

# IP路由基础

主讲人：鲍婷婷

# 目录

1

## 路由概述

- 路由基本概念
- 路由条目生成
- 最优路由条目优选
- 路由转发

2

## 静态路由

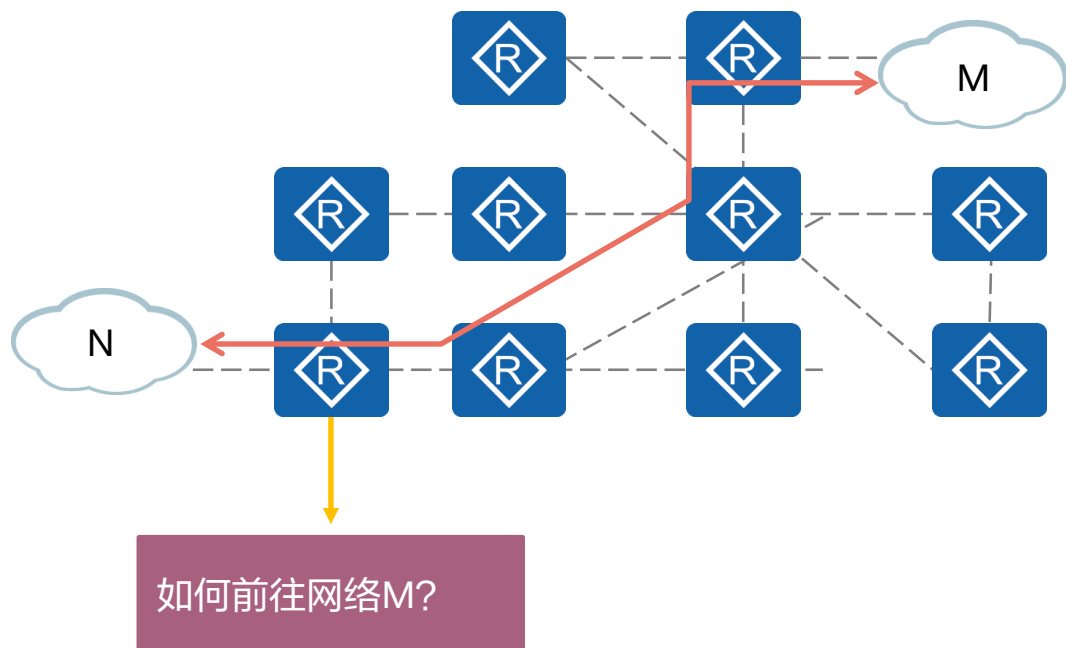
3

## 动态路由

4

## 路由高级特性

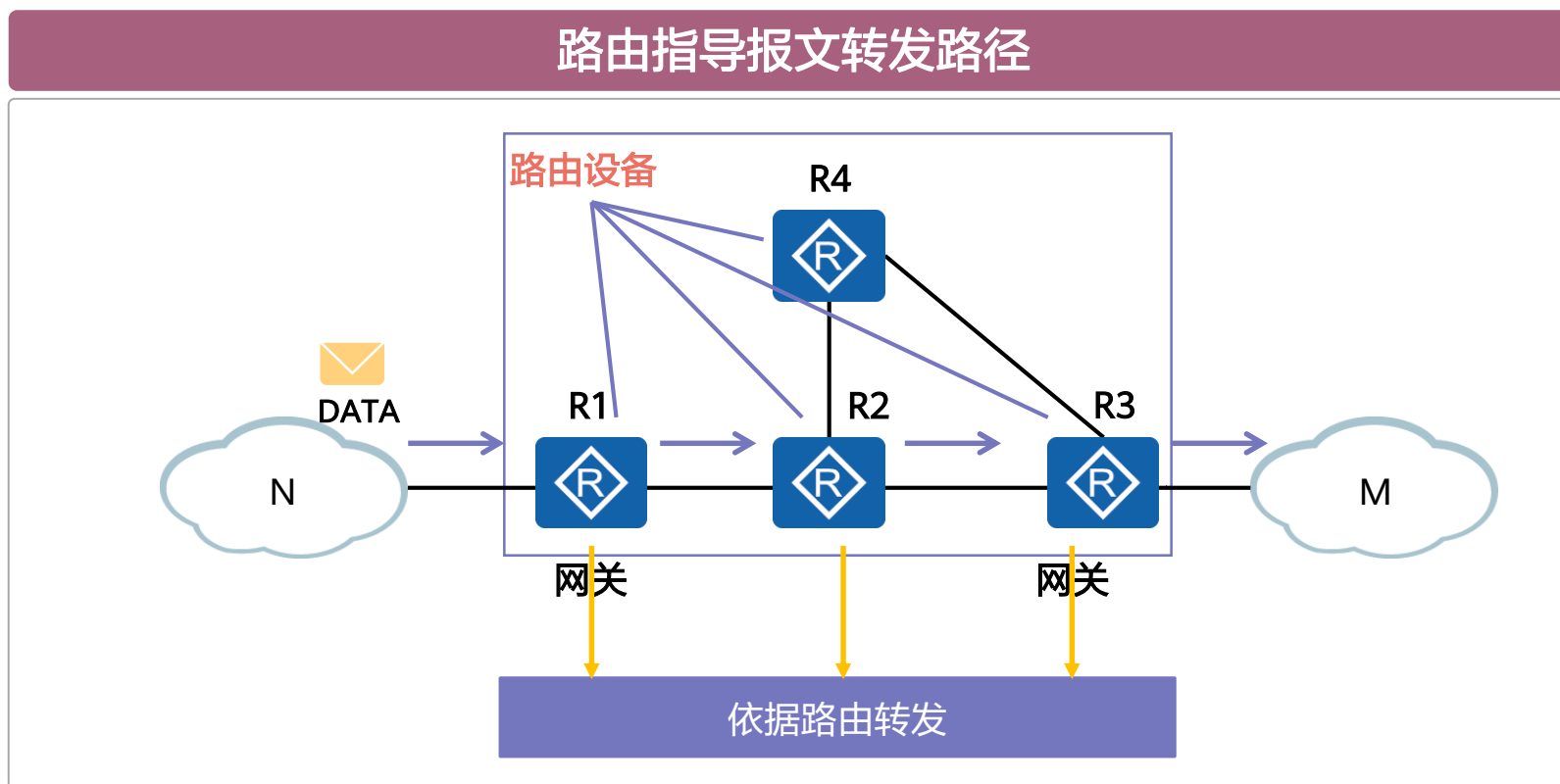
## 背景：网段间通信



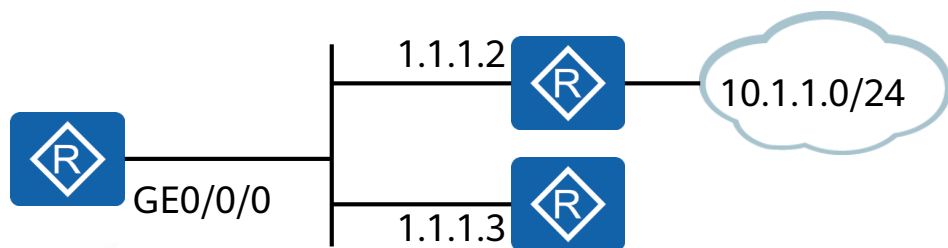
- IP地址唯一标识了网络中的一个节点，每个IP地址都拥有自己的网段，各个网段可能分布在网络的不同区域。
- 为实现IP寻址，分布在不同区域的网段之间要能够相互通信。

# 路由

- 路由是指导报文转发的路径信息，通过路由可以确认转发IP报文的路径。
- 路由设备是依据路由转发报文到目的网段的网络设备，最常见的路由设备：路由器。
- 路由设备维护着一张路由表，保存着路由信息。



# 路由信息介绍



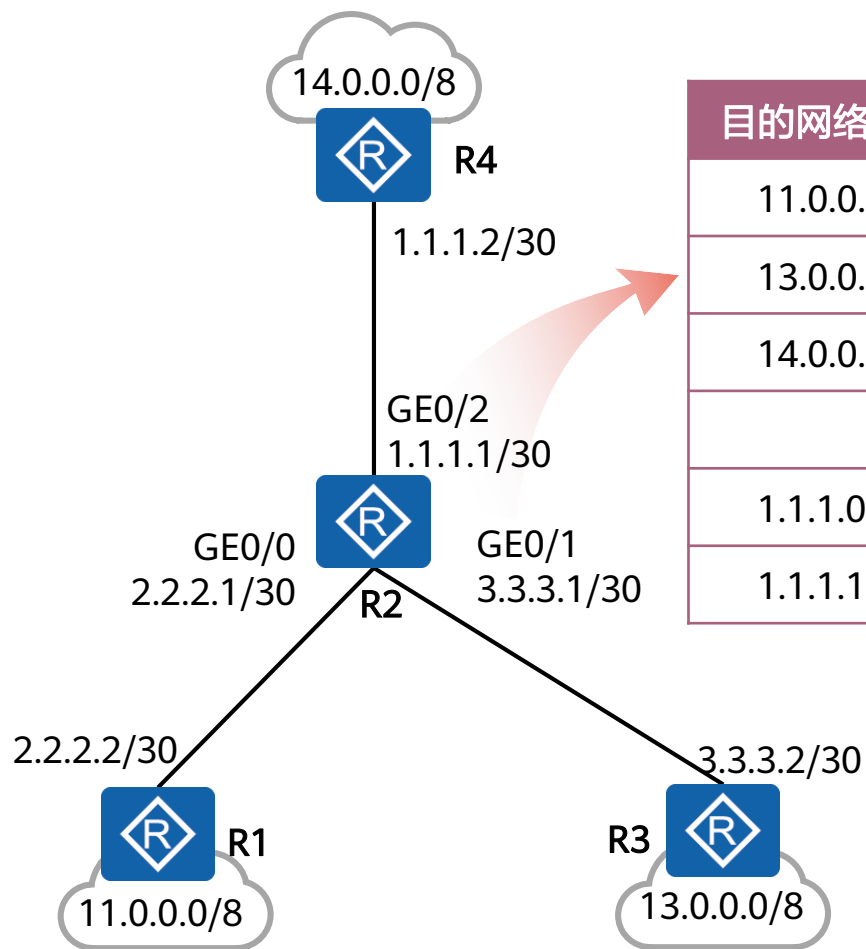
## • 路由中包含以下信息：

- 目的网络：标识目的网段
- 掩码：与目的地址共同标识一个网段
- 出接口：数据包被路由后离开本路由器的接口
- 下一跳：路由器转发到达目的网段的数据包所使用的下一跳地址

IP路由

目的网络/掩码	出接口	下一跳
10.1.1.0/24	GE0/0/0	1.1.1.2

# 路由表



目的网络/掩码	下一跳	出接口
11.0.0.0/8	2.2.2.2	GE0/0
13.0.0.0/8	3.3.3.2	GE0/1
14.0.0.0/8	1.1.1.2	GE0/2
.....		
1.1.1.0/30	1.1.1.1	GE0/2
1.1.1.1/32	127.0.0.1	GE0/2

- 路由器通过各种方式发现路由
- 路由器选择最优的路由条目放入路由表中
- 路由表指导设备对IP报文的转发
- 路由器通过对路由表的管理实现对路径信息的管理

# 目录

1

## 路由概述

- 路由基本概念
- 路由条目生成
- 最优路由条目优选
- 路由转发

2

## 静态路由

3

## 动态路由

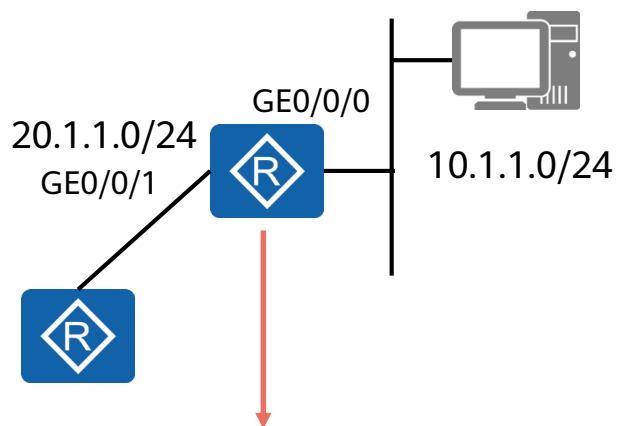
4

## 路由高级特性

# 路由信息获取方式

## 直连路由

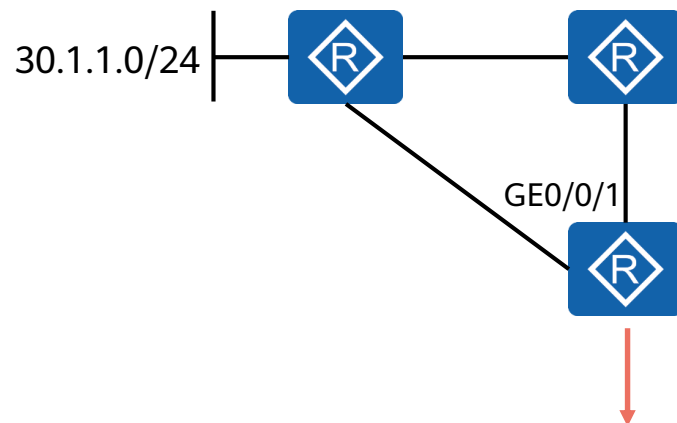
- 由设备自动生成指向本地直连网络



路由来源	目的网络/掩码	出接口
直连	10.1.1.0/24	GE0/0/0
直连	20.1.1.0/24	GE0/0/1

## 静态路由

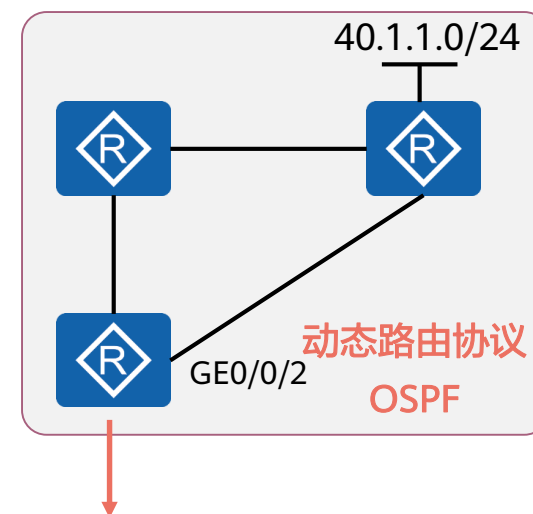
- 由网络管理员手工配置的路由条目



路由来源	目的网络/掩码	出接口
静态	30.1.1.0/24	GE0/0/1

## 动态路由

- 路由器运行动态路由协议学习到的路由

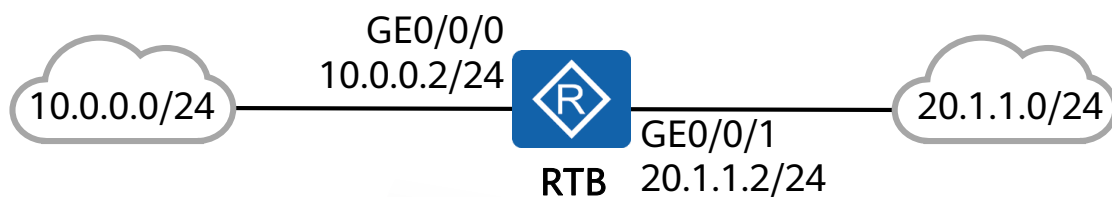


路由来源	目的网络/掩码	出接口
动态路由协议	40.1.1.0/24	GE0/0/2



# 直连路由 (1)

## 直连路由



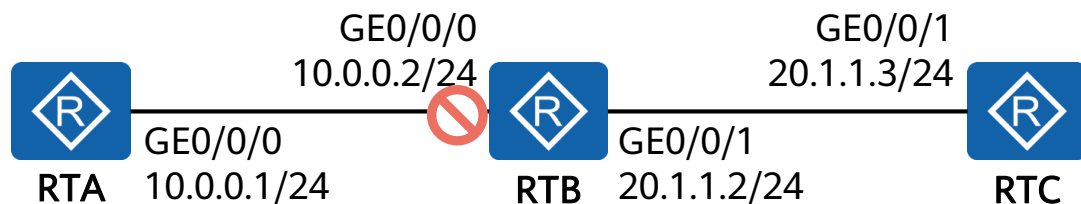
RTB路由表中的直连路由

目的网络	来源	下一跳	出接口
10.0.0.0/24	直连	10.0.0.2	GE0/0/0
20.1.1.0/24	直连	20.1.1.2	GE0/0/1

- 直连路由指向本地直连网络的路由，由设备自动生成。
- 当路由器为路由转发的最后一跳路由器时，IP报文匹配直连路由，路由器转发IP报文到目的主机。
- 使用直连路由进行路由转发时，报文的目的IP和路由器接口IP在一个网段之中。

## 直连路由 (2)

### 直连路由



### RTB路由表中的直连路由

目的网络	来源	下一跳	出接口
20.1.1.0/24	直连	20.1.1.2	G0/0/1

- GE0/0/0接口down，该接口的直连路由未出现在路由表中

- 并不是所有接口生成的直连路由都会出现在路由表中，直连路由出现在路由表中的前提是该接口的物理状态、协议状态都为UP。

# 目录

1

## 路由概述

- 路由基本概念
- 路由条目生成
- **最优路由条目优选**
- 路由转发

2

## 静态路由

3

## 动态路由

4

## 路由高级特性

# 查看IP路由表

<Quidway> display ip routing-table  
Route Flags: R - relay, D - download to fib

-----  
Routing Tables: Public  
Destinations : 6      Routes : 6

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	Flags	NextHop	Interface
1.1.1.1/32	Static	60	0	D	0.0.0.0	NULL0
2.2.2.2/32	Static	60	0	D	100.0.0.2	Vlanif100
100.0.0.0/24	Direct	0	0	D	100.0.0.1	Vlanif100
100.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	Vlanif100
127.0.0.0/8	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	D	127.0.0.1	InLoopBack0

目的网络地址/网络掩码长度

协议类型

路由优先级

开销（度量值）

标志

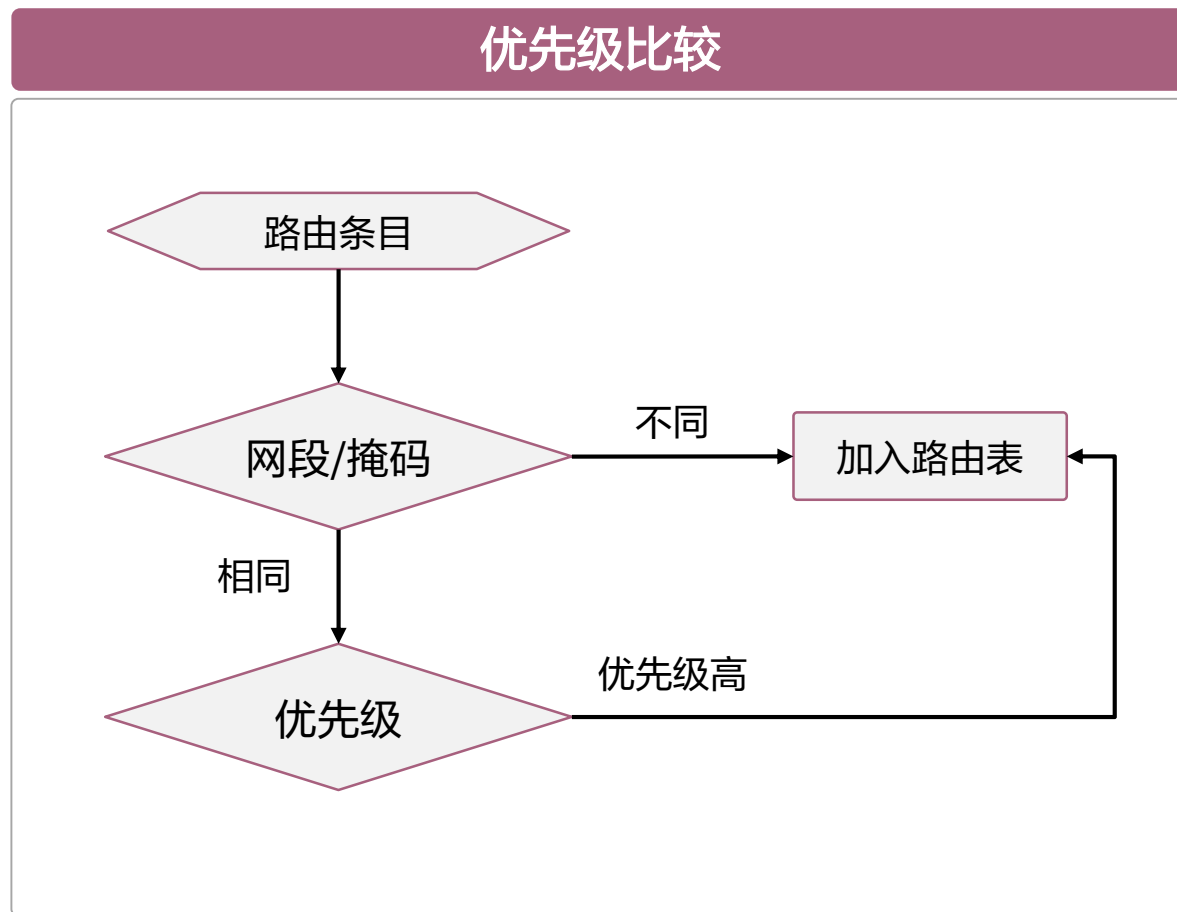
下一跳地址

出接口

# 路由表中各个内容的含义

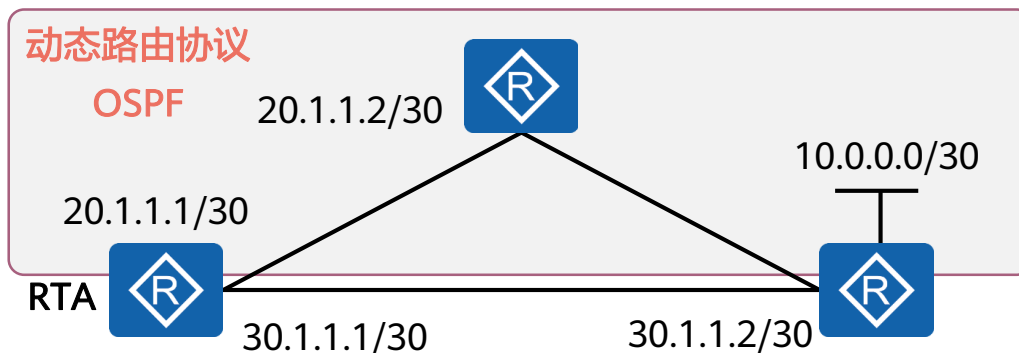
- Destination/Mask：表示此路由的目的网络地址与网络掩码。将目的地址和子网掩码“逻辑与”后可得到目的主机或路由器所在网段的地址。例如：目的地址为1.1.1.1，掩码为255.255.255.0的主机或路由器所在网段的地址为1.1.1.0。
- Proto（Protocol）：该路由的协议类型，也即路由器是通过什么协议获知该路由的。
- Pre（Preference）：表示此路由的路由协议优先级。针对同一目的地，可能存在不同下一跳、出接口等多条路由，这些不同的路由可能是由不同的路由协议发现的，也可以是手工配置的静态路由。优先级最高（数值最小）者将成为当前的最优路由。
- Cost：路由开销。当到达同一目的地的多条路由具有相同的路由优先级时，路由开销最小的将成为当前的最优路由。
- NextHop：表示对于本路由器而言，到达该路由指向的目的网络的下一跳地址。该字段指明了数据转发的下一个设备。
- Interface：表示此路由的出接口。指明数据将从本路由器的哪个接口转发出去。

# 路由优先级 - 基本概念



# 路由优先级 - 比较过程

## 优先级比较示例



RTA上的路由条目

目的网络/掩码	来源	优先级	下一跳
10.0.0.0/30	静态	60	30.1.1.2
10.0.0.0/30	OSPF	10	20.1.1.2

← 加入路由表

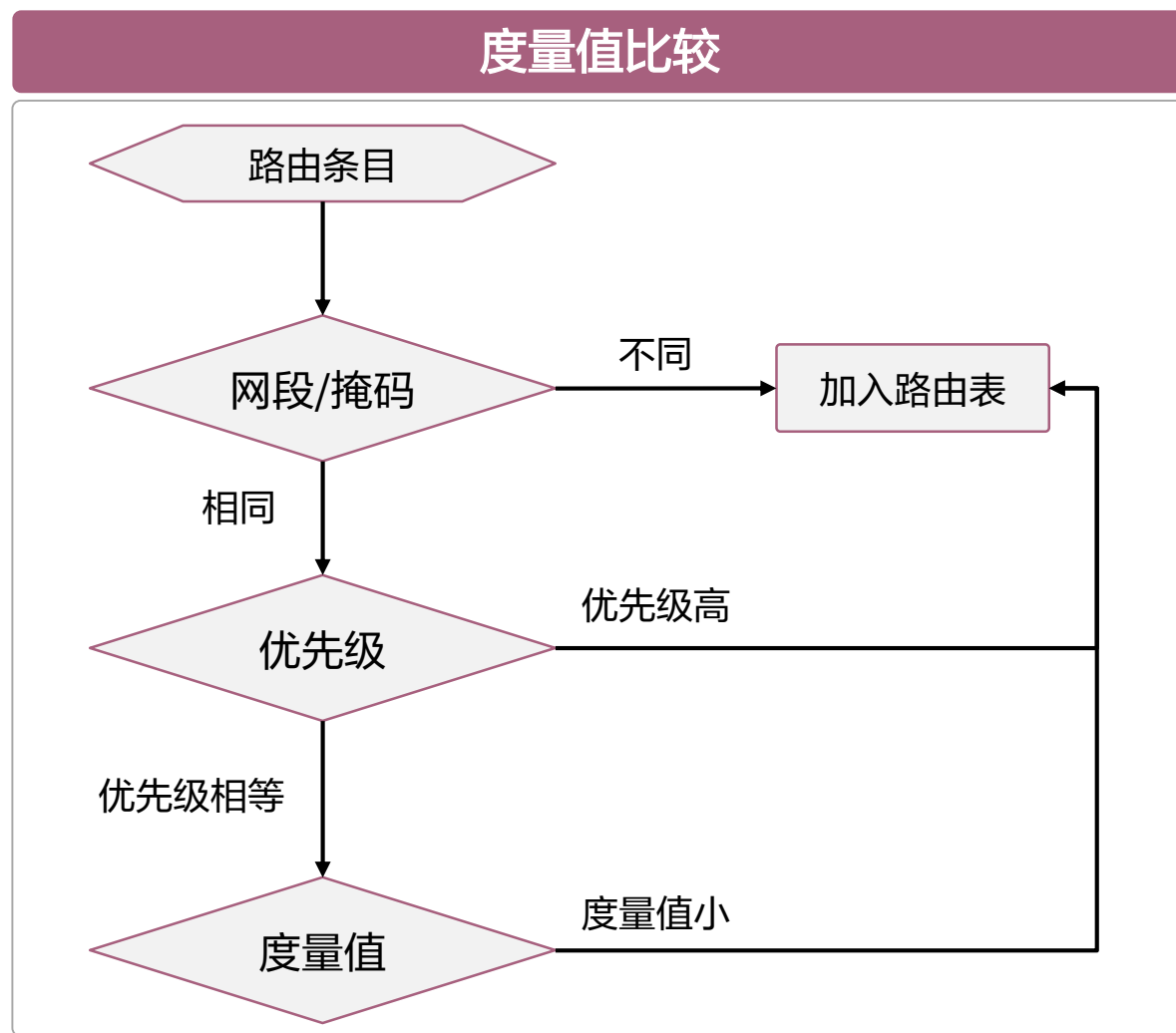
# 路由优先级 – 常见默认数值

- 常见路由类型的默认优先级如下：

路由来源	路由类型	默认优先级
直连	直连路由	0
静态	静态路由	60
动态路由	OSPF内部路由	10
	OSPF外部路由	150



# 度量值 - 基本概念

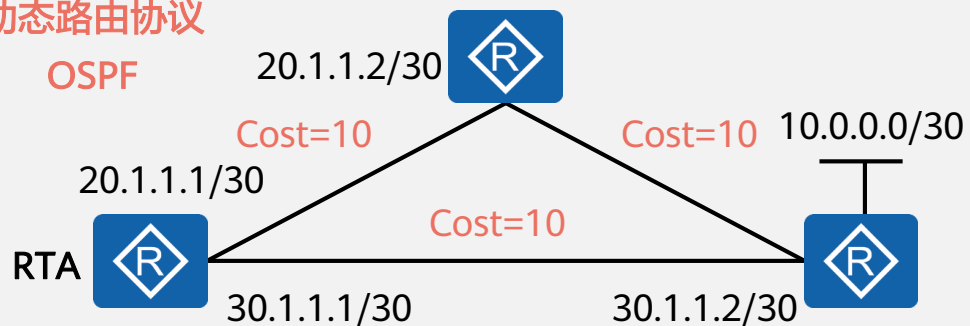


# 度量值 - 比较过程

## 度量值比较示例

动态路由协议

OSPF



RTA上的路由条目

目的网络/掩码	来源	Cost	下一跳
10.0.0.0/30	OSPF	20	20.1.1.2
10.0.0.0/30	OSPF	10	30.1.1.2

加入路由表

# 目录

1

## 路由概述

- 路由基本概念
- 路由条目生成
- 最优路由条目优选
- **路由转发**

2

## 静态路由

3

## 动态路由

4

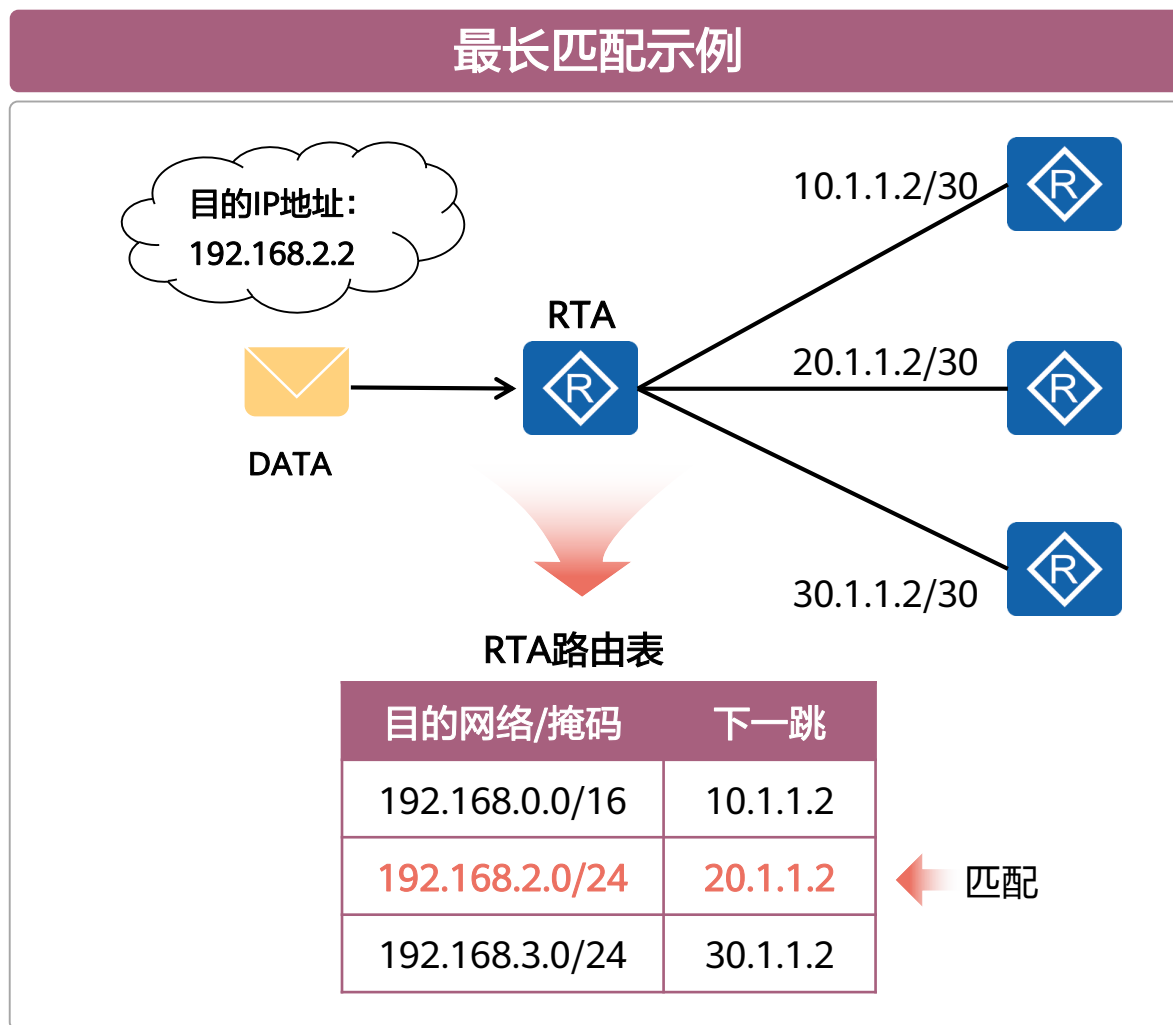
## 路由高级特性

# 最长匹配原则

- 当路由器收到一个IP数据包时，会将数据包的目的IP地址与自己本地路由表中的所有路由表项进行逐位（Bit-By-Bit）比对，直到找到匹配度最长的条目，这就是最长前缀匹配机制。

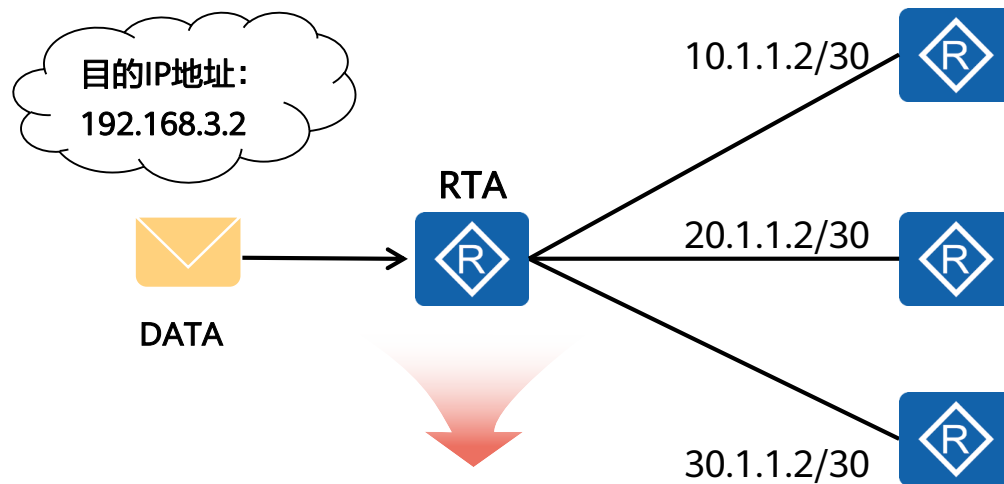
		Bit By Bit 逐位匹配			
数据包目的IP		172.	16.	0 0 0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1
路由条目1	172.16.1.0 255.255.255.0	172.	16.	0 0 0 0 0 0 0 1	x x x x x x x x 不匹配
路由条目2	172.16.2.0 255.255.255.0	172.	16.	0 0 0 0 0 0 1 0	x x x x x x x x 胜利
路由条目3	172.16.0.0 255.255.0.0	172.	16.	x x x x x x x x	x x x x x x x x 不是最长

# 最长匹配示例 (1)



## 最长匹配示例 (2)

### 最长匹配示例



RTA路由表

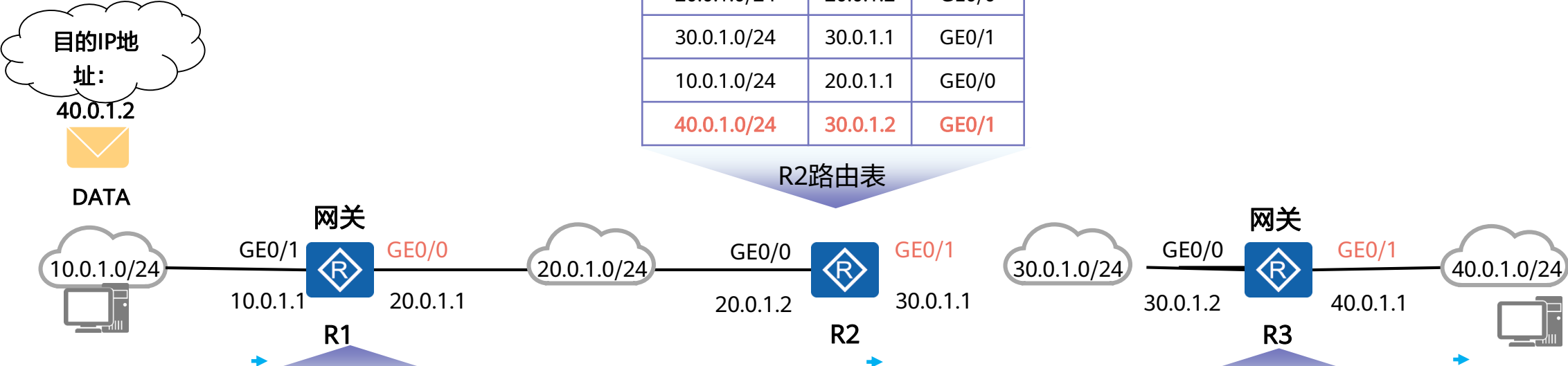
目的网络/掩码	下一跳
192.168.0.0/16	10.1.1.2
192.168.2.0/24	20.1.1.2
192.168.3.0/24	30.1.1.2

← 匹配

# 路由转发流程

目的网络/掩码	下一跳	出接口
20.0.1.0/24	20.0.1.2	GE0/0
30.0.1.0/24	30.0.1.1	GE0/1
10.0.1.0/24	20.0.1.1	GE0/0
40.0.1.0/24	30.0.1.2	GE0/1

R2路由表



R1路由表

目的网络/掩码	下一跳	出接口
10.0.1.0/24	10.0.1.1	GE0/1
20.0.1.0/24	20.0.1.1	GE0/0
30.0.1.0/24	20.0.1.2	GE0/0
40.0.1.0/24	20.0.1.2	GE0/0

R3路由表

目的网络/掩码	下一跳	出接口
40.0.1.0/24	40.0.1.1	GE0/1
30.0.1.0/24	30.0.1.2	GE0/0
10.0.1.0/24	30.0.1.1	GE0/0
20.0.1.0/24	30.0.1.1	GE0/0

# 目录

1

路由概述

2

静态路由

- 静态路由定义

3

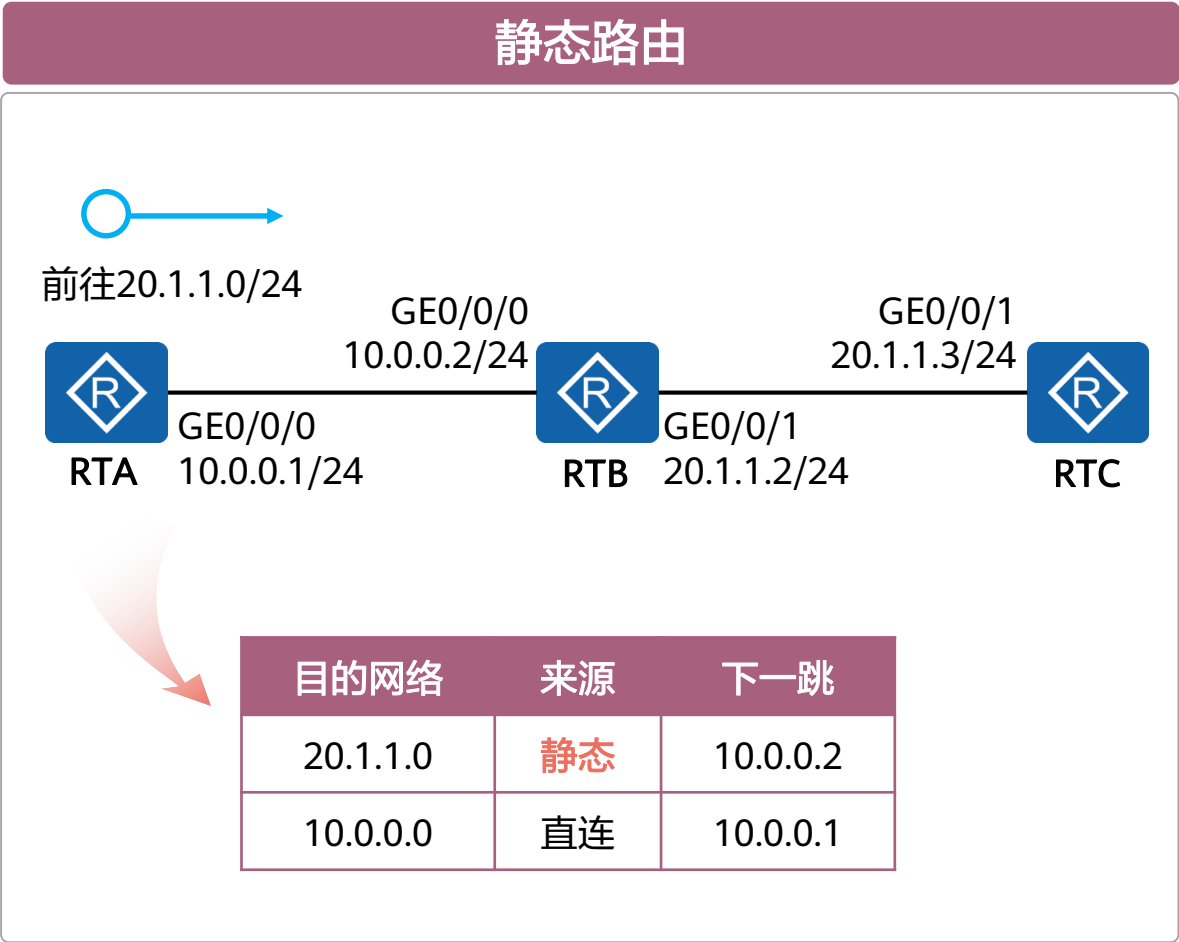
动态路由

4

路由高级特性



# 静态路由应用场景



# 静态路由配置

## 1. 关联下一跳IP的方式

```
[Huawei] ip route-static ip-address { mask | mask-length } nexthop-address
```

## 2. 关联出接口的方式

```
[Huawei] ip route-static ip-address { mask | mask-length } interface-type interface-number
```

## 3. 关联出接口和下一跳IP方式

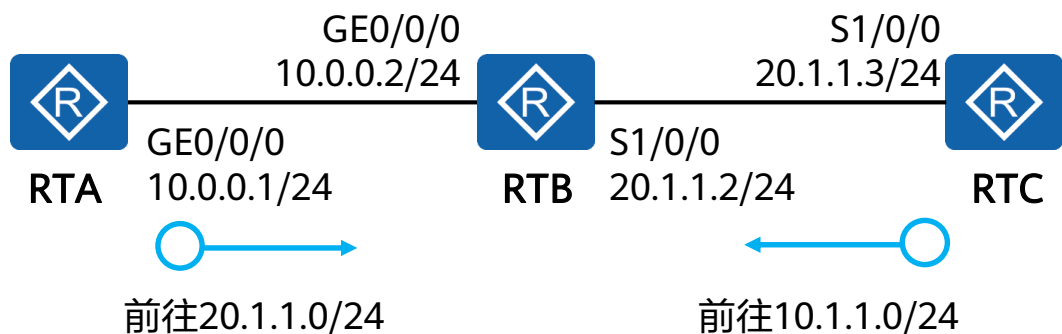
```
[Huawei] ip route-static ip-address { mask / mask-length } interface-type interface-number [ nexthop-address ]
```

在创建静态路由时，可以同时指定出接口和下一跳。对于不同的出接口类型，也可以只指定出接口或只指定下一跳。

对于点到点接口（如串口），必须指定出接口。

对于广播接口（如以太网接口）和VT（Virtual-template）接口，必须指定下一跳。

## 配置举例



RTA的配置如下:

```
[RTA] ip route-static 20.1.1.0 255.255.255.0 10.0.0.2
```

RTC的配置如下:

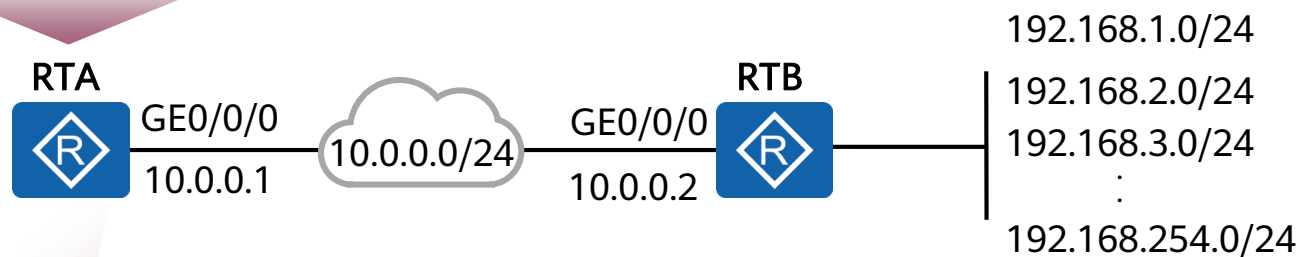
```
[RTC] ip route-static 10.0.0.0 255.255.255.0 S1/0/0
```

- RTA与RTC上配置静态路由，实现10.0.0.0/24与20.1.1.0/24的互通。
- 因为报文是逐跳转发的，所以每一跳路由设备上都需要配置到达相应目的地址的路由。
- 另外需要注意通信是双向的，针对通信过程中的往返流量，都需要关注途径设备上的路由配置。

# 缺省路由

- 缺省路由是一种特殊的路由，当报文没有在路由表中找到匹配的具体路由表项时才使用的路由。如果报文的目地地址不能与路由表的任何目的地址相匹配，那么该报文将选取缺省路由进行转发。
- 缺省路由在路由表中的形式为0.0.0.0/0，缺省路由也被叫做默认路由。

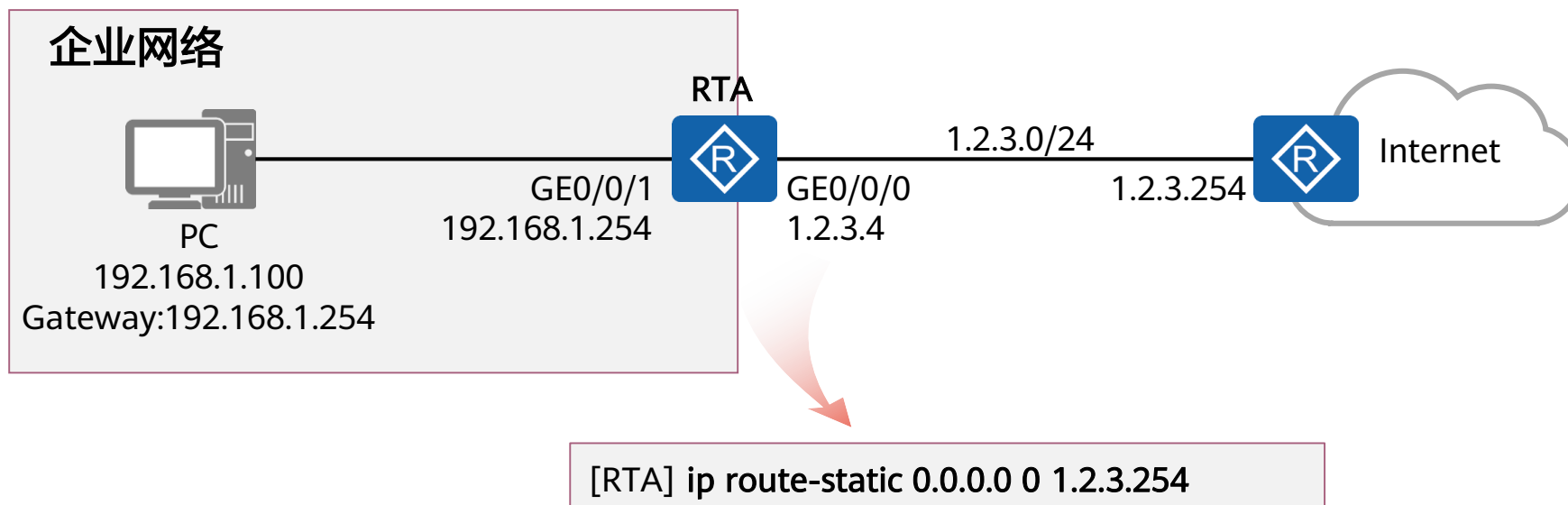
RTA前往非本地直连网段，  
将报文转发给10.0.0.2。



```
[RTA] ip route-static 0.0.0.0 0 10.0.0.2
```

# 缺省路由应用场景

- 缺省路由一般用于企业网络出口，配置一条缺省路由让出口设备能够转发前往Internet上任意地址的IP报文。



# 目录

1

路由概述

2

静态路由

3

动态路由

- 动态路由简介

4

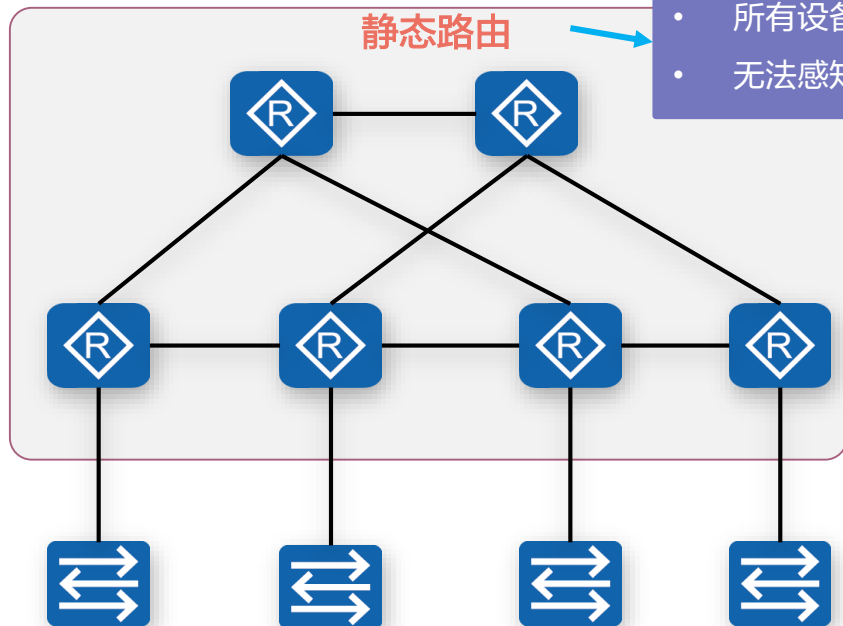
路由高级特性

# 动态路由概述

## 静态路由

### 静态路由

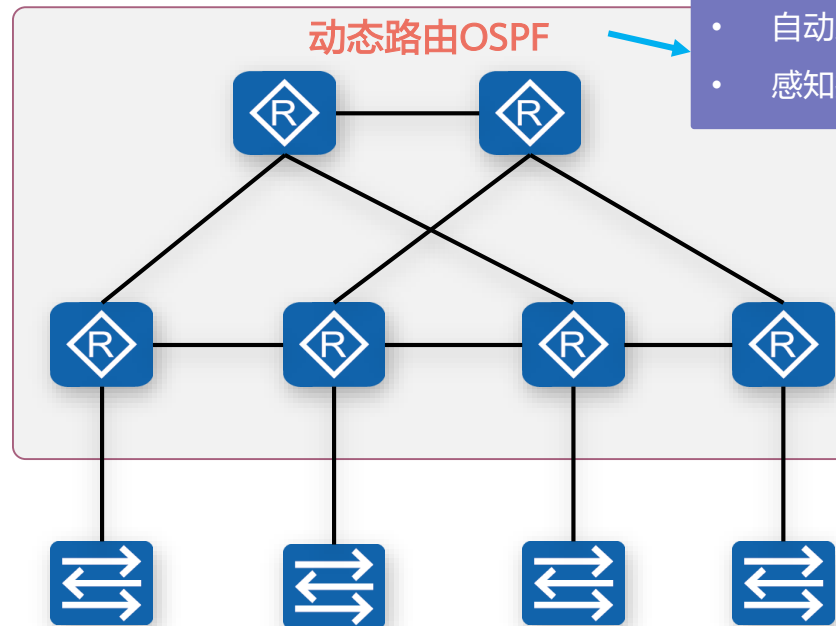
- 所有设备手动配置
- 无法感知到链路变化



## 动态路由

### 动态路由OSPF

- 自动发现、学习路由
- 感知拓扑变更



# 动态路由分类

## 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



# 目录

1

路由概述

2

静态路由

3

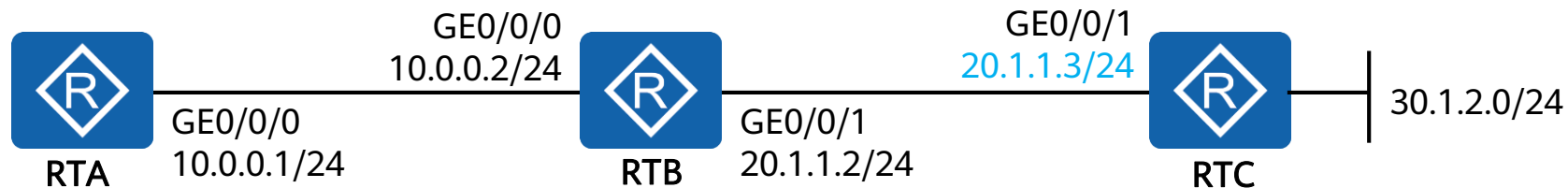
动态路由

4

路由高级特性

- 等价路由、浮动路由定义
- 路由汇总

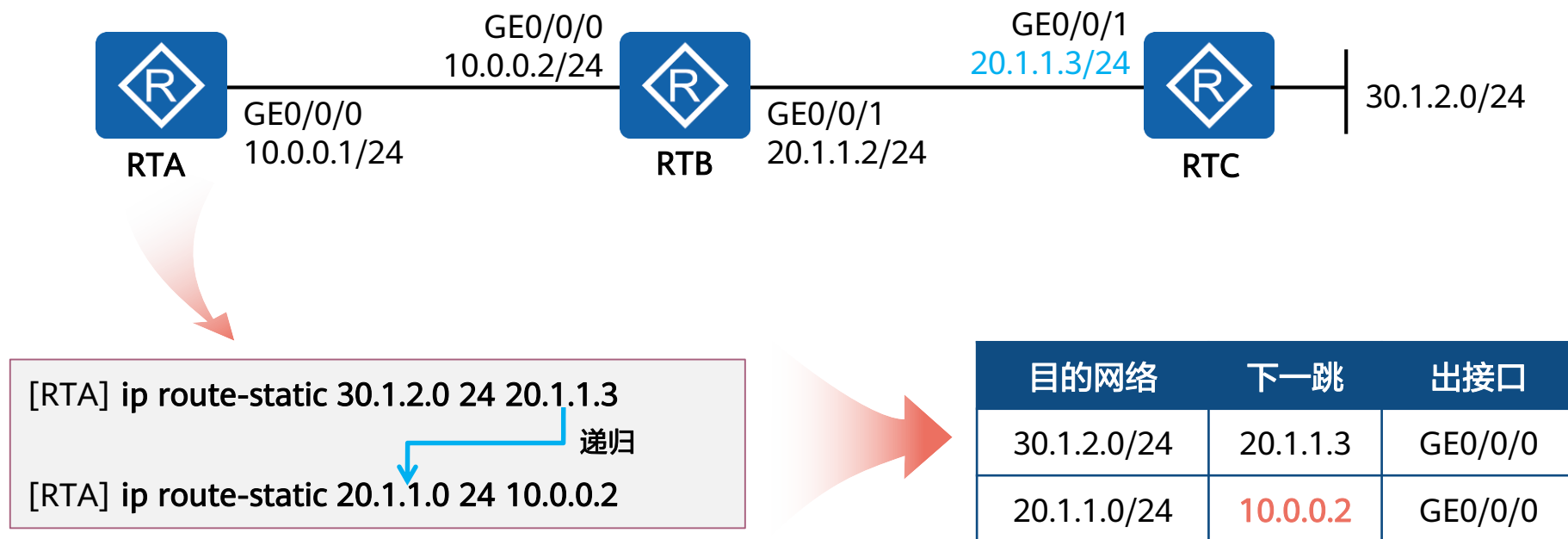
# 路由递归 (1)



[RTA] ip route-static 30.1.2.0 24 20.1.1.3

去往30.1.2.0/24的路由，下一跳为20.1.1.3，非本地直连网络，如果路由表中没有去往20.1.1.3的路由，该静态路由将不会生效，无法作为有效路由条目，并不会出现在路由表。

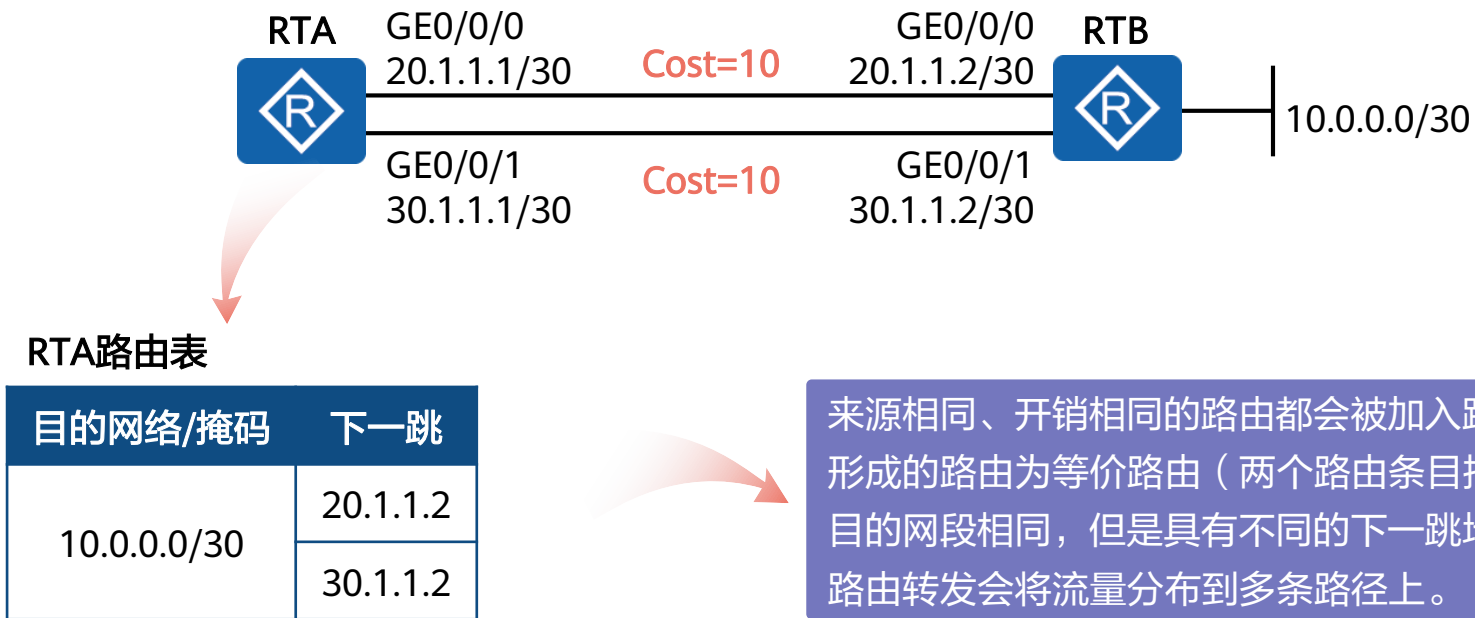
## 路由递归 (2)



添加一条去往20.1.1.3的路由，下一跳为直连网络内的IP地址10.0.0.2。  
去往30.1.2.0/24的路由通过递归查询得到一个直连的下一跳，该路由因此生效。

## 等价路由 (1)

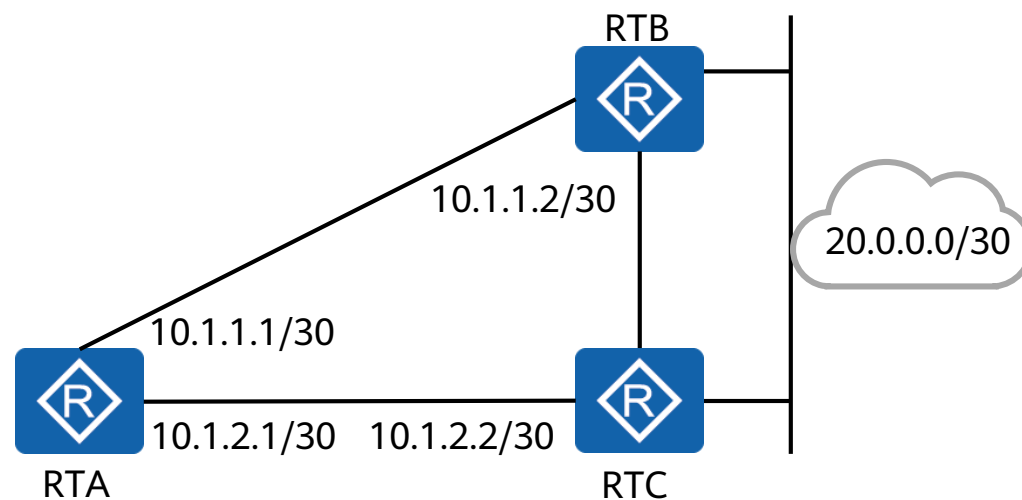
## 等价路由



- 路由表中存在等价路由之后，前往该目的网段的IP报文路由器会通过所有有效的接口、下一跳转发，这种转发行为被称为负载分担。

# 浮动路由 - 基本概念

## 浮动路由

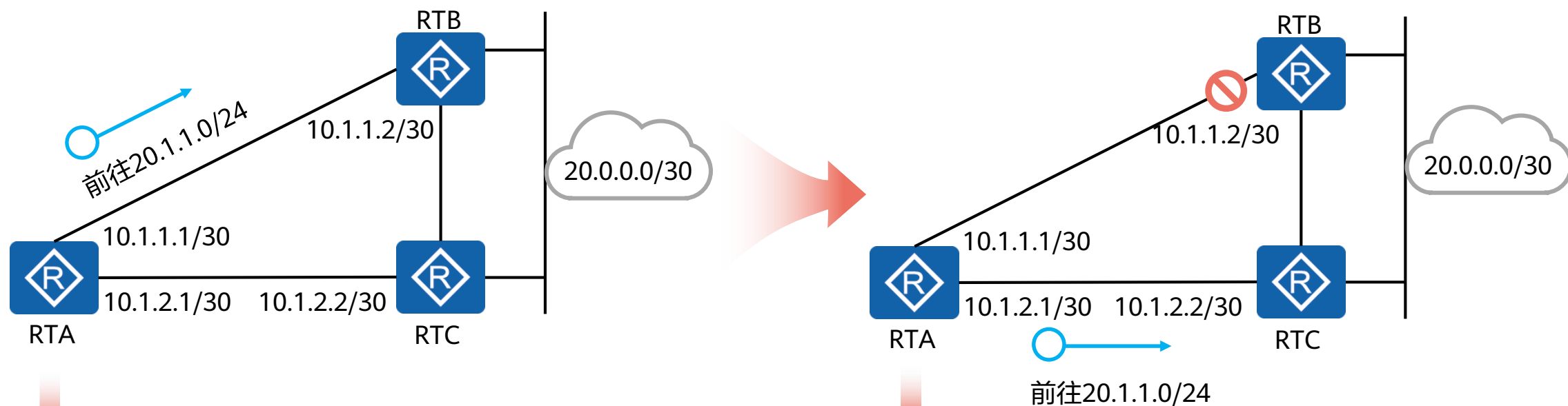


RTA上配置浮动路由

```
[RTA] ip route-static 20.0.0.0 30 10.1.1.2  
[RTA] ip route-static 20.0.0.0 30 10.1.2.2 preference 70
```

# 浮动路由 - 示例

## 浮动路由切换



主链路正常时RTA上路由表

目的网络	下一跳	优先级
20.0.0.0	10.1.1.2	60

主链路故障时RTA上路由表

目的网络	下一跳	优先级
20.0.0.0	10.1.2.2	70

# 目录

1

路由概述

2

静态路由

3

动态路由

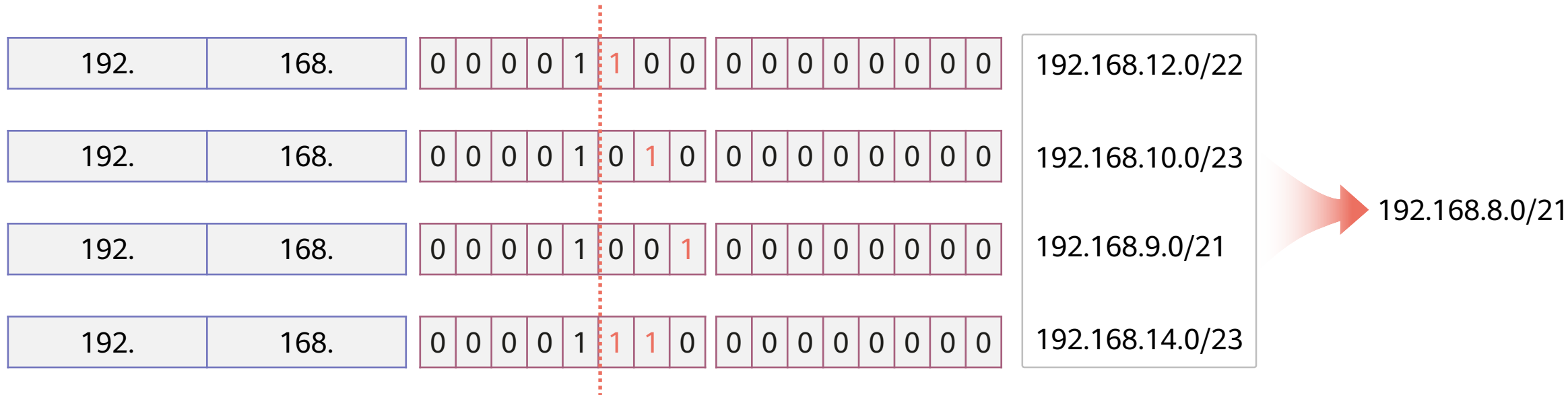
4

路由高级特性

- 等价路由、浮动路由定义
- 路由汇总

# CIDR

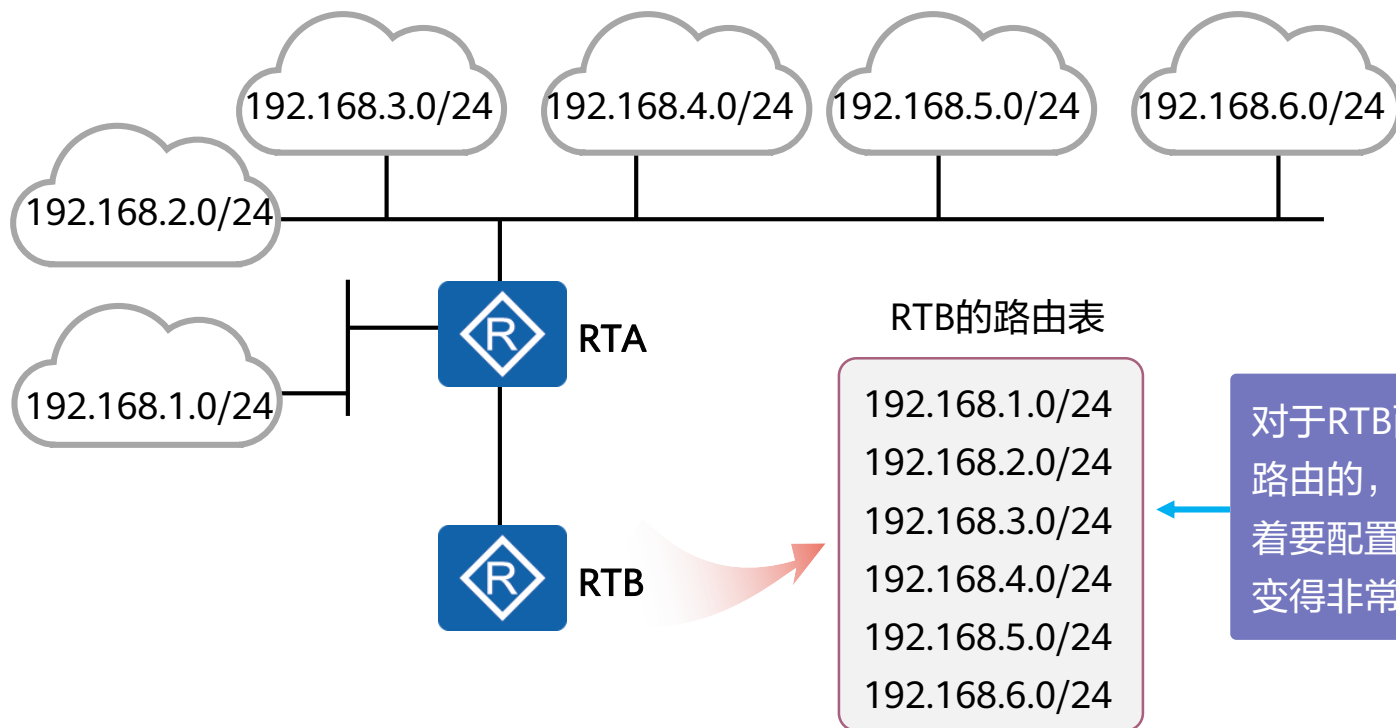
- CIDR (classless inter-domain routing, 无类别域间路由) 采用IP地址加掩码长度来标识网络和子网, 而不是按照传统A、B、C等类型对网络地址进行划分。
- CIDR容许任意长度的掩码长度, 将IP地址看成连续的地址空间, 可以使用任意长度的前缀分配, 多个连续的前缀可以聚合成一个网络, 该特性可以有效减少路由表条目数量。





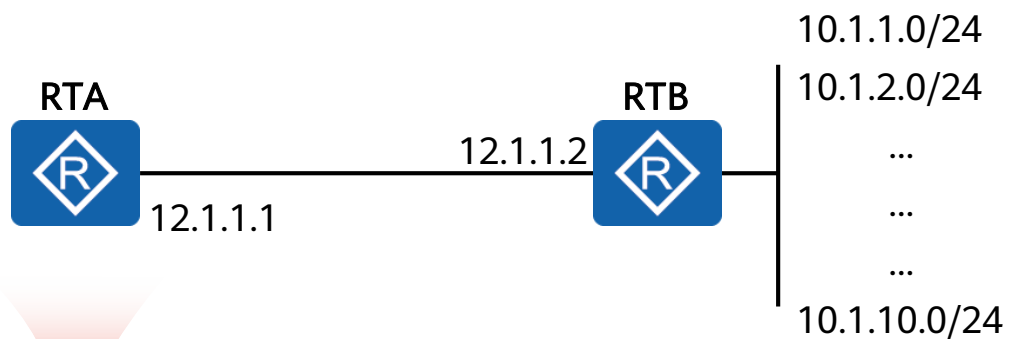
# 路由汇总需求

- 子网划分、VLSM解决了地址空间浪费的问题，但同时也带了新的问题：路由表中的路由条目数量增加。
- 为减少路由条目数量可以使用路由汇总。



对于RTB而言，如果要到达RTA的直连网段，自然是要有路由的，若手工为每个网段配置一条静态路由，这就意味着要配置大量静态路由，工作量太大，RTB的路由表也将变得非常臃肿。

# 路由汇总简介



```
[RTA] ip route-static 10.1.0.0 16 12.1.1.2
```

RTA上配置前往RTB的直连网段10.1.1.0/24、10.1.2.0/24...10.1.10.0/24的静态路由，这些路由拥有相同的下一跳，可以对这些路由进行路由汇总。

- 路由汇总将一组具有相同前缀的路由汇聚成一条路由，从而达到减小路由表规模以及优化设备资源利用率的目的。
- 路由汇总采用了CIDR的思想：将相同前缀的地址聚合成一个。

# 汇总计算



- 基于一系列连续的、有规律的IP网段，如果需计算相应的汇总路由，并确保得出的汇总路由刚好“囊括”上述IP网段，则需保证汇总路由的掩码长度尽可能长。

# 汇总引发的问题 (1)

## 路由汇总带来的环路问题

[RTB] ip route-static 0.0.0.0 0 12.1.1.2

[RTA] ip route-static 10.1.0.0 16 12.1.1.1

10.1.1.0/24

10.1.2.0/24

...

...

...

10.1.10.0/24

RTB



1

12.1.1.1

RTB收到前往10.1.20.0/24的流量，流量匹配默认路由，转发给RTA

12.1.1.2

RTA



2

Internet

RTA上对路由进行了汇总，因此该流量匹配汇总路由10.1.0.0/16，被转发给RTB

环路

3

## 汇总引发的问题 (2)

### 路由汇总带来的环路问题 – 解决方案

[RTB] ip route-static 0.0.0.0 0 12.1.1.2

[RTA] ip route-static 10.1.0.0 16 12.1.1.1

10.1.1.0/24

10.1.2.0/24

...

...

...

10.1.10.0/24

RTB



12.1.1.1

12.1.1.2

RTA



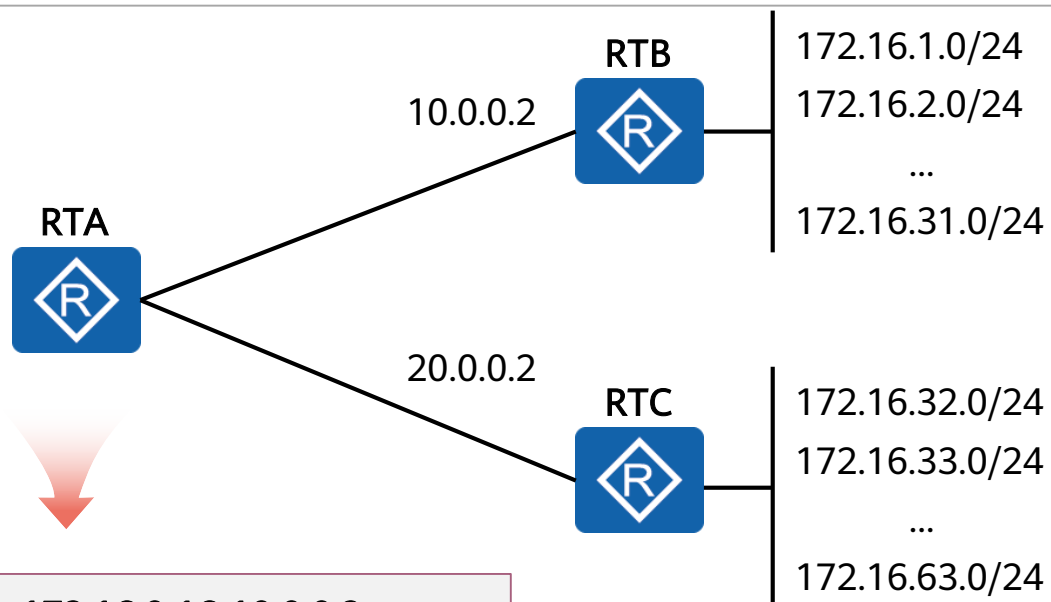
Internet

[RTB] ip route-static 10.1.0.0 16 0 NULL0

- 在RTB上增加一条指向Null0的路由，即可解决上述问题。因此，在部署路由汇总的时候要格外注意，要规避环路问题。

# 精确汇总 (1)

## 精确进行路由汇总



```
[RTA] ip route-static 172.16.0 16 10.0.0.2
```

- 为了让RTA能够到达RTB上的172.16.1.0/24-172.16.31.0/24网段，配置了一条静态的汇总路由，这条网段虽然优化了网络配置，但是汇总的范围太广，将RTC上的网段也包括在内，导致前往RTC上网段的流量到达RTA之后会被发往RTB，造成数据包的丢失，这种路由为不精确的路由。为此配置汇总路由时要尽量精确，刚好包括所有明细路由。

## 精确汇总 (2)

### 精确进行路由汇总

	10	1	0	0
10.1.1.0/24	0 0 0 0 1 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 0 0
10.1.2.0/24	0 0 0 0 1 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 0
10.1.3.0/24	0 0 0 0 1 0 1 0	0 0 0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 0 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0

```
ip route-static 10.1.1.0 24 12.1.1.2
ip route-static 10.1.2.0 24 12.1.1.2
ip route-static 10.1.3.0 24 12.1.1.2
```

/22

```
ip route-static 10.1.1.0 22 12.1.1.2
```

精确计算汇总后的网络号、掩码，避免汇总后掩码过小。

# 本章总结

- 路由的基本概念、功能以及属性。
- 缺省路由
- 路由递归、浮动路由、等价路由