

OSPF

一、RIP缺点：

- 1：依照传闻进行路由更新和路由选择。
- 2：RIP以跳数（Hops）作为度量值
- 3：最大跳数15的设定限制了RIP网络的规模

二、OSPF的基本运行机制

- 1：Hello 报文 交互- 形成邻居关系
- 2：LSAs 的泛洪- 通告链路状态信息
- 3：LSDB 的组建- 形成带权 有向图
- 4：SPF的计算-形成路由
- 5：路由表的维护更新

三、链路类型

- 1：广播（Broadcast）类型
- 2：NBMA（Non-Broadcast Multi-Access）类型
- 3：点到多点P2MP（point-to-multipoint）类型
- 4：点到点P2P（point-to-point）类型

类型	组播	单播
广播	Hello、LSU、LSAck	DD、LSR
NBMA		Hello、DD、LSR、LSU、LSAck
P2MP	Hello	DD、LSR、LSU、LSAck
P2P	Hello、DD、LSR、LSU、LSAck	

四、OSPF接口信息

```

<R2>display ospf interface verbose

      OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
      Interfaces

Area: 0.0.0.0 (MPLS TE not enabled)

Interface: 192.168.23.1 (GigabitEthernet0/0/1)
Cost: 1 State: BDR Type: Broadcast MTU: 1500
Priority: 1
Designated Router: 192.168.23.2
Backup Designated Router: 192.168.23.1
Timers: Hello 10, Dead 40, Poll 120, Retransmit 5, Transmit Delay 1

IO Statistics
      Type      Input      Output
      Hello      1878      1800
      DB Description      2          3
      Link-State Req      1          1
      Link-State Update    42         21
      Link-State Ack       20         40
ALLSPF GROUP
ALLDR GROUP
OpaqueId: 0 PrevState: DROther
Effective cost: 1, enabled by OSPF Protocol

```

- 1) Router ID : 设备的ID
- 2) Area : 接口所在的区域ID
- 3) Interface : 接口的基本信息, 包括接口的IP地址、接口编号。
- 4) Cost: 接口开销值
- 5) Type: 接口类型, 即这个接口相连的链路类型, 包括P2P、P2MP、广播或NBMA, 维持邻居关系相关的等其他的信息, 如DeadTimer。
- 6) Priority : 设备接口在选取DR和BDR时的优先级。其值越大, 优先级越高。
- 7) DesignatedRouter : 接口所在广播网络/NBMA网络上的指定设备, 即DR。一般用连接这个广播网络/NBMA网络的接口地址表示。比如192.168.23.0/24这个广播网络/NBMA网络的DR是相连接口地址为192.168.23.2的设备。
- 8) BackupDesignatedRouter : 接口所在网络上的备份指定设备, BDR。一般用连接这个广播网络/NBMA网络的接口地址表示。比如192.168.23.0/24这个广播网络/NBMA网络的BDR是相连接口地址为192.168.23.1的设备。
- 9) Hello : 接口发送Hello报文的时间间隔。
- 10) Dead : 接口相连的OSPF邻居失效时间。超过失效时间, 如果接口还没有收到邻居设备发来的Hello报文, 就表明两端的邻居关系已无效。华为S系列交换机在默认情况下, 邻居失效时间为发送Hello报文时间间隔的4倍。
- 11) Poll : NBMA网络上发送轮询Hello报文的时间间隔。在NBMA网络上, 当邻居失效后, 设备将按轮询时间间隔定期地发送Hello报文。轮询时间间隔值至少应为Hello报文时间间隔的4倍, 华为S系列交换机在默认情况下发送轮询Hello报文的时间间隔是发送Hello报文时间间隔的4倍。
- 12) Retransmit : 接口没有收到来自对端“LSA已经收到”的确认报文, 需要重传LSA的等待时间。
- 13) Transmit Delay : 接口发送LSA过程中的传输延迟时间。

五、OSPF接口状态机

State字段 (7种)

Down：接口的初始状态。表明此时接口不可用，不能用于收发流量。

Loopback：设备到网络的接口处于环回状态。环回接口不能用于正常的数据传输，但仍能通过ICMP ping或位错误检测来收集接口信息。

Waiting：设备正在判定网络上的DR和BDR。在设备参与DR/BDR选举前，接口上会起一个Waiting定时器。在这个定时器超时前，设备发送的Hello报文不包含DR和BDR信息，设备不能被选举为DR或BDR，因为从第二篇可以知道，正常的DR/BDR选举遵循非抢占原则。这可以避免不必要地改变链路中已存在的DR和BDR。仅NMBA网络、广播网络有此状态。

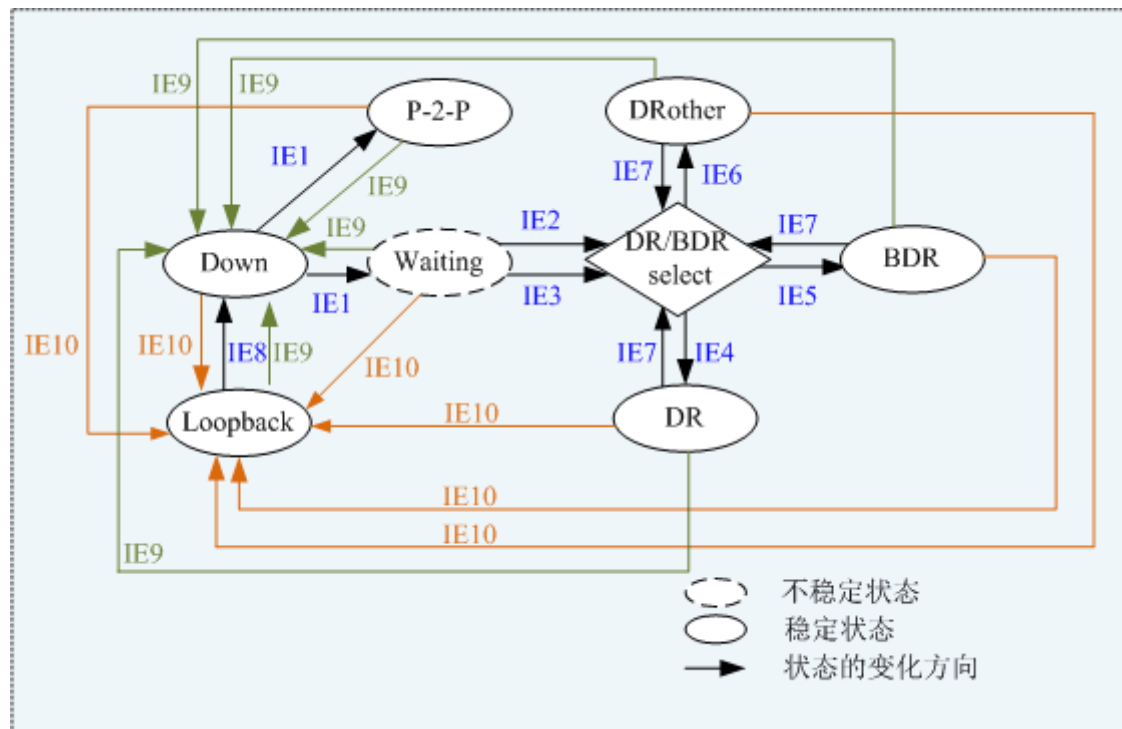
P-2-P：接口连接到物理点对点网络或者是虚拟链路，这个时候设备会与链路连接的另一端设备建立邻接关系。仅P2P、P2MP网络有此状态。

DRother：设备没有被选为DR或BDR，它会与DR和BDR建立邻接关系。

BDR：设备是相连网络的BDR，并将在当前的DR失效时成为DR。

DR：设备是相连网络的DR。

接口状态机



输入事件	详细事件描述
IE1	InterceUP: 底层协议表明接口是可操作的。
IE2	WaitTimer: 等待定时器超时, 表明DR/BDR选举等待时间结束
IE3	BackupSeen: 设备已检测过网络中是否存在BDR。
IE4	接口所在的设备在网络中被选举为DR。
IE5	接口所在的设备在网络中被选举为BDR
IE6	接口所在的设备在网络中没有被选举为DR/BDR
IE7	NeighborChange: 与该接口相关的邻居关系变化的事件发生, 表明DR/BDR要重新选举
IE8	UnLoopInd: 网管系统或者底层协议表明接口不再环回。
IE9	InterfaceDown: 底层协议表明接口不可操作。任何一种状态都可能触发此事件切换到Down状态。
IE10	LoopInd: 网管系统或者底层协议表明接口处于环回状态。任何一种状态都可能触发此事件切换到Loopback状态。

六、OSPF的五种协议报文

- **Hello 报文**: 建立和维护邻接关系
- **DD 报文**: 描述本端设备的LSDB, 进行数据库的同步
- **LSR 报文**: 向对方请求更新LSA, 内容包括所需要的LSA的摘要信息。
- **LSU 报文**: 向对端设备发送其所需要的LSA或者泛洪本端更新的LSA, 内容是多条LSA (全部内容) 的集合
- **LSAck 报文**: 对接收到的LSU报文进行确认, 内容是需要确认的LSA的Header (一个LSAck报文可对多个LSA进行确认)

七、OSPF邻居信息

```

<R2>display ospf peer

      OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
        Neighbors
1      Area 0.0.0.0 2 interface 192.168.23.1(GigabitEthernet0/0/1)'s neighbors
Router ID: 10.3.3.3 3 Address: 192.168.23.2 4
5 State: Full 6 Mode:Nbr is Master 7 Priority: 1
8 DR: 192.168.23.2 9 BDR: 192.168.23.1 MTU: 0
Dead timer due in 35 sec 10
Retrans timer interval: 5 11
Neighbor is up for 00:02:33
Authentication Sequence: [ 0 ] 12

```

- 1) Area : 邻居所属的区域。
- 2) Interface : 与邻居相连的接口。
- 3) Router ID : 邻居的Router ID。
- 4) Address : 邻居接口的IP地址。
- 5) State : 邻居状态。
- 6) Mode : DD交换进程中协商的主从状态。
 - Nbr is Master, 邻居是Master, 主动发送DD报文。
 - Nbr is Slave, 邻居是Slave, 配合Master发送DD报文。

- 7) Priority : 邻居的DR优先级。
- 8) DR : 邻居间指定路由器的IP地址。
- 9) BDR : 邻居间备份指定路由器的IP地址。
- 10) Dead timer : 邻居失效定时器。如果在超时时间内, 还没有收到邻居发来的Hello报文, 说明邻居已失效。
- 11) Retrans timer interval : 重传LSA的时间间隔。如果在这个间隔内, 没有收到邻居的LSA已经收到的确认报文, LSA会进行重传。
- 12) Authentication Sequence : 认证序列号。

八、OSPF邻居状态机

State字段 (八种)

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 : 这种状态适用于NBMA网络, 邻居路由器是手工配置的。

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, 收到的Hello报文的邻居列表并没有包含本端的Router ID, 双向通信仍然没有建立。

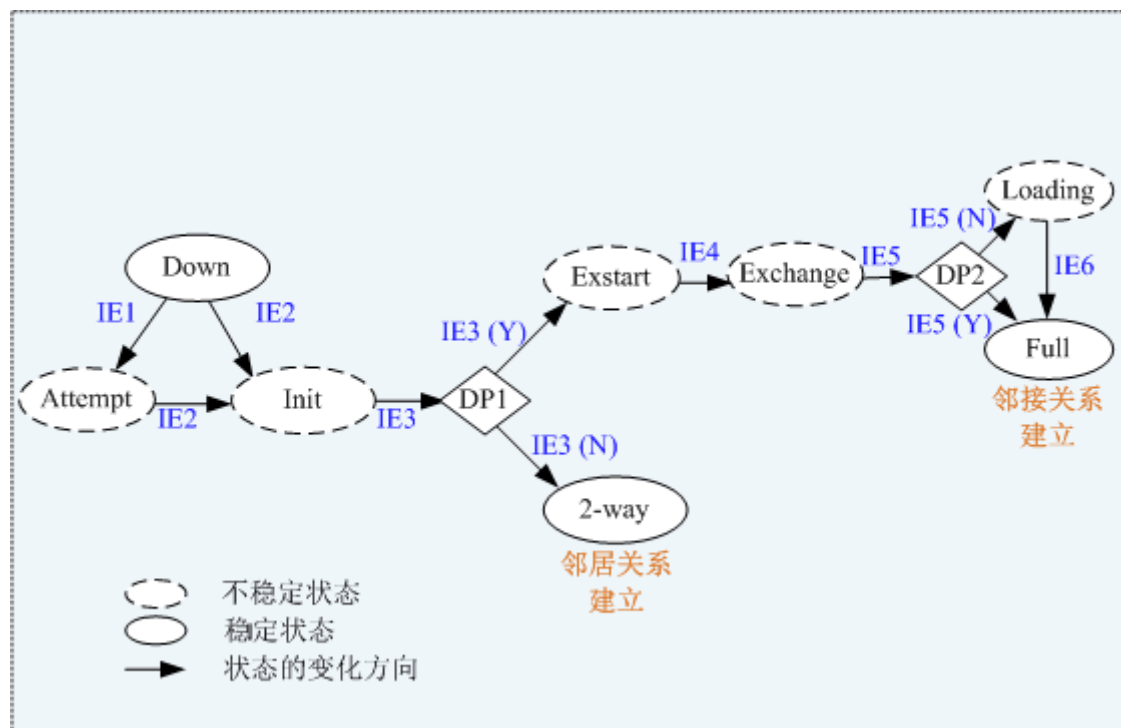
2-way : 互为邻居。本状态表示双方互相收到了对端发送的Hello报文, 报文中的邻居列表也包含本端的Router ID, 邻居关系建立。如果不形成邻接关系则邻居状态机就停留在此状态, 否则进入Exstart状态。而且DR/BDR只有在邻居状态处于这个状态或者更高的状态才会被选举出来。

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。邻居间从此时才开始正式建立邻接关系。

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完全的邻接关系。



输入事件	详细事件描述
IE1	Start: 以HelloInterval间隔向邻居设备发送Hello报文，尝试建立邻居关系。仅NMBA网络适用。
IE2	HelloReceived: 从邻居设备收到一个Hello报文。
IE3	2-WayReceived: 从邻居设备收到的Hello报文中包含了自己的RouterID
IE4	NegotiationDone: 邻居间主从关系已经协商完成，DD序列号已经交换
IE5	ExchangeDone: 邻居间成功交换了数据库描述报文
IE6	LoadingDone: 链路请求状态列表为空。

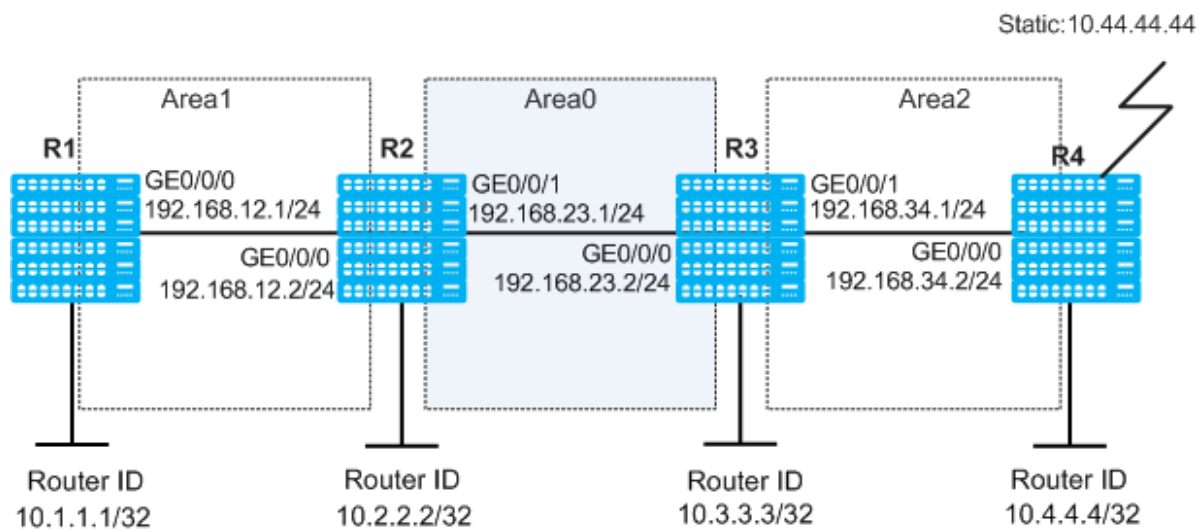
九、OSPF划分区域

问题:

- 1、LSDB 日益庞大
- 2、信息传递效率 降低。
- 3、网络稳定性降低

十、LSA类型

topo图



所有设备配置的接口IP地址及Router ID如图所示;

R4上配置静态路由，在R4上将这个静态路由import进OSPF进程。

```
<R2>display ospf lsdb
```

OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2							
Link State Database							
Area: 0.0.0.0							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.3.3.3	10.3.3.3	286	36	80000074	1	
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	292	36	8000006E	1	
Network	192.168.23.2	10.3.3.3	286	32	80000060	0	
Sum-Net	192.168.34.0	10.3.3.3	307	28	8000004D	1	
Sum-Net	192.168.12.0	10.2.2.2	919	28	80000006	1	
Sum-Asbr	10.4.4.4	10.3.3.3	1151	28	8000002F	1	
Area: 0.0.0.1							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	881	36	80000009	1	
Router	10.1.1.1	10.1.1.1	882	36	80000008	1	
Network	192.168.12.2	10.2.2.2	881	32	80000006	0	
Sum-Net	192.168.23.0	10.2.2.2	919	28	80000006	1	
Sum-Net	192.168.34.0	10.2.2.2	919	28	80000006	2	
Sum-Asbr	10.4.4.4	10.2.2.2	919	28	80000006	2	
AS External Database							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
External	10.0.0.0	10.4.4.4	137	36	80000001	1	

R2设备上的LSDB信息

LSA类型

Type1 : Router-LSA

OSPF网络里的每一台路由设备都会发布Type 1 LSA。主要的目的是做自我介绍，告诉同区域其他路由设备它在此区域中所有的链路状态以及开销。

LSA 头 部	LS Type: Router-LSA	
	LS Age: 1 seconds	
	Do Not Age: False	
	Options: 0x02 (E)	
	Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1) LSA类型	
	Link State ID: 10.2.2.2 链路状态ID: 始发该LSA的路由设备的Router ID	
	Advertising Router: 10.2.2.2 (10.2.2.2) 通告路由器: 始发该LSA的路由设备的Router ID	
	LS Sequence Number: 0x80000058	
	LS Checksum: 0xb125	
	Length: 36	
	Flags: 0x01 (B)	
	Number of Links: 1 该LSA所描述的路由设备的链路数量，范围为LSA泛洪区域	
	Type: Transit ID: 192.168.23.2 Data: 192.168.23.1 Metric: 1	
	IP address of Designated Router: 192.168.23.2	
	Link Data: 192.168.23.1 链路的详细描述	
	Link Type: 2 - Connection to a transit network	
	Number of TOS metrics: 0	
	TOS 0 metric: 1	

R2在GE0/0/1接口上泛洪的一条LSA。

LSA报文主要分LSA头部和LSA信息字段。所有类型的LSA报文，其LSA头部包含的字段都是一样的，唯一不同的是Link state ID字段含义

Link-State Advertisement Type: LSA类型

Link state ID: 链路状态ID。在Router-LSA中代表始发该LSA的设备的Router ID，这里即是R2自己的Router ID。

Advertising Router: 通告路由器

Router-LSA的信息字段有三个，用于将自己连接的所有链路的情况以及开销告诉该LSA泛洪区域的其他路由设备。

该LSA描述的信息就是**链路类型**为一个**传送网络（Transit）**，**DR接口的IP地址**为192.168.23.2（**ID**），和网络相连的**通告路由器接口的IP地址**是192.138.23.1（**Data**），到达该网络的开销是1（**Metric**）。

Link Type有4种类型，并且ID和Data的值会根据Link Type而有不同：

1-P2P（点对点）：此时Link ID表示邻居路由设备的Router ID，Data表示和网络相连的通告路由器接口的IP地址。

2-Transit（传送网络）：此时Link ID表示DR接口的IP地址，Data表示和网络相连的通告路由器接口的IP地址。

3-Stub（末梢网络）：此时Link ID表示IP网络或子网地址，Data表示网络的IP地址或子网掩码。

4-Virtual Link（虚链路）：此时Link ID表示邻居路由设备的Router ID，Data表示通告路由器接口的MIB-II ifIndex值。

Link Type	ID	Data
P2P	邻居路由设备的Router ID	和网络相连的通告路由器接口的IP地址
Transit	DR接口的IP地址	和网络相连的通告路由器接口的IP地址
Stub	IP网络或子网地址	网络的IP地址或子网掩码
Virtual Link	邻居路由设备的Router ID	通告路由器接口的MIB-II ifIndex值


```
<R2>display ospf lsdb router
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
```

```
Area: 0.0.0.0
```

```
Link State Database
```

Area0区域泛洪的Router-LSA

```
Type      : Router
Ls id     : 10.3.3.3
Adv rtr   : 10.3.3.3
Ls age    : 487
Len       : 36
Options   : ABR E
seq#      : 80000009
chksum    : 0x28f6
Link count: 1
* Link ID: 192.168.23.2
  Data    : 192.168.23.2
  Link Type: TransNet
  Metric  : 1
```

通告路由器是R3，并告知本区域其他路由设备它与该区域相连的接口的IP地址为192.168.23.2

```
Type      : Router
Ls id     : 10.2.2.2
Adv rtr   : 10.2.2.2
Ls age    : 492
Len       : 36
Options   : ABR E
seq#      : 80000006
chksum    : 0x56d2
Link count: 1
* Link ID: 192.168.23.2
  Data    : 192.168.23.1
  Link Type: TransNet
  Metric  : 1
```

通告路由器是R2本身，并告知本区域其他路由设备它与该区域相连的接口的IP地址为192.168.23.1

```
Area: 0.0.0.1
```

```
Link State Database
```

Area1区域泛洪的Router-LSA

```
Type      : Router
Ls id     : 10.2.2.2
Adv rtr   : 10.2.2.2
Ls age    : 494
Len       : 36
Options   : ABR E
seq#      : 80000003
chksum    : 0x6dd4
Link count: 1
* Link ID: 192.168.12.1
  Data    : 192.168.12.2
  Link Type: TransNet
  Metric  : 1
```

```
Type      : Router
Ls id     : 10.1.1.1
Adv rtr   : 10.1.1.1
Ls age    : 489
Len       : 36
Options   : E
seq#      : 80000007
chksum    : 0x8abb
Link count: 1
* Link ID: 192.168.12.1
  Data    : 192.168.12.1
  Link Type: TransNet
  Metric  : 1
```

Type2 : Network-LSA

Network-LSA由DR发布，描述本网段的链路状态，也是在所属的区域内传播

LSA 头部

- LS Type: Network-LSA
 - LS Age: 1 seconds
 - Do Not Age: False
 - Options: 0x02 (E)
 - Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2) LSA类型
 - Link State ID: 192.168.23.2 链路状态ID: DR接口上的IP地址
 - Advertising Router: 10.3.3.3 (10.3.3.3) 通告路由器
 - LS Sequence Number: 0x80000002
 - LS Checksum: 0x762a
 - Length: 32
 - Netmask: 255.255.255.0 该区域的网络掩码
 - Attached Router: 10.3.3.3 相连的路由设备: 列出了所有与DR形成完全邻接关系的
 - Attached Router: 10.2.2.2 路由设备的Router ID, 包括DR本身。

Network-LSA中，Link-State ID字段的含义是DR接口上的IP地址

```
<R2>display ospf lsdb network

OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
Area: 0.0.0.0
Link State Database

Type       : Network
Ls id      : 192.168.23.2
Adv rtr    : 10.3.3.3
Ls age     : 532
Len        : 32
Options    : E
seq#       : 80000004
chksum     : 0x722c
Net mask   : 255.255.255.0
Priority    : Low
Attached Router 10.3.3.3
Attached Router 10.2.2.2

Area: 0.0.0.1
Link State Database

Type       : Network
Ls id      : 192.168.12.1
Adv rtr    : 10.1.1.1
Ls age     : 533
Len        : 32
Options    : E
seq#       : 80000004
chksum     : 0xe9cc
Net mask   : 255.255.255.0
Priority    : Low
Attached Router 10.1.1.1
Attached Router 10.2.2.2
```

Area0区域的Network-Type
DR是R3
相连的路由设备有R2、R3

Area1区域的Network-Type
DR是R1
相连的路由设备有R1、R2

Type 1 Router LSA和Type2 Network-LSA在区域内洪泛，使区域内每个路由设备的LSDB达到同步，这就解决了区域内部的通信问题

Type3 : Network-Summary- LSA

Network-summary-LSA由区域边界路由器ABR发布，用来描述区域间的路由信息，ABR将Network-summary-LSA发布到一个区域，通告该区域到其他区域的目的地址

[-] LS Type: Summary-LSA (IP network)

LS Age: 1 seconds

Do Not Age: False

[+] Options: 0x02 (E)

Link-State Advertisement Type: Summary-LSA (IP network) (3) LSA类型

Link State ID: 192.168.12.0 链路状态ID: 该LSA所描述的网络的网络地址

Advertising Router: 10.2.2.2 (10.2.2.2) 通告路由器

LS Sequence Number: 0x8000000a

LS Checksum: 0xa825

Length: 28

Netmask: 255.255.255.0 所描述的网络的子网掩码

Metric: 1 到达目的地址的代价

在Network-summary-LSA中，Link-State ID字段代表该LSA所描述的网络的网络地址。

```

<R2>display ospf lsdb summary

      OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
            Area: 0.0.0.0
            Link State Database

Type      : Sum-Net
Ls id     : 192.168.34.0
Adv rtr   : 10.3.3.3
Ls age    : 1657
Len       : 28
Options   : E
seq#      : 8000000b
chksum    : 0x9e15
Net mask  : 255.255.255.0
Tos 0     metric: 1
Priority  : Low

Type      : Sum-Net
Ls id     : 192.168.12.0
Adv rtr   : 10.2.2.2
Ls age    : 683
Len       : 28
Options   : E
seq#      : 8000000c
chksum    : 0xa427
Net mask  : 255.255.255.0
Tos 0     metric: 1
Priority  : Low

            Area: 0.0.0.1
            Link State Database

Type      : Sum-Net
Ls id     : 192.168.23.0
Adv rtr   : 10.2.2.2
Ls age    : 683
Len       : 28
Options   : E
seq#      : 8000000c
chksum    : 0x2b95
Net mask  : 255.255.255.0
Tos 0     metric: 1
Priority  : Low

Type      : Sum-Net
Ls id     : 192.168.34.0
Adv rtr   : 10.2.2.2
Ls age    : 685
Len       : 28
Options   : E
seq#      : 8000000c
chksum    : 0xbbf8
Net mask  : 255.255.255.0
Tos 0     metric: 2
Priority  : Low

```

如果ABR收到来自同区域其它ABR传来的Type 3 LSA后，会重新生成新的Type3 LSA（Advertising Router改为自己），然后继续在整个OSPF系统内扩散。

Type4 : ASBR-Summary-LSA

该类型LSA也是由ABR发布，描述到ASBR的路由信息，并通告给除ASBR所在区域的其他相关区域。

LS Type: Summary-LSA (ASBR)

LS Age: 939 seconds

Do Not Age: False

Options: 0x02 (E)

Link-State Advertisement Type: Summary-LSA (ASBR) (4) **LSA类型**

Link State ID: 10.4.4.4 **链路状态ID: 该LSA所描述的ASBR的Router ID**

Advertising Router: 10.3.3.3 (10.3.3.3) **通告路由器**

LS Sequence Number: 0x80000009

LS checksum: 0xb673

Length: 28

Netmask: 0.0.0.0

Metric: 1 **到达ASBR的代价**

此处的Link State ID表示该LSA所描述的ASBR的Router ID (10.4.4.4)，即R4，发布该LSA的路由设备是R3

(10.3.3.3)，R3到达R4的代价是1

```
<R2>display ospf lsdb asbr

OSPF Process 1 with Router ID 10.2.2.2
Area: 0.0.0.0
Link State Database

Type       : Sum-Asbr
Ls id      : 10.4.4.4
Adv rtr    : 10.3.3.3
Ls age     : 409
Len        : 28
Options    : E
seq#       : 8000002a
chksum     : 0x7494
Tos 0      metric: 1

Area: 0.0.0.1
Link State Database

Type       : Sum-Asbr
Ls id      : 10.4.4.4
Adv rtr    : 10.2.2.2
Ls age     : 177
Len        : 28
Options    : E
seq#       : 80000001
chksum     : 0xe54e
Tos 0      metric: 2
```

Type5 : AS-external-LSA

此种LSA是描述到AS外部的路由，由自治系统边界路由器ASBR发布，在整个AS中泛洪（除了STUB区域和NSSA区域）

- LS Type: AS-External-LSA (ASBR)
 - LS Age: 137 seconds
 - Do Not Age: False
 - Options: 0x02 (E)
 - Link-State Advertisement Type: AS-External-LSA (ASBR) (5) **LSA类型**
 - Link State ID: 10.0.0.0 **链路状态ID: 外部网络目的IP地址**
 - Advertising Router: 10.4.4.4 (10.4.4.4) **通告路由器**
 - LS Sequence Number: 0x80000002
 - LS Checksum: 0x48e7
 - Length: 36
 - Netmask: 255.0.0.0 **外部网络的子网掩码**
 - External Type: Type 1 (metric is specified in the same units as interface cost)
 - Metric: 1 **路由代价**
 - Forwarding Address: 0.0.0.0 **转发地址**
 - External Route Tag: 1

Link State ID代表外部网络**目的IP地址**，**转发地址**是指到达该外部网络的数据包应该被转发到的地址
 此处的转发地址为0.0.0.0，意思是数据包将被转发到始发ASBR上

```
<R4>display ospf lsdb ase

      OSPF Process 1 with Router ID 10.4.4.4
      Link State Database

Type       : External
Ls id      : 10.0.0.0
Adv rtr    : 10.4.4.4
Ls age     : 1151
Len        : 36
Options    : E
seq#       : 80000003
chksum     : 0x46e8
Net mask   : 255.0.0.0
TOS 0 Metric: 1
E type     : 1
Forwarding Address : 0.0.0.0
Tag        : 1
Priority    : Low
```

Type7 : NSSA-LSA

将组网图Area2配置为NSSA区域。看下R4的LSDB

NSSA区域允许本区域ASBR引入的外部路由在该区域内传播，但不允许其他区域引入的外部路由在本区域内传播。

```
[R4-ospf-1-area-0.0.0.2]display ospf lsdb

      OSPF Process 1 with Router ID 10.4.4.4
      Link State Database

      Area: 0.0.0.2

Type      LinkState ID  AdvRouter      Age  Len  Sequence      Metric
Router    10.3.3.3      10.3.3.3        80  36   80000006       1
Router    10.4.4.4      10.4.4.4        79  36   80000004       1
Network   192.168.34.1      10.3.3.3        80  32   80000002       0
Sum-Net   192.168.23.0      10.3.3.3       168  28   80000001       1
Sum-Net   192.168.12.0     10.3.3.3       168  28   80000001       2
NSSA      10.44.44.44      10.4.4.4        89  36   80000001       1
NSSA      0.0.0.0          10.3.3.3       168  36   80000001       1
```

NSSA LSA所有的字段与AS-external-LSA字段均相同,但他们泛洪的区域不同，AS-external-LSA是在整个AS泛洪，而NSSA LSA仅仅是在NSSA区域中泛洪

```

LS Type: NSSA AS-External-LSA
LS Age: 6 seconds
Do Not Age: False
Options: 0x08 (NP)
Link-State Advertisement Type: NSSA AS-External-LSA (7) LSA类型
Link State ID: 10.44.44.44 链路状态ID: 外部网络IP地址
Advertising Router: 10.4.4.4 (10.4.4.4) 通告路由器
LS Sequence Number: 0x80000001
LS Checksum: 0xade8
Length: 36
Netmask: 255.255.255.255
External Type: Type 2 (metric is larger than any other link state path)
Metric: 1
Forwarding Address: 192.168.34.2
External Route Tag: 1

```

从R3的LSDB中可以看出，NSSA LSA只存在于Area 2（NSSA区域）中

```
<R3>display ospf lsdb
```

OSPF Process 1 with Router ID 10.3.3.3 Link State Database							
Area: 0.0.0.0							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.3.3.3	10.3.3.3	1718	36	80000027	1	
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	82	36	80000027	1	
Network	192.168.23.2	10.3.3.3	50	32	80000025	0	
Sum-Net	192.168.34.0	10.3.3.3	1718	28	80000024	1	
Sum-Net	192.168.12.0	10.2.2.2	124	28	80000024	1	
Area: 0.0.0.2							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.3.3.3	10.3.3.3	368	36	8000002D	1	
Router	10.4.4.4	10.4.4.4	368	36	80000028	1	
Network	192.168.34.1	10.3.3.3	368	32	80000001	0	
Sum-Net	192.168.23.0	10.3.3.3	1718	28	80000023	1	
Sum-Net	192.168.12.0	10.3.3.3	1718	28	80000023	2	
NSSA	0.0.0.0	10.3.3.3	1718	36	80000023	1	
NSSA	10.44.44.44	10.4.4.4	369	36	80000024	1	
AS External Database							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
External	10.44.44.44	10.3.3.3	367	36	80000001	1	

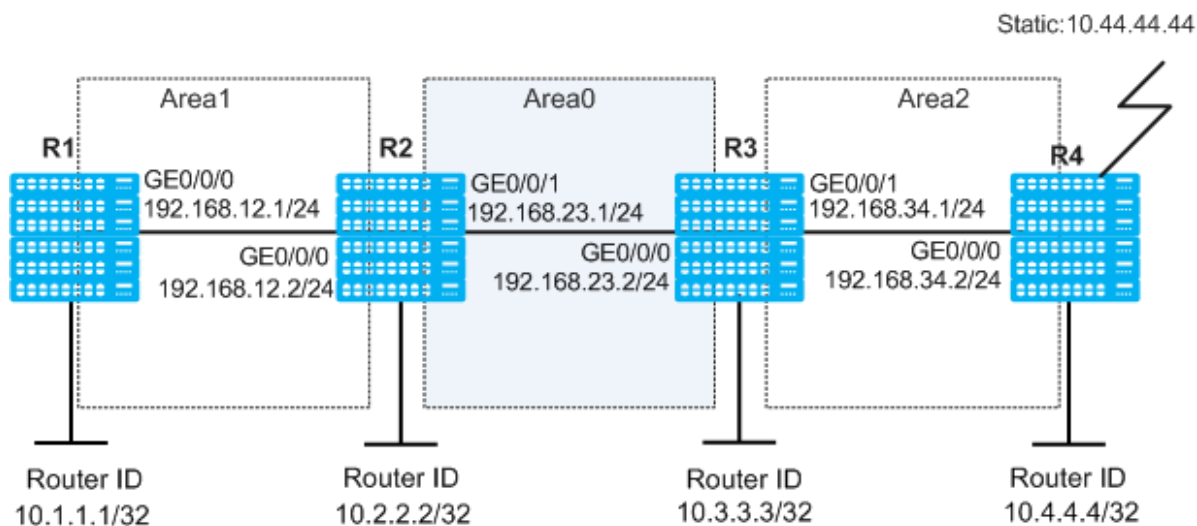
R4的LSDB中，还有一条NSSA LSA（LinkState ID: 0.0.0.0），这是在ABR（R3）上会自动产生缺省的Type7 LSA到NSSA区域

NSSA区域允许引入外部路由，但外部路由信息的NSSA LSA只能在本区域泛洪，那外部路由如何能传递给整个自治域呢？

大家可以看下R3的LSDB，在“AS External Database”中，有一条Type5的AS-external-LSA，目标网络是10.44.44.44，通告路由器是R3，这是因为Type7LSA在ABR（R3）上转换成Type5 LSA，并且泛洪到骨干区直至整个自治域中。这样就将外部路由引入到了除NSSA区域的其他区域。

TYPE	发布者	传播区域	信息描述
Router-LSA (Type1)	所有路由设备	只在本区域内泛洪	描述某区域内路由设备端口链路状态的集合
Network-LSA (Type2)	DR	只在 DR 所属的区域内泛洪	描述广播型网络和 NBMA 网络, 包含了该网络上所连接路由设备Route ID 列表
Network-Summary-LSA (Type3)	ABR	通告给其他相关区域	区域内所有网段的路由信息
ASBR-Summary-LSA (Type4)	ABR	通告给除 ASBR 所在区域的其他相关区域	描述到 ASBR 的路由
AS-external-LSA (Type5)	ASBR	通告到所有的区域 (除了 Stub 区域和 NSSA 区域)	描述到 AS 外部的路由
NSSA-LSA (Type7)	NSSA 区域的 ASBR	只在 NSSA 区域传播	描述到 AS 外部的路由, 当到达NSSA ABR 时, 转化为 Type5 LSA, 传播到其他区域 (除NSSA, STUB)

十一、特殊区域



配置:

R1:

```
ospf 1 router-id 10.1.1.1
area 0.0.0.1
network 192.168.12.0 0.0.0.255
```

R2:

```
ospf 1 router-id 10.2.2.2
area 0.0.0.0
network 192.168.23.0 0.0.0.255
```



```

area 0.0.0.1
network 192.168.12.0 0.0.0.255

R3:
ospf 1 router-id 10.3.3.3
area 0.0.0.0
network 192.168.23.0 0.0.0.255
area 0.0.0.2
network 192.168.34.0 0.0.0.255

R4:
acl number 2000
rule 5 permit source 10.44.44.4 0
#
ospf 1 router-id 10.4.4.4
import-route direct route-policy RP
area 0.0.0.2
network 192.168.34.0 0.0.0.255
#
route-policy RP permit node 10
if-match acl 2000
#

```

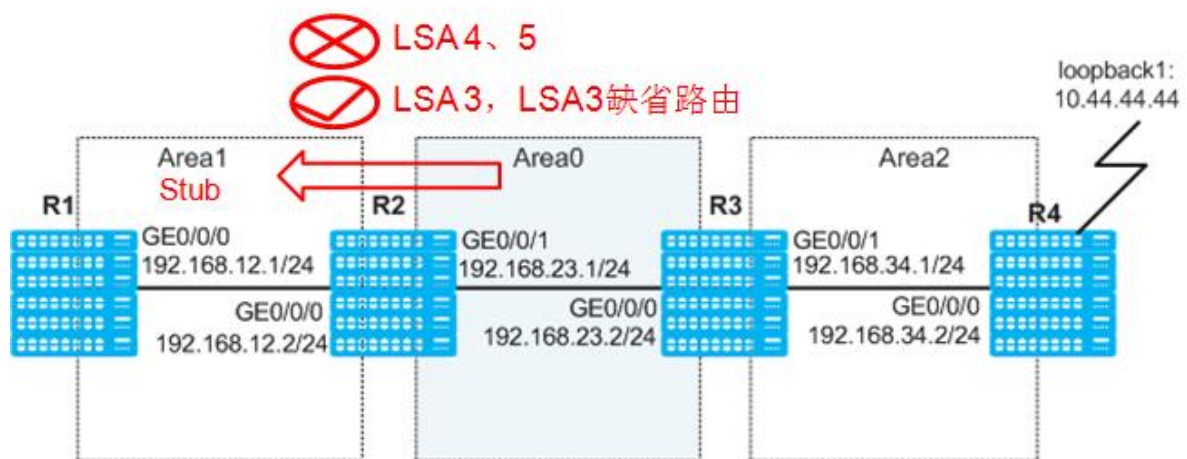
<R1>display ospf lsdb

OSPF Process 1 with Router ID 10.1.1.1
Link State Database

Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric
Area: 0.0.0.1						
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	594	36	80000005	1
Router	10.1.1.1	10.1.1.1	601	36	80000005	1
Network	192.168.12.2	10.2.2.2	594	32	80000003	0
Sum-Net	192.168.23.0	10.2.2.2	569	28	80000002	1
Sum-Net	192.168.34.0	10.2.2.2	520	28	80000002	2
Sum-Asbr	10.4.4.4	10.2.2.2	521	28	80000002	2

Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric
AS External Database						
External	10.44.44.44	10.4.4.4	614	36	80000002	1

Stub区域



Stub区域不允许自治系统外部的路由（Type5 LSA）在区域内传播，也不允许到达ASBR的Type4 LSA在区域内传播。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

注意：

骨干区域不能配置成Stub区域。

Stub区域内不能存在ASBR，因此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。

R1:

```
ospf 1 router-id 10.1.1.1
area 0.0.0.1
network 192.168.12.0 0.0.0.255
stub
```

R2:

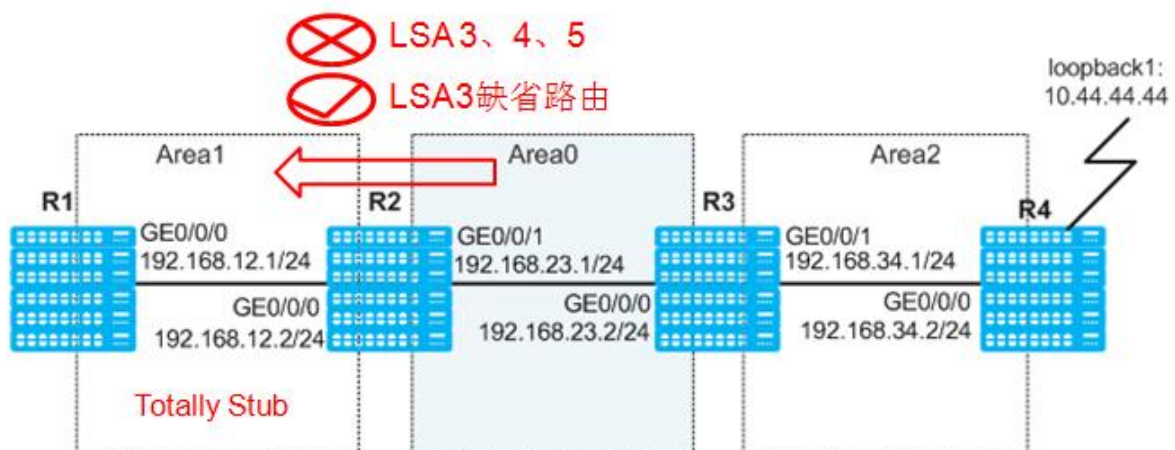
```
ospf 1 router-id 10.2.2.2
area 0.0.0.0
network 192.168.23.0 0.0.0.255
area 0.0.0.1
network 192.168.12.0 0.0.0.255
stub
```

```
[R1]display ospf lsdb
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.1.1.1
Link State Database
```

Area: 0.0.0.1							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	570	36	80000005	1	
Router	10.1.1.1	10.1.1.1	571	36	80000005	1	
Network	192.168.12.2	10.2.2.2	571	32	80000002	0	
Sum-Net	0.0.0.0	10.2.2.2	612	28	80000001	1	
Sum-Net	192.168.23.0	10.2.2.2	612	28	80000001	1	
Sum-Net	192.168.34.0	10.2.2.2	612	28	80000001	2	

Totally Stub区域



Totally Stub区域既不允许自治系统外部的路由在区域内传播，也不允许区域间路由在区域内传播。

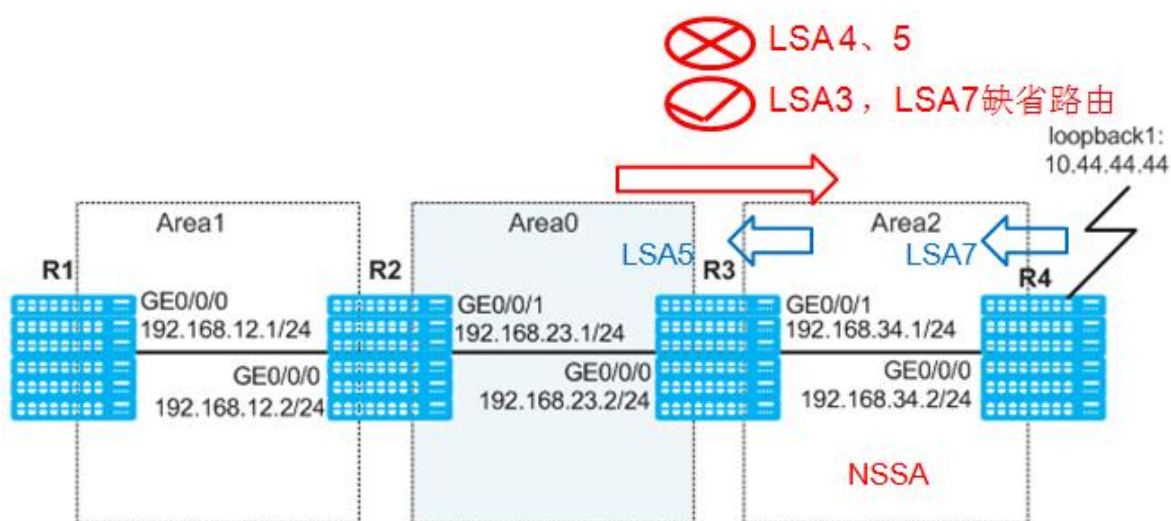
ABR会自动产生一条缺省的Summary LSA (Type3 LSA) 通告到整个Totally Stub区域内

```
[R1]display ospf lsdb
```

OSPF Process 1 with Router ID 10.1.1.1						
Link State Database						
Area: 0.0.0.1						
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric
Router	10.2.2.2	10.2.2.2	318	36	80000006	1
Router	10.1.1.1	10.1.1.1	310	36	8000000A	1
Network	192.168.12.1	10.1.1.1	310	32	80000002	0
Sum-Net	0.0.0.0	10.2.2.2	329	28	80000001	1

此时R1的LSDB里面Type5 LSA (External)、Type4 LSA (Sum-Asbr)、以及描述区域间路由的Type3 LSA都已经消失，取而代之的是一条ABR (R2) 自动下发的缺省路由Type3 LSA。

NSSA区域



NSSA区域允许引入少量通过本区域的ASBR到达的外部路由，但不允许其他区域的外部路由ASE LSA (Type5 LSA) 在区域内传播。ABR自动产生一条缺省的NSSA LSA (Type7 LSA)，通告到整个NSSA区域内。

```
R3:
ospf 1 router-id 10.3.3.3
area 0.0.0.0
network 192.168.23.0 0.0.0.255
area 0.0.0.2
network 192.168.34.0 0.0.0.255
nssa

R4:
#
acl number 2000
rule 5 permit source 10.44.44.44 0
#
ospf 1 router-id 10.4.4.4
import-route direct route-policy RP
area 0.0.0.2
network 192.168.34.0 0.0.0.255
nssa
#
route-policy RP permit node 10
if-match acl 2000
#
```

```
[R4]display ospf lsdb

OSPF Process 1 with Router ID 10.4.4.4
Link State Database

Area: 0.0.0.2
Type      LinkState ID      AdvRouter      Age  Len  Sequence      Metric
Router    10.3.3.3           10.3.3.3       762  36   800000005     1
Router    10.4.4.4           10.4.4.4       759  36   800000005     1
Network   192.168.34.2       10.4.4.4       761  32   800000002     0
Sum-Net   192.168.23.0       10.3.3.3       826  28   800000001     1
Sum-Net   192.168.12.0       10.3.3.3       826  28   800000001     2
NSSA      10.44.44.44        10.4.4.4       804  36   800000001     1
NSSA      0.0.0.0            10.3.3.3       826  36   800000001     1
```

对于NSSA区域的ASBR（R4），手动通过命令进行配置，也可以使ASBR也产生一条缺省的NSSA LSA（Type7 LSA）。注意在ASBR上只有当路由表中存在缺省路由0.0.0.0/0，才会产生Type7 LSA缺省路由

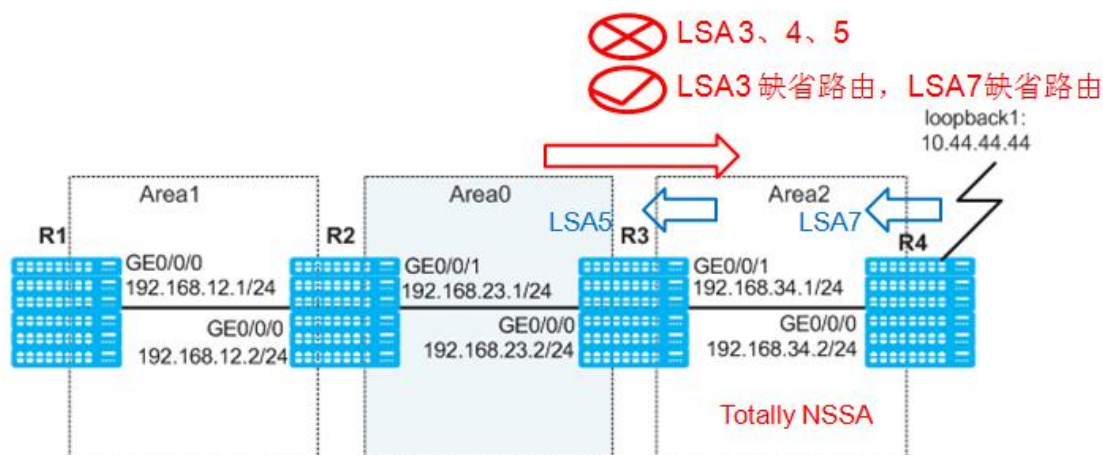
```
R4:
acl number 2000
rule 5 permit source 10.44.44.44 0
#
ospf 1 router-id 10.4.4.4
import-route direct route-policy RP
area 0.0.0.2
network 192.168.34.0 0.0.0.255
nssa default-route-advertise
#
route-policy RP permit node 10
if-match acl 2000
#
ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 NULL0
// 必须路由表中存在缺省路由 0.0.0.0/0，才会产生 A Type7 LSA 缺省路由
```

```
[R4]display ospf lsdb

OSPF Process 1 with Router ID 10.4.4.4
Link State Database

Area: 0.0.0.2
Type      LinkState ID      AdvRouter      Age  Len  Sequence      Metric
Router    10.3.3.3           10.3.3.3       94   36   800000006     1
Router    10.4.4.4           10.4.4.4       90   36   800000006     1
Network   192.168.34.2       10.4.4.4       92   32   800000003     0
Sum-Net   192.168.23.0       10.3.3.3      157   28   800000002     1
Sum-Net   192.168.12.0       10.3.3.3      157   28   800000002     2
NSSA      0.0.0.0            10.4.4.4       51   36   800000001     1
NSSA      10.44.44.44        10.4.4.4      135   36   800000002     1
NSSA      0.0.0.0            10.3.3.3      158   36   800000002     1
```

Totally NSSA区域



Totally NSSA区域既不允许其他区域的外部路由ASE LSA（Type5 LSA）在区域内传播，也不允许区域间路由（Type3 LSA）在区域内传播。配置Totally NSSA区域后，ABR会自动产生缺省的Type3 LSA和Type7 LSA通告到整个Totally NSSA区域内。

```
[R4]display ospf lsdb
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 10.4.4.4
Link State Database
```

Area: 0.0.0.2							
Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric	
Router	10.3.3.3	10.3.3.3	191	36	80000007	1	
Router	10.4.4.4	10.4.4.4	182	36	8000000B	1	
Network	192.168.34.2	10.4.4.4	182	32	80000002	0	
Sum-Net	0.0.0.0	10.3.3.3	204	28	80000001	1	
NSSA	10.44.44.44	10.4.4.4	1187	36	80000002	1	
NSSA	0.0.0.0	10.3.3.3	193	36	80000003	1	

R4上存在一条由Type3 LSA描述的缺省路由，但是R4的LSDB里面存在两条描述缺省路由的LSA，都是ABR（R3）产生的，一条是Type3 LSA，一条是Type7 LSA。

OSPF 各种特殊区域允许出现的LSA 总结

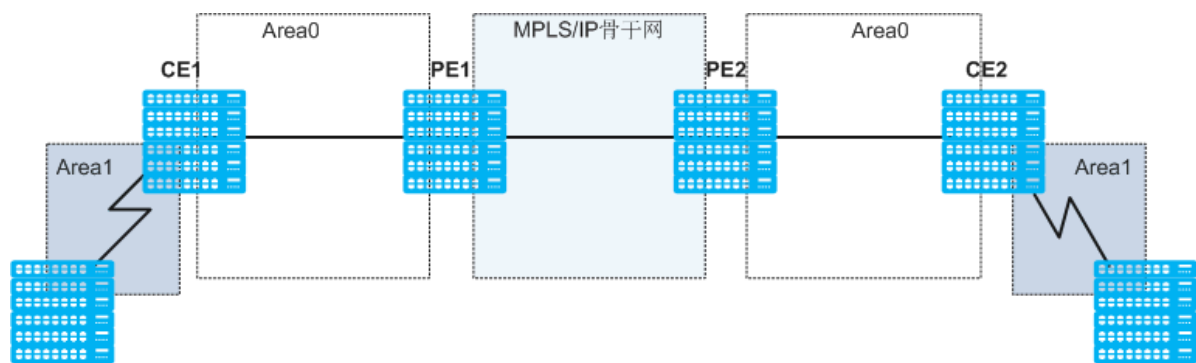
骨干区域	Type1、Type2、Type3、Type4、Type5
标准区域	Type1、Type2、Type3、Type4、Type5
Stub区域	Type1、Type2、Type3、Type3缺省路由
Totally Stub区域	Type1、Type2、Type3缺省路由
NSSA区域	Type1、Type2、Type3、Type7、Type7缺省路由
Totally NSSA区域	Type1、Type2、Type7、Type3缺省路由、Type7缺省路由

十二、VPN

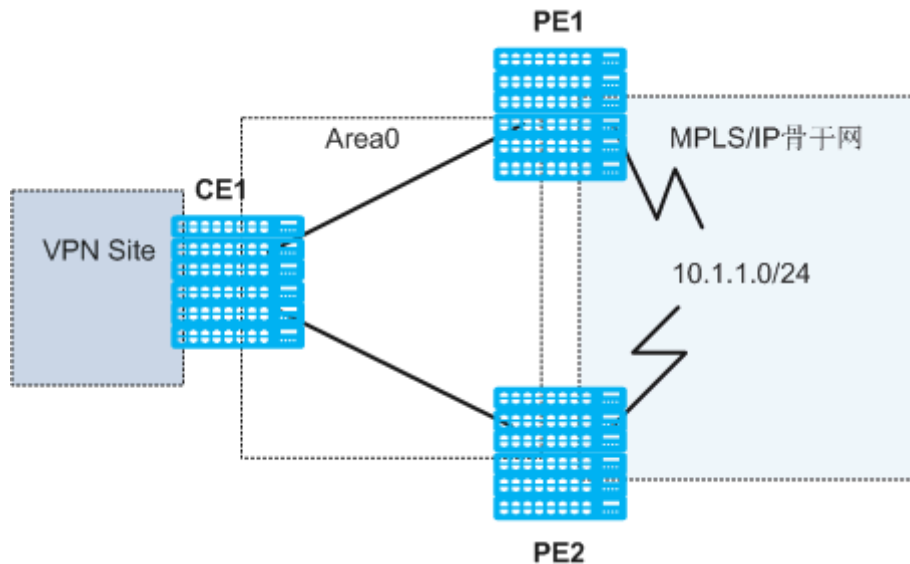
OSPF多实例

Domain ID

两端的PE设备上，分别存在一个OSPF区域，Domain ID则用于区分这两个区域是否属于同一个OSPF域。如果属于同一个OSPF域，PE则把BGP传来的远端路由通过Type3 OSPF路由发布给CE，否则发布Type5或Type7的OSPF路由。



路由环路



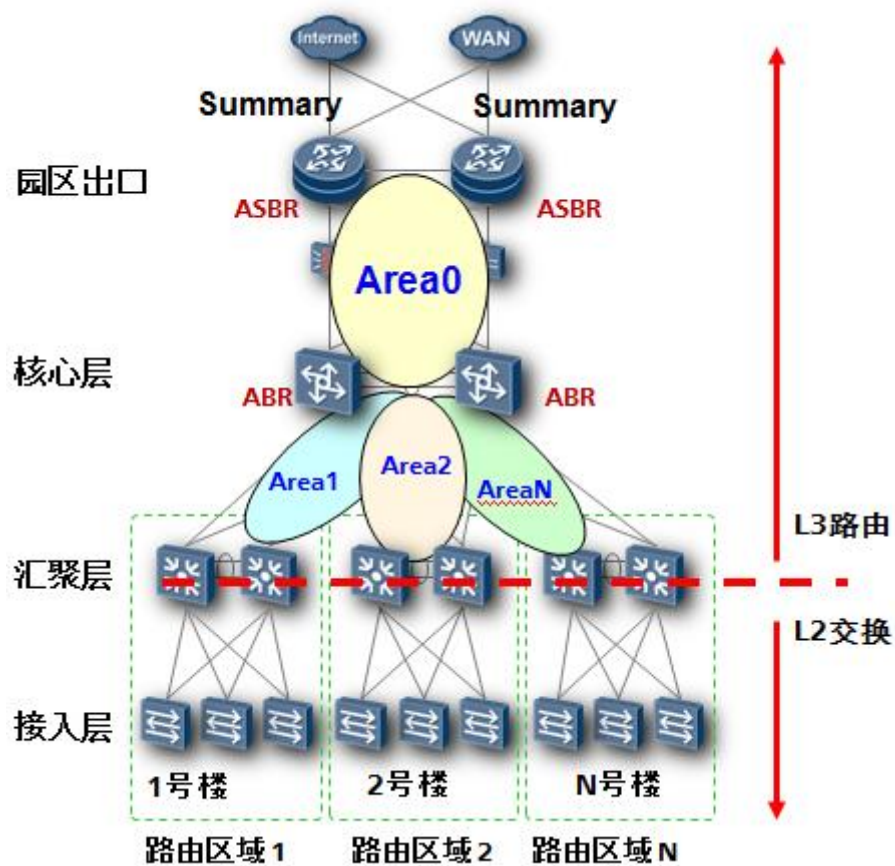
DN-bit :PE在生成Type3、Type5或Type7 LSA发布给CE时，都将DN位置位（值为1）
VPN Route Tag:

十三、OSPF网络规划

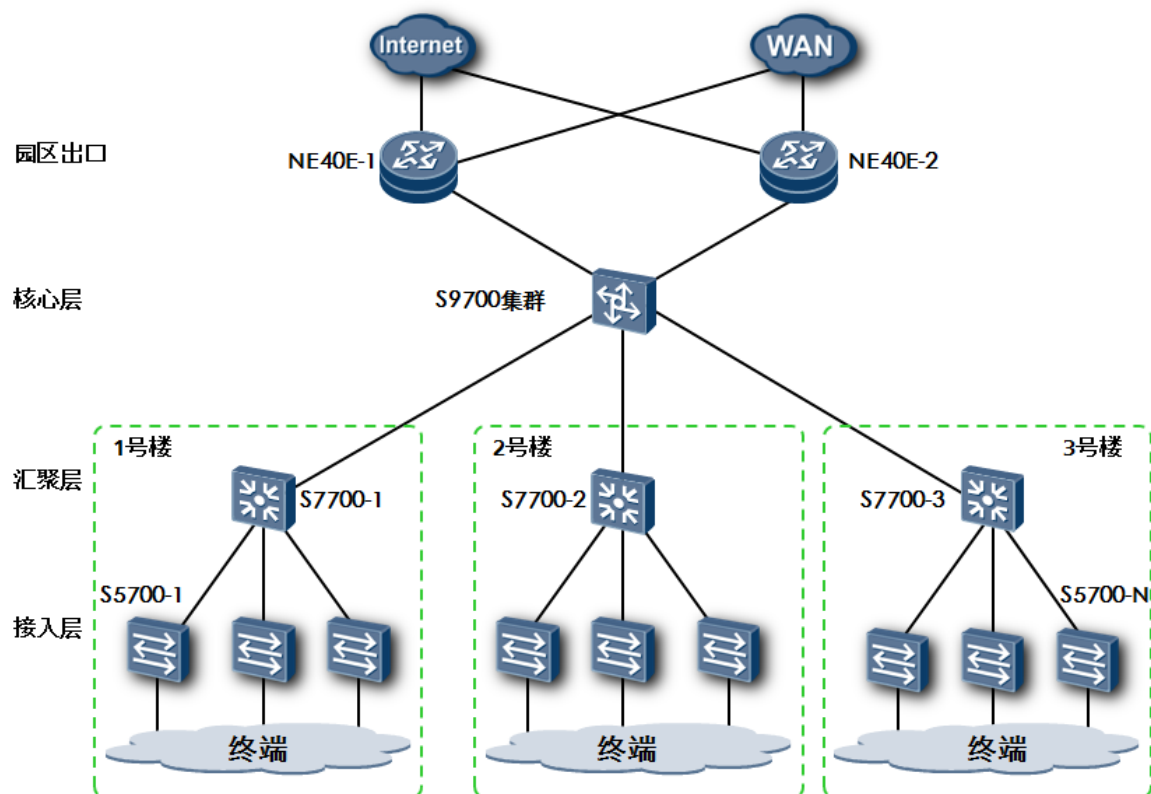
OSPF网络规划设计原则

- 保持OSPF 网络的稳定性：Router ID 的
- 层次化的网络设计：OSPF 区域的规划
- 非骨干区域的路由表项优化：特殊区域的使用
- 骨干区域的路由表项优化：非骨干区域IP 子网规划和路由 汇聚
- 上行流量的引导：OSPF 缺省 路由的引入和选路 优化
- 路由汇总场景下的防环设计：黑洞路由的使用
- OSPF 网络基本安全：OSPF 静默接口的使用

OSPF网络设计部署案例



典型园区网络的拓扑图



典型园区网络的逻辑扑图

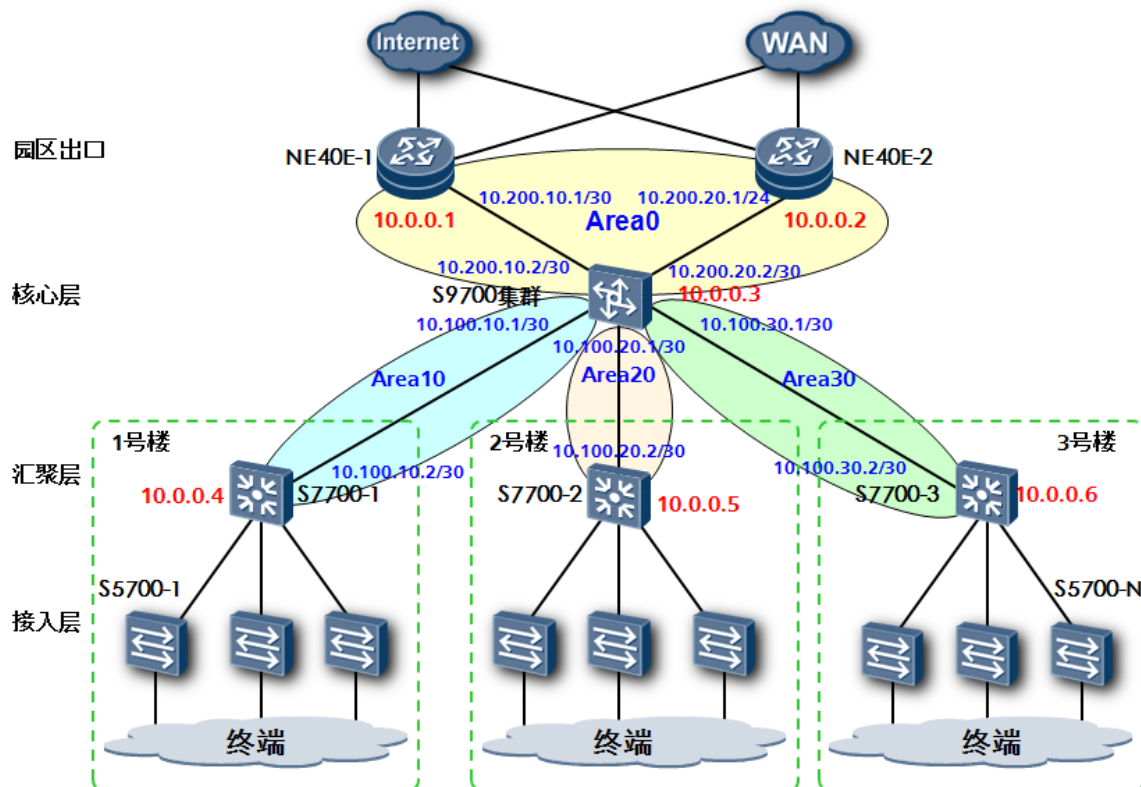
保持OSPF 网络 的稳定性：Router ID 的规划

部署OSPF的首要工作就是设计和部署Router ID，一般情况下，使用一个合适的私有IP地址段即可。

如无特殊要求，建议不要在OSPF进程中发布loopback0的接口地址，以减少无用的OSPF信息交互报文

层次化的网络设计：OSPF 区域的规划

把核心和汇聚交换机包含到Area 0，再按照地理位置来区分非骨干区域

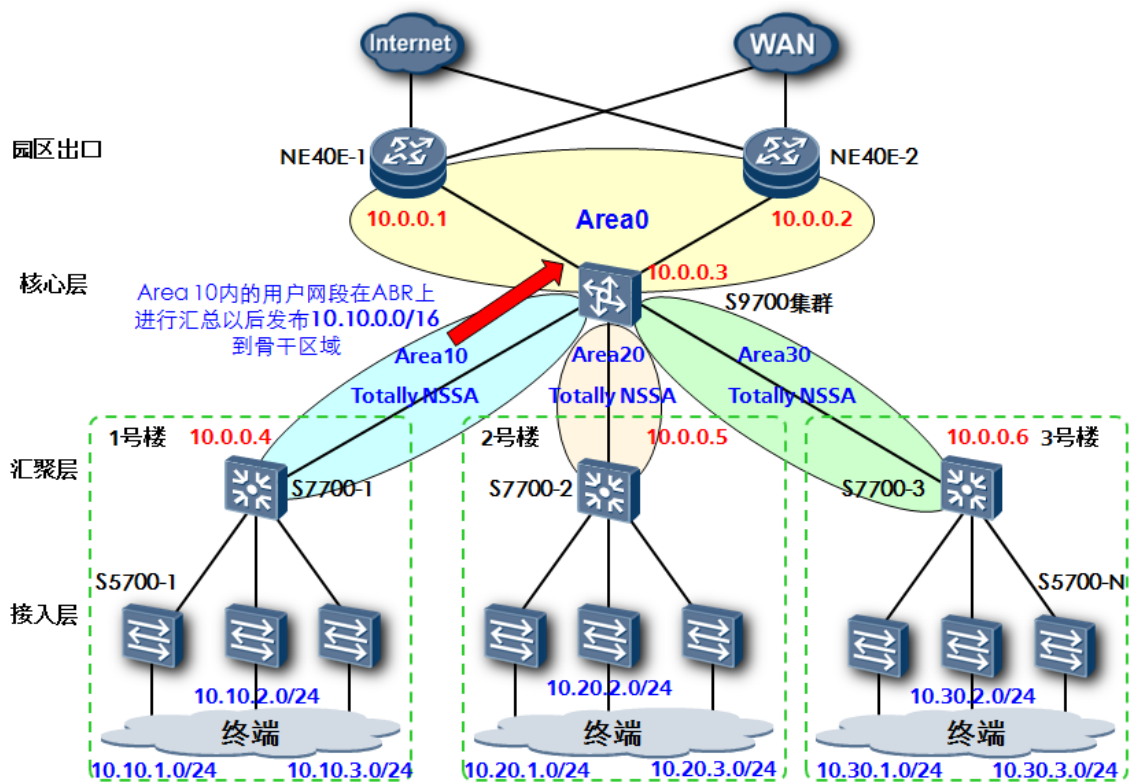


非骨干区域的路由表项优化：特殊 区域的使用

像此类典型网络，推荐非骨干区域一律采用完全NSSA区域（Totally NSSA 区域）

骨干区域的路由表项优化：非骨干区域IP 子网规划和路由 汇聚

对非骨干区域使用的IP子网作出合理规划并在ABR（区域边界路由器）进行汇总操作



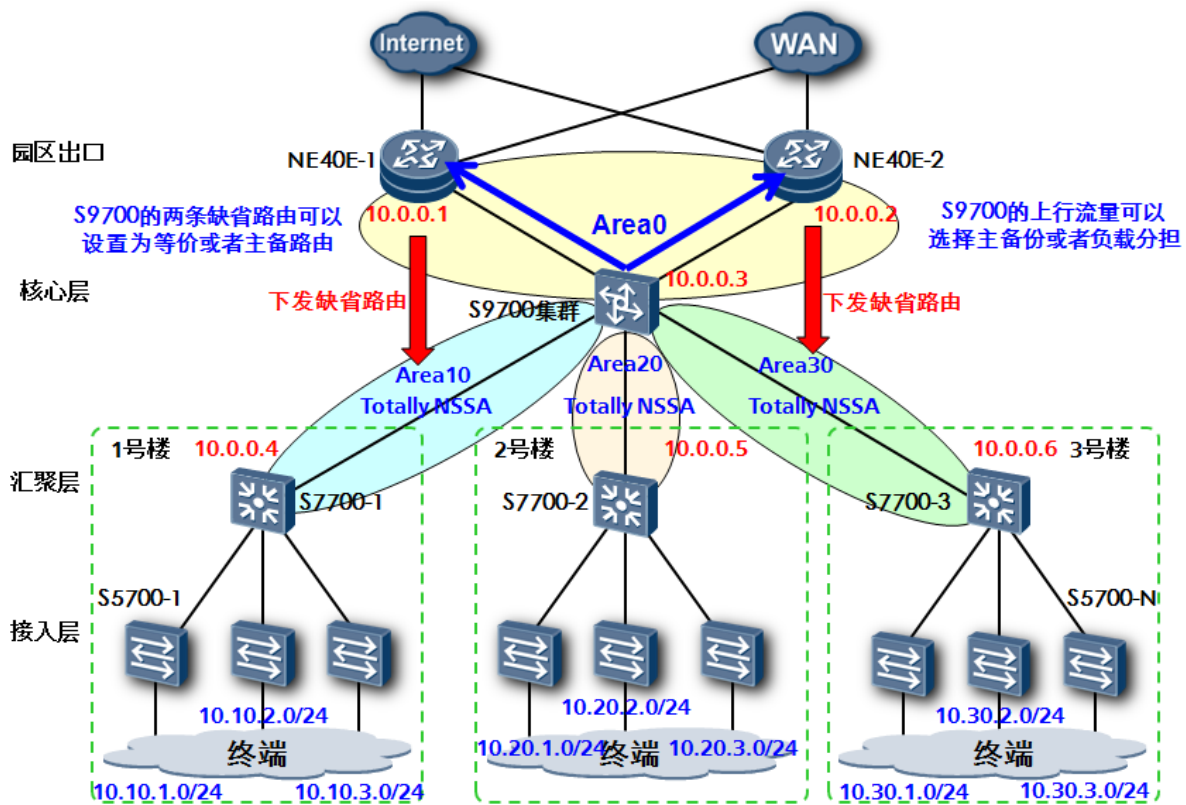
区域路由汇总会抑制明细路由条目的通告，这样区域10的ABR 就只会向区域0内注入一条汇总路由 10.10.0.0/16

```
ospf 1
area 10
abr-summary 10.10.0.0 255.255.0.0
#abr-summary命令只能用在ABR（区域边界路由器）上
```

上行流量的引导：OSPF 缺省 路由的引入和选路 优化

对于一个园区网络，很大一部分流量是流向Internet的，因此对于这种多出口的网络拓扑，引入缺省路由和多出口流量分担是必须要考虑的问题。引入缺省路由的方式有多种，这里我们建议的做法是**在边界路由器上通过OSPF非强制下发缺省路由来实现**。

一般推荐使用OSPF“**非强制**”下发缺省路由的方式，即只有边界路由器自身的IP路由表中存在缺省路由的时候才能发布缺省路由，否则就不能发布，之所以这样要求主要是防止在特殊场景下产生环路或者次优路由。



```
[NE40E-1] ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 202.10.10.1 (信运营商的公网地址)
[NE40E-1] ospf 1
[NE40E-1-ospf-1] default-route-advertise
```

S9700上将会学习到两条**等价**的缺省路由，此时S9700的上行流量将会采取**负载分担**的方式进行

S9700上行的两条链路采取**主备份**的形式，正常情况下走NE40E-1这边上行，当NE40E-1故障的时候流量自动切换到NE40E-2这边

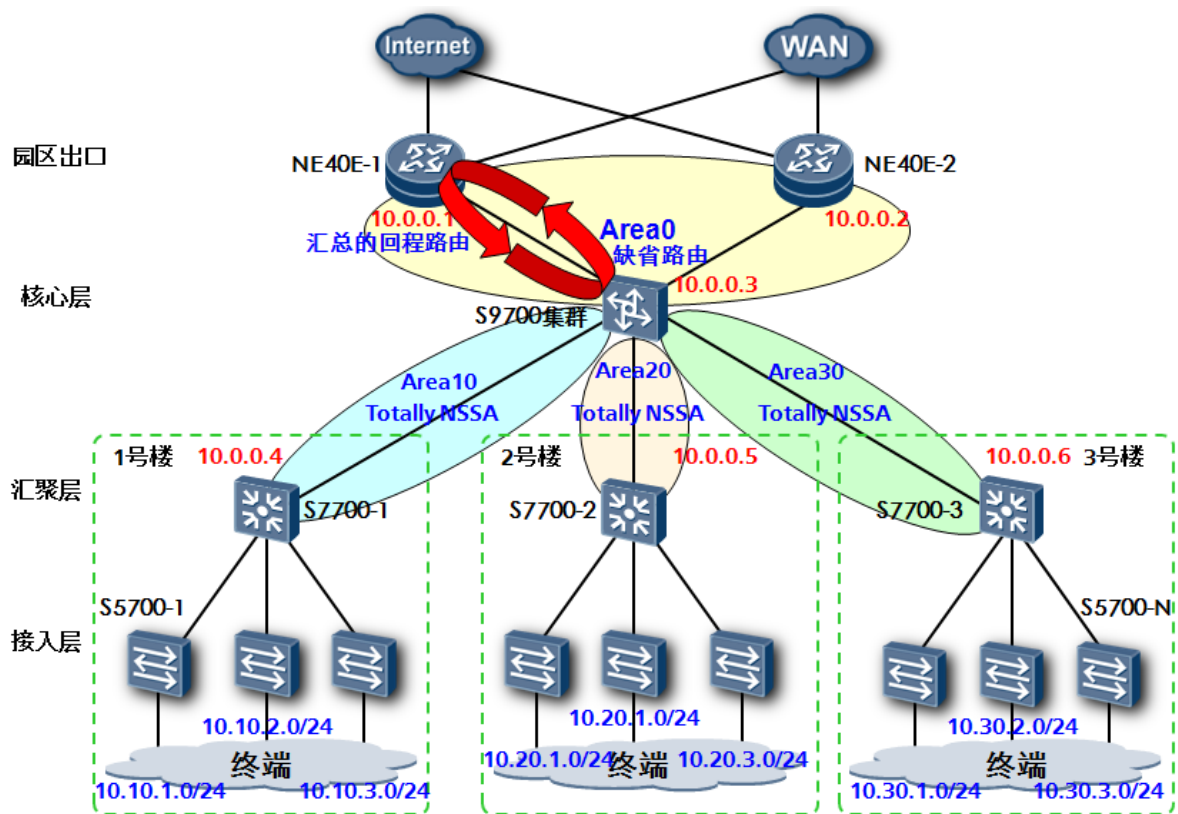
```
可以修改S9700到达NE40-2这条链路的cost
[S9700] interface vlanif 50
[S9700-vlanif50] ospf cost 10
[NE40E-2] interface GigabitEthernet 0/0/1
[NE40E-2-GigabitEthernet0/0/1] ospf cost 10
####如果需要调整cost值来影响OSPF的选路，则在链路两侧的设备上需要作出同样的cost调整，否则会形成
不对称路由，引起网络故障。
```

路由汇总场景下的防环设计：黑洞路由的使用

环路产生原因

假设主机扫描到10.10.50.1这个地址（1号楼实际上不存在这个地址）。

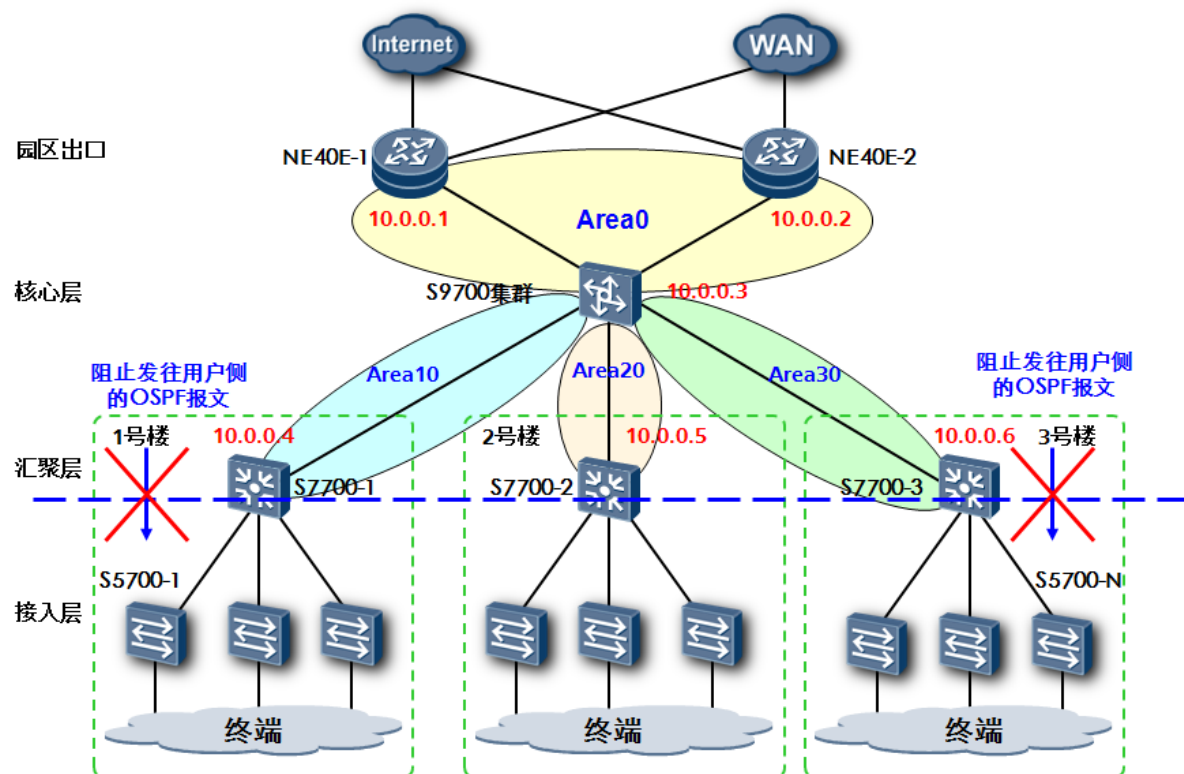
- 1、这个数据包将会发送至主机的网关即S7700-1。
- 2、S7700-1上不存在这个目的地址的明细路由，所以会匹配默认路由由发送至S9700集群。
- 3、由于10.10.50.1这个地址在整个园区网中根本不存在，所以数据包到达S9700上以后只能匹配缺省路由由发送只NE40E-1。
- 4、而NE40E-1上学习到的路由却是S9700通过路由汇总发布出去的，所以会匹配到10.10.0.0/16这条路由，所以数据包又重新发回S9700。



解决这个环路的方法就是在S9700上阻断目的地址为一个园区网内不存在的地址的数据包，推荐使用的方法就是配置黑洞路由

```
[S9700] ip route-static 10.10.0.0 255.255.0.0 NULL0
```

OSPF 网络基本安全：OSPF 静默接口的使用



silent-interface命令会禁止接口接收和发送OSPF报文，一般只会用于用户侧接口上，千万不要应用于OSPF路由器之间的链路，这将导致OSPF邻居无法建立

```
[S7700-1] ospf 1
[S7700-1-ospf-1] silent-interface vlanif100
[S7700-1-ospf-1] silent-interface vlanif200
[S7700-1-ospf-1] silent-interface vlanif300
```