时只需关注协议本身即可。

新增两种 LSA, Link LSA：用于路由器宣告各个链路上对应的链路本地地址及其所配置的 IPv6 全局地址，仅在链路内洪泛。Intra Area Prefix LSA：用于向其他宣告本路由器或本网络（广播网及 NBMA）的 IPv6 全局地址信息，在区域内洪泛。

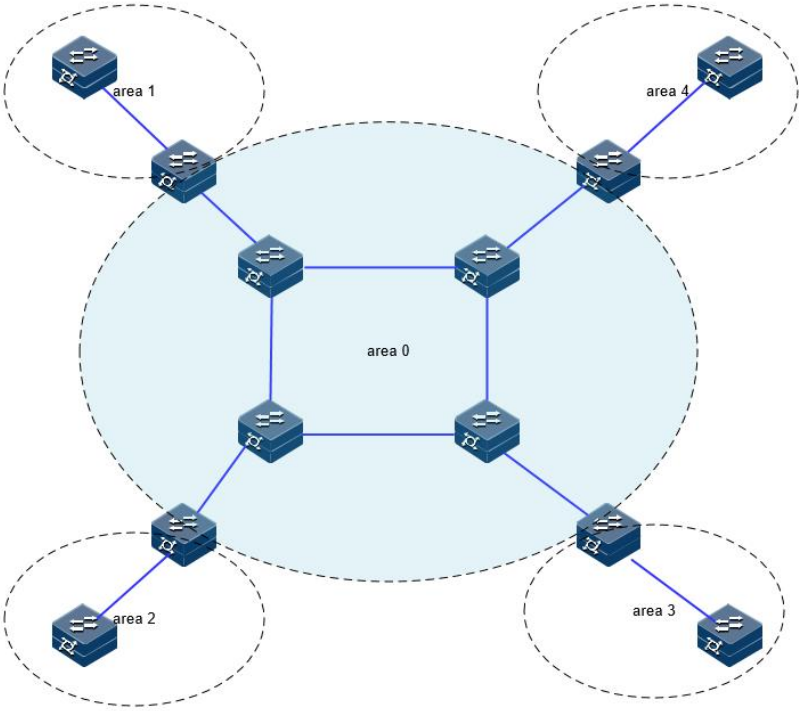
OSPFV3 区域划分

随着网络规模日益扩大，当一个大型网络中的设备都运行 OSPFv3 路由协议时，设备数量的增多会导致链路状态数据库 LSDB（Link-State Database）非常庞大，占用大量的存储空间，并使得运行 SPF 算法的复杂度增加，导致设备负担很重。在网络规模增大之后，拓扑结构发生变化的概率也增大，网络会经常处于“动荡”之中，造成网络中会有大量的 OSPFV3 协议报文在传递，降低了网络的带宽利用率。更为严重的是，每一次变化都会导致网络中所有的设备重新进行路由计算。

为了解决上述问题，OSPFv3 协议将自治系统划分成不同的区域（Area）。区域是从逻辑上将路由器划分为不同的组，每个组用区域号（Area ID）来标识。区域的边界是路由器，而不是链路。一个网段（链路）只能属于一个区域，或者说每个运行 OSPFv3 的接口必须指明属于哪一个区域。

图 1-33 OSPFV3 区域划分

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司



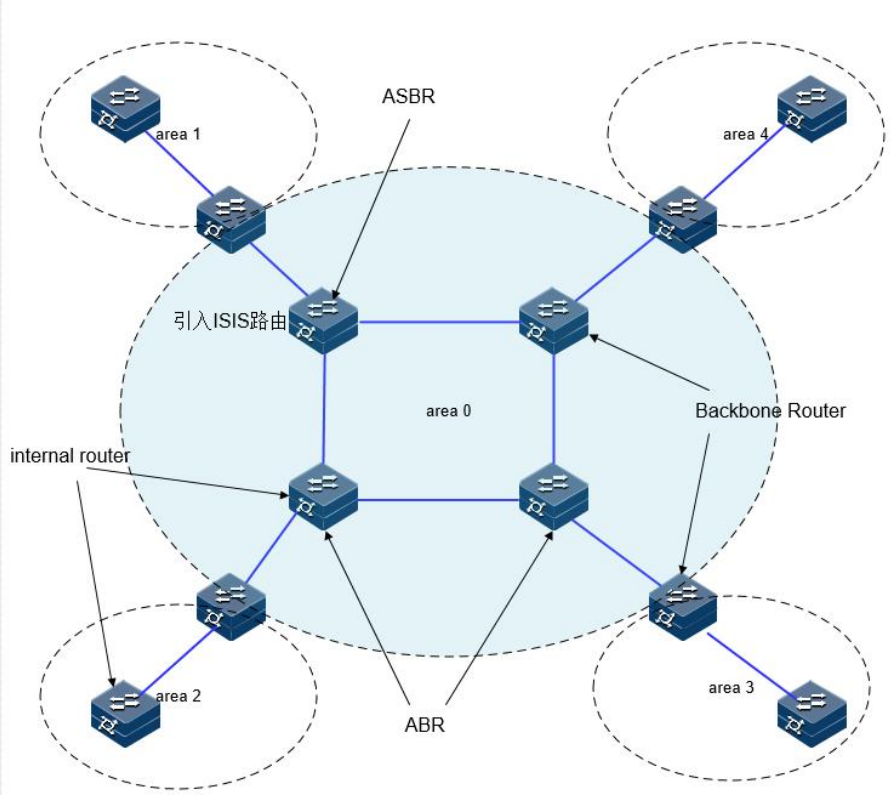
划分区域后，可以在区域边界路由器上进行路由聚合，减少通告到其他区域的 LSA 数量。另外，划分区域还可以使网络拓扑变化造成的影响最小化。

OSPFV3 的区域类型包括普通区域、Stub 区域、NSSA 区域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPFV3 路由器类型

图 1-34 OSPFV3 路由器类型示例



区域内路由器（Internal Router）：该类设备的所有接口都属于同一个 OSPFV3 区域。

区域边界路由器 ABR（Area Border Router）：该类设备可以同时属于两个以上的区域，但其中一个必须是骨干区域。ABR 用来连接骨干区域和非骨干区域，它与骨干区域之间既可以是物理连接，也可以是逻辑上的连接。

骨干路由器（Backbone Router）：该类设备至少有一个接口属于骨干区域。所有的 ABR 和位于 Area0 的内部设备都是骨干路由器。

自治系统边界路由器 ASBR（AS Boundary Router）：与其他 AS 交换路由信息的设备称为 ASBR。ASBR 并不一定位于 AS 的边界，它可能是区域内设备，也可能是 ABR。只要一台 OSPFV3 设备引入了外部路由的信息，它就成为 ASBR。

OSPFV3 协议报文

OSPFV3 有以下五种类型的协议报文：

- Hello 报文：周期性发送，用于发现和维持 OSPFV3 邻居关系。
- DD（Database Description Packet）报文：描述本地 LSDB 的摘要信息，用于两台路由器开始建立邻接时进行数据库同步。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- LSR 报文（Link State Request Packet）：向对方请求所需的 LSA。
- LSU 报文（Link State Update Packet）：向对方发送其所需要的 LSA。
- LSAck 报文（Link State Acknowledgment Packet）：用来对收到的 LSA 进行确认。

OSPFV3 LSA 类型

OSPFV3 中对路由信息的描述都是封装在 LSA 中发布出去，常用的 LSA 有以下类型：

- Router LSA（Type1）：每个路由器都会产生，描述了路由器的链路状态和开销，在所属的区域内传播。
- Network LSA（Type2）：由 DR 产生，描述本链路的链路状态，在所属的区域内传播。
- Inter-Area-Prefix-LSA（Type3）：由 ABR 产生，描述区域内某个网段的路由，并通告给其他区域。
- Inter-Area-Router-LSA（Type4）：由 ABR 产生，描述到 ASBR 的路由，通告给除 ASBR 所在区域的其他相关区域。。
- AS-External-LSA（Type5）：由 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由，通告到所有的区域（除了 Stub 区域和 NSSA 区域）。
- NSSA LSA（Type7）：由 ASBR 产生，描述到 AS 外部的路由，仅在 NSSA 区域内传播。
- Link-LSA（Type8）：每个设备都会为每个链路产生一个 Link-LSA，描述到此 Link 上的 link-local 地址、IPv6 前缀地址，并提供将会在 Network-LSA 中设置的链路选项，它仅在此链路内传播。
- Intra-Area-Prefix-LSA（Type9）：每个设备及 DR 都会产生一个或多个此类 LSA，在所属的区域内传播。设备产生的此类 LSA，描述与 Route-LSA 相关联的 IPv6 前缀地址。DR 产生的此类 LSA，描述与 Network-LSA 相关联的 IPv6 前缀地址。

OSPFV3 邻居状态机

图 1-35 OSPFV3 邻居状态机

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
                          +----+
                          |Down|
                          +----+
                            |\
                            | \Start
                            |  \      +-------+
                   Hello    |   +---->|Attempt|
                 Received   |         +-------+
                            |             |
                  +----+<-+             |HelloReceived
                  |Init|<---------------+
                  +----+<--------+
                     |           |
                     |2-Way      |1-Way
                     |Received   |Received
                     |           |
     +-------+       |        +-----+
     |ExStart|<--------+------->|2-Way|
     +-------+                  +-----+
```

```
              +-------+
              |ExStart|
              +-------+
                |
 NegotiationDone|
                +->+--------+
                   |Exchange|
                +--+--------+
                |
        Exchange|
          Done  |
+----+          |      +-------+
|Full|<---------+----->|Loading|
+----+<-+              +-------+
        |  LoadingDone     |
        +------------------+
```

邻居状态机的含义：

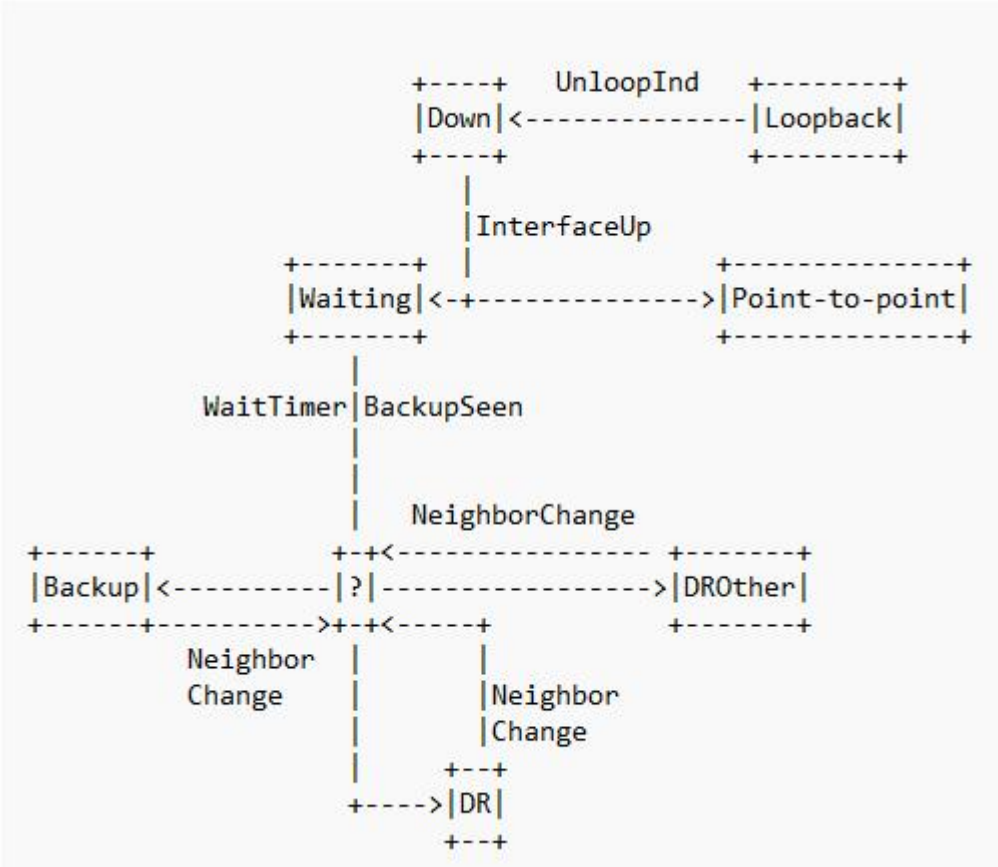
- Down：邻居会话的初始阶段。表明没有在邻居失效时间间隔内收到来自邻居设备的 Hello 报文。
- Attempt：处于本状态时，定期向手工配置的邻居发送 Hello 报文。
  说明： Attempt 状态只适用于 NBMA 类型的接口。
- Init：本状态表示已经收到了邻居的 Hello 报文，但是对端并没有收到本端发送的 Hello 报文。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 2-way：互为邻居。本状态表示双方互相收到了对端发送的 Hello 报文，建立了邻居关系。如果不形成邻接关系则邻居状态机就停留在此状态，否则进入 Exstart 状态。
- Exstart：协商主/从关系。建立主/从关系主要是为了保证在后续的 DD 报文交换中能够有序的发送。
- Exchange：交换 DD 报文。本端设备将本地的 LSDB 用 DD 报文来描述，并发给邻居设备。
- Loading：正在同步 LSDB。两端设备发送 LSR 报文向邻居请求对方的 LSA，同步 LSDB。
- Full：建立邻接。两端设备的 LSDB 已同步，本端设备和邻居设备建立了邻接状态。

OSPFV3 接口状态机

图 1-36 OSPFV3 接口状态机



接口状态机的含义：

- Down：接口状态的初始状态。
- Loopback：在这种状态下，路由器到网络的接口被环路回绕。
- Waiting：仅适用于广播和 NBMA 接口类型，在该阶段试图识别网络上的 DR 和 BDR。
- Point-to-point：仅适用于点对点，点到多点和虚连接的接口。在这个状态下，尝试和接口另一端路由器建立邻接关系。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- DR：在这种状态下，路由器成功所连网络的 DR，尝试与其他路由器建立邻接关系。
- Backup：在这种状态下，路由器成功所连网络的 BDR，尝试与其他路由器建立邻接关系。
- DROther：在这种状态下，路由器成功所连网络的 DRother，仅会和网络上的 DR 和 BDR 建立邻接关系。

OSPFV3 邻居和邻接

在 OSPFV3 中，邻居（Neighbors）和邻接（Adjacencies）是两个不同的概念。

- 邻居关系：OSPFV3 路由器启动后，会通过 OSPFV3 接口向外发送 Hello 报文。收到 Hello 报文的 OSPFV3 路由器会检查报文中所定义的一些参数，如果双方一致就会形成邻居关系。
- 邻接关系：形成邻居关系的双方不一定都能形成邻接关系，这要根据网络类型而定。只有当双方成功交换 DD 报文，并能交换 LSA 之后，才形成真正意义上的邻接关系。

在广播网络中建立邻接关系流程：

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-37 OSPFV3 广播网络建邻示意图

```
+---+                                          +---+
|RT1|                                          |RT2|
+---+                                          +---+

Down                                           Down
                Hello(DR=RT1,seen=0)
            ------------------------------>
              Hello (DR=RT2,seen=RT1,...)      Init
            <------------------------------
                Hello(DR=RT2,seen=RT2)
2-way       ------------------------------>    2-way
                D-D (Seq=x,I,M,Master)
ExStart     ------------------------------>
                D-D (Seq=y,I,M,Master)         ExStart
            <------------------------------
Exchange        D-D (Seq=y,M,Slave)
            ------------------------------>
                D-D (Seq=y+1,M,Master)         Exchange
            <------------------------------
                D-D (Seq=y+1,M,Slave)
            ------------------------------>
                            ...
                            ...
                            ...
                D-D (Seq=y+n, Master)
            <------------------------------
                D-D (Seq=y+n, Slave)
 Loading    ------------------------------>
                      LS Request               Full
            ------------------------------>
                      LS Update
            <------------------------------
                      LS Ack
            ------------------------------>
 Full
```

RT1 和 RT2 都连接到广播网络。假设 RT2 为网络的 DR（指定路由器），且 RT2 的 Router ID 高于 Router RT1。

- 建立邻居关系，RT1 的一个连接到广播类型网络的接口上激活了 OSPFV3 协议，会开始发送 Hello 数据包。此时，RouterA 认为自己是 DR 路由器，但不确定邻居是哪台路由器。RT2 收到这个 hello 报文(将邻居状态机改为 Init 状态)，并在其下一个 hello 中数据包表明它本身就是 DR（指定路由器）。RT1 收到 RT2 发来的 Hello 报文。这反过来又导致 RT1 转到状态 2-way，开始启动邻接流程。
- 主/从关系协商、DD 报文交换

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- RT1 首先发送一个 DD 报文，宣称自己是 Master（MS=1），并规定序列号 Seq=x。I=1 表示这是第一个 DD 报文，报文中并不包含 LSA 的摘要，只是为了协商主从关系。M=1 说明这不是最后一个报文。
- RT2 在收到 RT1 的 DD 报文后，将 RT1 的邻居状态机改为 Exstart，并且回应一个 DD 报文。由于 RT2 的 Router ID 较大，所以在报文中 RT2 认为自己是 Master，并且重新规定了序列号 Seq=y。
- RT1 收到报文后，同意了 RT2 为 Master，并将 RT2 的邻居状态机改为 Exchange。RT1 使用 RT2 的序列号 Seq=y 来发送新的 DD 报文，该报文开始正式地传送 LSA 的摘要，通过这种方式确认数据库中哪些 LSA 是需要更新的。在报文中 RT1 将 MS=0，说明自己是 Slave。
- RT2 收到报文后，将 RT1 的邻居状态机改为 Exchange，并发送新的 DD 报文来描述自己的 LSA 摘要，此时 RT2 将报文的序列号改为 Seq=y+1。

上述过程持续进行，RT1 通过重复 RT2 的序列号来确认已收到 RT2 的报文。RT2 通过将序列号 Seq 加 1 来确认已收到 RouterA 的报文。当发送最后一个 DD 报文时，在报文中写上 M=0。

LSDB 同步（LSA 请求、LSA 传输、LSA 应答

- RT1 收到最后一个 DD 报文后，发现 RT2 的数据库中存在自己没有的 LSA，将邻居状态机改为 Loading 状态。
- RT2 发现 RT1 的 LSA，RT2 都已经有了，不需要再请求，将 RT1 的邻居状态机改为 Full 状态。
- RT1 发送 LSR 报文向 RT2 请求更新 LSA。RT2 用 LSU 报文来回应 RT1 的请求。RT1 收到后，发送 LSAck 报文确认。

上述过程持续到 RT1 中的 LSA 与 RT2 的 LSA 完全同步为止，此时 RT1 将 RT2 的邻居状态机改为 Full 状态。当路由器交换完 DD 报文并更新所有的 LSA 后，此时邻接关系建立完成。

OSPFV3 路由计算

OSPFV3 路由的计算过程可简单描述如下：

- 每台 OSPFv3 路由器根据自己周围的网络拓扑结构生成链路状态通告 LSA（Link State Advertisement），并通过更新报文将 LSA 发送给网络中的其它 OSPFv3 路由器。
- 每台 OSPFv3 路由器都会收集其它路由器发来的 LSA，所有的 LSA 形成链路状态数据库 LSDB（Link State Database），LSDB 是对整个自治系统的网络拓扑结构的描述。
- OSPFv3 路由器将 LSDB 转换成一张带权的有向图，这张图是对整个网络拓扑结构的真实反映。各 OSPFv3 路由器得到的有向图是完全相同的。
- 每台 OSPFv3 路由器根据有向图，使用 SPF 算法计算出一棵以自己为根的最短路径树，这棵树给出了到自治系统中各节点的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPFV3 骨干区域

OSPFV3 划分区域之后，并非所有的区域都是平等的关系。其中有一个区域与众不同，通常被称为骨干区域，它的区域号（Area ID）是 0。

骨干区域负责区域之间的路由，非骨干区域之间的路由信息必须通过骨干区域来转发。对此，OSPFV3 有以下规定：

所有非骨干区域必须与骨干区域保持连通。骨干区域自身也必须保持连通。但在实际应用中，可能会因为网络拓扑等限制，无法满足以上要求；这时可以通过配置 OSPFV3 虚连接满足要求。

OSPFV3 虚连接

虚连接指在两台 ABR 之间通过一个非骨干区域而建立的一条逻辑上的连接通道。虚连接相当于在两个 ABR 之间形成了一个点到点的连接。为虚连接两端提供一条非骨干区域内部路由的区域称为中转区域（Transit Area）。

虚连接有如下特点：

- 虚连接的两端必须是 ABR。
- 必须在两端同时配置虚连接，虚连接方能生效。
- 虚连接和物理接口一样可以配置接口参数，如发送 HELLO 报文间隔等。
- 两台 ABR 之间直接传递 OSPFV3 报文信息时，他们之间的 OSPFV3 路由器只起到转发报文的作用。由于协议报文的目的地址不是这些路由器，所以这些报文对于他们而言是透明的，只是当作普通的 IP 报文来转发。

OSPFV3 Stub 区域

Stub 区域的特点：

- Stub 区域的 ABR 不传播它们接收到的自治系统外部路由，在这些区域中路由器的路由表规模以及路由信息传递的数量会大大减少。
- Stub 区域是一种可选的配置属性，并不是每个区域都符合配置的条件。通常来说，Stub 区域是位于自治系统边界，只有一个 ABR 的非骨干区域。
- 为保证到自治系统外的路由依旧可达，Stub 区域的 ABR 将生成一条缺省路由，并发布给 Stub 区域中的其他非 ABR 路由器。

配置 Stub 区域的注意事项：

- 骨干区域不能配置成 Stub 区域。
- 如果要将一个区域配置成 Stub 区域，则该区域中的所有路由器必须都要配置 Stub 区域。
- Stub 区域内不能存在 ASBR，即自治系统外部的路由不能在本区域内传播。虚连接不能穿过 Stub 区域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

OSPFV3 NSSA 区域

在 RFC1587 NSSA Option 中增加一类新的区域：NSSA 区域；同时增加一类新的 LSA：NSSA LSA（或称为 Type7 LSA）。

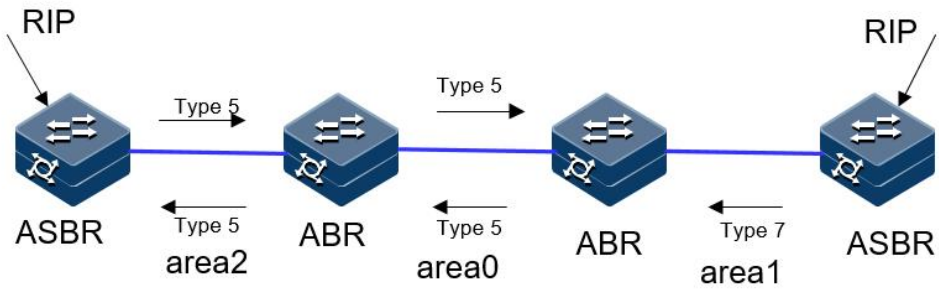
NSSA 区域其实是 Stub 区域的一个变形，它和 Stub 区域有许多相似的地方。两者的差别在于，NSSA 区域能够将自治域外部路由引入并传播到整个 OSPFV3 自治域中，同时又不会学习来自 OSPFV3 网络其它区域的外部路由。

NSSA 区域的特点:

- 与 Stub 区域类似，NSSA 区域也不能配置虚连接。
- 与 Stub 区域类似，NSSA 区域也不允许 AS-External-LSA（即 Type5 LSA 注入，但可以允许 Type7 LSA 注入）。Type7 LSA 由 NSSA 区域的 ASBR 产生，在 NSSA 区域内传播。当 Type7 LSA 到达 NSSA 的 ABR 时，由 ABR 将 Type7 LSA 转换成 AS-External LSA，传播到其他区域。

如图所示，运行 OSPFV3 协议的自治系统包括 3 个区域：区域 1、区域 2 和区域 0

图 1-38 OSPFV3 NSSA 区域示意图



区域 1 被定义为 NSSA 区域。与区域 1、区域 2 相连的非 OSPFV3 网络运行 RIP 协议。区域 1 从 RIP 网络接收的 RIP 路由传播到 NSSA ASBR 后，由 NSSA ASBR 产生 Type7 LSA 在区域 1 内传播；当 Type7 LSA 到达 NSSA ABR 后，转换成 Type5 LSA 传播到区域 0 和区域 2。另一方面，区域 2 从 RIP 网络中接收的 RIP 路由通过区域 2 的 ASBR 产生 Type-5LSA 在 OSPFV3 自治系统中传播。但由于区域 1 是 NSSA 区域，所以 Type-5 LSA 不会到达区域 1。

OSPFV3 路由聚合

路由聚合是指：ABR 将具有相同前缀的路由信息聚合在一起后，形成一条路由发布到其它区域。

AS 被划分成不同的区域后，区域间可以通过路由聚合来减少路由信息，减小路由表的规模，提高路由器的运算速度。

OSPFV3 有两种路由聚合方式：

- ABR 聚合

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

ABR 向其它区域发送路由信息时，以网段为单位生成 Type3 LSA。如果该区域中存在一些连续的网段，则可以通过路由聚合的命令将这些连续的网段聚合成一个网段。这样 ABR 只发送一条聚合后的 LSA，所有属于命令指定的聚合网段范围的 LSA 将不会再被单独发送出去。

例如，区域 1 内有三条区域内路由 19.1.1.0/24，19.1.2.0/24，19.1.3.0/24，如果此时在 ABR 上配置了路由聚合，将三条路由聚合成一条 19.1.0.0/16，则 ABR 就只生成一条聚合后的 LSA，并发布给其他区域的路由器。

- ASBR 聚合

配置路由聚合后，如果本地设备是自治系统边界路由器 ASBR，将对引入的聚合地址范围内的 Type5 LSA 进行聚合。当配置了 NSSA 区域时，还要对引入的聚合地址范围内的 Type7 LSA 进行聚合。如果本地设备既是 ASBR 又是 ABR，则对由 Type7 LSA 转化成的 Type5 LSA 进行聚合处理。

OSPFV3 路由类型

OSPFV3 将路由分为 4 级，按优先顺序分别是：区域内路由（Intra Area）；区域间路由（Inter Area）；第一类外部路由（Type1 External）； 第二类外部路由（Type2 External）。

- AS 内部路由：AS 区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构。缺省情况下，这两种路由的协议优先级为 10。
- AS 外部路由：外部路由则描述了应该如何选择到 AS 以外目的地址的路由。OSPFV3 将引入的 AS 外部路由分为两类：Type1 和 Type2。缺省情况下，这两种路由的协议优先级为 150。
- 第一类外部路由：指接收的是 IGP 路由（例如静态路由和 RIP 路由）。由于这类路由的可信程度比较高，所以计算出的外部路由的开销与自治系统内部的路由开销是相同的，并且和 OSPFV3 自身路由的开销具有可比性；即到第一类外部路由的开销等于本路由器到相应的 ASBR 的开销+ASBR 到该路由目的地址的开销。
- 第二类外部路由：指接收的是 EGP 路由。由于这类路由的可信度比较低，所以 OSPFV3 协议认为从 ASBR 到自治系统之外的开销远远大于在自治系统之内到达 ASBR 的开销；所以计算路由开销时将主要考虑前者，即到第二类外部路由的开销=ASBR 到该路由目的地址的开销。如果两条路由计算出的开销值相等，再考虑本路由器到相应的 ASBR 的开销。

OSPFV3 DR 和 BDR

在广播网和 NBMA 网络中，任意两台路由器之间都要传递路由信息。如果网络中有 n 台路由器，则需要建立 nx(n-1)/2 个邻接关系。这使得任何一台路由器的路由变化都会导致多次传递，浪费了带宽资源。

为解决这一问题，OSPFV3 协议定义了 DR（Designated Router）、BDR（Backup Designated Router）和除 DR 和 BDR 之外的路由器（DR Other）。

- DR：所有路由器都只将信息发送给 DR，由 DR 将网络链路状态广播出去。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- BDR：如果 DR 由于某种故障而失效，则网络中的路由器必须重新选举 DR，并与新的 DR 同步。这需要较长的时间，在这段时间内，路由的计算是不正确的。为了能够缩短这个过程，OSPFV3 提出了 BDR（Backup Designated Router）的概念。BDR 实际上是对 DR 的一个备份，在选举 DR 的同时也选举出 BDR，BDR 也和本网段内的所有路由器建立邻接关系并交换路由信息。当 DR 失效后，BDR 会立即成为 DR。由于不需要重新选举，并且邻接关系事先已建立，所以这个过程是非常短暂的。当然这时还需要再重新选举出一个新的 BDR，虽然一样需要较长的时间，但并不会影响路由的计算。
- DR Other：除 DR 和 BDR 之外的路由器（DR Other）之间将不再建立邻接关系，也不再交换任何路由信息。这样就减少了广播网和 NBMA 网络上各路由器之间邻接关系的数量。

DR/BDR 选举过程：

- DR 和 BDR 不是人为指定的，而是由本网段中所有的路由器共同选举出来的。路由器接口的 DR 优先级决定了该接口在选举 DR、BDR 时所具有的资格。本网段内 DR 优先级大于 0 的路由器都可作为“候选人”。选举过程如下：
- 每台路由器将自己选出的 DR 写入 Hello 报文中，发给网段上的每台路由器。
- 如果处于同一网段的两台路由器同时宣布自己是 DR，DR 优先级高者胜出。如果优先级相等，则 Router ID 大者胜出。如果一台路由器的优先级为 0，则它不会被选举为 DR 或 BDR。

DR/BDR 选举特点：

- 只有在广播或 NBMA 类型接口时才会选举 DR，在点到点或点到多点类型的接口上不需要选举 DR。
- DR 是指某个网段中概念，是针对路由器的接口而言的。某台路由器在一个接口上可能是 DR，在另一个接口上有可能是 BDR，或者是 DR Other。
- 若 DR、BDR 已经选择完毕，当一台新路由器加入后，即使它的 DR 优先级值最大，也不会立即成为该网段中的 DR。
- DR 不一定就是 DR 优先级最大的路由器；同理，BDR 也不一定就是 DR 优先级第二大的路由器。

1.9.2 配置准备

场景

完成通过配置 OSPFv3 基本功能可以组建基本的 OSPFv3 网络。

前提

使能 ipv6 能力，使各相邻节点网络层可达。

1.9.3 缺省配置

设备上 OSPFV3 的缺省配置如下。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

功能	缺省值
OSPFV3 特性	不使能
Hello 报文发送间隔	10s
邻居失效时间	40s
计算接口开销的带宽参考值	100Mbit/s

1.9.4 配置 OSPFV3 基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	启动 OSPFV3 进程，进入 OSPFV3 视图 process-id 缺省值为 1 vpn-instance 表示 vpn 实例，若指定则此 OSPFV3 进程属于 VPN 实例，若未指定则属于公网实例。
3	JX(config-ospfv3-1)#**router-id** *ipv4-address*	配置 OSPFV3 进程的 ID 号，需要保证 router id 全网唯一，不配置的情况下，系统会从当前接口的 IP 地址中选择一个作为 router id。
4	JX(config)# **interface** *interface-type interface-number*	进入接口模式，本章以 vlan 口为例。
5	JX (config-vlanif-1)# **ospfv3** *process-id* **area** *area-id* [**instance** *imstance-id*]	接口使能 OSPFV3 并创建区域，配置接口所运行的实例和区域。
6	JX (config-vlanif-1)# **ospfv3 if-type** { **broadcast** | **p2p** } [**instance** *imstance-id*]	配置接口的网络类型。（可选）
7	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图
8	JX(config-ospfv3-1)# **maximum load-balancing** {*load-balancing-number* | **default**}	配置 OSPFV3 最大等价路由条数（可选）
9	JX(config-ospfv3-1)# **preference** *preference-value* [**route-policy** *NAME*]	配置 OSPFV3 域内路由和域间路由的优先级
10	JX(config-ospfv3-1)# **preference ase** *preference-value* [**route-policy** *NAME*]	配置 OSPFV3 外部路由的优先级

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.9.5 配置 OSPFV3 STUB 区域

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图。
3	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **stub** [**no-summary-lsa**]	配置区域为 stub 区域，区域不能为骨干区域。 **no-summary** 表示禁止 ABR 向 Stub 区域内发送 Summary LSA。只有在 ABR 上配置 **stub** 命令时，可选参数 **no-summary** 才能对该区域起作用。

1.9.6 配置 OSPFV3 NSSA 区域

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图。
3	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **nssa** [**no-summary-lsa**]	配置区域为 stub 区域，区域不能为骨干区域。 **no-summary** 表示禁止 ABR 向 nssa 区域内发送 Summary LSA。
4	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **nssa translator** { **always** | **candidate** }	candidate 状态时，NSSA 区域会根据规则自动选择一个 ABR 作为转换器，将 Type7 LSA 转换为 Type5 LSA。通过在 ABR 上配置 translator always，可以将某一个 ABR 指定为转换器。

1.9.7 配置 OSPFV3 引入外部路由

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
3	JX(config-ospfv3-1)# **import-route** { **connect** | **static** | **rip** | **bgp** | **isis** | **ospf** } { **cost** { *cost*-value | **inherit** } | **route-policy** *NAME* }*	引入其它协议的路由信息。 cost 参数为 OSPFV3 引入的外部路由的缺省度量值，inherit 表示引入路由的开销值为路由自带的 cost 值。如果没有指定开销值，则使用 default route-attribute 命令设置的缺省开销值。 route-policy 参数用于绑定路由策略，在路由引入时进行过滤。

1.9.8 配置 OSPFV3 路由聚合

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图。
3	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **abr-summary** *dst-address/dst-maskLen* { **advertise** | **no-advertise** } [**cost** { *cost-value* | **inherit-minimum** }]	配置 OSPFV3 的 ABR 路由聚合
4	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **nssa summary** *dst-address/dst-maskLen* { **advertise** | **no-advertise** } [**cost** { *cost-value* | **inherit-minimum** }]	配置在本路由器进行 type-7LSA 到 type-5LSA 转换时的汇聚功能。
5	JX(config-ospfv3-1)# **asbr-summary** *dst-address/dst-maskLen*	配置 OSPFV3 的 ASBR 路由聚合。
6	JX(config-ospfv3-1)# **asbr-summary** { **connect** | **static** | **rip** | **bgp** | **isis** | **ospf** } *dst-address/dst-maskLen* [**advertise** { **enable** | **disable** } | **translate** { **enable** | **disable** } | **cost** { *cost* | **default** } | **type** { *cost-type* | **default** }]*	配置 OSPFV3 针对某个协议引入的路由进行 ASBR 路由聚合

1.9.9 配置 OSPFV3 虚连接

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
2	JX(config)# **ospfv3** *process-id* [**vpn-instance** *NAME*]	进入 OSPFV3 视图。
3	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address*	创建并配置虚连接。
4	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **hello-interval** { *hello-interval-time* | **default** }	配置虚连接的 hello 包发送间隔（可选）。
5	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **dead-interval** { *dead-interval-time* | **default** }	配置虚连接的邻居失效时间（可选）。
6	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *ipv4-address* **retransmit-interval** { *retransmit-interval-time* | **default** }	配置虚连接的 LSA 重传时间间隔（可选）。
7	JX(config-ospfv3-1)# **area** *area-id* **virtual-link** *neighbor-address* **transmit-delay** { *transmit-interval-time* | **default** }	配置虚连接延迟发送 LSA 的时间间隔（可选）。

1.9.10 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

步骤	配置	说明
1	JX#**show ospfv3 interface**	查看 OSPFV3 接口。
2	JX# **show ospfv3 process** *process-id*	查看 OSPFV3 实例。
3	JX# **show ospfv3 area**	查看 OSPFV3 区域。
4	JX# **show ospfv3 neighbor**	查看 OSPFV3 邻居，对端进行对应的配置之后，可以建立邻居。
5	JX# **show ospfv3 route**	查看 OSPFV3 路由表。
6	JX# **show ospfv3 database**	查看 OSPFV3 数据库。
7	JX# **show ospfv3 import-route**	查看 OSPFV3 引入的路由信息。
8	JX# **show ospfv3 virtual-link**	查看 OSPFV3 虚连接信息。
9	JX#**show ospfv3 interface** *interface-type interface-number*	查看接口的具体信息。
10	JX# **show ospfv3 area area-id** *area-id*	查看区域的具体信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

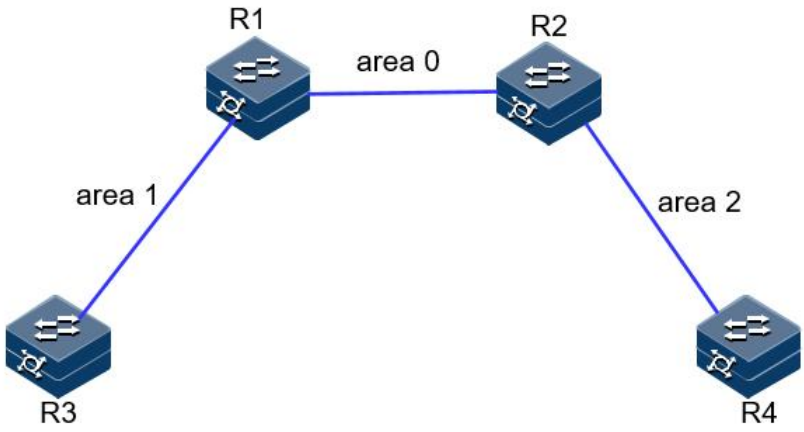
步骤	配置	说明
11	JX# show ospfv3 information	查看 OSPFV3 的全局信息。

1.9.11 配置 OSPFV3 基本功能示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPFV3，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 R1 和 R2 为 ABR 来转发区域之间的路由。配置完成后，每台 router 都应学到自治系统内的到所有网段的路由。

图 1-39 OSPFV3 基本配置组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IPV6 地址和 IPV6 能力。

R1 和 R2 建邻接口使用 vlan12,R1 和 R3 建邻接口使用 vlan 13,,R2 和 R4 建邻接口使用 vlan24。

步骤 2 配置 OSPFV3。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospfv3-1)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 13
JX-R1(config-vlanif-13)#ospfv3 1 area 1
JX-R1(config-vlanif-13)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 12
JX-R1(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 0
JX-R1(config-vlanif-12)#exit
```

R2：

```
JX-R2#configure
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R2(config)#ospfv3 1
JX-R2(config-ospfv3-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospfv3-1)#exit
JX-R2(config)#interface vlan 12
JX-R2(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 0
JX-R2(config-vlanif-12)#exit
JX-R2(config)#interface vlan 24
JX-R2(config-vlanif-24)#ospfv3 1 area 2
JX-R2(config-vlanif-24)#exit
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#router-id 3.3.3.3
JX-R3(config-ospfv3-1)#exit
JX-R3(config)#interface vlan 13
JX-R3(config-vlanif-13)#ospfv3 1 area 1
JX-R3(config-vlanif-13)#exit
```

R4：

```
JX-R4#configure
JX-R4(config)#ospfv3 1
JX-R4(config-ospfv3-1)#router-id 4.4.4.4
JX-R4(config-ospfv3-1)#exit
JX-R4(config)#interface vlan 24
JX-R4(config-vlanif-24)#ospfv3 1 area 2
JX-R4(config-vlanif-24)#exit
```

步骤 3 验证配置结果。

（1）使用 show ospfv3 neighbor 查看邻居建立结果：

R1:

```
JX-R1(config)#show ospfv3 neighbor

 Ospfv3 Process 1
 NeighborId        Priority  State    Interface     Instance
Aging    UpTime    IpAddress
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 2.2.2.2           1        Full     vlan-12       0        36
1:20:40   fe80::f2f1:f2ff:fef3:201
 3.3.3.3           1        Full     vlan-13       0        32
1:13:54   fe80::f2f1:f2ff:fef3:301
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2
```

R2：

```
JX-R2(config)#show ospfv3 neighbor

 Ospfv3 Process 1
 NeighborId        Priority  State    Interface     Instance
Aging    UpTime    IpAddress
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
 1.1.1.1          1        Full     vlan-12       0        38
1:27:13   fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
 4.4.4.4          1        Full     vlan-24       0        28
0:10:27   fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2
```

（2）通过 show ospfv3 database 查看数据库

```
JX-R1(config)#show ospfv3 database
Database of OSPFv3 Process 1

           Router Link State (Area 0.0.0.0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0         1.1.1.1         77      0x80000002   0x1660
40
 0.0.0.0         2.2.2.2         78      0x80000009   0xe981
40

           Network Link State (Area 0.0.0.0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.13        2.2.2.2         78      0x80000001   0xa423
32

          Inter Area Prefix Link State (Area 0.0.0.0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.2         1.1.1.1         118     0x80000001   0x4c8d
36     13::/64
 0.0.0.2         2.2.2.2         409     0x80000004   0xf4cc
36     24::/64

          Intra Area Prefix Link State (Area 0.0.0.0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.3.232        2.2.2.2         78      0x80000001   0x83e6
44

          Link(Type-8) State(interface vlan-12 Area 0.0.0.0)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.13        1.1.1.1         118     0x80000001   0x4d41
76
 64.0.0.13        2.2.2.2         448     0x80000004   0x780d
76

           Router Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 0.0.0.0          1.1.1.1          119      0x80000005   0x82ea
40
 0.0.0.0          3.3.3.3          120      0x80000009   0x3b27
40

           Network Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.14         3.3.3.3          120      0x80000001   0x9e20
32

          Inter Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.2          1.1.1.1          118      0x80000001   0x409a
36     12::/64
 0.0.0.3          1.1.1.1          72       0x80000001   0x15b1
36     24::/64

          Intra Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 0.0.3.232         3.3.3.3          120      0x80000001   0xb5aa
44

          Link(Type-8) State(interface vlan-13 Area 0.0.0.1)
 LinkId           ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.14         1.1.1.1          122      0x80000001   0x8ffb
76
 64.0.0.14         3.3.3.3          36       0x80000004   0xeb90
76
```

（3）通过 show ospfv3 route 查看路由表

```
JX-R1(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ABR      2.2.2.2/32             0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    12::/64                0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    12::                          ::
 PREFIX    13::/64                0.0.0.1        INTRA       1
0          vlan-13    13::                          ::
 PREFIX    24::/64                0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 3     2     0      0        1        0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 3     2     0      0        1        0
```

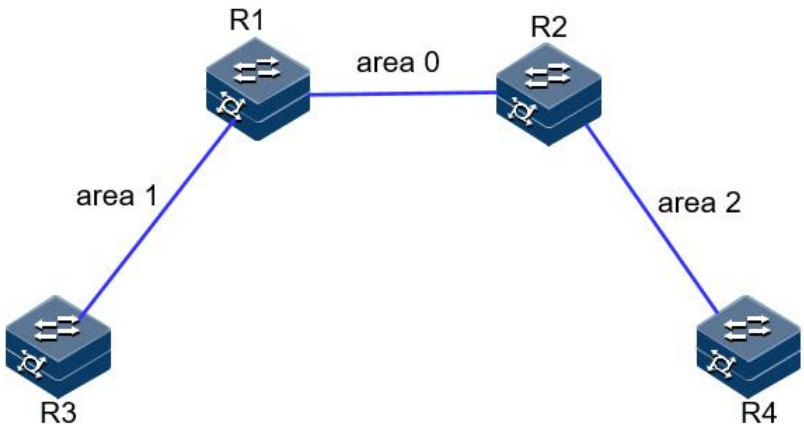
Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.9.12 配置 OSPFV3 STUB 区域示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPFV3，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 R1 和 R2 为 ABR 来转发区域之间的路由。

图 1-40 OSPFV3 STUB 区域示例组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPFV3 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 stub 区域。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#area 1 stub
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#area 1 stub
```

步骤 3 配置 R4 引入 100.1.1.1 的五类 LSA

```
JX-R4(config)#ipv6 route-static 100::1 128 1::3
JX-R4(config)#ospfv3 1
JX-R4(config-ospfv3-1)#import-route static
```

步骤 4 验证配置结果

当 R3 所在区域为普通区域时，可以看到路由表中存在 AS 外部的路由。

```
JX-R3(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.1        INTRA      1
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     4.4.4.4/32            0.0.0.1        INTER      3
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   12::/64               0.0.0.1        INTER      2
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   13::/64               0.0.0.1        INTRA      1
0         vlan-13    13::                           ::
 PREFIX   24::/64               0.0.0.1        INTER      3
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   100::1/128             n/a           EXTERNAL_2  3
1         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      1        1        1

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      1        1        1
```

当 R3 所在区域配置为 Stub 区域时，已经看不到 AS 外部的路由，取而代之的是

一条通往区域外部的缺省路由。

```
JX-R3(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.1        INTRA      1
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   ::/0                 0.0.0.1        INTER      2
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   12::/64               0.0.0.1        INTER      2
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   13::/64               0.0.0.1        INTRA      1
0         vlan-13    13::                           ::
 PREFIX   24::/64               0.0.0.1        INTER      3
0         vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      0        1        0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      0        1        0
```

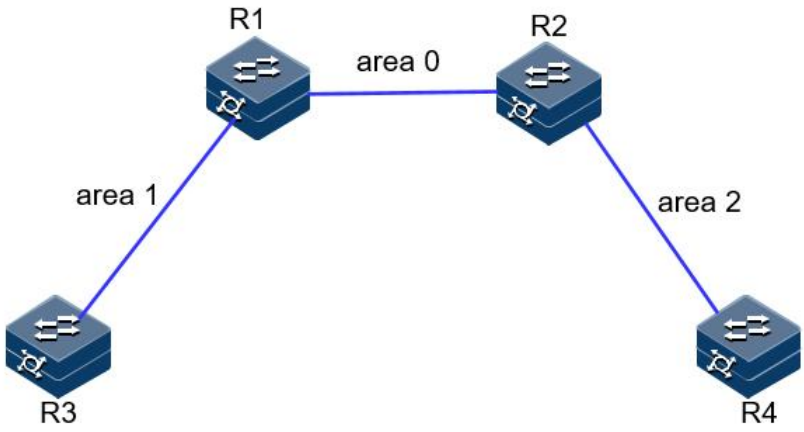
1.9.13 配置 OSPFV3 NSSA 区域示例

组网需求

如下图所示，所有的 router 都运行 OSPFV3，并将整个自治系统划分为 3 个区域，其中 R1 和 R2 为 ABR 来转发区域之间的路由。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-41 OSPFV3 NSSA 区域示例组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPFV3 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 NSSA 区域。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#area 1 nssa
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#area 1 nssa
```

步骤 3 配置 R4 引入 100.1.1.1 的五类 LSA

```
JX-R4(config)#ipv6 route-static 100::1 128 1::3
JX-R4(config)#ospfv3 1
JX-R4(config-ospfv3-1)#import-route static
```

步骤 4 验证配置结果

nssa 区域的数据库比正常区域的数据库多一个缺省 NSSA 类型 LSA，R3 上没有 100::1 的外部 LSA

```
JX-R3(config)#show ospfv3 database
Database of OSPFv3 Process 1

            Router Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0         1.1.1.1          5       0x80000004   0xa64
40
 0.0.0.0         3.3.3.3          4       0x80000002   0xc8a2
40

            Network Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 64.0.0.14        1.1.1.1          5       0x80000001   0x1fa1
32

          Inter Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.8         1.1.1.1          195     0x80000001   0x4d0
36     12::/64
 0.0.0.9         1.1.1.1          195     0x80000001   0xd8e7
36     24::/64

          Intra Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.3.232        1.1.1.1          5       0x80000001   0x8de2
44

          Nssa Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.1         1.1.1.1          195     0x80000001   0x4de7
28     ::/0

          Link(Type-8) State(interface vlan-13 Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.14        1.1.1.1          195     0x80000001   0xb3d1
76
 64.0.0.14        3.3.3.3          11      0x80000001   0x1663
76
```

步骤 5 配置 R3 引入 200::1 的静态路由

```
JX-R3(config)#ipv6 route-static 200::1 128 13::5
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#import-route static
```

步骤 6 验证配置结果

R3 上存在 200::1 的五类 LSA 和 NSSA LSA

```
JX-R3(config)#show ospfv3 database
Database of OSPFv3 Process 1

           Router Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0         1.1.1.1          106     0x80000004   0xa64
40
 0.0.0.0         3.3.3.3          30      0x80000003   0xcc9b
40

           Network Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.14        1.1.1.1          106     0x80000001   0x1fa1
32
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
          Inter Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.8         1.1.1.1         296     0x80000001   0x4d0
36     12::/64
 0.0.0.9         1.1.1.1         296     0x80000001   0xd8e7
36     24::/64

          Intra Area Prefix Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.3.232        1.1.1.1         106     0x80000001   0x8de2
44

          Nssa Link State (Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.1         1.1.1.1         296     0x80000001   0x4de7
28     ::/0
 0.0.0.2         3.3.3.3         28      0x80000001   0xe6ad
44     200::1/128

          Link(Type-8) State(interface vlan-13 Area 0.0.0.1)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.14        1.1.1.1         296     0x80000001   0xb3d1
76
 64.0.0.14        3.3.3.3         112     0x80000001   0x1663
76

           AS External Link State
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len      Prefix
 0.0.0.2         3.3.3.3         28      0x80000001   0x2155
44       200::1/128
```

查看 R4 的路由表和数据库，存在 200.1.1.0 路由和 LSA。

```
JX-R4(config)#show ospfv3 database
Database of OSPFv3 Process 1

           Router Link State (Area 0.0.0.2)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.0.0         2.2.2.2         1222    0x80000005   0x73e3
40
 0.0.0.0         4.4.4.4         1187    0x80000004   0x3c13
40

           Network Link State (Area 0.0.0.2)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.25        2.2.2.2         1221    0x80000002   0xc0ed
32

          Inter Area Prefix Link State (Area 0.0.0.2)
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.4         2.2.2.2         189     0x80000004   0x8c9
36     12::/64
 0.0.0.6         2.2.2.2         154     0x80000005   0x4c8
36     13::/64

          Inter Area Router Link State (Area 0.0.0.2)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len     Prefix
 0.0.0.1         2.2.2.2         337     0x80000001    0xa0f
32     1.1.1.1
 0.0.0.2         2.2.2.2         69      0x80000001    0x62ae
32     3.3.3.3

          Intra Area Prefix Link State (Area 0.0.0.2)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 0.0.3.232        2.2.2.2         1221    0x80000002   0x63e7
44

          Link(Type-8) State(interface vlan-24 Area 0.0.0.2)
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len
 64.0.0.25        2.2.2.2         430     0x80000005   0x5bf8
76
 64.0.0.25        4.4.4.4         1260    0x80000002   0xd57b
76

           AS External Link State
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len      Prefix
 0.0.0.2         1.1.1.1         68      0x80000001   0x5d21
44      200::1/128
 0.0.0.2         4.4.4.4         1185    0x80000001   0xf77b
44      100::1/128

JX-R4(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix              AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                 Backu
pNextHop
 ABR      2.2.2.2/32           0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 ASBR     1.1.1.1/32           0.0.0.2        INTER       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 ASBR     3.3.3.3/32           0.0.0.2        INTER       3
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX   12::/64              0.0.0.2        INTER       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX   13::/64              0.0.0.2        INTER       3
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX   24::/64              0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    24::                          ::
 PREFIX   200::1/128           n/a            EXTERNAL_2  2
1          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 Route:
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
4     1     0      1        1        2

Path:
Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
4     1     0      1        1        2
```

1.9.14 配置 OSPFV3 引入外部路由示例

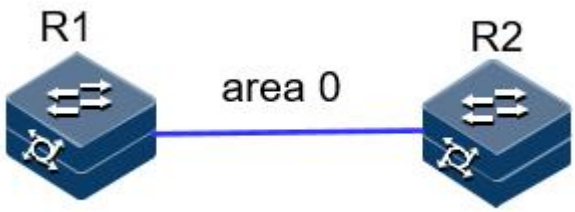
组网需求

如下图所示， 2 个 router 都运行 OSPFV3，并将有个都配置为区域 0。假定 R1 需要向 OSPF 导入外部路由，R1 存在静态路由 30::1/128，本地路由 40::1/128 但是对外部路由有如下要求：

- 接受所有直连路由，并采用默认配置；
- 接收所有静态路由，并为路由配置开销 2000；

配置完成后，每台设备都应学到自治系统内的到所有网段的路由。。

图 1-42 OSPV3F 引入外部路由组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

R1 的一个接口地址：1.1.1.1/24

R2 的一个接口地址：1.1.1.2/24

步骤 2 配置 OSPF。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospfv3-1)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 12
JX-R1(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 0
JX-R1(config-vlanif-12)#exit
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospfv3 1
JX-R2(config-ospfv3-1)#router-id 2.2.2.2
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R2(config-ospfv3-1)#exit
JX-R2(config)#interface vlan 12
JX-R2(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 0
```

步骤 3 配置重分配。

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#import-route connect
JX-R1(config-ospfv3-1)#import-route static cost 2000
```

步骤 4 检查配置结果。

```
JX-R1(config)#show ospfv3 import-route
  Import Route of OSPF(1)
 dest                      cost    proto   pid
 1::/64                    1       connect 0
 30::1/128                 60      static  0
 40::1/128                 1       connect 0
JX-R1(config)#show ospfv3 database ls-type external
Database of OSPFv3 Process 1

           AS External Link State
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len      Prefix
 0.0.0.2         1.1.1.1          35      0x80000001   0x8bed
44       30::1/128
 0.0.0.3         1.1.1.1          32      0x80000001   0x5d6a
36       1::/64
 0.0.0.4         1.1.1.1          32      0x80000001   0x3608
44       40::1/128
```

在 R2 查看路由表：

```
JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ASBR     1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    1::/64                n/a           EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    12::                           ::
 PREFIX    30::1/128             n/a           EXTERNAL_2  1
2000       vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    40::1/128             n/a           EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      3        0        1

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 4     1     0      3        0        1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.9.15 配置 OSPFV3 路由聚合示例

组网需求

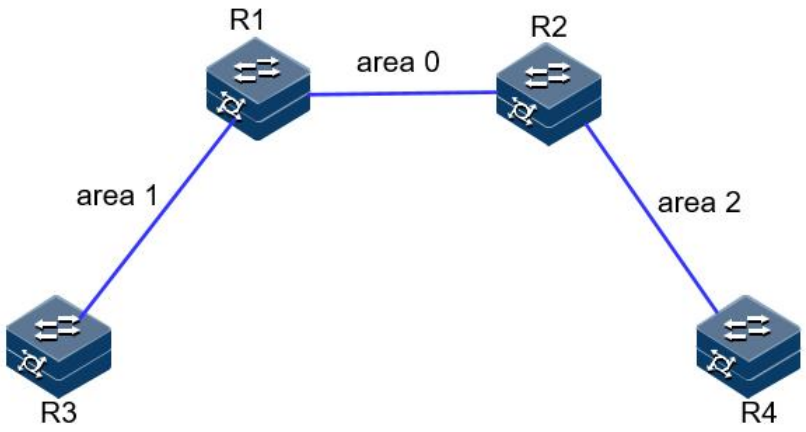
如下图所示，网络要求：区域 2 中存 10::1/128, 10::2/128, 20::1:1/112,20::2:1/112 的区域内路由，希望将 10::1/128, 10::2/128 聚合为 10::0/112 通告；而希望 20::1:1/112 和 20::2:1/112 不导入其他区域。

R4 具有 30::1/128 和 30::2/128 的外部路由，希望将此路由通告给其他区域。

区域 1 的设备能力较差，不能接受大量外部路由，但是 R3 具有 200::1/128 和 200::2/128 的外部路由，希望将此路由通告给其他区域。

根据上述要求，我们可以为区域 2 配置聚合条目和过滤条目，为区域 1 配置 NSSA 属性。

图 1-43 OSPFV3 路由聚合组网图



配置步骤

步骤 1 配置同 OSPFV3 基本功能配置。

步骤 2 配置 area 1 为 nssa 区域。

```
R1:
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#area 1 nssa

R3:
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#area 1 nssa
```

步骤 3 查看聚合前的路由条目和数据库。

```
JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                   Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     3.3.3.3/32            0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     4.4.4.4/32            0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    10::1/128             0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    10::2/128             0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    12::                           ::
 PREFIX    13::/64               0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    20::1:0/112           0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    20::2:0/112           0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    24::/64               0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    24::                           ::
 PREFIX    30::1/128             n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    30::2/128             n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    200::1/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    200::2/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 11     6      0      4        1        3

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 11     6      0      4        1        3
```

步骤 4 在 R2 配置 ABR 聚合，将 10::1/128 和 10::2/128 聚合为 10::0/112 通告，20::1:1/112 和 20::2:1/112 汇聚之后不通告。

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospfv3 1
JX-R2(config-ospfv3-1)#area 2 abr-summary 10::0/112 advertise
JX-R2(config-ospfv3-1)#area 2 abr-summary 20::0/98
not-advertise
```

步骤 5 验证配置结果

R1 的路由表中仅存在聚合后的 10::/112，无 10::1/128、10::2/128、20::1:1/112 和 20::2:1/112。

```
JX-R1(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                   Backu
pNextHop
 ABR      2.2.2.2/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 ASBR     4.4.4.4/32            0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 ASBR     3.3.3.3/32            0.0.0.1        INTRA       1
0          vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       ::
 PREFIX    10::/112              0.0.0.0        INTER       3
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    12::                           ::
 PREFIX    13::/64               0.0.0.1        INTRA       1
0          vlan-13    13::                           ::
 PREFIX    24::/64               0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    30::1/128             n/a            EXTERNAL_2  2
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    30::2/128             n/a            EXTERNAL_2  2
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    200::1/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       ::
 PREFIX    200::2/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 8     2     0      4        1        2

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 8     2     0      4        1        2
```

步骤 6 在 R4 上配置 asbr 聚合，将 30::1/128 和 30::2/128 聚合为 30::0/112

```
JX-R4#configure
JX-R4(config)#ospfv3 1
JX-R4(config-ospfv3-1)#asbr-summary 30::0/112
```

步骤 7 验证配置结果

查看 R2 路由表和数据库，聚合成功

```
JX-R2(config)#show ospfv3 database ls-type external
Database of OSPFv3 Process 1

           AS External Link State
 LinkId          ADV Router       Age     Seq#        CheckSum
Len      Prefix
 0.0.0.2         1.1.1.1         1590    0x80000001   0x5d21
44       200::1/128
 0.0.0.3         1.1.1.1         488     0x80000001   0x6d0f
44       200::2/128
 0.0.0.5         4.4.4.4         23      0x80000001   0x86cb
44       30::/112

JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                   Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     3.3.3.3/32            0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     4.4.4.4/32            0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    10::1/128             0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    10::2/128             0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    12::                           ::
 PREFIX    13::/64               0.0.0.0        INTER       2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    20::1:0/112           0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    20::2:0/112           0.0.0.2        INTRA       2
0          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    24::/64               0.0.0.2        INTRA       1
0          vlan-24    24::                           ::
 PREFIX    30::/112              n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    200::1/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    200::2/128            n/a            EXTERNAL_2  1
1          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 10     6     0      3        1        3

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 10     6     0      3        1        3
```

步骤 8 在 R1 上配置 nssa 聚合，将 R3 产生的 NSSA LSA 转换时进行聚合。

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#area 1 nssa summary 200::/112 advertise
```

步骤 9 检查配置结果

R1 生成的 external-lsa 进行了聚合

```
JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                   Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA       1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 ASBR     1.1.1.1/32            0.0.0.0        INTRA      1
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     3.3.3.3/32            0.0.0.0        INTER      2
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 ASBR     4.4.4.4/32            0.0.0.2        INTRA      1
0         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   10::1/128             0.0.0.2        INTRA      2
0         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   10::2/128             0.0.0.2        INTRA      2
0         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   12::/64               0.0.0.0        INTRA      1
0         vlan-12    12::                           ::
 PREFIX   13::/64               0.0.0.0        INTER      2
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   20::1:0/112            0.0.0.2        INTRA      2
0         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   20::2:0/112            0.0.0.2        INTRA      2
0         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   24::/64               0.0.0.2        INTRA      1
0         vlan-24    24::                           ::
 PREFIX   30::/112              n/a            EXTERNAL_2  1
1         vlan-24    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX   200::/112             n/a            EXTERNAL_1  3
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 9     6     0      2        1        3

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 9     6     0      2        1        3

JX-R2(config)#show ospfv3 database ls-type external
Database of OSPFv3 Process 1

           AS External Link State
 LinkId          ADV Router       Age      Seq#        CheckSum
Len       Prefix
 0.0.0.4         1.1.1.1          22      0x80000001   0xb8d7
44       200::/112
 0.0.0.5         4.4.4.4          180     0x80000001   0x86cb
44       30::/112
```

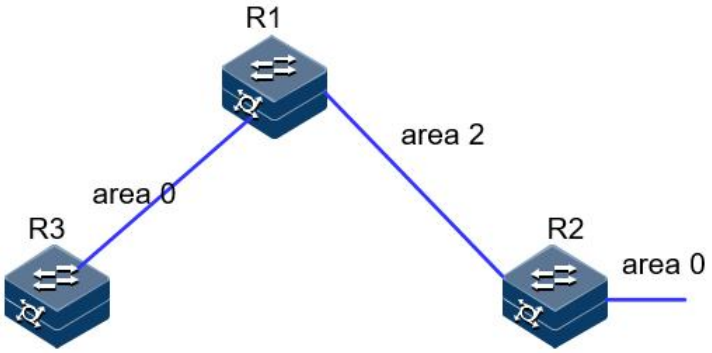
1.9.16 配置 OSPFV3 虚连接示例

组网需求

如下图所示，R3 位于区域 0；R1 连接区域 0 和区域 2，而 R2 连接区域 0 和区域 2，此时区域 0 被分割，区域 0 内无法学习到区域 2 的内部路由；区域 2 也无法学习到区域 0 的内部路由和其他区域的路由。此时需要在 R1 和 R4 间配置虚链路，连接 0 域。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-44 配置 OSPFV3 虚连接的组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

R1 和 R2 建邻接口使用 vlan12,R1 和 R3 建邻接口使用 vlan 13。R2 加一个环回口 1,地址 22::2/128，R3 增加环回口 1，地址 33::3/128。

步骤 2 配置 OSPF。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#router-id 1.1.1.1
JX-R1(config-ospfv3-1)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 13
JX-R1(config-vlanif-13)#ospfv3 1 area 0
JX-R1(config-vlanif-13)#exit
JX-R1(config)#interface vlan 12
JX-R1(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 2
JX-R1(config-vlanif-12)#exit
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospfv3 1
JX-R2(config-ospfv3-1)#router-id 2.2.2.2
JX-R2(config-ospfv3-1)#exit
JX-R2(config)#interface vlan 12
JX-R2(config-vlanif-12)#ospfv3 1 area 2
JX-R2(config-vlanif-12)#exit
JX-R2(config)#interface loopback 1
JX-R2(config-loopback-1)#ospfv3 1 area 0
```

R3：

```
JX-R3#configure
JX-R3(config)#ospfv3 1
JX-R3(config-ospfv3-1)#router-id 3.3.3.3
JX-R3(config-ospfv3-1)#exit
JX-R3(config)#interface vlan 13
JX-R3(config-vlanif-13)#ospfv3 1 area 0
JX-R3(config-vlanif-13)#exit
JX-R3(config)#interface loopback 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-R3(config-loopback-1)#ospfv3 1 area 0
```

步骤 3 检查配置结果。

```
JX-R1(config)#show ospfv3 neighbor

 Ospfv3 Process 1
 NeighborId        Priority  State    Interface     Instance
Aging    UpTime    IpAddress
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 2.2.2.2           1        Full     vlan-12       0        34
0:01:52   fe80::f2f1:f2ff:fef3:201
 3.3.3.3           1        Full     vlan-13       0        29
0:01:40   fe80::f2f1:f2ff:fef3:301
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
  Down:0       Attempt:0       Init:0       TwoWay:0
ExchangeStart:0       Exchange:0
  Loading:0       Full:2
```

R2 上无法学习到 33::3 的路由，R1、R3 也无法学习到 22::2 的路由

```
JX-R1(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ABR      2.2.2.2/32            0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    12::                          ::
 PREFIX    13::/64               0.0.0.0        INTRA      1
0          vlan-13    13::                          ::
 PREFIX    33::3/128             0.0.0.0        INTRA      2
0          vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 3     3     0      0        1        0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 3     3     0      0        1        0

JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix                AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32            0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::/64               0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    12::                          ::
 PREFIX    22::2/128             0.0.0.0        INTRA      1
0          loopback-1  22::2                        ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 2     2     0     0       1       0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 2     2     0     0       1       0
```

步骤 4 配置虚连接。

R1：

```
JX-R1#configure
JX-R1(config)#ospfv3 1
JX-R1(config-ospfv3-1)#area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

R2：

```
JX-R2#configure
JX-R2(config)#ospfv3 1
JX-R2(config-ospfv3-1)#area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

步骤 5 检查配置结果。

虚连接邻居正常建立

```
JX-R1(config)#show ospfv3 virtual-link
 Ospfv3 Process 1
 Area Id                  :0.0.0.2
 Neighbor Id              :2.2.2.2
 Local Interface          :2.2.2.2
 State                    :pointToPoint
 Event Change             :1
 Hello Interval           :10(s)
 Retransmit Interval      :5(s)
 Transmit Delay           :1(s)
 Dead Interval            :60(s)
 Link Lsa Count           :0
 Link LSA CksumSum        :0
 Neighbor Prefix          :12::2
 Neighbor State           :Full
 Neighbor Event Change    :4
```

路由表学习正常

```
JX-R1(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix              AreaId        PathType   Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                Backu
pNextHop
 ABR      2.2.2.2/32           0.0.0.2       INTRA      1
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201      ::
 PREFIX   12::/64              0.0.0.2       INTRA      1
0         vlan-12    12::                        ::
 PREFIX   12::1/128            0.0.0.2       INTRA      0
0         vlan-12    12::1                       ::
 PREFIX   12::2/128            0.0.0.2       INTRA      1
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201      ::
 PREFIX   13::/64              0.0.0.0       INTRA      1
0         vlan-13    13::                        ::
 PREFIX   22::2/128            0.0.0.0       INTRA      2
0         vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:201      ::
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
 PREFIX    33::3/128            0.0.0.0        INTRA      2
0          vlan-13    fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 6     6     0      0        2        0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 6     6     0      0        1        0

JX-R2(config)#show ospfv3 route
 Ospfv3 Process 1
 RoutType  Prefix               AreaId         PathType    Cost
Cost2      NextHopIf   NextHopNbr                  Backu
pNextHop
 ABR      1.1.1.1/32           0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::/64              0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    12::                          ::
 PREFIX    12::1/128            0.0.0.2        INTRA      1
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    12::2/128            0.0.0.2        INTRA      0
0          vlan-12    12::2                         ::
 PREFIX    13::/64              0.0.0.0        INTRA      2
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 PREFIX    22::2/128            0.0.0.0        INTRA      1
0          loopback-1  22::2                        ::
 PREFIX    33::3/128            0.0.0.0        INTRA      3
0          vlan-12    fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       ::
 Route:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 6     6     0      0        2        0

 Path:
 Prefix(Intra  Inter  External)ABR      ASBR     External
 6     6     0      0        1        0
```

1.10 IS-IS

1.10.1 简介

基本概念

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 (Connection Less Network Protocol, CLNP) 设计的 一种动态路由协议。 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 可支持大中

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

型网络，而且路由收敛速度快，因此可以作为除 OSPF 协议外的另一选择。20 世纪 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。

IS-IS 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。在下文中 IS 和路由器具有相同的含义。
- RD（Routing Domain），路由域。在一个路由域中一群 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，IS-IS 允许将整个路由域分为多个区域。
- LSDB（Link State Database），链路状态数据库。所有的网络内连接状态组成了链路状态数据库，在每一个 IS 中都至少有一个 LSDB。IS 使用 SPF 算法，利用 LSDB 来生成自己的路由。
- LSP（Link State Protocol Data Unit），链路状态报文。在 IS-IS 中，每一个 IS 都会生成至少一个 LSP，这些 LSP 包含了本 IS 的所有链路状态信息。每个 IS 收集本区域内所有的 LSP 与自己本地生成的 LSP 构成自己的 LSDB。
- Level-1 路由， Level-1 路由存在于同一区域内的不同 IS 之间，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，如果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。当目的地址在不同区域时， 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-1 路由器 (Ll 路由器)， Level-1 路由器负责区域内的路由，并且只维护 一个 Level-1 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(L2 路由器)，Level-2 路由器负责区域间的路由，并且只维护一个 Level-2 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（Ll/L2 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 LSDB 用于区域内路由，Level-2 的 LSDB 用于区域间路由。

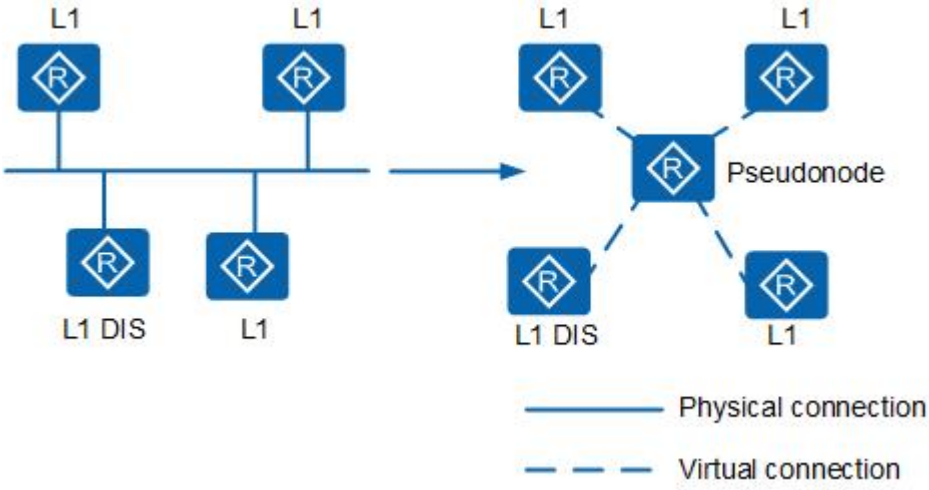
DIS 和伪节点

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 Intermediate System）。DIS 用来创建和更新伪节点（Pseudo nodes），并负责生成伪节点的链路状态协议数据单元 LSP（Link state Protocol Data Unit），用来描述这个网络上有哪些网络设备。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

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。

- 伪节点示意图



使用伪节点可以简化网络拓扑，使路由器产生的 LSP 长度较小。另外，当网络发生变化时，需要产生的 LSP 数量也会较少，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 优先级数值最大的被选为 DIS。如果优先级数值最大的路由器有多台，则其中 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。

IS-IS 协议中 DIS 与 OSPF 协议中 DR（Designated Router）的区别：

- 在 IS-IS 广播网中，优先级为 0 的路由器也参与 DIS 的选举，而在 OSPF 中优先级为 0 的路由器则不参与 DR 的选举。
- 在 IS-IS 广播网中，当有新的路由器加入，并符合成为 DIS 的条件时，这个路由器会被选中成为新的 DIS，原有的伪节点被删除。此更改会引起一组新的 LSP 泛洪。而在 OSPF 中，当一台新路由器加入后，即使它的 DR 优先级值最大，也不会立即成为该网段中的 DR。
- 在 IS-IS 广播网中，同一网段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。而在 OSPF 中，路由器只与 DR 和 BDR 建立邻接关系。

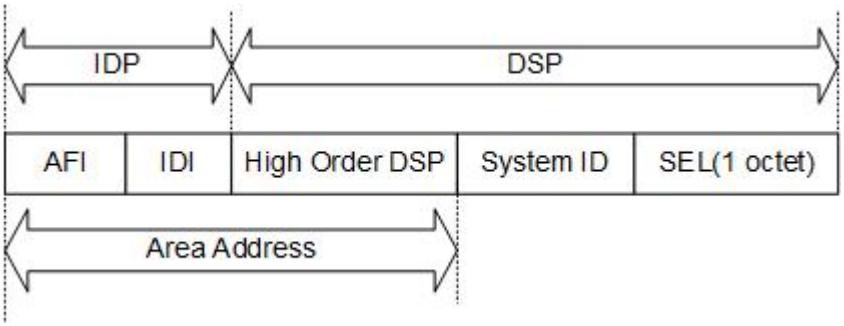
IS-IS 的地址结构

网络服务访问点 NSAP（Network Service Access Point）是 OSI 协议中用于定位资源的地址。NSAP 的地址结构如图 4 所示，它由 IDP（Initial Domain Part）和 DSP（Domain Specific Part）组成。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。•IDP 相当于 IP 地址中的主网络号。它是由 ISO 规定，并由 AFI（Authority and Format Identifier）与 IDI（Initial Domain Identifier）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

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

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（NSAP Selector）用来指示服务类型。

- IS-IS 协议的地址结构示意图



- Area Address：IDP 和 DSP 中的 High Order DSP 一起，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（Area Address），相当于 OSPF 中的区域编号。同一 Level-1 区域内的所有路由器必须具有相同的区域地址，Level-2 区域内的路由器可以具有不同的区域地址。一般情况下，一个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 IS-IS 进程下最多可配置 3 个区域地址。
- System ID：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）。

在实际应用中，一般使用 Router ID 与 System ID 进行对应。假设一台路由器使用接口 Loopback0 的 IP 地址 192.168.1.1 作为 Router ID，则它在 IS-IS 中使用的 System ID 可通过如下方法转换得到.

- 将 IP 地址 192.168.1.1 的每个十进制数都扩展为 3 位，不足 3 位的在前面补 0，得到 192.168.001.001
- 将扩展后的地址分为 3 部分，每部分由 4 位数字组成，得到 1921.6800.1001。重新组合的 1921.6800.1001 就是 System ID。
- 实际 System ID 的指定可以有不同的方法，但要保证能够唯一标识主机或路由器。
- SEL：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。

网络实体名称 NET（Network Entity Title）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。例如有 NET 为：ab.cdef.1234.5678.9abc.00，则其中 Area Address 为 ab.cdef，System ID 为 1234.5678.9abc，SEL 为 00。

IS-IS 的报文类型

IS-IS 报文有以下几种类型：HELLO PDU（Protocol Data Unit）、LSP 和 SNP。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- Hello PDU

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 IS-IS 使用 Level-1 LAN IIH；广播网中的 Level-2 IS-IS 使用 Level-2 LAN IIH；非广播网络中则使用 P2P IIH。它们的报文格式有所不同。P2P IIH 中相对于 LAN IIH 来说，多了一个表示本地链路 ID 的 Local Circuit ID 字段，缺少了表示广播网中 DIS 的优先级的 Priority 字段以及表示 DIS 和伪节点 System ID 的 LAN ID 字段。

- LSP

链路状态报文 LSP（Link State PDUs）用于交换链路状态信息。LSP 分为两种：Level-1 LSP 和 Level-2 LSP。Level-1 LSP 由 Level-1 IS-IS 传送，Level-2 LSP 由 Level-2 IS-IS 传送，Level-1-2 IS-IS 则可传送以上两种 LSP。

LSP 报文中主要字段的解释如下：

- ATT 字段：当 Level-1-2 IS-IS 在 Level-1 区域内传送 Level-1 LSP 时，如果 Level-1 LSP 中设置了 ATT 位，则表示该区域中的 Level-1 IS-IS 可以通过此 Level-1-2 IS-IS 通往外部区域。
- OL（LSDB Overload）字段：过载标志位。设置了过载标志位的 LSP 虽然还会在网络中扩散，但是在计算通过过载路由器的路由时不会被采用。即对路由器设置过载位后，其它路由器在进行 SPF 计算时不会使用这台路由器做转发，只计算该节点上的直连路由。更多内容请参见《原理描述-IS-IS 过载位》。
- IS Type 字段：用来指明生成此 LSP 的 IS-IS 类型是 Level-1 还是 Level-2 IS-IS（01 表示 Level-1，11 表示 Level-2）。
- SNP：序列号报文 SNP（Sequence Number PDUs）通过描述全部或部分数据库中的 LSP 来同步各 LSDB（Link-State DataBase），从而维护 LSDB 的完整与同步。SNP 包括全序列号报文 CSNP（Complete SNP）和部分序列号报文 PSNP（Partial SNP），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，当发现 LSDB 不同步时，也用 PSNP 来请求邻居发送新的 LSP。IS-IS 报文中的变长字段部分是多个 TLV（Type-Length-Value）三元组。其格式如图所示。TLV 也称为 CLV（Code-Length-Value）。

- 不同 PDU 类型所包含的 TLV 是不同的

	No. of Octets
Type	1
Length	1
Value	Length

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

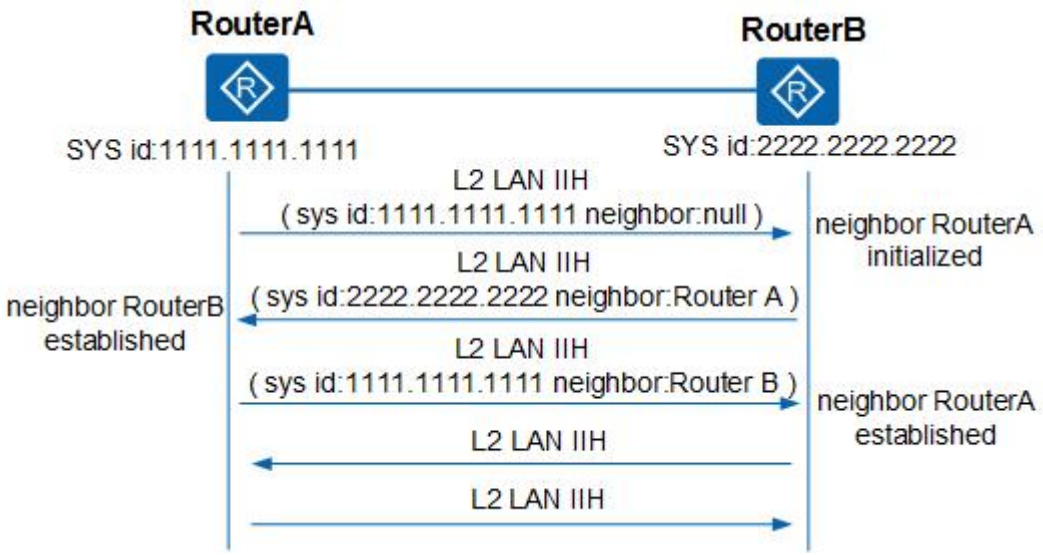
TLV Type	名称	所应用的 PDU 类型
1	Area Addresses	IIH、LSP
2	IS Neighbors（LSP）	LSP
4	Partition Designated Level2 IS	L2 LSP
6	IS Neighbors（MAC Address）	LAN IIH
7	IS Neighbors（SNPA Address）	LAN IIH
8	Padding	IIH
9	LSP Entries	SNP
10	Authentication Information	IIH、LSP、SNP
128	IP Internal Reachability Information	LSP
129	Protocols Supported	IIH、LSP
130	IP External Reachability Information	L2 LSP
131	Inter-Domain Routing Protocol Information	L2 LSP
132	IP Interface Address	IIH、LSP

IS-IS 邻居关系的建立

IS-IS 是一种链路状态路由协议，每一台路由器都会生成一个 LSP，它包含了该路由器所有使能 IS-IS 协议接口的链路状态信息。通过跟相邻设备建立 IS-IS 邻接关系，互相更新本地设备的 LSDB，可以使得 LSDB 与整个 IS-IS 网络的其他设备的 LSDB 实现同步。然后根据 LSDB 运用 SPF 算法计算出 IS-IS 路由。如果此 IS-IS 路由是到目的地址的最优路由，则此路由会下发到 IP 路由表中，并指导报文的转发。两台运行 IS-IS 的路由器在交互协议报文实现路由功能之前必须首先建立邻居关系。在不同类型的网络上，IS-IS 的邻居建立方式并不相同。广播链路邻居关系的建立

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 广播链路邻居关系建立过程



- RouterA 广播发送 Level-2 LAN IIH，此报文中无邻居标识。
- RouterB 收到此报文后，将自己和 RouterA 的邻居状态标识为 Initial。然后，RouterB 再向 RouterA 回复 Level-2 LAN IIH，此报文中标识 RouterA 为 RouterB 的邻居。
- RouterA 收到此报文后，将自己与 RouterB 的邻居状态标识为 Up。然后 RouterA 再向 RouterB 发送一个标识 RouterB 为 RouterA 邻居的 Level-2 LAN IIH。
- RouterB 收到此报文后，将自己与 RouterA 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。

- P2P 链路邻居关系的建立
- 在 P2P 链路上，邻居关系的建立不同于广播链路。分为两次握手机制和三次握手机制。
- 两次握手机制：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。
- 三次握手机制：此方式通过三次发送 P2P 的 IS-IS Hello PDU 最终建立起邻居关系，类似广播邻居关系的建立。

IS-IS 按如下原则建立邻居关系：

- 只有同一层次的相邻路由器才有可能成为邻居。
- 对于 Level-1 路由器来说，区域号必须一致。
- 链路两端 IS-IS 接口的网络类型必须一致。
- 链路两端 IS-IS 接口的地址必须处于同一网段。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

IS-IS 的 LSP 交互过程

LSP 产生的原因

IS-IS 路由域内的所有路由器都会产生 LSP，以下事件会触发一个新的 LSP：

- 邻居 Up 或 Down
- IS-IS 相关接口 Up 或 Down
- 引入的 IP 路由发生变化
- 区域间的 IP 路由发生变化
- 接口被赋了新的 metric 值
- 周期性更新
- 收到邻居新的 LSP 的处理过程
- 将接收的新的 LSP 合入到自己的 LSDB 数据库中，并标记为 flooding。
- 发送新的 LSP 到除了收到该 LSP 的接口之外的接口。
- 邻居再扩散到其他邻居。

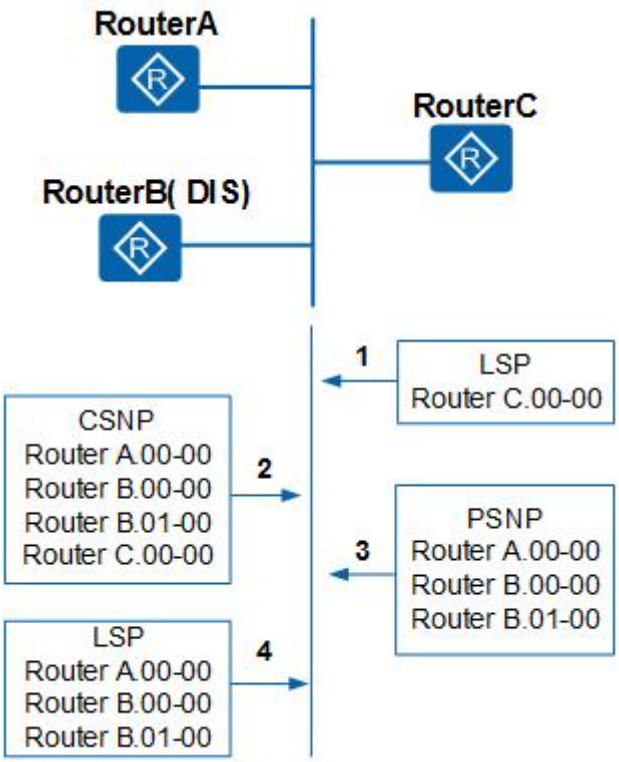
LSP 的“泛洪”

LSP 报文的“泛洪”（flooding）是指当一个路由器向相邻路由器通告自己的 LSP 后，相邻路由器再将同样的 LSP 报文传送到除发送该 LSP 的路由器外的其它邻居，并这样逐级将 LSP 传送到整个层次内所有路由器的一种方式。通过这种“泛洪”，整个层次内的每一个路由器就都可以拥有相同的 LSP 信息，并保持 LSDB 的同步。

每一个 LSP 都拥有一个标识自己的 4 字节的序列号。在路由器启动时所发送的第一个 LSP 报文中的序列号为 1，以后当需要生成新的 LSP 时，新 LSP 的序列号在前一个 LSP 序列号的基础上加 1。更高的序列号意味着更新的 LSP。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-45 P2P 链路上 LSDB 数据库的同步过程



- 如图所示，新加入的路由器 RouterC 首先发送 Hello 报文，与该广播域中的路由器建立邻居关系。
- 建立邻居关系之后，RouterC 等待 LSP 刷新定时器超时，然后将自己的 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 RouterC 的 LSP 加入到 LSDB 中，并等待 CSNP 报文定时器超时并发送 CSNP 报文，进行该网络内的 LSDB 同步。
- RouterC 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。
- DIS 收到该 PSNP 报文请求后向 RouterC 发送对应的 LSP 进行 LSDB 的同步。

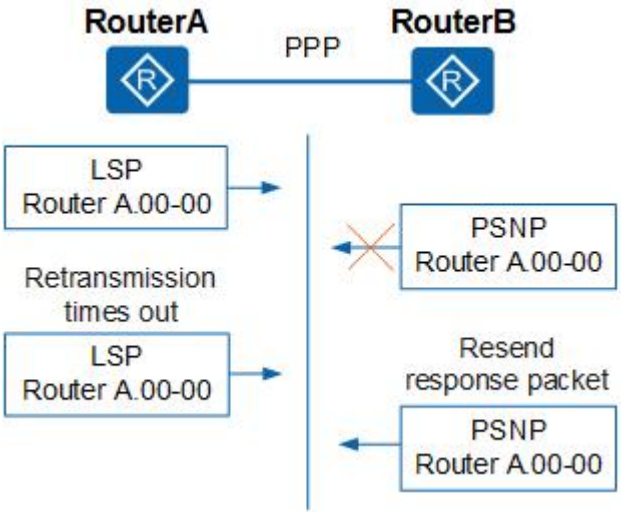
在上述过程中 DIS 的 LSDB 更新过程如下：

- DIS 接收到 LSP，在数据库中搜索对应的记录。若没有该 LSP，则将其加入数据库，并广播新数据库内容。
- 若收到的 LSP 序列号大于本地 LSP 的序列号，就替换为新报文，并广播新数据库内容；若收到的 LSP 序列号小本地 LSP 的序列号，就向入端接口发送本地 LSP 报文。
- 若两个序列号相等，则比较 Remaining Lifetime。若收到的 LSP 的 Remaining Lifetime 小于本地 LSP 的 Remaining Lifetime，就替换为新报文，并广播新数据库内容；若收到的 LSP 的 Remaining Lifetime 大于本地 LSP 的 Remaining Lifetime，就向入端接口发送本地 LSP 报文。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 若两个序列号和 Remaining Lifetime 都相等，则比较 Checksum。若收到的 LSP 的 Checksum 大于本地 LSP 的 Checksum，就替换为新报文，并广播新数据库内容；若收到的 LSP 的 Checksum 小于本地 LSP 的 Checksum，就向入端接口发送本地 LSP 报文。
- 若两个序列号、Remaining Lifetime 和 Checksum 都相等，则不转发该报文。

图 1-46 P2P 链路上 LSDB 数据库的同步过程



- RouterA 先与 RouterB 建立邻居关系。
- 建立邻居关系之后，RouterA 与 RouterB 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。
- 如图 3 所示假定 RouterB 向 RouterA 索取相应的 LSP。RouterA 发送 RouterB 请求的 LSP 的同时启动 LSP 重传定时器，并等待 RouterB 发送的 PSNP 作为收到 LSP 的确认。
- 如果在接口 LSP 重传定时器超时后，RouterA 还没有收到 RouterB 发送的 PSNP 报文作为应答，则重新发送该 LSP 直至收到 PSNP 报文。

在 P2P 链路中设备的 LSDB 更新过程如下：

- 若收到的 LSP 比本地的序列号更小，则直接给对方发送本地的 LSP，然后等待对方给自己一个 PSNP 报文作为确认；若收到的 LSP 比本地的序列号更大，则将这个新的 LSP 存入自己的 LSDB，再通过一个 PSNP 报文来确认收到此 LSP，最后再将这个新 LSP 发送给除了发送该 LSP 的邻居以外的邻居。
- 若收到的 LSP 序列号和本地相同，则比较 Remaining Lifetime，若收到 LSP 的 Remaining Lifetime 小于本地 LSP 的 Remaining Lifetime，则将收到的 LSP 存入 LSDB 中并发送 PSNP 报文来确认收到此 LSP，然后将该 LSP 发送给除了发送该 LSP 的邻居以外的邻居；若收到 LSP 的 Remaining Lifetime 大于本地 LSP 的 Remaining Lifetime，则直接给对方发送本地的 LSP，然后等待对方给自己一个 PSNP 报文作为确认。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 若收到的 LSP 和本地 LSP 的序列号相同且 Remaining Lifetime 都不为 0，则比较 Checksum，若收到 LSP 的 Checksum 大于本地 LSP 的 Checksum，则将收到的 LSP 存入 LSDB 中并发送 PSNP 报文来确认收到此 LSP，然后将该 LSP 发送给除了发送该 LSP 的邻居以外的邻居；若收到 LSP 的 Checksum 小于本地 LSP 的 Checksum，则直接给对方发送本地的 LSP，然后等待对方给自己一个 PSNP 报文作为确认。
- 若收到的 LSP 和本地 LSP 的序列号、Remaining Lifetime 和 Checksum 都相同，则不转发该报文。

1.10.2 配置准备

场景

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

前提

相邻节点的网络层可达。

1.10.3 缺省配置

设备上 IS-IS 的缺省配置如下。

功能	缺省值
IS-IS 全局功能状态	禁用
DIS 优先级	64
设备 level 级别	level-1-2
发送 Hello 报文时间间隔	10s
LSP 刷新时间间隔	900s
LSP 最大有效时间	1200s

1.10.4 配置 IS-IS 基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#isis` *`Process id`*	创建 IS-IS 进程并进入 IS-IS 视图
3	`JX(config-isis-1)#network-entity` *`net`*	在进入 IS-IS 视图之后，必须完成 IS-IS 进程的 NET 配置，IS-IS 协议才能真正启动

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
4	JX(config-isis-1)#**is-type** { **level-1** | **level-1-2** | **level-2** }	当 Level 级别为 Level-2 时，设备可以与同一或者不同区域的 Level-2 设备或者其它区域的 Level-1-2 设备形成邻居关系，并且只维护一个 Level-2 的 LSDB。 同时属于 Level-1 和 Level-2 的路由器称为 Level-1-2 路由器，它可以与同一区域的 Level-1 和 Level-1-2 路由器形成 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。Level-1 路由器必须通过 Level-1-2 路由器才能连接至其他区域。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。
5	JX(config-vlanif-1)#**isis enable** [*instance-id*]	使能 IS-IS 接口
6	1. JX (config-vlanif-1)#**isis circuit-level** { **level-1** | **level-2** | **level-1-2** | **default** }	配置接口的 level 级别。
7	2. JX (config-vlanif-1)#**isis dis-priority** { *priority-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	指定路由器的优先级数值
8	3. JX (config-vlanif-1)#**isis circuit-type** { **broadcast** | **p2p** }	配置 IS-IS 链路类型，默认链路类型为广播类型

1.10.5 配置 IS-IS 网络的安全性

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	4. JX(config-isis-1)#**area-authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** [**snp-packet** { **authentication-avoid** | **send-only** } | **all-send-only**]	配置 IS-IS 区域认证密码，并设置 ISIS 区域按照预定的方式和密码验证收到的 Level-1 路由信息报文（LSP 和 SNP），也可以用来为发送的 Level-1 报文加上认证信息。
2	5. JX(config-isis-1)#**domain-authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** [**snp-packet** { **authentication-avoid** | **send-only** } | **all-send-only**]	配置 IS-IS 路由域认证密码，并设置 IS-IS 路由域按照预设的方式和密码验证收到的 Level-2 路由信息报文（LSP 和 SNP）。
3	6. JX(config-vlanif-1)#**isis authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** { **level-1** | **level-2** | **p2p** }	设置 IS-IS 接口以指定的方式和密码验证 Hello 报文，并在发送的 Hello 报文中添加认证信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.10.6 配置 IS-IS 的选路

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	7. JX(config-isis-1)#**preference** { *priority* | **default** }	配置 IS-IS 协议路由的优先级。
2	8. JX(config-isis-1)#**cost-style** { **narrow** | **wide** | **compatible** | **narrow-compatible** | **wide-compatible** | **default** } { **level-1** | **level-2** }	可以接收开销类型为 narrow 和 wide 的路由，但却只发送 narrow 的路由。
3	9. JX(config-isis-1)#**maximum load-balancing** { *load-balancing-number* | **default** }	设置形成负载分担的等价路由的最大条数。
4	**10.** JX(config-isis-1)#**import-route level-2 to level-1**	将 Level-2 区域的路由渗透到本地 Level-1 区域。缺省情况下，Level-2 区域的路由信息不渗透到 Level-1 区域。

1.10.7 配置 IS-IS 的路由信息的交互

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	11. JX(config-isis-1)#**default-route -originate** { **none** | **level-1** | **level-2** | **level-1-2** }	设置 IS-IS 路由器生成缺省路由。
2	12. JX(config-isis-1)#**import-route** { **connect** | **static** | **rip** | **ospf** | **bgp** | **isis** } { **level-1** | **level-2** | **level-1-2** } [**cost** { **cost-value** | **default** | **inherit** } | **route-policy policy-name**]*	引入其它路由信息。
3	13. JX(config-isis-1)#**filter-policy import route-policy** *route-policy-name*	IS-IS 路由加入 IP 路由表时的过滤策略。
4	14. JX(config-isis-1)#**summary** *ip-address/maskLen* { **level-1** | **level-2** }	路由条目过多，会导致在转发数据时降低路由表查找速度，同时会增加管理复杂度，通过配置路由聚合，可以减小路由表的规模。

1.10.8 配置 IS-IS 的路由的收敛

请在设备上进行以下配置。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
1	15. JX(config-vlanif-1)#**isis hello-interval** { *interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	设置 IS-IS 发送 hello 包时间间隔。
2	16. JX(config-vlanif-1)#**isis hello-multiplier**{ *multiple-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置 IS-IS 的邻居保持时间倍数。
3	17. JX(config-vlanif-1)#**isis csnp-interval** { *interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置指定层级的 csnp 报文发送间隔。
4	18. JX(config-vlanif-1)#**isis psnp-interval** { *interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置指定层级的 psnp 报文发送间隔。
5	19. JX(config-isis-1)#**lsp-max-lifetime** { *max-life-value* | **default** }	配置路由器的链路状态数据包的刷新时间间隔。
6	20. JX(config-isis-1)#**lsp-generation max-interval** { *max-interval* | **default** } **init-interval** { *int-interval* | **default** } **incr-interval** { *incr-interval* | **default** } { **level-1** | **level-2** }	设置指定 IS-IS 进程产生 LSP 的延迟时间。

1.10.9 配置 IS-IS 的可靠性

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	21. JX(config-vlanif-1)#**isis bfd** { **enable** | **disable** }	使能或去使能 IS-IS 在指定接口下配置 BFD（即打开 BFD 开关），建立缺省参数值的 BFD 会话。

1.10.10 配置维护 IS-IS

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	22. JX(config-isis-1)#**reset isis** { *isis-instance* | **all** }	重置所有或者单个 IS-IS 实例。

1.10.11 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	23. JX#**show isis config**	查看 IS-IS 配置信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

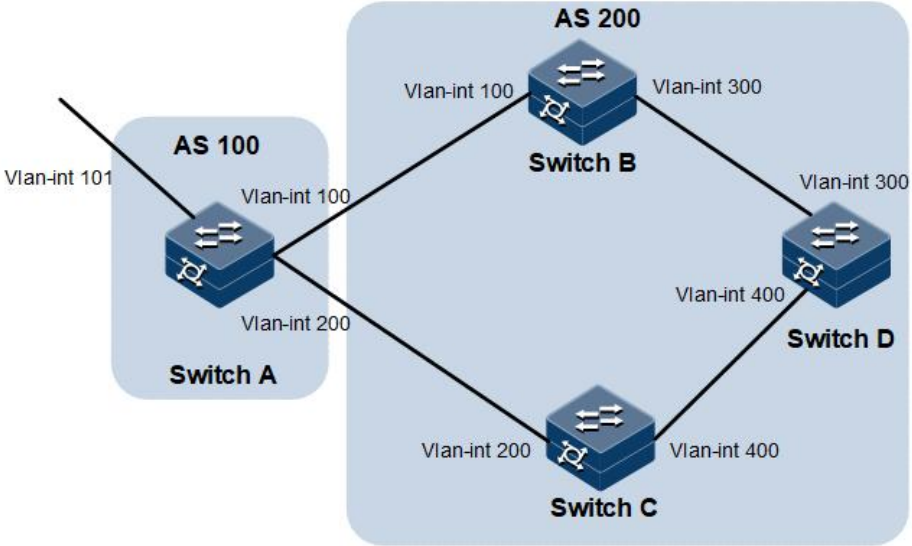
序号	检查项	说明
2	24. JX#show isis database	显示显示链路状态数据库。
3	25. JX#show isis interface	显示 IS-IS 的接口信息或者其接口的详细信息。
4	26. JX#show isis route	显示 IS-IS 路由信息
5	27. JX#show isis neighbor	显示 IS-IS 的邻居信息。

1.10.12 配置 IS-IS 的基本功能示例

组网需求

如下图所示，Switch A、Switch B、Switch C 和 Switch D 属于同一自治系统，要求它们之间通过 IS-IS 协议达到 IP 网络互连的目的。

Switch A 和 Switch B 为 Level-1 交换机，Switch D 为 Level-2 交换机，Switch C 作为 Level-1-2 交换机将两个区域相连。Switch A、Switch B 和 Switch C 的区域号为 10，Switch D 的区域号为 20。



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 IS-IS。

配置 Switch A:

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#is-type level-1
SwitchA(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
SwitchA(config-isis-1)#quit
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchA(config)#int vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch B:

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#isis 1
SwitchB(config-isis-1)#is-type level-1
SwitchB(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
SwitchB(config-isis-1)#quit
SwitchB(config)#int vlan 200
SwitchB(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-200)#quit
```

配置 Switch C:

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0003.00
SwitchC(config-isis-1)#quit
SwitchC(config)#int vlan 100
SwitchC(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#quit
SwitchC(config)#int vlan 200
SwitchC(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-200)#quit
SwitchC(config)#int vlan 300
SwitchC(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-300)#quit
```

配置 Switch D:

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#isis 1
SwitchD(config-isis-1)#is-type level-2
SwitchD(config-isis-1)#network-entity 20.0000.0000.0004.00
SwitchD(config-isis-1)#quit
SwitchD(config)#int vlan 300
SwitchD(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchD(config-vlanif-300)#quit
```

检查结果

显示各交换机的 IS-IS database 信息，查看 LSP 是否完整

```
SwitchA(config)#show isis database

                    Database Information for IS-IS(1)

                      Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq          Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
1     0000.0000.0001.00-00    1      3             52707     958
69      0/0/0
2     0000.0000.0001.01-00    1      1             8889      958
52      0/0/0
3     0000.0000.0002.00-00    1      3             7823      829
69      0/0/0
4     0000.0000.0002.01-00    1      1             13222     829
52      0/0/0
5     0000.0000.0003.00-00    1      7             24706     968
112     1/0/0

SwitchB(config)#show isis database

                    Database Information for IS-IS(1)

                      Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#     ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1     0000.0000.0001.00-00    1      3             52707     958
69      0/0/0
2     0000.0000.0001.01-00    1      1             8889      958
52      0/0/0
3     0000.0000.0002.00-00    1      3             7823      829
69      0/0/0
4     0000.0000.0002.01-00    1      1             13222     829
52      0/0/0
5     0000.0000.0003.00-00    1      7             24706     968
112     1/0/0


SwitchC(config)#show isis database

                    Database Information for IS-IS(1)

                      Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#     ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1     0000.0000.0001.00-00    1      3             52707     958
69      0/0/0
2     0000.0000.0001.01-00    1      1             8889      958
52      0/0/0
3     0000.0000.0002.00-00    1      3             7823      829
69      0/0/0
4     0000.0000.0002.01-00    1      1             13222     829
52      0/0/0
5     0000.0000.0003.00-00    1      7             24706     968
112     1/0/0

                      Level-2 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 3
#     ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
6     0000.0000.0003.00-00    2      5             42205     957
101     0/0/0
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
7     0000.0000.0003.03-00    2      1             18060     732
52      0/0/0
8     0000.0000.0004.00-00    2      5             20494     708
84      0/0/0
L1 Database Count :5
L2 Database Count :3


SwitchD(config)#show isis database

                   Database Information for IS-IS(1)

                     Level-2 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 3
#     ID                   Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1     0000.0000.0003.00-00    2      5             42205     957
101     0/0/0
2     0000.0000.0003.03-00    2      1             18060     732
52      0/0/0
3     0000.0000.0004.00-00    2      5             20494     708
84      0/0/0
```

显示各交换机的 IS-IS 路由信息。Level-1 交换机的路由表中应该有一条缺省路由，且下一跳为 Level-1-2 交换机，Level-2 交换机的路由表中应该有所有 Level-1 和 Level-2 的路由。

```
SwitchA(config)#show isis route
ISIS process 1
Level     Dst                  Nexthop           MAC
Cost    Time
Level-1   0.0.0.0/0             10.1.1.1
f0f1:f2f3:0101    10     0:10:56
Level-1   10.1.1.0/24           10.1.1.2
0000:0000:0000    10     0:11:31
Level-1   10.1.2.0/24           10.1.1.1
f0f1:f2f3:0101    20     0:10:56
Level-1   192.168.0.0/24         10.1.1.1
f0f1:f2f3:0101    20     0:10:56

SwitchB(config)#show isis route
ISIS process 1
Level     Dst                  Nexthop           MAC
Cost    Time
Level-1   0.0.0.0/0             10.1.2.1
f0f1:f2f3:0101    10     0:13:47
Level-1   10.1.1.0/24           10.1.2.1
f0f1:f2f3:0101    20     0:11:49
Level-1   10.1.2.0/24           10.1.2.2
0000:0000:0000    10     0:14:04
Level-1   192.168.0.0/24         10.1.2.1
f0f1:f2f3:0101    20     0:13:47

SwitchC(config)#show isis route
ISIS process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Level    Dst                  Nexthop          MAC
Cost   Time
Level-1  10.1.1.0/24           10.1.1.1
0000:0000:0000   10     0:12:31
Level-1  10.1.2.0/24           10.1.2.1
0000:0000:0000   10     0:16:14
Level-1  192.168.0.0/24        192.168.0.1
0000:0000:0000   10     0:16:39
Level-2  172.16.0.0/16         192.168.0.2
00e0:fcd7:47d1   10     0:16:26
Level-2  10.1.1.0/24           10.1.1.1
0000:0000:0000   10     0:12:31
Level-2  10.1.2.0/24           10.1.2.1
0000:0000:0000   10     0:16:14
Level-2  192.168.0.0/24        192.168.0.1
0000:0000:0000   10     0:16:39

SwitchD(config)#show isis route
ISIS process 1
Level    Dst                  Nexthop          MAC
Cost   Time
Level-2  172.16.0.0/16         172.16.0.1
00e0:fcd7:47d1   10     0:16:26
Level-2  10.1.1.0/24           192.168.0.1
0000:0000:0000   10     0:12:31
Level-2  10.1.2.0/24           192.168.0.1
0000:0000:0000   10     0:16:14
Level-2  192.168.0.0/24        192.168.0.2
0000:0000:0000   10    0:16:39
```

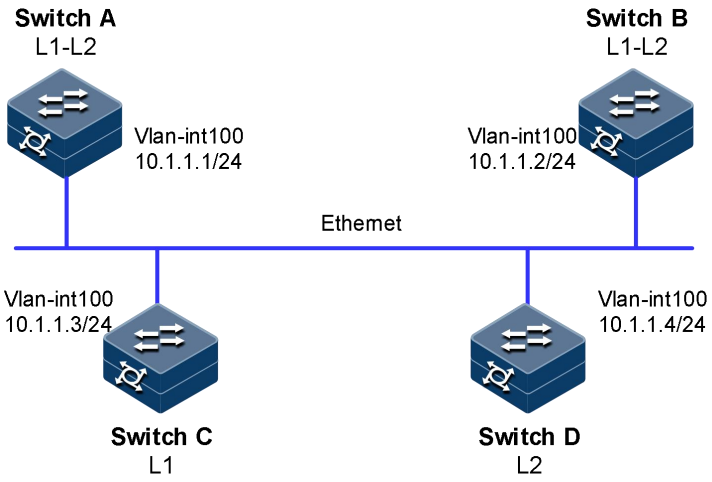
1.10.13 配置 IS-IS 的 DIS 选择示例

组网需求

如下图所示，Switch A、Switch B、Switch C 和 Switch D 都运行 IS-IS 路由协议以实现互连，它们属于同一区 域 10，网络类型为广播网（以太网）。

Switch A 和 Switch B 是 Level-1-2 交换机，Switch C 为 Level-1 交换机，Switch D 为 Level-2 交换机。要求通过改变接口的 DIS 优先级，将 Switch A 配置为 Level-1-2 的 DIS。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 IS-IS。

配置 Switch A:

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
SwitchA(config-isis-1)#quit
SwitchA(config)#int vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch B:

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#isis 1
SwitchB(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
SwitchB(config-isis-1)#quit
SwitchB(config)#int vlan 100
SwitchB(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch C,并配置该设备的 level1 的优先级为 127:

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0003.00
SwitchC(config-isis-1)#quit
SwitchC(config)#int vlan 100
SwitchC(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis dis-priority 127 level-1
SwitchC(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch D,并配置该设备的 level2 的优先级为 127:

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#isis 1
SwitchD(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0004.00
SwitchD(config-isis-1)#quit
SwitchD(config)#int vlan 100
SwitchD(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis dis-priority 127 level-2
SwitchD(config-vlanif-100)#quit
```

查看 Switch A 的 IS-IS 邻居信息。

```
SwitchA(config)#show isis neighbor

                 Neighbor information for IS-IS(1)
The total number of isis(1) neighbor is:6
Interface     Level   ID              MAC             Priority
HoldTime  UpTime            State        Name
vlan-100      L1      0000.0000.0002    f0f1.f2f3.0201    64
15       0 days 0:01:11      up
vlan-100      L2      0000.0000.0002    f0f1.f2f3.0201    64
11       0 days 0:01:32      up
vlan-100      L1      0000.0000.0003    f0f1.f2f3.0301    64
29       0 days 0:01:12      up
vlan-100      L2      0000.0000.0003    f0f1.f2f3.0301    64
23       0 days 0:01:12      up
vlan-100      L1      0000.0000.0004    f0f1.f2f3.0401    64
23       0 days 0:00:23      up
vlan-100      L2      0000.0000.0004    f0f1.f2f3.0401    64
24       0 days 0:00:48      up
```

查看 Switch B 的 IS-IS 邻居信息。

```
SwitchB(config)#show isis neighbor

                 Neighbor information for IS-IS(1)
The total number of isis(1) neighbor is:6
Interface     Level   ID              MAC             Priority
HoldTime  UpTime            State        Name
vlan-100      L2      0000.0000.0001    f0f1.f2f3.0101    64
19       0 days 0:00:48      up
vlan-100      L1      0000.0000.0001    f0f1.f2f3.0101    64
21       0 days 0:00:47      up
vlan-100      L1      0000.0000.0003    f0f1.f2f3.0301    64
21       0 days 0:00:30      up
vlan-100      L2      0000.0000.0003    f0f1.f2f3.0301    64
27       0 days 0:00:30      up
vlan-100      L1      0000.0000.0004    f0f1.f2f3.0401    64
27       0 days 0:00:08      up
vlan-100      L2      0000.0000.0004    f0f1.f2f3.0401    64
26       0 days 0:00:08      up
```

查看 Switch C 的 IS-IS 邻居信息。

```
SwitchC(config)#show isis neighbor
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
                Neighbor information for IS-IS(1)
The total number of isis(1) neighbor is:6
Interface    Level   ID              MAC             Priority
HoldTime  UpTime            State        Name
vlan-100     L2     0000.0000.0002   f0f1.f2f3.0201   64
26       0 days 0:00:36     up
vlan-100     L2     0000.0000.0001   f0f1.f2f3.0101   64
13       0 days 0:00:34     up
vlan-100     L1     0000.0000.0002   f0f1.f2f3.0201   64
21       0 days 0:00:35     up
vlan-100     L1     0000.0000.0004   f0f1.f2f3.0401   64
28       0 days 0:00:14     up
vlan-100     L2     0000.0000.0004   f0f1.f2f3.0401   64
27       0 days 0:00:09     up
vlan-100     L1     0000.0000.0001   f0f1.f2f3.0101   64
24       0 days 0:00:05     up
```

查看 Switch D 的 IS-IS 邻居信息。

```
SwitchD(config)#show isis neighbor
```

```
                Neighbor information for IS-IS(1)
The total number of isis(1) neighbor is:6
Interface    Level   ID              MAC             Priority
HoldTime  UpTime            State        Name
vlan-1       L1     0000.0000.0003   f0f1.f2f3.0301   64
22       0 days 0:00:25     up
vlan-1       L2     0000.0000.0003   f0f1.f2f3.0301   64
27       0 days 0:00:30     up
vlan-1       L2     0000.0000.0002   f0f1.f2f3.0201   64
25       0 days 0:00:37     up
vlan-1       L1     0000.0000.0002   f0f1.f2f3.0201   64
29       0 days 0:00:31     up
vlan-1       L2     0000.0000.0001   f0f1.f2f3.0101   64
19       0 days 0:00:19     up
vlan-1       L1     0000.0000.0001   f0f1.f2f3.0101   64
28       0 days 0:00:10     up
```

显示 Switch A 的 IS-IS 接口信息。

```
SwitchD(config)#show isis interface
```

```
                Interface information for IS-IS(1)
The total number of isis(1) interface is:1
Interface            CircID  Adminstate  Type       Level
MeshEnable  SmallHello
vlan-1               1        on         broadcast   L1-2  N/A
false
```

查看显示交换机的 IS-IS database 信息 level1 的 dis 为 **0000.0000.0003.01-00,** level2 的 dis 为 **0000.0000.0004.01-00**

```
SIM-MPU(config)#show isis database
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

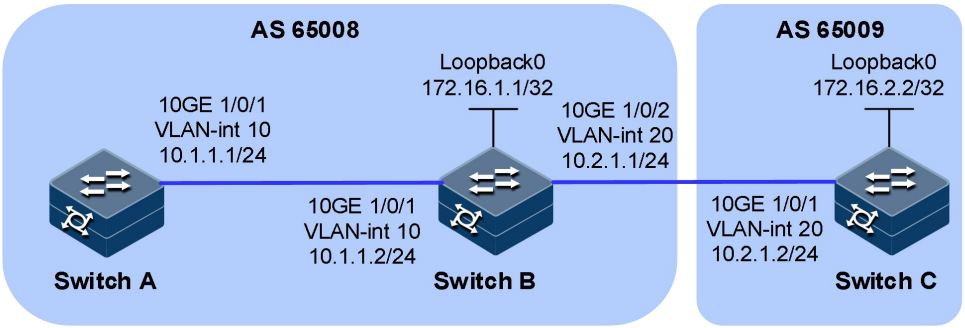
```
                    Database Information for IS-IS(1)

                      Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1    0000.0000.0001.00-00   1      4             1448     1147
69     0/0/0
2    0000.0000.0002.00-00   1      3             7312     1134
69     0/0/0
3    0000.0000.0003.00-00   1      2             13176
1133     69     0/0/0
4   0000.0000.0003.01-00  1    3       16247   1134   74   0/0/0
5    0000.0000.0004.00-00   1      3             18018
1143     69     0/0/0

                      Level-2 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
6    0000.0000.0001.00-00   2      3             12668
1138     69     0/0/0
7    0000.0000.0002.00-00   2      3             18021
1137     69     0/0/0
8    0000.0000.0003.00-00   2      3             23374
1141     69     0/0/0
9    0000.0000.0004.00-00   2      2             29238
1144     69     0/0/0
10  0000.0000.0004.01-00  2    1       12423   1144   74   0/0/0
L1 Database Count :5
L2 Database Count :5
```

1.10.14 配置 IS-IS 引入外部路由

组网需求

如下图所示，SwitchA 和 SwitchB 同属一个自治系统，两者建立 IS-IS 邻居关系。SwitchB 与 SwitchC 之间建立 EBGP 连接。现要求各网段之间都能互相通信，并且在 AS65008 发送传递路由信息至 AS65009 时需要改变度量。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 IS-IS 和 BGP 相关配置。

配置 Switch A:

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
SwitchA(config-isis-1)#quit
SwitchA(config)#int vlan 10
SwitchA(config-vlanif-10)#isis enable 1
SwitchA(config-vlanif-10)#quit
```

配置 Switch B:

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#isis 1
SwitchB(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
SwitchB(config-isis-1)#import-route bgp
SwitchB(config-isis-1)#quit
SwitchB(config)#int vlan 10
SwitchB(config-vlanif-10)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-10)#quit
SwitchB(config)#int vlan 20
SwitchB(config-vlanif-20)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-20)#quit

SwitchB(config)#bgp 65008
SwitchB(config-bgp)#router-id 172.16.1.1
SwitchB(config-bgp)#peer 10.2.1.2 as-number 65009
SwitchB(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.2.1.2 enable
SwitchB(config-bgp-af-ipv4)#network 10.2.1.0/24
```

配置 Switch C，bgp 协议会引入一条 192.168.1.0/24 静态路由:

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#ip route-static 192.168.1.0 255.255.255.0
10.2.1.3
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC(config)#bgp 65009
SwitchC(config-bgp)#router-id 172.16.2.2
SwitchC(config-bgp)#peer 10.2.1.1 as-number 65008
SwitchC(config-bgp)#ipv4-family unicast
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#neighbor 10.2.1.1 enable
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#network 10.2.1.0/24
SwitchC(config-bgp-af-ipv4)#import-route static
```

显示各路由器的 IS-IS 路由信息，switchB 中存在一条 BGP 的路由表项，在 switchA 的 IS-IS 和 ip 路由表中会存在 **192.168.1.0/24** 该网段的路由

```
SwitchA(config)#show isis route

ISIS process 1
Level     Dst                  Nexthop           MAC
Cost    Time
Level-1   10.1.1.0/24           10.1.1.1
0000:0000:0000    10      0:12:20
Level-1   10.2.1.0/24           10.1.1.2
f0f1:f2f3:0101    20      0:12:03
Level-1  192.168.1.0/24    10.1.1.2     f0f1:f2f3:0101  10
0:10:30
Level-2   10.1.1.0/24           10.1.1.1
0000:0000:0000    10      0:12:20
Level-2   10.2.1.0/24           10.1.1.2
f0f1:f2f3:0101    20      0:12:03
Level-2  192.168.1.0/24    10.1.1.2     f0f1:f2f3:0101  10
0:10:30


SwitchA(config)#show ip route
 Max Routing Number Limit: 131072
 Max Destination Number Limit: 771
 Routing Tables:
 Destination      Gateway         Pre/Cost     Proto
Interface         Mpls     Status    Vpn-Instance
------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 10.1.1.0/24      10.1.1.1          0/0        local  vlan-10
no       Up       N/A
                   10.1.1.1         50/10       isis   vlan-10
no       Up       N/A
 10.1.1.1/32      10.1.1.1          0/0        local  vlan-10
no       Up       N/A
 10.2.1.0/24      10.1.1.2         50/20       isis   vlan-10
no       Up       N/A
 127.0.0.1/32     127.0.0.1         0/0        local
loopback-0         no       Up       N/A
 192.168.1.0/24  10.1.1.2     50/10   isis  vlan-10      no
Up    N/A

SwitchB(config)#show isis route

ISIS process 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Level     Dst                  Nexthop          MAC
Cost    Time
Level-1   10.1.1.0/24           10.1.1.2
0000:0000:0000    10     0:13:51
Level-1   10.2.1.0/24           10.2.1.1
0000:0000:0000    10     0:14:07
Level-2   10.1.1.0/24           10.1.1.2
0000:0000:0000    10     0:13:51
Level-2   10.2.1.0/24           10.2.1.1
0000:0000:0000    10     0:14:07

SwitchB(config)#show ip route
 Max Routing Number Limit: 131072
 Max Destination Number Limit: 771
 Routing Tables:
 Destination      Gateway          Pre/Cost     Proto
Interface         Mpls     Status    Vpn-Instance
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 10.1.1.0/24      10.1.1.2          0/0        local  vlan-10
no       Up       N/A
                  10.1.1.2          50/10       isis   vlan-10
no       Up       N/A
 10.1.1.2/32      10.1.1.2          0/0        local  vlan-10
no       Up       N/A
 10.2.1.0/24      10.2.1.1          0/0        local  vlan-20
no       Up       N/A
                  10.2.1.1          50/10       isis   vlan-20
no       Up       N/A
 10.2.1.1/32      10.2.1.1          0/0        local  vlan-20
no       Up       N/A
 127.0.0.1/32     127.0.0.1         0/0        local
loopback-0        no       Up       N/A
 172.16.1.1/32    172.16.1.1        0/0        local
loopback-1        no       Up       N/A
 192.168.1.0/24  10.2.1.2    255/60    bgp  vlan-20      no
Up    N/A
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 Total: 9         Static: 0         Down: 0         Destination:
7
```

1.10.15 配置 IS-IS 验证配置举例

组网需求

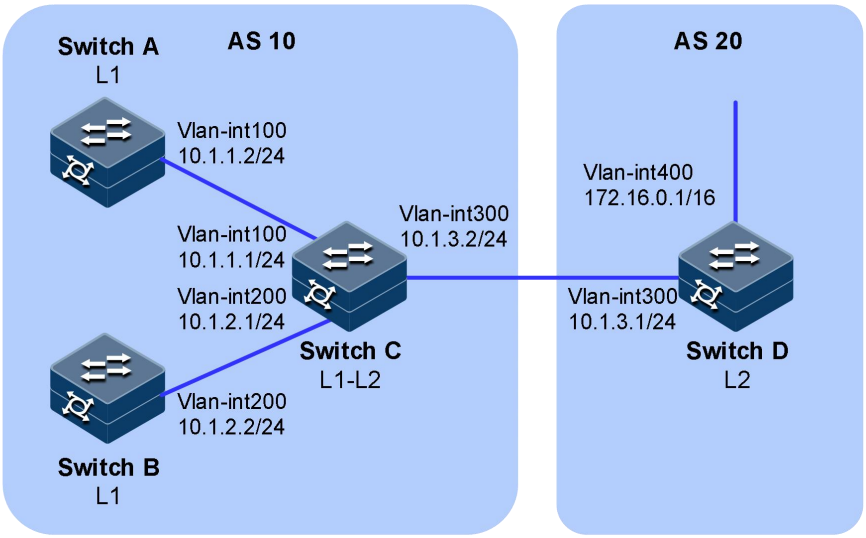
如下图所示，Switch A、Switch B、Switch C 和 Switch D 属于同一路由域，要求它们之间通过 IS-IS 协议达到 IP 网络互连的目的。

其中，Switch A、Switch B 和 Switch C 属于同一个区域，区域号为 10，Switch D 属于另外一个区域，区域号为 20。

在区域 10 内配置区域验证，防止不可信任的路由信息加入到区域 10 的 LSDB 中；在 Switch C 和 Switch D 上配置路由域验证，防止将不可信的

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

路由信息注入当前路由域；分别在 Switch A、SwitchB、Switch C 和 Switch D 上配置邻居关系验证。



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址。

步骤 2 配置 IS-IS 基本功能。

配置 Switch A:

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
SwitchA(config-isis-1)#quit
SwitchA(config)#int vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch B:

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#isis 1
SwitchB(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
SwitchB(config-isis-1)#quit
SwitchB(config)#int vlan 200
SwitchB(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-200)#quit
```

配置 Switch C:

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0003.00
SwitchC(config-isis-1)#quit
SwitchC(config)#int vlan 100
SwitchC(config-vlanif-100)#isis enable 1
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC(config-vlanif-100)#quit
SwitchC(config)#int vlan 200
SwitchC(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-200)#quit
SwitchC(config)#int vlan 300
SwitchC(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-300)#quit
```

配置 Switch D:

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#isis 1
SwitchD(config-isis-1)#is-type level-2
SwitchD(config-isis-1)#network-entity 20.0000.0000.0004.00
SwitchD(config-isis-1)#quit
SwitchD(config)#int vlan 300
SwitchD(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchD(config-vlanif-300)#quit
```

步骤 3 在 SwitchA、SwitchB、SwitchC 和 SwitchD 之间建立邻居关系验证。

分别在 Switch A 的 Vlan-interface100、Switch C 的 interface vlan 100 配置邻居关系验证，验证方式为 MD5 明文，验证相同密码能够建立邻居。

```
SwitchA(config)#int vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#isis authentication-mode md5 plain
abcd
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
SwitchC(config)#int vlan 100
SwitchC(config-vlanif-100)#isis authentication-mode md5 plain
abcd
SwitchC(config-vlanif-100)#quit
```

分别在 Switch B 的 Vlan-interface100、Switch C 的 interface vlan 100 配置邻居关系验证，验证方式为 MD5 明文，验证不同密码不能够建立邻居。

```
SwitchB(config)#int vlan 200
SwitchB(config-vlanif-200)#isis authentication-mode md5 plain
abcd
SwitchB(config-vlanif-200)#quit
SwitchC(config)#int vlan 200
SwitchC(config-vlanif-200)#isis authentication-mode md5 plain
dcba
SwitchC(config-vlanif-200)#quit
```

分别在 Switch A 和 Switch C 上配置区域验证，验证方式为 MD5 明文验证，验证密码相同时能够正常学到路由，不同则学不到路由。

```
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#area-authentication-mode md5 plain abcd
SwitchA(config-isis-1)#quit
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#area-authentication-mode md5 plain abcd
SwitchC(config-isis-1)#quit
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

分别在 Switch C 和 Switch D 上配置路由域验证，验证方式为 MD5 明文验，验证密码相同时能够正常学到路由，不同则学不到路由。

```
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#domain-authentication-mode md5 plain
abcd
SwitchC(config-isis-1)#quit
SwitchD(config)#isis 1
SwitchD(config-isis-1)#domain-authentication-mode md5 plain
abcd
SwitchD(config-isis-1)#quit
```

1.11 IS-IS（IPv6）

1.11.1 简介

基本概念

本章只介绍 IS-IS for IPv6 的区别，有关 IS-IS 协议的具体实现原理读者可参见 IS-IS 原理描述。

IS-IS 最初是为 OSI 网络设计的一种基于链路状态算法的动态路由协议。之后为了提供对 IPv4 的路由支持，扩展应用到 IPv4 网络，称为集成 IS-IS。

随着 IPv6 网络的建设，同样需要动态路由协议为 IPv6 报文的转发提供准确有效的路由信息。IS-IS 路由协议结合自身具有良好的扩展性的特点，实现了对 IPv6 网络层协议的支持，可以发现和生成 IPv6 路由。

IETF 的 draft-ietf-isis-ipv6-05 中规定了 IS-IS 为支持 IPv6 所新增的内容。为了支持 IPv6 路由的处理和计算，IS-IS 新增了两个 TLV（Type-Length-Value）和一个新的 NLPID（Network Layer Protocol Identifier）。

新增的两个 TLV 分别是：

- IPv6 Reachability：类型值为 236（0xEC），通过定义路由信息前缀、度量值等信息来说明网络的可达性。
- IPv6 Interface Address：类型值为 232（0xE8），它对应于 IPv4 中的“IP Interface Address”TLV，只不过把原来的 32 比特的 IPv4 地址改为 128 比特的 IPv6 地址。

NLPID 是标识网络层协议报文的一个 8 比特字段，IPv6 的 NLPID 值为 142（0x8E）。如果 IS-IS 路由器支持 IPv6，那么它必须以这个 NLPID 值向外发布路由信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.11.2 配置准备

场景

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

前提

相邻节点的网络层可达。

1.11.3 缺省配置

设备上 IS-IS（IPv6）的缺省配置如下。

功能	缺省值
IS-IS 全局功能状态	禁用
DIS 优先级	64
设备 level 级别	level-1-2
发送 Hello 报文时间间隔	10s
LSP 刷新时间间隔	900s
LSP 最大有效时间	1200s

1.11.4 配置 IS-IS（IPv6）基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#isis` *`Process id`*	创建 IS-IS 进程并进入 IS-IS 视图
3	`JX(config-isis-1)#network-entity` *`net`*	在进入 IS-IS 视图之后，必须完成 IS-IS 进程的 NET 配置，IS-IS 协议才能真正启动

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
4	JX(config-isis-1)#**is-type** { **level-1** | **level-1-2** | **level-2** }	配置全局 level 级别。当 Level 级别为 Level-1 时，设备只与属于同一区域的 Level-1 和 Level-1-2 设备形成邻居关系，并且只负责维护 Level-1 的链路状态数据库 LSDB。 当 Level 级别为 Level-2 时，设备可以与同一或者不同区域的 Level-2 设备或者其它区域的 Level-1-2 设备形成邻居关系，并且只维护一个 Level-2 的 LSDB。 同时属于 Level-1 和 Level-2 的路由器称为 Level-1-2 路由器，它可以与同一区域的 Level-1 和 Level-1-2 路由器形成 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。Level-1 路由器必须通过 Level-1-2 路由器才能连接至其他区域。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。
5	JX(config-isis-1)#**ipv6 enable** [**topology** { **compatible** | **ipv6** | **standard** }]	使能 ISIS 进程的 IPv6 能力，默认使能的是标准的 ipv6 功能。
6	JX(config-vlanif-1)#**isis-ipv6 enable** [*instance-id*]	使能 IS-IS（ipv6）接口
7	JX (config-vlanif-1)#**isis circuit-level** { **level-1** | **level-2** | **level-1-2** | **default** }	配置接口的 level 级别。
8	JX(config-vlanif-1)#**isis dis-priority** { *priority-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	指定路由器的优先级数值
9	JX(config-vlanif-1)#**isis circuit-type** { **broadcast** | **p2p** }	配置 IS-IS 链路类型，默认链路类型为广播类型

1.11.5 配置 IS-IS（IPv6）网络的安全性

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-isis-1)#**area-authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** [**snp-packet** { **authentication-avoid** | **send-only** } | **all-send-only**]	配置 IS-IS 区域认证密码，并设置 ISIS 区域按照预定的方式和密码验证收到的 Level-1 路由信息报文（LSP 和 SNP），也可以用来为发送的 Level-1 报文加上认证信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
2	JX(config-isis-1)#**domain-authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** [**snp-packet** { **authentication-avoid** | **send-only** } | **all-send-only**]	配置 IS-IS 路由域认证密码，并设置 IS-IS 路由域按照预设的方式和密码验证收到的 Level-2 路由信息报文（LSP 和 SNP）。
3	JX(config-vlanif-1)#**isis authentication-mode** { **simple** | **md5** } { **cipher** | **plain** } **password** { **level-1** | **level-2** | **p2p** }	设置 IS-IS 接口以指定的方式和密码验证 Hello 报文，并在发送的 Hello 报文中添加认证信息。

1.11.6 配置 IS-IS（IPv6）的选路

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-isis-1)#**ipv6 preference** { *priority* | **default** }	配置 IS-IS（IPv6）协议路由的优先级。
2	JX(config-isis-1)#**cost-style** { **narrow** | **wide** | **compatible** | **narrow-compatible** | **wide-compatible** | **default** } { **level-1** | **level-2** }	可以接收开销类型为 narrow 和 wide 的路由，但却只发送 narrow 的路由。
3	JX(config-isis-1)#**ipv6 maximum load-balancing** { *load-balancing-number* | **default** }	设置 IPv6 形成负载分担的等价路由的最大条数。
4	JX(config-isis-1)#**import-route level-2 to level-1**	将 Level-2 区域的路由渗透到本地 Level-1 区域。缺省情况下，Level-2 区域的路由信息不渗透到 Level-1 区域。

1.11.7 配置 IS-IS（IPv6）的路由信息的交互

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-isis-1)#**default-route-originate ipv6** { **none** | **level-1** | **level-2** | **level-1-2** }	设置 IS-IS（IPv6）路由器生成缺省路由。
2	JX(config-isis-1)#**import-route ipv6** { **connect** | **static** | **rip** | **ospf** | **bgp** | **isis** } { **level-1** | **level-2** | **level-1-2** } [**cost** { **cost-value** | **default** | **inherit** } | **route-policy** *policy-name*]*	引入其它路由信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
3	JX(config-isis-1)#**filter-policy import route-policy** *route-policy-name*	IS-IS（IPv6）路由加入 IP 路由表时的过滤策略。
4	JX(config-isis-1)#**ipv6 summary** *ip-address/maskLen* { **level-1** | **level-2** }	路由条目过多，会导致在转发数据时降低路由表查找速度，同时会增加管理复杂度，通过配置路由聚合，可以减小路由表的规模。

1.11.8 配置 IS-IS（IPv6）的路由的收敛

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-vlanif-1)#**isis hello-interval** { *interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	设置 IS-IS 发送 hello 包时间间隔。
2	JX(config-vlanif-1)#**isis hello-multiplier**{ *multiple-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置 IS-IS 的邻居保持时间倍数。
3	JX(config-vlanif-1)#**isis csnp-interval** {*interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置指定层级的 csnp 报文发送间隔。
4	JX(config-vlanif-1)#**isis psnp-interval** {*interval-value* | **default** } [**level-1** | **level-2**]	配置指定层级的 psnp 报文发送间隔。
5	JX(config-isis-1)#**lsp-max-lifetime** { *max-life-value* | **default** }	配置路由器的链路状态数据包的刷新时间间隔。
6	JX(config-isis-1)#**lsp-generation max-interval** { *max-interval* | **default** } **init-interval** { *int-interval* | **default** } **incr-interval** { *incr-interval* | **default** } { **level-1** | **level-2** }	设置指定 IS-IS 进程产生 LSP 的延迟时间。

1.11.9 配置 IS-IS（IPv6）的可靠性

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-vlanif-1)#**isis-ipv6 bfd** { **enable** | **disable** }	使能或去使能 IS-IS（IPv6）在指定接口下配置 BFD（即打开 BFD 开关），建立缺省参数值的 BFD 会话。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.11.10 配置维护 IS-IS（IPv6）

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX(config-isis-1)#**reset isis** { *isis-instance* | **all** }	重置所有或者单个 IS-IS 实例。

1.11.11 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

序号	检查项	说明
1	JX#**show isis config**	查看 IS-IS 配置信息。
2	JX#**show isis database**	显示显示链路状态数据库。
3	JX#**show isis interface**	显示 IS-IS 的接口信息或者其接口的详细信息。
4	JX#**show isis-ipv6 route**	显示 IS-IS（IPv6）路由信息
5	JX#**show isis neighbor**	显示 IS-IS 的邻居信息。

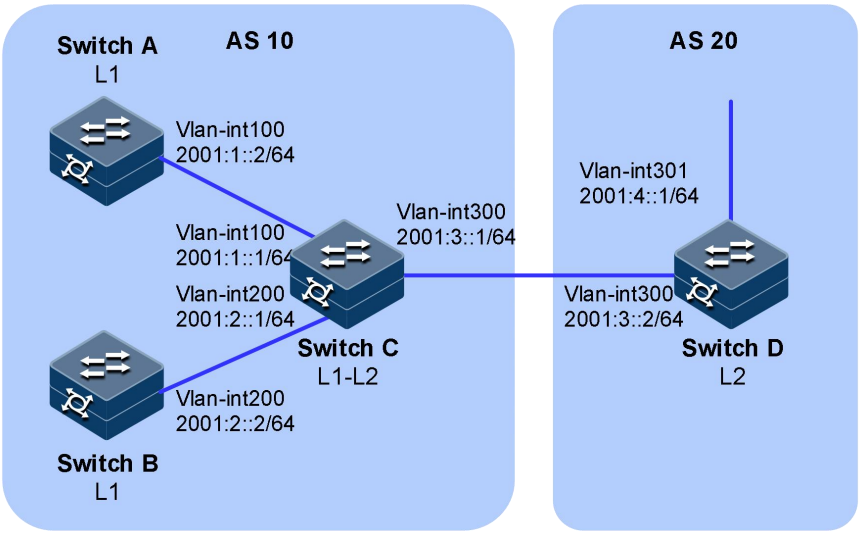
1.11.12 配置 IS-IS（IPv6）的基本功能示例

组网需求

如下图所示，Switch A、Switch B、Switch C 和 Switch D 属于同一自治系统，要求它们之间通过 IS-IS 协议达到 IP 网络互连的目的。

Switch A 和 Switch B 为 Level-1 交换机，Switch D 为 Level-2 交换机，Switch C 作为 Level-1-2 交换机将两个区域相连。Switch A、Switch B 和 Switch C 的区域号为 10，Switch D 的区域号为 20。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司



配置步骤

配置各接口的 IP 地址。

配置 IS-IS（IPv6）。

配置 Switch A:

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#isis 1
SwitchA(config-isis-1)#is-type level-1
SwitchA(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
SwitchA(config-isis-1)#ipv6 enable topology standard
SwitchA(config-isis-1)#quit
SwitchA(config)#int vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
```

配置 Switch B:

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#isis 1
SwitchB(config-isis-1)#is-type level-1
SwitchB(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
SwitchB(config-isis-1)#ipv6 enable topology standard
SwitchB(config-isis-1)#quit
SwitchB(config)#int vlan 200
SwitchB(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchB(config-vlanif-200)#quit
```

配置 Switch C:

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#isis 1
SwitchC(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0003.00
SwitchC(config-isis-1)#ipv6 enable topology standard
SwitchC(config-isis-1)#quit
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC(config)#int vlan 100
SwitchC(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis dis-priority 127
SwitchC(config-vlanif-100)#quit
SwitchC(config)#int vlan 200
SwitchC(config-vlanif-200)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis dis-priority 127
SwitchC(config-vlanif-200)#quit
SwitchC(config)#int vlan 300
SwitchC(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchC(config-vlanif-100)#isis dis-priority 127
SwitchC(config-vlanif-300)#quit
```

配置 Switch D:

```
SwitchD#configure
SwitchD(config)#isis 1
SwitchD(config-isis-1)#is-type level-2
SwitchD(config-isis-1)#network-entity 20.0000.0000.0004.00
SwitchD(config-isis-1)#ipv6 enable topology standard
SwitchD(config-isis-1)#quit
SwitchD(config)#int vlan 300
SwitchD(config-vlanif-300)#isis enable 1
SwitchD(config-vlanif-300)#quit
```

检查结果

显示各交换机的 IS-IS database 信息，查看 LSP 是否完整

```
SwitchA(config)#show isis database

                    Database Information for IS-IS(1)

                      Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq          Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1    0000.0000.0001.00-00   1      5            11192    836
83     0/0/0
2    0000.0000.0002.00-00   1      5            36943    832
83     0/0/0
3    0000.0000.0003.00-00   1      9            11945    818
154    1/0/0
4    0000.0000.0003.01-00   1      1            10925    812
52     0/0/0
5    0000.0000.0003.02-00   1      1            12708    818
52     0/0/0
L1 Database Count :5
L2 Database Count :0

SwitchB(config)##show isis database

                    Database Information for IS-IS(1)
                      Level-1 Link State Database
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1    0000.0000.0001.00-00   1      5            11192    800
83     0/0/0
2    0000.0000.0002.00-00   1      5            36943    834
83     0/0/0
3    0000.0000.0003.00-00   1      9            11945    794
154    1/0/0
4    0000.0000.0003.01-00   1      1            10925    789
52     0/0/0
5    0000.0000.0003.02-00   1      1            12708    794
52     0/0/0
L1 Database Count :5
L2 Database Count :0

SwitchC(config)#show isis database
                   Database Information for IS-IS(1)

                     Level-1 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 5
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
1    0000.0000.0001.00-00   1      5            11192    898
83     0/0/0
2    0000.0000.0002.00-00   1      5            36943    906
83     0/0/0
3    0000.0000.0003.00-00   1      9            11945    893
154    1/0/0
4    0000.0000.0003.01-00   1      1            10925    887
52     0/0/0
5    0000.0000.0003.02-00   1      1            12708    893
52     0/0/0

                     Level-2 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 3
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
6    0000.0000.0003.00-00   2      6            55969    841
143    0/0/0
7    0000.0000.0003.03-00   2      1            18060    821
52     0/0/0
8    0000.0000.0004.00-00   2      6            8674     792
116    0/0/0
L1 Database Count :5
L2 Database Count :3

SwitchD(config)#show isis database

                   Database Information for IS-IS(1)

                     Level-2 Link State Database
The total number of isis 1 database is: 3
#    ID                  Level   Seq           Checksum
Lifetime  Length  ATT/P/OL
6    0000.0000.0003.00-00   2      6            55969    841
143    0/0/0
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
7     0000.0000.0003.03-00    2      1             18060     821
52      0/0/0
8     0000.0000.0004.00-00    2      6             8674      792
116     0/0/0
L1 Database Count :0
L2 Database Count :3
```

显示各交换机的 IS-IS 路由信息。Level-1 交换机的路由表中应该有一条缺省路由，且下一跳为 Level-1-2 交换机，Level-2 交换机的路由表中应该有所有 Level-1 和 Level-2 的路由。

```
SwitchA(config)##show isis-ipv6 route

ISIS process 1
Level     Dst                          Nexthop
MAC             Cost    Time
Level-1   ::/0                         fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
f0f1:f2f3:0101    10      0:02:07
Level-1   2001:1::/64                   2001:1::2
0000:0000:0000    10      0:03:08
Level-1   2001:2::/64                   fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
f0f1:f2f3:0101    20      0:02:07
Level-1   2001:3::/64                   fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
f0f1:f2f3:0101    20      0:02:07
  Total:4

SwitchB(config)#show isis-ipv6 route

ISIS process 1
Level     Dst                          Nexthop
MAC             Cost    Time
Level-1   ::/0                         fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
f0f1:f2f3:0101    10      0:02:46
Level-1   2001:1::/64
fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       f0f1:f2f3:0101    20
0:02:46
Level-1   2001:2::/64                   2001:2::2
0000:0000:0000    10      0:03:18
Level-1   2001:3::/64
fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       f0f1:f2f3:0101    20
0:02:46
  Total:4

SwitchC(config)#show isis-ipv6 route

ISIS process 1
Level     Dst                          Nexthop
MAC             Cost    Time
Level-1   2001:1::/64                   2001:1::1
0000:0000:0000    10      0:03:55
Level-1   2001:2::/64                   2001:2::1
0000:0000:0000    10      0:03:55
Level-1   2001:3::/64                   2001:3::1
0000:0000:0000    10      0:05:31
Level-2   2001:1::/64                   2001:1::1
0000:0000:0000    10      0:03:55
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Level-2   2001:2::/64                  2001:2::1
0000:0000:0000    10     0:03:55
Level-2   2001:3::/64                  2001:3::1
0000:0000:0000    10     0:05:31
Level-2   2001:4::/64
fe80::2e0:fcff:feda:53e9       00e0:fcda:53e9    10
0:05:25
  Total:7
```

1.12 RIP

1.12.1 简介

功能

RIP（Routing Information Protocol，路由信息协议）是一种较为简单的内部网关协议（Interior Gateway Protocol，IGP），主要用于规模较小的网络中，比如校园网以及结构较简单的地区性网络。对于更为复杂的环境和大型网络，一般不使用 RIP。

由于 RIP 的实现较为简单，在配置和维护管理方面也远比 OSPF 和 IS-IS 容易，因此在实际组网中仍有广泛的应用。

RIP 的基本概念

RIP 是一种基于距离矢量（Distance-Vector）算法的协议，它通过 UDP 报文进行路由信息的交换，使用的端口号为 520。

RIP 使用跳数来衡量到达目的地址的距离，跳数称为度量值。在 RIP 中，路由器到与它直接相连网络的跳数为 0，通过一个路由器可达的网络的跳数为 1，其余依此类推。为限制收敛时间，RIP 规定度量值取 0～15 之间的整数，大于或等于 16 的跳数被定义为无穷大，即目的网络或主机不可达。由于这个限制，使得 RIP 不适合应用于大型网络。

为提高性能，防止产生路由环路，RIP 支持水平分割（Split Horizon）和毒性逆转（Poison Reverse）功能。

RIP 的路由数据库

每个运行 RIP 的路由器管理一个路由数据库，该路由数据库包含了到所有可达目的地的路由项，这些路由项包含下列信息：

- 目的地址：主机或网络的地址。
- 下一跳地址：为到达目的地，需要经过的相邻路由器的接口 IP 地址。
- 出接口：本路由器转发报文的出接口。
- 度量值：本路由器到达目的地的开销。
- 路由时间：从路由项最后一次被更新到现在所经过的时间，路由项每次被更新时，路由时间重置为 0。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 路由标记（Route Tag）：用于标识外部路由，在路由策略中可根据路由标记对路由信息进行灵活的控制。关于路由策略的详细信息，请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“路由策略”。

RIP 防止路由环路的机制

RIP 协议向邻居通告的是自己的路由表，有可能会发生路由环路，可以通过以下机制来避免：

- 计数到无穷（Counting to infinity）：将度量值等于 16 的路由定义为不可达（infinity）。在路由环路发生时，某条路由的度量值将会增加到 16，该路由被认为不可达。
- 触发更新（Triggered Updates）：RIP 通过触发更新来避免在多个路由器之间形成路由环路的可能，而且可以加速网络的收敛速度。一旦某条路由的度量值发生了变化，就立刻向邻居路由器发布更新报文，而不是等到更新周期的到来。
- 水平分割（Split Horizon）：RIP 从某个接口学到的路由，不会从该接口再发回给邻居路由器。这样不但减少了带宽消耗，还可以防止路由环路。
- 毒性逆转（Poison Reverse）：RIP 从某个接口学到路由后，将该路由的度量值设置为 16（不可达），并从原接口发回邻居路由器。利用这种方式，可以清除对方路由表中的无用信息。

RIP 的版本

RIP 有两个版本：RIP-1 和 RIP-2。

RIP-1 是有类别路由协议（Classful Routing Protocol），它只支持以广播方式发布协议报文。RIP-1 的协议报文无法携带掩码信息，它只能识别 A、B、C 类这样的自然网段的路由，因此 RIP-1 不支持不连续子网（Discontiguous Subnet）。

RIP-2 是一种无类别路由协议（Classless Routing Protocol），与 RIP-1 相比，它有以下优势：

- 支持路由标记，在路由策略中可根据路由标记对路由进行灵活的控制。
- 报文中携带掩码信息，支持路由聚合和 CIDR（Classless Inter-Domain Routing，无类域间路由）。
- 支持指定下一跳，在广播网上可以选择到最优下一跳地址。
- 支持组播路由发送更新报文，只有 RIP-2 路由器才能收到更新报文，减少资源消耗。
- 支持对协议报文进行验证，并提供明文验证和 MD5 验证两种方式，增强安全性。

RIP-2 有两种报文传送方式：广播方式和组播方式，缺省将采用组播方式发送报文，使用的组播地址为 224.0.0.9。当接口运行 RIP-2 广播方式时，也可接收 RIP-1 的报文。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.12.2 配置准备

场景

完成配置 RIP 的基本功能后，即可以实现通过 RIP 协议构建三层网络

前提

配置接口的 IP 地址，使各相邻节点网络层可达。

1.12.3 缺省配置

设备上 RIP 的缺省配置如下。

功能	缺省值
SNMP Trap	不使能

1.12.4 配置 RIP 基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**rip** [*process-id*] [**vpn-instance** *NAME*]	创建并进入 RIP 进程配置视图。
3	JX(config-rip-1)#**network** *network-address*	在指定网段上使能 RIP。
4	JX(config-rip-1)#**quit**	退出当前视图，进入全局配置模式。
5	JX(config)#**interface** *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
6	JX(config-vlanif-1)#**rip** *process-id* enable	接口下使能 RIP 协议。
7	JX(config-vlanif-1)#**rip passive-interface** { **enable** | **disable** }	配置接口为被动接口，缺省情况下去去使能，允许所有接口发送路由更新报文，配置为使能接口不发送 RIP 报文。
8	JX(config-vlanif-1)#**rip send-version** { **no-send** | **v1** | **v1-compatible** | **v2** }	配置接口 RIP 发送版本。
9	JX(config-vlanif-1)#**rip receive-version** { **v1** | **v2** | **v1v2** | **no-receive** }	配置接口 RIP 接收版本。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.12.5 配置 RIP 的路由信息控制

步骤	配置	说明
1	JX#config	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**rip** [*process-id*] [**vpn-instance** *NAME*]	创建并进入 RIP 进程配置视图。
3	JX(config-rip-1)#**summary** { **enable** | **disable** }	使能 RIP-2 自动路由聚合功能，默认去使能。
4	JX(config-rip-1)#**default-route originate** {**cost** (<*0-15*>|**default**)|**tag** (<*0-65535*>|**default**)}	配置 RIP 发布缺省路由，默认不发布缺省路由。
5	JX(config-rip-1)#**default-route learning** (**enable** | **disable**)	配置 RIP 学习缺省路由，默认值为使能。
6	JX(config-rip-1)#**import-route** { **rip** | **isis** | **ospf**) <*1-65535*> {**cost** (<*0-15*>|**default** } | **route-policy** *NAME*} JX(config-rip-1)#**import-route** { **static** | **connect** | **ospf** | **bgp** | **isis** | **rip** } { **cost** (<*0-15*>|**default**)|**route-policy** *NAME*}	引入外部路由。
7	JX(config-rip-1)#**default-cost** (<*0-15*>|**default**)	配置引入路由的缺省度量值，默认值为 1。
8	JX(config-rip-1)#**filter-policy import route-policy** *NAME*	配置 RIP 进程下对接收的路由过滤。本命令对从邻居收到的 RIP 路由进行过滤，没有通过过滤的路由将不被加入路由表，也不向邻居发布该路由
9	JX(config-rip-1)#**filter-policy export route-policy** *NAME* JX(config-rip-1)#**filter-policy export** { **rip** | **isis** | **ospf**) <1-65535> **route-policy** *NAME* JX(config-rip-1)#**filter-policy export** { **rip** | **isis** | **ospf**) <1-65535> **route-policy** *NAME* JX(config-rip-1)#**filter-policy export** { **static** | **connect** | **ospf** | **bgp** | **isis** | **rip** } **route-policy** *NAME*	配置 RIP 进程下对发送的路由过滤。本命令对本机所有路由的发布进行过滤，包括使用 **import-route** 引入的路由和从邻居学到的 RIP 路由。
10	JX(config-rip-1)#**preference** (<1-255>|**default**)	配置 RIP 路由优先级，默认值为 100。
11	JX(config-rip-1)#**quit**	退出当前视图，进入全局配置模式。
12	JX(config)#**interface** *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
13	JX(config-vlanif-1)#**rip metric-in** (<0-15>|**default**)	配置接口接收 RIP 路由时的附加度量值，默认值为 0。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
14	JX(config-vlanif-1)#rip metric-out (<1-15>|default)	配置接口发送 RIP 路由时的附加度量值，默认值为 0。
15	JX(config-vlanif-1)#rip default-metric (<0-15>|default)	接口发布默认路由开销值，默认值为 1。
16	JX(config-vlanif-1)#rip summary-address *A.B.C.D A.B.C.D* [avoid-feedback]	接口下配置聚合路由。
17	JX(config-vlanif-1)#rip filter-policy (export | import) route-policy *NAME*	配置接口下对发送、接收路由过滤。

1.12.6 配置调整和优化 RIP 网络

步骤	配置	说明
1	JX#config	进入全局配置模式。
2	JX(config)#rip [*process-id*] [vpn-instance *NAME*]	创建并进入 RIP 进程配置视图。
3	JX(config-rip-1)#rip timer (<10-5600>|default) (<40-14400>|default) (<40-14400>|default)	缺省情况下，Garbage-collect 定时器的值为 120 秒，Timeout 定时器的值为 180 秒，Update 定时器的值为 30 秒。
4	JX(config-rip-1)#check-zero { enable | disable }	配置 RIP-1 报文的零域检查功能，默认使能。
5	JX(config-rip-1)#validate-source-address { enable | disable }	使能对接收到的 RIP 路由更新报文进行源 IP 地址检查功能，默认使能。
6	JX(config-rip-1)#neighbor *neighbor-address*	配置 RIP 邻居。
7	JX(config-rip-1)#quit	退出当前视图，进入全局配置模式。
8	JX(config)#interface *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
9	JX(config-vlanif-1)#rip split-horizon { enable | disable)	接口下使能水平分割功能，默认使能。
10	JX(config-vlanif-1)#rip poison-reverse { enable | disable }	接口下使能毒性逆转功能，默认去使能。
11	JX(config-vlanif-1)#rip authentication { md5 | md5-compatible } <1-255> (cipher | plain) *KEY* JX(config-vlanif-1)#rip authentication simple { cipher | plain) *KEY*	配置 RIP 接口认证。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
12	JX(config-vlanif-1)#**rip pkt-transmit interval** (<10-500>|**default**) **number** (<1-50>|**default**)	配置接口下 RIP 报文的发送速率，缺省情况下，接口发送 RIP 报文的时间间隔为 200 毫秒，一次最多发送 20 个 RIP 报文。
13	JX(config-vlanif-1)#**rip bfd** { **enable** | **disable** }	接口下使能 RIP BFD 联动功能。

1.12.7 配置检查和维护

步骤	配置	说明
1	JX#**show rip config**	查看 RIP 全部配置信息。
2	JX#**show rip resource**	查看 RIP 资源信息。
3	JX#**show rip** [**process** *process-id*]	查看 RIP 进程信息。
4	JX#**show rip neighbor** [**process** *process-id*|**address** *neighbor-address*]	查看 RIP 邻居信息。
5	JX#**show rip interface** [**process** *process-id* | **vlan** <1-4094>]	查看 RIP 接口信息。
6	JX#**show rip bfd session** [**process** *process-id*]	查看 RIP BFD 会话信息。
7	JX#**show rip** { **database** | **route** } [**process** *process-id* | **dest** *dest-address/dest-mask* | **neighbor** *neighbor-address*]	查看 RIP 路由信息，database 选项查看数据库信息，route 选项查看生效路由信息。

1.12.8 配置 RIP 基本功能实示例

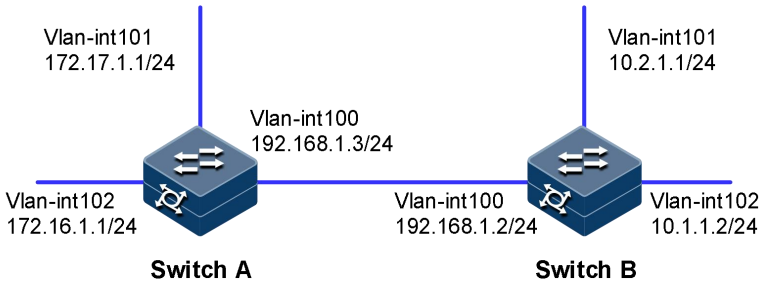
组网需求

如下图所示，在 Switch A 和 Switch B 的所有接口上使能 RIP，并使用 RIP-2 进行网络互连。

在 Switch B 上配置路由出策略，向 Switch A 发布的路由中过滤掉 10.2.1.0/24；Switch B 上配置入策略，使得 Switch B 只接收路由 172.16.1.0/24。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-47 RIP 基本功能组网图



配置步骤

配置各接口的 IP 地址。

配置 RIP 基本功能，使能 RIP 功能在下面采用了两种不同配置方式，请根据实际情况进行选择。

配置 Switch A，在指定网段上使能 RIP。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#rip 1
SwitchA(config-rip-1)#network 172.16.0.0
SwitchA(config-rip-1)#network 172.17.0.0
SwitchA(config-rip-1)#quit
```

配置 Switch B，在指定接口上使能 RIP。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#rip 1
SwitchA(config-rip-1)#network 172.16.0.0
SwitchA(config-rip-1)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#rip 1 enable
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 101
SwitchA(config-vlanif-101)#rip 1 enable
SwitchA(config-vlanif-101)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 102
SwitchA(config-vlanif-102)#rip 1 enable
SwitchA(config-vlanif-102)#quit
```

验证配置结果。

Swicth A:

查看接口信息：

```
SwitchA#show rip interface
Interface        Process State Addr/Prefix      Send-Version
Recv-Version
-------------------------------------------------------------
-----------------------------
vlan-102         1      Up    172.16.1.1/24    RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
vlan-101          1      Up    172.17.1.1/24    RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
vlan-100          1      Up    192.168.1.3/24   RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
```

查看邻居信息：

```
SwitchA#show rip neighbor
 Process   Address          Interface      Domain    Version
Update-Time  RecvBadPkt RecvBadRoute  Key
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 1        192.168.1.2      vlan-100               2
00:06:30    0         0           0
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 The total number of rip neighbor is: 1
Swicth B:
SwitchB#show rip neighbor
 Process   Address          Interface      Domain    Version
Update-Time  RecvBadPkt RecvBadRoute  Key
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 1        192.168.1.3      vlan-100               2
00:07:08    0         0           0
-------------------------------------------------------------
-----------------------------------------------
 The total number of rip neighbor is: 1
```

查看数据库信息：

```
SwitchA#show rip database
 Process   Destination     Netmask        Gateway        Metric
Age     State   Proto   Tag
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1        10.1.1.0       255.255.255.0   192.168.1.2     1
18      ACTIVE  rip     0
 1        10.2.1.0       255.255.255.0   192.168.1.2     1
18      ACTIVE  rip     0
 1        172.16.1.0      255.255.255.0   172.16.1.1      0
0       ACTIVE  rip     0
 1        172.17.1.0      255.255.255.0   172.17.1.1      0
0       ACTIVE  rip     0
 1        192.168.1.0     255.255.255.0   192.168.1.3     0
0       ACTIVE  rip     0
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 Total : 5
```

Switch B：

查看接口信息：

```
SwitchA#show rip interface
Interface         Process State Addr/Prefix      Send-Version
Recv-Version
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
-------------------------------------------------------------
-----------------------------
vlan-102         1      Up    172.16.1.1/24    RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
vlan-101         1      Up    172.17.1.1/24    RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
vlan-100         1      Up    192.168.1.3/24   RIPv1
Compatible  RIPv1 and RIPv2
-------------------------------------------------------------
-----------------------------
```

查看邻居信息：

```
SwitchA#show rip neighbor
 Process   Address          Interface      Domain    Version
Update-Time  RecvBadPkt RecvBadRoute  Key
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
 1        192.168.1.2      vlan-100               2
00:09:41    0        0           0
-------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------
 The total number of rip neighbor is: 1
```

查看数据库信息：

```
SwitchA#show rip database
 Process   Destination    Netmask        Gateway        Metric
Age    State   Proto   Tag
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1        10.1.1.0       255.255.255.0   192.168.1.2    1
23     ACTIVE  rip    0
 1        10.2.1.0       255.255.255.0   192.168.1.2    1
23     ACTIVE  rip    0
 1        172.16.1.0      255.255.255.0   172.16.1.1     0
0      ACTIVE  rip    0
 1        172.17.1.0      255.255.255.0   172.17.1.1     0
0      ACTIVE  rip    0
 1        192.168.1.0     255.255.255.0   192.168.1.3    0
0      ACTIVE  rip    0
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 Total : 5
```

配置 RIP 路由过滤。

```
SwitchB(config)#ip prefix-list import index 10 permit
172.16.1.0/24
SwitchB(config)#ip prefix-list export index 10 permit
10.1.1.0/24
SwitchB(config)#route-policy import permit node 1
SwitchB(config-route-policy-import-1)#match destination
ip-prefix-list import
SwitchB(config-route-policy-import-1)#quit
SwitchB(config)#route-policy export permit node 1
SwitchB(config-route-policy-export-1)#match destination
ip-prefix-list export
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchB(config-route-policy-import-1)#quit
SwitchB(config)#rip 1
SwitchB(config-rip-1)#filter-policy import route-policy import
SwitchB(config-rip-1)#filter-policy export route-policy export
```

验证配置结果。

Switch A:

查看数据库信息：

```
SwitchA#show rip database
 Process   Destination     Netmask        Gateway        Metric
Age     State   Proto   Tag
------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1        10.1.1.0       255.255.255.0   192.168.1.2     1
18      ACTIVE  rip     0
 1        172.16.1.0      255.255.255.0   172.16.1.1      0
0       ACTIVE  rip     0
 1        172.17.1.0      255.255.255.0   172.17.1.1      0
0       ACTIVE  rip     0
 1        192.168.1.0     255.255.255.0   192.168.1.3     0
0       ACTIVE  rip     0
------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 Total : 4
```

Switch B:

查看数据库信息：

```
SwitchB#show rip database
 Process   Destination     Netmask        Gateway        Metric
Age     State   Proto   Tag
------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 1        10.1.1.0       255.255.255.0   10.1.1.2        0
0       ACTIVE  rip     0
 1        10.2.1.0       255.255.255.0   10.2.1.2        0
0       ACTIVE  rip     0
 1        172.16.1.0      255.255.255.0   192.168.1.3     1
20      ACTIVE  rip     0
 1        192.168.1.0     255.255.255.0   192.168.1.2     0
0       ACTIVE  rip     0
------------------------------------------------------------
---------------------------------------
```

1.12.9 配置 RIP 引入外部路由

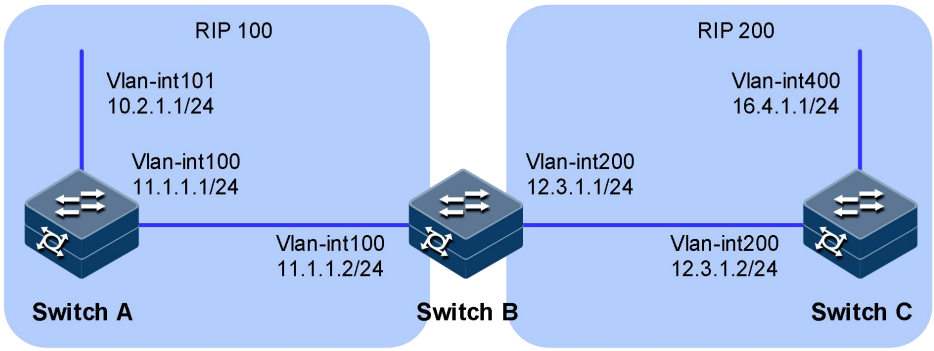
组网需求

Switch B 上运行两个 RIP 进程：RIP 100 和 RIP 200。Switch B 通过 RIP 100 和 Switch A 交换路由信息，通过 RIP 200 和 Switch C 交换路由信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

在 Switch B 上配置 RIP 进程 200 引入外部路由，引入直连路由和 RIP 进程 100 的路由，使得 Switch C 能够学习到达 10.2.1.0/24 和 11.1.1.0/24 的路由，但 Switch A 不能学习到达 12.3.1.0/24 和 16.4.1.0/24 的路由。

图 1-48 RIP 引入外部路由配置组网图



配置步骤

配置各接口的 IP 地址。

设备配置 RIP 功能。

配置 Switch A。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#rip 100
SwitchA(config-rip-100)#network 10.0.0.0
SwitchA(config-rip-100)#network 11.0.0.0
SwitchA(config-rip-100)#quit
```

配置 Switch B。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#rip 100
SwitchB(config-rip-100)#network 11.0.0.0
SwitchB(config-rip-100)#quit
SwitchB(config)#rip 200
SwitchB(config-rip-200)#network 12.0.0.0
SwitchB(config-rip-1)#quit
```

配置 Switch C。

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#rip 200
SwitchC(config-rip-200)#network 12.0.0.0
SwitchC(config-rip-200)#network 16.0.0.0
SwitchC(config-rip-200)#quit
```

验证配置结果。

查看 Switch C RIP 数据库。

```
SwitchC#show rip database
 Process   Destination     Netmask        Gateway        Metric
Age     State   Proto   Tag
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 200      12.3.1.0       255.255.255.0   12.3.1.2       0
0      ACTIVE  rip    0
 200      16.4.1.0       255.255.255.0   16.4.1.1       0
0      ACTIVE  rip    0
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
```

配置引入路由。

Switch B 进程 200 引入进程 100 路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#rip 200
SwitchB(config-rip-200)#import-route rip 100
SwitchB(config-rip-200)#quit
```

验证配置结果。

查看 Switch C RIP 数据库。

```
SwitchC#show rip database
 Process   Destination     Netmask        Gateway        Metric
Age     State   Proto   Tag
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 200      10.2.1.0       255.255.255.0   12.3.1.1       2
1      ACTIVE  rip    0
 200      11.1.1.0       255.255.255.0   12.3.1.1       2
1      ACTIVE  rip    0
 200      12.3.1.0       255.255.255.0   12.3.1.2       0
0      ACTIVE  rip    0
 200      16.4.1.0       255.255.255.0   16.4.1.1       0
0      ACTIVE  rip    0
-------------------------------------------------------------
---------------------------------------
 Total : 4
```

1.13 RIPng

1.13.1 简介

功能

RIPng（RIP next generation，下一代 RIP 协议）是对原来的 IPv4 网络中 RIP-2 协议的扩展。大多数 RIP 的概念都可以用于 RIPng。

为了在 IPv6 网络中应用，RIPng 对原有的 RIP 协议进行了如下修改：

- UDP 端口号：使用 UDP 的 521 端口发送和接收路由信息。
- 组播地址：使用 FF02::9 作为链路本地范围内的 RIPng 路由器组播地址。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

- 前缀长度：目的地址使用 128 比特的前缀长度。
- 下一跳地址：使用 128 比特的 IPv6 地址。
- 源地址：使用链路本地地址 FE80::/10 作为源地址发送 RIPng 路由信息更新报文。

RIPng 工作机制

RIPng 协议是基于距离矢量（Distance-Vector）算法的协议。它通过 UDP 报文交换路由信息，使用的端口号为 521。

RIPng 使用跳数来衡量到达目的地址的距离（也称为度量值或开销）。在 RIPng 中，从一个路由器到其直连网络的跳数为 0，通过与其相连的路由器到达另一个网络的跳数为 1，其余以此类推。当跳数大于或等于 16 时，目的网络或主机就被定义为不可达。

RIPng 每 30 秒发送一次路由更新报文。如果在 180 秒内没有收到网络邻居的路由更新报文，RIPng 将从邻居学到的所有路由标识为不可达。如果再过 120 秒内仍没有收到邻居的路由更新报文，RIPng 将从路由表中删除这些路由。

为了提高性能并避免形成路由环路，RIPng 既支持水平分割也支持毒性逆转。此外，RIPng 还可以从其它的路由协议引入路由。

每个运行 RIPng 的路由器都管理一个路由数据库，该路由数据库包含了到所有可达目的地的路由项，这些路由项包含下列信息：

- 目的地址：主机或网络的 IPv6 地址。
- 下一跳地址：为到达目的地，需要经过的相邻路由器的接口 IPv6 地址。
- 出接口：转发 IPv6 报文通过的出接口。
- 度量值：本路由器到达目的地的开销。
- 路由时间：从路由项最后一次被更新到现在所经过的时间，路由项每次被更新时，路由时间重置为 0。
- 路由标记（Route Tag）：用于标识外部路由，以便在路由策略中根据 Tag 对路由进行灵活的控制。

RIPng 报文

RIPng 有两种报文：Request 报文和 Response 报文。

当 RIPng 路由器启动后或者需要更新部分路由表项时，便会发出 Request 报文，向邻居请求需要的路由信息。通常情况下以组播方式发送 Request 报文。

Response 报文包含本地路由表的信息，一般在下列情况下产生：

- 对某个 Request 报文进行响应
- 作为更新报文周期性地发出
- 在路由发生变化时触发更新

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

收到 Request 报文的 RIPng 路由器会以 Response 报文形式发回给请求路由器。

收到 Response 报文的路由器会更新自己的 RIPng 路由表。为了保证路由的准确性，RIPng 路由器会对收到的 Response 报文进行有效性检查，比如源 IPv6 地址是否是链路本地地址，端口号是否正确等，没有通过检查的报文会被忽略。

1.13.2 配置准备

场景

完成配置 RIPng 的基本功能后，即可以实现通过 RIPng 协议构建 IPv6 三层网络。

前提

配置接口的 IPv6 功能和 IPv6 地址，使各相邻节点网络层可达。

1.13.3 配置 RIPng 基本功能

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ripng** [*process-id*] [**vpn-instance** *NAME*]	创建并进入 RIPng 进程配置视图。
4	JX(config-rip-1)#**quit**	退出当前视图，进入全局配置模式。
5	JX(config)#**interface** *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
6	JX(config-vlanif-1)#**ripng** *process-id* **enable**	接口下使能 RIPng 协议。

1.13.4 配置 RIPng 的路由特性

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ripng** [*process-id*] [**vpn-instance** *NAME*]	创建并进入 RIPng 进程配置视图。
3	JX(config-ripng-1)#**default-route originate** { **enable** | **disable** }	配置 RIPng 发布缺省路由，默认不发布缺省路由。
4	JX(config-ripng-1)#**default-route learning** { **enable** | **disable** }	配置 RIPng 学习缺省路由，默认值为使能。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
5	JX(config-ripng-1)#**import-route** { **ripng** | **isis** | **ospf** } <1-65535> {**cost** (<0-15>|**default**)|**route-policy** *NAME*} JX(config-ripng-1)#**import-route** { **static** | **connect** | **bgp** | **ospf** | **isis** | **ripng** } {**cost** (<0-15>|**default**)|**route-policy** *NAME*}	引入外部路由。
6	JX(config-ripng-1)#**default-cost** (<0-15>|**default**)	配置引入路由的缺省度量值，默认值为1。
7	JX(config-ripng-1)#**filter-policy import route-policy** *NAME*	配置 RIP 进程下对接收的路由过滤。本命令对从邻居收到的 RIP 路由进行过滤，没有通过过滤的路由将不被加入路由表，也不向邻居发布该路由
8	JX(config-ripng-1)#**filter-policy export route-policy** *NAME* JX(config-ripng-1)#**filter-policy export** { **ripng** | **isis** | **ospf** } <1-65535> **route-policy** *NAME* JX(config-ripng-1)#**filter-policy export** { **static** | **connect** | **ospf** | **bgp** | **isis** | **ripng** } **route-policy** *NAME*	配置 RIP 进程下对发送的路由过滤。本命令对本机所有路由的发布进行过滤，包括使用 **import-route** 引入的路由和从邻居学到的 RIPng 路由。
9	JX(config-ripng-1)#**preference** (<1-255>|**default**)	配置 RIPng 路由优先级，默认值为 100。
10	JX(config-ripng-1)#**quit**	退出当前视图，进入全局配置模式。
11	JX(config)#**interface** *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
12	JX(config-vlanif-1)#**ripng metric-in** (<0-15>|**default**)	配置接口接收 RIPng 路由时的附加度量值，默认值为 0。
13	JX(config-vlanif-1)#**rip metric-out** (<1-15>|**default**)	配置接口发送 RIPng 路由时的附加度量值，默认值为 0。
15	JX(config-vlanif-1)#**ripng default-route** { **only** | **originate**) {**cost** (<1-15>|**default**)}	该接口生成一条缺省路由到 RIPng 路由域中。
16	JX(config-vlanif-1)#**ripng summary-address** *X:X::X:X* <0-128> {**avoid-feedback**}	接口下配置聚合路由。
17	JX(config-vlanif-1)#**ripng filter-policy** { **export** | **import**) **route-policy** *NAME*	配置接口下对发送、接收路由过滤。

1.13.5 配置调整和优化 RIPng 网络

步骤	配置	说明
1	JX#config	进入全局配置模式。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
2	JX(config)#**ripng** [*process-id*] [**vpn-instance** *NAME*]	创建并进入 RIPng 进程配置视图。
3	JX(config-ripng-1)#**timers update** (<30-500>|**default**) **expire** (<120-2000>|**default**) **garbage** (<120-2000>|**default**)	缺省情况下，Garbage-collect 定时器的值为 120 秒，Timeout 定时器的值为 180 秒，Update 定时器的值为 30 秒。
4	JX(config-ripng-1)#**check-zero** (**enable** | **disable**)	配置 RIPng 报文的零域检查功能，默认使能。
5	JX(config-rip-1)#**quit**	退出当前视图，进入全局配置模式。
6	JX(config)#**interface** *interface-type interface-number*	进入接口视图，该接口工作在三层模式的物理接口或者 VLAN。
7	JX(config-vlanif-1)#**ripng split-horizon** { **enable** | **disable** }	接口下使能水平分割功能，默认使能。
8	JX(config-vlanif-1)#**ripng poison-reverse** { **enable** | **disable** }	接口下使能毒性逆转功能，默认去使能。
9	JX(config-vlanif-1)#**ripng pkt-transmit interval** { <10-500> | **default** } **number** (<1-50>|**default**)	配置接口下 RIPng 报文的发送速率，缺省情况下，接口发送 RIP 报文的时间间隔为 200 毫秒，一次最多发送 10 个 RIP 报文。
10	JX(config-vlanif-1)#**ripng bfd** { **enable** | **disable** }	接口下使能 RIP BFD 联动功能。

1.13.6 配置检查和维护

步骤	配置	说明
1	JX#**show ripng config**	查看 RIPng 全部配置信息。
2	JX#**show ripng resource**	查看 RIPng 资源信息。
3	JX#**show ripng** [**process** *process-id*]	查看 RIPng 进程信息。
4	JX#**show ripng neighbor** [**process** *process-id*|**address** *neighbor-address*]	查看 RIPng 邻居信息。
5	JX#**show ripng interface** [**process** *process-id* | **vlan** <1-4094>]	查看 RIPng 接口信息。
6	JX#**show ripng bfd session** [**process** *process-id*]	查看 RIPngBFD 会话信息。
7	JX#**show ripng** { **database** | **route** } [**process** *process-id* | **dest** *dest-address/dest-mask* | **neighbor** *neighbor-address*]	查看 RIPng 路由信息，database 选项查看数据库信息，route 选项查看生效路由信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

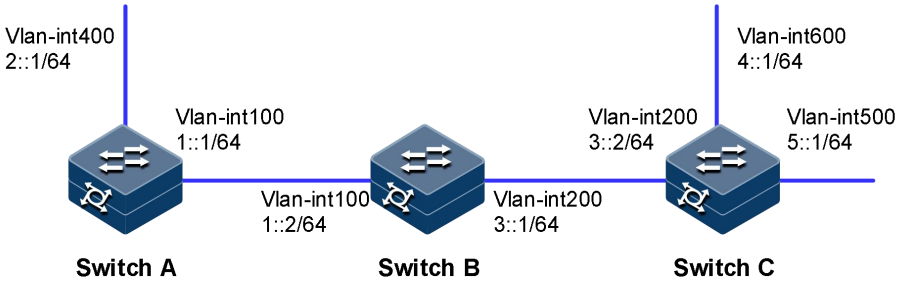
1.13.7 配置 RIPng 基本功能实示例

组网需求

Switch A、Switch B 和 Switch C 相连并通过 RIPng 来学习网络中的 IPv6 路由信息。

在 Switch B 上对接收的 Switch A 的路由（2::/64）进行过滤，使其不加入到 Switch B 的 RIPng 进程的路由表中，发布给 Switch A 的路由只有（4::/64）。

图 1-49 RIPng 基本功能组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IPv6 地址。

步骤 2 配置 RIPng 基本功能。

配置 Switch A。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#ripng 1
SwitchA(config-ripng-1)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 100
SwitchA(config-vlanif-100)#ripng 1 enable
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 400
SwitchA(config-vlanif-400)#ripng 1 enable
SwitchA(config-vlanif-400)#quit
```

配置 Switch B。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ripng 1
SwitchB(config-ripng-1)#quit
SwitchB(config)#interface vlan 100
SwitchB(config-vlanif-100)#ripng 1 enable
SwitchB(config-vlanif-100)#quit
SwitchB(config)#interface vlan 200
SwitchB(config-vlanif-200)#ripng 1 enable
SwitchB(config-vlanif-200)#quit
```

配置 Switch C。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SwitchC#configure
SwitchC(config)#ripng 1
SwitchC(config-ripng-1)#quit
SwitchC(config)#interface vlan 200
SwitchC(config-vlanif-200)#ripng 1 enable
SwitchC(config-vlanif-200)#quit
SwitchC(config)#interface vlan 500
SwitchC(config-vlanif-500)#ripng 1 enable
SwitchC(config-vlanif-500)#quit
SwitchC(config)#interface vlan 600
SwitchC(config-vlanif-600)#ripng 1 enable
SwitchC(config-vlanif-600)#quit
```

步骤 3 验证配置结果。

Switch A:

查看 RIPng 接口信息：

```
SwitchA#show ripng interface
Interface     Process   State      Passive     Address
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
vlan-100      1         Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
vlan-400      1         Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:101
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
```

查看 RIPng 邻居信息：

```
SwitchA#show ripng neighbor
Process   Address                    Version   LastUpdate
Interface     InbadPacket   InbadRoute
1        fe80::f2f1:f2ff:fef3:201      Version1  00:06:55
vlan-100      0            0
```

查看 RIPng 路由信息：

```
SwitchA#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age    State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
1        1::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     0
0      Active  ripng      0
1        2::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     0
0      Active  ripng      0
1        3::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     1
14     Active  ripng      0
1        4::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
14     Active  ripng      0
1        5::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
14     Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
 Total : 5
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

Switch B:

查看 RIPng 接口信息：

```
SwitchB#show ripng interface
Interface     Process   State      Passive     Address
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
vlan-100      1        Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:201
vlan-200      1        Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:201
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
```

查看 RIPng 邻居信息：

```
SwitchB#show ripng neighbor
Process   Address                     Version   LastUpdate
Interface     InbadPacket    InbadRoute
1        fe80::f2f1:f2ff:fef3:101       Version1  00:07:35
vlan-100      0            0
1        fe80::f2f1:f2ff:fef3:301       Version1  00:07:21
vlan-200      0            0
```

查看 RIPng 路由信息：

```
SwitchB#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age     State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
1        1::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     0
0      Active  ripng      0
1        2::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     1
1      Active  ripng      0
1        3::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     0
0      Active  ripng      0
1        4::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     1
9      Active  ripng      0
1        5::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     1
9      Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
--------------------------------------------------------
 Total : 5
```

Switch C:

查看 RIPng 接口信息：

```
SwitchC#show ripng interface
Interface     Process   State      Passive     Address
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
vlan-200      1        Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:301
vlan-500      1        Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:301
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
vlan-600      1        Up         Disable
fe80::f2f1:f2ff:fef3:301
------------------------------------------------------------
--------------------------------------
```

查看 RIPng 邻居信息：

```
SwitchC#show ripng neighbor
Process   Address                    Version   LastUpdate
Interface     InbadPacket    InbadRoute
1        fe80::f2f1:f2ff:fef3:201       Version1  00:08:01
vlan-200      0            0
```

查看 RIPng 路由信息：

```
SwitchC#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age     State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
1        1::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     1
27     Active  ripng      0
1        2::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
27     Active  ripng      0
1        3::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
1        4::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
1        5::/64               fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
 Total : 5
```

步骤 4 配置路由过滤。

```
SwitchB(config)#ipv6 prefix-list export index 10 permit 4::/64
SwitchB(config)#ipv6 prefix-list import index 10 permit 2::/64
SwitchB(config)#route-policy export permit node 1
SwitchB(config-route-policy-export-1)#match destination
ipv6-prefix-list export
SwitchB(config-route-policy-export-1)#quit
SwitchB(config)#route-policy import deny node 1
SwitchB(config-route-policy-import-1)#match destination
ipv6-prefix-list import
SwitchB(config-route-policy-import-1)#quit
SwitchB(config)#route-policy import permit node 2
SwitchB(config-route-policy-import-2)#quit
SwitchB(config)#ripng 1
SwitchB(config-ripng-1)#filter-policy import route-policy
import
SwitchB(config-ripng-1)#filter-policy export route-policy
export
```

步骤 5 验证配置结果。

查看 Switch B 和 Switch A 的 RIPng 路由表。

```
SwitchA#show ripng database
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age     State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
1        1::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     0
0      Active  ripng      0
1        2::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     0
0      Active  ripng      0
1        4::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
12     Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
 Total : 3

SwitchB#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age     State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
1        1::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     0
0      Active  ripng      0
1        3::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     0
0      Active  ripng      0
1        4::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     1
19     Active  ripng      0
1        5::/64                fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     1
19     Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
 Total : 4
```

1.13.8 配置 RIPng 引入外部路由

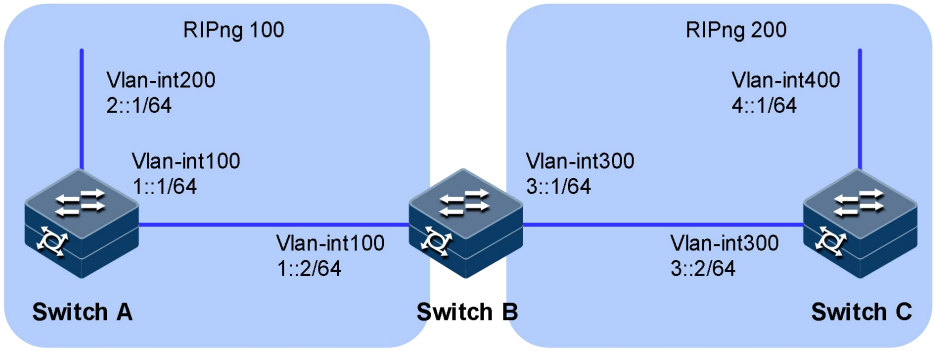
组网需求

Switch B 上运行两个 RIPng 进程：RIPng100 和 RIPng200。Switch B 通过 RIPng100 和 Switch A 交换路由信息，通过 RIPng200 和 Switch C 交换路由信息。

要求在 Switch B 上配置路由引入，将两个不同进程的 RIPng 路由相互引入到对方的 RIPng 进程中。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-50 RIPng 引入外部路由组网图



配置步骤

步骤 1 配置各接口的 IPv6 地址。

步骤 2 配置 RIPng 基本功能。

配置 Switch A。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#ripng 100
SwitchA(config-ripng-100)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 100
SIM-MPU(config-vlanif-100)#ripng 100 enable
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 200
SIM-MPU(config-vlanif-200)#ripng 100 enable
SwitchA(config-vlanif-200)#quit
```

配置 Switch B。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#ripng 100
SwitchA(config-ripng-100)#quit
SwitchA(config)#ripng 200
SwitchA(config-ripng-200)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 100
SIM-MPU(config-vlanif-100)#ripng 100 enable
SwitchA(config-vlanif-100)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 300
SIM-MPU(config-vlanif-300)#ripng 200 enable
SwitchA(config-vlanif-300)#quit
```

配置 Switch C。

```
SwitchA#configure
SwitchA(config)#ripng 200
SwitchA(config-ripng-200)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 300
SIM-MPU(config-vlanif-300)#ripng 200 enable
SwitchA(config-vlanif-300)#quit
SwitchA(config)#interface vlan 400
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
SIM-MPU(config-vlanif-400)#ripng 200 enable
SwitchA(config-vlanif-400)#quit
```

步骤 3 验证配置结果。

查看 Switch C RIPng 数据库。

```
SwitchC#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age    State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
200      3::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
200      4::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
Total : 3
```

步骤 4 配置引入路由。

Switch B 进程 200 引入进程 100 路由。

```
SwitchB#configure
SwitchB(config)#ripng 200
SwitchB(config-ripng-200)#import-route ripng 100
SwitchB(config-ripng-200)#quit
```

步骤 5 验证配置结果。

查看 Switch C RIPng 数据库。

```
SwitchC#show ripng database
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age    State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
200      1::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
22     Active  ripng      0
200      2::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
22     Active  ripng      0
200      3::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
200      4::/64              fe80::f2f1:f2ff:fef3:301     0
0      Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------------
 Total : 4
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.14 路由策略

1.14.1 简介

功能

在今天的高性能网络中，网络的组织者需要一个领域，可以根据他们自己定义好的路由策略实现对报文的转发和选路。在路由策略的基础上，管理员可以分配网络流量通过指定的路径。

路由策略主要实现了路由过滤和路由属性设置等功能，它通过改变路由属性（包括可达性）来改变网络流量所经过的路径。路由协议在发布、接收和引入路由信息时，根据实际组网需求实施一些策略，以便对路由信息进行过滤和改变路由信息的属性，如：

控制路由的接收和发布，只发布和接收必要、合法的路由信息，以控制路由表的容量，提高网络的安全性。

控制路由的引入，一种路由协议在引入其它路由协议发现的路由信息丰富自己的路由信息时，只引入一部分满足条件的路由信息。

设置特定路由的属性，修改通过路由策略过滤的路由的属性，满足自身需要。

路由策略的实现

路由策略的实现主要包括两个步骤：

定义规则：定义一组匹配规则，可以用路由信息中的不同属性作为匹配规则进行设定。

应用规则：将匹配规则应用于路由的发布、接收和引入等过程的路由策略中。

路由策略的常见方式

访问控制列表，访问控制列表是针对 IP 报文的 ACL。用户在定义 ACL 时可以指定 IP 地址和子网范围，用于匹配路由信息的目的网段地址或者下一跳地址。

地址前缀列表，地址前缀列表的作用类似于 ACL，但比它更为灵活，且更易于用户理解。使用地址前缀列表过滤路由信息时，其匹配对象为路由信息的目的地址信息域；另外，用户可以指定路由器选项，指明只接收某些路由器发布的路由信息。

AS 路径访问列表（as-path），as-path 仅用于 BGP。BGP 的路由信息中，包含有自治系统路径域。as-path 就是针对自治系统路径域指定匹配条件。

团体属性列表（community-list），community-list 仅用于 BGP。BGP 的路由信息包中，包含一个 community 属性域，用来标识一个团体。community-list 就是针对团体属性域指定匹配条件。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

访问控制列表

访问控制列表 ACL 是一系列过滤规则的集合。在每个集合中，所有过滤规则是具有前后顺序的。在定义过滤规则时，根据报文的入接口、源或目的地址、协议类型、源或目的端口号等属性描述过滤规则，同时指定了拒绝或接收报文。之后，系统根据过滤规则对到达路由器的报文进行分类，并判断报文被拒绝或者接收。

ACL 本身只是一组规则的集合，它只是通过过滤规则对报文进行了分类，因此 ACL 需要与路由策略配合使用，才能实现过滤报文的功能。

在网络设备中（可以是接入设备、核心设备等）部署 ACL 特性，可以保障网络的安全性与稳定性。例如：

防止对网络的攻击，例如防止针对 IP 报文、TCP 报文、ICMP（Internet Control Message Protocol）报文的攻击。

对网络访问行为进行控制，例如控制企业网中内网和外网的通信，用户访问特定网络资源，特定时间段内允许对网络的访问。

限制网络流量和提高网络性能，例如限定网络上行、下行流量的带宽，对用户申请的带宽进行收费，保证高带宽网络资源的充分利用。

地址前缀列表

地址前缀列表是一种包含一组路由信息过滤规则的过滤器，基于路由地址域（ip 地址、地址前缀长度范围、应用规则）提供有序的过滤规则集。地址前缀列表可以应用在各种动态路由协议中，对路由协议发布和接收的路由信息进行过滤。

地址前缀列表和 ACL 相比，配置简单，应用灵活。但是当需要过滤的路由数量较大，且没有相同的前缀时，配置地址前缀列表会比较繁琐。

地址前缀列表包括针对 IPv4 路由的 IPv4 地址前缀列表和针对 IPv6 路由的 IPv6 地址前缀列表，IPv6 地址前缀列表与 IPv4 地址前缀列表的实现相同。地址前缀列表进行匹配的依据有两个：掩码长度和掩码范围。

掩码长度：地址前缀列表匹配的对象是 IP 地址前缀，前缀由 IP 地址和掩码长度共同定义。例如，10.1.1.1/16 这条路由，掩码长度是 16，这个地址的有效前缀为 16 位，即 10.1.0.0。

掩码范围：对于前缀相同，掩码不同的路由，可以指定待匹配的前缀掩码长度范围来实现精确匹配或者在一定掩码长度范围内匹配。

在匹配的过程中，按升序依次检查由 index 标识的各个表项。只要有某一表项满足条件，就意味着本次匹配过程结束，而不再进行下一个表项的匹配。因此，配置上的先后逻辑顺序错误会导致匹配异常，需要操作人员配置时保证正确性。

AS 路径访问列表

AS 路径访问列表是一组针对 BGP 路由的 AS_Path 属性进行过滤的规则。在 BGP 的路由信息中，包含有 AS_Path 属性，AS_Path 属性按矢量顺序

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

记录了 BGP 路由从本地到目的地址所要经过的所有 AS 编号，因此基于 AS_Path 属性定义一些过滤规则，就可以实现对 BGP 路由信息的过滤。

Route-Policy

Route-Policy 是一种比较复杂的过滤器，它不仅可以匹配给定路由信息的某些属性，还可以在条件满足时改变路由信息的属性。Route-Policy 可以使用前面几种过滤器定义自己的匹配规则。

Route policy 可以由多个节点（node）构成，每个节点是匹配检查的一个单元，在匹配过程中，系统按节点序号升序依次检查各个节点。每个节点可以由一组 match 和 apply 子句组成。match 子句定义匹配规则，匹配对象是路由信息的一些属性。同一节点中的不同 match 子句是“与”的关系，只有满足节点内所有 match 子句指定的匹配条件，才能通过该节点的匹配测试。apply 子句指定动作，也就是在通过节点的匹配后，对路由信息的一些属性进行设置。一个 Route-policy 的不同节点间是“或”的关系，如果通过了其中一节点，就意味着通过该路由映射，不再对其他节点进行匹配测试。

1.14.2 配置准备

场景

配置好路由策略后，在各路由协议发布、接收或者引入路由时应用路由策略，实现路由过滤和属性设置功能。

前提

配置路由协议。

1.14.3 缺省配置

设备上 OSPF 的缺省配置如下。

功能	缺省值
路由策略特性	不使能

1.14.4 配置路由策略基本功能

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)#route-policy` *NAME* `{permit | deny} node` *node*	创建 Route-Policy，并进入 Route-Policy 视图。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
3	JX(config-route-policy-a-1)# **match { destination | next-hop | route-source } acl-ipv4** *acl-number*	配置 match 子句，ipv4 路由匹配 acl 信息（可选）。
4	JX(config-route-policy-a-1)# **match { destination | next-hop | route-source } acl-ipv6** *acl-number*	配置 match 子句，ipv6 路由匹配 acl 信息（可选）。
5	JX(config-route-policy-a-1)# **match { destination | next-hop | route-source } ip-prefix-list** *prefixname*	配置 match 子句，ipv4 路由匹配地址前缀列表（可选）。
6	JX(config-route-policy-a-1)# **match { destination | next-hop | route-source } ipv6-prefix-list** *prefixname*	配置 match 子句，ipv6 路由匹配地址前缀列表（可选）。
9	JX(config-route-policy-a-1)# **match as-path-filter** *NAME*	配置 match 子句，bgp 路由匹配 as-path 属性过滤器（可选）。
10	JX(config-route-policy-a-1)# **match community-filter** *filter-number*	配置 match 子句，bgp 路由匹配团体属性过滤器（可选）。
11	JX(config-route-policy-a-1)# **match extcommunity-filter** *filter-number*	配置 match 子句，bgp 路由匹配扩展团体属性过滤器（可选）。
12	JX(config-route-policy-a-1)# **match cost** *cost*	配置 match 子句，匹配路由开销值（可选）。
13	JX(config-route-policy-a-1)# **match process** *process-id*	配置 match 子句，匹配路由实例号（可选）。
14	JX(config-route-policy-a-1)# **match route-type { internal | external-type1 | external-type2 | external-type1or2 | nssa-external-type1 | nssa-external-type2 | nssa-external-type1or2 }**	配置 match 子句，匹配路由类型（可选）。
15	JX(config-route-policy-a-1)# **match tag** *tag*	配置 match 子句，匹配路由标记 TAG 字段（可选）。
16	JX(config-route-policy-a-1)# **apply as-path { additive | replace | delete } {x.y-format** *x.y-format*/**4bytes-format** *4bytes-format*}*	配置 apply 子句，设置 bgp 路由的 As-path 属性（可选）。
17	JX(config-route-policy-a-1)# **apply community { replace | additive } { aann-format** *aann-format* **| 4bytes-format** *4bytes-format* **| internet | no-advertise | no-export | no-export-subconfed }**	配置 apply 子句，设置 bgp 路由的团体属性（可选）。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
18	JX(config-route-policy-a-1)# **apply extcommunity rt** { **replace** | **additive** } { **2bytes-aann-format** *2bytes-aann-format* | **4bytes-aann-format** *4bytes-aann-format* | **ip-format** *ip-format* }	配置 apply 子句，设置 bgp 路由的扩展团体属性（可选）。
19	JX(config-route-policy-a-1)# **apply cost** *cost*	配置 apply 子句，设置路由的开销值（可选）。
20	JX(config-route-policy-a-1)# **apply cost-type** { **type-1** | **type-2** }	配置 apply 子句，设置路由的开销值（可选）。
21	JX(config-route-policy-a-1)# **apply isis** { **level-1** | **level-2** | **level-1-2** }	配置 apply 子句，设置 isis 路由的路由级别（可选）。
22	JX(config-route-policy-a-1)# **apply tag** *tag-value*	配置 apply 子句，设置路由的路由标记 tag 字段（可选）。

1.14.5 配置过滤器

请在设备上进行以下配置。

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ip prefix-list** *list-name* { **deny** | **permit** } *A.B.C.D/M* {**greater-equal** *greater-equal* | **less-equal** *less-equal*}	创建 ipv4 的前缀列表表项，若没有配置 greater-equal 或 less-equal，则表示掩码精准匹配。
3	JX(config)#**ipv6 prefix-list** *list-name* { **deny** | **permit** } *X:X::X:X/M* {**greater-equal** *greater-equal* | **less-equal** *less-equal*}	创建 ipv6 的前缀列表表项，若没有配置 greater-equal 或 less-equal，则表示掩码精准匹配。
4	JX(config)# **as-path-filter** *list-name* { **deny** | **permit** } *EXPRESSION*	创建 AS 路径过滤列表。
5	JX(config)# **ip community-filter** *filter-number* { **permit** | **deny** } {**aann-format** *aann-format*|**4bytes-format** *4bytes-format*|**internet**|**no-advertise** |**no-export**|**no-export-subconfed**}	创建团体属性过滤器。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
6	JX(config)# **ip extcommunity-filter** *filter-number* { **permit** | **deny** } **rt** {**2bytes-aann-format** *2bytes-aann-format* |**4bytes-aann-format** *4bytes-aann-format* |**ip-format** *ip-format*}	创建扩展团体属性过滤器。

1.14.6 检查配置

配置完成后，请在设备上执行以下命令检查配置结果。

步骤	配置	说明
1	JX# **show route-policy** [*list-name*]	查看路由策略的规则信息。
2	JX# **show route-policy information**	查看路由策略的资源信息。
3	JX# **show route-policy config**	查看路由策略的配置信息。
4	JX# **show prefix-list**	查看前缀列表的规则信息。
5	JX# **show prefix-list config**	查看前缀列表的配置信息。
6	JX# **show prefix-list information**	查看前缀列表的资源信息。
7	JX# **show as-path-filter**	查看 AS 路径过滤器的规则信息。
8	JX# **show as-path-filter config**	查看 AS 路径过滤器的配置信息。
9	JX#**show as-path-filter information**	查看 AS 路径过滤器的资源信息。

1.14.7 在 IPV4 路由中应用路由策略示例

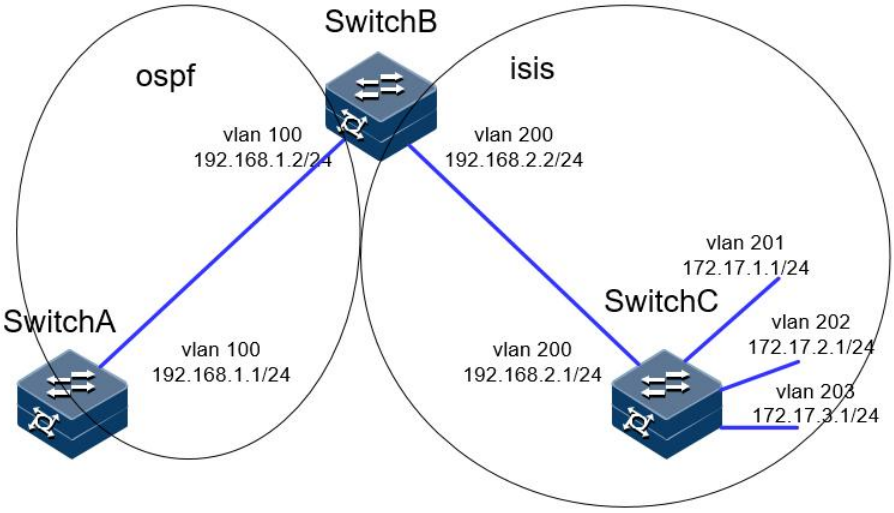
组网需求

如下图所示，Switch B 与 Switch A 之间通过 OSPF 协议交换路由信息，与 Switch C 之间通过 IS-IS 协议交换路由信息。

要求在 Switch B 上配置路由引入，将 IS-IS 路由引入到 OSPF 中去，并同时使用路由策略设置路由的属性。其中，设置 172.17.1.0/24 的路由的开销为 100，设置 172.17.2.0/24 的路由的 Tag 属性为 20。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

图 1-51 ipv4 路由引入中应用路由策略组网图



配置步骤

配置各接口的 IPV6 地址。

配置 ISIS 路由协议。

Switch C：

```
JX-C#configure
JX-C(config)#isis 1
JX-C(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0001.00
JX-C(config-isis-1)#exit
JX-C(config)#interface vlan 200
JX-C(config-vlanif-200)#ip address 192.168.2.1/24
JX-C(config-vlanif-200)#isis enable 1
JX-C(config-vlanif-200)#exit
JX-C(config)#interface vlan 201
JX-C(config-vlanif-201)#ip address 172.1.1.1/24
JX-C(config-vlanif-201)#isis enable 1
JX-C(config-vlanif-201)#exit
JX-C(config)#interface vlan 202
JX-C(config-vlanif-202)#ip address 172.1.2.1/24
JX-C(config-vlanif-202)#isis enable 1
JX-C(config-vlanif-202)#exit
JX-C(config)#interface vlan 203
JX-C(config-vlanif-203)#ip address 172.1.3.1/24
JX-C(config-vlanif-203)#isis enable 1
JX-C(config-vlanif-203)#exit
```

Switch B：

```
JX-B#configure
JX-B(config)#isis 1
JX-B(config-isis-1)#network-entity 10.0000.0000.0002.00
JX-B(config-isis-1)#exit
JX-B(config)#interface vlan 200
JX-C(config-vlanif-200)#ip address 192.168.2.2/24
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-B(config-vlanif-200)#isis enable 1
JX-B(config-vlanif-200)#exit
```

配置 OSPF 协议以及路由重分配。

Switch A：

```
JX-A#configure
JX-A(config)#ospf 1
JX-A(config-ospf-1)#router-id 1.1.1.1
JX-A(config-ospf-1)#network 192.168.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-A(config-ospf-1)#exit
JX-A(config)#
```

Switch B：

```
JX-B#configure
JX-B(config)#ospf 1
JX-B(config-ospf-1)#router-id 2.2.2.2
JX-B(config-ospf-1)#network 192.168.1.0 255.255.255.0 area 0
JX-B(config-ospf-1)#import-route isis 1
JX-B(config-ospf-1)#exit
JX-B(config)#
```

查看配置结果。

使用 show ospf route 查看引入的路由：

```
JX-A(config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ASBR     2.2.2.2/32         INTRA     1       0
192.168.1.2      0.0.0.0          0      0:00:05
 Network   172.17.1.0/24      ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A    0:00:05
 Network   172.17.2.0/24      ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A    0:00:18
 Network   172.17.3.0/24      ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A    0:02:22
 Network   192.168.1.0/24     INTRA     1       0
192.168.1.1      0.0.0.0          N/A    0:24:26
 Network   192.168.2.0/24     ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A    0:02:22
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 0        1        5         1        0        4

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra    Inter    External
 0        1        5         1        0        4
```

配置过滤列表。

配置编号为 1002 的 acl，允许 172.17.2.0/24 的路由通过

```
JX-B(config)#acl-ipv4 1002
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-B(configure-acl-ipv4-1002)#rule 1 ip src-ip 172.17.2.0/24
dst-ip any
JX-B(configure-acl-ipv4-1002)#rule 1 action permit
JX-B(configure-acl-ipv4-1002)#exit
```

配置名为 prefix 的地址前缀列表，允许 172.17.1.0/24 的路由通过

```
JX-B(config)#ip prefix-list prefix permit 172.17.1.0/24
```

配置路由策略。

```
JX-B(config)#route-policy isis2ospf permit node 1
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-1)#match destination
ip-prefix-list prefix
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-1)#apply cost 100
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-1)#exit
JX-B(config)#route-policy isis2ospf permit node 2
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-2)#match destination
acl-ipv4 1002
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-2)#apply tag 20
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-2)#exit
JX-B(config)#route-policy isis2ospf permit node 3
JX-B(config-route-policy-isis2ospf-3)#exit
JX-B(config)#
```

在 OSPF 引入路由时应用路由策略。

```
JX-B(config)#ospf 1
JX-B(config-ospf-1)#import-route isis 1 route-policy isis2ospf
```

查看配置结果。

172.17.1.0/24 的 cost 为 200，172.17.2.0/24 的 tag 值为 20（0x14）

```
JX-A (config)#show ospf route
 OSPF Process 1
 RoutType  Prefix            PathType  Cost    Cost2
NextHop          BackupNextHop    AreaId  Time
 ASBR     2.2.2.2/32         INTRA     1       0
192.168.1.2      0.0.0.0          0       0:00:26
 Network   172.17.1.0/24      ASE2      1       100
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A     0:02:52
 Network   172.17.2.0/24      ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A     0:01:56
 Network   172.17.3.0/24      ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A     0:00:26
 Network   192.168.1.0/24     INTRA     1       0
192.168.1.1      0.0.0.0          N/A     0:39:56
 Network   192.168.2.0/24     ASE2      1       1
192.168.1.2      0.0.0.0          N/A     0:00:26
 Route :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 0        1        5         1         0         4

 Path :
 ABR      ASBR     Network   Intra     Inter     External
 0        1        5         1         0         4
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

```
JX-A(config)#show ospf database ls-type as-external-lsa link-id
172.17.2.0 adv-router 2.2.2.2
Database of OSPF Process 1
 Detailed LSA Information

  Buffer: 00 b7 02 05 ac 11 02 00 02 02 02 02 80 00 00 01
  Buffer: 72 83 00 24 ff ff ff 00 80 00 00 01 00 00 00 00
  Buffer: 00 00 00 14
   Lsa Type:(5)AS-External Lsa
   Lsa Age :183
   Options  :(0b 00(DC)(EA)(N/P)(MC)(E)0)0x2
   Link State Id :172.17.2.0(Destination network)
   Advertising Router :2.2.2.2
   Sequence Number :0x80000001
   Checksum:0x7283
   Length :36
   Network Mask:255.255.255.0
   E-bit:Set
   Metric:1
   Forwarding Address:0.0.0.0
   External Route Tag:0x14
```

1.14.8 在 IPV6 路由引入中应用路由策略

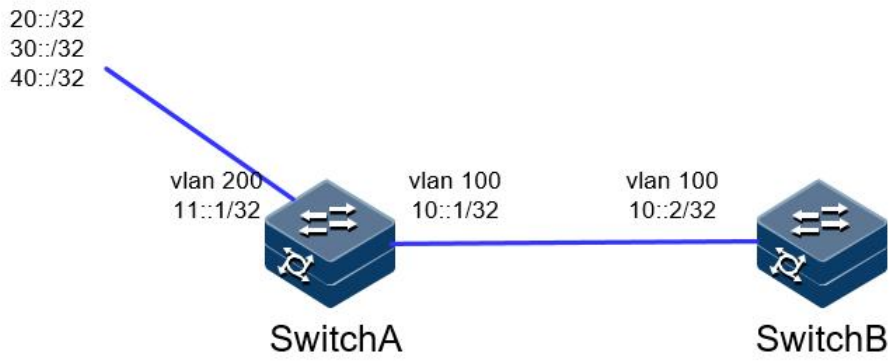
组网需求

在 Switch A 和 Switch B 上使能 RIPng。

在 Switch A 上配置三条静态路由，并设置在引入静态路由时应用路由策略，使三条静态路由部分引入、部分被屏蔽掉——20::/32 和 40::/32 网段的路由是可见的，30::/32 网段的路由则被屏蔽。

通过在 Switch B 上查看 RIPng 路由表，验证路由策略是否生效。

图 1-52 ipv6 路由引入中应用路由策略组网图



配置步骤

配置各接口的 IPV6 地址。

配置 RIPng。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

Switch A:

```
JX-A#configure
JX-A(config)#ripng 1
JX-A(config-ripng-1)#exit
JX-A(config)#interface vlan 100
JX-A(config-vlanif-100)#ripng 1 enable
JX-A(config-vlanif-100)#exit
```

Switch B:

```
JX-B#configure
JX-B(config)#ripng 1
JX-B(config-ripng-1)#exit
JX-B(config)#interface vlan 100
JX-B(config-vlanif-100)#ripng 1 enable
JX-B(config-vlanif-100)#exit
JX-B(config)#
```

配置静态路由

```
JX-A(config)#ipv6 route-static 20:: 32 11::2
JX-A(config)#ipv6 route-static 30:: 32 11::2
JX-A(config)#ipv6 route-static 40:: 32 11::2
```

验证路由策略和应用

```
JX-A(config)#ipv6 prefix-list a permit 30::/32
JX-A(config)#route-policy sta2ripng deny node 0
JX-A(config-route-policy-sta2ripng-0)#match destination
ipv6-prefix-list a
JX-A(config-route-policy-sta2ripng-0)#exit
JX-A(config)#route-policy sta2ripng permit node 10
JX-A(config-route-policy-sta2ripng-10)#exit
JX-A(config)#ripng 1
JX-A(config-ripng-1)#import-route static route-policy sta2ripng
```

查看配置结果

查看 switch B 的路由表。

```
JX-B(config)#show ripng route
Process   Prefix/Prefixlen       Nexthop
Metric  Age     State   Protocol    Tag
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
1        10::/32              fe80::f2f1:f2ff:fef3:101     0
0      Active  ripng      0
1        20::/32              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
25     Active  ripng      0
1        40::/32              fe80::f2f1:f2ff:fef3:201     2
25     Active  ripng      0
------------------------------------------------------------
-------------------------------------------------------
 Total : 3
```

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

1.15 ECMP

1.15.1 简介

ECMP 应用于多条不同链路到达同一目的地址的网络环境中。如果使用传统的路由技术，发往该目的地址的数据包只能利用其中的一条链路，其它链路处于备份状态或无效状态，并且在动态路由环境下相互的切换需要一定时间。而 ECMP 可以在该网络环境下同时使用多条链路，不仅增加了传输带宽，并且可以无时延无丢包地备份失效链路的数据传输。

当到达同一目的地存在同一路由协议发现的多条路由时，且这几条路由的开销值也相同，那么就满足负载分担的条件。ECMP 提供普通的算法配置方式和增强的模版配置方式，普通型 ECMP 负载分担方式提供了基于源 IP 地址、目的 IP 地址、传输层源端口号和目的端口号进行负载分担的方式，而增强型 ECMP 负载分担方式则提供了更多负载分担方式的模板。

1.15.2 配置准备

场景

无

前提

无

1.15.3 缺省配置

功能	缺省值
ECMP 算法	不使能
ECMP 模版	使能默认模版

1.15.4 配置 ECMP 分流算法

步骤	配置	说明
1	`JX#config`	进入全局配置模式。
2	`JX(config)# ecmp load-balance { src-ip | default }`	配置 ECMP 分流算法： src-ip：基于源 IP 分担 default：默认基于源 IP 和目的 IP 分担

1.15.5 配置 ECMP 模版

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司

步骤	配置	说明
1	JX#**config**	进入全局配置模式。
2	JX(config)#**ecmp-profile default**	配置 ECMP 分流模版
3	JX(config-ecmp-profile-defaut)# **l3 field** { **src-ip** | **dst-ip** | **src-mac** | **dst-mac** | **src-port** | **vlan** | **l4-srcport** | **l4-dstport** | **protocol** | **all** | **default** }	配置 ECMP 分担模板中 L3 报文的负载分担方式。 src-ip：指定根据源 IP 地址进行负载分担 dst-ip：指定根据目的 IP 地址进行负载分担 src-mac：指定根据源 MAC 地址进行负载分担 dst-mac：指定根据目的 MAC 地址进行负载分担 src-port：指定根据源端口进行负载分担 vlan：指定根据 VLAN 进行负载分担 l4-srcport：指定根据传输层源端口进行负载分担 l4-dstport：指定根据传输层目的端口进行负载分担 protocol：指定根据协议进行负载分担 all：指定根据以上所有项目进行负载分担 default：默认根据源 IP 地址和目的 IP 地址进行负载分担 缺省情况下，IPv4 报文负载分担方式为 src-ip、dst-ip、l4-srcport、l4-dstport 和 protocol
4	JX(config-route-policy-a-1)# **ecmp-profile default**	应用 ecmp 分流模版。

1.15.6 检查配置

步骤	配置	说明
1	JX#**show ecmp-profile**	显示 ECMP 模版配置信息
2	JX# **show ecmp load-balance**	显示 ECMP 模版绑定信息。

Copyright ©2025 北京甲信技术有限公司