

OSPF基础

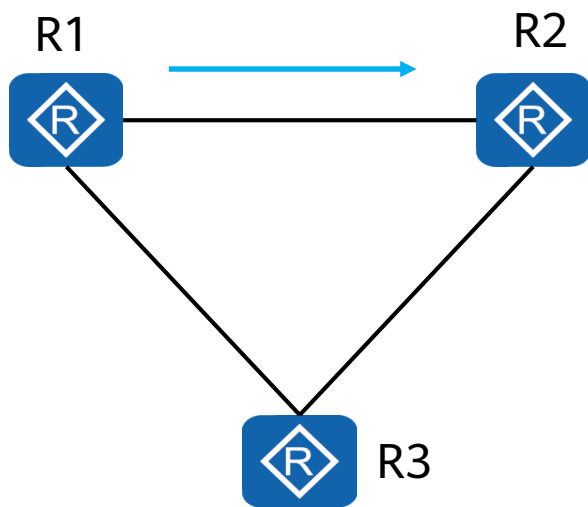
主讲人：鲍婷婷

目录

- 1 OSPF协议概述
 - 动态路由协议分类
 - OSPF简介
- 2 OSPF协议工作原理
- 3 OSPF协议典型配置

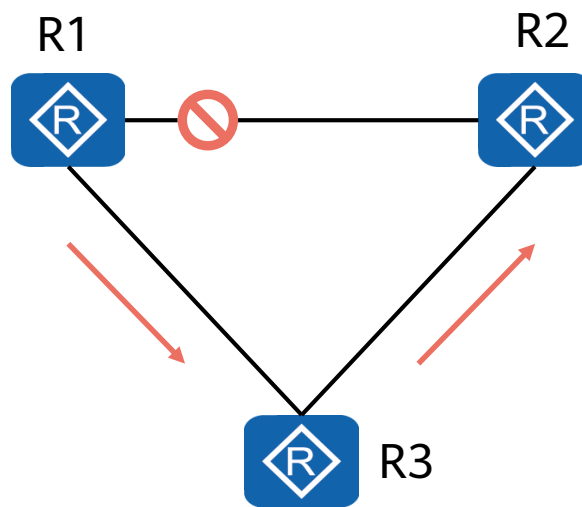
为什么需要动态路由协议?

- 静态路由有以下问题:
 - 无法适应规模较大的网络
 - 无法动态响应网络变化



R1-R2静态路由

链路故障



手动配置R1-R3-R2静态路由

动态路由协议的分类

按工作区域分类

IGP (Interior Gateway Protocols, 内部网关协议)

RIP

OSPF

IS-IS

EGP (Exterior Gateway Protocols, 外部网关协议)

BGP

按工作机制及算法分类

(Distance Vector Routing Protocols, 距离矢量路由协议)

RIP

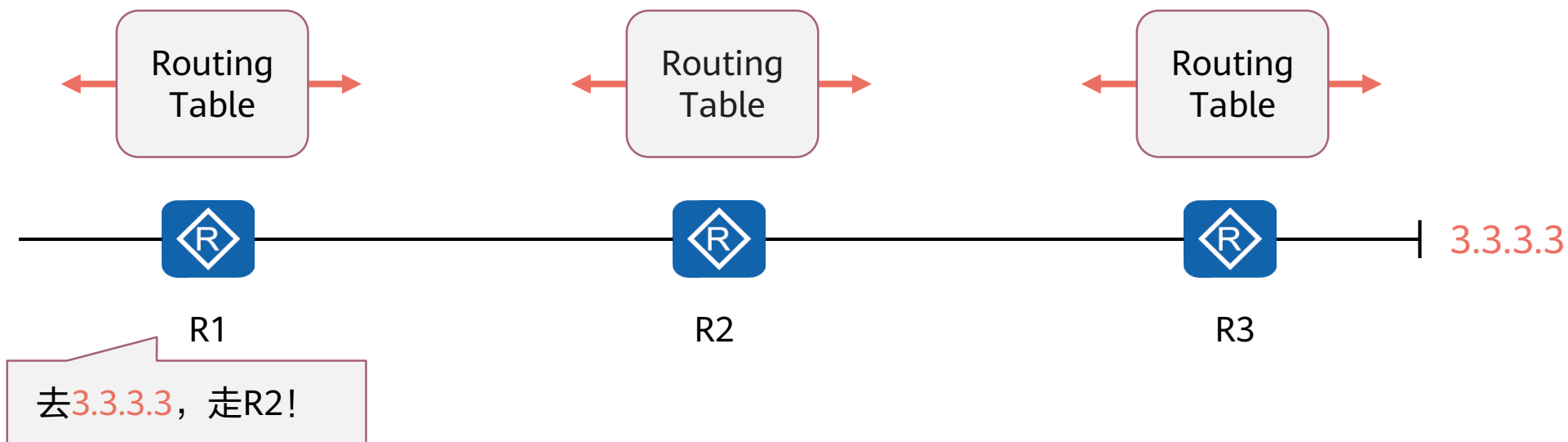
(Link-State Routing Protocols, 链路状态路由协议)

OSPF

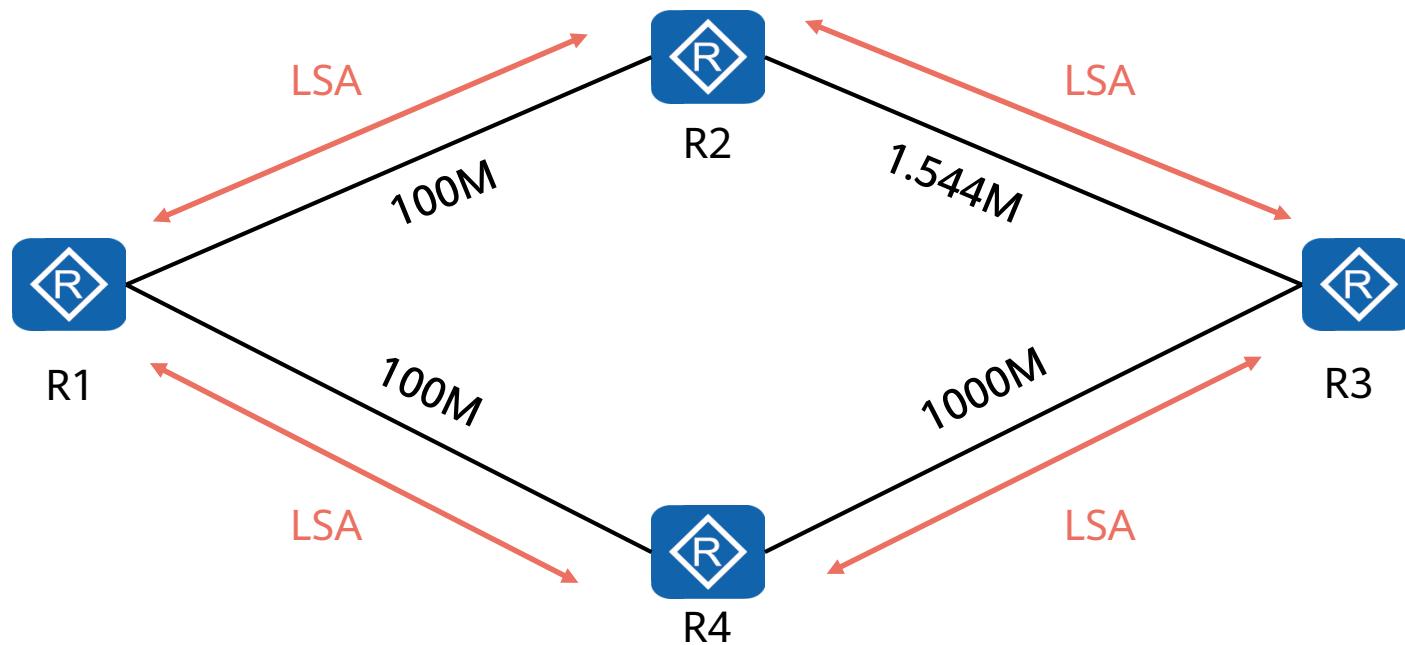
IS-IS

距离矢量路由协议

- 运行距离矢量路由协议的路由器周期性的泛洪自己的路由表。
- 对于网络中的所有路由器而言，路由器并不清楚网络的拓扑，只是简单的知道要去往某个目的方向在哪里，距离有多远。

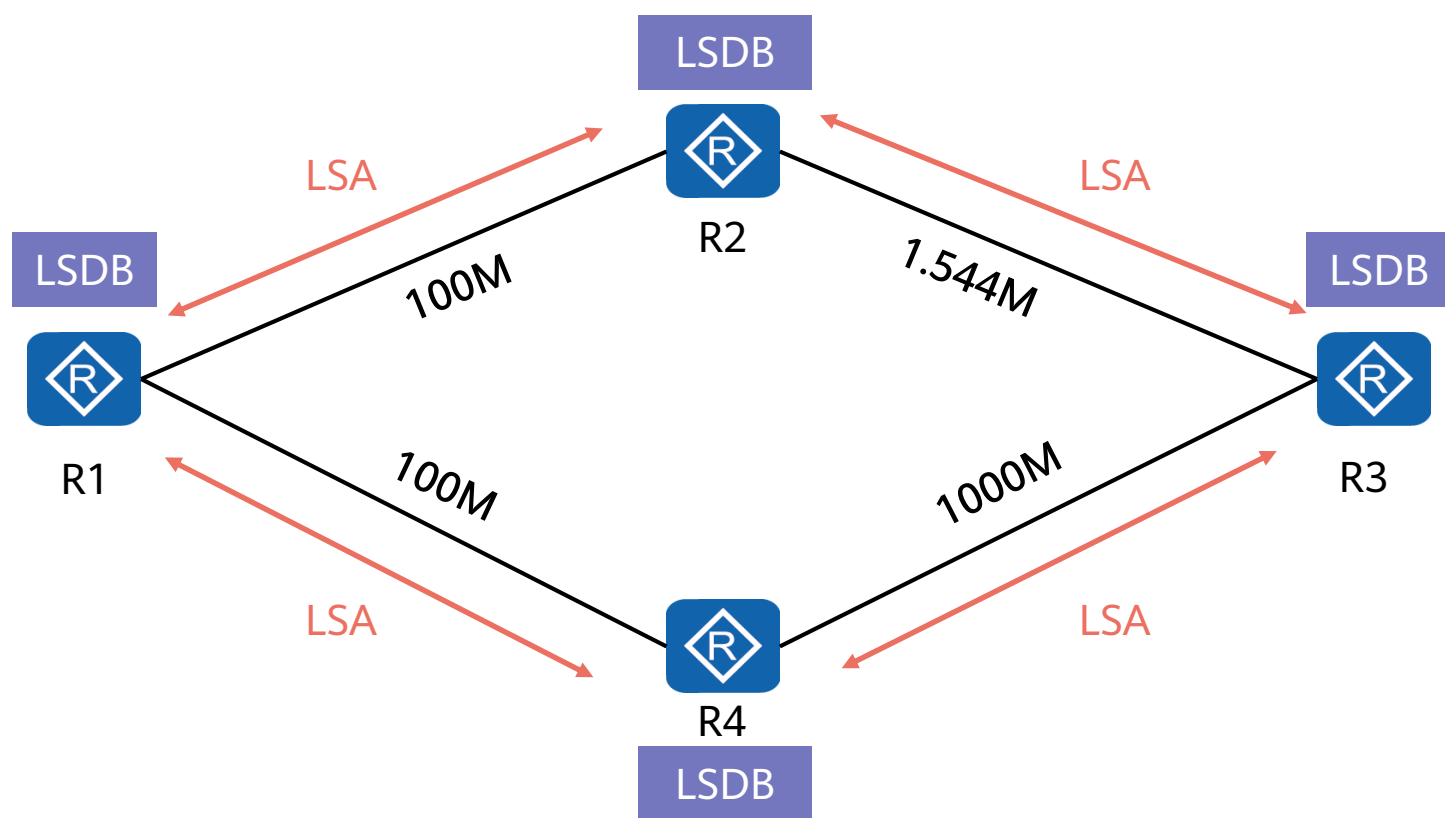


链路状态路由协议 - LSA泛洪



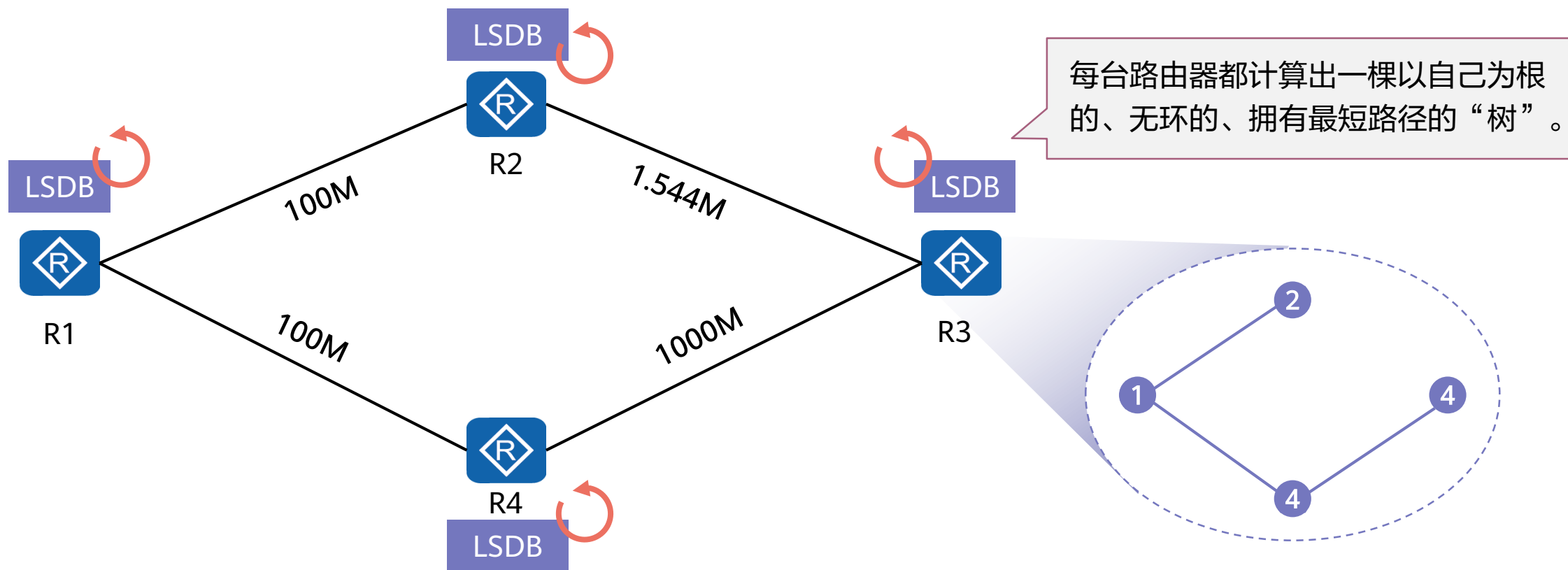
- 不再通告路由信息，而是LSA。
- LSA描述了路由器接口的状态信息，例如接口的开销、连接的对象等。

链路状态路由协议 - LSDB组建

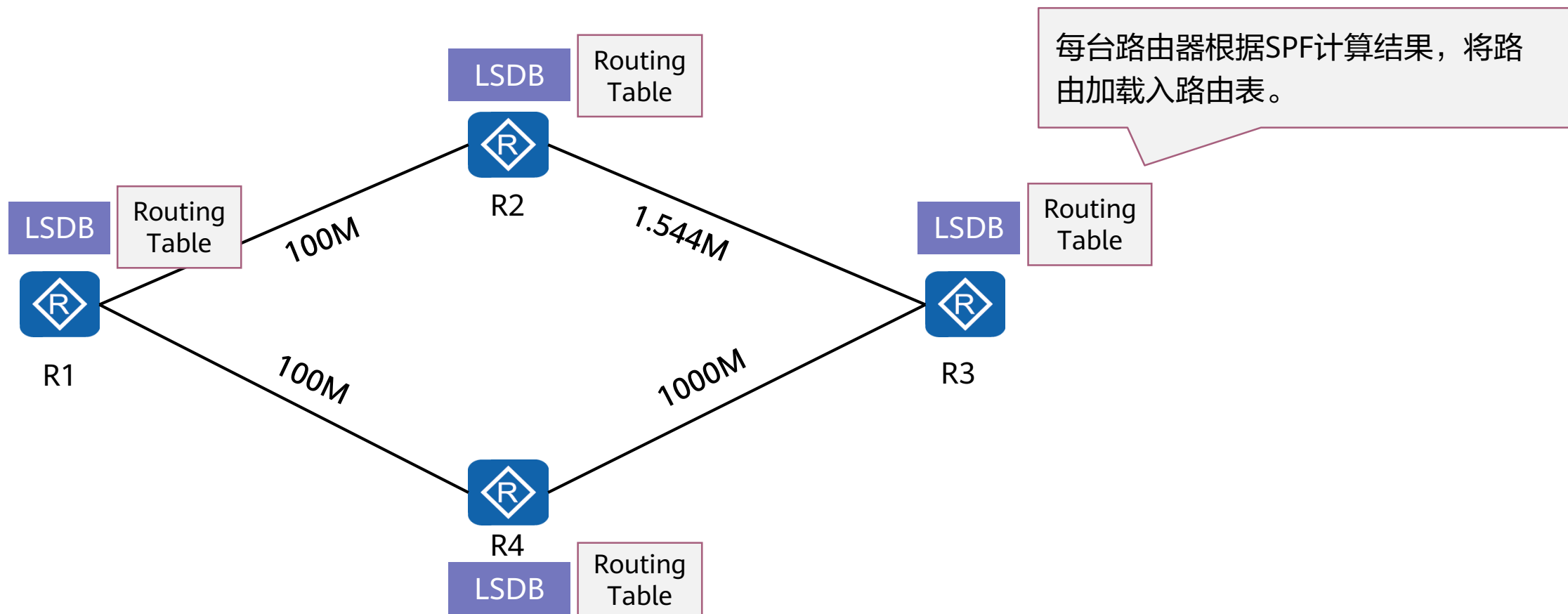


- 路由器将LSA存放在LSDB中
- LSDB汇总了网络中路由器对于自己接口的描述
- LSDB包含全网拓扑的描述

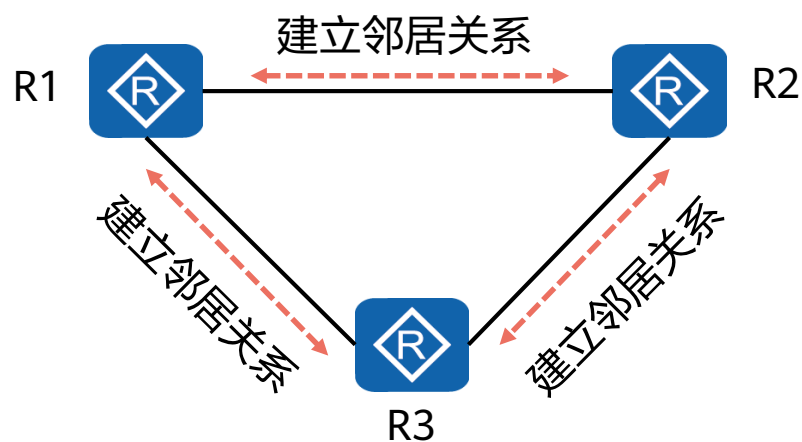
链路状态路由协议 - SPF计算



链路状态路由协议 - 路由表生成

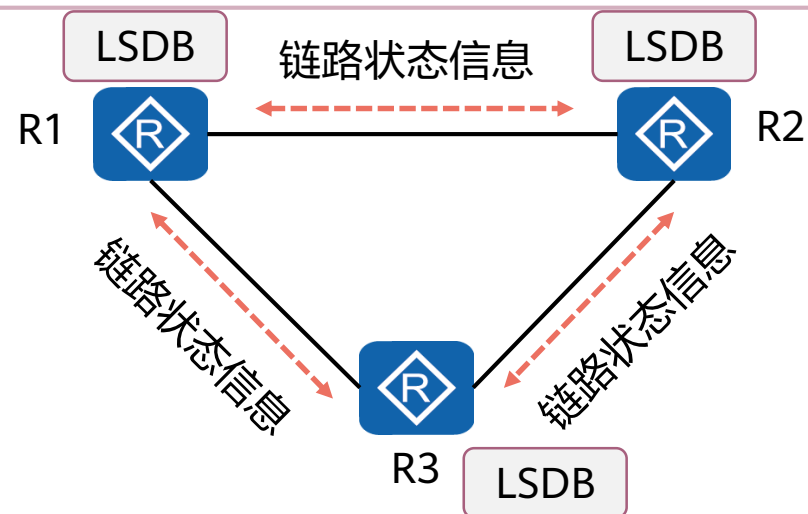


链路状态路由协议总结



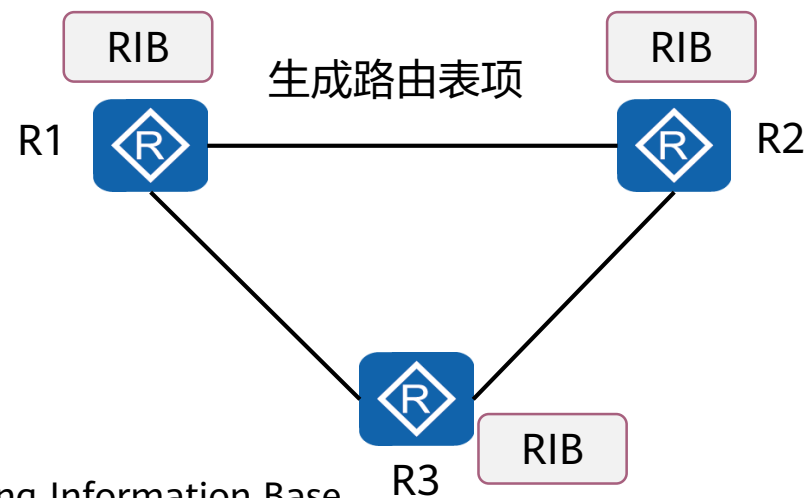
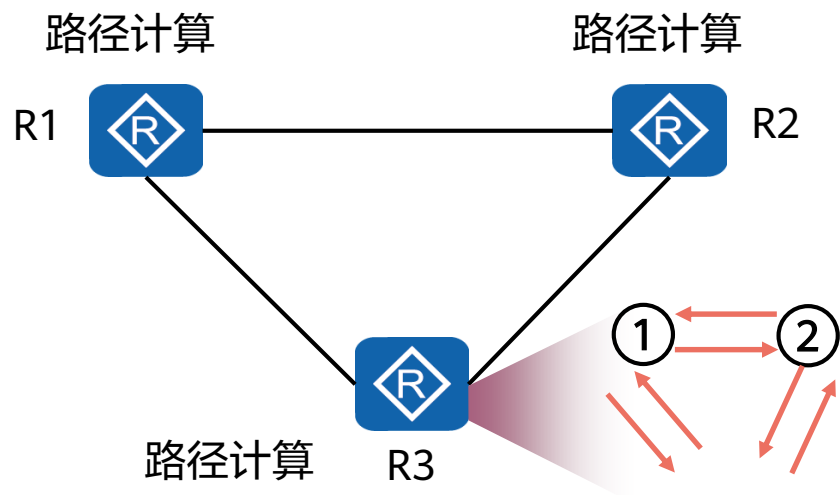
1

2



3

4



RIB: Routing Information Base

目录

1 OSPF协议概述

- 动态路由协议分类
- OSPF简介

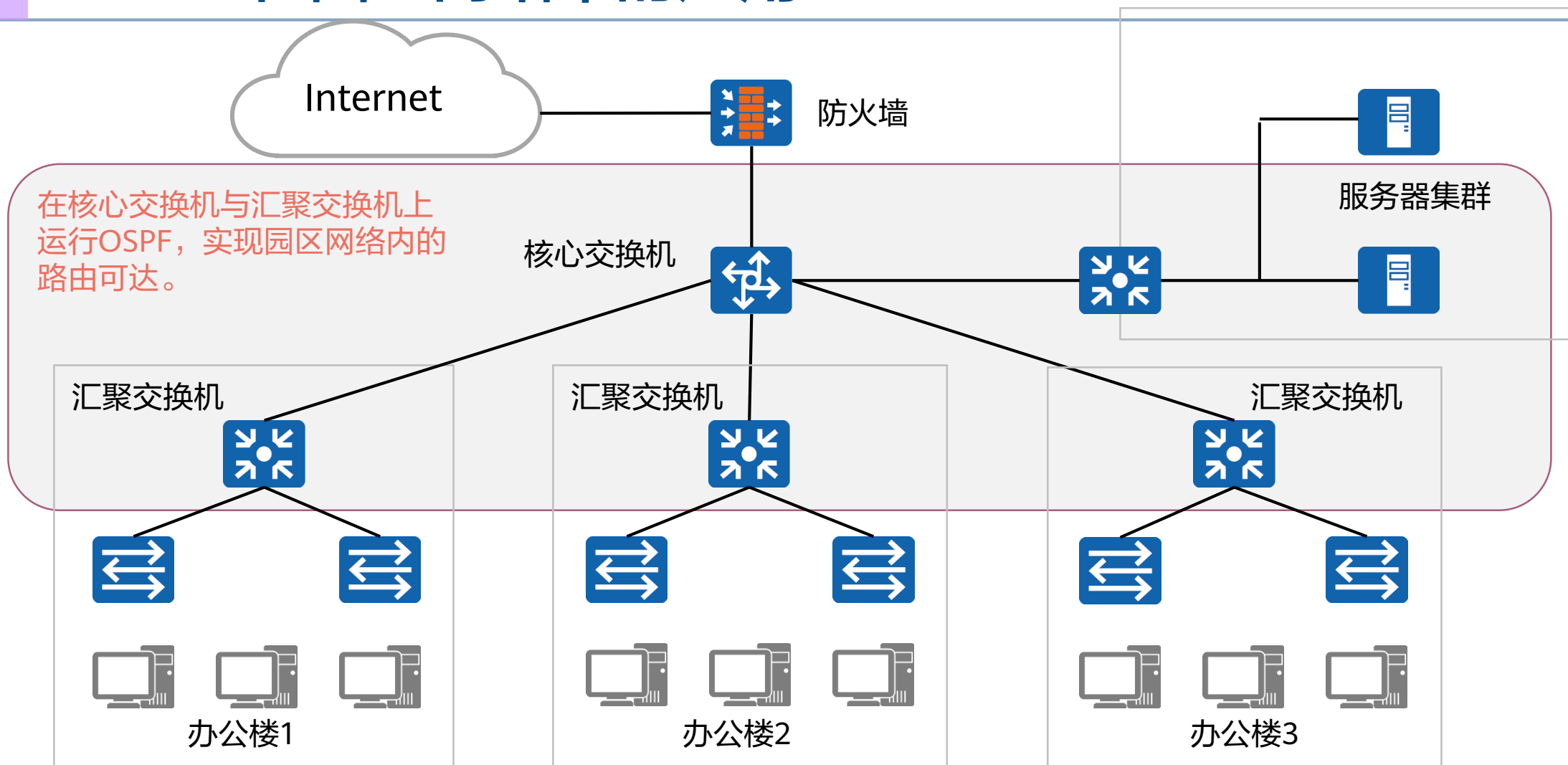
2 OSPF协议工作原理

3 OSPF协议典型配置

OSPF简介

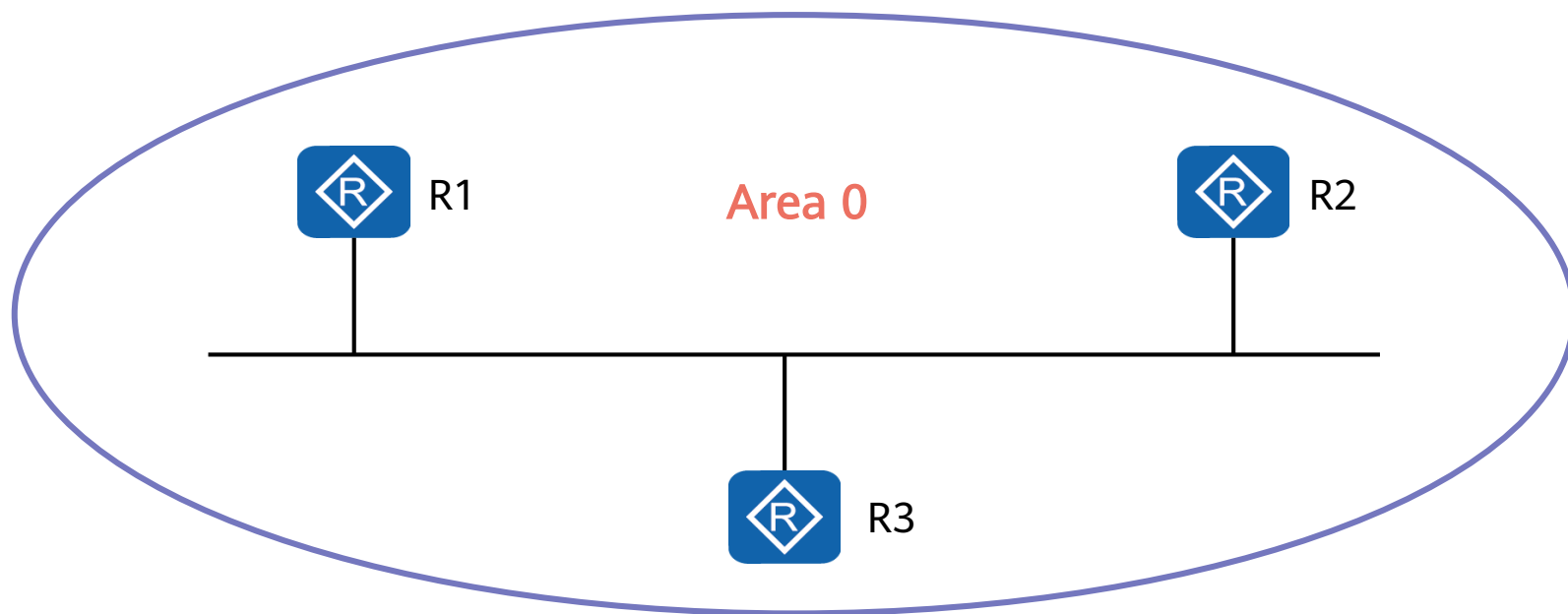
- OSPF是典型的链路状态路由协议，是目前业内使用非常广泛的IGP协议之一。
- 目前针对IPv4协议使用的是OSPF Version 2（RFC2328）；针对IPv6协议使用OSPF Version 3（RFC2740）。如无特殊说明本章后续所指的OSPF均为OSPF Version 2。
- 运行OSPF路由器之间交互的是LS（Link State，链路状态）信息，而不是直接交互路由。LS信息是OSPF能够正常进行拓扑及路由计算的关键信息。
- OSPF路由器将网络中的LS信息收集起来，存储在LSDB中。路由器都清楚区域内的网络拓扑结构，这有助于路由器计算无环路径。
- 每台OSPF路由器都采用SPF算法计算达到目的地的最短路径。路由器依据这些路径形成路由加载到路由表中。
- OSPF支持VLSM（Variable Length Subnet Mask，可变长子网掩码），支持手工路由汇总。
- 多区域的设计使得OSPF能够支持更大规模的网络。

OSPF在园区网络中的应用



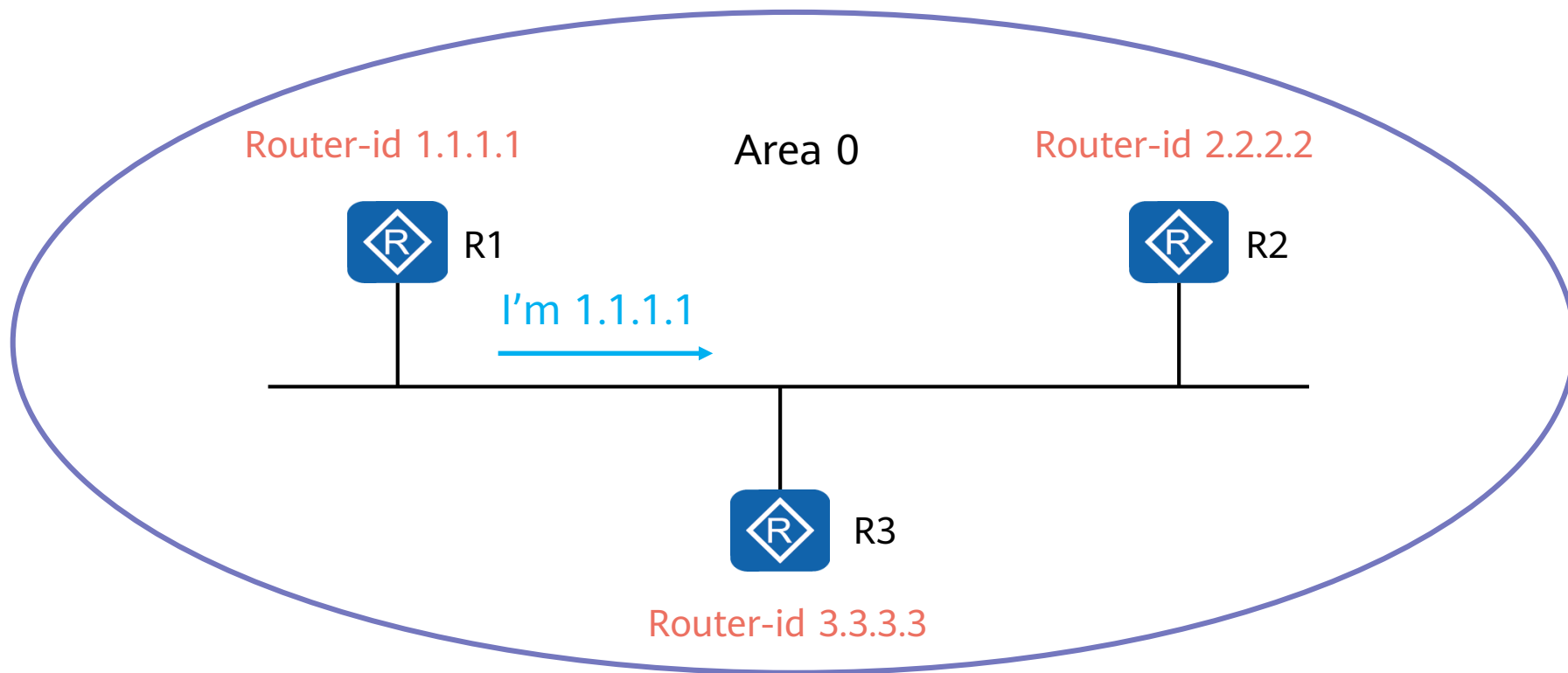
OSPF基础术语：区域

- OSPF Area用于标识一个OSPF的区域。
- 区域是从逻辑上将设备划分为不同的组，每个组用区域号（Area ID）来标识。



OSPF基础术语：Router-ID

- Router-ID（Router Identifier，路由器标识符），用于在一个OSPF域中唯一地标识一台路由器。
- Router-ID的设定可以通过手工配置的方式，或使用系统自动配置的方式。

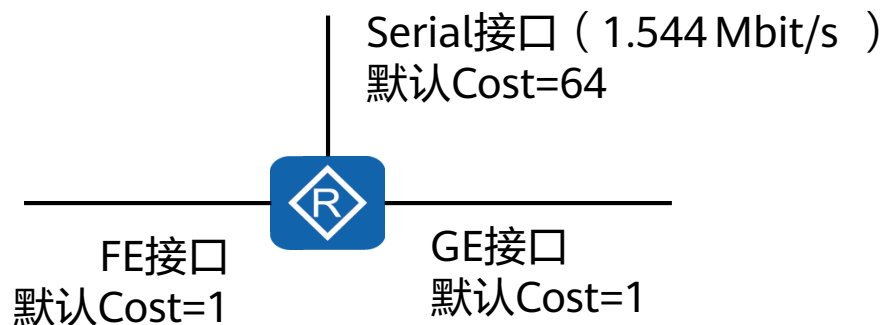


OSPF的基础术语：度量值

- OSPF使用Cost（开销）作为路由的度量值。每一个激活了OSPF的接口都会维护一个接口Cost值，缺省时

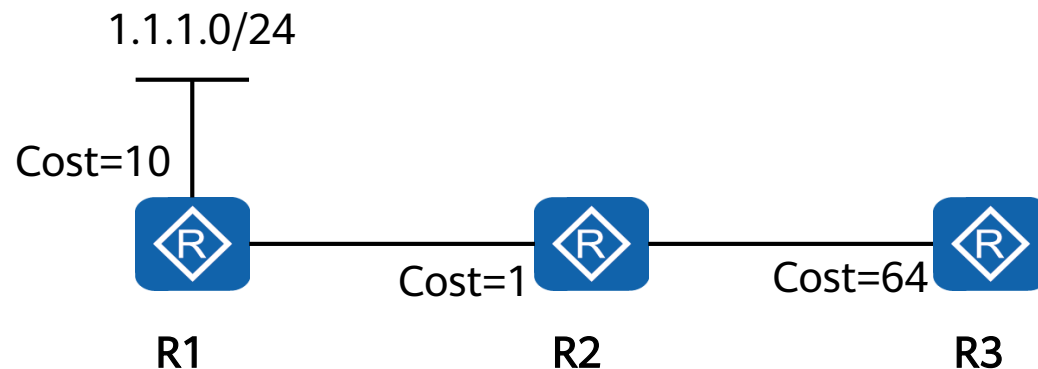
接口Cost值= $\frac{100 \text{ Mbit/s}}{\text{接口带宽}}$ 。其中100 Mbit/s为OSPF指定的缺省参考值，该值是可配置的。

OSPF接口Cost值



- OSPF不同接口因其带宽不同，有不同的Cost。

OSPF路径累计Cost值



- 在R3的路由表中，到达1.1.1.0/24的OSPF路由的Cost值=10+1+64，即75。

OSPF协议报文类型

- OSPF有五种类型的协议报文。这些报文在OSPF路由器之间交互中起不同的作用。

报文名称	报文功能
Hello	周期性发送，用来发现和维护OSPF邻居关系。
Database Description	描述本地LSDB的摘要信息，用于两台设备进行数据库同步。
Link State Request	用于向对方请求所需要的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。
Link State Update	用于向对方发送其所需要的LSA。
Link State ACK	用来对收到的LSA进行确认。

OSPF三大表项 - 邻居表

- 对于OSPF的邻居表，需要了解：
 - OSPF在传递链路状态信息之前，需先建立OSPF邻居关系。
 - OSPF的邻居关系通过交互Hello报文建立。
 - OSPF邻居表显示了OSPF路由器之间的邻居状态，使用display ospf peer查看。

[R1]display ospf peer

Router ID:1.1.1.1



R1

GE1/0/0

10.1.1.1/30

Router ID:2.2.2.2



R2

GE1/0/0

10.1.1.2/30

<R1> display ospf peer

OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1

Neighbors

Area 0.0.0.0 interface 10.1.1.1 (GigabitEthernet1/0/0)'s neighbors

Router ID: 2.2.2.2 Address: 10.1.1.2 GR State: Normal

State: Full Mode:Nbr is Master Priority: 1

DR: 10.1.1.1 BDR: 10.1.1.2 MTU: 0

Dead timer due in 35 sec

Retrans timer interval: 5

Neighbor is up for 00:00:05

Authentication Sequence: [0]

OSPF三大表项 - LSDB表

- 对于OSPF的LSDB表，需要了解：
 - LSDB会保存自己产生的及从邻居收到的LSA信息，本例中R1的LSDB包含了三条LSA。
 - Type标识LSA的类型，AdvRouter标识发送LSA的路由器。
 - 使用命令行display ospf lsdb查看LSDB表。

[R1]display ospf lsdb

Router ID:1.1.1.1



R1

GE1/0/0

10.1.1.1/30

Router ID:2.2.2.2



R2

GE1/0/0

10.1.1.2/30

<R1> display ospf lsdb

OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1

Link State Database

Area: 0.0.0.0

Type	LinkState ID	AdvRouter	Age	Len	Sequence	Metric
Router	2.2.2.2	2.2.2.2	98	36	8000000B	1
Router	1.1.1.1	1.1.1.1	92	36	80000005	1
Network	10.1.1.2	2.2.2.2	98	32	80000004	0

OSPF三大表项 - OSPF路由表

- 对于OSPF的路由表，需要了解：
 - OSPF路由表和路由器路由表是两张不同的表项。本例中OSPF路由表有三条路由。
 - OSPF路由表包含Destination、Cost和NextHop等指导转发的信息。
 - 使用命令display ospf routing查看OSPF路由表。

[R1]display ospf routing

Router ID:1.1.1.1



R1

GE1/0/0

10.1.1.1/30

Router ID:2.2.2.2



R2

GE1/0/0

10.1.1.2/30

<R1> display ospf routing

OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1

Routing Tables

Routing for Network

Destination	Cost	Type	NextHop	AdvRouter	Area
1.1.1.1/32	0	stub	1.1.1.1	1.1.1.1	0.0.0.0
10.1.1.0/20	1	Transit	10.1.1.1	1.1.1.1	0.0.0.0
2.2.2.2/32	1	stub	10.1.1.2	2.2.2.2	0.0.0.0

Total Nets: 3

Intra Area: 3 Inter Area: 0 ASE: 0 NSSA: 0

目录

1

OSPF协议概述

2

OSPF协议工作原理

- OSPF邻居建立
- OSPF路由表建立

3

OSPF协议典型配置

OSPF路由器之间的关系

- 关于OSPF路由器之间的关系有两个重要的概念，邻居关系和邻接关系。
- 考虑一种简单的拓扑，两台路由器直连。在双方互联接口上激活OSPF，路由器开始发送及侦听Hello报文。在通过Hello报文发现彼此后，这两台路由器便形成了邻居关系。
- 邻居关系的建立只是一个开始，后续会进行一系列的报文交互，例如前文提到的DD、LSR、LSU和LS ACK等。当两台路由器LSDB同步完成，并开始独立计算路由时，这两台路由器形成了邻接关系。

初识OSPF邻接关系建立过程

- OSPF完成邻接关系的建立有四个步骤，建立邻居关系、协商主/从、交互LSDB信息，同步LSDB。



OSPF邻接关系建立流程 - 1

Router ID:1.1.1.1

Router ID:2.2.2.2

R1



R2



Hello报文
我是1.1.1.1，我还不知道链路上有谁

Init

发现R1 (1.1.1.1) 了，将它添加到我的邻居表。邻居表中R1状态为Init。

Hello报文

我是2.2.2.2，我发现了邻居1.1.1.1

2-way

发现R2 (2.2.2.2) 了，将它添加到我的邻居表。由于R2发现我了，所以邻居表中R2的状态为2-Way。

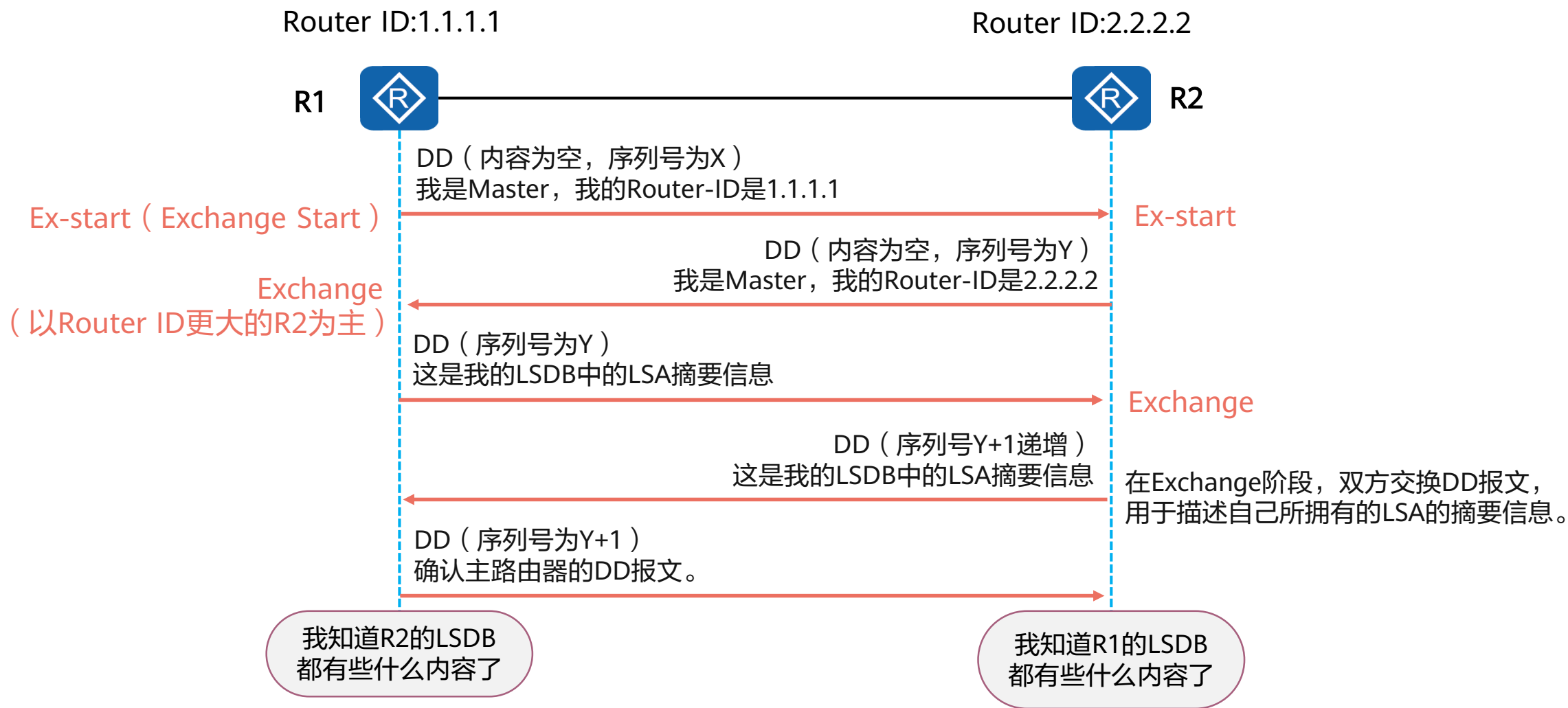
Hello报文
我是1.1.1.1，我发现了邻居2.2.2.2

2-way

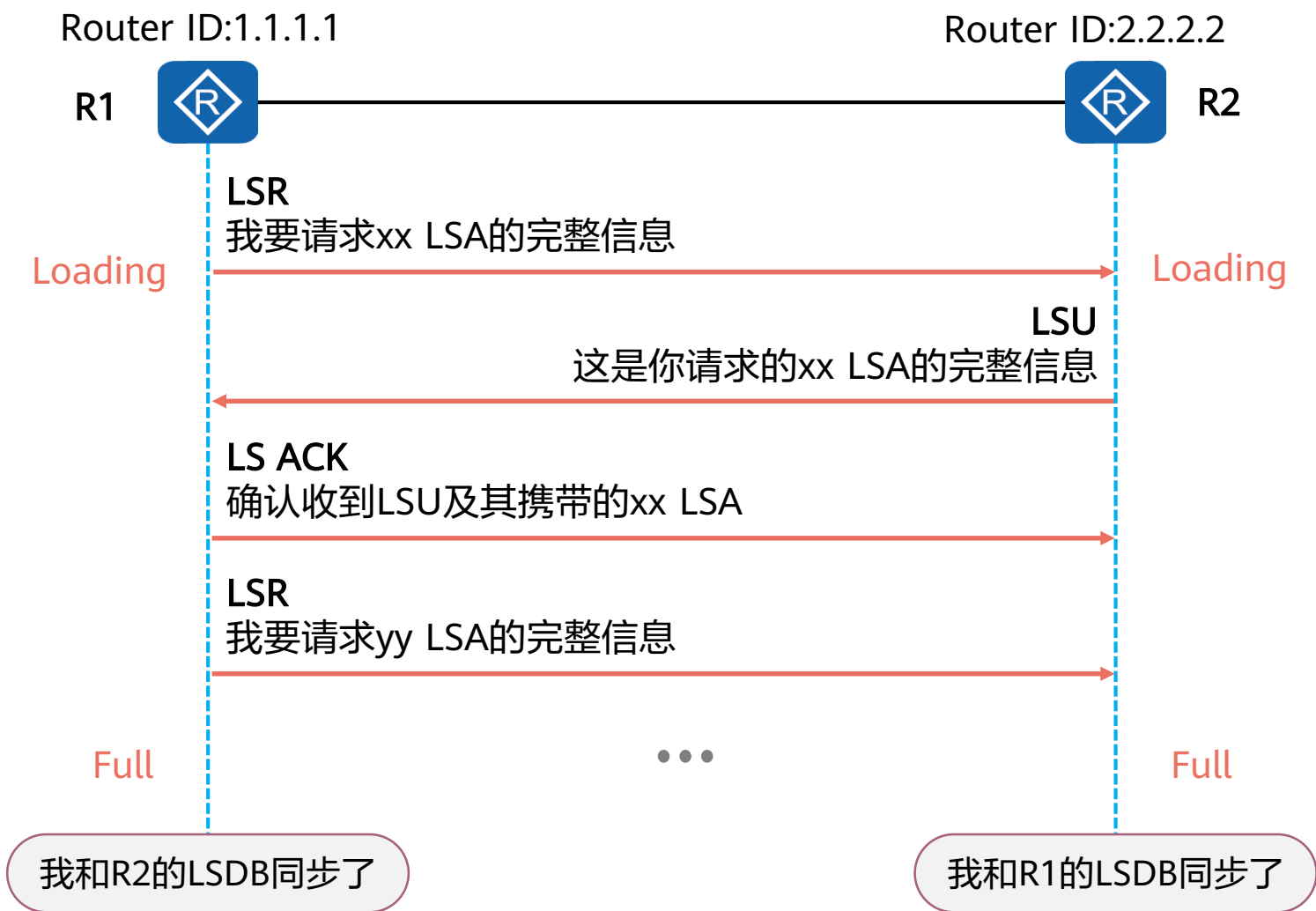
R1发现我了，我在邻居表中将1.1.1.1的状态切换到2-Way。

我们是邻居了

OSPF邻接关系建立流程 - 2&3



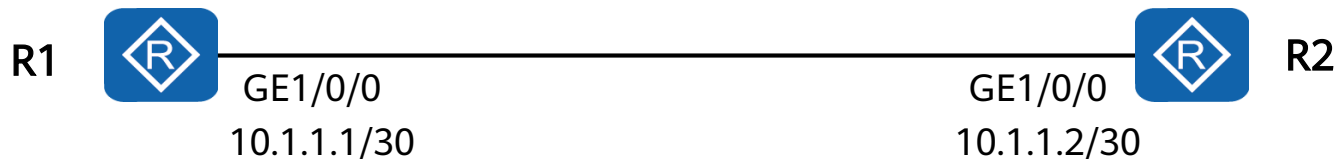
OSPF邻接关系建立流程 - 4



OSPF邻居表回顾

Router ID:1.1.1.1

Router ID:2.2.2.2



```
<R1> display ospf peer
OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1
Neighbors
Area 0.0.0.0 interface 10.1.1.1(GigabitEthernet1/0/0)'s neighbors
Router ID: 2.2.2.2   Address: 10.1.1.2   GR State: Normal
State: Full Mode:Nbr is Master Priority: 1
DR: 10.1.1.1 BDR: 10.1.1.2 MTU: 0
Dead timer due in 35 sec
Retrans timer interval: 5
Neighbor is up for 00:00:05
Authentication Sequence: [ 0 ]
```

邻居的Router-ID为
2.2.2.2

邻居的状态为Full

R1在GE1/0/0接口上，
在Area0中发现了邻居

邻居2.2.2.2是Master

思考：邻居表中的
DR/BDR是什么？

目录

1

OSPF协议概述

2

OSPF协议工作原理

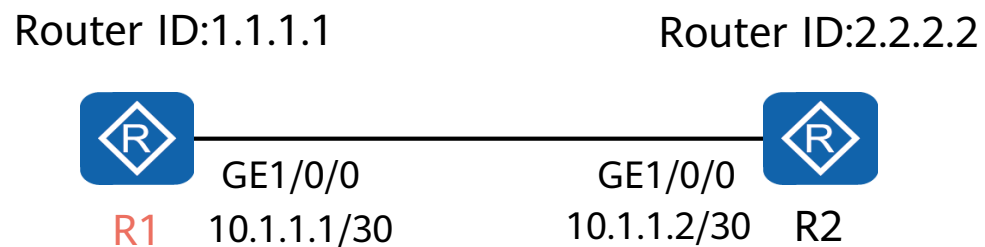
- OSPF邻居建立
- OSPF路由表建立

3

OSPF协议典型配置

OSPF网络类型简介

- OSPF的有四种网络类型，Broadcast、NBMA、P2MP和P2P。



[R1-GigabitEthernet1/0/0] ospf network-type ?

broadcast Specify OSPF broadcast network

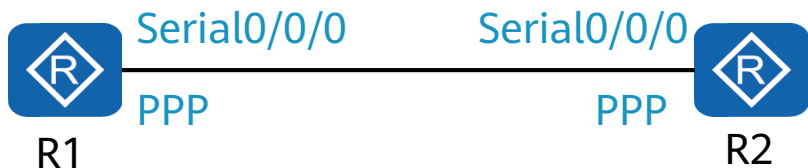
nbma Specify OSPF NBMA network

p2mp Specify OSPF point-to-multipoint network

p2p Specify OSPF point-to-point network

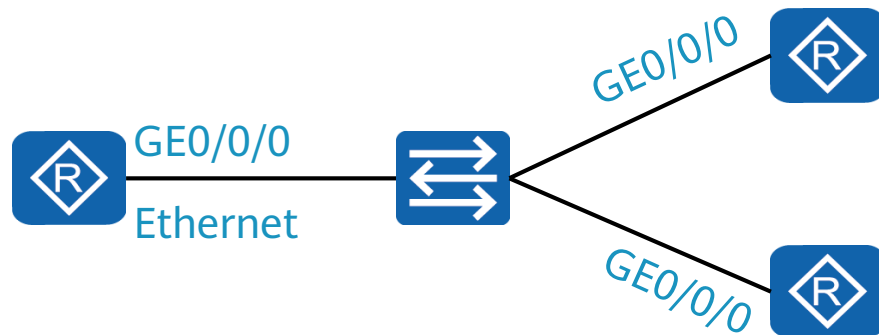
OSPF网络类型 (1)

P2P (Point-to-Point, 点对点)



- P2P指的是在一段链路上只能连接两台网络设备的环境。
- 典型的例子是PPP链路。当接口采用PPP封装时，OSPF在该接口上采用的缺省网络类型为P2P。

BMA (Broadcast Multiple Access, 广播式多路访问)



- BMA也被称为Broadcast，指的是一个允许多台设备接入的、支持广播的环境。
- 典型的例子是Ethernet（以太网）。当接口采用Ethernet封装时，OSPF在该接口上采用的缺省网络类型为BMA。

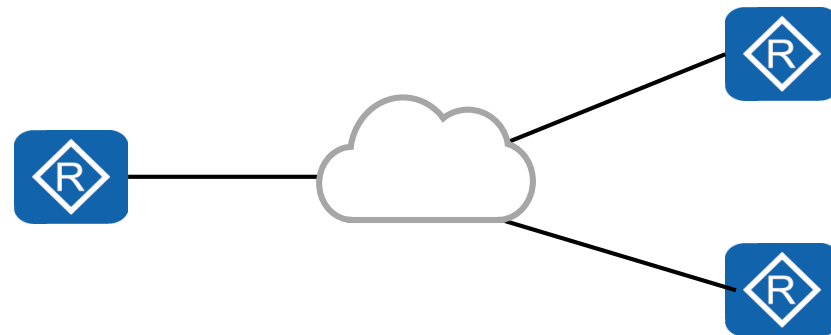
OSPF网络类型 (2)

NBMA (Non-Broadcast Multiple Access, 非广播式多路访问)



- NBMA指的是一个允许多台网络设备接入且不支持广播的环境。
- 典型的例子是帧中继 (Frame-Relay) 网络。

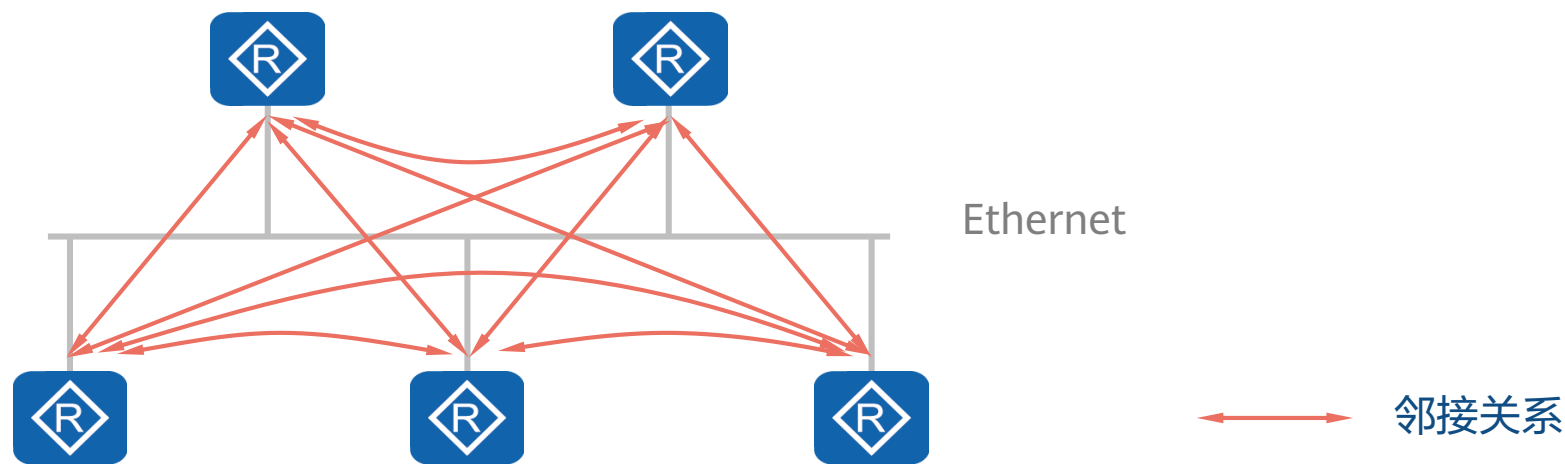
P2MP (Point to Multi-Point, 点到多点)



- P2MP相当于将多条P2P链路的一端进行捆绑得到的网络。
- 没有一种链路层协议会被缺省的认为是P2MP网络类型。该类型必须由其他网络类型手动更改。

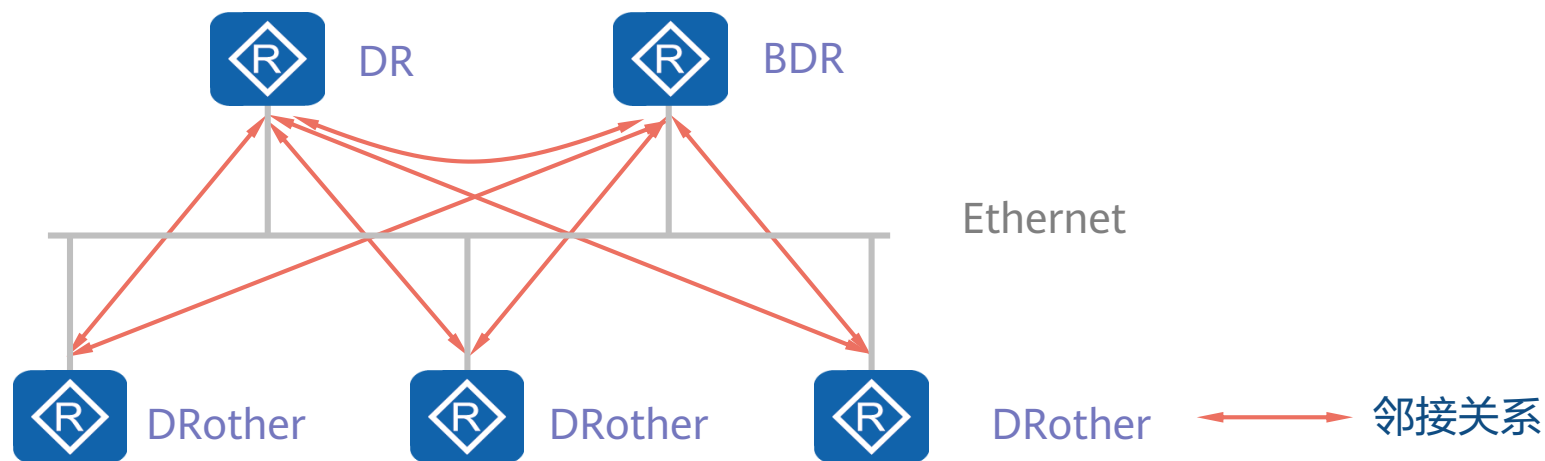
DR与BDR的背景

- 在MA网络中，如果每台OSPF路由器都与其他的所有路由器建立OSPF邻接关系，便会导致网络中存在过多的OSPF邻接关系，增加设备负担，也增加了网络中泛洪的OSPF报文数量。
- 当拓扑出现变更，网络中的LSA泛洪可能会造成带宽的浪费和设备资源的损耗。

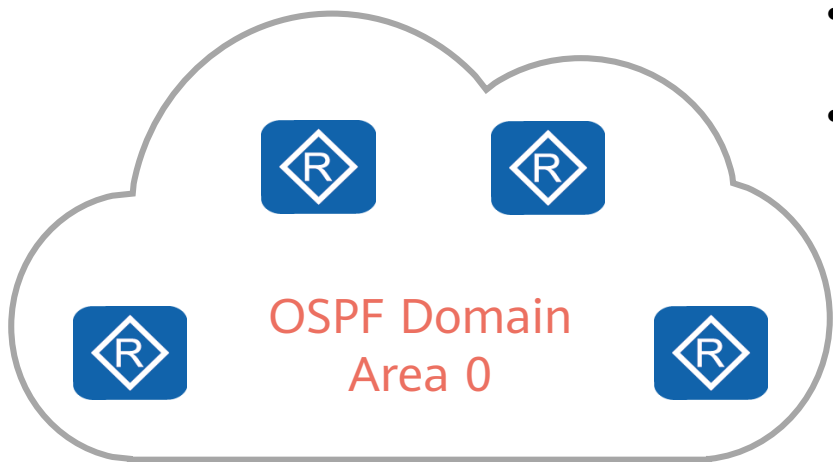


DR与BDR

- 为优化MA网络中OSPF邻接关系，OSPF指定了三种OSPF路由器身份，DR（Designated Router，指定路由器）、BDR（Backup Designated Router，备用指定路由器）和DRoother路由器。
- 只允许DR、BDR与其他OSPF路由器建立邻接关系。DRoother之间不会建立全毗邻的OSPF邻接关系，双方停滞在2-way状态。
- BDR会监控DR的状态，并在当前DR发生故障时接替其角色。

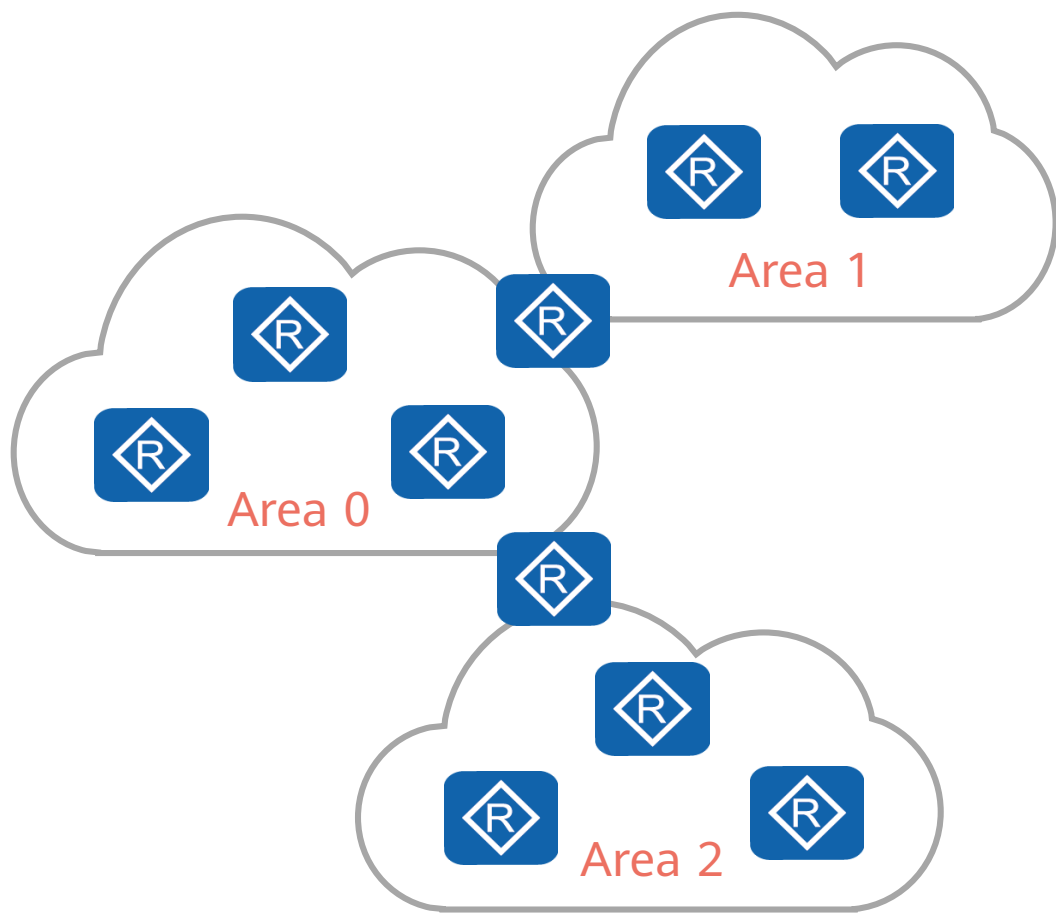


OSPF域与单区域



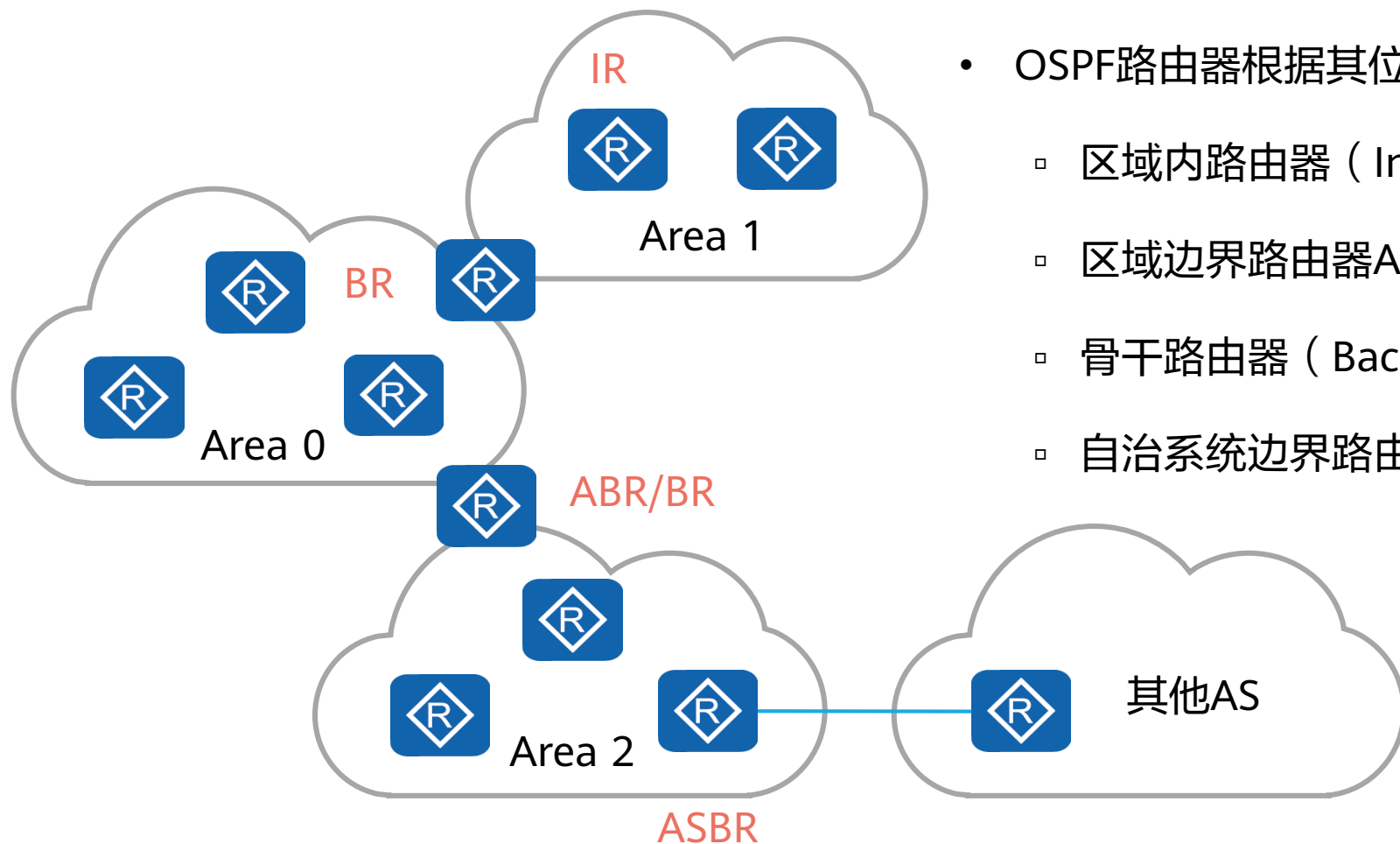
- OSPF域 (Domain)
- OSPF路由器在同一个区域 (Area) 内网络中泛洪LSA
- 如果OSPF域仅有一个区域，随着网络规模越来越大，OSPF路由器的数量越来越多，这将导致诸多问题：
 - LSDB越来越庞大，同时导致OSPF路由表规模增加。路由器资源消耗多，设备性能下降，影响数据转发。
 - 基于庞大的LSDB进行路由计算变得困难。
 - 当网络拓扑变更时，LSA全域泛洪和全网SPF重计算带来巨大负担。

OSPF多区域



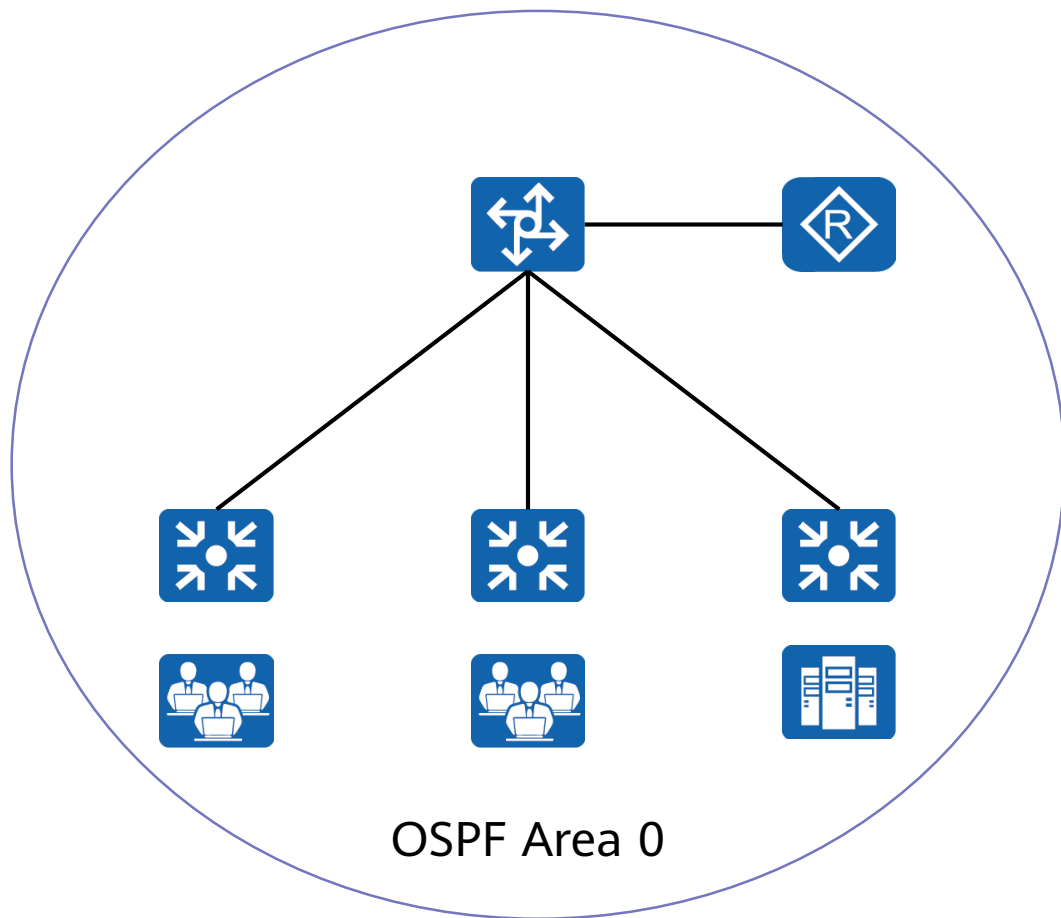
- OSPF引入区域（Area）的概念，将一个OSPF域划分成多个区域，可以使OSPF支撑更大规模组网。
- OSPF多区域的设计减小了LSA泛洪的范围，有效的把拓扑变化的影响控制在区域内，达到网络优化的目的。
- 在区域边界可以做路由汇总，减小了路由表规模。
- 多区域提高了网络扩展性，有利于组建大规模的网络。

OSPF路由器类型

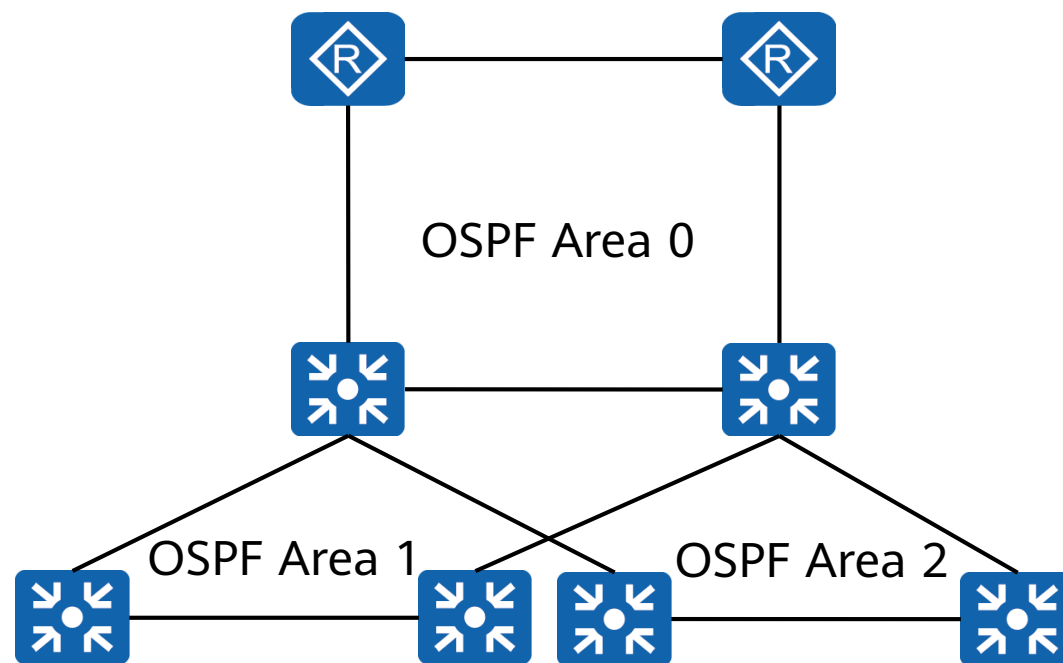


- OSPF路由器根据其位置或功能不同，有这样几种类型：
 - 区域内路由器（Internal Router）
 - 区域边界路由器ABR（Area Border Router）
 - 骨干路由器（Backbone Router）
 - 自治系统边界路由器ASBR（AS Boundary Router）

OSPF单区域&多区域典型组网



中小型企业网（单区域）



大型企业网（多区域）

目录

1

OSPF协议概述

2

OSPF协议工作原理

3

OSPF协议典型配置

- OSPF基础配置
- OSPF配置案例

OSPF基础配置命令 (1)

1. （系统视图）创建并运行OSPF进程

```
[Huawei] ospf [ process-id | router-id router-id ]
```

*process-id*用于标识OSPF进程，默认进程号为1。OSPF支持多进程，在同一台设备上可以运行多个不同的OSPF进程，它们之间互不影响，彼此独立。**router-id**用于手工指定设备的ID号。如果没有通过命令指定ID号，系统会从当前接口的IP地址中自动选取一个作为设备的ID号。

2. （OSPF视图）创建并进入OSPF区域

```
[Huawei] area area-id
```

area命令用来创建OSPF区域，并进入OSPF区域视图。

*area-id*可以是十进制整数或点分十进制格式。采取整数形式时，取值范围是0 ~ 4294967295。

3. （OSPF区域视图）指定运行OSPF的接口

```
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.0] network network-address wildcard-mask
```

network命令用来指定运行OSPF协议的接口和接口所属的区域。*network-address*为接口所在的网段地址。*wildcard-mask*为IP地址的反码，相当于将IP地址的掩码反转（0变1，1变0），例如0.0.0.255表示掩码长度24 bit。

OSPF基础配置命令 (2)

4. （接口视图）配置OSPF接口开销

```
[Huawei-GE1/0/1] ospf cost cost
```

ospf cost命令用来配置接口上运行OSPF协议所需的开销。缺省情况下，OSPF会根据该接口的带宽自动计算其开销值，**cost**取值范围是1 ~ 65535。

5. （OSPF视图）设置OSPF带宽参考值

```
[Huawei-ospf-1] bandwidth-reference value
```

bandwidth-reference命令用来设置通过公式计算接口开销所依据的带宽参考值。**value**取值范围是1 ~ 2147483648，单位是Mbit/s，缺省值是100Mbit/s。

6. （接口视图）设置接口在选举DR时的优先级

```
[Huawei-GigabitEthernet0/0/0] ospf dr-priority priority
```

ospf dr-priority命令用来设置接口在选举DR时的优先级。**priority**值越大，优先级越高，取值范围是0 ~ 255。

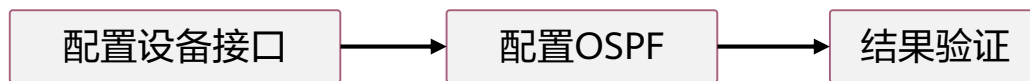
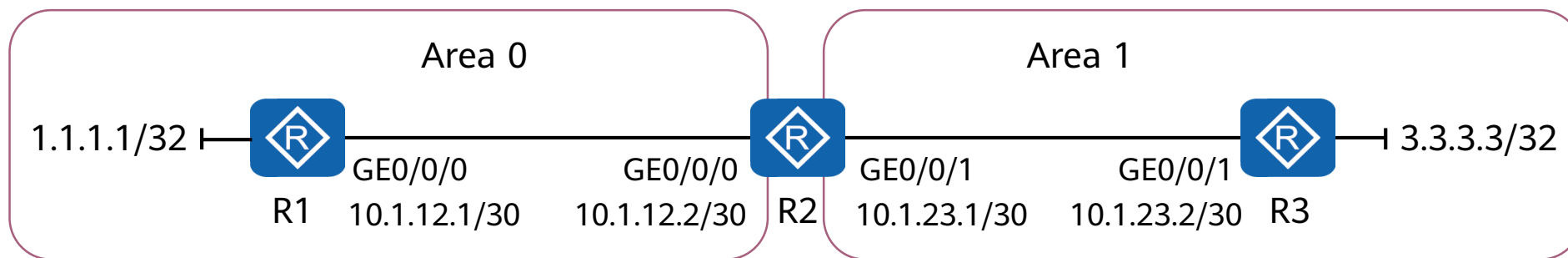
目录

- 1 OSPF协议概述
- 2 OSPF协议工作原理
- 3 OSPF协议典型配置**
 - OSPF基础配置
 - **OSPF配置案例**

OSPF配置案例

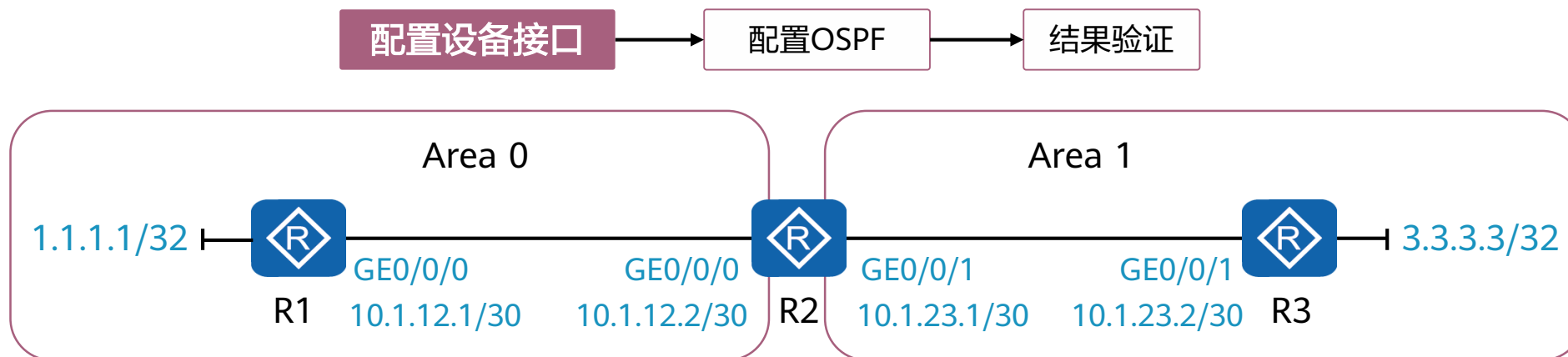
案例描述：

- 有三台路由器R1、R2和R3，其中R1和R3分别连接网络1.1.1.1/32和3.3.3.3/32（LoopBack 0模拟），现需要使用OSPF实现这两个网络的互通。具体拓扑如下：



- 配置过程分为三个步骤：配置设备接口、配置OSPF和验证结果。

OSPF配置案例 - 配置接口



- 根据规划配置R1、R2和R3接口IP地址。

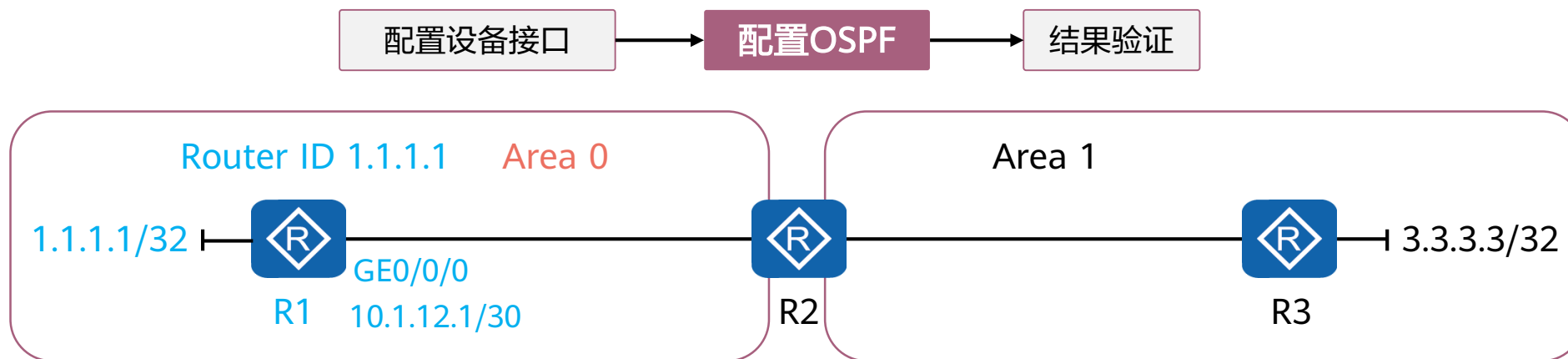
#配置R1的接口

```
[R1] interface LoopBack 0
[R1-LoopBack0] ip address 1.1.1.1 32
[R1-LoopBack0] interface GigabitEthernet 0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0] ip address 10.1.12.1 30
```

#配置R3的接口

```
[R3] interface LoopBack 0
[R3-LoopBack0] ip address 3.3.3.3 32
[R3-LoopBack0] interface GigabitEthernet 0/0/1
[R3-GigabitEthernet0/0/1] ip address 10.1.23.2 30
```

OSPF配置案例 - 配置OSPF (1)



- OSPF参数规划：OSPF进程号为1。R1、R2和R3的Router ID分别为1.1.1.1、2.2.2.2和3.3.3.3。

- 配置步骤：

- 创建并运行OSPF进程
- 创建并进入OSPF区域
- 指定运行OSPF的接口

#配置R1 OSPF协议

```
[R1] ospf 1 router-id 1.1.1.1
```

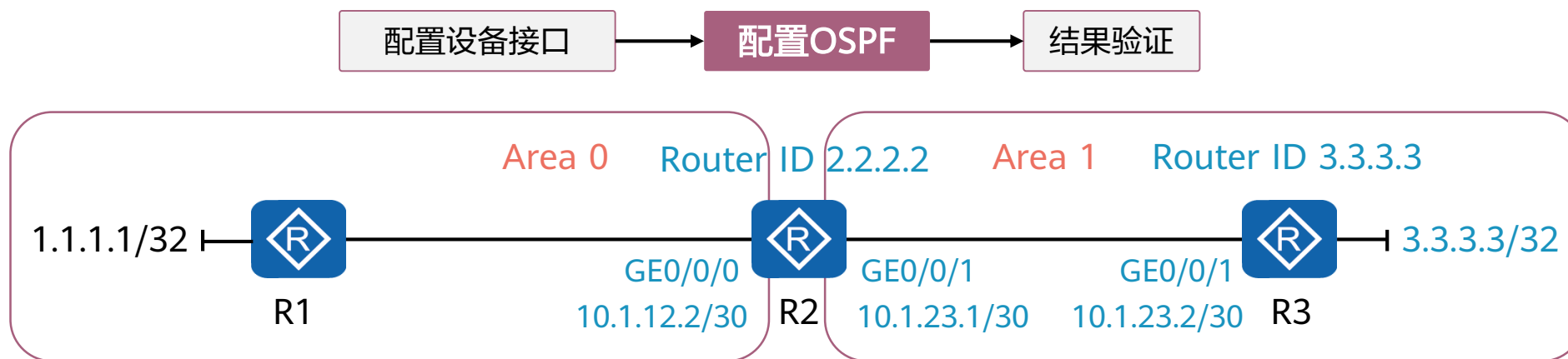
```
[R1-ospf-1] area 0
```

```
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.1 0.0.0.0
```

```
[R1-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.12.0 0.0.0.3
```

注意反掩码

OSPF配置案例 - 配置OSPF (2)



- OSPF多区域的配置请注意在指定区域下通知相应的网段。

#配置R2 OSPF协议

```
[R2] ospf 1 router-id 2.2.2.2
```

```
[R2-ospf-1] area 0
```

```
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.12.0 0.0.0.3
```

```
[R2-ospf-1-area-0.0.0.0] area 1
```

```
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1] network 10.1.23.0 0.0.0.3
```

#配置R3 OSPF协议

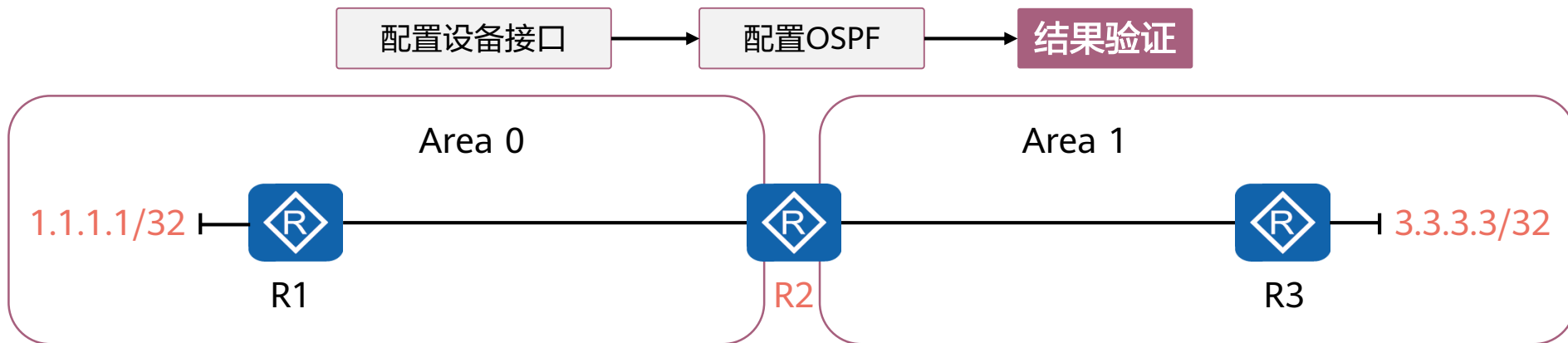
```
[R3] ospf 1 router-id 3.3.3.3
```

```
[R3-ospf-1] area 1
```

```
[R3-ospf-1-area-0.0.0.1] network 3.3.3.3 0.0.0.0
```

```
[R3-ospf-1-area-0.0.0.1] network 10.1.23.0 0.0.0.3
```

OSPF配置案例 – 结果验证 (1)



- 在路由器R2上查看OSPF邻居表:

<R2> display ospf peer brief

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2

Peer Statistic Information

Area Id	Interface	Neighbor id	State
0.0.0.0	GigabitEthernet0/0/0	1.1.1.1	Full
0.0.0.1	GigabitEthernet0/0/1	3.3.3.3	Full

邻居的区域ID

邻居的状态
结果验证邻居状态为Full，即
成功建立邻接关系。

OSPF配置案例 – 结果验证 (2)

- 在路由器R1上查看路由表，并执行从源1.1.1.1 ping 3.3.3.3。

从OSPF学习到
3.3.3.3/32路由

指定源地址为
1.1.1.1 ping
3.3.3.3

```
<R1>display ip routing-table
```

```
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

```
-----  
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 10      Routes : 10
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
1.1.1.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	LoopBack0
3.3.3.3/32	OSPF	10	2	D	10.1.12.2	GigabitEthernet 0/0/0
10.1.12.0/30	Direct	0	0	D	10.1.12.1	GigabitEthernet 0/0/0

```
...
```

```
<R1>ping -a 1.1.1.1 3.3.3.3
```

```
PING 3.3.3.3: 56 data bytes, press CTRL_C to break
```

```
Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=50 ms
```

```
...
```

本章总结

- OSPF是现网中使用广泛的路由协议之一，本章节帮助您初步了解OSPF的基本概念、应用场景和基础配置。
- Router ID、区域、OSPF邻居表、LSDB表和OSPF路由表是OSPF的基本概念。