

甲信三层以太网交换机 OSPF V2 V3 技术配置手册

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。

 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

| | |
|------------------------------------|----|
| 1.1 OSPFV2 | 5 |
| 1.1.1 简介 | 5 |
| 功能 | 5 |
| (2) 主/从关系协商、DD 报文交换 | 12 |
| (3) LSDB 同步 (LSA 请求、LSA 传输、LSA 应答) | 13 |
| OSPF 路由计算 | 13 |
| 1.1.2 配置准备 | 18 |
| 场景 | 18 |
| 1.1.3 缺省配置 | 18 |
| 1.1.4 配置 OSPF 基本功能 | 18 |
| 1.1.5 配置 OSPF STUB 区域 | 19 |
| 1.1.6 配置 OSPF NSSA 区域 | 20 |
| 1.1.7 配置 OSPF 引入外部路由 | 20 |
| 1.1.8 配置 OSPF 路由聚合 | 20 |
| 1.1.9 配置 OSPF 虚连接 | 21 |
| 1.1.10 配置 OSPF 认证功能 | 22 |
| 1.1.11 检查配置 | 22 |
| 1.1.12 配置 OSPF 基本功能示例 | 23 |
| 组网需求 | 23 |
| 1.1.13 配置 OSPF STUB 区域示例 | 26 |
| 组网需求 | 26 |
| 1.1.14 配置 OSPF NSSA 区域示例 | 28 |
| 组网需求 | 28 |
| 1.1.15 配置 OSPF 引入外部路由示例 | 31 |
| 组网需求 | 31 |
| 1.1.16 配置 OSPF 路由聚合示例 | 33 |
| 组网需求 | 33 |
| 1.1.17 配置 OSPF 虚连接示例 | 38 |
| 组网需求 | 38 |
| 1.1.18 配置 OSPF 认证示例 | 41 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 组网需求 | 41 |
| 1.2 OSPFV3 | 44 |
| 1.2.1 简介 | 44 |
| 功能 | 44 |
| 1.2.2 配置准备 | 57 |
| 场景 | 57 |
| 1.2.3 缺省配置 | 57 |
| 1.2.4 配置 OSPFV3 基本功能 | 58 |
| 1.2.5 配置 OSPFV3 STUB 区域 | 58 |
| 1.2.6 配置 OSPFV3 NSSA 区域 | 59 |
| 1.2.7 配置 OSPFV3 引入外部路由 | 59 |
| 1.2.8 配置 OSPFV3 路由聚合 | 60 |
| 1.2.9 配置 OSPFV3 虚连接 | 60 |
| 1.2.10 检查配置 | 61 |
| 1.2.11 配置 OSPFV3 基本功能示例 | 61 |
| 组网需求 | 61 |
| (2) 通过 show ospfv3 database 查看数据库 | 63 |
| (3) 通过 show ospfv3 route 查看路由表 | 65 |
| 1.2.12 配置 OSPFV3 STUB 区域示例 | 65 |
| 组网需求 | 65 |
| 1.2.13 配置 OSPFV3 NSSA 区域示例 | 67 |
| 组网需求 | 67 |
| 1.2.14 配置 OSPFV3 引入外部路由示例 | 72 |
| 组网需求 | 72 |
| 1.2.15 配置 OSPFV3 路由聚合示例 | 74 |
| 组网需求 | 74 |
| 1.2.16 配置 OSPFV3 虚连接示例 | 78 |
| 组网需求 | 78 |
| 配置步骤 | 79 |

1.1 OSPFV2

1.1.1 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。
- 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

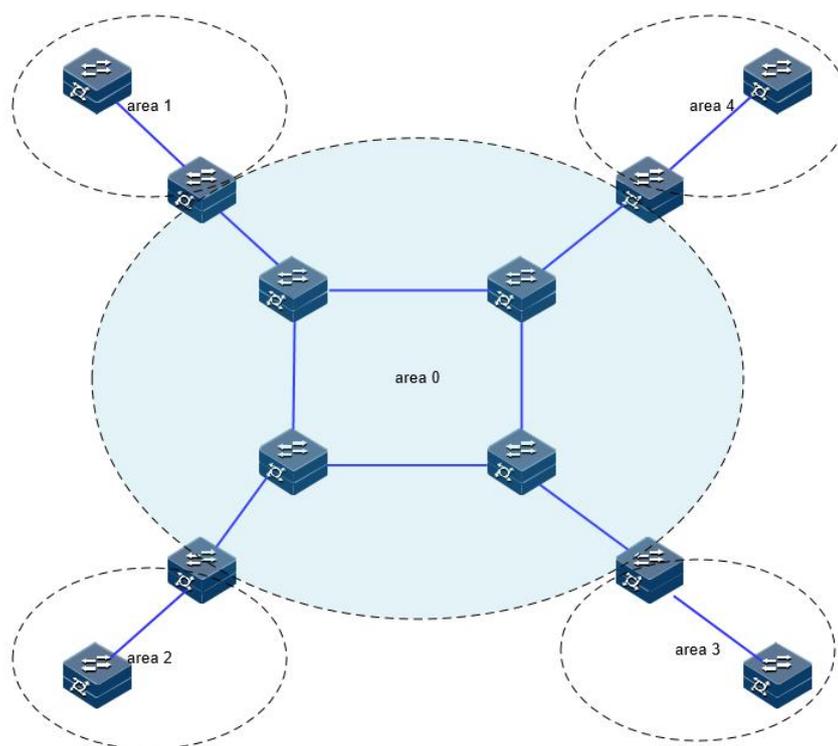
一台路由器如果要运行 OSPF 协议，必须存在路由器 ID。路由器 ID 是一个 32 比特无符号整数，是一台路由器在自治系统中的唯一标识。路由器的 ID 可以手工配置，也可以由系统自动产生，系统从当前接口的 IP 地址中自动选择最大的一个地址作为路由器的 ID 号。如果系统当前未配置任何 IP 地址，则无法启动 OSPF。

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。

图 1-1 OSPF 区域划分

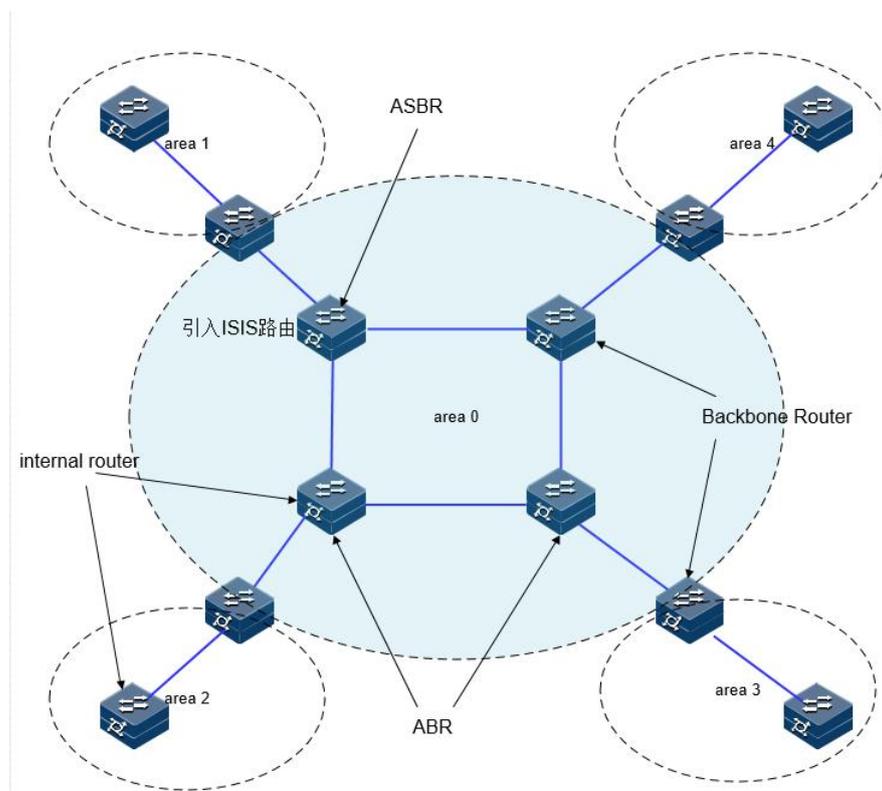


划分区域后，可以在区域边界路由器上进行路由聚合，减少通告到其他区域的 LSA 数量。另外，划分区域还可以使网络拓扑变化造成的影响最小化。

OSPF 的区域类型包括普通区域、Stub 区域、NSSA 区域。

OSPF 路由器类型

图 1-2 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。

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

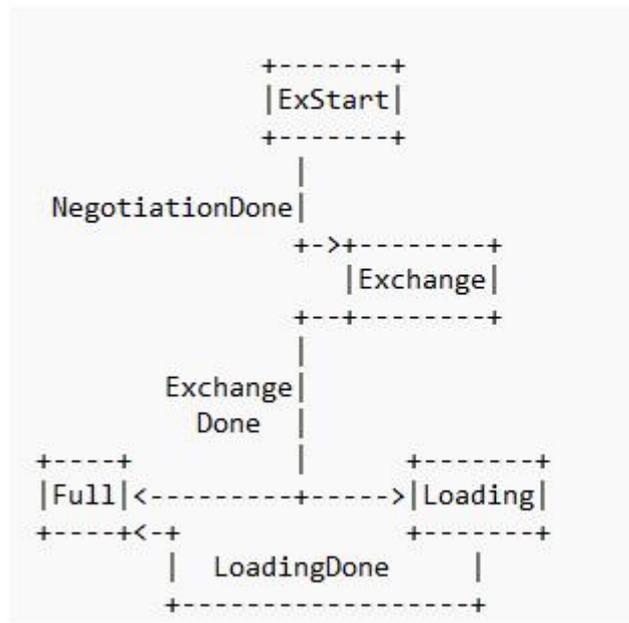
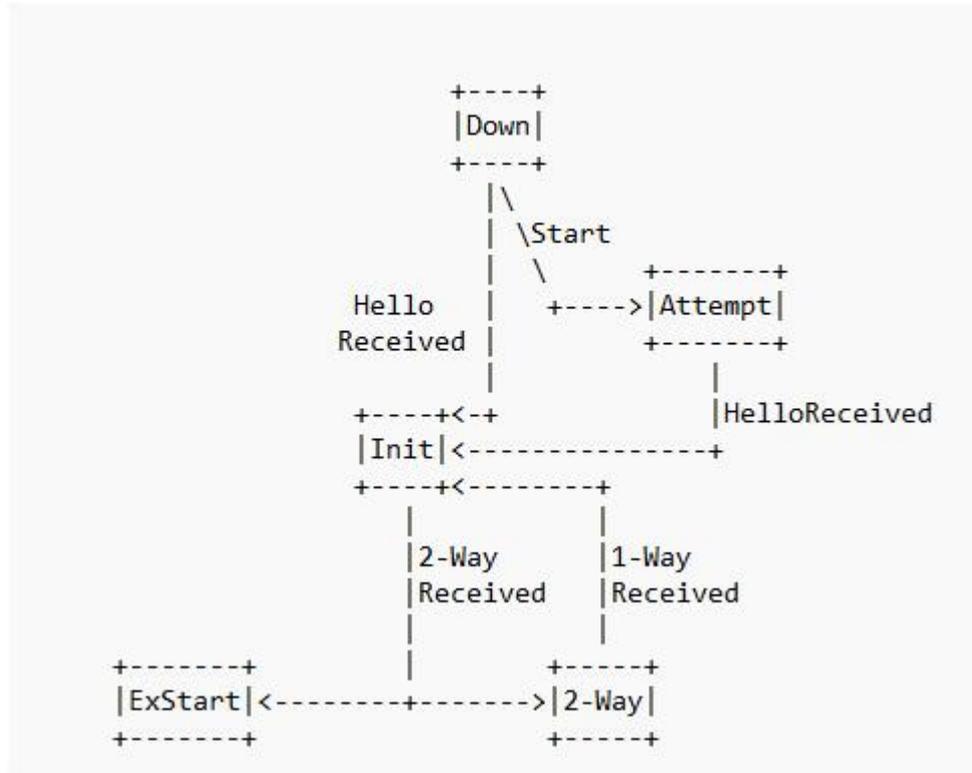
OSPF LSA 类型

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 Summary 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。

OSPF 邻居状态机

图 1-3 OSPF 邻居状态机



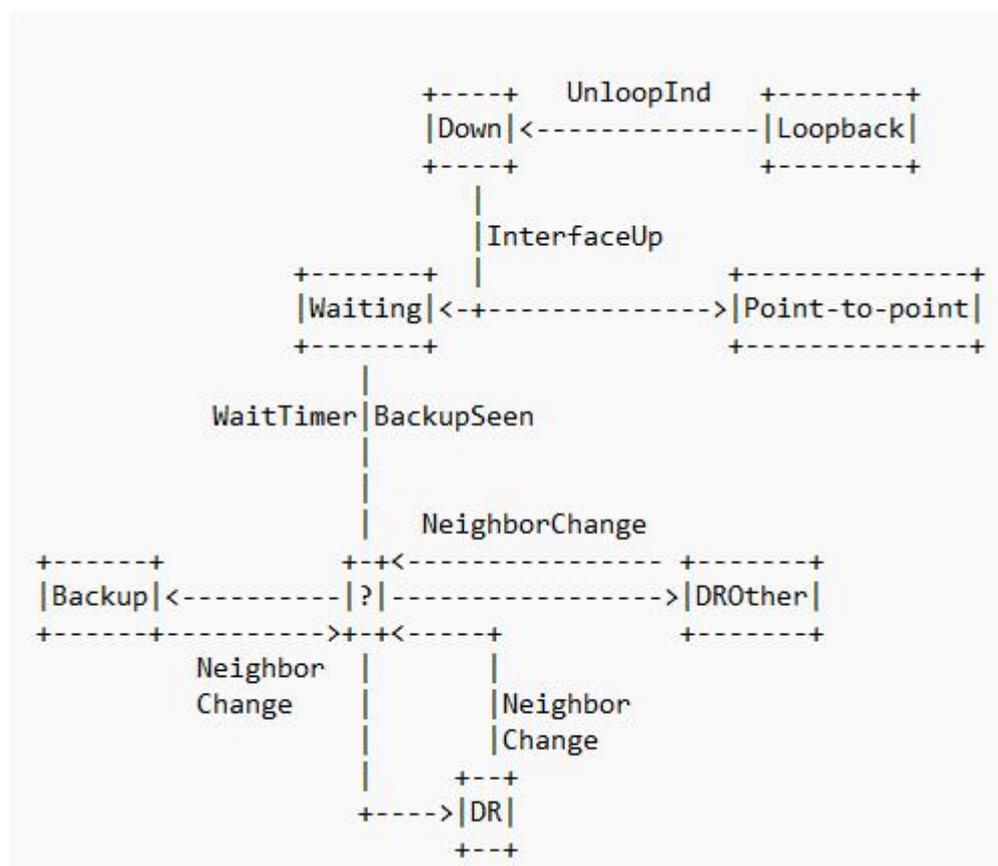
邻居状态机的含义：

- **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。
- **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地发送。
- **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 1-4 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。
- **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

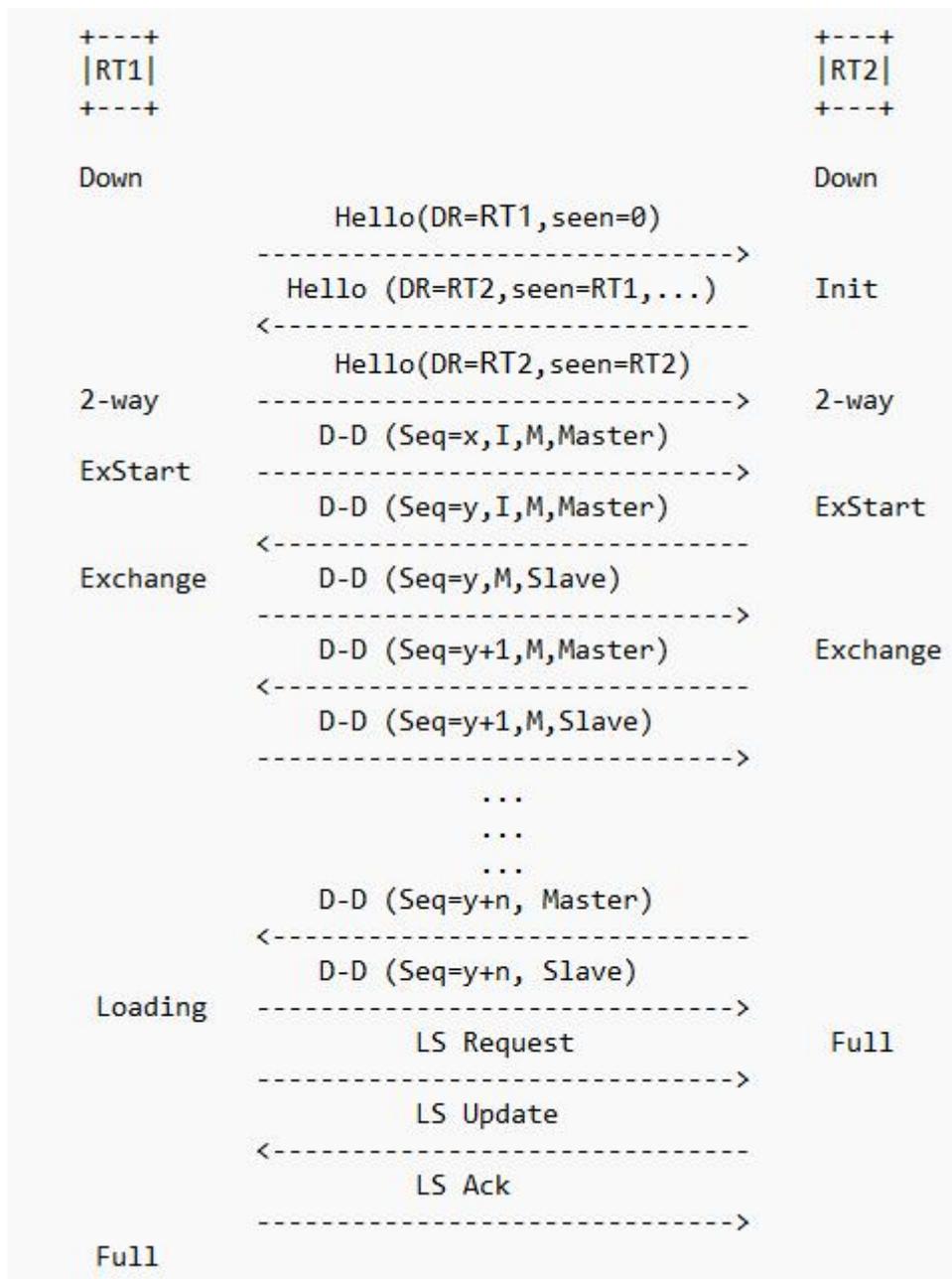
在 OSPF 中，邻居（Neighbors）和邻接（Adjacencies）是两个不同的概念。

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:

图 1-5 OSPF 广播网络建邻示意图



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

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。

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。

OSPF 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都必须都要配置 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。

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。

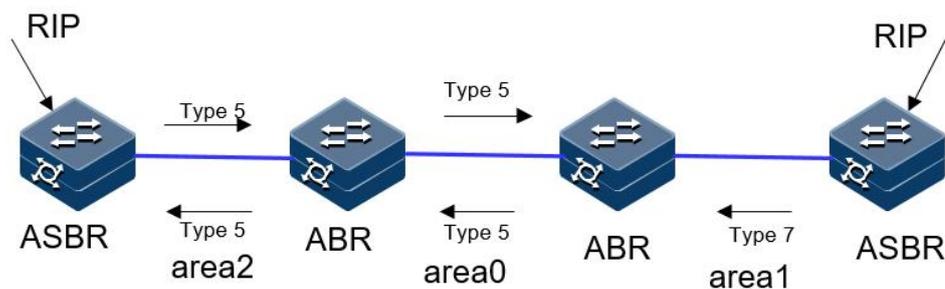
NSSA 区域的特点：

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 1-6 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

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。

- 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 $n(n-1)/2$ 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 (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。
- 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 不一定是 DR 优先级最大的路由器；同理，BDR 也不一定是 DR 优先级第二大的路由器。

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。

1.1.2 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。

1.1.3 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 |

1.1.4 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。 |

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|--|
| 4 | (1) 在实例模式配置 JX(config-ospf-1)# network <i>network-address network-mask area</i> <i>area-id</i> (2) 在接口下配置 JX (config-vlanif-1)# ospf <i>process-id area area-id</i> | 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 <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> | 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 <i>NAME</i>] | 进入 OSPF 视图 |
| 8 | JX(config-ospf-1)# peer ipv4-address priority <i>priority</i> | 配置 NBMA 网络的邻居（可选） |
| 9 | JX(config-ospf-1)# maximum load-balancing <i>number</i> | 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 <i>preference-value</i> { route-policy <i>NAME</i> } | 配置 OSPF 域内路由和域间路由的优先级 |
| 12 | JX(config-ospf-1)# preference ase <i>preference-value</i> { route-policy <i>NAME</i> } | 配置 OSPF 外部路由的优先级 |

1.1.5 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 <i>NAME</i>] | 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。 |

1.1.6 配置 OSPF NSSA 区域

请在设备上进行以下配置。

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|---|
| 1 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)# ospf process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPF 视图。 |
| 3 | <code>JX(config-ospf-1)# area area-id nssa [no-summary-lsa]</code> | 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 | <code>JX(config-ospf-1)# area area-id nssa default-cost cost</code> | 配置 ABR 发送到 NSSA 区域的 Type3 LSA 的缺省路由的开销(可选)。 |
| 5 | <code>JX(config-ospf-1)# area area-id nssa translator { always candidate }</code> | 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。 |

1.1.7 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 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)#ospf process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPF 视图。 |
| 3 | <code>JX(config-ospf-1)#import-route { connect static rip bgp isis ospf } [cost { cost inherit }] route-policy NAME]*</code> | 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。 |

1.1.8 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 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |

| 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 { <i>dest-address/dest-masklen</i> <i>dest-address/dest-mask</i> } | 配置 OSPF 的 ABR 路由聚合 |
| 4 | JX(config-ospf-1)# area area-id nssa summary { <i>dest-address/dest-masklen</i> <i>dest-address/dest-mask</i> } | 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 <i>dest-address/dest-masklen</i> | 配置 OSPF 的 ASBR 路由聚合。 |
| 6 | JX(config-ospf-1)# asbr-summary { connect static rip bgp isis ospf } <i>dest-address/dest-masklen</i> | 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 } <i>process-id</i> <i>dest-address/dest-masklen</i> | 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 |

1.1.9 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）。 |

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

1.1.11 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 | <code>JX#show ospf interface</code> | 查看 OSPF 接口。 |
| 2 | <code>JX# show ospf process process-id</code> | 查看 OSPF 实例。 |
| 3 | <code>JX# show ospf area</code> | 查看 OSPF 区域。 |
| 4 | <code>JX# show ospf neighbor</code> | 查看 OSPF 邻居，对端进行对应的配置之后，可以建立邻居。 |
| 5 | <code>JX# show ospf route</code> | 查看 OSPF 路由表。 |

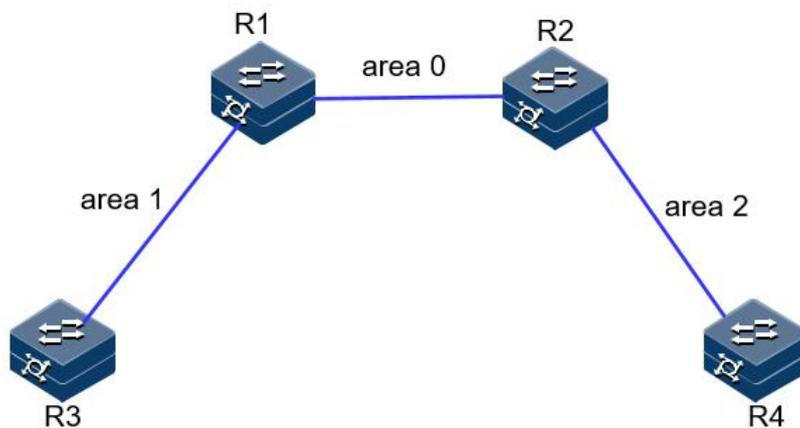
| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|--|------------------|
| 6 | JX# show ospf database | 查看 OSPF 数据库。 |
| 7 | JX# show ospf import-route | 查看 OSPF 引入的路由信息。 |
| 8 | JX# show ospf virtual-link | 查看 OSPF 虚连接信息。 |
| 9 | JX# show ospf interface <i>interface-type interface-number</i> | 查看接口的具体信息。 |
| 10 | JX# show ospf 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。 |

1.1.12 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 1-7 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。

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
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

```

```

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

```

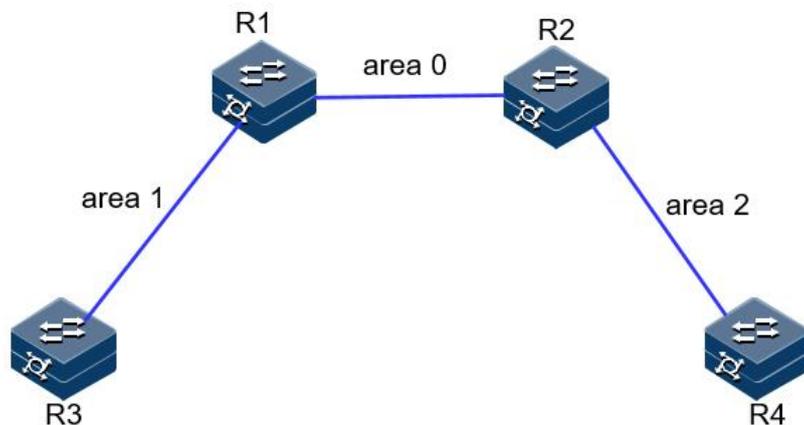
JX-R1(config)#show ospf route
OSPF Process 1
RouteType Prefix PathType Cost Cost2
NextHop BackupNextHop AreaId Time
ABR 2.2.2.2/32 INTRA 1 0 1.1.1.2
0.0.0.0 0 0:06:38
Network 1.1.1.0/24 INTRA 1 0 1.1.1.1
0.0.0.0 N/A 0:06:40
Network 3.1.1.0/24 INTRA 1 0 3.1.1.1
0.0.0.0 N/A 0:11:12
Network 4.1.1.0/24 INTER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

1.1.13 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。

图 1-8 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
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

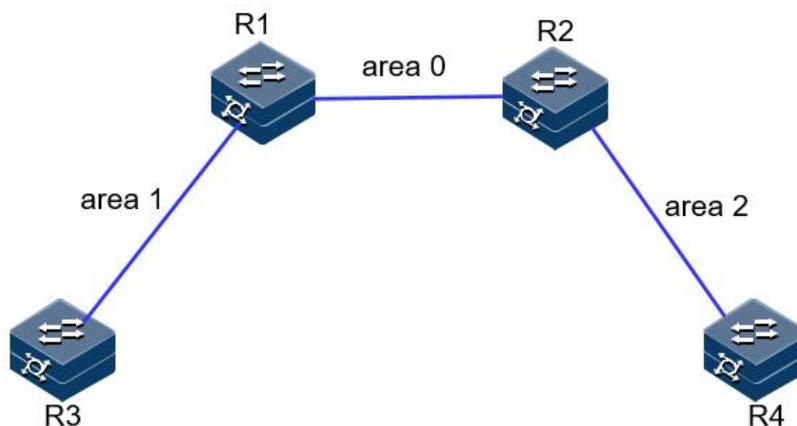
```

1.1.14 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。

图 1-9 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
  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
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
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 | | | | |
| 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 | | | | |

1.1.15 配置 OSPF 引入外部路由示例

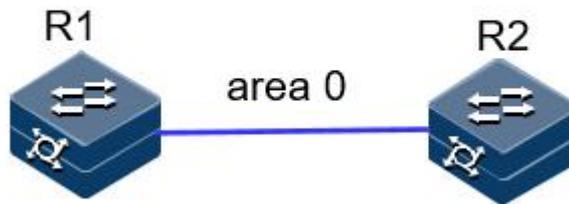
组网需求

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 1-10 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

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
```

| LinkId | ASExternal LSA ADV Router | Age | Seq# | Checksum |
|-----------------|------------------------------|-----|------------|----------|
| 1.1.1.0 36 | 1.1.1.1 | 324 | 0x80000001 | 0xdce9 |
| 100.1.1.0 36 | 1.1.1.1 | 21 | 0x80000001 | 0x4a40 |
| 200.1.1.1 36 | 1.1.1.1 | 285 | 0x80000001 | 0x7b86 |

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
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
```

1.1.16 配置 OSPF 路由聚合示例

组网需求

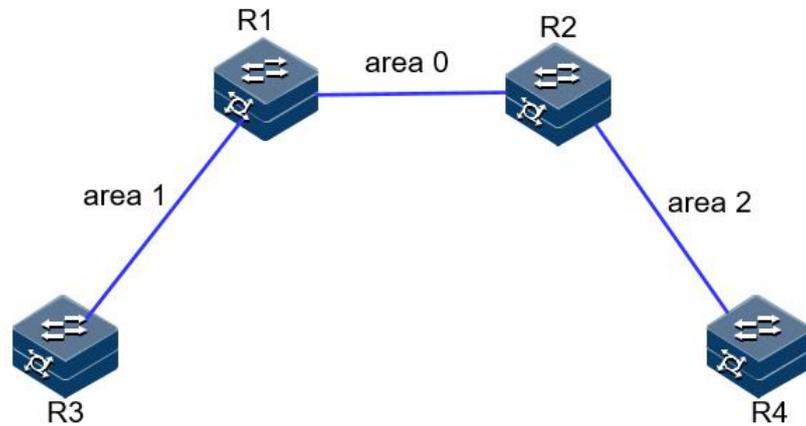
如下图所示，网络要求：区域 2 中存 10.1.1.1/32,10.1.2.1/32,20.1.1.1/32,20.1.2.1/32 的区域内路由，希望将 10.1.1.1/32 和 10.1.2.1/32 聚合为 10.1.0.0/16 通告；而希望 20.1.1.1/32 和 20.1.2.1/32 不导入其他区域。

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 1-11 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:
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。

```

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
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
```

| LinkId | ADV Router | Age | Seq# | Checksum |
|----------|------------|-----|------------|----------|
| 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
```

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

```

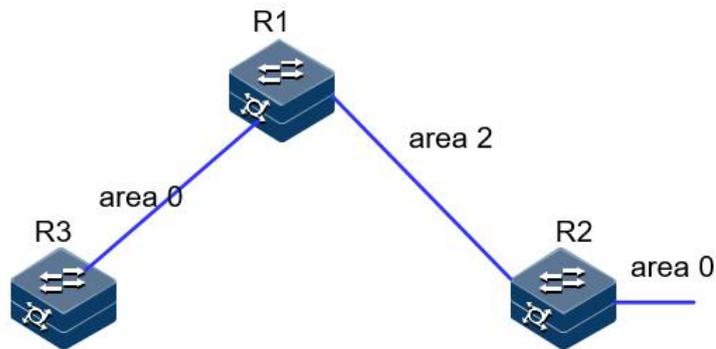
1.1.17 配置 OSPF 虚连接示例

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 1-12 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
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
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
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
```

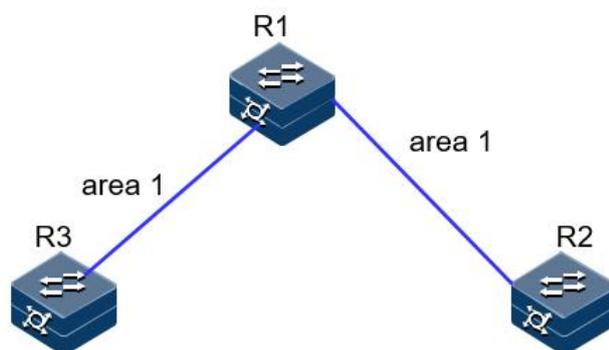
1.1.18 配置 OSPF 认证示例

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。

图 1-13 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
  
```

```

-----
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。

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

```

1.2 OSPFV3

1.2.1 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。

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“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。

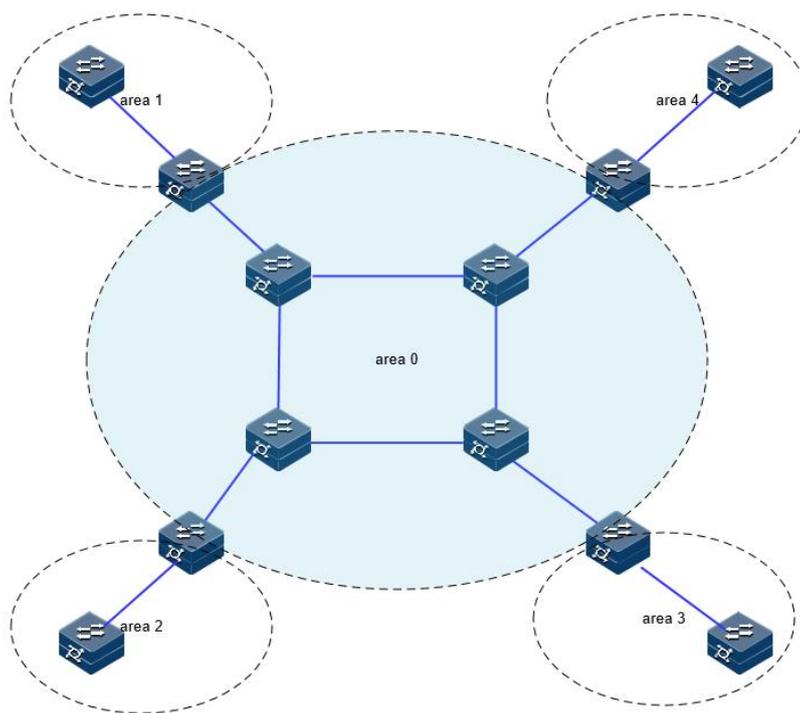
新增两种 LSA, Link LSA: 用于路由器宣告各个链路上对应的链路本地地址及其所配置的 IPv6 全局地址，仅在链路内洪泛。Intra Area Prefix LSA: 用于向其他宣告本路由器或本网络（广播网及 NBMA）的 IPv6 全局地址信息，在区域内洪泛。

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 1-14 OSPFV3 区域划分

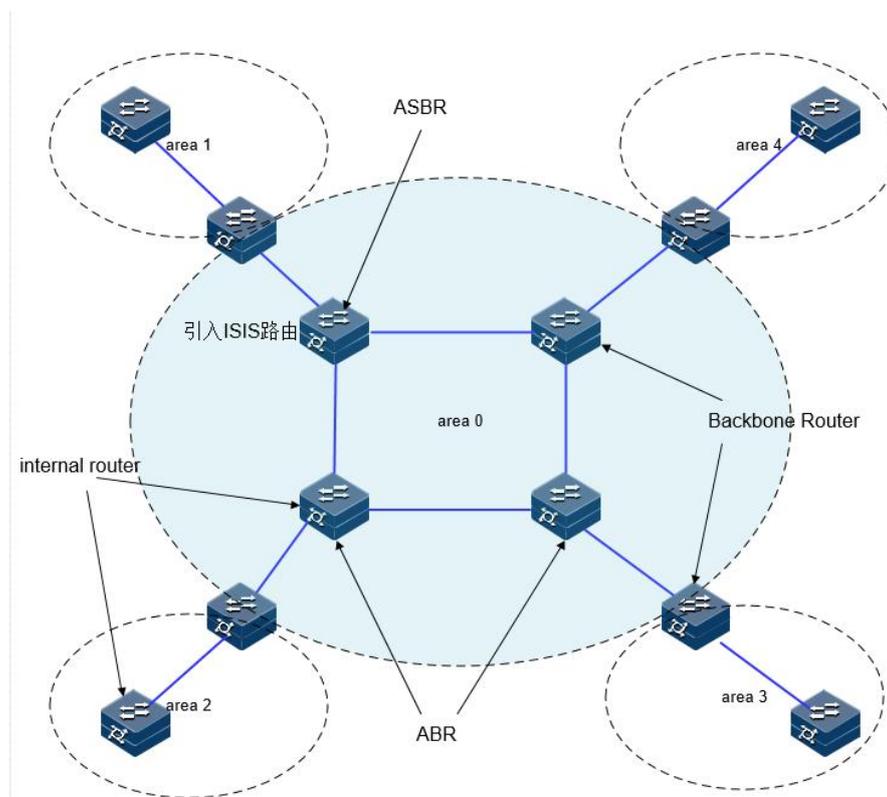


划分区域后，可以在区域边界路由器上进行路由聚合，减少通告到其他区域的 LSA 数量。另外，划分区域还可以使网络拓扑变化造成的影响最小化。

OSPFV3 的区域类型包括普通区域、Stub 区域、NSSA 区域。

OSPFV3 路由器类型

图 1-15 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。
- 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。

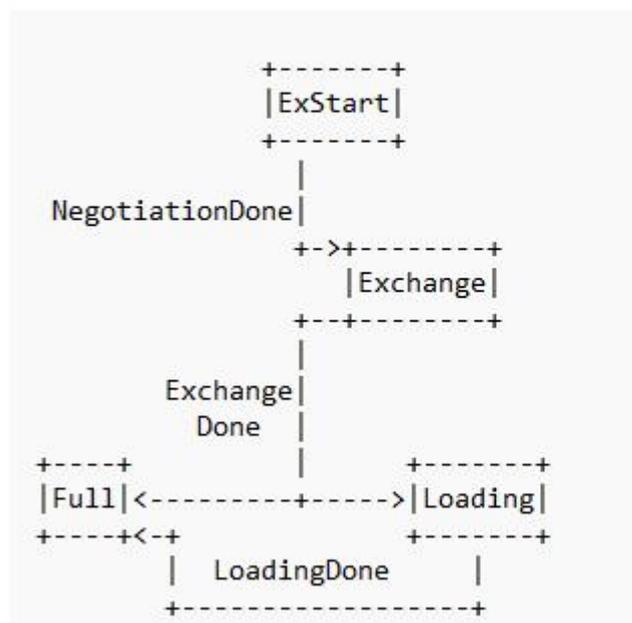
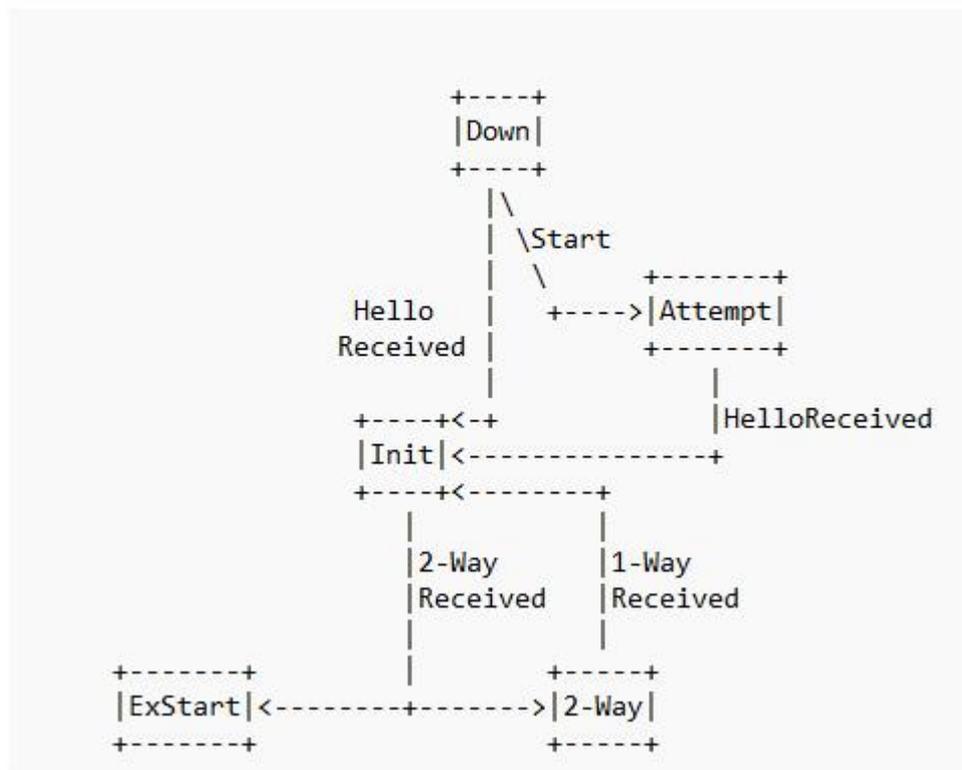
OSPFV3 LSA 类型

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 1-16 OSPFV3 邻居状态机



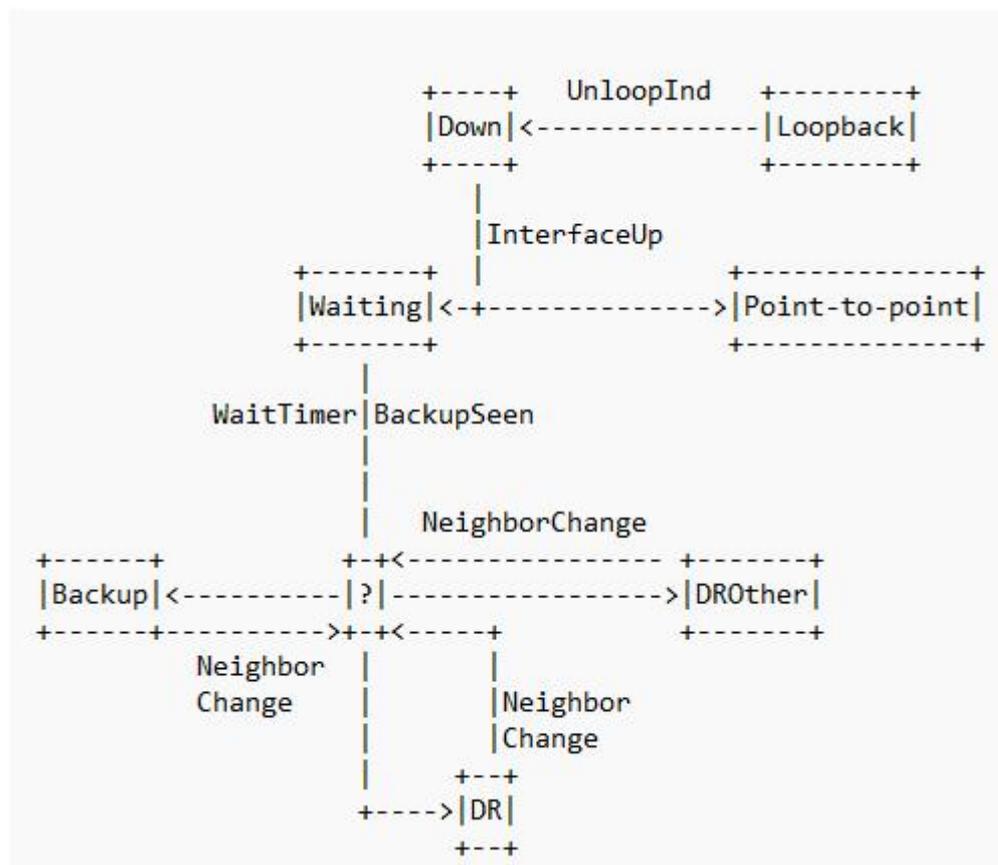
邻居状态机的含义：

- **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。

- **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地发送。
- **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 1-17 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。

- **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。

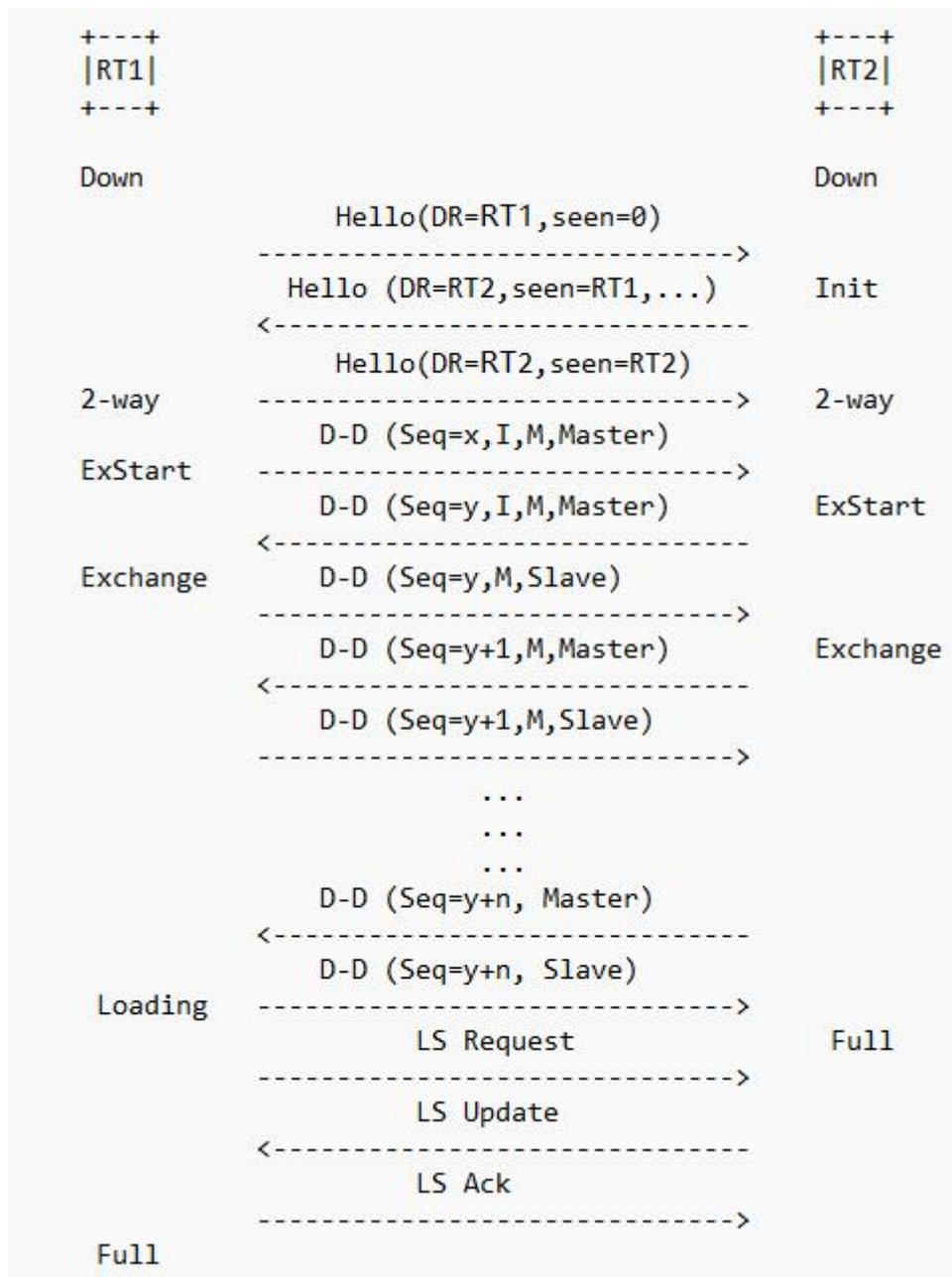
OSPFV3 邻居和邻接

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：

图 1-18 OSPFV3 广播网络建邻示意图



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
- 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。

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都必须都要配置 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。

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）。

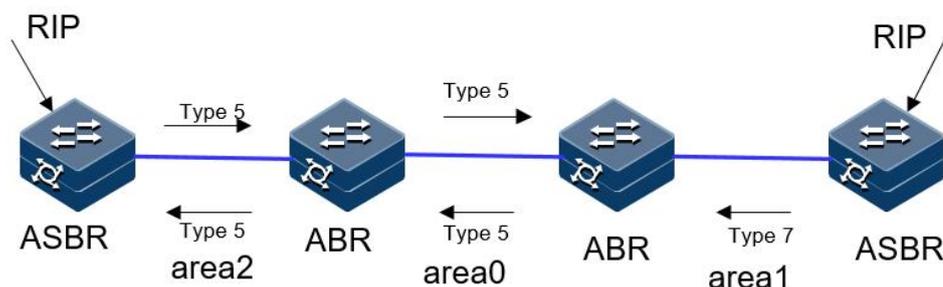
NSSA 区域其实是 Stub 区域的一个变形，它和 Stub 区域有许多相似的地方。两者的差别在于，NSSA 区域能够将自治域外部路由引入并传播到整个 OSPFV3 自治域中，同时又不会学习来自 OSPFV3 网络其它区域的外部路由。

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 1-19 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

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 $n \times (n-1) / 2$ 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。
- 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。

1.2.2 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。

1.2.3 缺省配置

设备上 OSPFV3 的缺省配置如下。

| 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 |

1.2.4 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 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)# ospfv3 process-id [vpn-instance NAME]</code> | 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 | <code>JX(config-ospfv3-1)#router-id ipv4-address</code> | 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 | <code>JX(config)# interface interface-type interface-number</code> | 进入接口模式，本章以 vlan 口为例。 |
| 5 | <code>JX (config-vlanif-1)# ospfv3 process-id area area-id [instance instance-id]</code> | 接口使能 OSPFV3 并创建区域，配置接口所运行的实例和区域。 |
| 6 | <code>JX (config-vlanif-1)# ospfv3 if-type { broadcast p2p } [instance instance-id]</code> | 配置接口的网络类型。（可选） |
| 7 | <code>JX(config)# ospfv3 process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPFV3 视图 |
| 8 | <code>JX(config-ospfv3-1)# maximum load-balancing {load-balancing-number default}</code> | 配置 OSPFV3 最大等价路由条数（可选） |
| 9 | <code>JX(config-ospfv3-1)# preference preference-value [route-policy NAME]</code> | 配置 OSPFV3 域内路由和域间路由的优先级 |
| 10 | <code>JX(config-ospfv3-1)# preference ase preference-value [route-policy NAME]</code> | 配置 OSPFV3 外部路由的优先级 |

1.2.5 配置 OSPFV3 STUB 区域

请在设备上进行以下配置。

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

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|--|---|
| 3 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id stub [no-summary-lsa]</code> | 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。 |

1.2.6 配置 OSPFV3 NSSA 区域

请在设备上进行以下配置。

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|---|
| 1 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)# ospfv3 process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPFV3 视图。 |
| 3 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id nssa [no-summary-lsa]</code> | 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 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id nssa translator { always candidate }</code> | 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 <code>translator always</code> ，可以将某一个 ABR 指定为转换器。 |

1.2.7 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 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)# ospfv3 process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPFV3 视图。 |
| 3 | <code>JX(config-ospfv3-1)# import-route { connect static rip bgp isis ospf } { cost { cost-value inherit } route-policy NAME }*</code> | 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。 |

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

1.2.9 配置 OSPFV3 虚连接

请在设备上进行以下配置。

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|-------------------------|
| 1 | <code>JX#config</code> | 进入全局配置模式。 |
| 2 | <code>JX(config)# ospfv3 process-id [vpn-instance NAME]</code> | 进入 OSPFV3 视图。 |
| 3 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id virtual-link ipv4-address</code> | 创建并配置虚连接。 |
| 4 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id virtual-link ipv4-address hello-interval { hello-interval-time default }</code> | 配置虚连接的 hello 包发送间隔（可选）。 |
| 5 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id virtual-link ipv4-address dead-interval { dead-interval-time default }</code> | 配置虚连接的邻居失效时间（可选）。 |

| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|--------------------------|
| 6 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id virtual-link ipv4-address retransmit-interval { retransmit-interval-time default }</code> | 配置虚连接的 LSA 重传时间间隔（可选）。 |
| 7 | <code>JX(config-ospfv3-1)# area area-id virtual-link neighbor-address transmit-delay { transmit-interval-time default }</code> | 配置虚连接延迟发送 LSA 的时间间隔（可选）。 |

1.2.10 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。

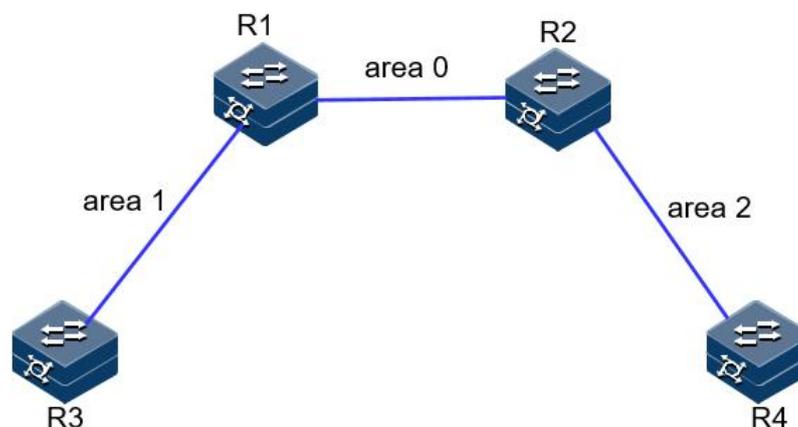
| 步骤 | 配置 | 说明 |
|----|---|----------------------------------|
| 1 | <code>JX#show ospfv3 interface</code> | 查看 OSPFV3 接口。 |
| 2 | <code>JX# show ospfv3 process process-id</code> | 查看 OSPFV3 实例。 |
| 3 | <code>JX# show ospfv3 area</code> | 查看 OSPFV3 区域。 |
| 4 | <code>JX# show ospfv3 neighbor</code> | 查看 OSPFV3 邻居，对端进行对应的配置之后，可以建立邻居。 |
| 5 | <code>JX# show ospfv3 route</code> | 查看 OSPFV3 路由表。 |
| 6 | <code>JX# show ospfv3 database</code> | 查看 OSPFV3 数据库。 |
| 7 | <code>JX# show ospfv3 import-route</code> | 查看 OSPFV3 引入的路由信息。 |
| 8 | <code>JX# show ospfv3 virtual-link</code> | 查看 OSPFV3 虚连接信息。 |
| 9 | <code>JX#show ospfv3 interface interface-type interface-number</code> | 查看接口的具体信息。 |
| 10 | <code>JX# show ospfv3 area area-id area-id</code> | 查看区域的具体信息。 |
| 11 | <code>JX# show ospfv3 information</code> | 查看 OSPFV3 的全局信息。 |

1.2.11 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 1-20 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
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
-----
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
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
RouteType 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:fe3:201  ::
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:fe3:201  ::

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

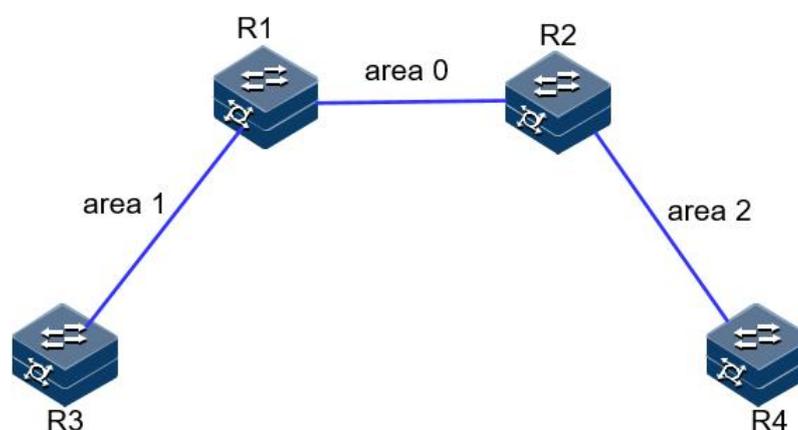
```

1.2.12 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 1-21 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
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
RouteType 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

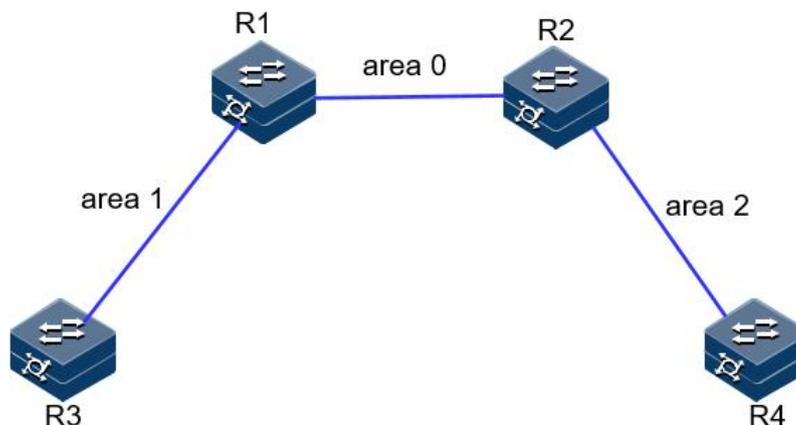
```

1.2.13 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。

图 1-22 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
```

```

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 v1an-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

          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 v1an-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)
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 vln-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        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
ASBR     1.1.1.1/32      0.0.0.2     INTER     2
0        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
ASBR     3.3.3.3/32      0.0.0.2     INTER     3
0        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
PREFIX   12::/64         0.0.0.2     INTER     2
0        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
PREFIX   13::/64         0.0.0.2     INTER     3
0        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
PREFIX   24::/64         0.0.0.2     INTRA     1
0        vln-24         24::        ::
PREFIX   200::1/128      n/a         EXTERNAL_2 2
1        vln-24         fe80::f2f1:f2ff:fef3:201  ::
Route:
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

```

1.2.14 配置 OSPFV3 引入外部路由示例

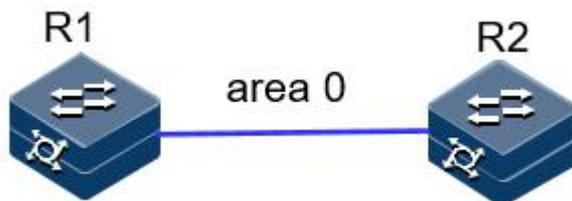
组网需求

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 1-23 OSPFV3 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
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 | Prefix | ADV Router | Age | Seq# | Checksum |
| 0.0.0.2 | 30::1/128 | 1.1.1.1 | 35 | 0x80000001 | 0x8bed |
| 0.0.0.3 | 1::/64 | 1.1.1.1 | 32 | 0x80000001 | 0x5d6a |
| 0.0.0.4 | 40::1/128 | 1.1.1.1 | 32 | 0x80000001 | 0x3608 |

在 R2 查看路由表：

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

1.2.15 配置 OSPFV3 路由聚合示例

组网需求

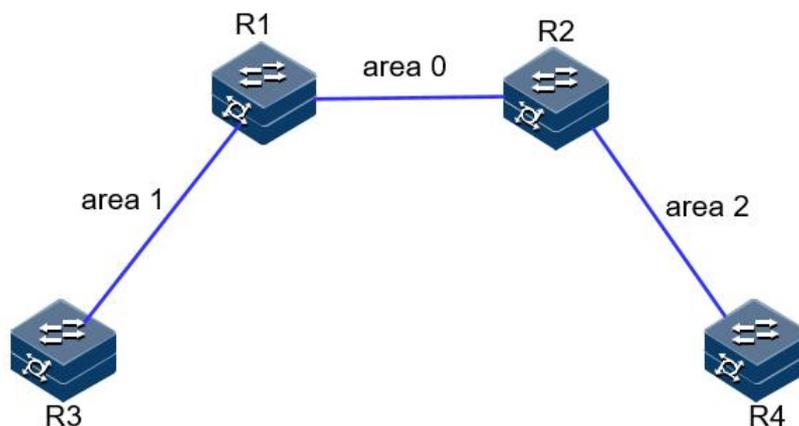
如下图所示，网络要求：区域 2 中存 10::1/128, 10::2/128, 20::1:1/112, 20::2:1/112 的区域内路由，希望将 10::1/128, 10::2/128 聚合为 10::0/112 通告；而希望 20::1:1/112 和 20::2:1/112 不导入其他区域。

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 1-24 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
RouteType 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:fe3:101 ::
  ASBR 1.1.1.1/32 0.0.0.0 INTRA 1
0    vlan-12 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  ASBR 3.3.3.3/32 0.0.0.0 INTER 2
0    vlan-12 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  ASBR 4.4.4.4/32 0.0.0.2 INTRA 1
0    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  PREFIX 10::1/128 0.0.0.2 INTRA 2
0    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  PREFIX 10::2/128 0.0.0.2 INTRA 2
0    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  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:fe3:101 ::
  PREFIX 20::1:0/112 0.0.0.2 INTRA 2
0    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  PREFIX 20::2:0/112 0.0.0.2 INTRA 2
0    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  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:fe3:101 ::
  PREFIX 30::2/128 n/a EXTERNAL_2 1
1    vlan-24 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  PREFIX 200::1/128 n/a EXTERNAL_2 1
1    vlan-12 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
  PREFIX 200::2/128 n/a EXTERNAL_2 1
1    vlan-12 fe80::f2f1:f2ff:fe3:101 ::
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
RouteType 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:fe3:201  ::
ASBR    4.4.4.4/32          0.0.0.0      INTER      2
0        vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:201  ::
ASBR    3.3.3.3/32          0.0.0.1      INTRA      1
0        vlan-13      fe80::f2f1:f2ff:fe3:301  ::
PREFIX  10::/112             0.0.0.0      INTER      3
0        vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:201  ::
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:fe3:201  ::
PREFIX  30::1/128         n/a          EXTERNAL_2 2
1        vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:201  ::
PREFIX  30::2/128         n/a          EXTERNAL_2 2
1        vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:201  ::
PREFIX  200::1/128        n/a          EXTERNAL_2 1
1        vlan-13      fe80::f2f1:f2ff:fe3:301  ::
PREFIX  200::2/128        n/a          EXTERNAL_2 1
1        vlan-13      fe80::f2f1:f2ff:fe3:301  ::

```

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
RouteType 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:fe3:101  ::
ASBR   1.1.1.1/32          0.0.0.0      INTRA    1
0      vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
ASBR   3.3.3.3/32          0.0.0.0      INTER    2
0      vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
ASBR   4.4.4.4/32          0.0.0.2      INTRA    1
0      vlan-24     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
PREFIX 10::1/128             0.0.0.2      INTRA    2
0      vlan-24     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
PREFIX 10::2/128             0.0.0.2      INTRA    2
0      vlan-24     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
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:fe3:101  ::
PREFIX 20::1:0/112        0.0.0.2      INTRA    2
0      vlan-24     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
PREFIX 20::2:0/112        0.0.0.2      INTRA    2
0      vlan-24     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
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:fe3:101  ::
PREFIX 200::1/128         n/a          EXTERNAL_2 1
1      vlan-12     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
PREFIX 200::2/128         n/a          EXTERNAL_2 1
1      vlan-12     fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
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
RouteType 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:fe3:101  ::
ASBR   1.1.1.1/32          0.0.0.0      INTRA    1
0      vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::
ASBR   3.3.3.3/32          0.0.0.0      INTER    2
0      vlan-12      fe80::f2f1:f2ff:fe3:101  ::

```

```

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

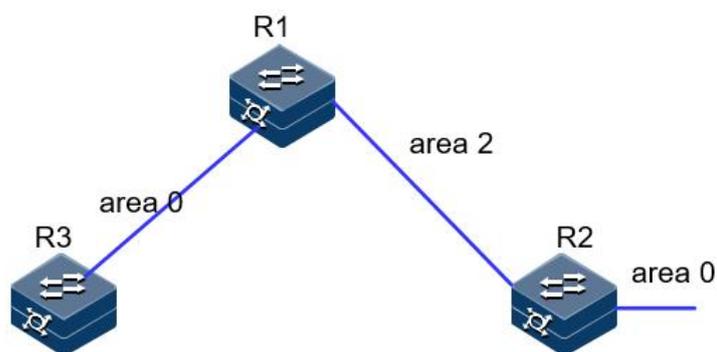
```

1.2.16 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。

图 1-25 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
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
RouteType 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
RouteType 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
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
RouteType 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:fe3:201 ::
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:fe3:201 ::
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:fe3:201 ::
PREFIX 33::3/128 0.0.0.0 INTRA 2
0 vlan-13 fe80::f2f1:f2ff:fe3:301 ::
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
```