

# 第4章

## 3层技术和设计

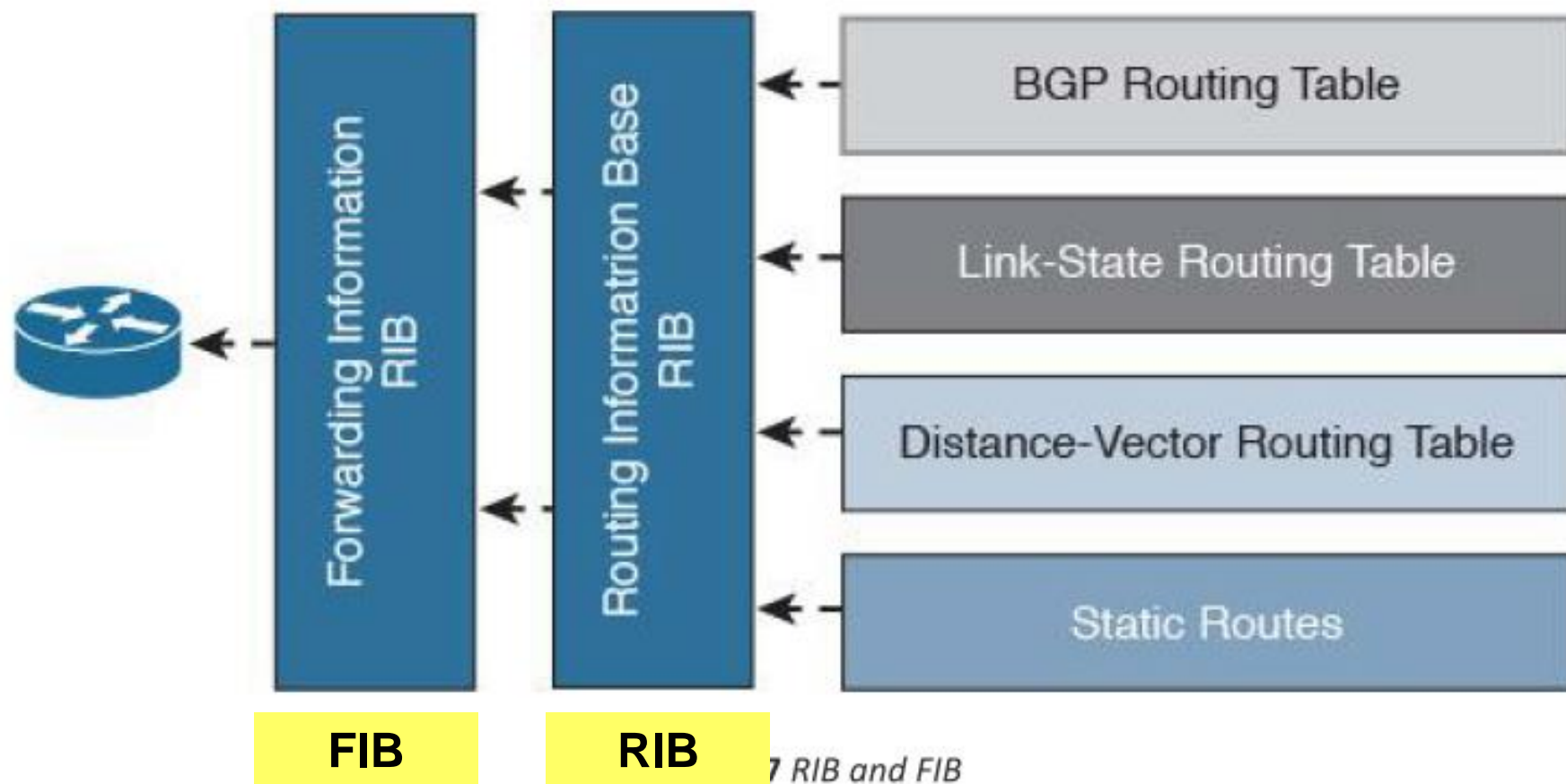
# 3层技术和设计

---



## L3设计

# 路由信息汇总



# 路由表的建立和使用

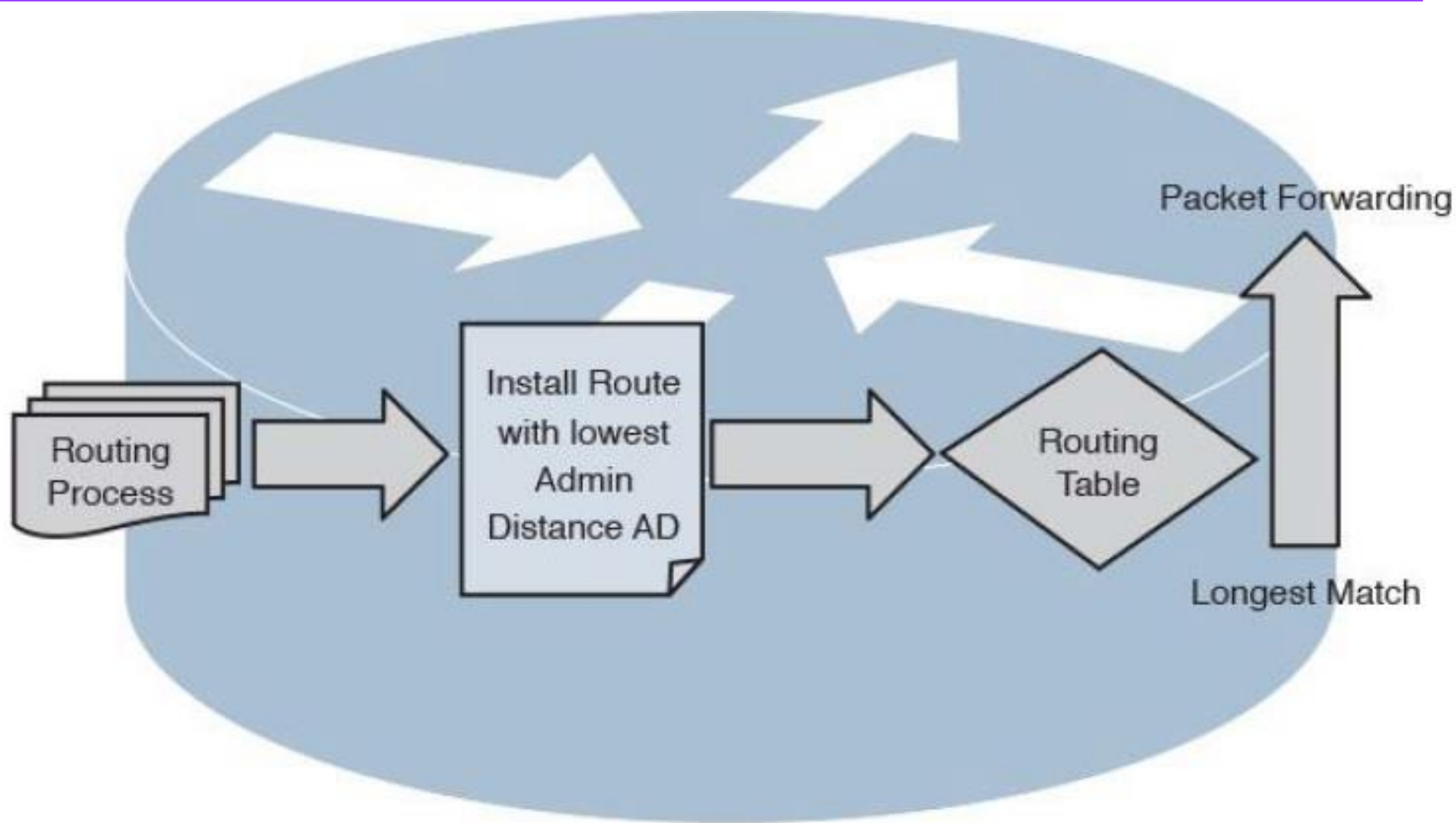


Figure 2-8 Router's Forwarding Decision

# 3层技术和设计

---



## OSPF

# OSPF简介

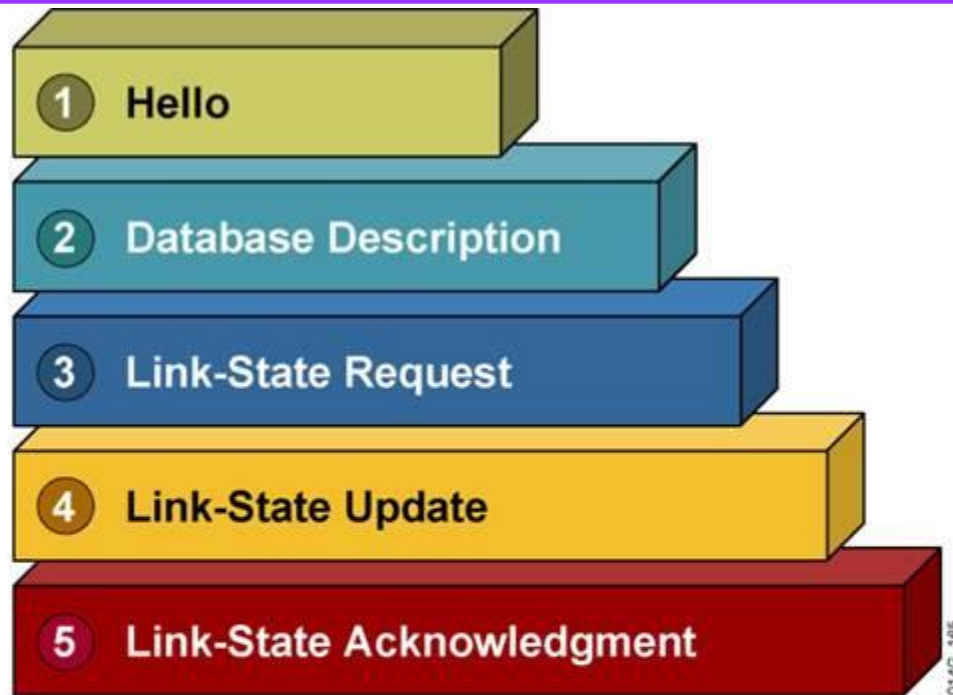
- OSPF (Open Shortest Path First, 开放最短路径优先)
  - ◆ 是IETF (Internet Engineering Task Force, 互联网工程任务组) 组织开发的一个基于链路状态的内部网关协议。
  - ◆ 目前针对IPv4协议使用的是OSPF Version 2。

# OSPF

## OSPF协议报文



# OSPF协议报文



DR (Designated Router, 指定路由器)

BDR (Backup Designated Router, 备份指定路由器)



# OSPF协议报文★

## ■ OSPF有五种类型的协议报文：

### ◆ Hello：

- 周期性发送，用来发现和维持OSPF邻居关系，以及进行DR/BDR的选举。

### ◆ DD（Database Description，数据库描述）：

- 描述了本地LSDB中每一条LSA的摘要信息，用于两台路由器进行数据库同步。

### ◆ LSR（Link State Request，链路状态请求）：

- 向对方请求所需的LSA。

### ◆ LSU（Link State Update，链路状态更新）：

- 向对方发送其所需要的LSA。

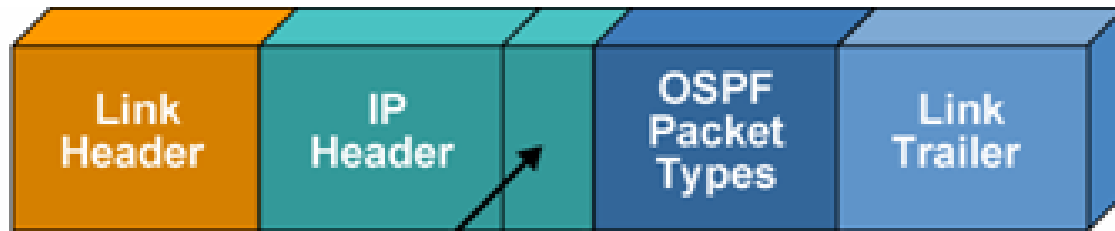
### ◆ LSAck（Link State Acknowledgment，链路状态确认）：

- 用来对收到的LSA进行确认。

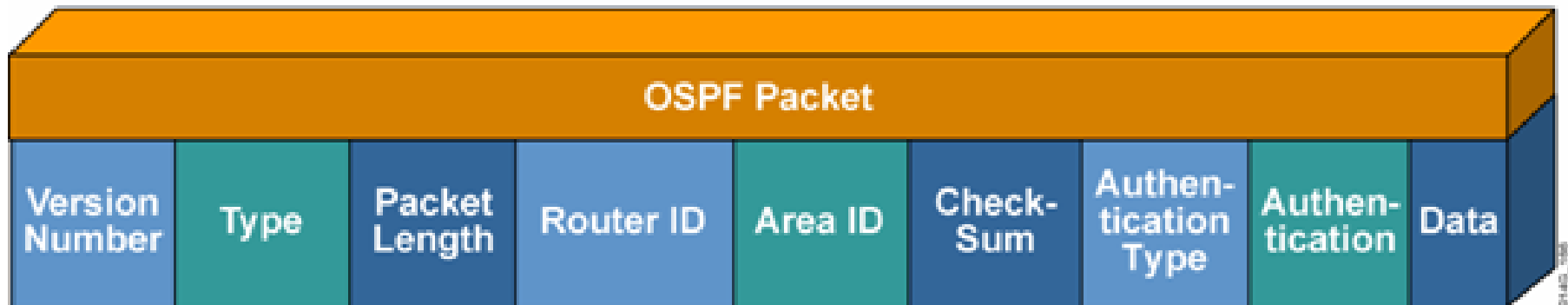
LSDB（Link State DataBase，链路状态数据库）

LSA（Link State Advertisement，链路状态通告）

# 封装



Protocol  
ID No.  
89 = OSPF



# LSU & LSA

```

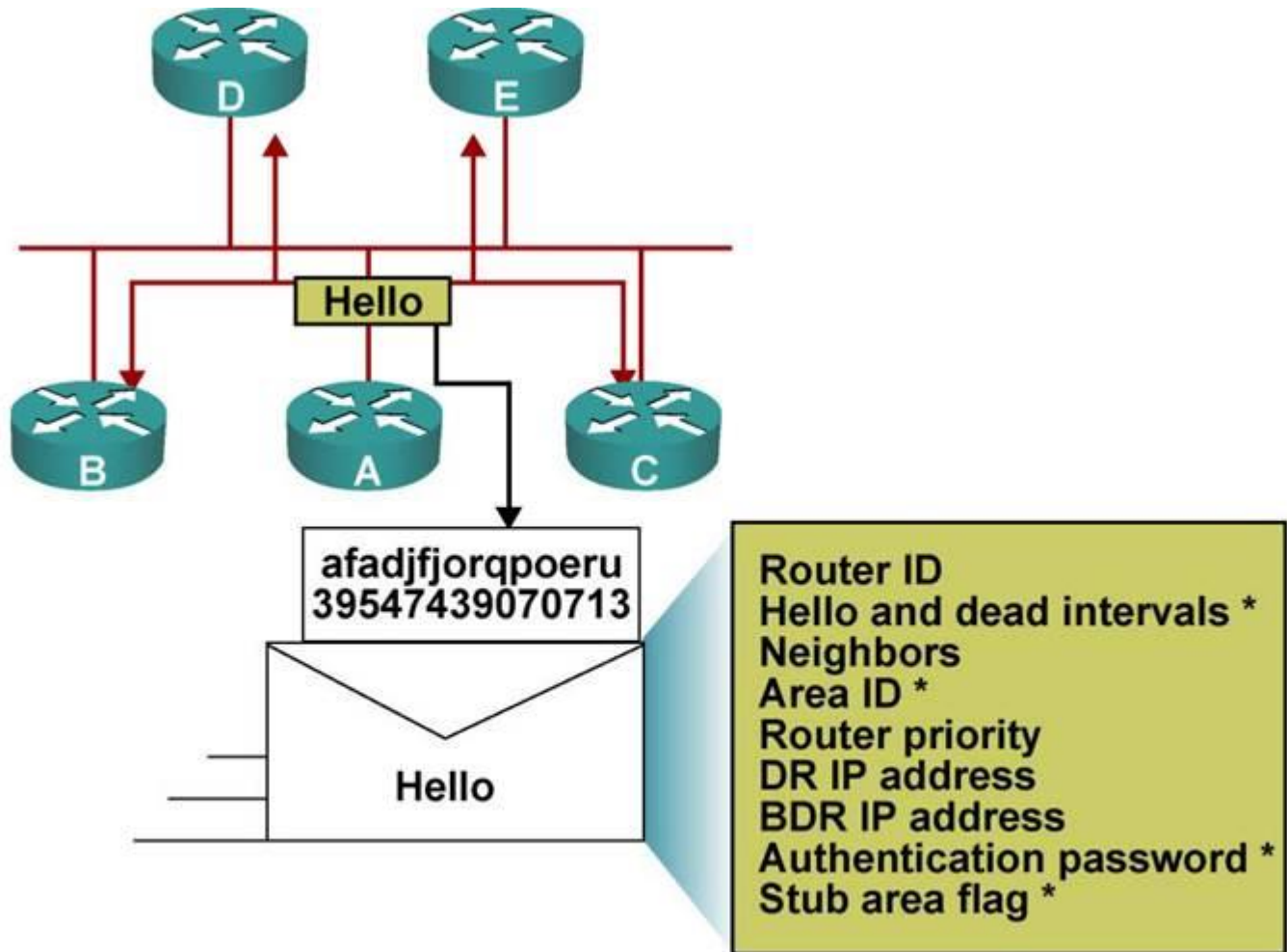
+ Frame 13: 286 bytes on wire (2288 bits), 286 bytes captured (2288 bits)
+ Ethernet II, Src: cc:02:05:90:00:10 (cc:02:05:90:00:10), Dst: cc:00:05:90:00:00 (cc:00:05:90:00:00)
+ Internet Protocol Version 4, Src: 10.10.13.3 (10.10.13.3), Dst: 10.10.13.1 (10.10.13.1)
+ Open Shortest Path First
  + OSPF Header
  + LS Update Packet
    Number of LSAs: 4
    + LS Type: Router-LSA
      LS Age: 69 seconds
      Do Not Age: False
      + Options: 0x22 (DC, E)
        Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
        Link State ID: 1.1.1.1
        Advertising Router: 1.1.1.1 (1.1.1.1)
        LS Sequence Number: 0x80000002
        LS Checksum: 0x29a7
        Length: 48
      + Flags: 0x00
        Number of Links: 2
        + Type: Stub      ID: 1.1.1.1      Data: 255.255.255.255 Metric: 1
        + Type: Transit  ID: 10.10.13.1   Data: 10.10.13.1      Metric: 1
    + LS Type: Router-LSA
    + LS Type: Router-LSA
    + LS Type: Network-LSA

```

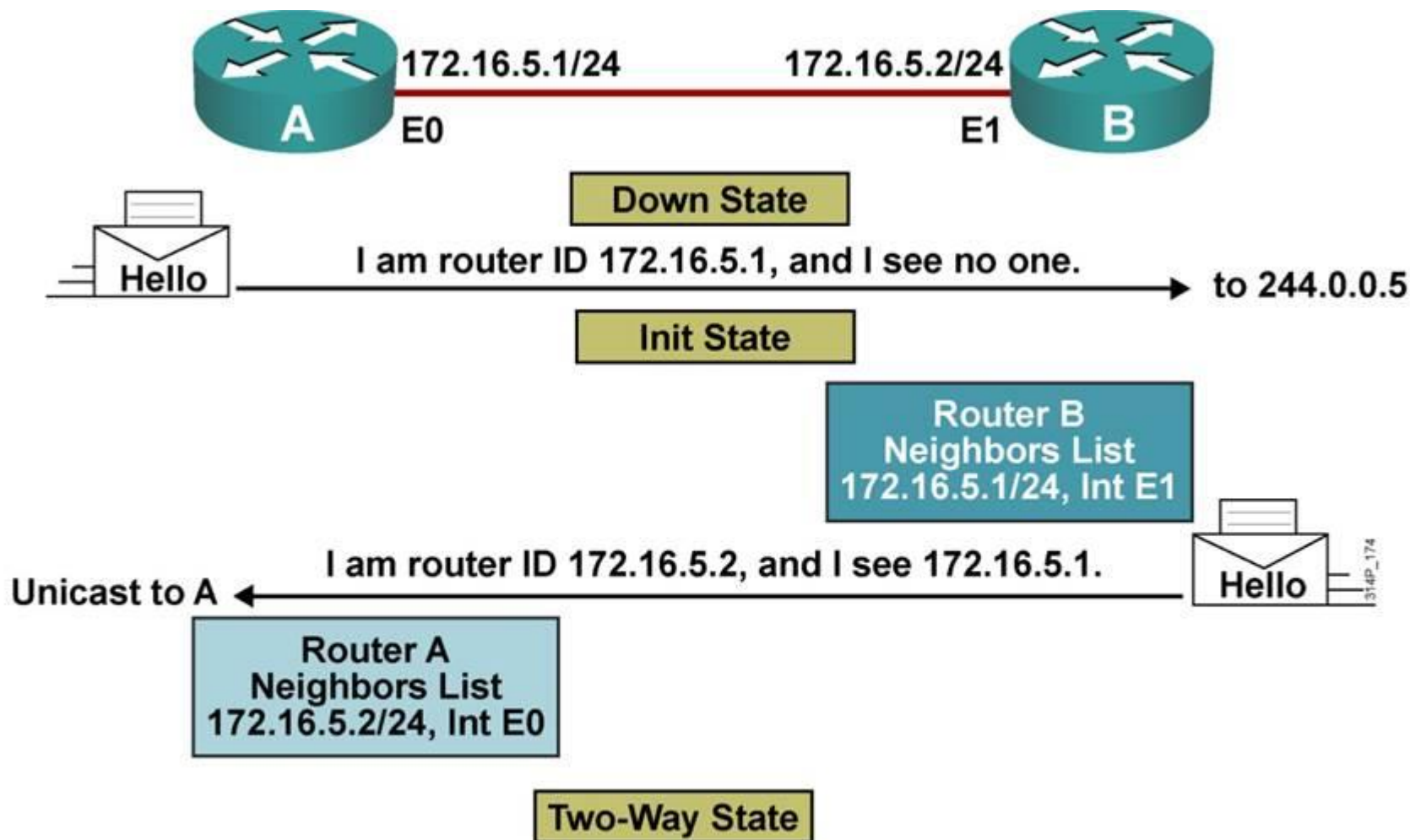
LSU包（也是ospf报文的数据部分）

即LSU携带的完整的各类LSA信息

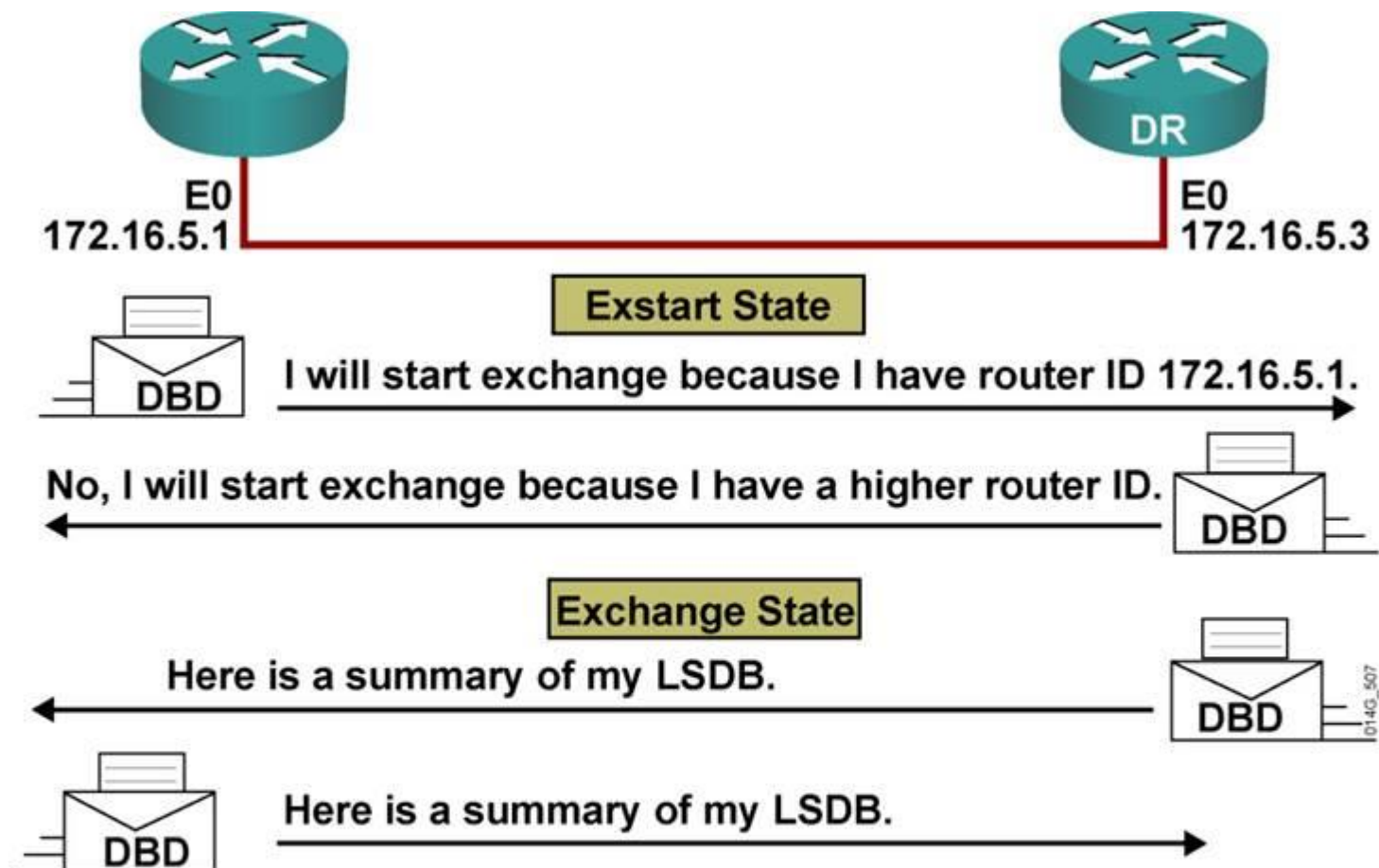
# Hello



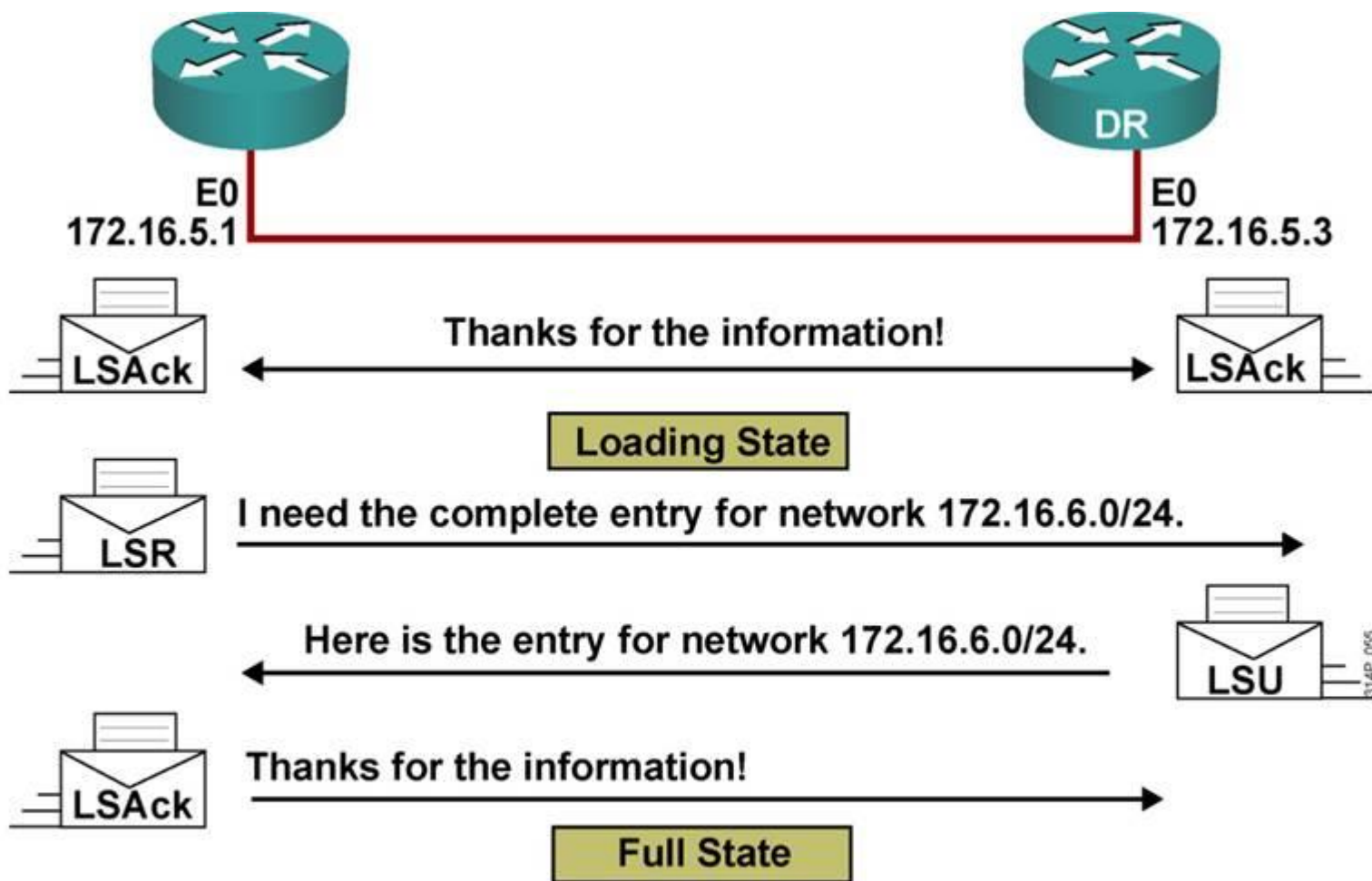
# 步骤 1



## 步骤2



# 步骤3





# 总结★





# 邻居和邻接★

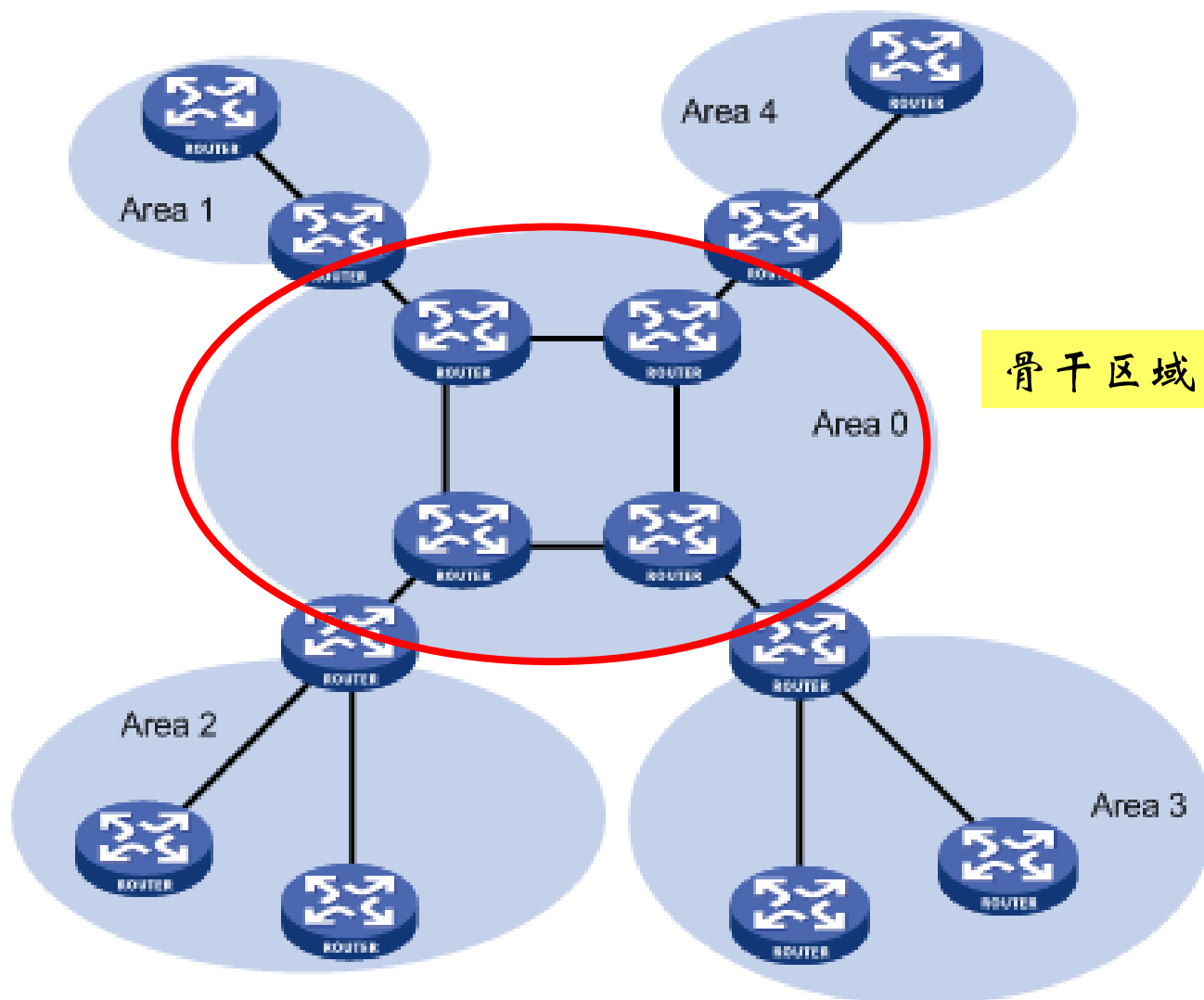
- 在OSPF中，邻居（Neighbor）和邻接（Adjacency）是两个不同的概念。
  - ◆ 路由器启动后，会通过接口向外发送Hello报文，收到Hello报文的路由器会检查报文中所定义的参数，如果双方一致就会形成邻居关系。
  - ◆ 只有当双方成功交换DD报文，交换LSA并达到LSDB同步之后，才形成邻接关系。

# OSPF

## OSPF 区域划分



# 区域划分



# 骨干区域 (Backbone Area)

- 区域号为0的区域，通常被称为骨干区域。
- ◆ 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。
  - 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。

# 路由器类型

- **OSPF定义了4种路由器类型：**
  - ◆ **Internal router (IR)**
  - ◆ **Area border router (ABR)**
  - ◆ **Backbone router (BR)**
  - ◆ **Autonomous system boundary router (ASBR)**

# 路由器类型

■ OSPF路由器可以分为以下四类：

◆ 1. 区域内路由器 IR

■ 该类路由器的**所有接口**都属于同一个OSPF区域。

# 路由器类型

## ■ OSPF路由器可以分为以下四类：

◆ 1. 区域内路由器 IR

◆ 2. 区域边界路由器 ABR

■ 该类路由器同时属于两个以上的区域

■ 其中一个必须是骨干区域。

# 路由器类型

## ■ OSPF路由器可以分为以下四类：

◆ 1. 区域内路由器 IR

◆ 2. 区域边界路由器 ABR

◆ 3. 骨干路由器 BR

■ 该类路由器至少有一个接口属于骨干区域。

■ 因此，所有的ABR和位于Area0的内部路由器都是骨干路由器。



# 路由器类型

## ■ OSPF路由器可以分为以下四类：

◆ 1. 区域内路由器 IR

◆ 2. 区域边界路由器 ABR

◆ 3. 骨干路由器 BR

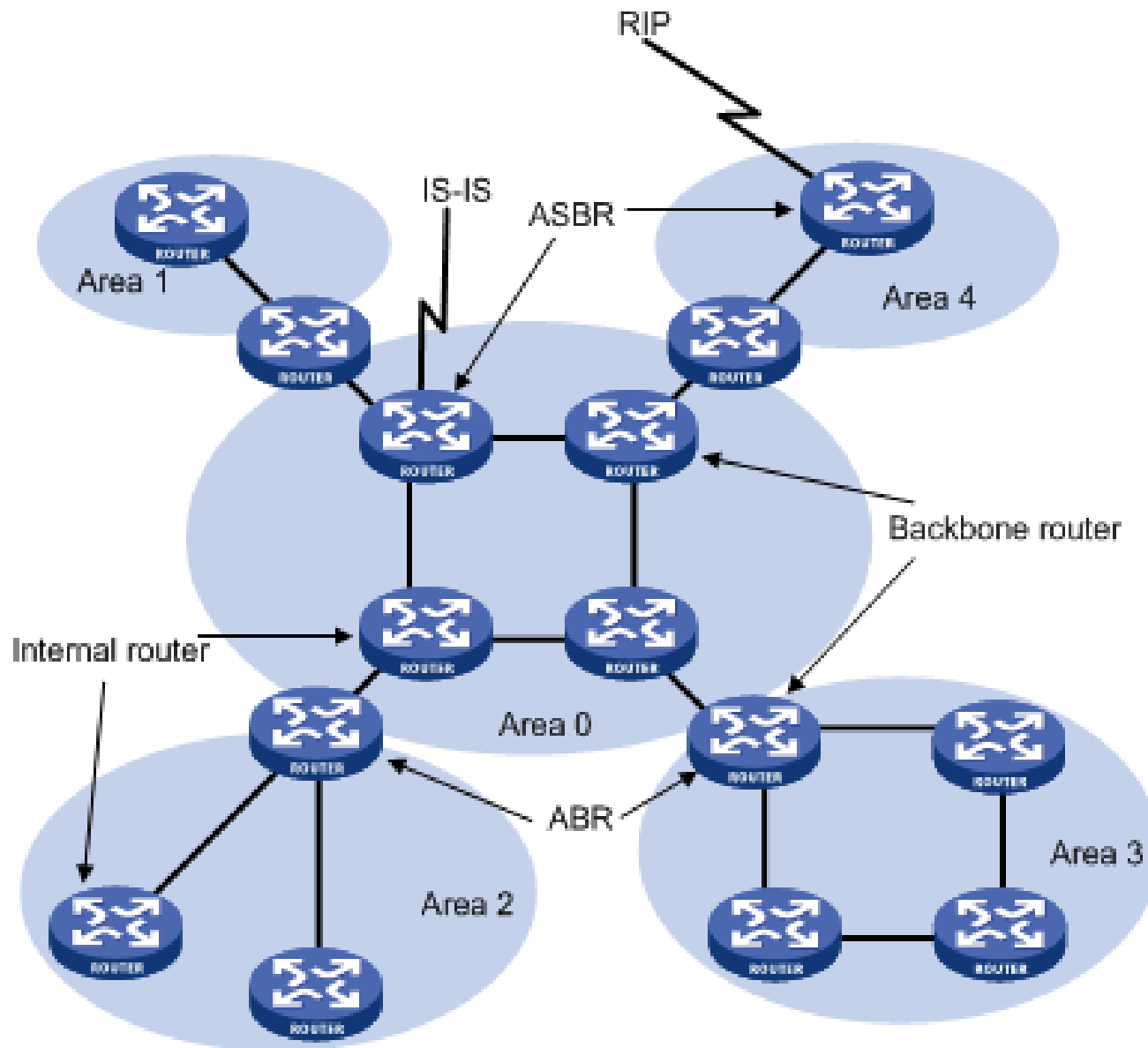
◆ 4. 自治系统边界路由器 ASBR

■ 只要一台OSPF路由器引入了外部路由的信息，它就成为ASBR。

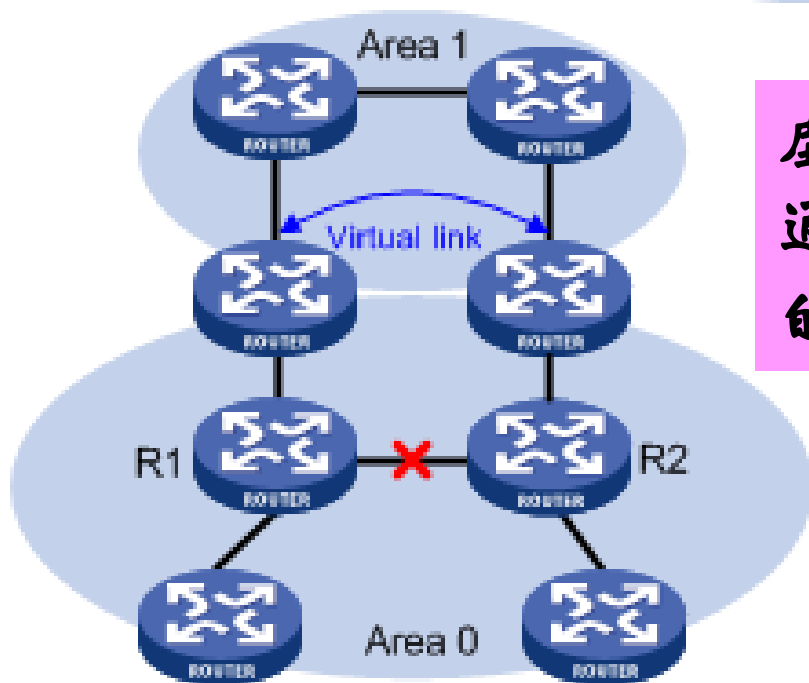
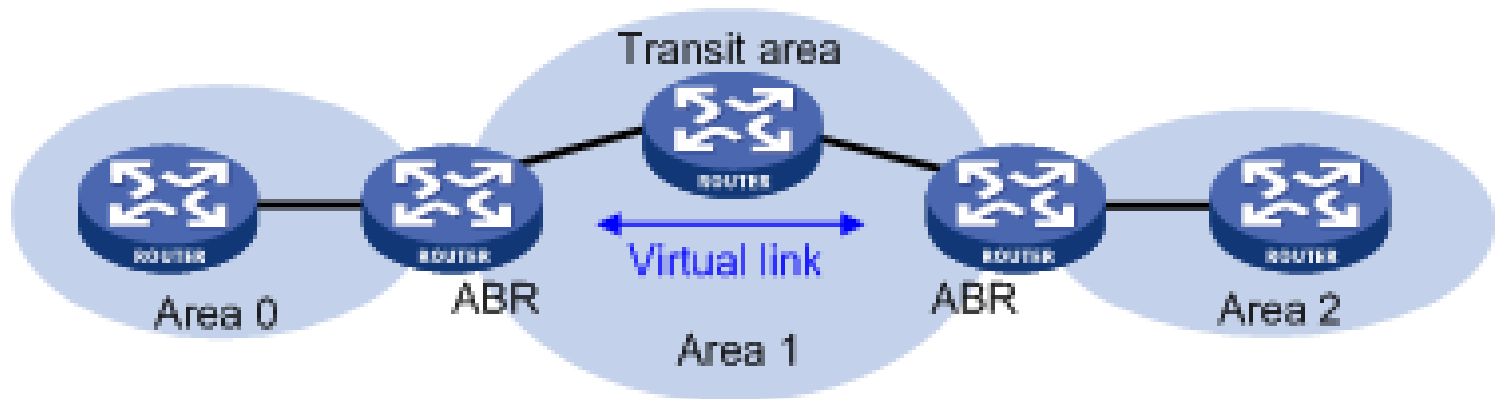
■ 与其他AS路由器交换路由信息

■ ASBR并不一定位于AS的边界，它有可能是区域内路由器，也有可能是ABR。

# 路由器角色★



# 虚连接



虚连接是指在两台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。

# OSPF

## OSPF路由分类



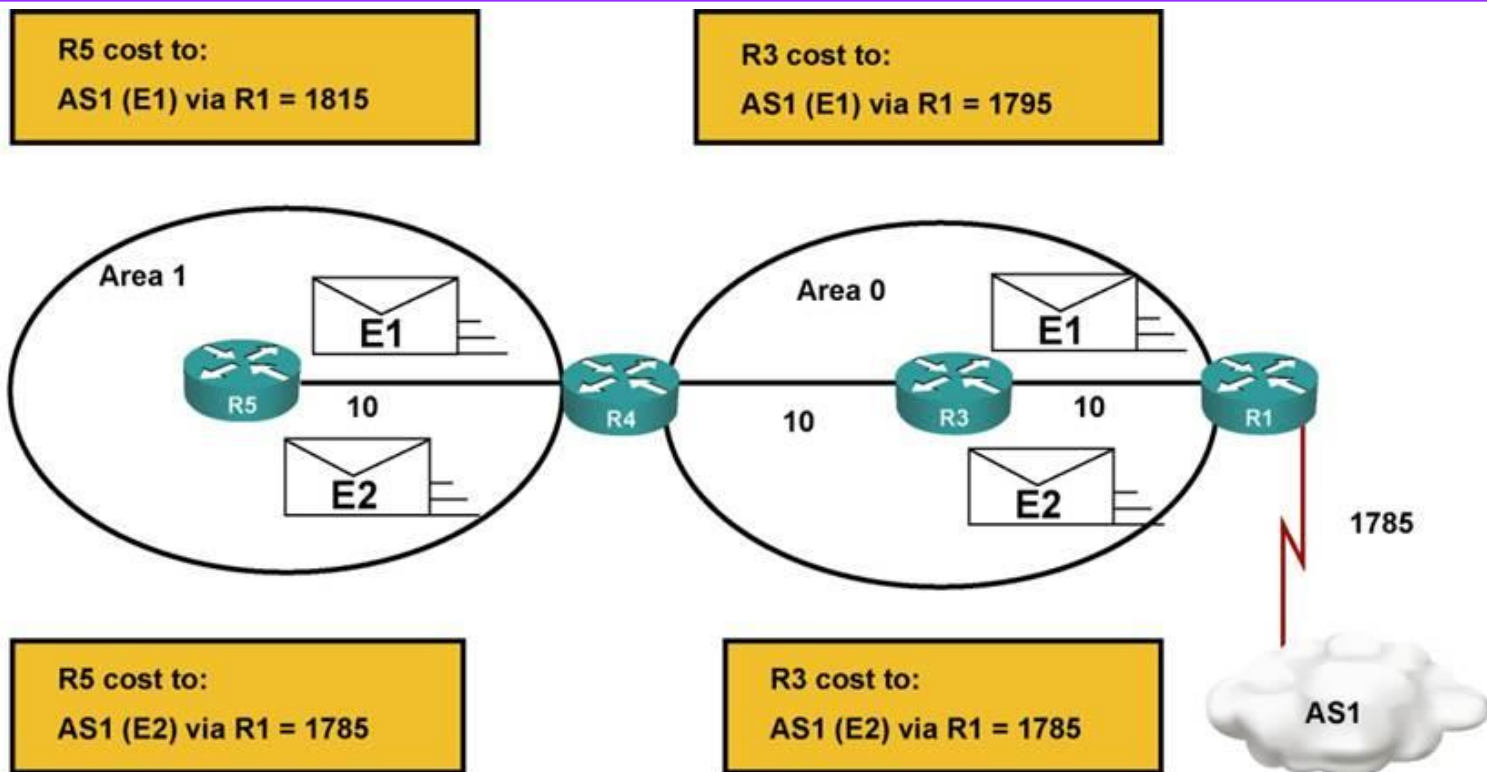
# 路由类型

- OSPF将路由分为四类，按照优先级从高到低的顺序依次为：
  - ◆ 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)
- 区域内和区域间路由描述的是AS内部的网络结构，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。

# 路由标记★

Preference Order	Routing Code	Description	LSAs
1	O	Intra-area	Type 1 – Router Type 2 - Network
2	O IA	Inter-area	Type 3 – Summary Type 4 - ASBR Summary
3	O E1	Type 1 External	Type 5 - External
4	O N1	NSSA Type 1 External	Type 7 - NSSA External
5	O E2	Type 2 External	Type 5 - External
6	O N2	NSSA Type 2 External	Type 7 - NSSA External

# E1 VS E2★



第一类外部路由：开销等于本路由器到相应的ASBR的开销与ASBR到该路由目的地址的开销之和。

第二类外部路由：开销等于ASBR到该路由目的地址的开销。

# OSPF

## OSPF网络类型





# OSPF的网络类型★

- **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：**
  - ◆ **NBMA（Non-Broadcast Multi-Access，非广播多路访问）类型：**
  - ◆ **P2MP（Point-to-MultiPoint，点到多点）类型：**
  - ◆ **P2P（Point-to-Point，点到点）类型：**

# P2P类型

## ■ P2P类型：

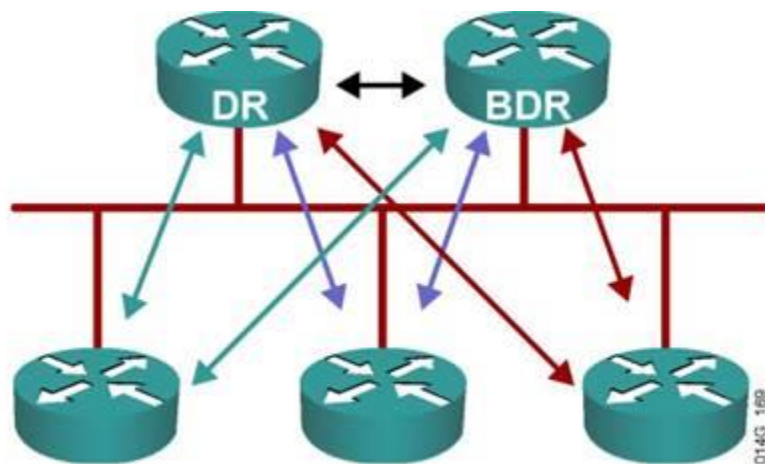
- ◆ 当链路层协议是PPP、HDLC时，缺省情况下，OSPF认为网络类型是P2P。
- ◆ 在该类型的网络中，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。



# 广播（Broadcast）类型

## ■ 广播（Broadcast）类型

- ◆ 当链路层协议是Ethernet、FDDI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（224.0.0.5；224.0.0.6）发送Hello报文、LSU报文和LSAck报文；
- ◆ 以单播形式发送DD报文和LSR报文。



# NBMA类型

## ■ NBMA类型：

- ◆ 当链路层协议是帧中继、ATM或X.25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。



# P2MP类型

## ■ P2MP类型：

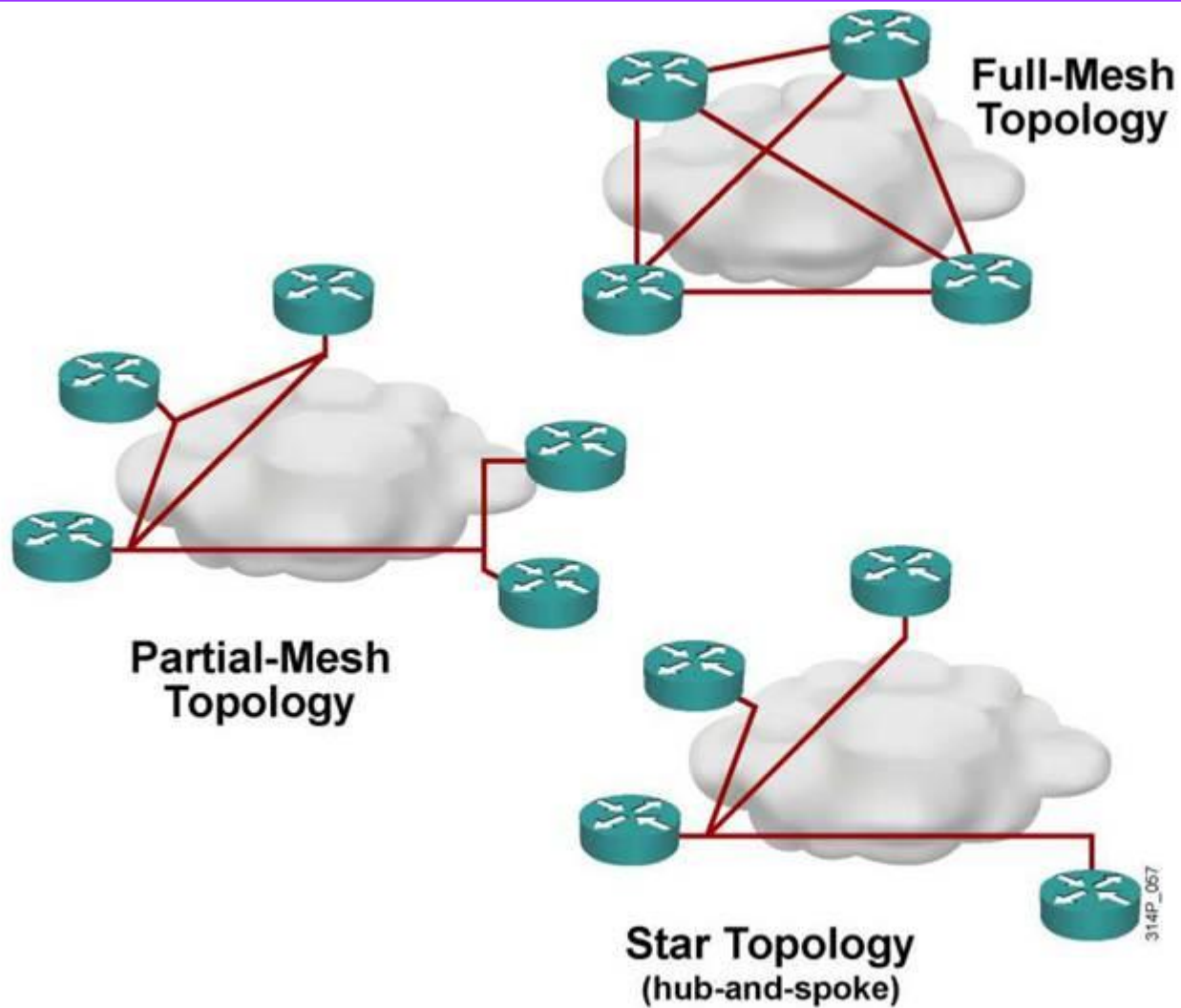
- ◆ 没有一种链路层协议会被缺省的认为是P2MP类型。
- ◆ P2MP必须是由其他的网络类型强制更改的，常用做法是将NBMA网络改为P2MP网络。
- ◆ 在该类型的网络中，缺省情况下，以组播形式（224.0.0.5）发送协议报文。可以根据用户需要，以单播形式发送协议报文。

# NBMA与P2MP

## ■ NBMA与P2MP网络之间的区别如下:

- ◆ NBMA网络是全连通的；P2MP网络并不需要一定是全连通的。
- ◆ NBMA网络中需要选举DR与BDR；P2MP网络中没有DR与BDR。
- ◆ NBMA网络采用单播发送报文，需要手工配置邻居；P2MP网络采用组播方式发送报文，通过配置也可以采用单播发送报文。

# NBMA拓扑



# 网络类型汇总

OSPF Network Type	Uses DR/BDR	Default Hello Interval (sec)	Dynamic Neighbor Discovery	More than Two Routers Allowed in Subnet
Point-to-point	No	10	Yes	No
Broadcast	Yes	10	Yes	Yes
Nonbroadcast	Yes	30	No	Yes
Point-to-multipoint	No	30	Yes	Yes
Point-to-multipoint nonbroadcast	No	30	No	Yes
Looback	No	—	—	No



# OSPF

---

## OSPF DR/BDR



# 多路访问网络的问题

## ■ 问题:

- ◆ 在广播网和NBMA网络中，任意两台路由器之间都要交换路由信息。
- ◆ 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。

# DR/BDR

## ■ 解决：

- ◆ OSPF提出了DR和BDR的概念，
- ◆ 所有路由器只将信息发送给DR，由DR将网络链路状态发送出去。
- ◆ BDR是对DR的一个备份，

**DR**(Designated Router)指定路由器

**BDR**(Backup Designated Router) 备份指定路由器

# DR/BDR

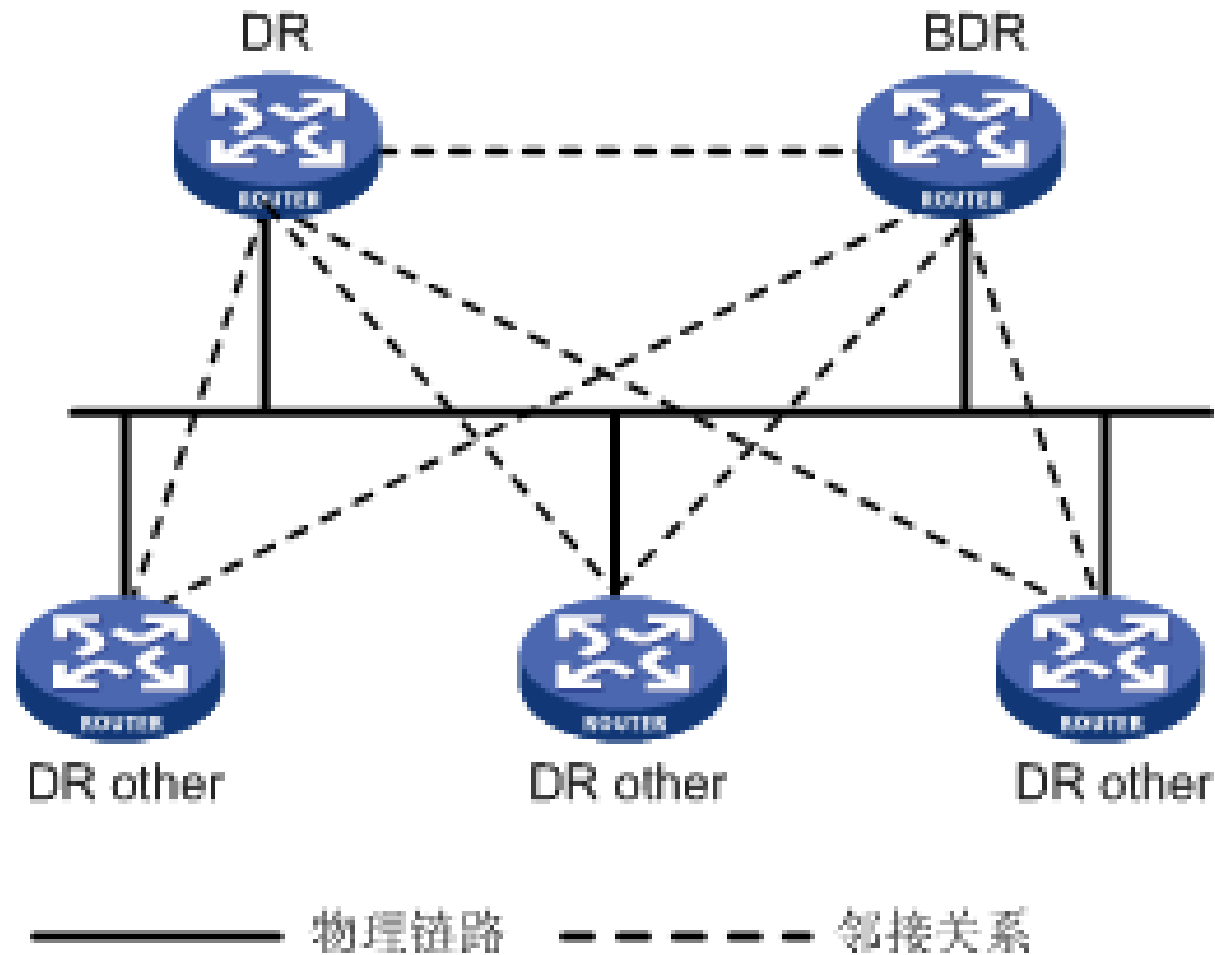
## ■ DR/BDR:

- ◆ 在选举DR的同时也选举BDR,
- ◆ DR/BDR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会立即成为新的DR。

# DROther

- 广播网和NBMA网络拓扑，既不是DR也不是BDR的路由器为DR Other。
  - ◆ DR Other仅与DR和BDR建立邻接关系(FULL)
  - ◆ DR Other之间不交换任何路由信息(TWO-Way)。
  - ◆ 减少了各路由器之间邻接关系的数量，同时减少网络流量，节约了带宽资源。

# DR / BDR



# Router ID

---

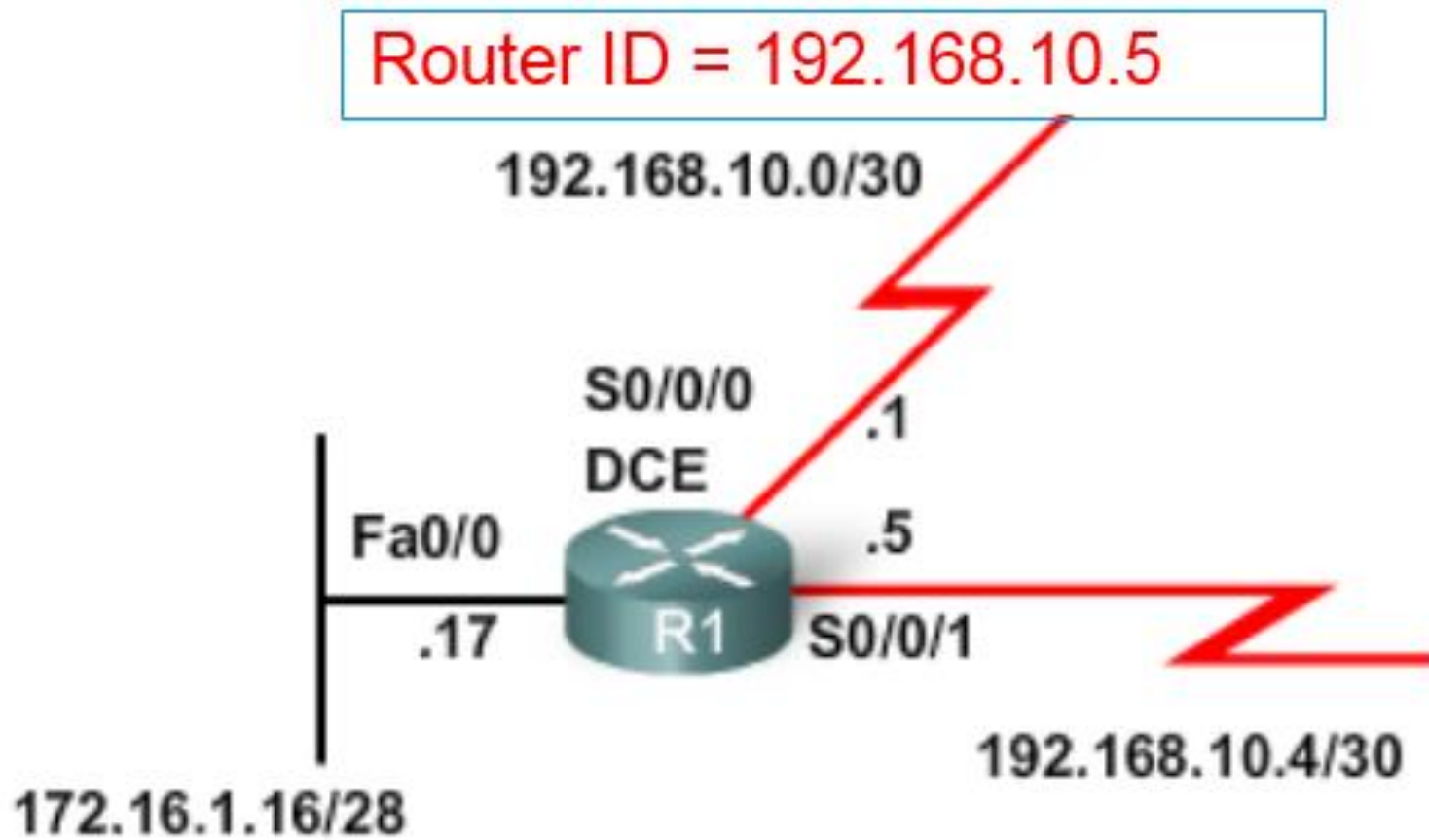
- **OSPF Router ID is an IPv4 address (32-bit binary number) assigned to each router running the OSPF protocol.**
  - ◆ **The router is known to OSPF by the OSPF router ID number.**
  - ◆ **LSDBs use the OSPF router ID to differentiate one router from the next.**

# Router ID

- 1. 如果通过命令**router id**进行了配置，则按照配置结果设置。
- 2. 如果没有通过命令**router id**进行配置，并且已经存在配置有IP地址的**loopback**接口，则选择**loopback**接口地址中最大的作为Router ID。
- 3. 如果没有通过命令**router id**进行配置，并且不存在配置有IP地址的**loopback**接口，则从**激活的物理接口**的IP地址中选择最大的一个作为Router ID。



# 示例



# DR/BDR选举过程

## ■ DR/BDR选举过程

- ◆ DR/BDR是由同一网段中所有的路由器根据**路由器优先级**和**Router ID**通过Hello报文选举出来的
- ◆ 只有优先级大于0的路由器才具有选举资格。
- ◆ 当处于同一网段的两台路由器同时宣布自己是DR时，路由器优先级**高**者胜出。如果优先级相等，则Router ID**大**者胜出。

# 注意

## ■ 需要注意的是：

- ◆ 只有在广播或NBMA网络中才会选举DR；在P2P或P2MP网络中不需要选举DR。
- ◆ DR是某个网段中的概念，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。
- ◆ DR/BDR选举完毕后，即使网络中加入一台具有更高优先级的路由器，也不会重新进行选举DR/BDR。

# OSPF

---

## OSPF LSA

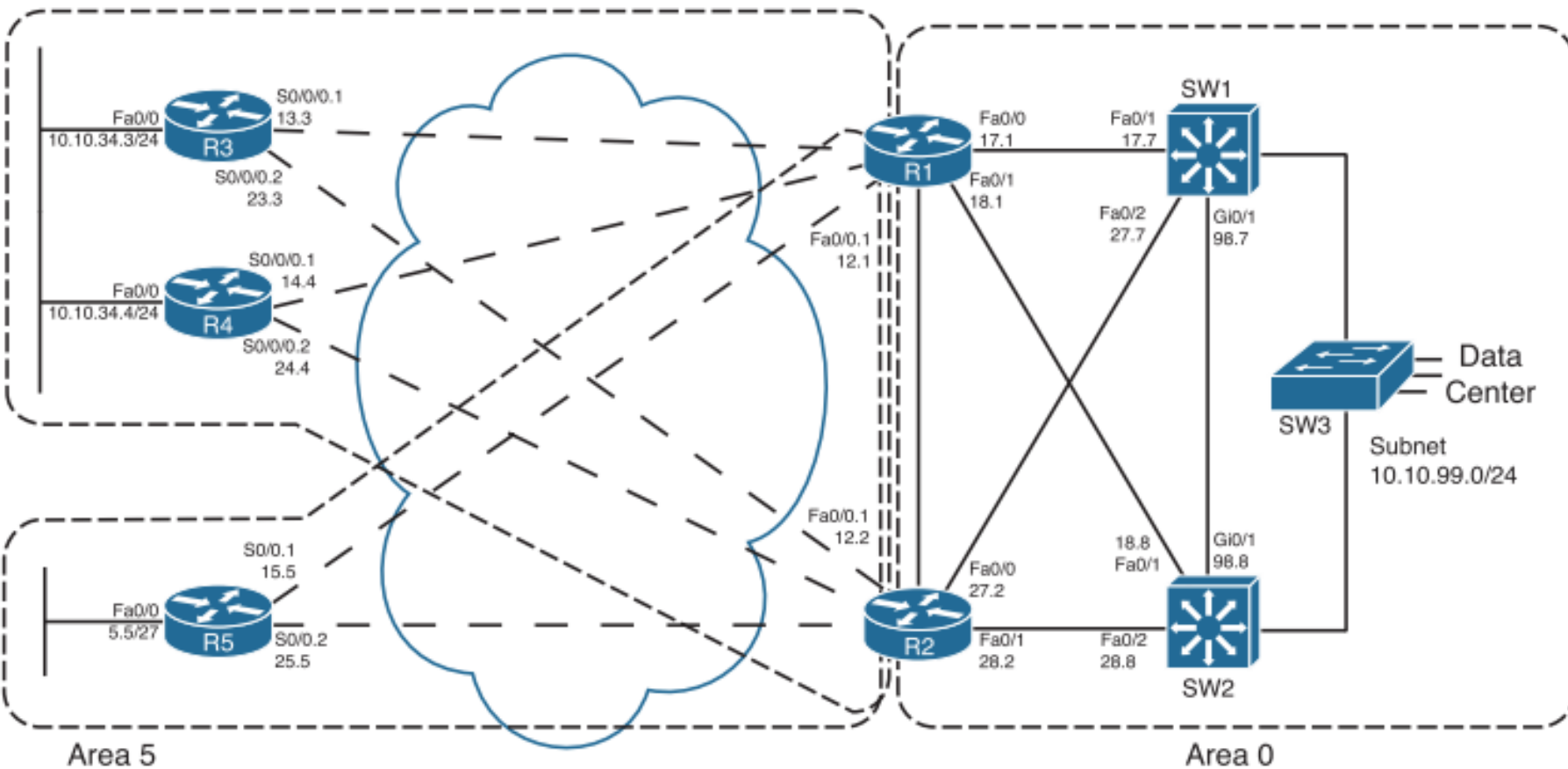


# LSA类型★

- 常用的LSA有以下几种类型：
  - ◆ Router LSA (Type-1)
  - ◆ Network LSA (Type-2)
  - ◆ Network Summary LSA (Type-3)
  - ◆ ASBR Summary LSA (Type-4)
  - ◆ AS External LSA (Type-5)
  - ◆ NSSA External LSA (Type-7)

# 示例

Area 34

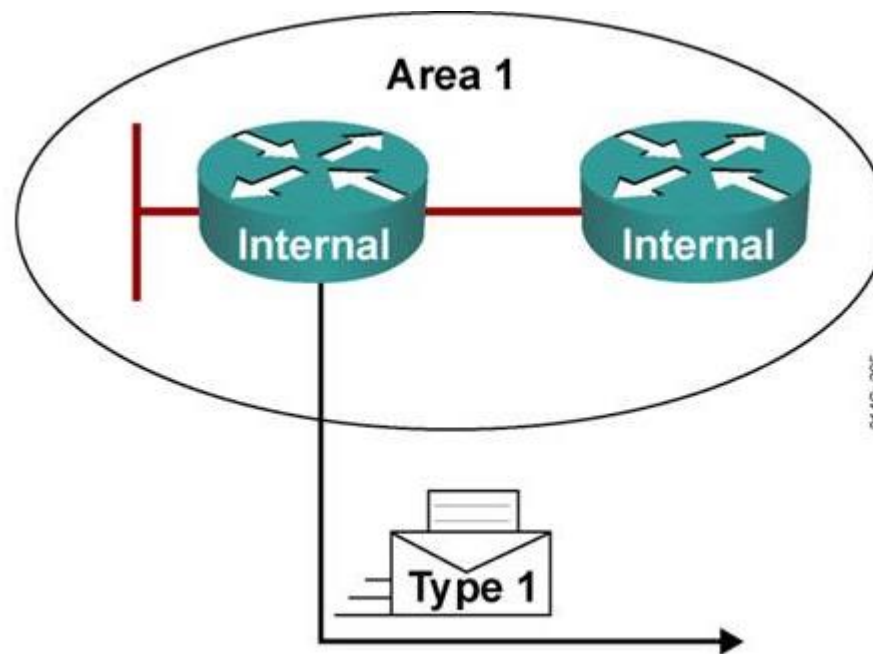


Area 5

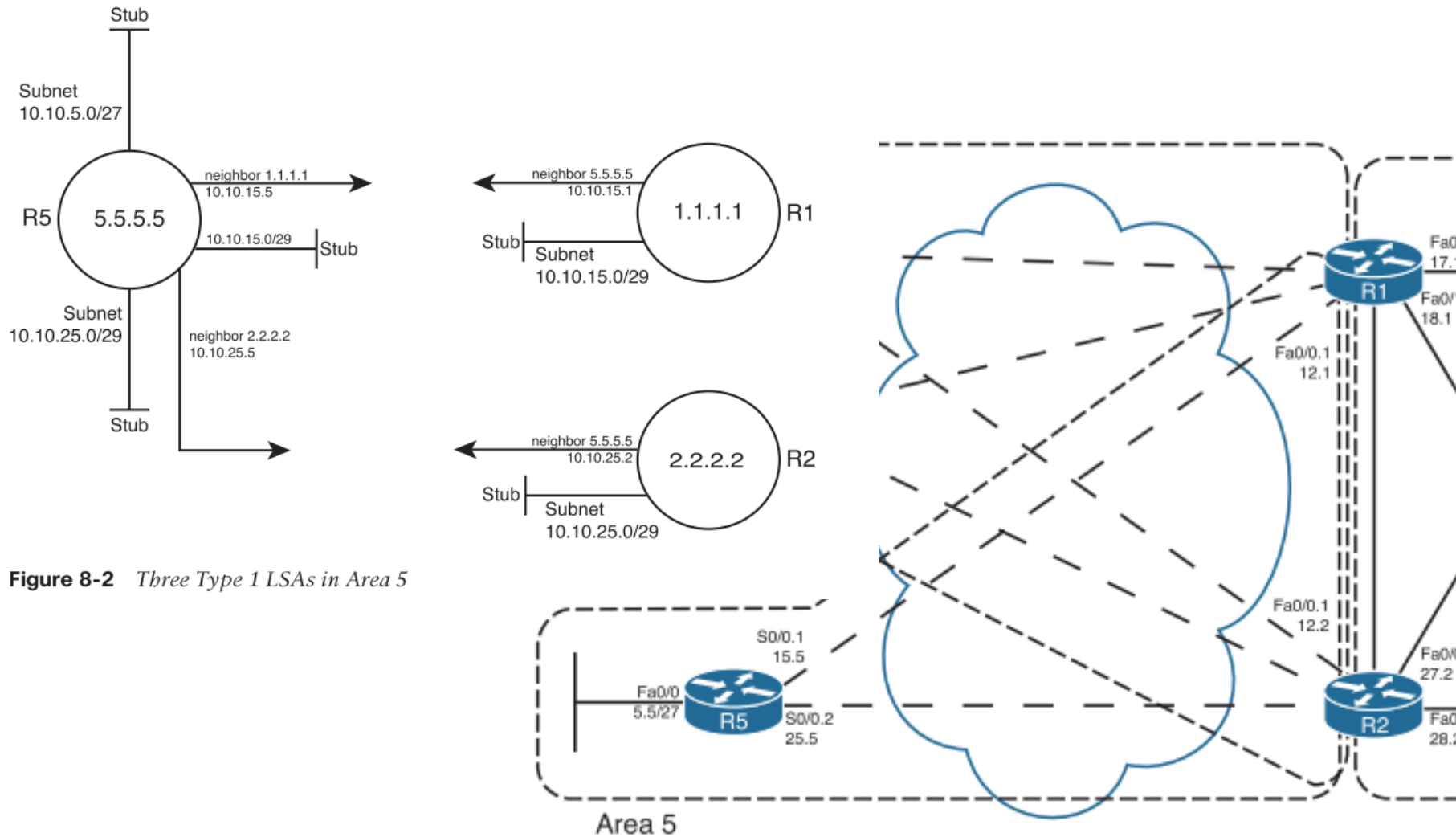
Area 0

# Type 1 ★

- Router LSA (Type-1)：由每个路由器产生，描述路由器的链路状态和开销，在其始发的区域内传播。



# Type1

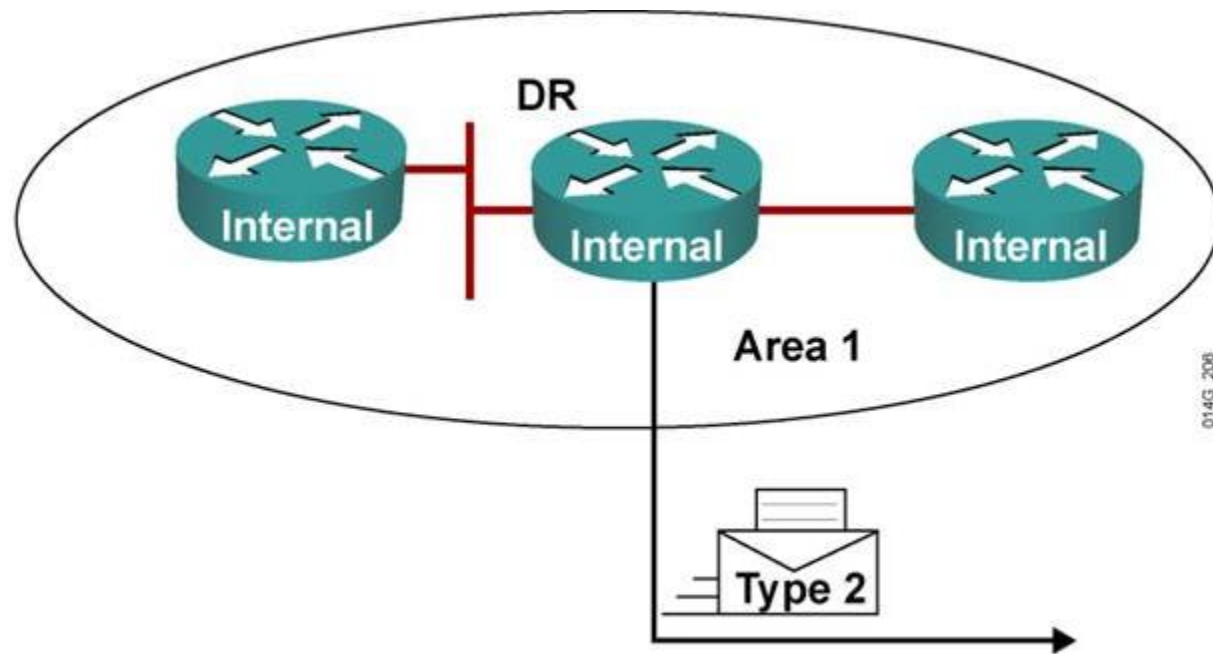


**Figure 8-2** Three Type 1 LSAs in Area 5

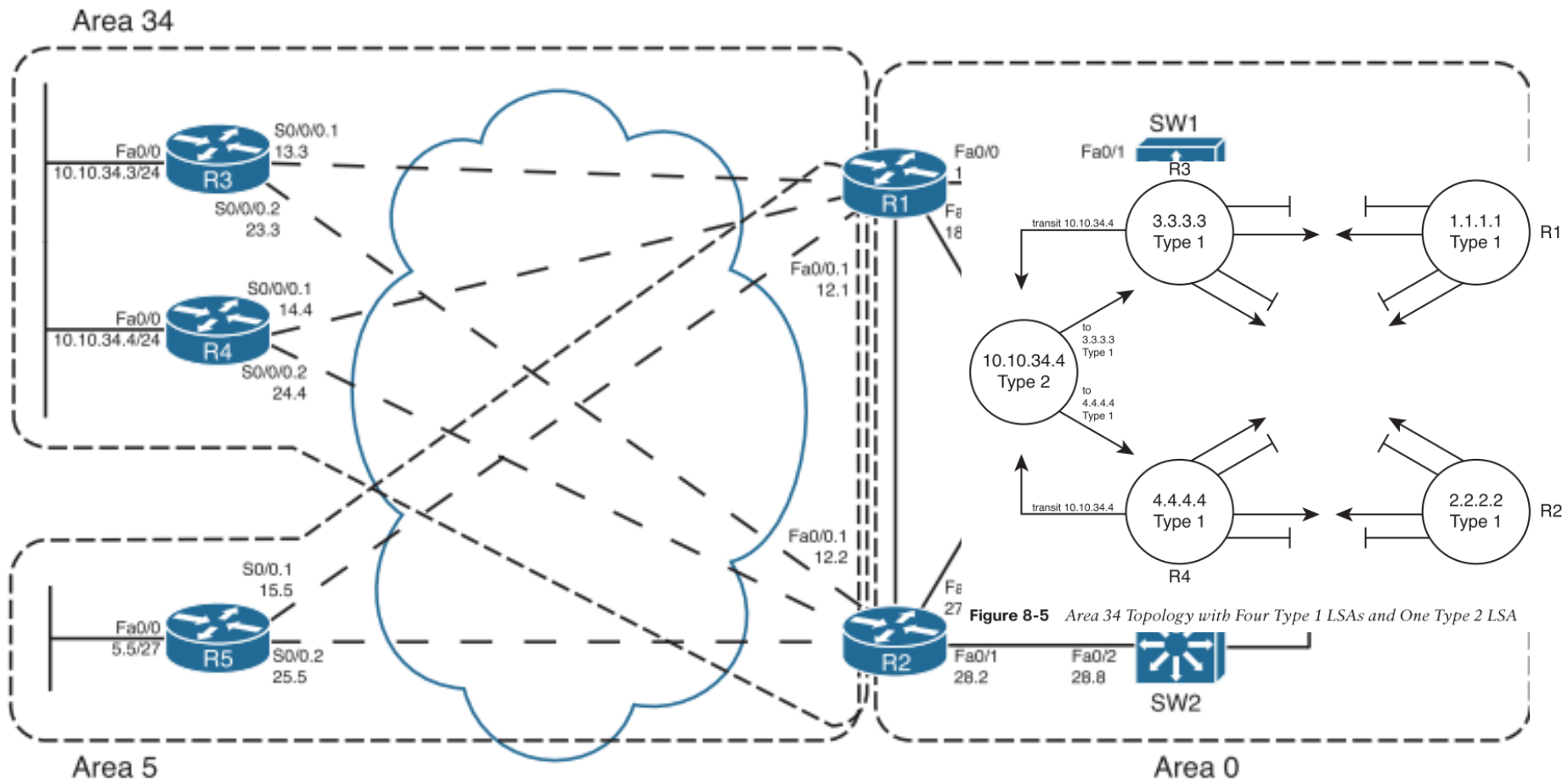


# Type 2★

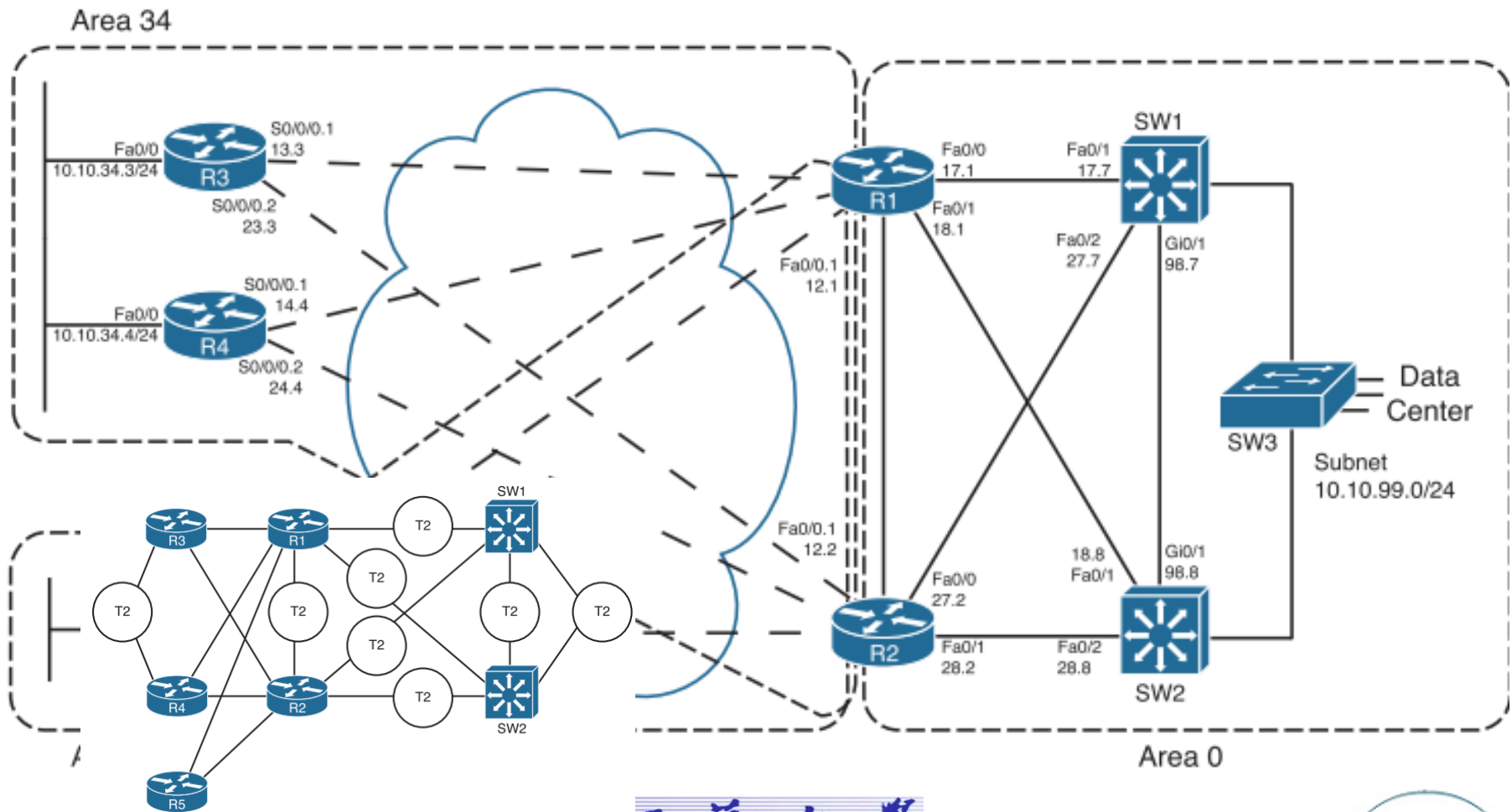
- **Network LSA (Type-2)** : 由**DR**产生, 描述本**网段**所有路由器的链路状态, 在其始发的**区域内**传播。



# Type 2

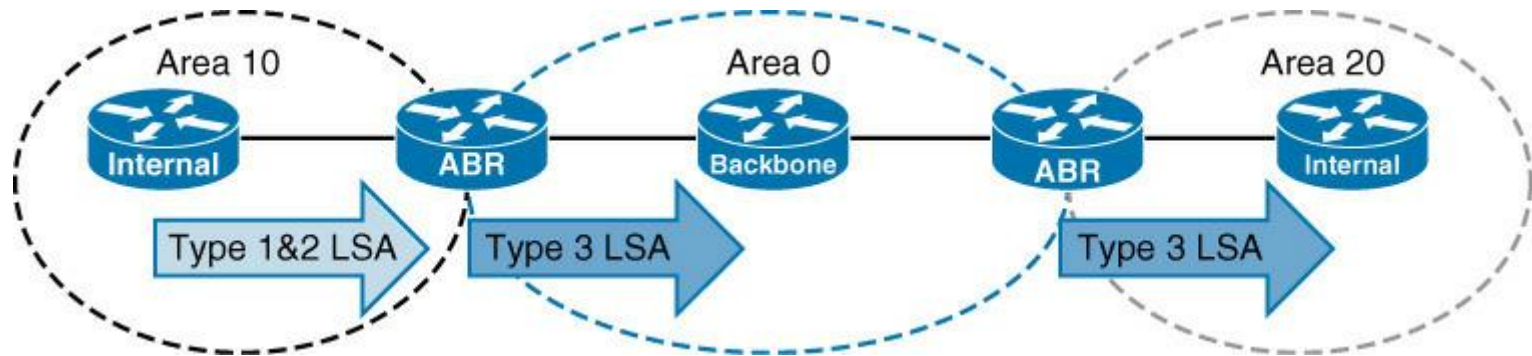


# Type 2



# Type 3★

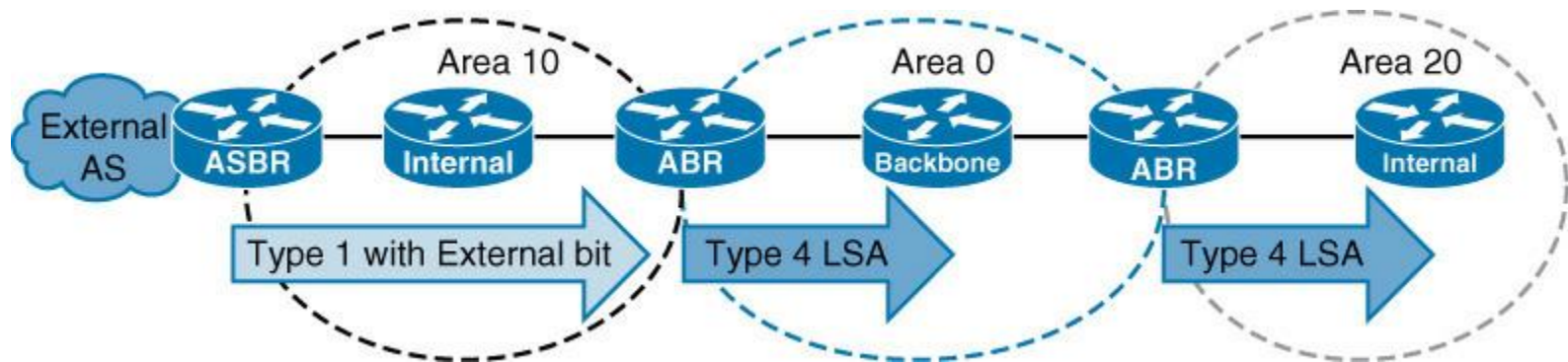
- **Network Summary LSA (Type-3)**：由**ABR**产生，描述**区域**内某个网段的路由，并通告给**其他区域**。



(Area Border Router, 区域边界路由器)

# Type 4★

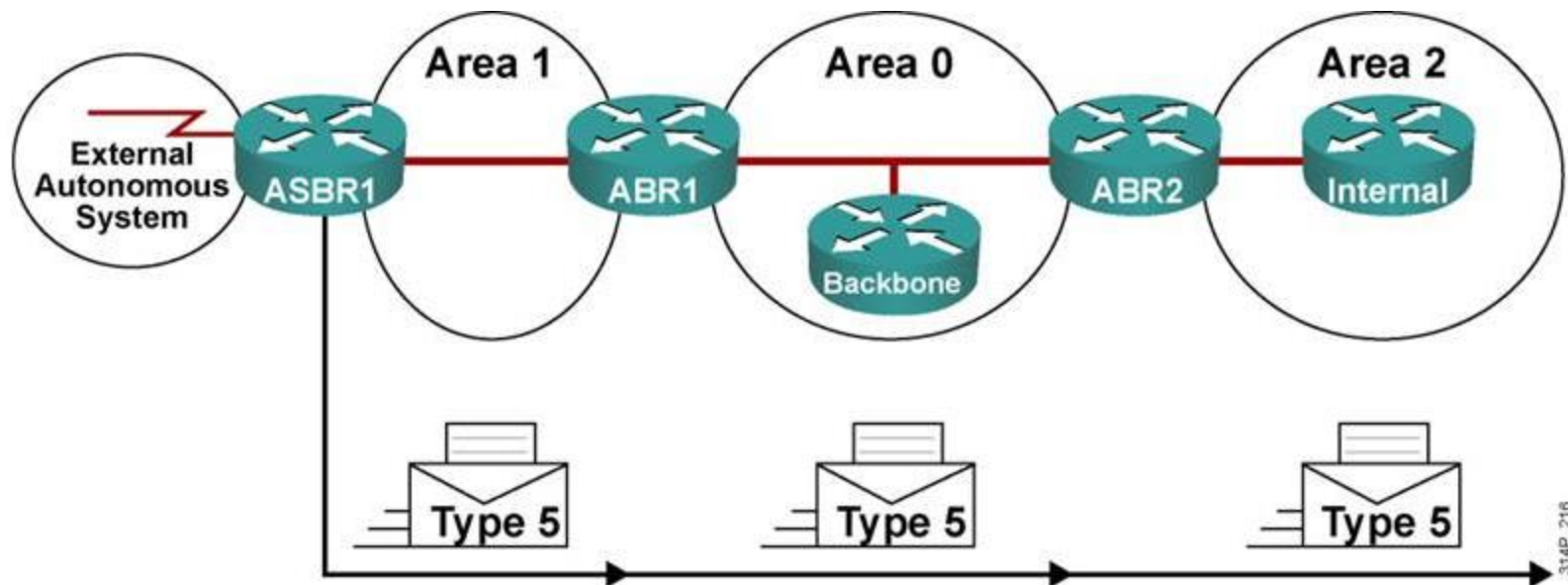
- ◆ ASBR Summary LSA (Type-4) :  
由 **ABR** 产生，描述到 **ASBR** 的路由，  
通告给 **相关区域**。



⑩ (Autonomous System Boundary Router,  
自治系统边界路由器)

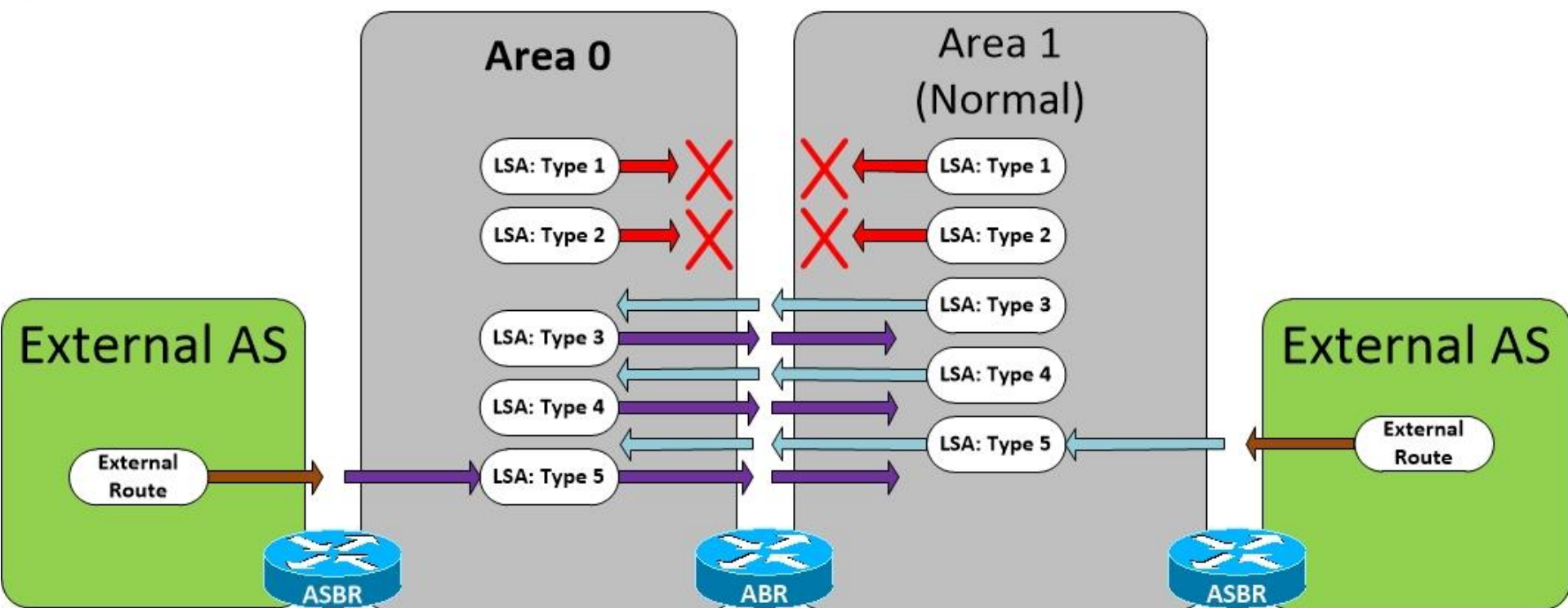
# Type 5★

- ◆ AS External LSA (Type-5) : 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)。





# 普通区域



# OSPF

---



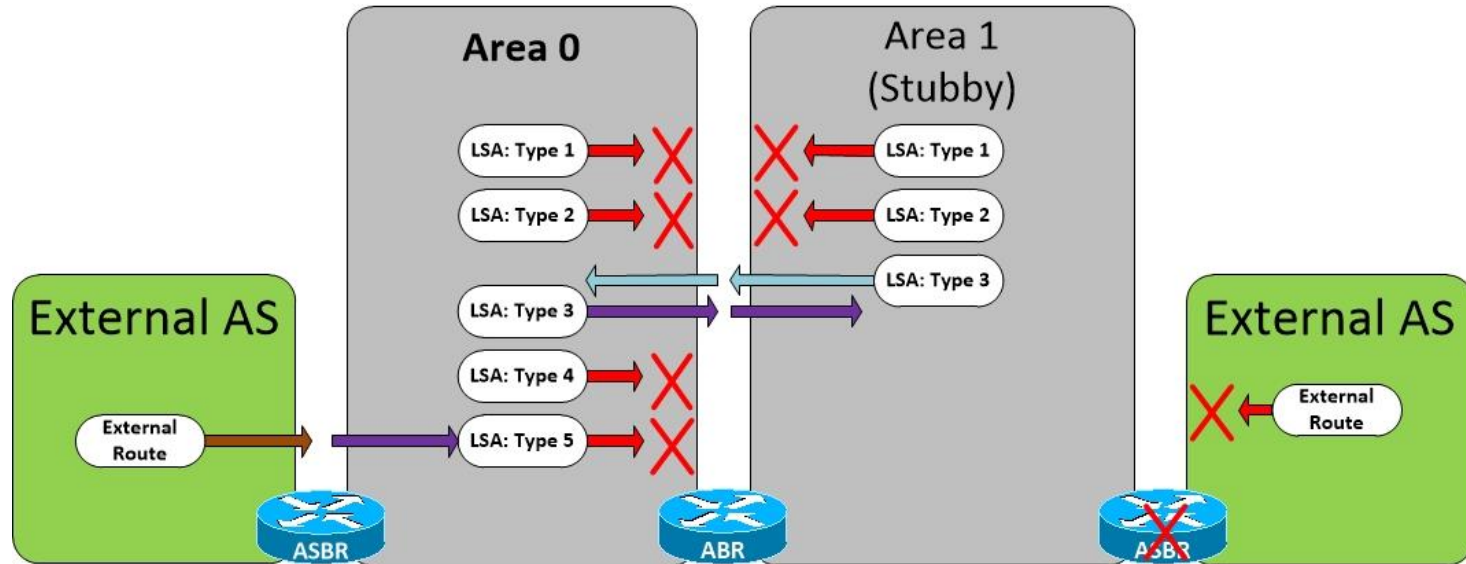
## OSPF stub



# Stub区域

- **Stub区域是一些特定的区域**
  - ◆ 该区域的ABR会将区域间 (Type3) 的路由信息传递到本区域,
  - ◆ 但不会引入自治系统外部路由 (Type4, Type 5) ,
  - ◆ 为保证到自治系统外的路由依旧可达, 该区域的ABR将生成一条缺省路由Type-3 LSA, 发布给本区域中的其他非ABR路由器。

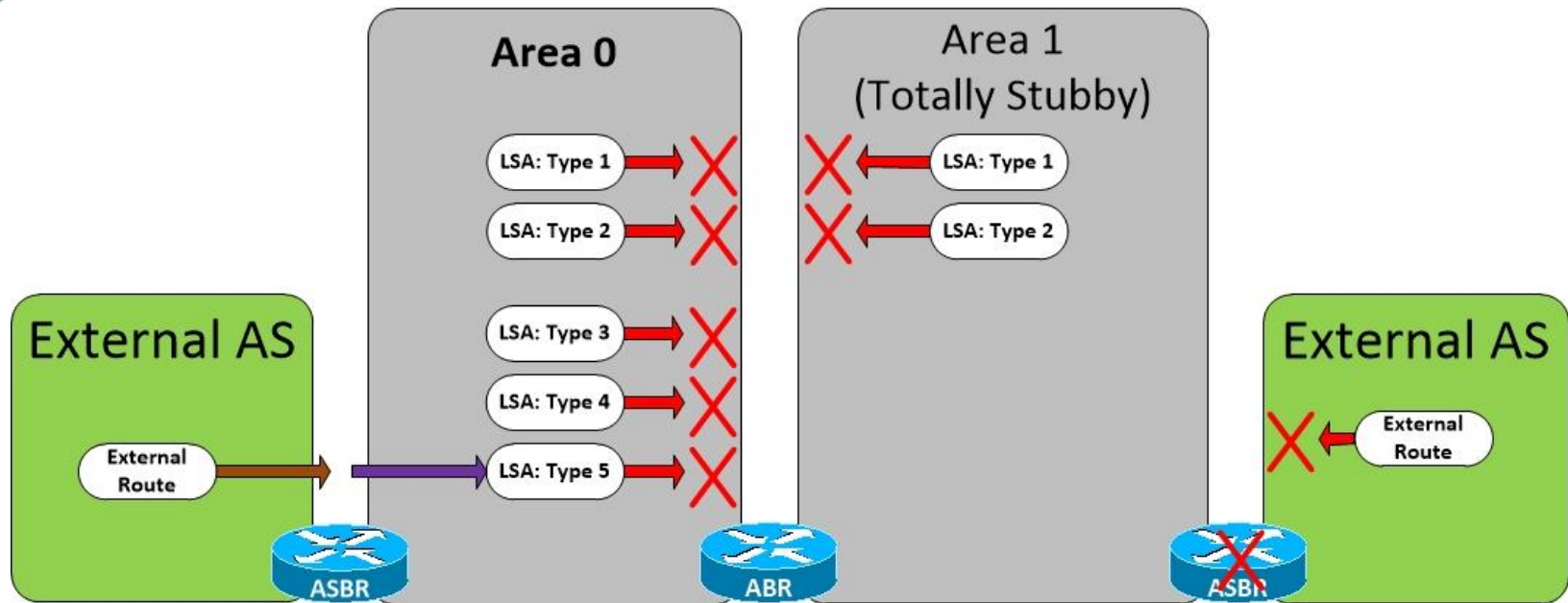
# Stub 区



# Totally Stub区域

- **Totally Stub（完全Stub）区域，**
  - ◆ 该区域的ABR**不会**将区域间的路由信息和自治系统外部路由信息传递到本区域。
  - ◆ 为保证到本自治系统的其他区域和自治系统外的路由依旧可达，该区域的ABR将生成一条缺省路由Type-3 LSA，发布给本区域中的其他非ABR路由器。

# Totally Stub区域



# OSPF

---

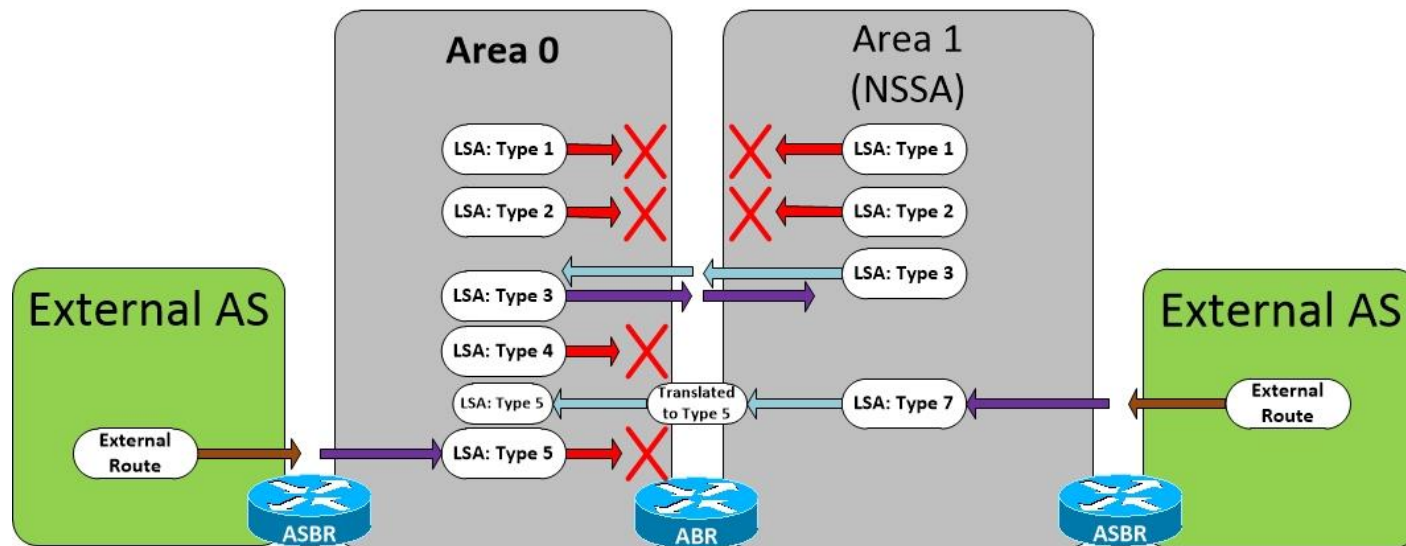
## OSPF NSSA



# NSSA区域

- **NSSA (Not-So-Stubby Area)**  
区域是Stub区域的变形，
  - ◆ 与Stub区域的区别在于NSSA区域允许引入自治系统外部路由，
  - ◆ 由ASBR发布**Type-7** LSA通告给本区域。
  - ◆ 当Type-7 LSA到达NSSA的ABR时，由ABR将Type-7 LSA转换成Type-5 LSA，传播到其他区域。

# NSSA



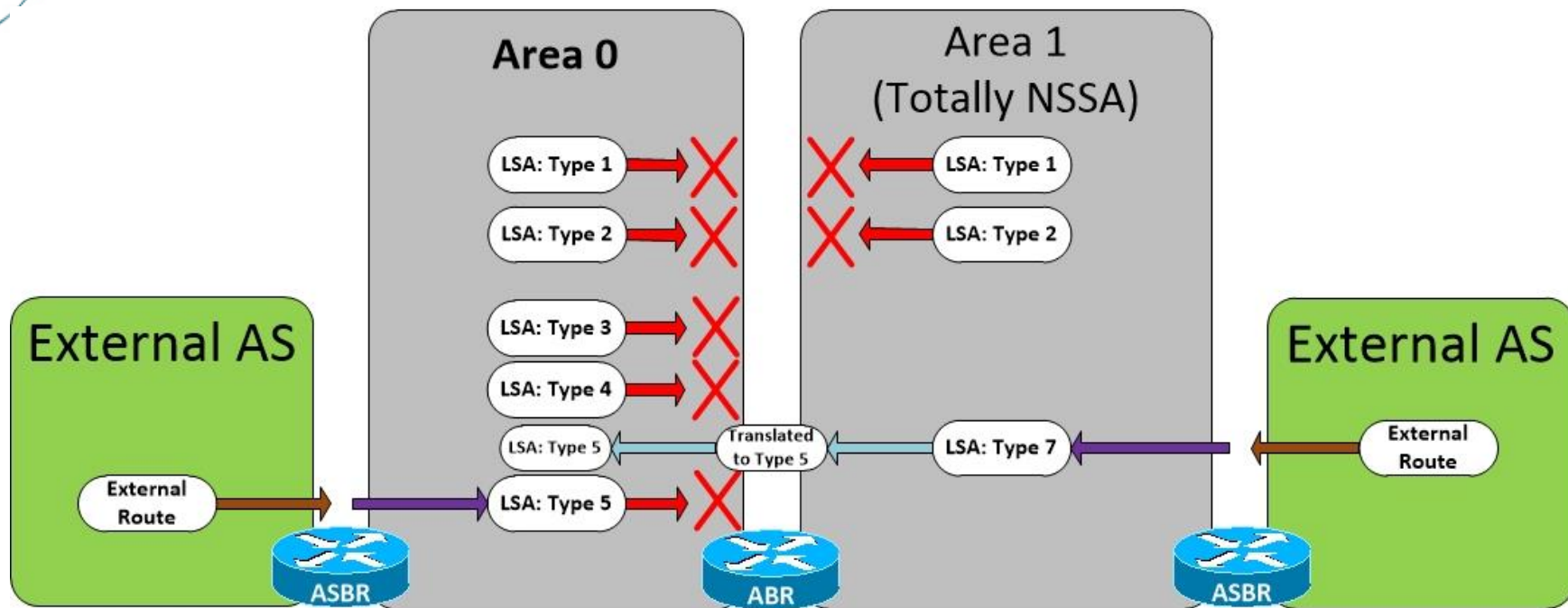
# Totally NSSA

## ■ Totally NSSA（完全NSSA）区域，

- ◆ 该区域的ABR**不会**将区域间的路由信息传递到本区域。
- ◆ 为保证到本自治系统的其他区域的路由依旧可达，该区域的ABR将生成一条缺省路由Type-3 LSA，发布给本区域中的其他非ABR路由器。



# Totally NSSA

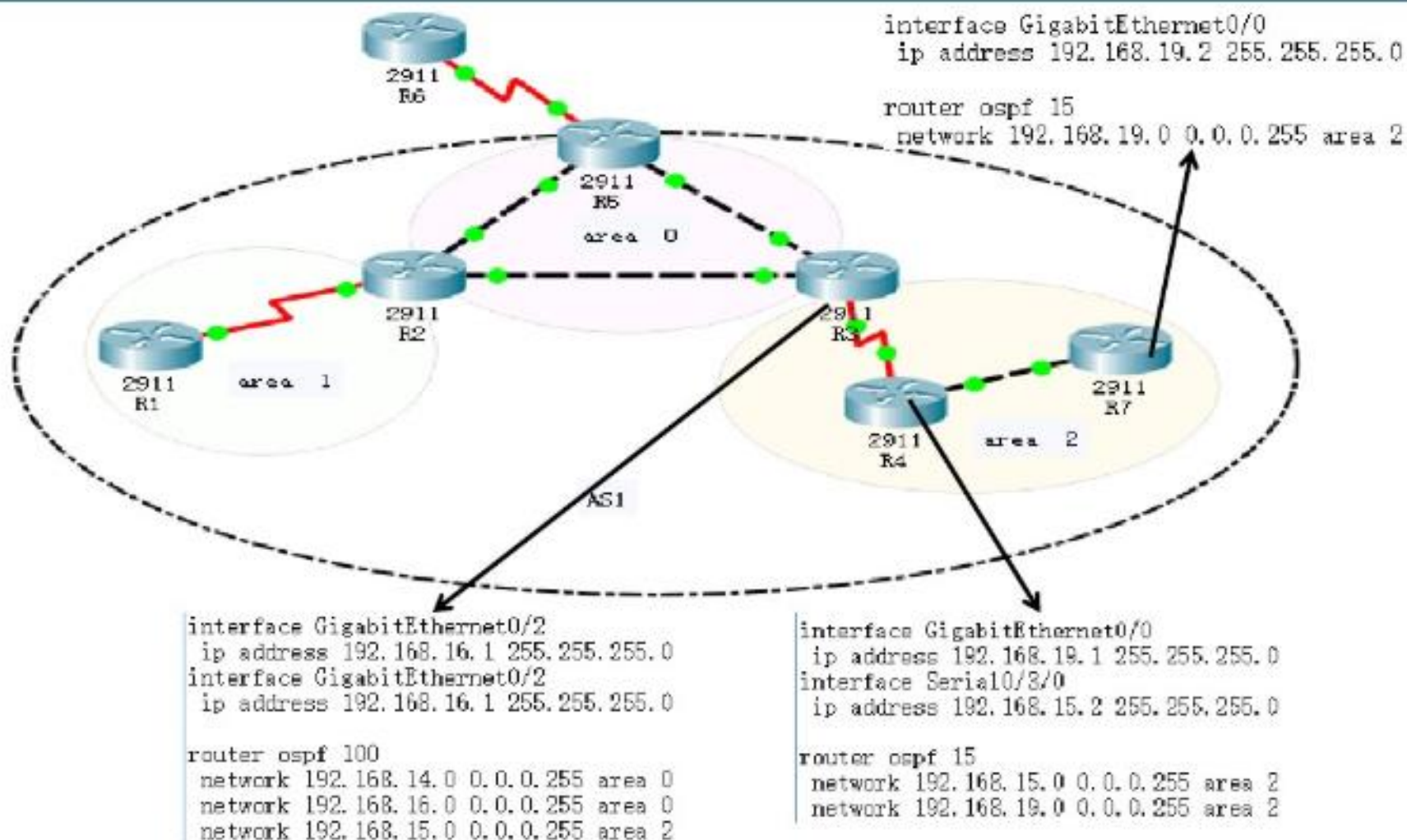


⑩简单来讲：

⑩NSSA = Stub + ASBR

⑩Total NSSA = Total Stub + ASBR

# 示例：普通多区域配置



## 普通区域中的路由表

```
R7#show ip route
```

```
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
O IA 192.168.13.0/24 [110/130] via 192.168.19.1, 00:40:39, GigabitEthernet0/0
```

```
O IA 192.168.14.0/24 [110/66] via 192.168.19.1, 00:40:59, GigabitEthernet0/0
```

```
O   192.168.15.0/24 [110/65] via 192.168.19.1, 00:41:09, GigabitEthernet0/0
```

```
O IA 192.168.16.0/24 [110/66] via 192.168.19.1, 00:40:59, GigabitEthernet0/0
```

```
O IA 192.168.17.0/24 [110/67] via 192.168.19.1, 00:40:49, GigabitEthernet0/0
```

```
O E2 192.168.18.0/24 [110/20] via 192.168.19.1, 00:40:49, GigabitEthernet0/0
```

```
    192.168.19.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
C      192.168.19.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
L      192.168.19.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

# Stub区域中的路由表

```
R7#show ip route  
<output omitted>
```

**Gateway of last resort is 192.168.19.1 to network 0.0.0.0**

O IA 192.168.13.0/24 [110/130] via 192.168.19.1, 00:02:01, GigabitEthernet0/0

O IA 192.168.14.0/24 [110/66] via 192.168.19.1, 00:02:11, GigabitEthernet0/0

O 192.168.15.0/24 [110/65] via 192.168.19.1, 00:02:21, GigabitEthernet0/0

O IA 192.168.16.0/24 [110/66] via 192.168.19.1, 00:02:11, GigabitEthernet0/0

O IA 192.168.17.0/24 [110/67] via 192.168.19.1, 00:02:01, GigabitEthernet0/0

192.168.19.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 192.168.19.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0

L 192.168.19.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0

**O\*IA 0.0.0.0/0 [110/66] via 192.168.19.1, 00:02:11, GigabitEthernet0/0**



# Totally Stubby 区域的路由表

```
R7#show ip route  
<output omitted>
```

**Gateway of last resort is 192.168.19.1 to network 0.0.0.0**

```
O   192.168.15.0/24 [110/65] via 192.168.19.1, 00:13:55, GigabitEthernet0/0  
    192.168.19.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks  
C   192.168.19.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0  
L   192.168.19.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0  
O*IA 0.0.0.0/0 [110/66] via 192.168.19.1, 00:13:45, GigabitEthernet0/0
```

# OSPF

---



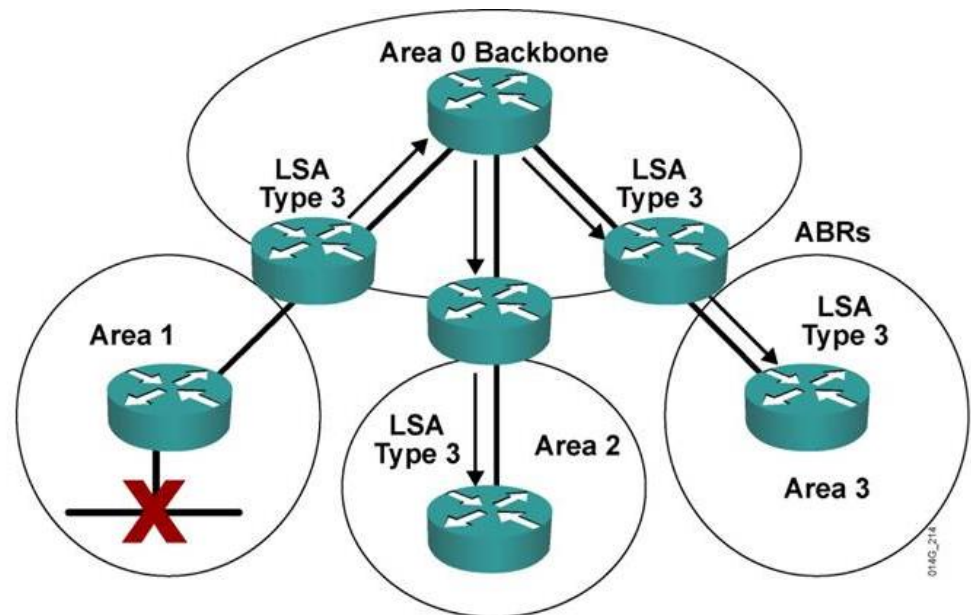
## OSPF

## 区域划分和汇总

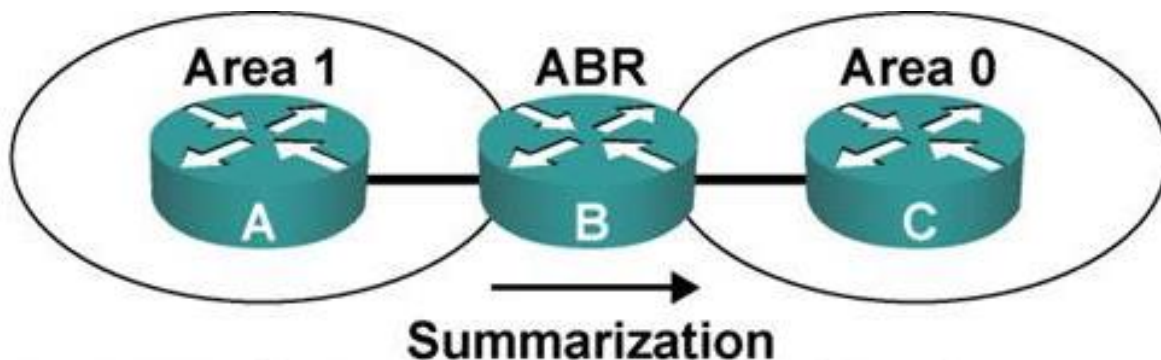
# 分区的优点

## ■ 分区的优点

- ◆ Minimizes number of routing table entries
- ◆ Localizes impact of a topology change
- ◆ Reduces LSA type 3 and 5 flooding and saves CPU resources



# 路由汇总



Routing Table for B

O 172.16.8.0	255.255.255.0
O 172.16.9.0	255.255.255.0
O 172.16.10.0	255.255.255.0
O 172.16.11.0	255.255.255.0
O 172.16.12.0	255.255.255.0
O 172.16.13.0	255.255.255.0
O 172.16.14.0	255.255.255.0
O 172.16.15.0	255.255.255.0
O 172.16.16.0	255.255.255.0
O 172.16.17.0	255.255.255.0
O 172.16.18.0	255.255.255.0
O 172.16.19.0	255.255.255.0

LSAs Sent to Router C

IA 172.16.8.0 255.255.248.0

IA 172.16.16.0 255.255.252.0

014G\_215