

## HCRSE104-OSPF 双栈原理

### OSPF 双栈知识点：

OSPFv2 LSA 类型，OSPF 选路规则，特殊区域，收敛特性，智能定时器，数据库过载，FA，域间路由防环，OSPFv2 与 OSPFv3 差异，OSPFv3 与 OSPFv2 新增

OSPF ( Open Shortest Path First )是由 IETF 开发的广泛使用的链路状态路由协议，它使用 Dijkstra 算法计算路由，快速收敛，层次化多区域结构设计，多部署在中大型园区、企业或城域网络中。目前，OSPF 虽比其他 IGP 协议复杂，但因其成熟性而广为使用。

OSPF 协议具有以下特点：

- 1 OSPF 把自治系统划分成逻辑意义上的一个或多个区域；
- 2 OSPF 通过 LSA ( Link State Advertisement ) 的形式发布路由；
- 3 OSPF 依靠在 OSPF 区域内各设备间交互 OSPF 报文来达到路由信息的统一；
- 4 OSPF 报文封装在 IP 报文内，可以采用单播或组播的形式发送。

### OSPF 5 个报文

- 1 Hello 报文:周期性发送，用来发现和维持 OSPF 邻居关系。
- 2 DD 报文: 描述本地 LSDB 的摘要信息，用于两台设备进行数据库同步。
- 3 LSR 报文 :用于向对方请求所需的 LSA。

设备只有在 OSPF 邻居双方成功交换 DD 报文后才会向对方发出 LSR 报文。

- 4 LSU 报文 ( Link State Update packet ) :用于向对方发送其

所需要的 LSA。

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

LSA 头部信息，除 Hello 报文外，其它的 OSPF 报文都携带 LSA 信息。

### OSPF 邻居状态

OSPF 共有 8 种状态：Down、Attempt、Init、2-way、Exstart、Exchange、Loading、Full。

1 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路由器的 Hello 数据包。

2 Attempt：该状态仅发生在 NBMA 网络中，表明对端在邻居失效时间间隔 ( dead interval ) 超时后仍然没有回复 Hello 报文。此时路由器依然每发送轮询 Hello 报文的时间间隔 ( poll interval ) 向对端发送 Hello 报文。

3 Init：收到 Hello 报文后状态为 Init。

4 2-way：收到的 Hello 报文中包含有自己的 Router ID，则状态为 2-way；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。

5 Exstart：如果形成邻居关系，则从 Init 状态转到 Exstart 状态，开始协商主从关系，并确定 DD 的序列号。

6 Exchange：主从关系协商完毕后开始交换 DD 报文，此时状态为 Exchange。

7 Loading：DD 报文交换完成即 Exchange done，此时状态为 Loading。

8 Full：LSR 重传列表为空，此时状态为 Full。

## 7 类 LSA

Type-1 lsa (router lsa)

Type-2 lsa (network lsa)

Type-3 lsa (network summary lsa)

Type-4 lsa (asbr summary lsa)

Type-5 lsa (as external lsa)

Type-7 lsa (nssa external lsa)

标识一条 LSA 的 3 要素：type，link-state ID，advertise router

type	ls id	adv router
router	router-id	router-id
network	DR'S ip	DR'S router-id
sum-net	路由（域间）	ABR'S router-id
sum-asbr	ASBR'S router-id	ABR'S router-id
external	路由（外部）	ASBR'S router-id
NSSA	路由（外部）	ASBR'S router-id

表 3-4

Router-LSA 所定义的四种 Link 类型

Type	描述	Link ID	Link Data
Point-to-point	点到点类型链路	邻居路由器的 RID	自己的接口 IP 地址
TransNetwork	MA 类型链路	DR 的接口 IP 地址	自己的接口 IP 地址
StubNetwork	末节类型链路（网络）	网络号	网络掩码
Virtual Link	虚拟点到点链路	Vlink 对端 ABR 的 RID	本地 Vlink 的 IP 地址

Router lsa 中的 link type 又分为 4 类：

Point to Point link

描述链路是 P to P

Stub network link

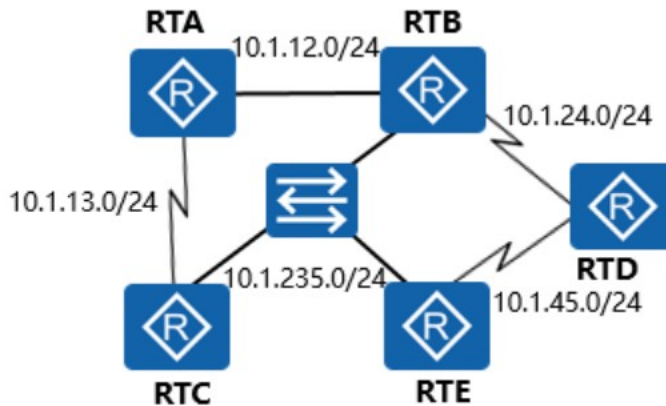
描述网段信息

Trans network link

描述 DR.BDR

Virtual-link link

描述虚链接



### OSPF 选路规则:

区域内的 > 区域间的 > TYPE 1 > TYPE2 > 负载分担

- (1) OSPF 区域内路由优于区域间:
- (2) OSPF 的域间路由又优于外部路由:
- (3) OSPF 外部路由中 Metric-type1 的路由优于 Metric-type2 的路由:
- (4) 同为 Type1 的外部路由中, 优选内部成本和外部成本之和后成本最小的路由, 如果路由的成本一样, 则负载分担;
- (5) 同为 Type2 的外部路由中, 优选外部成本花销小的路由; 如果外部成本一致, 则优选内部成本小的路由, 否则路由负载分担。

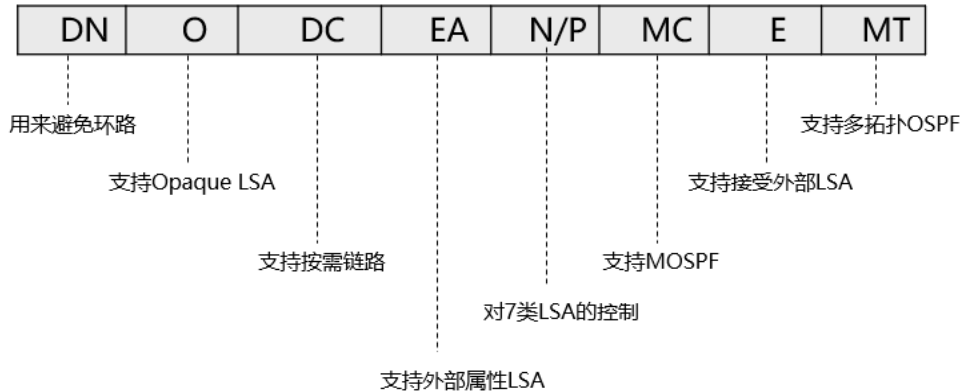
OSPF 外部路由的 Cost 类型有两种, 一种是 type1. 一种是 type2.

type1 : AS 内部开销值 ( 路由器到 ASBR 的开销 ) 与 AS 外部开销值之和

type2 : 只包含 AS 外部开销 ( 默认为 type 2 )

### OSPFv2 的 option 字段

Option 可选字段出现在每一个 Hello 数据包、DD 和每个 LSA 中的。允许路由器和其他路由器进行一些可选性能的通信。



DN：用来避免在 MPLS VPN 中出现环路。

O：该字段指出始发路由器支持 Opaque LSA ( 类型 9、类型 10 和类型 11 )。

DC 位：当始发路由器支持按需链路上的 OSPF 的能力时，该位将被设置。

EA：当始发路由器具有接收和转发 External-Attributes-LSA ( type8 LSA ) 的能力时，该位被置位。

N 位：只用在 Hello 数据包中。N=1 表明支持 7 类 LSA。N=0 表明该路由器将不接收和发送 NSSA LSA。

P 位：只用在 NSSA LSA。该位将告诉 NSSA 区域的 ABR 路由器将 7 类 LSA 转换为 5 类 LSA。

MC 位：当始发路由器支持转发组播数据包的能力时，该位将被置位。

E 位：当始发路由器具有接收 AS-external-LSA ( type5 LSA ) 的能力时，该位被置位。在所有 5 类 LSA 和始发于骨干区域以及非末节区域的 LSA 中，该位置为 1。而始发于末节区域的 LSA 中，该位置为 0。如果 Hello 报文中该位被置位则表明该接口具有接收和发送 5 类 LSA 的能力。

MT 位：表示始发路由器支持多拓扑 OSPF。

OSPF 定义区域类型为四种：

骨干区域 ( Area0 )、普通区域 ( Normal Area)、Stub 区域

及 NSSA 区域。

option 位中，e=1、n=0 为普通/骨干区域，  
e=0、n=0 为 stub 区域，  
e=0、n=1 为 nssa 区域。

表 3-1 Option 置位决定的区域类型

Option 位	Stub 区域	NSSA 区域	Normal 区域/Backbone 区域
E-bit	0	0	1
N/P-bit	0	1	0

表 3-5 特殊类型区域之间的区别

特殊区域类型	Stub	Totally Stub	NSSA	Totally NSSA
区域中 LSA 类型	LSA1/2/3 ABR 产生 LSA3(0.0.0.0)	LSA1/2 ABR 产生 LSA3(0.0.0.0)	LSA1/2/3/7 - ABR(ASBR)产生 LSA7(0.0.0.0)	LSA1/2/7 LSA3(0.0.0.0) ABR(ASBR)产生 LSA7(0.0.0.0)
ABR/ASBR	区域内不允许 ASBR	区域内不允许 ASBR	区域内允许部署 ASBR 区域边界路由是即是 ABR 也是 ASBR	区域内允许部署 ASBR 区域边界路由是即是 ABR 也是 ASBR
配置命令	Area Stub	Area Stub no-summary	Area nssa	Area Nssa no-summary

29	29.719000	192.168.12.1	192.168.12.2	OSPF	DB Description
30	29.750000	192.168.12.2	192.168.12.1	OSPF	DB Description
31	29.766000	192.168.12.1	192.168.12.2	OSPF	DB Description
32	29.797000	192.168.12.2	192.168.12.1	OSPF	DB Description
33	29.797000	192.168.12.2	224.0.0.5	OSPF	LS Update
34	29.813000	192.168.12.1	192.168.12.2	OSPF	LS Request

OSPF DB Description

Interface MTU: 0

Options: 0x02 (E)

0... .. = DN: DN-bit is NOT set

.0.. .... = O: O-bit is NOT set

..0. .... = DC: Demand Circuits are NOT supported

...0 .... = L: The packet does NOT contain LLS data block

... 0... = NP: NSSA is NOT supported

.... .0.. = MC: NOT Multicast Capable

.... .1. = E: External Routing Capability

.... ...0 = MT: NO Multi-Topology Routing



```

Hello Interval [sec]: 10
v Options: 0x02, (E) External Routing
  0... .... = DN: Not set
  .0.. .... = O: Not set
  ..0. .... = (DC) Demand Circuits: Not supported
  ...0 .... = (L) LLS Data block: Not Present
  .... 0... = (N) NSSA: Not supported
  .... .0.. = (MC) Multicast: Not capable
  .... ..1. = (E) External Routing: Capable
  .... ...0 = (MT) Multi-Topology Routing: No
Router Priority: 1

```

## 智能定时器

### SPF 计算的时间间隔

当 OSPF 的链路状态数据库 (LSDB) 发生改变时，需要重新计算最短路径。如果网络频繁变化，由于不断的计算最短路径，会占用大量系统资源，影响设备的效率。通过配置智能定时器 intelligent-timer，设置合理的 SPF 计算的间隔时间，可以避免占用过多的路由器内存和带宽资源。

```

ospf
spf-schedule-interval intelligent-timer 10000 500
1000

```

缺省情况下，使能智能定时器 intelligent-timer，SPF 计算



的 Max-interval 最长间隔时间为 10000 毫秒、Start-interval 初始间隔时间为 500 毫秒、Hold-interval 基数间隔时间为 1000 毫秒 ( 以毫秒为单位的时间间隔 ) 。

- a. 初次计算SPF的间隔时间由`start-interval`参数指定。
- b. 第 $n$  ( $n \geq 2$ ) 次计算SPF的间隔时间为 $hold-interval \times 2^{(n-2)}$ 。
- c. 当 $hold-interval \times 2^{(n-2)}$ 达到指定的最长间隔时间`max-interval`时，再次返回步骤[3.a](#)，按照初始间隔时间`start-interval`计算SPF。

使能智能定时器后：

初次计算 SPF 的间隔时间由 `start-interval` 参数指定。

第  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次计算 SPF 的间隔时间为  $hold-interval \times 2^{(n-2)}$ 。

当  $hold-interval \times 2^{(n-2)}$  达到指定的最长间隔时间 `max-interval` 时，OSPF 连续三次计算 SPF 的时间间隔都是最长间隔时间，之后，再次返回初次计算，按照初始间隔时间 `start-interval` 计算 SPF。

### 按优先级收敛

随着网络业务的融合，数据、语音、视频等不同类型业务会在同样的网络基础设施上进行运行，但是不同业务对网络的要求是不一样的。如对于 VOD ( Video on Demand ) 业务，组播源服务器的路由收敛速度是影响组播业务最关键的因素，要求对到组播源的路由在网络发生故障时能够快速收敛；在用 OSPF 来实现骨干网的 IP 连通性的 BGP 或 MPLS 的 VPN 承载网中，PE 与 PE 之间的端到端路由需要快速收敛。通过配置 OSPF 路由的收敛优先级，允许用户配置特定路由的优先级，使这些路由能够比其他的路由优先收敛。

```
ip ip-prefix 1 permit 1.1.1.0 24
ospf
prefix-priority high ip-prefix 1
```



配置 OSPF 路由的收敛优先级后，OSPF 路由可以按照优先级来计算和泛洪 LSA、同步 LSDB，从而提高路由收敛速度。当一个 LSA 满足多个策略优先级时，最高优先级生效。OSPF 依次按区域内路由、区域间路由、自治系统外部路由顺序进行 LSA 计算，该命令可以计算 OSPF 的收敛优先级。收敛优先级的优先级顺序为：critical>high>medium>low。为了加速处理高优先级的 LSA，泛洪过程中，需要按照优先级将相应的 LSA 分别存放在对应的 critical、high、medium 和 low 的队列中。

### 过载 Overflow

通过设置路由器上非缺省外部路由数量的上限，来避免数据库超限。OSPF 网络中所有路由器都必须配置相同的上限值。这样，只要路由器上外部路由的数量达到该上限，路由器就进入 Overflow 状态，并同时启动超限状态定时器（默认超时时间为 5 秒），路由器在定时器超过 5 秒后自动退出超限状态。当 OSPF 引入的外部路由（Type5 LSA 和 Type7 LSA）数量超过允许的范围，会导致超出的外部路由无法得到正常处理，丢失引入的路由。为了解决上述问题，通过配置 OSPF 的 LSDB 中 External LSA 的最大条目数，保证引入的外部路由在一个合理的范围内，调整和优化 OSPF 网络。

```
ospf
lsdb-overflow-limit 400000
```

设置 LSDB 中 External LSA 的最大条目数为 400000，最大值为 1000000

## 缺省路由

OSPF 路由器只有具有对外的出口时，才能够发布缺省路由 LSA。

```
ospf
default-route-advertise
default-route-advertise always
```

## 路由过滤

OSPF 支持使用路由策略对路由信息进行过滤。缺省情况下，OSPF 不进行路由过滤。

route-policy，filter，filter-policy，filter-lsa-out，访问控制列表（access-list），地址前缀列表（prefix-list）

表 3-6 OSPF 控制路由的技术	
命 令	作 用
filter-policy import	在任何路由器上，对进路由表的路由做过滤
filter-policy export	在 ASBR 上，对引入的路由做过滤
filter export	ABR 上，对离开 Area 的 LSA3 路由过滤
filter import	ABR 上，对进入 Area 的 LSA3 路由过滤
filter-LSA-out	接口下，对泛洪的全部 LSA 或 LSA3/5/7 做过滤
ABR-Summary not-advertise	ABR 上对聚合路由范围内的所有明细路由过滤
ASBR-Summary not-advertise	ASBR 上对聚合路由范围内的所有明细路由过滤

如何对 LSA 进行过滤？

（1）LSA1，LSA2 过滤：只能在接口下进行过滤：ospf filter-lsa-out all

（2）LSA3 过滤：（只能在 ABR 上）

1. 接口下进行过滤：

```
ospf filter-lsa-out summary
```

2. 在路由所属的区域下使用 filter 命令过滤：

```
filter ip-prefix 172 import/export
ip ip-prefix 172 index 10 deny 172.16.0.0 22
```

```
ip ip-prefix 172 index 20 permit 0.0.0.0 0 less-equal 32
```

3 .汇总不通告的方式过滤：

```
abr-summary 172.16.0.0 255.255.252.0 not-advertise  
( 区域下 )
```

4 .ABR 的进程下过滤：

```
filter-policy ip-prefix 172 import/export
```

( 3 ) LSA4 过滤：

在接口下使用命令 `ospf filter-lsa-out all`，以过滤所有 LSA 的方式来过滤 4 类。

( 4 ) LSA5/LSA7 过滤：( 产生 LSA5/7 的 ASBR 上 )

- 1 .接口下进行过滤：`ospf filter-lsa-out ase/NSSA`
- 2 .进程下进行过滤：`filter-policy ip-prefix import/export`
- 3 .汇总时进行过滤：`asbr-summary 50.1.1.0 255.255.255.0 not-advertise` ( 进程下 )
- 4. 引入时进行过滤：`import-route 协议+ route-policy`  
//只有满足路由策略才能生成 5、7 类

LSA

## LSA 的处理

如果收到的 LSA 本地数据库中没有，则接收该 LSA 并继续泛洪。

如果收到的 LSA 本地有，但收到的 LSA 比自己当前已有的 LSA 要新，则更新 LSDB 并泛洪新的 LSA。

如果收到的 LSA 比自己已有的 LSA 旧，则不接收该 LSA。

如果收到的 LSA 和自己路由器的 LSA 一样新，则忽略，并终止泛洪。

如果收到的 LSA 损坏，比如 Checksum 错误，则不接收该 LSA。

判断 LSA 新旧的规则如下.

(1)序列号越大代表越新.

(2) 若序列号相同，则 Checksum 数值越大代表越新。

(3)上述一致的情况下，继续比较 Age.

- 若 LSA 的 Age 为 MaxAge . 为 3600s . 则该 LSA 被认定更"新"
- 若 LSA 间 Age 差额超过 15 min. 则 Age 小的 LSA 被认定更"新"。
- 若 LSA 间 Age 差额在 15 min 以内，则二者视为相同"新"的 LSA . 只保留先收到的一份 LSA .

Ls age 是指 LSA 的老化时间，用来表示 LSA 已经存活了多长时间，最大值为 3600s 。当一台路由器产生一条 LSA 的时候，路由器会将 LSA 的老化时间设置为 0.LSA 在产生之后，无论是停留在路由器的 LSDB 内，还是在传递过程之中，老化时间都会不断增加。为了防止因 LSA 的过期而造成路由回馈，路由器会每隔 30min 泛洪自己产生的 LSA。

## Forwarding Address

FA 是 Forwarding Address 的简写。FA 是 ASBR 通告的 Type 5 LSA 或 Type 7 LSA 中的字段，它的作用是告诉 OSPF 域内的路由器如何能够更快捷地到达 LSA 5 所通告路由的下一跳地址，以免 OSPF 内部路由器在广播网络上以 ASBR 为下一跳，再由 ASBR 自己转发到正确的下一跳，而产生额外的路由。就 5 类或 7 类 LSA 而言，FA 有 0 或非 0 两种情况

若 FA=0 ，数据包要经过 ASBR 访问外部网络。如果 FA! =0 ，数据包要转发至拥有 FA 地址的路由设备，再由其转发到外部网络。

ASBR 上的接口如果满足以下四个规则，则 AS BR 上外部路由的下一跳地址就是该外部路由 LSA5 的 FA. 否则该外部路由 LSA5 中的 FA 为 0

1. 该外部路由的下一跳地址所在网段的接口要发布到 OSPF 中。
2. 该外部路由的下一跳地址所在网段的接口没有被设置成 silent 接口。
- 3 下一跳地址所在网段的接口 OSPF 网络类型不是 Po - int-to-Point 网络类型。
- 4 下一跳地址所在网段的接口 OSPF 网络类型不是 Point-to-Multipoint 网络类型。

## OSPF 故障排除

### 邻接建不起来的原因

- 1 ) hello 间隔和 dead 间隔不同； 接口下 OSPF 网络类型不匹配。
- 2 ) 区域号码不一致；
- 3 ) 特殊区域 ( 如 stub , nssa 等 ) 区域类型不匹配；
- 4 ) 认证类型或密码不一致；
- 5 ) 路由器 router-id 相同；
- 6 ) 链路上的 MTU 不匹配；
- 7 ) 在 broadcast 链路上的子网掩码不匹配
- 8 ) 在 MA 网络中，没有 DR
- 9 ) 接口设置为 silent-interface

### OSPF 几个需要注意的地方：

- 1 ) 当 hello 时间不同时是永远起不来邻居的
- 2 ) 当 hello 时间不同时会停留在 INIT 状态
- 3 ) 如果路由的优先级都改成了 0 , 会停留在 TWO-WAY 状态
- 4 ) 当 MTU 值不同时会停留在 EXSTART 或 EXCHANGE 状态

```
int g0/0/0
mtu 1400
ospf mtu-enable
ospf mtu-enable 两端都要设置
```

#### 4 种网络类型

表 3-2	网络类型分类
广播类型	当链路层协议是 Ethernet 时, 缺省情况下, OSPF 认为网络类型是 Broadcast。 在该类型的网络中: 通常以组播形式发送 Hello 报文、LSU 报文和 LSAck 报文。其中, 224.0.0.5 的组播地址为 OSPF 设备的预留 IP 组播地址; 224.0.0.6 的组播地址为 OSPF DR/BDR (Backup Designated Router) 的预留 IP 组播地址。以单播形式发送 DD 报文和 LSR 报文
NBMA 类型	当链路层协议是帧中继、ATM 时, 缺省情况下, OSPF 认为网络类型是 NBMA。 在该类型的网络中, 以单播形式发送协议报文 (Hello 报文、DD 报文、LSR 报文、LSU 报文、LSAck 报文)
点到多点 P2MP 类型	没有一种链路层协议会被缺省地认为是 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 Hello 报文。 以单播形式发送其他协议报文 (DD 报文、LSR 报文、LSU 报文、LSAck 报文)
点到点 P2P 类型	当链路层协议是 PPP、HDLC 和 FrameRelay (仅 P2P 类型子接口) 时, 缺省情况下, OSPF 认为网络类型是 P2P。 在该类型的网络中, 以组播形式 (224.0.0.5) 发送协议报文 (Hello 报文、DD 报文、LSR 报文、LSU 报文、LSAck 报文)

表 3-3

OSPF 网络类型互联

网络类型组合	邻居建立	邻接同步	路由计算	补充说明
NBMA+其他网络类型	不可以	—	—	NBMA 只能和同类型的节点建立邻居关系
P2MP+Broadcast	调整间隔后可以*	可以	无法计算出对方路由	
P2MP+P2P	调整间隔后可以	可以	可以	
Broadcast+P2P	可以	可以	无法计算出对方路由	

注：\*Hello 和 Dead 间隔一致即可。

## DR 选举

只要网络类型是 Broadcast 或 NBMA，且这个网络上有多于一台路由器，则此网络需要且必定要选举 DR。

DR 的作用：一是用于数据库同步，二是为代表网络的虚节点产生 LSA2 0

路由器根据听到的邻居的 Hello 报文，创建了三个集合：

DR 集合{空}

BDR 集合{空}

DRother { R1，R4，R3，R4，R5，R6} (假设优先级都为默认值 1)

初始，DR 集合为空，BDR 集合也为空的情况下，路由器会先在 DRother 集合内选

举出 BDR，BDR 为 R6 (6.6.6.6)；之后在 DR 集合为空、BDR 集合不为空的情况下，把

BDR 提升为 DR，所以 DR 为 6.6.6.6；现在由于没有 BDR，再从 DRother 集合中选举 BDR，

所以 BDR 为 5.5.5.5。其他路由器使用同样的选举算法，所以选出同样的 DR 和 BDR。



### 先选举 BDR，后有 DR

因为 DR 和 BDR 的切换状态机是：当 DR 失效时，BDR 成为 DR

如果先选举 DR，再选举 BDR，那么当选举 BDR 的过程中 DR 失效，此时网络中既没有 DR 也没有 BDR，切换将无法进行，状态机也就没办法做了。

所以先有 BDR，后有 DR 是为了保证状态机能正常工作。

### 避免域间路由环路

为防止区域间的环路 OSPF 定义了骨干区域和非骨干区域和三类 LSA 的传递规则。

1. OSPF 划分了骨干区域和非骨干区域，所有非骨干区域均直接和骨干区域相连且骨干区域只有一个，非骨干区域之间的通信都要通过骨干区域中转，骨干区域 ID 固定为 0。
2. OSPF 规定从骨干区域传来的三类 LSA 不再传回骨干区域。

### 路由聚合

路由聚合是指将多条具有相同 IP 前缀的路由聚合成一条路由。如果被聚合的 IP 地址范围内的某条链路频繁 Up 和 Down，该变化并不会通告到被聚合的 IP 地址范围外的设备。因此，可以避免网络中的路由振荡，在一定程度上提高了网络的稳定性。OSPF 聚合仅能发生在 ABR 及 ASBR 上，即发生在区域边界或路由域的边界上。

OSPF 不支持自动路由聚合，仅支持手动路由聚合。两种机制：区域间路由聚合和外部路由聚合。

区域间路由聚合在 ABR 上做

ospf

```
area 1
abr-summary 20.0.0.0 255.255.252.0
```

外部路由聚合在 ASBR 上做，或在 router-id 大的 ABR 做

```
ospf
asbr-summary 5.5.5.0 255.255.255.252
=====
```

## OSPFv3

V3 比 V2 新增

V3 与 V2 差异

LSA 1,2 有变化，新增加了 LSA 8,9，LSA 3，4，5，7 换名字

增加了对 IPv6 的支持，传的 V6 的前缀，

增加了 instance id，可以上一个 link-local 上有多个进程，并把多个进程区分开来

默认为 0

```
int g0/0/0
```

```
ospfv3 1 area 0 instance 1
```

减少了验证（由 V6 提供）

LSA type 原来是 1 字节，变成 2 字节 U S2 S1 0

U S2 S1 0

0 0 0 0 0X0 link-local 0x0008 link lsa

0 0 1 0 0X2 area 内 0x2000X 1,2,3

0 1 0 0 0X4 area 间 0x4005 external

LSA 头部的 option 8 位，扩到了 24 放到了 LSA 的 payload 载荷里

V3 增加了一种洪泛范围---链路本地.而 V2 只有两种范围---AR  
EA 内和 AS 内.

LSA 1 LSA2 实现了 拓扑和协议的分离

LSA 1 中的 link 只有 3 种 stubnet 没有了,stubnet 单独放到了  
intra-area prefix lsa 中

LSA 2 中的 network 网络位部分 , 也放到了 intra-area prefix l  
sa 0x2009 中

p2p  
transnet  
virtual

type  
neighbor id  
neighbor interface id  
local interface id  
metric

8 是协议和网络的分离

9 是协议和拓扑的分享

OSPFv3 是基于 IPv6 的 OSPF 协议 , 它工作在 IPv6 上 , 类  
似于 MP-BGP , 它可支持多协议 , 如 IPv4 及 IPv6 , 华为目  
前的 OSPFv3 实现仅支持 IPv6.

OSPFv3 设计时基于 OSPFv2 , 但又区别于 OSPFv2 , 其改  
进了 OSPFv2 协议的缺点 , 增强了协议的扩展性及灵活性。

OSPFv3 基于 OSPFv2 , 所以有很多相同点:

1 网络类型和接口类型

- 2 接口状态机和邻居状态机
- 3 链路状态数据库 C LSDB )
- 4 洪泛机制
- 5 相同类型的报文 Hello 报文、DD 报文、LSR 报文、LSU 报文和 LSAck 报文
- 6 算法及路由计算过程

## OSPFv3 与 OSPFv2 的不同点

1. OSPFv3 基于链路，而不是网段
2. OSPFv3 利用 IPv6 链路本地地址
3. 链路支持多实例复用
4. 链路间的泛洪范围
5. OSPFv3 支持一个链路上多个进程
6. OSPFv3 移除所有认证字段
7. OSPFv3 只通过 Router ID 来标识邻居
8. 新增两种 LSA。Link LSA 和 Intra Area Prefix LSA

## 链路支持多实例复用

通过在 OSPFv3 报文头中添加 Instance ID 字段来实现的

表 3-8 OSPFv3 与 OSPFv2 LSA 对比

OSPFv3 LSAs		OSPFv2 LSAs	
LS Type	Name	Type	Name
0x2001	Router LSA	1	Router LSA
0x2002	Network LSA	2	Network LSA
0x2003	Inter-Area Prefix LSA	3	Network Summary LSA
0x2004	Inter-Area Router LSA	4	ASBR Summary LSA
0x4005	AS-External LSA	5	AS-External LSA
0x2006	Group Membership LSA	6	Group Membership LSA
0x2007	Type-7 LSA	7	NSSA External LSA
0x0008	Link LSA		No Corresponding LSA
0x2009	Intra-Area Prefix LSA		No Corresponding LSA

## OSPFv3 报文变化: 头部字段

版本号从 2 升级到 3。

报文头的不同：与 OSPFv2 报文头相比，OSPFv3 报文头长度只有 16 字节，去掉了认证字段但加了 Instance ID 字段。

Instance ID 字段用来支持在同一条链路上运行多个实例，且只在链路本地范围内有效，如果路由器接收到的 Hello 报文的 Instance ID 与当前接口配置的 Instance ID 不同，将无法建立邻居关系。

### Hello 报文的不同：

与 OSPFv2 Hello 报文相比，OSPFv3 Hello 报文去掉了网络掩码字段，增加了 Interface ID 字，用来标识发送该 Hello 报文的接口 ID。

Version	Type	Packet Length
Router ID		
Area ID		
Checksum	AuType	
Authentication		
Authentication		

OSPFv2 报头



Version	Type	Packet Length
Router ID		
Area ID		
Checksum	Instance ID	0

OSPFv3报头

```

Open Shortest Path First
  ▾ OSPF Header
    Version: 3
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 40
    Source OSPF Router: 1.1.1.1
    Area ID: 0.0.0.1
    Checksum: 0x876b [correct]
    Instance ID: IPv6 unicast AF (0)
    Reserved: 00

```

### 选项(Options) 不同：

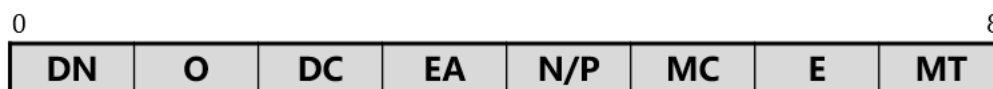
在 OSPFv3 中，Option 字段只在 Hello 报文、DD 报文、Router LSA、NetworkLSA、Inter Area Router LSA 以及 Link LSA 中出现。

```

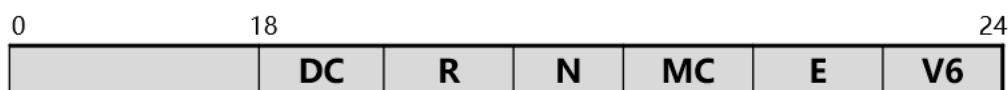
  ▾ OSPF Hello Packet
    Interface ID: 4
    Router Priority: 1
    ▾ Options: 0x000013, R, E, V6
      .... .0.. .... = AT: Not set
      .... ..0. .... = L: Not set
      .... ...0 .... = AF: Not set
      .... ...0. .... = DC: Not set
      .... ....1 .... = R: Set
      .... ...0... = N: Not set
      .... ...0.. = MC: Not set
      .... ...1. = E: Set
      .... ...1 = V6: Set
    Hello Interval [sec]: 10
    Router Dead Interval [sec]: 40

```

与 OSPFv2 相比，OSPFv3 的 Option 字段增加了 R 比特、V 比特。



**OSPFv2 Option字段格式**



**OSPFv3 Option字段格式**

R 比特：用来标识设备是否是具备转发能力的路由器。如果 R 比特置 0，宣告该节点的路由信息将不会参加路由计算，如果当前设备是一个不想转发非本地地址的报文，可以将 R 比特置 0。

V6 比特：如果 V6 比特置 0，该路由器或链路也不会参加 IPv6 路由计算。

E: 如果为 0，不支持 AS-External-LSA 洪泛；

MC: 与多播相关；

N: 是否在 NSSA (Not So Stub Area)区域；

DC: 是否支持按需拨号。

Options 字段的各位的匹配情况会产生不同影响：

阻止邻居的建立，例如 Hello 报文中的选项不匹配。

阻止 LSA 的洪泛，例如 E-Bit，如果为 0，不洪泛 AS-External-LSA。

阻止 LSA 参加路由计算，例如 V6-Bit，如果为 0，该 Router 不参加 IPv6 路由计算。

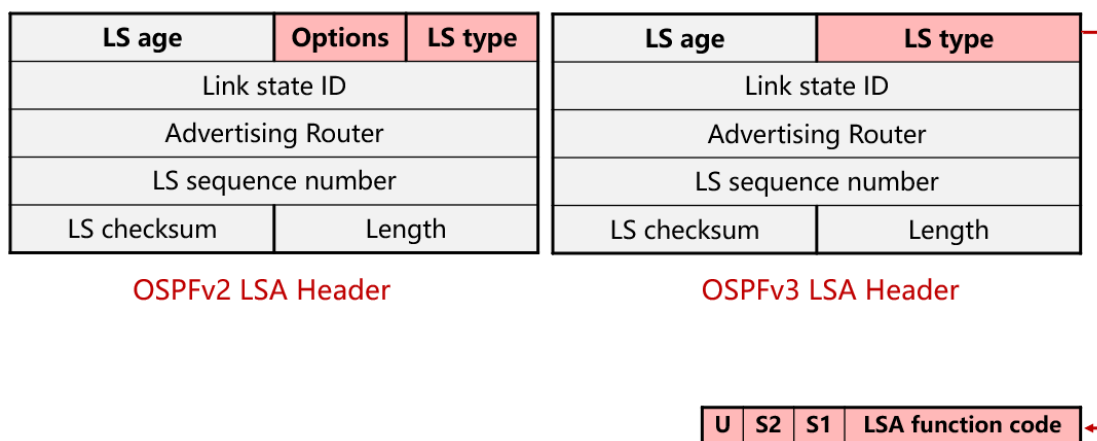
Options 字段使 OSPF 路由器能支持可选的能力，并且与其它路由器互相通告其能力。通过这种机制，具有不同能力的路由器可以在一个 OSPF 路由域中混合工作。

### LSA 头部不同：

OSPFv2 中的 LS Type 长度为 8 比特，指定 LSA 的类型；



OSPFv3 的 LSA Type 字段由 OSPFv2 的 8 比特扩充为 16 比特。



U 位：描述了路由器收到一个类型未知的 LSA 时如何处理，取值为 0 表示把类型未知 LSA 当成具有链路本地范围的 LSA 一样处理，取值为 1 表示按照 S2/S1 位标识的泛洪范围来处理。

S2/S1 位：共同标识 LSA 的泛洪范围，取值 00 表示 LSA 只在产生该 LSA 的本地链路上泛洪；取值 01 表示 LSA 的泛洪范围为产生该 LSA 的路由器所在区域；取值 10 表示 LSA 将在整个自治系统内进行泛洪；取值 11 保留。

- U-bit: 指示路由器如何处理无法识别的LSA。

U-bit	处理方式
0	当作Link-local范围的LSA处理
1	存储并洪泛该LSA

- S2/S1, 共同标识 LSA 的泛洪范围。

S2	S1	洪泛(Flooding)范围
0	0	Link-Local范围
0	1	Area范围
1	0	AS范围
1	1	保留

- 不同的LSA类型对应不同的U, S2和S1位。

数字越大，范围也越大

00 本地链路

01 本区域

10 本 AS

11 保留

U S1 S2 LSA CODE 高 4 位

0 0 0 0

0 0 1 0 本区域

0 1 0 0 本 AS

0x2001 2 本区域 , 1 是类型

LSA Function Code : LSA 类型编码 , 描述 LSA 的类型。

LSA Function code	LS Type	描述
1	0x2001	Router-LSA
2	0x2002	Network-LSA
3	0x2003	Inter-Area-Prefix-LSA
4	0x2004	Inter-Area-Router-LSA
5	0x4005	AS-External-LSA
6	0x2006	Group-membership-LSA
7	0x2007	Type-7-LSA
8	0x0008	Link-LSA
9	0x2009	Intra-Area-Prefix-LSA

Router-LSA 中 Flags

E 是 ASBR ，外部路由能力

B 是 ABR ，边界路由器

Option

R 是具有转发能力的路由器

V6 参加 IPv6 计算

E 支持 AS-External

[Link State ID](#)

4 字节。不再包含地址信息，对于不同的 LSA 类型，提供与 OSPFv2 中含义的对比。

LSA	OSPFv2 LS ID	OSPFv3 LS ID
Router-LSA	Router ID	本地唯一的32位整数
Network-LSA	DR所在IPv4网段	DR接口ID
Type 4 LSA	Router ID	本地唯一的32位整数
Type 3, 5, 7 LSA	IPv4网段	本地唯一的32位整数
Link-LSA	---	所在接口ID
Intra-Area-Prefix-LSA	----	本地唯一的32位整数

### 前缀表示方法的变化：Prefix Option 字段

用来表达某个前缀的一些特性，以便在各种不同的路由计算时做相应的判断和处理。

NU 位：非单播位；

LA 位：本地地址位；

MC 位：组播位；

P 位：传播位。

	P	MC	LA	NU
--	---	----	----	----

在 OSPFv2 中，使用“IP 网段 + 掩码”来表示前缀信息，而且两段信息在不同 LSA 中的位置还各不相同，结构很不清晰。在 OSPFv3 的 LSA 中，使用专门的三元组 ( Prefix-Length, PrefixOptions, Prefix ) 来表示前缀信息。由 LSA 公告的每个前缀都拥有一个自己的 PrefixOptions 字段。

### OSPFv3 LSA 三元组 ( Prefix-Length, PrefixOptions, Prefix )

#### LSA 类型不同

OSPFv3 新增了 Link LSA 和 Intra Area Prefix LSA

OSPFv2 LSA	OSPFv3 LSA	与 OSPFv2 LSA 异同点说明
Router LSA	Router LSA	名称相同，作用也类似，但是不再描述地址信息，仅仅用来描述路由域的拓扑结构。
Network LSA	Network LSA	
Network Summary LSA	Inter Area Prefix LSA	作用类似，名称不同。
ASBR Summary LSA	Inter Area Router LSA	
AS External LSA	AS External LSA	作用与名称完全相同。
无	Link LSA	新增LSA。
	Intra Area Prefix LSA	新增LSA

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)	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 设备产生的此类 LSA，描述与 Route-LSA 相关联的 IPv6 前缀地址。</li> <li>* DR 产生的此类 LSA，描述与 Network-LSA 相关联的 IPv6 前缀地址。</li> </ul>

## 新增 Link-LSA

Link-LSA 是 OSPFv3 新增的一种 LSA 类型，一个路由器如果启动了 OSPFv3 协议，该路由器会为每个运行 OSPFv3 的接口生成一个 link-LSA，描述该接口的 Link-local 地址和接口在该链路上的 IPv6 前缀信息，只能在链路范围内传递。

Link LSA 用于通告在本链路上直连的路由器间有用的信息，接在本链路上的每台路由器都通告自己的 Link LSA 到直连链路。当然，路由器也会从该接口收到所有接在这条链路上的其他路由器的 Link LSA。Link LSA 包含如下功能：

(1) 通告接口的 Link-local 地址给链路上的其他节点，其他节点可以使用 Link-local 地址作为路由的下一跳地址。

由于 OSPFv3 的 Router LSA 中 Link Data 中移除了协议地址，取而代之的为接口 ID，这样 OSPFv3 在描述拓扑连接关系时

多用接口 ID 来描述，但在路由计算时下一跳仍然需要通过 IP 地址来表示，比如，路由器计算出访问某个目的地址的需要经过邻居的 0x1 接口，此时它需要在当前路由表中添加邻居的 0x1 接口所对应的 IPv6 地址来充当下一跳。OSPFv3 路由的下一跳地址一律是 Link-Local 地址，当前路由器要知道邻居 0x1 接口的 Link Local 地址就需要用到邻居通告的 Link LSA，其中包含 0x1 接口和 Link-Local 地址的对应关系。

( 2 ) 向链路范围内的其他路由器通告本链路上的 IPv6 前缀信息

在 OSPFv3 中，区域内节点的前缀信息不再包含在 Router LSA 和 Network LSA 中（这两类 LSA 在 OSPFv3 中只描述拓扑信息，不再描述前缀信息），而是包含在新增的 Intra-Area-Prefix-LSA 中，但该 LSA 中并没有说明哪些前缀对应那条链路，并且由 DR 生成的 Intra-Area-Prefix-LSA 用于描述 MA 网络的所有前缀信息，DR 如何知道该网络上所有路由器的接口的所有前缀信息呢？这些信息来源于该链路上的每台路由器为该链路生成的 Link LSA。

( 3 ) 在广播和 NBMA 网络上为 DR 提供 Option 取值信息  
2 类 LSA 即 Network LSA 中的 Option 字段显示该链路上的所有路由器的 Link-LSA 的 Option 字段的集合，即所有路由器的能力集合，该能力集合也来源于该链路上的每台路由器为该链路生成的 Link LSA。

LSA8 主要携带生成者在该端口上的众 IPV6 地址信息,洪泛范围是链路本地,及收到直连邻居发出的 LSA8 将不通告给任何人.

LSA8 实现了协议和网络的分离

Link-LSA 是 OSPFv3 新增的一种 LSA 类型，它具有链路泛洪

范围，路由器会为每个启动了 OSPFv3 的接口产生一个 Link-LSA。它的作用在于：

- 向链路上的其他路由器通告本地链路地址，作为它们的下一跳地址；
- 向链路上的其他路由器通告本地链路上的所有 IPv6 前缀；
- 在广播网络和 NBMA 网络上为 DR 提供 Options 取值。

- 1,在链路上通告本地链路地址给其它邻居
- 2,通告本地链路上的邻居关于与自己本地链路相关联的 ipv6 的前缀列表
- 3,通告链路状态的选项集合

link lsa 每个物理接口有一个，环回口没有  
放的是 接口 ID 和 FE80 协议地址的对应关系，  
link 上有的接口前缀也通告出去  
如果是 MA 网络也会为 DR 的 option 选项服务

OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1)  
**Link-LSA** (Interface  
GigabitEthernet0/0/0)

Link State ID	Origin Router	Age	Seq#
CkSum Prefix			
0.0.0.3	1.1.1.1	0064	0x80000001
0xd301 1			
0.0.0.3	2.2.2.2	0057	0x80000001
0xddc8 1			

新增 Intra-Area-Prefix-LSA



## 拓扑和网络分离

为什么引入 Intra-Area-Prefix-LSA?

OSPFv2 中，依附于路由器和 Stub 网络的 subnet 出现在 Router LSA 中，依附于 Transit 网络的 subnet 出现在 Network-LSA 中；OSPFv3 中，Router-LSA 和 Network-LSA 不再包含地址信息，所以引入 Intra-Area-Prefix-LSA。

OSPFv2 的主要缺点除了不能支持 IPv6 之外，还在于其 1 类 LSA 和 2 类 LSA 中既承载拓扑信息，又承载网络信息，无法真正实现拓扑和网络信息的分离

9 类 LSA 的作用是携带区域内的网络信息，即原 OSPFv2 的 Router LSA 中的 Stubnet 的网络信息和 2 类 LSA 中的网络信息，这样实现拓扑信息和网络信息分别使用不同的 LSA 来携带，1 类 LSA 和 2 类 LSA 仅仅包含用于拓扑计算的拓扑信息，区域内的网络信息使用 9 类 LSA 来携带，这样网络信息的变化仅影响 9 类 LSA，而不会导致拓扑的重新计算，完成了拓扑和网络信息的真正分离。

9 类 LSA 携带区域内的一个或多个 IPv6 前缀信息，包含\* 依附于路由器的 Prefix\* 依附于 Stub 网段的 Prefix\* 依附于 Transit 网段的 Prefix

LSA9 携带的是本路由器(或 DR 的手下)各直连链路上的网络前缀和各前缀所属链路的对应(前缀在哪条链路上)信息,它的洪泛范围是本 AREA 内.V3 也使用组播方式洪泛 LSA,非 DR 用 FF02::5,DR 用 FF02::6 .

**Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.1)**

Link State ID	Origin Router	Age	Seq#
CkSum Prefix	Reference		
0.0.0.1	3.3.3.3	0004	0x80000004
0xc7b0	1 Router-LSA		
0.0.0.2	3.3.3.3	0008	0x80000001
0xc2c2	1 Network-LSA		

Intra-Area-Prefix-LSA 携带区域内 IPv6 Prefix 信息。

依附于路由器的 Prefix

依附于 Stub 网络的 Prefix

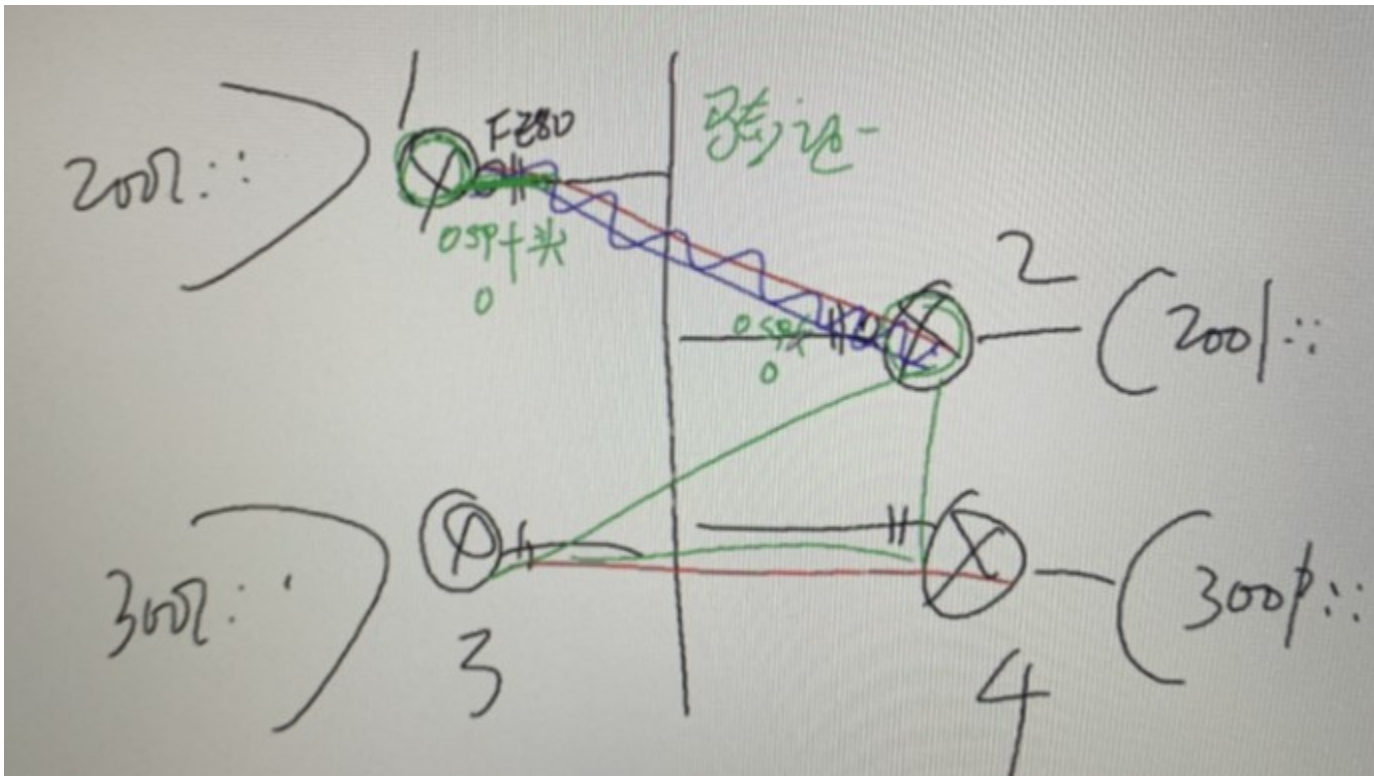
依附于 Transit 网络的 Prefix

每台路由器或 Transit 网络可以产生多个 Intra-Area-Prefix-LSA。

OSPFv3 的 Intra-Area-Prefix-LSA 具有区域泛洪范围，用于发布区域内前缀信息。根据所参考的 LSA 不同可分为以下两种情况：

参考 Router-LSA，由各路由器分别生成，用于发布点到点链路的前缀信息以及 Stub 网络的前缀信息；

参考 Network-LSA，由 DR 生成，用于发布该链路对应网络上的所有前缀信息，这些前缀来自链路上所有路由器各自生成的 Link-LSA。但是，Link-LSA 中的本地链路地址信息、NU 或 L A 位置 1 的前缀除外。



在中间 R1 路由器上

2001:: 要与 2002::通信，可以设置 instance id 为 1

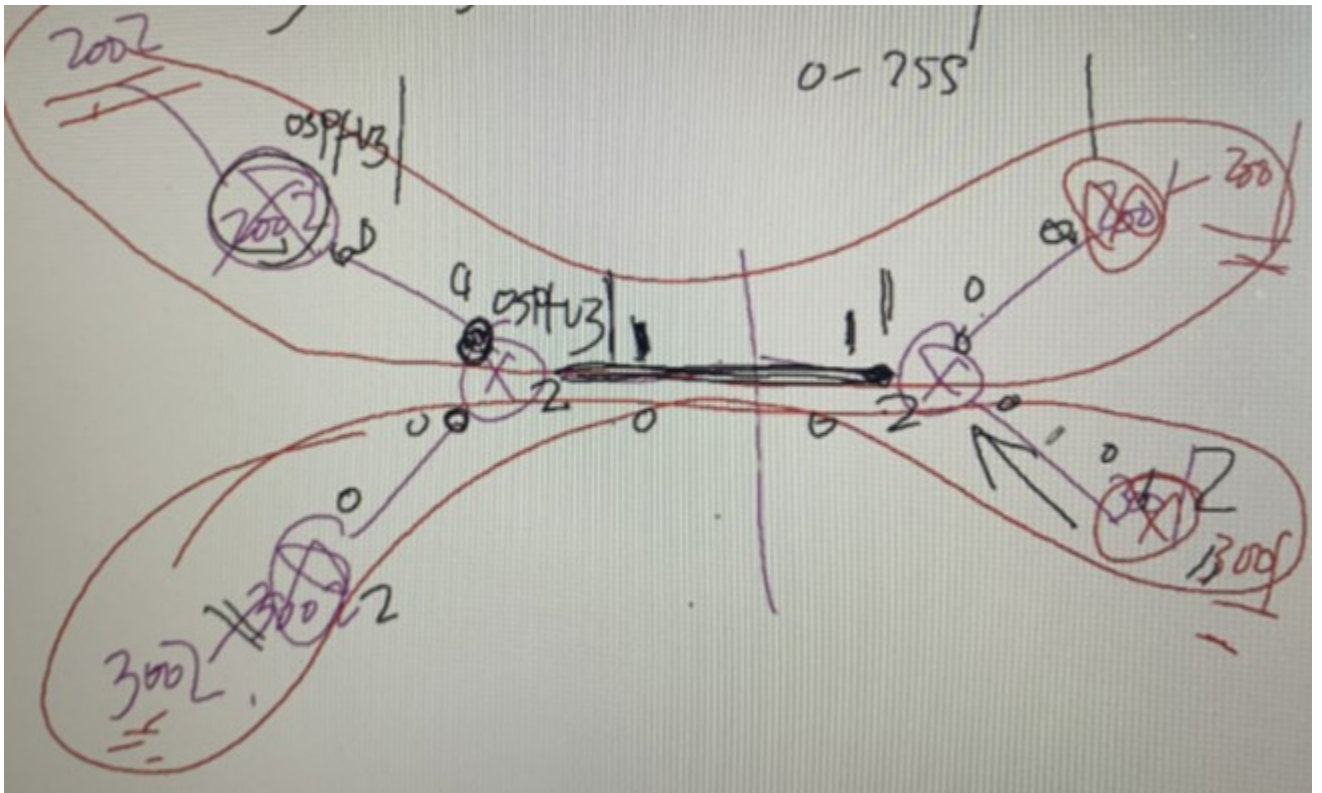
3001:: 要与 3002:: 3003::通信，可以设置 instance id 为 2

在下图中间路由 R1 R2 上复用两个实例 0 1

而其他的几个网段，不需要复用，其他网段只有一个实例 0

中间 R1 R2 有两个实例 0 1

只需要在 R1 R2 上用两个实例，让 2001:: 与 2002:: 通，3001:: 与 3002:: 通



## 继承 cost

引入路由的开销值为路由自带的 cost 值

ospf

default cost inherit-metric

当 OSPF 引入外部路由时，缺省情况下引入的外部路由不继承原有路由的 cost 值，而是设置缺省 cost 值为 1。

如果不希望引入的外部路由采用缺省的 cost 值，可以使用命令 `default { cost { cost | inherit-metric }` 改变引入的外部路由的 cost 值。其中

配置参数 `cost`，可以指定引入的外部路由的缺省 cost 值，取值范围为 0 ~ 16777214。

配置参数 `inherit-metric`，可以使引入的外部路由的 cost 值为路由自带的 cost 值。



## 前言

- 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作为基于链路状态的协议，具有收敛快、路由无环、可扩展等优点，成为优秀的内部网关协议被快速接受并广泛使用。

## OSPFv2基本概念 - LSA类型

LSA类型	LSA作用
Router-LSA (Type1)	每个设备都会产生，描述了设备的链路状态和开销，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 产生，描述区域内某个网段的路由，并通告给发布或接收此 LSA的非 Totally STUB 或 NSSA 区域。
ASBR-summary-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。
Opaque LSA (Type9/Type10/Type11)	Opaque LSA 提供用于 OSPF 的扩展的通用机制。其中： Type9 LSA仅在接口所在网段范围内传播。用于支持 GR 的 Grace LSA就是 Type9 LSA 的一种。 Type10 LSA 在区域内传播。用于支持 TE 的 LSA 就是 Type10 LSA 的一种。 Type11 LSA 在自治域内传播，目前还没有实际应用的例子。

- LSA 头部信息，除 Hello 报文外，其它的 OSPF 报文都携带 LSA 信息。
- LS age：此字段表示 LSA 已经生存的时间，单位是秒。
- Option：该字段指出了部分 OSPF 域中 LSA 能够支持的可选性能。
- LS type：此字段标识了 LSA 的格式和功能。常用的 LSA 类型有五种。
- Link State ID：根据 LSA 的不用而不同。
- Advertising Router：始发 LSA 的路由器的 ID。
- Sequence Number：当 LSA 每次新的实例产生时，这个

序列号就会增加。这个更新可以帮助其他路由器识别最新的 LSA 实例。

- Checksum：关于 LSA 的全部信息的校验和。因为 Age 字段，所以校验和会随着老化时间的增大而每次都需要重新进行计算。

- Length：是一个包含 LSA 头部在内的 LSA 的长度。

- Router-LSA，Router-LSA 必须描述始发路由器所有接口或链路。

- Link State ID：是指始发路由器的路由器 ID。

- Flag：

- V：设置为 1 时，说明始发路由器是一条或者多条具有完全邻接关系的虚链路的一个端点。

- E：当始发路由器是一个 ASBR 路由器时，该为置为 1。

- B：当始发路由器是一个 ABR 路由器时，该为置为 1。

- Number of links：表明一个 LSA 所描述的路由器链路数量。

- Link Type：

- 值为 1 表示为点到点网络，常见的 PPP 链路需要使用点到点网络描述。

- 值为 2 表示连接一个 transit 网络，有至少两台路由器的广播型网段或 NBMA 网段就是一种 Transit 网段。

- 值为 3 表示连接 stubnet 网络，一般该网络上不存在邻居关系，如只有一个出口的以太网或回环接口。

- 值为 4 表示虚链路。

- Link ID：

- Link Type 为 1 时该值表示邻居路由器的路由器 ID。

- Link Type 为 2 时该值表示 DR 路由器的接口的 IP 地址。

- Link Type 为 3 时该值表示 IP 网络或子网地址。

- Link Type 为 4 时该值表示邻居路由器的路由器 ID。

- Link Data :
- Link Type 为 1 时该值表示和网络相连的始发路由器接口的 IP 地址。
- Link Type 为 2 时该值表示和网络相连的始发路由器接口的 IP 地址。
- Link Type 为 3 时该值表示网络的子网掩码。
- Link Type 为 4 时该值表示始发路由器的虚链路接口的 IP 地址。
- ToS , 暂不支持。
- Metric : 是指一条链路或接口的代价。
- Network-LSA
- Link State ID : 是指 DR 路由器的接口地址。
- Network Mask : 指定这个网络上使用的地址或者子网的掩码。
- Attached router : 列出该多路访问网络上与 DR 形成完全邻接关系且包括 DR 本身的所有路由器的路由器 ID。
- Network-summary-LSA 和 ASBR-summary-LSA
- Link State ID : 对于 3 类 LSA 来说 , 表示所通告的网络或子网的 IP 地址。对于 4 类 LSA 来说表示所通告的 ASBR 路由器的路由器 ID。
- Network Mask : 对于 3 类 LSA 来说 , 表示所通告的网络的子网掩码。对于 4 类 LSA 来说 , 该字段没有实际意义 , 一般置为 0.0.0.0。
- Metric : 始发路由器到目的地址的路由的代价。
- AS-external-LSA
- Link State ID : 表示所通告的网络或子网的 IP 地址。
- Network Mask:指所通告的网络的子网掩码。
- E : 用来指定这条路由使用的外部度量的类型。如果该 E bit 设置为 1,那么度量类型就是 E2;如果该 E bit 设置为 0,那么度量类型就是 E1。



- Metric：指路由的代价。由 ASBR 设定。
- Forwarding Address：是指到达所通告的目的地的数据包应该被转发到的地址。如果转发地址是 0.0.0.0,那么数据包将被转发到始发 ASBR 上。
- External Route Tag:标记外部路由。
- NSSA LSA
- Forwarding Address：如果所引入外部路由的下一跳在 OSPF 路由域内，则 Forwarding Address 直接设置为所引入外部路由的下一跳；如果所引入外部路由的下一跳不在 OSPF 路由域内，则 Forwarding Address 设置为该 ASBR 上某个 OSPF 路由域内的 Stub 网段（例如 Loopback0 接口）的接口 IP 地址，有多个 Stub 网段时选 IP 地址最大者。

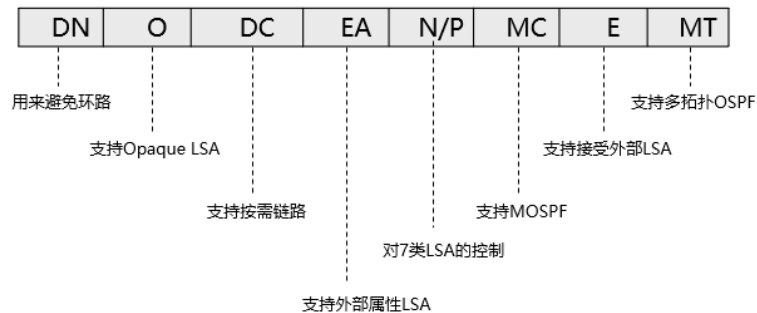
## OSPFv2基本概念 - 路由类型

- AS 区域内和区域间路由描述的是 AS 内部的网络结构，AS 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 Type1 和 Type2 两类。
- 按优先级从高到低顺序列出了路由类型：

路由类型	含义
Intra Area	区域内路由。
Inter Area	区域间路由。
第一类外部路由 (Type1 External)	这类路由的可信程度高一些，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当的，并且和 OSPF 自身路由的开销具有可比性。 到第一类外部路由的开销=本设备到相应的 ASBR 的开销+ASBR 到该路由目的地址的开销。
第二类外部路由 (Type2 External)	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，OSPF 计算路由开销时只考虑 ASBR 到自治系统之外的开销，即到第二类外部路由的开销=ASBR 到该路由目的地址的开销。

## OSPFv2基本概念 - Option字段

- Option字段：
  - Option可选字段出现在每一个Hello数据包、DD和每个LSA中的。
  - Option字段允许路由器和其他路由器进行一些可选性能的通信。
- Option字段包含信息：



- Option 字段解释：
- DN：用来避免在 MPLS VPN 中出现环路。当 PE 向 CE 发送 3 类、5 类和 7 类 LSA 时需要设置 DN 位，其他 PE 路由器从 CE 接收到该 LSA 时，不能够在它的 OSPF 路由计算中使用该 LSA。
- O：该字段指出始发路由器支持 Opaque LSA ( 类型 9、类型 10 和类型 11 )。
- DC 位：当始发路由器支持按需链路上的 OSPF 的能力时，该位将被设置。
- EA：当始发路由器具有接收和转发 External-Attributes-LSA ( type8 LSA ) 的能力时，该位被置位。
- N 位：只用在 Hello 数据包中。N=1 表明路由器支持 7 类 LSA。N=0 表明该路由器将不接收和发送 NSSA LSA。
- P 位：只用在 NSSA LSA。该位将告诉 NSSA 区域的 AB R 路由器将 7 类 LSA 转换为 5 类 LSA。
- MC 位：当始发路由器支持转发组播数据包的能力时，该位将被置位。
- E 位：当始发路由器具有接收 AS-external-LSA ( type5

LSA ) 的能力时，该位被置位。在所有 5 类 LSA 和始发于骨干区域以及非末节区域的 LSA 中，该位置为 1。而始发于末节区域的 LSA 中，该位置为 0。如果 Hello 报文中该位被置位则表明该接口具有接收和发送 5 类 LSA 的能力。

- MT 位：表示始发路由器支持多拓扑 OSPF。

## OSPFv2收敛特性

- 快速收敛：
  - 增量最短路径优先算法I-SPF：
    - 只对受影响的节点进行路由计算；
    - 只第一次计算全部节点。
  - 部分路由计算PRC：
    - 只对发生变化的路由进行重新计算；
    - 根据I-SPF 算出来的SPT 来更新路由。
  - 智能定时器：
    - 对接口翻动等原因带来的网络不稳定，进行智能控制，减少LSA洪泛。
- 按优先级收敛：
  - 能够让某些特定的路由优先收敛的一种技术。
- 快速收敛：
- I-SPF 改进了这个算法，除了第一次计算时需要计算全部节点外，每次只计算受到影响的节点，而最后生成的最短路径树 SPT 与原来的算法所计算的结果相同，大大降低了 CPU 的占用率，提高了网络收敛速度。
- PRC 的原理与 I-SPF 相同，都是只对发生变化的路由进行重新计算。不同的是，PRC 不需要计算节点路径，而是根据 I-SPF 算出来的 SPT 来更新路由。在路由计算中，叶子代表路由，节点则代表路由器。SPT 变化和叶子变化都会引起路由信息的变化，但两者不存在依赖关系，PRC 根据 SPT 或叶子的不同情况进行相应的处理：
  - SPT 变化，PRC 处理变化节点上的所有叶子的路由信息。
  - SPT 没有变化，PRC 不会处理节点的路由信息。

- 叶子变化，PRC 处理变化的叶子的路由信息。
- 叶子没有变化，PRC 不会处理叶子的路由信息。
- 智能定时器，OSPF 智能定时器分别对路由计算、LSA 的产生、LSA 的接收进行控制，加速网络收敛。OSPF 智能定时器可以通过以下两种方式来加速网络收敛：
  - 在频繁进行路由计算的网路中，OSPF 智能定时器根据用户的配置和指数衰减技术动态调整两次路由计算的时间间隔，减少路由计算的次数，从而减少 CPU 的消耗，待网络拓扑稳定后再进行路由计算。
  - 在不稳定网路中，当路由器由于拓扑的频繁变化需要产生或接收 LSA 时，OSPF 智能定时器可以动态调整时间间隔，在时间间隔之内不产生 LSA 或对接受到的 LSA 不进行处理，从而减少整个网路无效 LSA 的产生和传播。
- 智能定时器对路径计算的作用：
  - 根据本地维护的链路状态数据库 LSDB，运行 OSPF 协议的路由器通过 SPF 算法计算出以自己为根的最短路径树，并根据这一最短路径树决定到目的网路的下一跳。通过调节 SPF 的计算间隔，可以抑制网路频繁变化可能导致的占用过多带宽资源和路由器资源。
  - 在特定组网环境下（例如对路由收敛时间要求较高的环境），可以指定以毫秒为单位的时间间隔，用来增加路由计算的频度，从而加快路由的收敛。
  - 当 OSPF 的链路状态数据库（LSDB）发生改变时，需要重新计算最短路径。如果网路频繁变化，由于不断的计算最短路径，会占用大量系统资源，影响路由器的效率。通过配置智能定时器，设置合理的 SPF 计算的间隔时间，可以避免占用过多的路由器内存和带宽资源。
- 使能智能定时器后：
  - 初次计算 SPF 的间隔时间由 start-interval 参数指定。

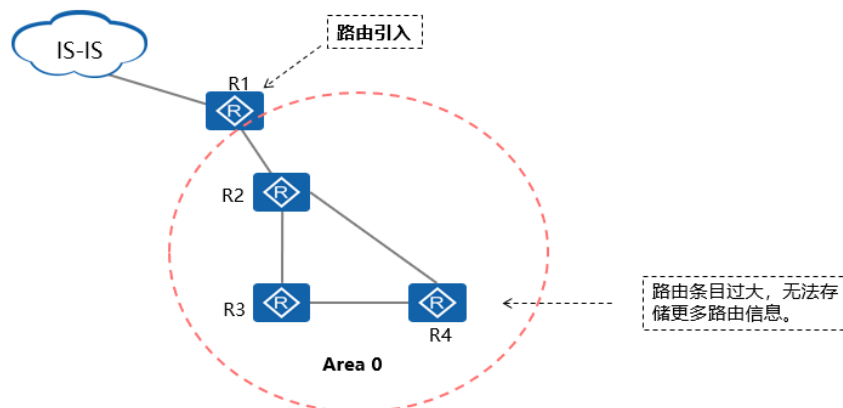
第  $n$  ( $n \geq 2$ ) 次计算 SPF 的间隔时间为  $\text{hold-interval} \times 2(n-1)$ 。

当  $\text{hold-interval} \times 2(n-1)$  达到指定的最长间隔时间  $\text{max-interval}$  时，OSPF 连续三次计算 SPF 的时间间隔都是最长间隔时间，之后，再次返回步骤 1，按照初始间隔时间  $\text{start-interval}$  计算 SPF。

- 按优先级收敛：
- 可以通过 IP 前缀列表等将特定路由过滤出来，通过对不同的路由配置不同的收敛优先级，达到重要的路由先收敛的目的，提高网络的可靠性。

## OSPFv2 - Database Overflow

- Database Overflow:
  - 限制非缺省外部路由数量，避免数据库超限。



- 通过设置路由器上非缺省外部路由数量的上限，来避免数据库超限。OSPF 网络中所有路由器都必须配置相同的上限值。这样，只要路由器上外部路由的数量达到该上限，路由器就进入 Overflow 状态，并同时启动超限状态定时器（默认超时时间为 5 秒），路由器在定时器超过 5 秒后自动退出超限状态。
- OSPF Database Overflow 过程：

- 进入 Overflow 状态时，路由器删除所有自己产生的非缺省外部路由。
- 处于 Overflow 状态中时，路由器不产生非缺省外部路由；丢弃新收到的非缺省外部路由且不回复确认报文；当超限状态定时器超时，检查外部路由数量是否仍然超过上限，如果超限则重启定时器，如果没有则退出超限状态。
- 退出 Overflow 状态时，路由器删除超限状态定时器；产生非缺省外部路由；接收新收到的非缺省外部路由并回复确认报文；准备下一次进入超限状态。

## OSPFv2 - 缺省路由

- 普通区域：
  - ASBR上手动配置产生缺省5类LSA，通告到整个OSPF自治域（特殊区域除外）。
- Stub区域：
  - ABR自动产生一条缺省3类LSA，通告到整个Stub区域内。
- Totally Stub区域：
  - ABR会自动产生一条缺省3类LSA，通告到整个Stub区域内。
- NSSA区域：
  - 在ABR自动产生一条缺省7类LSA，通告到整个NSSA区域内；
  - 在ASBR手动配置产生一条缺省7类LSA，通告到整个NSSA区域内。
- Totally NSSA区域：
  - ABR自动产生一条缺省3类LSA，通告到整个NSSA区域内。
- OSPF 缺省路由通常应用于下面两种情况：
- 由区域边界路由器（ABR）发布 Type3 缺省 Summary LSA，用来指导区域内设备进行区域之间报文的转发。
- 由自治系统边界路由器（ASBR）发布 Type5 外部缺省 ASE LSA，或者 Type7 外部缺省 NSSA LSA，用来指导自治系统（AS）内设备进行自治系统外报文的转发。
- OSPF 缺省路由的发布原则如下：
- OSPF 路由器只有具有对外的出口时，才能够发布缺省路由 LSA。
- 如果 OSPF 路由器已经发布了缺省路由 LSA，那么不再

学习其它路由器发布的相同类型缺省路由。即路由计算时不再计算其它路由器发布的相同类型的缺省路由 LSA，但数据库中存有对应 LSA。

- 外部缺省路由的发布如果要依赖于其它路由，那么被依赖的路由不能是本 OSPF 路由域内的路由，即不是本进程 OSPF 学习到的路由。因为外部缺省路由的作用是用于指导报文的域外转发，而本 OSPF 路由域的路由的下一跳都指向了域内，不能满足指导报文域外转发的要求。

## OSPFv2 - 路由过滤

- 路由引入的过滤
- 路由视图下的LSA过滤：
  - 3类LSA学习、发布的过滤；
  - 5、7类LSA生成的过滤。
- 接口视图下的LSA过滤
- 路由计算的过滤：
  - OSPF对数据库中的LSA计算为路由条目时进行过滤；
  - 只对通过SPF算法计算出来的路由是否放置到路由表有效，产生该路由的LSA仍然会在 OSPF自治系统内扩散。
- OSPF 支持使用路由策略对路由信息进行过滤。缺省情况下，OSPF 不进行路由过滤。
- OSPF 可以使用的路由策略包括 route-policy，filter，filter-policy，filter-lsa-out，访问控制列表（access-list），地址前缀列表（prefix-list）。
- OSPF 路由过滤可以应用于以下几个方面：
- 路由引入的过滤：
- OSPF 可以引入其它路由协议学习到的路由。在引入时可以通过配置路由策略来过滤路由，只引入满足条件的路由。
- 可以在 OSPF 路由表中被发布出去
- 3 类 LSA 学习、发布的过滤：



- 通过 filter import、filter export 命令在 ABR 上对进入或离开本区域的 3 型 LSA 进行过滤。该配置只在 ABR 上有效（只有 ABR 才能发布 3 型 LSA）。
- 5、7 类 LSA 生成的过滤：
- OSPF 引入外部路由后会生成 5、7 型 LSA。可以通过 filter-policy export 来对 5、7 型 LSA 的生成进行过滤。该过滤规则只在 ASBR 上配置才有效。
- 接口视图下的 LSA 过滤。通过 ospf filter-lsa-out 命令，匹配除 Grace LSA 外的所有 LSA、3、5、7 型 LSA，并匹配 ACL 规定的路由前缀时，实现 LSA 的通告过滤。
- 路由计算的过滤：
- 通过 filter-policy import 过滤规则，可以设置 OSPF 对数据库中的区域内、区域间、外部 LSA 计算为路由条目时进行过滤。

该过滤只作用于路由表项的添加与否，即只有通过过滤的路由才被添加到本地路由表中，产生该路由的 LSA 仍然会在 OSPF 自治系统内扩散。

## OSPF与IS-IS比较 - 基本特点

- 相同点：
  - 均为IGP协议，且应用广泛；
  - 均支持IP环境；
  - 均采用分层设计和分区域设计。
- 不同点
  - OSPF仅支持IP；IS-IS既支持IP，又支持CLNP；
  - OSPF支持的网络类型丰富；IS-IS仅支持两种网络类型；
  - OSPF支持虚连接；IS-IS虽然有类似功能，但是多数厂商不支持；
  - OSPF工作在IP之上；IS-IS工作在数据链路层之上；
  - OSPF基于接口划分区域；IS-IS基于设备划分区域。
- 相关解释如下：



- OSPF 支持的网络类型有 P2P 网络、P2MP 网络、NBMA 网络和广播网络；IS-IS 仅支持 P2P 网络和广播网络。
- OSPF 工作在 IP 之上，协议号为 89。

## OSPF与IS-IS比较 - 邻接关系特点

- 相同点：
  - 均通过Hello建立和维护邻居关系；
  - 多点访问网络均选举DR/DIS。
- 不同点：
  - OSPF建立邻居关系条件相对苛刻；IS-IS的要求则相对宽松；
  - OSPF点对点链路形成邻居关系比较可靠；IS-IS可靠性相对较弱；
  - OSPF邻居关系不分层次；IS-IS邻居关系分两个层次；
  - OSPF处理DR/BDR和IS-IS处理DIS方式不同。
- 相关解释如下：
- OSPF 建立邻居需要检查 Hello 报文中的掩码、认证、hello/dead 时间间隔、区域等信息。而 IS-IS 形成邻居关系条件比较宽松。
- OSPF P2P 链路建立邻居关系需要三次握手。IS-IS 则不要三次握手，但是华为设备缺省情况下使能 IS-IS P2P 网络三次握手功能，以保证邻居建立的可靠性。
- IS-IS 邻居关系分为层 1 和层 2。
- OSPF 依据优先级和 router-id 选举 DR/BDR，且选举结束后，不可抢占。在 OSPF 中，所有 DROther 与 DR/BDR 形成完全邻接关系，DROther 间形成 2-way 即不完全邻接关系。OSPF 中，如果优先级为 0，则表示该路由器不参与 DR/BDR 选举。
- IS-IS 选举 DIS 依据优先级和 MAC 地址，可以抢占。在 IS-IS 中，所有路由器均形成邻接关系。IS-IS 中，如果优先级为 0，则表示该路由器也会参与 DIS 选举，只是优先级比较低。

## OSPF与IS-IS比较 - 数据库同步特点

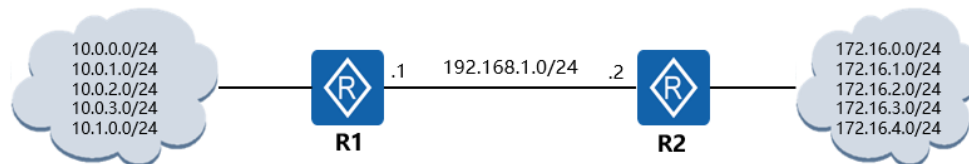
- 相同点：
  - 均需形成统一的LSDB。
- 不同点：
  - OSPF LSA种类繁多；IS-IS LSP种类较少；
  - OSPF与IS-IS数据库同步过程不同；
  - OSPF LSA生存时间从零递增；IS-IS LSP生存时间从最大值递减。
- 相关解释如下：
- IS-IS LSP 种类较少，但是扩展性较强，主要通过 LSP 携带的 TLV 字段进行功能扩展。

## OSPF与IS-IS比较 - 其他特点

- 相同点：
  - 均使用SPF算法计算路由；
  - 无环路，收敛快，支持大规模网络部署。
- 不同点：
  - OSPF开销类型较为简单；IS-IS开销类型相对较复杂；
  - OSPF支持按需拨号网络；IS-IS无此特性。
- 相关  
解释如下：
- OSPF 开销是基于带宽的；IS-IS 理论上开销类型分为四种，包括缺省开销、时延开销、代价开销、差错开销，但在实现上只采用缺省开销。

## OSPF故障诊断

- 全网运行OSPF之后，R1和R2发现不能相互ping对方的网段。
- 你如何分析、解决此故障？



## 故障排除流程

- 控制平面：
    - 如果邻居关系处于Down状态：
      - 检查物理接口是否正常；
      - 检查掩码、认证、区域ID等是否匹配；
      - 相应接口是否在OSPF中宣告。
    - 如果邻居关系处于Init状态：
      - 检查本端接口和对端设备是否发生故障。
    - 如果邻居关系处于2-Way状态：
      - 查看接口优先级是否为0。
    - 如果邻居关系处于Exstart状态：
      - 接口下配置ospf mtu-enable的情况下，MTU是否匹配。
    - 如果邻居关系处于Exchange/Loading状态：
      - 查看本端、对端的设备、接口是否发生故障。
  - 数据平面：
    - 互连接口下是否配置了流量过滤
    - 互连接口下是否配置了策略路由
    - Ping包是否被中间的防火墙丢弃
    - 如果邻居关系处于Full状态：
      - 查看接口网络类型是否一致；
      - 目的网段是否正确network通告；
      - 是否配置了匹配route-policy的外部路由导入过滤；
      - 是否配置了匹配filter-policy export的5、7型LSA通告过滤；
      - 是否配置了匹配filter-policy import的本地路由计算过滤；
      - 路由视图下是否配置了区域间LSA过滤；
      - 路由视图下是否配置了3、5、7型LSA的聚合not-advertise；
      - 接口下是否配置了LSA通告过滤；
      - 是否有掩码位更长或协议优先级更高、出接口与OSPF路由不同、由其他路由协议生成的路由条目。
- 默认情况下，OSPF 不检查 DD 报文中的 MTU。

## OSPFv3协议介绍

- 与OSPFv2相比，OSPFv3在工作机制上与OSPFv2基本相同；但为了支持IPv6地址格式，OSPFv3对OSPFv2做了一些改动。
- OSPFv3基于OSPFv2基本原理并增强，是一个独立的路由协议。
- 协议号仍然是89，Router Id仍然是一个32位的无符号整数。

OSPFv2	OSPFv3
IPv4	IPv6
数据链路层	

## IPV6对OSPFv3的影响

IPv6地址的变化	对OSPFv3的影响
IPv6地址扩大为128位	LSA长度增加
本地链路(Link-Local)地址	使用Link-local地址进行报文发送(VLink除外)
接口可以配置多个全球单播地址(Global Unicast IPv6 address)	运行于每个Link进行通讯，不再基于subnet
IPv6验证扩展头	使用扩展头进行报文的认证和加密

## OSPFv3和OSPFv2相同点

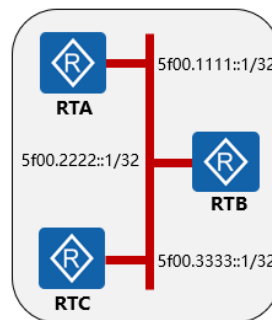
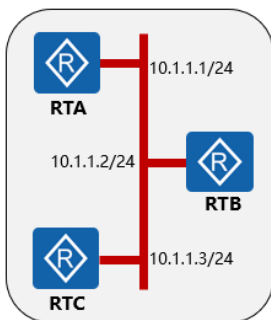
- 网络类型和接口类型。
- 接口状态机和邻居状态机。
- 链路状态数据库(LSDB)。
- 洪泛机制(Flooding mechanism)。
- 五种协议报文: Hello, DD, LSR, LSU, LSAck。
- 路由计算基本相同。

## OSPFv3与OSPFv2的不同

- 基于链路的运行
- 使用链路本地地址
- 链路支持多实例复用
- 通过 Router ID 唯一标识邻居
- 认证的变化
- Stub 区域的支持
- 报文的不同
- Option 字段的不同
- LSA 的类型和内容不同

### 基于链路的运行

- OSPFv2是基于网络运行的，两个路由器要形成邻居关系必须在同一个网段。
- OSPFv3的实现是基于链路，一个链路可以划分为多个子网，节点即使不在同一个子网内，只要在同一链路上就可以直接通信。



- IPv6 中重点强调了一个“链路 ( link )”的概念，在 IPv6 中，一个链路上可以分配多个 IP 子网，也就是 IPv6 前缀。和 IPv4 中不同的是，同一个链路上的两个节点即使不具有相同的 IPv6 前缀，也可以直接通过这个链路通信。这一点极大地改变了 OSPF 的行为。
- OSPFv3 是基于链路运行的，而不是以前的基于 IP 子网的运行。在 OSPFv3 中我们更多的是使用“链路”和“前缀”这两

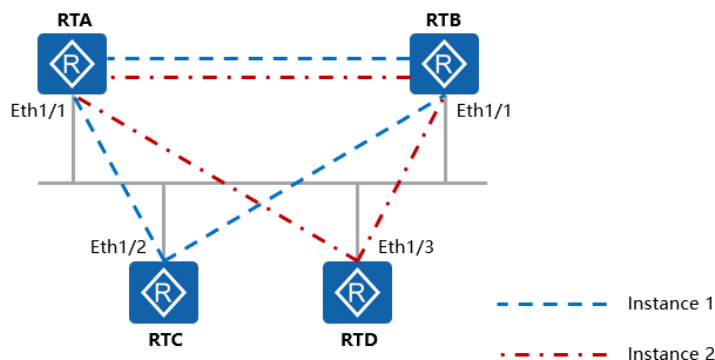
个术语。但这两个概念是分离的，没有必然的对应关系。同一链路上的两个节点不必具有相同的前缀。所以在讨论路由协议时，OSPFv2 的术语“网络”和“子网”在这里应该用“链路”替换掉。同样，一个 OSPF 接口现在是连接到一个链路上，而不再是一个 IP 子网上了。OSPF 协议分组的接收以及 Hello 分组和 LSA 的格式也因此做出了相应的修改。

## 使用链路本地地址

- OSPFv3的路由器使用链路本地地址作为发送报文的源地址。
  - 在虚连接上， 必须使用全球范围地址或者站点本地地址作为OSPFv3协议报文的源地址。
  - 由于链路本地地址只在本链路上有意义且只能在本链路上泛洪，因此链路本地地址只能出现在Link LSA中。
- 
- 一个路由器可以学习到这个链路上相连的所有其它路由器的链路本地地址，并使用这些链路本地地址作为下一跳来转发报文。
  - IPv6 在 RFC2373 中定义了链路本地 ( link-local ) 地址用于一个单一链路上，其目的是完成邻居发现 ( neighbor discovery ) 和自动配置 ( auto-configuration ) 等功能。IPv6 路由器不转发源地址为 link-local 类型的分组。Link-local 单播地址范围为 IPv6 地址范围 FE80/10。

## 链路支持多实例复用

- OSPFv3支持在同一链路上运行多个实例，实现链路复用并节约成本。



- Router A、Router B、Router C 和 Router D 连接到同一个广播网上，它们共享同一条链路且都能建立邻居关系，通过在 Router A 的 Eth1/1、Router B 的 Eth1/1、Router C 的 Eth1/2 上指定实例 1、在 Router A 的 Eth1/1、Router B 的 Eth1/1、Router D 的 Eth1/3 上指定实例 2，实现了 Router A、Router B 和 Router C 可以建立邻居关系，Router A、Router B 和 Router D 可以建立邻居关系。
- 这是通过在 OSPFv3 报文头中添加 Instance ID 字段来实现的。如果接口配置的 Instance ID 与接收的 OSPF v3 报文的 Instance ID 不匹配，则丢弃该报文，从而无法建立起邻居关系。

## 通过 Router ID 唯一标识邻居

- 在OSPFv2中，当网络类型为点到点或者通过虚连接与邻居相连时，通过Router ID来标识邻居路由器，当网络类型为广播或NBMA时，通过邻居接口的IP地址来标识邻居路由器。
- OSPFv3取消了这种复杂性，无论对于何种网络类型，都是通过Router ID来唯一标识邻居。

## 认证的变化

- 验证的变化：
  - OSPFv3报文头中不再包含AuType和Authentication，而一般依赖IPv6的扩展验证头。
- 校验和(Checksum)变化：
  - OSPFv3使用IPv6标准的CheckSum。
- OSPFv3 协议一般自身不再提供认证功能，而是通过使用 IPv6 提供的安全机制来保证自身报文的合法性。所以，OSPFv2 报文中的认证字段，在 OSPFv3 报文头中被取消。

## Stub区域的支持

- 由于OSPFv3支持对未知类型LSA的泛洪，为防止大量未知类型LSA泛洪进入Stub区域，对于向Stub区泛洪的未知类型LSA进行了明确规定，只有当未知类型LSA的泛洪范围是区域或链路而且U比特没有置位时，未知类型LSA才可以向Stub区域泛洪。

## 报文变化: 头部字段说明

- Version: 版本，对于OSPFv2，该值是2；对于OSPFv3则是3；
  - Type: 1 - Hello, 2-DD, 3-LSR, 4-LSU, 5-LSAck;
  - Packet Length: OSPFv3报文长度，2字节；
  - Router ID: 路由器ID；
  - Area ID: 区域ID；
  - Checksum: 校验和；
  - Instance ID: 链路实例ID，通过判断该字段就可以区分同一链路上运行的不同OSPF实例。实例ID只在本地链路范围内具有意义；
  - Reserved(保留): 保留字段，总是0。
- 与 OSPFv2 一样，OSPFv3 的五种报文都有同样的报文头，只是报文中的字段有些不同。
- OSPFv3 的 LSU 和 LSAck 报文与 OSPFv2 相比没有什

Version	Type	Packet Length
Router ID		
Area ID		
Checksum	AuType	
Authentication		
Authentication		

OSPFv2 报头



Version	Type	Packet Length
Router ID		
Area ID		
Checksum	Instance ID	0

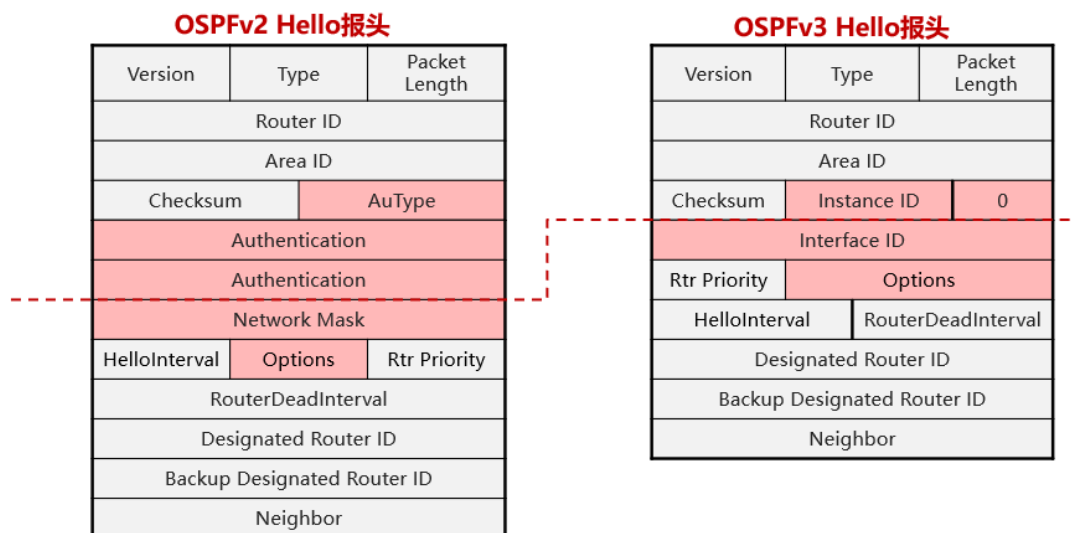
OSPFv3报头



么变化，但 OSPFv3 的报文头、Hello、DD 以及 LSR 报文中的字段与 OSPFv2 略有不同，报文的改变包括以下几点：

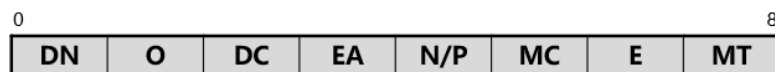
- 版本号从 2 升级到 3。
- 报文头的不同：与 OSPFv2 报文头相比，OSPFv3 报文头长度只有 16 字节，去掉了认证字段但加了 Instance ID 字段。Instance ID 字段用来支持在同一条链路上运行多个实例，且只在链路本地范围内有效，如果路由器接收到的 Hello 报文的 Instance ID 与当前接口配置的 Instance ID 不同，将无法建立邻居关系。

## 报文变化: Hello报文

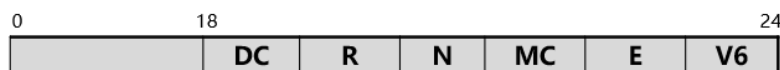


- Hello 报文的不同：与 OSPFv2 Hello 报文相比，OSPFv3 Hello 报文去掉了网络掩码字段，增加了 Interface ID 字，用来标识发送该 Hello 报文的接口 ID。
- Instance ID: 4 字节。报文发送者的发送接口标识，仅用来区分同一路由器上的不同接口，不包含地址信息。
- Rtr Pri: 1 字节。路由器优先级，优先级高者成为 DR。
- Options: 3 字节。OSPFv3 中将 Options 字段扩展为 24 位。

## 报文变化: OSPFv3选项(Options)



OSPFv2 Option字段格式



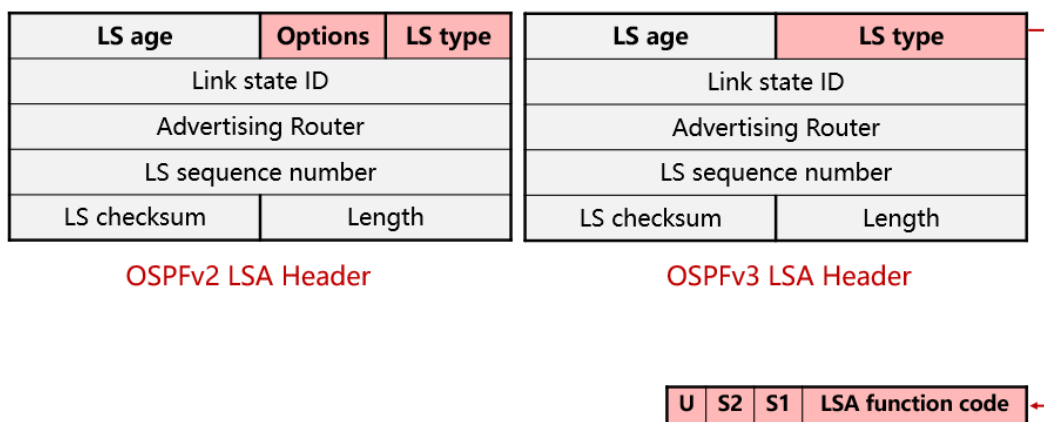
OSPFv3 Option字段格式

- 在 OSPFv2 中，Option 字段出现在每一个 Hello 报文、DD 报文以及每一个 LSA 中。
- 在 OSPFv3 中，Option 字段只在 Hello 报文、DD 报文、Router LSA、NetworkLSA、Inter Area Router LSA 以及 Link LSA 中出现。
- 从上图可以看出，与 OSPFv2 相比，OSPFv3 的 Option 字段增加了 R 比特、V 比特。
- R 比特：用来标识设备是否是具备转发能力的路由器。如果 R 比特置 0，宣告该节点的路由信息将不会参加路由计算，如果当前设备是一个不想转发非本地地址的报文，可以将 R 比特置 0。
- V6 比特：如果 V6 比特置 0，该路由器或链路也不会参加 IPv6 路由计算。
- E: 如果为 0，不支持 AS-External-LSA 洪泛；
- MC: 与多播相关；
- N: 是否在 NSSA (Not So Stub Area) 区域；
- DC: 是否支持按需拨号。
- Options 字段的各位的匹配情况会产生不同影响：
- 阻止邻居的建立，例如 Hello 报文中的选项不匹配。
- 阻止 LSA 的洪泛，例如 E-Bit，如果为 0，不洪泛 AS-Ext

ernal-LSA。

- 阻止 LSA 参加路由计算，例如 V6-Bit，如果为 0，该 Router 不参加 IPv6 路由计算。
- Options 字段使 OSPF 路由器能支持可选的能力，并且与其它路由器互相通告其能力。通过这种机制，具有不同能力的路由器可以在一个 OSPF 路由域中混合工作。

### LSA报文格式不同 - LSA头部



- OSPFv2 中的 LS Type 长度为 8 比特，指定 LSA 的类型；OSPFv3 的 LSA Type 字段由 OSPFv2 的 8 比特扩充为 16 比特。
- U 位：描述了路由器收到一个类型未知的 LSA 时如何处理，取值为 0 表示把类型未知 LSA 当成具有链路本地范围的 LSA 一样处理，取值为 1 表示按照 S2/S1 位标识的泛洪范围来处理。
- S2/S1 位：共同标识 LSA 的泛洪范围，取值 00 表示 LSA 只在产生该 LSA 的本地链路上泛洪；取值 01 表示 LSA 的泛洪范围为产生该 LSA 的路由器所在区域；取值 10 表示 LSA 将在整个自治系统内进行泛洪；取值 11 保留。
- LSA Function Code：LSA 类型编码，描述 LSA 的类型。

## LSA类型，支持对未知类型LSA的处理

- U-bit: 指示路由器如何处理无法识别的LSA。

U-bit	处理方式
0	当作Link-local范围的LSA处理
1	存储并洪泛该LSA

- S2/S1, 共同标识 LSA 的泛洪范围。

S2	S1	洪泛(Flooding)范围
0	0	Link-Local范围
0	1	Area范围
1	0	AS范围
1	1	保留

- 不同的LSA类型对应不同的U, S2和S1位。
- 在 OSPFv2 中，收到类型未知的 LSA 将直接丢弃。
- OSPFv3 在 LSA 的 LS Type 字段中增加了一个 U 比特位来标识对未知类型 LSA 的处理方式：
  - 如果 U 比特置 1，则对于未知类型的 LSA 按照 LSA 中的 LS Type 字段描述的泛洪范围进行泛洪；
  - 如果 U 比特置 0，对于未知类型的 LSA 仅在链路范围内泛洪。
- LSA 的泛洪范围已经被明确地定义在 LSA 的 LS Type 字段，目前，有三种 LSA 泛洪范围。
- 链路本地范围(Link-local Scope)。
- LSA 只在本地链路上泛洪，不会超出这个范围， Link-LSA(新增)。
- 区域范围(Area Scope)。
- Router-LSA, Network-LSA, Inter-Area-Prefix-LSA, Inter-Area-Router-LSA, Intra-Area-Prefix-LSA(新增)都是区域范围泛洪的 LSA。
- 自治系统范围(AS Scope)。

- LSA 将被泛洪到整个路由域，AS-External-LSA。

## LSA类型 - 功能编码 (Function Code)

LSA Function code	LS Type	描述
1	0x2001	Router-LSA
2	0x2002	Network-LSA
3	0x2003	Inter-Area-Prefix-LSA
4	0x2004	Inter-Area-Router-LSA
5	0x4005	AS-External-LSA
6	0x2006	Group-membership-LSA
7	0x2007	Type-7-LSA
8	0x0008	Link-LSA
9	0x2009	Intra-Area-Prefix-LSA

## Link State ID

- 4字节。不再包含地址信息，对于不同的LSA类型，该字段的含义如下表，同时提供与OSPFv2中含义的对比。

LSA	OSPFv2 LS ID	OSPFv3 LS ID
Router-LSA	Router ID	本地唯一的32位整数
Network-LSA	DR所在IPv4网段	DR接口ID
Type 4 LSA	Router ID	本地唯一的32位整数
Type 3, 5, 7 LSA	IPv4网段	本地唯一的32位整数
Link-LSA	---	所在接口ID
Intra-Area-Prefix-LSA	----	本地唯一的32位整数

## LSA类型不同 - OSPFv3 LSA的类型

OSPFv2 LSA	OSPFv3 LSA	与 OSPFv2 LSA 异同点说明
Router LSA	Router LSA	名称相同，作用也类似，但是不再描述地址信息，仅仅用来描述路由域的拓扑结构。
Network LSA	Network LSA	
Network Summary LSA	Inter Area Prefix LSA	作用类似，名称不同。
ASBR Summary LSA	Inter Area Router LSA	
AS External LSA	AS External LSA	作用与名称完全相同。
无	Link LSA	新增LSA。
	Intra Area Prefix LSA	新增LSA

- OSPFv3 新增了 Link LSA 和 Intra Area Prefix LSA。
- Router LSA 不再包含地址信息，使能 OSPFv3 的路由器为它所连接的每条链路产生单独的 Link LSA，将当前接口的链路本地地址以及路由器在这条链路上的一系列 IPv6 地址信息向该链路上的所有其它路由器通告。
- Router LSA 和 Network LSA 中不再包含路由信息，这两类 LSA 中所携带的路由信息由 Intra Area Prefix LSA 来描述，该类 LSA 用来公告一个或多个 IPv6 地址前缀。

### 前缀表示方法的变化：Prefix Option 字段

- 用来表达某个前缀的一些特性，以便在各种不同的路由计算时做相应的判断和处理。
  - NU位：非单播位；
  - LA位：本地地址位；
  - MC位：组播位；
  - P位：传播位。

	P	MC	LA	NU
--	---	----	----	----

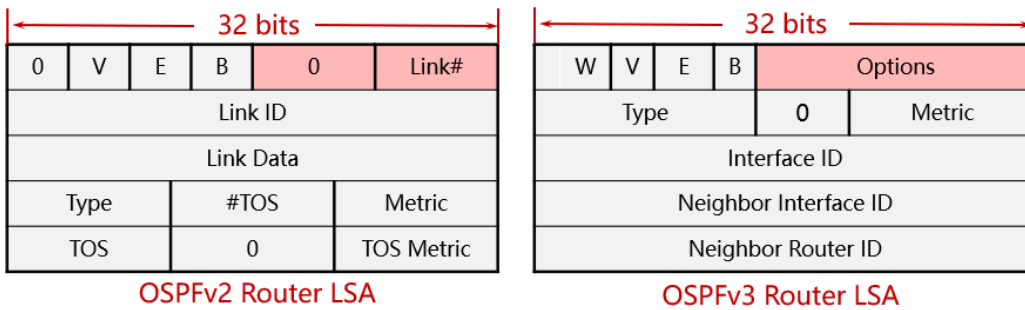
- 在 OSPFv2 中，使用“IP 网段 + 掩码”来表示前缀信息，而且两段信息在不同 LSA 中的位置还各不相同，结构很不清晰。在 OSPFv3 的 LSA 中，使用专门的三元组 ( Prefix-Length, PrefixOptions, Prefix ) 来表示前缀信息。由 LSA 公告的每

个前缀都拥有一个自己的 PrefixOptions 字段。

- Prefix-Length
- 1 字节。前缀的 bit 位长度，对于缺省路由该字段取值为 0。
- PrefixOptions，1 字节。前缀信息的选项，用来描述前缀的某些特殊属性字段，格式如下：
  - NU 位：非单播位。如果设置为 1，则这个前缀不会纳入 IPv6 单播路由计算中。
  - LA 位：本地地址位。如果设置为 1，则这个前缀是路由器的一个接口地址。
  - MC 位：组播位。如果设置为 1，则这个前缀应该纳入组播计算中，否则不纳入组播计算。
  - P 位：传播位。如果一个 NSSA 区域的前缀需要被 ABR 传播出去，就需要设置这一位。
- Prefix
- 长度不定，为 4 字节的倍数。用于表示前缀的 IPv6 网络地址信息。
- Prefix-length 可变，但必须是 32bit ( 4 字节 ) 的整数倍，可用 0 来填充。因此它的长度可能是 0、4、8、12、16 字节。

## Router LSA

- LS Type: 0x2001; 泛洪范围: 区域。
- 每个Router-LSA包含若干链路描述 (link description), 每个链路描述都描述了路由器的一个接口信息。
- 可以使用多个Router-LSA描述信息, 通过Link-State ID区分多个不同的Router-LSA。



- W : 用于组播路由 ;
- V : 该路由器为虚连接的一端 ;
- E : 该路由器为 ASBR ;
- B : 该路由器为 ABR。
- Type : 1 字节。路由器的该链路的链路类型 ;
- Metric : 2 字节。数据报文从此接口发出时的 cost 值 ;
- Interface ID : 4 字节。接口 ID , 用于标识接口 , 无地址含义。
- Neighbor Interface ID : 4 字节。邻居接口 ID。
- Neighbor Router ID : 4 字节。邻居 Router ID。



## Router LSA链接(Link)类型

类型	描述	邻居Router-ID	邻居Interface-ID
1	点到点连接到另一台路由器	邻居Router-ID	邻居的Interface ID
2	连接到穿越(Transit)网	DR的Router-ID	DR的Interface ID
3	保留	---	---
4	虚连接	邻居Router-ID	邻居的VLINK Interface ID

- Router-LSA 具有区域泛洪范围，用于描述该路由器在某个区域内的所有连接，而且只描述建立了邻接关系的连接（邻居为 full 状态）。这意味着 Stub 类型的链路不在这里描述了（在 OSPFv2 中用链路类型 3 描述）。另外，如果是点到多点链路的话，需要为每个邻居都产生一个描述。由于每个链路描述的长度固定，因此可以通过 LSA 头中的 LSA 长度来确定 Router-LSA 中的 Link 数。
- 一个 Router-LSA 可以包含多个链路描述（link description）。同一个路由器可以生成多个 Router-LSA，通过 Link State ID 进行区分。在 SPF 计算时，对于同一个路由器产生的多个 Router-LSA 必须合在一起参与运算。
- OSPFv3 的 Router-LSA 中不再包含前缀信息，仅仅描述了拓扑连接情况。

## Router LSA举例

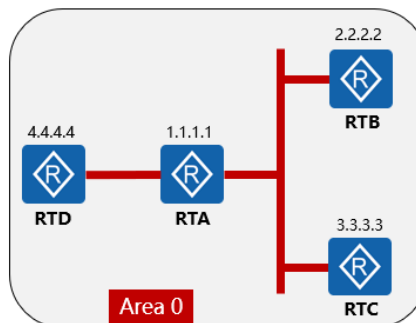
```
<RTA> display ospfv3 lsdb router

Router-LSA (Area 0.0.0.0)

LS Age: 872
LS Type: Router-LSA
Link State ID: 0.0.0.0
Originating Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 0x80000008
Checksum: 0x0FC2
Length: 56
Flags: 0x00 (-|-|-|-)
Options: 0x000013 (-|R|-|-|E|V6)

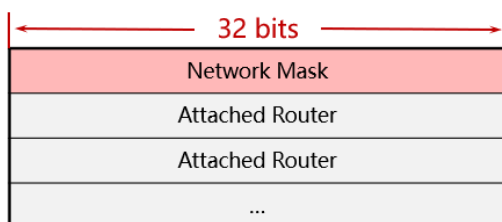
Link connected to: a Transit Network
Metric: 1
Interface ID: 0x18000202
Neighbor Interface ID: 0x18000202 ← DR接口ID
Neighbor Router ID: 2.2.2.2 ← DR Router ID

Link connected to: another Router (point-to-point)
Metric: 1562
Interface ID: 0x18000286
Neighbor Interface ID: 0x18000206 ← 邻居接口ID
Neighbor Router ID: 4.4.4.4 ← 邻居Router ID
```

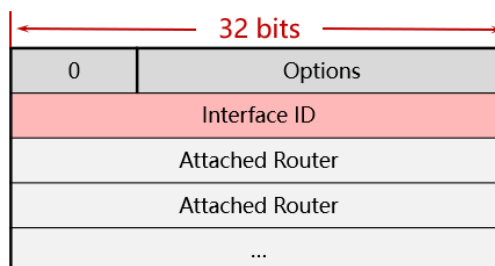


## Network LSA的变化

- DR产生，区域范围内洪泛；
- 描述该链路上与DR有FULL关系的所有路由器。



OSPFv2 Network LSA



OSPFv3 Network LSA

- Options：3 字节。含义见 3.1.3 节。该字段实际上是该链路上所有路由器的 Link-LSA 的 Options 字段的集合，也即是它们的能力集合。
- Attached Router：
- 每个路由器 4 字节。该链路上所有与 DR 有 Full 关系的路由器的 Router ID。
- OSPFv3 的 Network-LSA 具有区域泛洪范围，由 DR 生成。它的 Link State ID 为 DR 的 Interface ID，而且将 OSPFv

2 中的掩码字段取消了，所以它不再包含前缀信息，而仅仅描述了拓扑连接情况。

- 另外，由于其中的 Options 字段为链路上所有路由器的能力集合，因此 DR 的能力大小并不会影响其他路由器的 LSA 传播。

## Network LSA举例

```
<RTA>display ospfv3 lsdb network
```

```
OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1)
```

```
Network-LSA (Area 0.0.0.0)
```

```
LS Age: 95
```

```
LS Type: Network-LSA
```

```
Link State ID: 24.0.2.2 ← DR Interface ID
```

```
Originating Router: 2.2.2.2 ← DR Router ID
```

```
LS Seq Number: 0x80000006
```

```
Checksum: 0xCB18
```

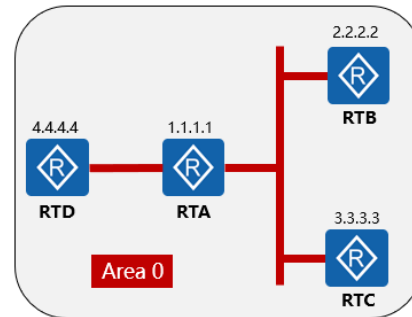
```
Length: 36
```

```
Options: 0x000013 (-[R]-[-E]V6)
```

```
Attached Router: 2.2.2.2
```

```
Attached Router: 1.1.1.1
```

```
Attached Router: 3.3.3.3
```

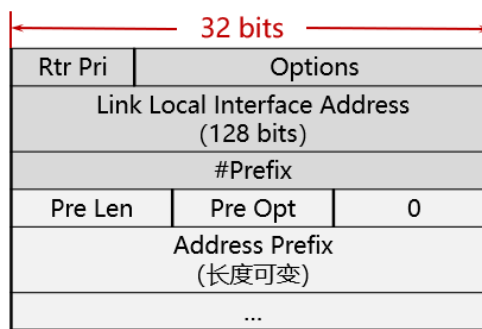


## 新增Link-LSA

- Link-LSA是OSPFv3新增的一种LSA类型，它具有链路泛洪范围，路由器会为每个启动了OSPFv3的接口产生一个Link-LSA。它的作用在于：
  - 向链路上的其他路由器通告本地链路地址，作为它们的下一跳地址；
  - 向链路上的其他路由器通告本地链路上的所有IPv6前缀；
  - 在广播网络和NBMA网络上为DR提供Options取值。

## Link-LSA结构

- Rtr Pri: 该路由器在该链路上的优先级(Router Priority);
- Options: 描述该路由的能力;
- Link Local Interface Address: 该接口的本地链路地址, 用于路由的下一跳计算;
- #Prefix: 所包含前缀的个数;
- 其他: Prefix三元组。



Link LSA

## Link-LSA举例

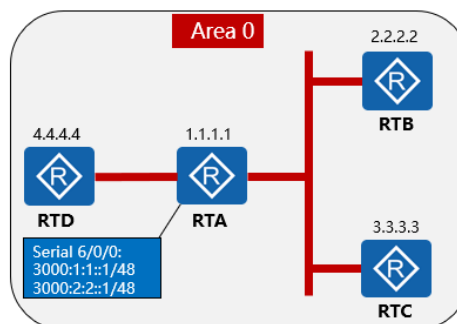
[RTA]display ospfv3 lsdb link 24.0.2.134 ← 显示指定LS ID的Link-LSA

Link-LSA (Interface Serial6/0/0)

LS Age: 17  
LS Type: Link-LSA  
Link State ID: 24.0.2.134 ← 接口Index  
Originating Router: 1.1.1.1  
LS Seq Number: 0x80000024  
Checksum: 0x7F10  
Length: 68  
Priority: 1  
Options: 0x000013 (-[R]-[E]V6)  
Link-Local Address: FE80::5ECC:5200:1  
Number of Prefixes: 2 ← 携带两个Prefix

Prefix: 3000:1:1::/48  
Prefix Options: 0 (-[R]-[E]V6)

Prefix: 3000:2:2::/48  
Prefix Options: 0 (-[R]-[E]V6)

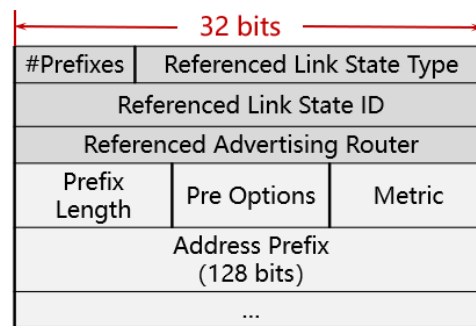


## Intra-Area-Prefix-LSA

- 为什么引入Intra-Area-Prefix-LSA?
  - OSPFv2中，依附于路由器和Stub网络的subnet出现在Router LSA中，依附于Transit网络的subnet出现在Network-LSA中；OSPFv3中，Router-LSA和Network-LSA不再包含地址信息，所以引入Intra-Area-Prefix-LSA。
- Intra-Area-Prefix-LSA携带区域内IPv6 Prefix信息。
  - 依附于路由器的Prefix
  - 依附于Stub网络的Prefix
  - 依附于Transit网络的Prefix
- 每台路由器或Transit网络可以产生多个Intra-Area-Prefix-LSA。

## Intra-Area-Prefix-LSA

- 在OSPFv2中使用Router-LSA和Network-LSA来发布区域内路由，而在OSPFv3中这两类LSA不再包含地址信息，所以引入了Intra-Area-Prefix LSA，用于发布区域内路由。
- #Prefixes: LSA中包含的Prefix个数。
- Referenced Link State Type:
  - =1: 携带的Prefix依附于Router(包括Stub网络);
  - =2: 携带的Prefix依附于Transit Network。
- Referenced Link State ID:
  - Type1: 0;
  - Type2: DR接口ID。
- Referenced Advertising Router:
  - Type 1: 依附的路由器Router ID;
  - Type 2: DR Router ID。
- 其他: Prefix三元组信息。

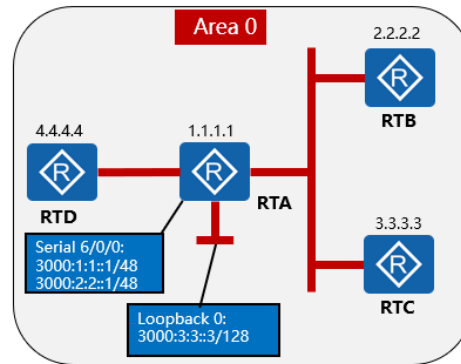


Intra-Area-Prefix LSA

- OSPFv3 的 Intra-Area-Prefix-LSA 具有区域泛洪范围，用于发布区域内前缀信息。根据所参考的 LSA 不同可分为以下两种情况：
  - 参考 Router-LSA，由各路由器分别生成，用于发布点到点链路的前缀信息以及 Stub 网络的前缀信息；
  - 参考 Network-LSA，由 DR 生成，用于发布该链路对应网络上的所有前缀信息，这些前缀来自链路上所有路由器各自生成的 Link-LSA。但是，Link-LSA 中的本地链路地址信息、NU 或 LA 位置 1 的前缀除外。

## Intra-Area-Prefix-LSA (依附Router)举例

```
<RTA>display ospfv3 lsdb intra-prefix
      Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
LS Age: 20
LS Type: Intra-Area-Prefix-LSA
Link State ID: 0.0.0.1
Originating Router: 1.1.1.1
LS Seq Number: 0x8000003E
Checksum: 0xA932
Length: 76
Number of Prefixes: 3
Referenced LS Type: 0x2001 ← 参考Router LSA
Referenced Link State ID: 0.0.0.0 ← 第一个Router LSA LS ID
Referenced Originating Router: 1.1.1.1 ← Router ID
Prefix: 3000:2::/48
Prefix Options: 0 (-|-|-)
Metric: 1562
Prefix: 3000:1::/48
Prefix Options: 0 (-|-|-)
Metric: 1562
Prefix: 3000:3::3/128
Prefix Options: 2 (-|-|A|-) ← 本地主机地址
```



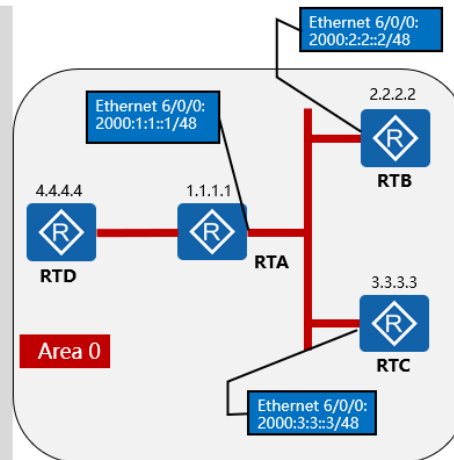
## Intra-Area-Prefix-LSA (依附Transit网络)举例

```
<RTA>display ospfv3 lsdb intra-prefix
      Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)
LS Age: 1407
LS Type: Intra-Area-Prefix-LSA
Link State ID: 0.0.0.2
Originating Router: 2.2.2.2
LS Seq Number: 0x80000028
Checksum: 0xB1E7
Length: 68
Number of Prefixes: 3
Referenced LS Type: 0x2002 ← 参考Network-LSA
Referenced Link State ID: 24.0.2.2 ← DR接口ID
Referenced Originating Router: 2.2.2.2 ← DR Router ID

Prefix: 2000:1::/48
Prefix Options: 0 (-|-|-)
Metric: 0

Prefix: 2000:2::/48
Prefix Options: 0 (-|-|-)
Metric: 0

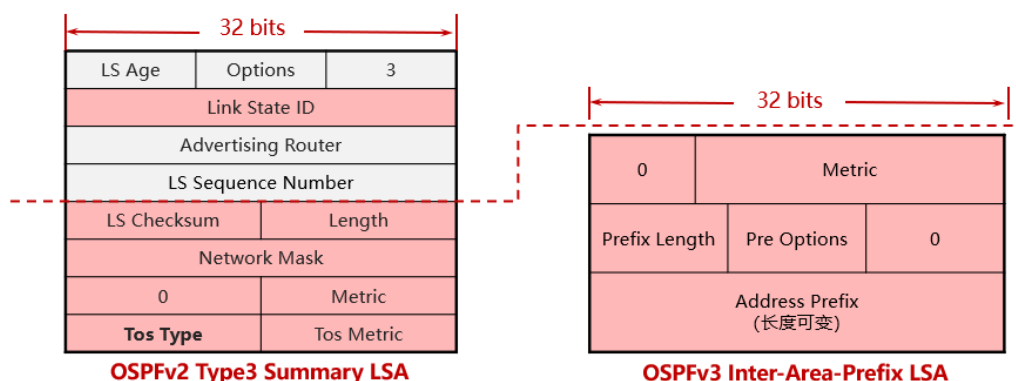
Prefix: 2000:3::3/48
Prefix Options: 0 (-|-|-)
Metric: 0
```



## Type-3 LSA的变化 - Inter-Area-Prefix-LSA

- 在OSPFv2中，该类型的LSA称为Type 3 Summary-LSA。在OSPFv3中，更名为Inter-Area Prefix-LSA，语义更加明确，它描述了其他区域的前缀信息。
  - 边界路由器(ABR)产生的第3类LSA，在Area范围内洪泛；
  - 描述了到本AS内其他区域的路由信息；
  - 每个Inter-Area-Prefix-LSA包含一条地址前缀信息；
  - 该LSA中不包含Link-Local地址信息；
  - 使用32位整数作为Link State ID来区分相同的LSA。

## Inter-Area-Prefix-LSA结构



- Metric : 20bit。表示 ABR 到达该前缀描述的路由的 cost 值。
- 前缀信息：描述前缀的 Prefix 三元组。
- 在 OSPFv2 中，使用 LSA 头里面的 Link State ID 字段来表示网络地址，掩码包含在 LSA 内容里。
- OSPFv3 的 Inter-Area-Prefix-LSA 中，LSA 头里的 Link State ID 不再包含前缀信息，仅仅是一个 32 位的编号，用于区分同一路由器产生的不同 LSA，所有前缀均通过 Prefix 三元组来描述。
- Inter-Area-Prefix-LSA 具有区域泛洪范围，由 ABR 生成。每个 Inter-Area-Prefix-LSA 包含一条地址前缀信息，且不能包

含本地链路地址信息。

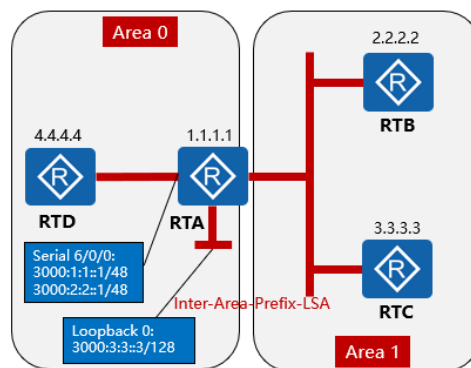
## Inter-Area-Prefix-LSA举例

```
<RTC>display ospfv3 lsdb inter-prefix
```

Inter-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.1)

LS Age: 89  
LS Type: Inter-Area-Prefix-LSA  
Link State ID: 0.0.0.3  
Originating Router: 1.1.1.1  
LS Seq Number: 0x80000002  
Checksum: 0xB5F6  
Length: 36

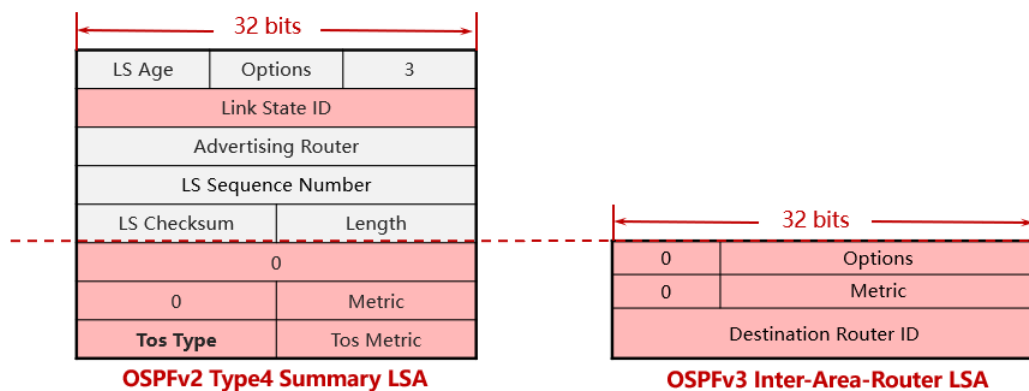
Metric: 1562  
Prefix: 3000:1::/48  
Prefix Options: 0



## Type-4 LSA的变化 - Inter-Area-Router-LSA

- 在OSPFv2中，该类型的LSA称为Type 4 Summary-LSA。在OSPFv3中，更名为Inter-Area Router-LSA，语义更加明确，它描述了到达其他区域的ASBR的信息。
  - 边界路由器(ABR)产生的第4类LSA，在Area范围内洪泛；
  - 描述了到本AS内其他区域的ASBR路由器信息；
  - 每个Inter-Area-Router-LSA包含一个ASBR路由器信息；
  - LSA中的能力选项(Options)与所描述的ASBR Router LSA中能力选项(Options)保持一致；
  - 使用32位整数作为Link State ID来区分相同的LSA。

## OSPFv3 Inter-Area-Router-LSA结构



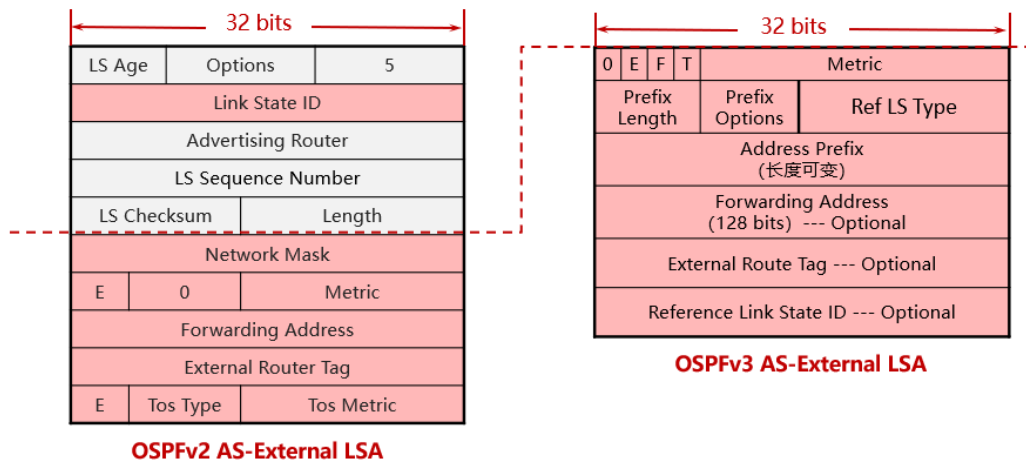


- Options : 3 字节 , 并非生成 LSA 的路由器的能力描述 , 而是描述了目的 ASBR 的能力。
- Metric : 3 字节 , 表示 ABR 到目的 ASBR 路由器的 cost 值。
- Destination Router ID : 4 字节 , 目的 ASBR 路由器的 Router ID。
- 在 OSPFv2 中 , 使用 LSA 头里面的 Link State ID 字段来表示目的 ASBR 的 Router ID。OSPFv3 的 Inter-Area-Router-LSA 中 , LSA 头里的 Link State ID 不再有具体含义 , 仅仅是一个 32 位的编号 , 用于区分同一路由器产生的不同 LSA。
- Inter-Area-Router-LSA 具有区域泛洪范围 , 由 ABR 生成。每个 Inter-Area-Router-LSA 包含一条目的 ASBR 信息。

## AS-External-LSA

- 由ASBR路由产生, 描述了区域外的路由信息;
- 具有自治系统(AS)洪泛范围;
- Link State ID不包含地址信息, 只是来和其他AS-External-LSA区分开;
- AS-External-LSA不含有Link-Local地址信息。
- 可选项:
  - 转发(Forwarding)地址;
  - Tag;
  - Referenced Link State ID: 保留字段。

## AS-External-LSA结构



- E：外部路由的 Metric 类型。如果设置为 1，表示此为 2 类外部路由，其 Metric 不随着路由的传递而增长。如果设置为 0，表示此为 1 类外部路由，其 Metric 随着路由的传递而增长。
- F：如果设置为 1，则表示后面的 Forwarding Address 可选字段存在。
- T：如果设置为 1，则表示后面的 External Route Tag 可选字段存在。
- 前缀信息：描述前缀的 Prefix 三元组。
- Ref LS Type：2 字节。如果非 0，则表示后面的 Referenced Link State ID 可选字段存在。
- Forwarding Address：16 字节。可选的 128 位 IPv6 地址。当前面的 F 位为 1 时存在。表示到达目的的数据应该转发到这个地址。在公告路由器不是最优的下一跳的时候可以使用。
- External Route Tag：4 字节。可选的标记位。可以用于 ASBR 之间的通信。一个比较常见的例子是，在 OSPF 自治系统的两个边界路由器上进行路由分发时，通过对引入的路由进行标记，可以很方便地进行路由过滤。
- Referenced Link State ID：4 字节。当前面的 Ref LS Ty

pe 字段非 0 时存在。如果存在，说明此条外部路由有一些相关信息需要参考另外一个 LSA。被参考的 LSA 由以下字段值确定：

- 其 LS type 等于此 AS-external-LSA 的 Referenced LS Type；
- 其 Link State ID 等于此 AS-external-LSA 的 Referenced Link State ID；
- 其 Advertising Router 等于此 AS-external-LSA 的 Advertising Router。
- 这种参考能力是为未来的扩展准备的，目前并没有使用。
- 在 OSPFv2 中，使用 LSA 头里面的 Link State ID 字段来表示网络地址，掩码包含在 LSA 内容里。
- OSPFv3 的 AS-external-LSA 中，LSA 头里的 Link State ID 不再包含前缀信息，仅仅是一个 32 位的编号，用于区分同一路由器产生的不同 LSA，所有前缀均通过 Prefix 三元组来描述。
- AS-external-LSA 具有 AS 泛洪范围，由 ASBR 生成。每个 AS-external-LSA 包含一条地址前缀信息，且不能包含本地链路地址信息。

# AS-External-LSA举例

<RTB>display ospfv3 lsdb external

OSPFv3 Router with ID (2.2.2.2) (Process 1)

AS-External-LSA

LS Age: 1027

LS Type: AS-External-LSA

Link State ID: 0.0.0.1

Originating Router: 4.4.4.4

LS Seq Number: 0x80000004

Checksum: 0xD0C7

Length: 36

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

Metric: 1

Prefix: 3001:1:1::/48

Prefix Options: 0 (-|-|-)

引入

Static Route: 3001:1:1::/48

4.4.4.4

RTD

1.1.1.1

RTA

Area 0

Area 1

2.2.2.2

RTB

3.3.3.3

RTC

# 维护与调试

操作	命令
打开OSPFv3事件调试信息开关	debugging ospfv3 event { abr   asbr   vlink   all }
打开OSPFv3接口状态机调试开关	debugging ospfv3 ifsm [ status   event   timer ]
打开OSPFv3 LSA调试信息开关	debugging ospfv3 lsa { all   flooding   generate   install   maxage   refresh   verbose }
打开OSPFv3邻居状态机调试开关	debugging ospfv3 n fsm [ status   event   timer ]
打开OSPFv3报文调试信息开关	debugging ospfv3 packet all [ verbose ] debugging ospfv3 packet { hello   dd   request   update   ack } * [ verbose ] debugging ospfv3 packet verbose
打开OSPFv3路由计算调试信息开关	debugging ospfv3 route [ ase   install   spf   ia ]

## 显示链路状态数据库 (1)

```
<RTA>display ospfv3 lsdb

OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process 1)
Link-LSA (Interface Ethernet6/0/0)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Prefix
24.0.2.2      1.1.1.1    0720 0x80000032 0x7314  1
24.0.2.2      2.2.2.2    0693 0x80000032 0xb1ce  1
24.0.2.2      3.3.3.3    0661 0x80000032 0xef89  1

Link-LSA (Interface Serial6/0/0)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Prefix
24.0.2.134    1.1.1.1    0004 0x80000061 0xa61d  1
24.0.2.6      4.4.4.4    0408 0x8000005f 0x5b11  1

Router-LSA (Area 0.0.0.0)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Link
0.0.0.0      1.1.1.1    0714 0x80000067 0x685c  1
0.0.0.0      4.4.4.4    0818 0x80000061 0x28a1  1
```

## 显示链路状态数据库 (2)

```
Inter-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum
0.0.0.2      1.1.1.1    0645 0x80000032 0xf9b2
0.0.0.3      1.1.1.1    0645 0x80000032 0x0e9b
0.0.0.4      1.1.1.1    0645 0x80000032 0x2284

Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.0)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Prefix  Reference
0.0.0.1      1.1.1.1    0004 0x8000008b 0x0917  2  Router-LSA
0.0.0.1      4.4.4.4    0813 0x80000085 0x2cb2  1  Router-LSA

Router-LSA (Area 0.0.0.1)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Link
0.0.0.0      1.1.1.1    0645 0x80000036 0xc6d9  1
0.0.0.0      2.2.2.2    0633 0x80000036 0xa5f7  1
0.0.0.0      3.3.3.3    0620 0x80000034 0x8b10  1

Network-LSA (Area 0.0.0.1)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum
24.0.2.2      3.3.3.3    0620 0x80000033 0x337f
```

## 显示链路状态数据库 (3)

```
Inter-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.1)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum
0.0.0.3      1.1.1.1      0709 0x80000033 0x5328
0.0.0.5      1.1.1.1      0709 0x80000033 0x51e8

Inter-Area-Router-LSA (Area 0.0.0.1)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum
0.0.0.1      1.1.1.1      0815 0x80000031 0x8f32

Intra-Area-Prefix-LSA (Area 0.0.0.1)

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum  Prefix Reference
0.0.0.1      3.3.3.3      0620 0x80000032 0xbbcc  3 Network-LSA

AS-External-LSA

Link State ID  Origin Router  Age  Seq#    CkSum
0.0.0.1      4.4.4.4      0818 0x80000031 0x76f4 E2
```

## 显示接口信息

```
<RTA>display ospfv3 interface ethernet6/0/0

Ethernet6/0/0 is up, line protocol is up
Interface ID 0x18000202 ← 接口的Index
Interface MTU 1500
IPv6 Prefixes
FE80::200:5EFF:FECC:5200 (Link-Local Address) ← 接口的Link-Local地址
2000:1:1::1/48
OSPFv3 Process (1), Area 0.0.0.1, Instance ID 0
Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State DROther, Priority 1
Designated Router (ID) 3.3.3.3
Interface Address FE80::200:5EFF:FECC:5202
Backup Designated Router (ID) 2.2.2.2
Interface Address FE80::200:5EFF:FECC:5201
Timer interval configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:01
Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
```

## 显示邻居信息

```
<RTA>display ospfv3 peer

OSPFv3 Process (1)

OSPFv3 Area (0.0.0.0)
Neighbor ID  Pri  State      Dead Time  Interface  Instance ID
4.4.4.4      1  Full/-    00:00:39  S6/0/0     0

OSPFv3 Area (0.0.0.1)
Neighbor ID  Pri  State      Dead Time  Interface  Instance ID
2.2.2.2      1  Full/Backup 00:00:31  Eth6/0/0   0
3.3.3.3      1  Full/DR    00:00:37  Eth6/0/0   0
```

## 显示拓扑信息

```
<RTA>display ospfv3 topology

OSPFv3 Process (1)
OSPFv3 Area (0.0.0.0) topology
Type ID(If-Index)  Bits  Metric  Next-Hop  Interface
Rtr 1.1.1.1        B    --
Rtr 4.4.4.4        E    1562    4.4.4.4    Serial6/0/0

OSPFv3 Area (0.0.0.1) topology
Type ID(If-Index)  Bits  Metric  Next-Hop  Interface
Rtr 1.1.1.1        B    --
Rtr 2.2.2.2        1    2.2.2.2  Ethernet6/0/0
Rtr 3.3.3.3        1    3.3.3.3  Ethernet6/0/0
Net 3.3.3.3(402653698) 1    0.0.0.0  Ethernet6/0/0
```

## 显示OSPFv3路由表信息

```
<RTC> display ospfv3 routing

OSPFv3 Process (1)
Destination          Metric
Next-hop
2000:1:1::/48        1
    via FE80::200:5EFF:FECC:5200, Ethernet6/0/0
2000:2:2::/48        1
    via FE80::200:5EFF:FECC:5201, Ethernet6/0/0
2000:3:3::/48        1
    directly-connected, Ethernet6/0/0
IA 3000:1:1::/48      1563
    via FE80::200:5EFF:FECC:5200, Ethernet6/0/0
IA 3000:3:3::3/128    1
    via FE80::200:5EFF:FECC:5200, Ethernet6/0/0
E2 3001:1:1::/48      1
    via FE80::200:5EFF:FECC:5200, Ethernet6/0/0
```

## OSPF备考建议

- 熟悉OSPF相关命令
- 熟悉OSPF策略配置
- 熟读HedEx文档
  - 包括HedEx涵盖的案例
- 熟练掌握display和debug
- 熟练掌握理解课程中设计的案例场景