

01

OPTION

路由技术—静态路由

讲师：顾荣

Tel: 13826101853(微信同号)

Mail : mygurong@126.com

2020.05





学习目标

- 理解路由的基本概念以及路由的其他相关属性。
- 掌握静态路由和默认路由的工作原理与配置。



目录

3.1 路由基础

3.1.1 路由概述

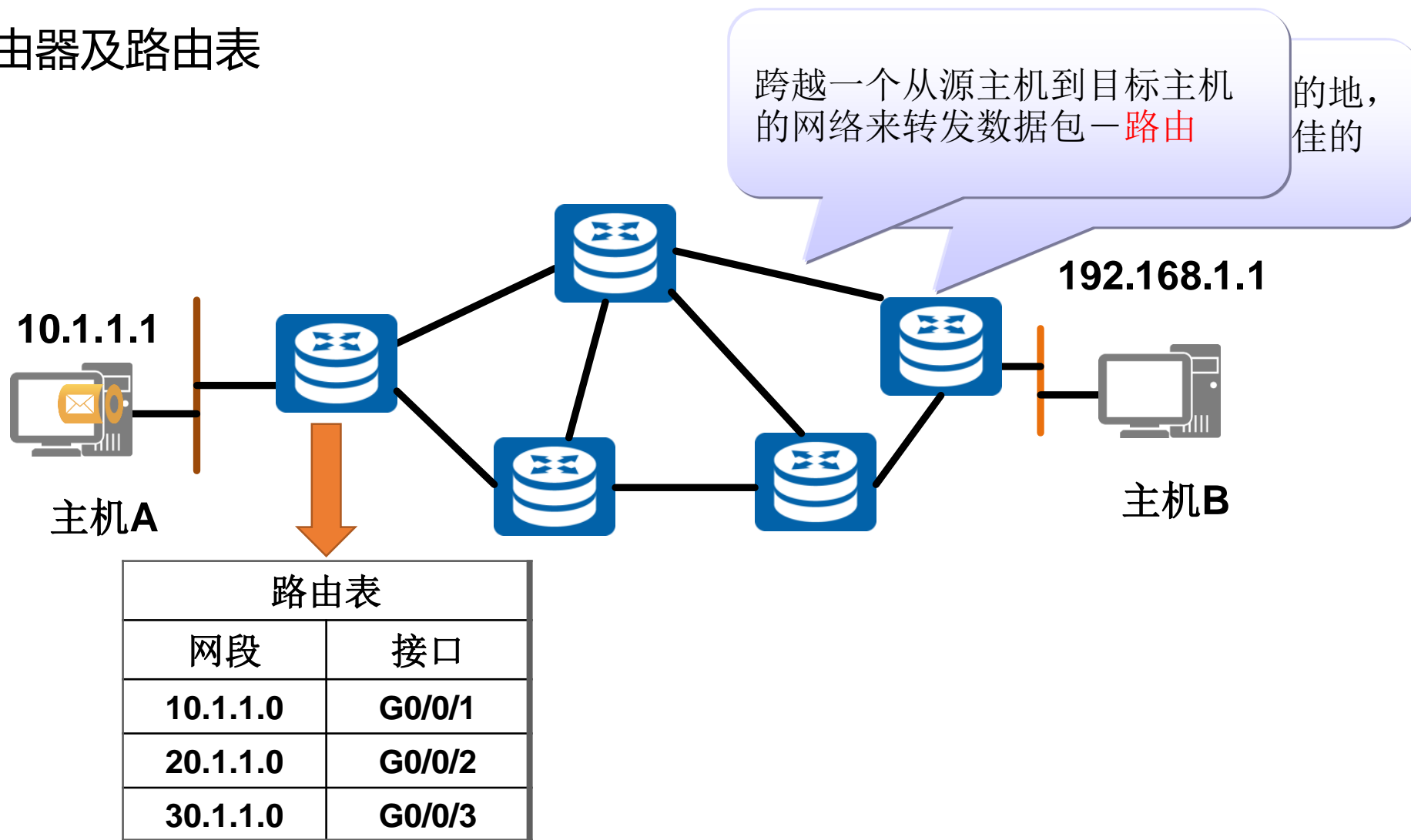
3.1.2 路由表的生成与路由条目

3.2 静态路由与默认路由



3.1.1 路由概述

- 路由、路由器及路由表



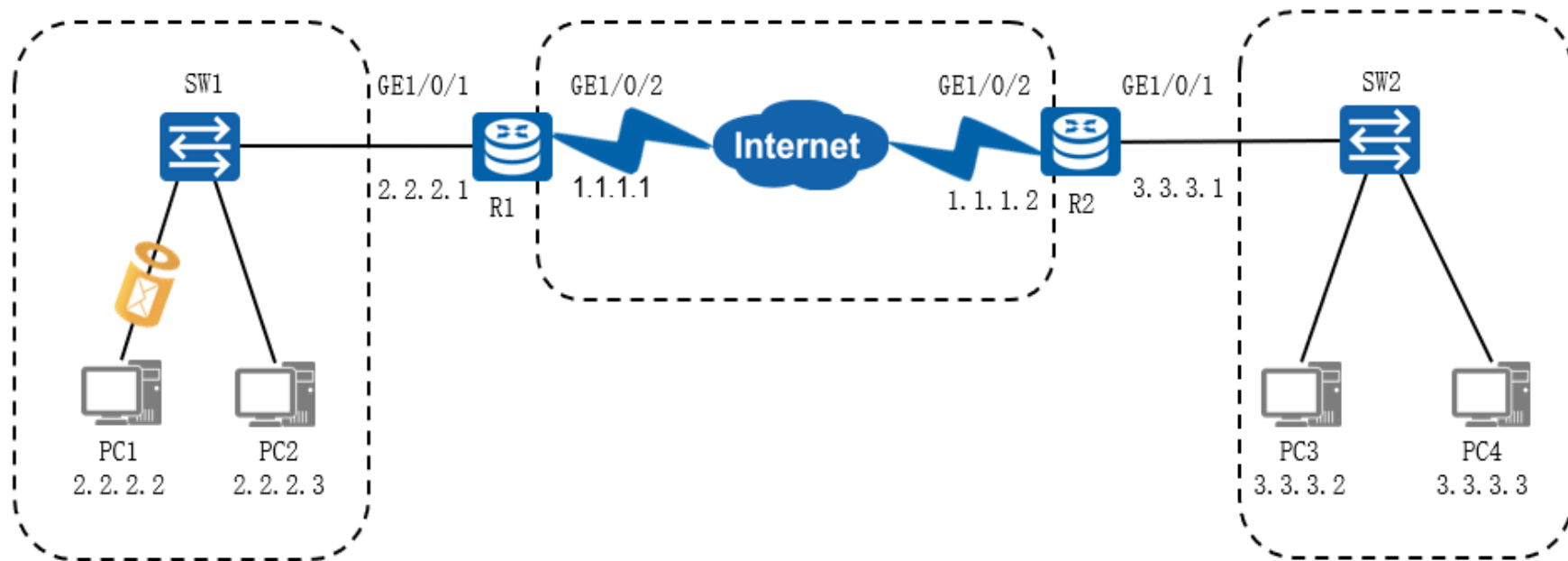


3.1.1 路由概述

- 路由器的的工作原理

- 某公司网络拓扑

路由器R1是该网络中正在运行的一台路由器，通过对网络设备进行配置之后，可以查看路由器R1的路由表。





3.1.1 路由概述

▫ 查看到路由器R1的路由表

在路由器R1上执行【display ip routing-table】命令便可查看到路由器R1的路由表，在这个路由表中，每一行就是一条路由信息（一个路由项或一个路由条目）。通常情况下，一条路由信息由3个要素组成：目标网络/掩码（Destination/Mask）、出接口（Interface）和下一跳IP地址（NextHop）

```
[R1]display ip routing-table
```

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

| Destination/Mask | Proto | Pre | Cost | Flags | NextHop | Interface |
|------------------|--------|-----|------|-------|-----------|----------------------|
| 2.2.2.0/24 | Direct | 0 | 0 | D | 2.2.2.1 | GigabitEthernet1/0/1 |
| 2.2.2.1/32 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | InLoopBack0 |
| 3.3.3.0/24 | Static | 60 | 0 | D | 1.1.1.2 | GigabitEthernet1/0/2 |
| 1.1.1.0/24 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | GigabitEthernet1/0/2 |
| 1.1.1.1/32 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | InLoopBack0 |



3.1.1 路由概述

▫ 路由信息的3个要素

我们现在以Destination/Mask为3.3.3.0/24这个路由项为例，具体说明路由信息的3个要素。

- 3.3.3.0是一个网络地址，掩码长度是24。由于路由器R1的路由表中存在3.3.3.0/24这个路由项，就说明路由器R1知道自己所在的网络上存在一个网络地址为3.3.3.0的网络；
- 3.3.3.0这个路由项的出接口是GigabitEthernet1/0/2，其含义是，如果路由器R1需要将一个IP报文送往3.3.3.0/24这个目标网络，那么路由器R1应该把这个IP报文从路由器R1的GigabitEthernet1/0/2接口发送出去；
- 3.3.3.0这个路由项下一跳IP地址（NextHop）是1.1.1.2，其含义是，如果路由器R1需要将一个IP报文送往3.3.3.0/24这个目标网络，则路由器R1应该把这个IP报文从路由器R1的GigabitEthernet1/0/2接口发送出去，并且这个IP报文离开路由器R1的GigabitEthernet1/0/2接口后应该到达的下一个路由器的接口的IP地址是1.1.1.2。



3.1.1 路由概述

- 路由协议的分类：

路由设备之间要相互通信，需通过路由协议来相互学习，以构建一个到达其他设备的路由信息表，然后才能根据路由表，实现IP数据包的转发。路由协议的常见分类如下。

- 根据不同路由算法分类，可分为以下两种：距离矢量路由协议和链路状态路由协议；
- 根据不同的工作范围，可分为以下两种：内部网关协议（IGP）和外部网关协议（EGP）；
- 根据手动配置或自动学习两种不同的方式建立路由表，可分为以下两种：静态路由协议和动态路由协议。



3.1.2 路由表的生成与路由条目

- 路由表的3种来源
 - 直连路由：设备自动发现、手动配置或通过动态路由协议生成。我们把设备自动发现的路由信息称为直连路由（ Direct Route ）；
 - 静态路由：把手动配置的路由信息称为静态路由（ Static Route ）；
 - 动态路由：把网络设备通过运行动态路由协议而得到路由信息称为动态路由（ Dynamic Route ）。



3.1.2 路由表的生成与路由条目

- 路由优先级

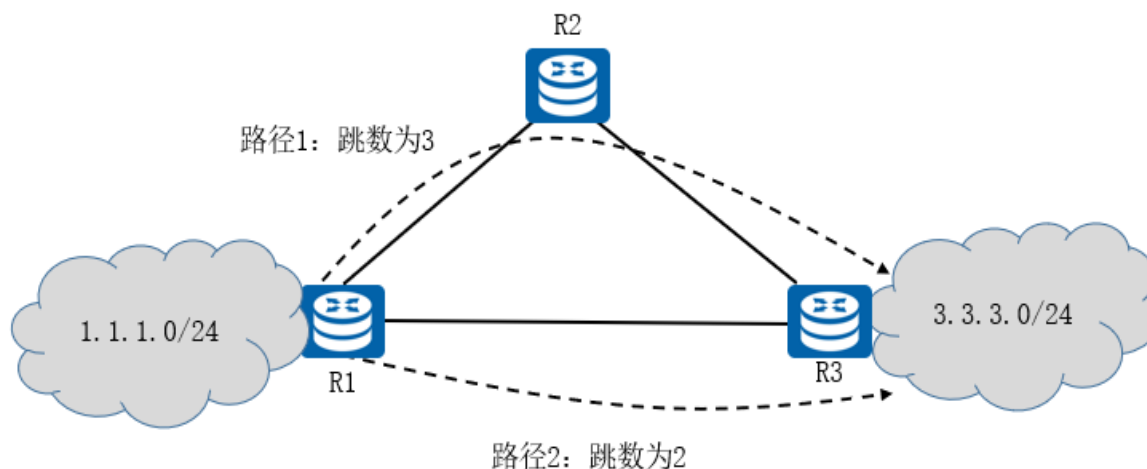
设备上的路由优先级一般都有默认值，不同厂家设备对于优先级的默认值可能不同。华为AR路由器上部分路由类型与优先级的默认值的对应关系，如下表所示。

| 路由类型 | 优先级的默认值 |
|------|---------|
| 直连路由 | 0 |
| OSPF | 10 |
| 静态路由 | 60 |
| RIP | 100 |
| BGP | 255 |



3.1.2 路由表的生成与路由条目

- 路由的开销
 - 什么是路由的开销：一条路由的开销是指到达这条路由的目的地/掩码需要付出的代价值。
 - 路由开销的选择：同一种路由协议发现有多条路由可以到达同一目的地/掩码时，将优选开销最小的路由，即只把开销最小的路由加入进本协议的路由表中。
 - 路由开销举例：不同的路由协议对于开销的具体定义是不同的，例如，RIP只能以“跳数（Hop Count）”作为开销。





目录

3.1 路由基础

3.2 静态路由与默认路由

3.2.1 静态路由

3.2.2 默认路由

3.2.3 静态路由汇总

3.2.4 静态路由的典型应用



3.2.1 静态路由

- 静态路由概述

静态路由（Static Route）是指通过手动方式为路由器配置路由信息，可以简单地让路由器获知达到目标网络的路由。

- 静态路由的优缺点

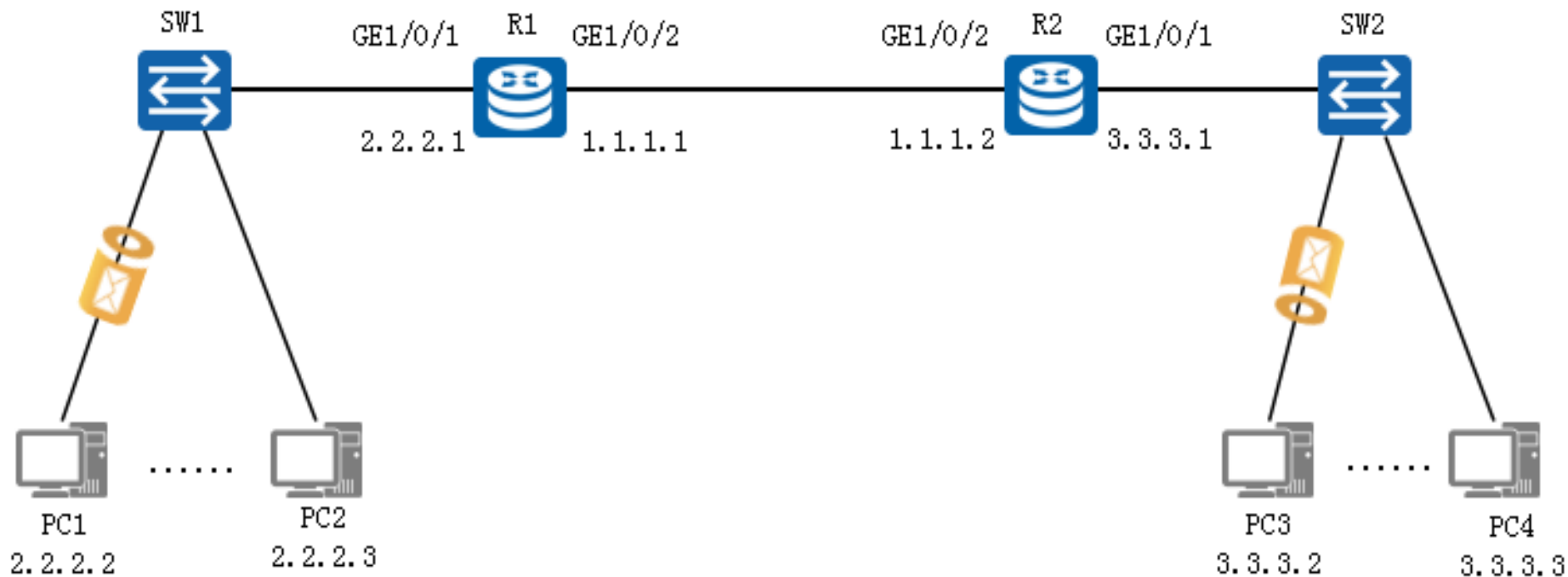
- 优点：静态路由配置简单、路由器资源负载小、可控性强等优点；
- 缺点：不能动态反映网络拓扑，当网络拓扑发生变化时，网络管理员就必须手动配置改变路由表，因此静态路由不适合于在大型网络中使用。



3.2.1 静态路由

- 案例3-1 静态路由的配置

- 案例背景与要求：在路由器R1和路由器R2上配置静态路由，实现网络互联互通。





3.2.1 静态路由

▫ 案例配置思路

- 在路由器R1上配置一条静态路由，目的地/掩码为3.3.3.0/24，出接口为GE1/0/2，下一跳IP地址为1.1.1.2；
- 在路由器R2上配置一条静态路由，目的地/掩码为2.2.2.0/24，出接口为GE1/0/2，下一跳IP地址为1.1.1.1。

▫ 案例配置过程

- 配置路由器R1

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R1  
[R1]ip route-static 3.3.3.0 24 1.1.1.2
```

目的地/掩码

下一跳地址



3.2.1 静态路由

- 配置路由器R2。

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R2  
[R2]ip route-static 2.2.2.0 24 1.1.1.1
```

案例验证

- 在路由器R1系统视图状态下输入【display ip routing-table】命令查看其路由表。

```
[R1]display ip routing-table
```

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

查看路由表命令

| Destination/Mask | Proto | Pre | Cost | Flags | NextHop | Interface |
|------------------|--------|-----|------|-------|-----------|----------------------|
| 2.2.2.0/24 | Direct | 0 | 0 | D | 2.2.2.1 | GigabitEthernet1/0/1 |
| 2.2.2.1/32 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | InLoopBack0 |
| 3.3.3.0/24 | Static | 60 | 0 | D | 1.1.1.2 | GigabitEthernet1/0/2 |
| 1.1.1.0/24 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | GigabitEthernet1/0/2 |
| 1.1.1.1/32 | Direct | 0 | 0 | D | 127.0.0.1 | InLoopBack0 |

.....



3.2.2 默认路由

- 默认路由概述

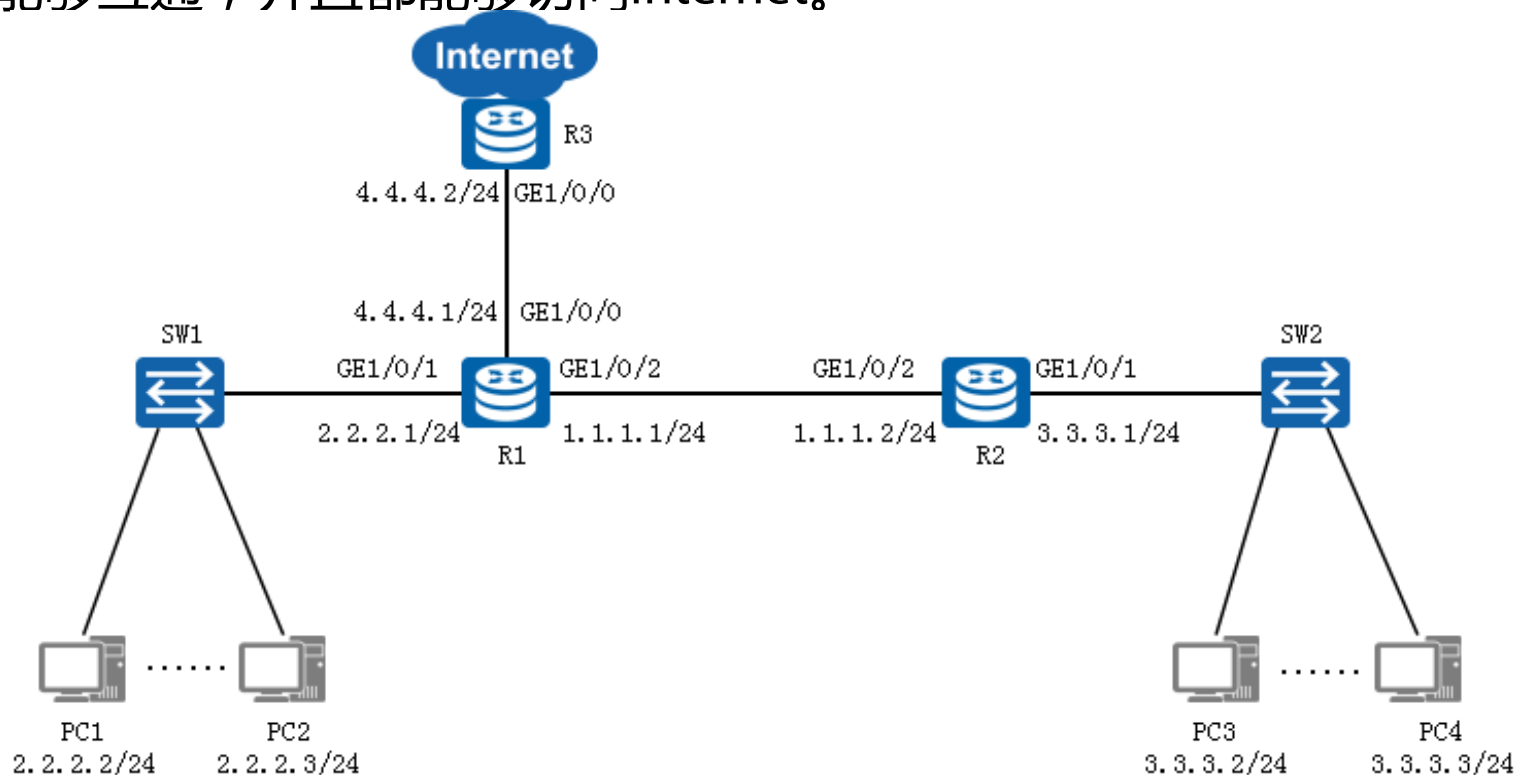
我们把目的地/掩码为0.0.0.0/0的路由称为默认路由（ Default Route ）。

- 如果网络设备的路由表中存在默认路由，那么当一个待发送或待转发的IP报文不能匹配IP路由表中的任何非默认路由时，就会根据默认路由来进行发送或转发；
- 如果网络设备的IP路由表中不存在默认路由，那么当一个待发送或待转发的IP报文不能匹配IP路由表中的任何路由时，该IP报文就会被直接丢弃。



3.2.2 默认路由

- 案例3-2 默认路由的配置
 - 案例背景与要求：网络拓扑所示，路由器R3是因特网服务提供商(Internet Service Provider, ISP) 路由器，并且假设路由器R3上已经有了通往Internet的路由。要求管理员配置路由器，实现所有的PC都能够互通，并且都能够访问Internet。





3.2.2 默认路由

▫ 案例配置思路

- 在路由器R1上配置一条静态路由，目的地/掩码为3.3.3.0/24，下一跳地址为路由器R2的GE1/0/2接口的IP地址1.1.1.2，出接口为路由器R1的GE1/0/2接口。另外，在路由器R1上配置一条默认路由，该默认路由的下一跳地址为路由器R3的GE1/0/0接口的IP地址4.4.4.2，出接口为路由器R1的GE1/0/0接口。
- 在路由器R2上配置一条默认路由，该默认路由的下一跳地址为路由器R1的GE1/0/2口的E地址1.1.1.1，出接口为路由器R2的GE1/0/2接口。
- 在路由器R3上配置一条默认路由，下一跳IP地址均为路由器R1的GE1/0/0接口的IP地址4.4.4.1，出接口均为路由器R3的GE1/0/0接口。



3.2.2 默认路由

▫ 案例配置步骤

▪ 配置路由器R1

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R1  
[R1]ip route-static 3.3.3.0 24 1.1.1.2  
[R1]ip route-static 0.0.0.0 0 4.4.4.2
```

配置静态路由

配置默认路由

▪ 配置路由器R2

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R2  
[R2]ip route-static 0.0.0.0 0 1.1.1.1
```

配置默认路由

▪ 配置路由器R3

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R3  
[R3]ip route-static 0.0.0.0 0 4.4.4.1
```

配置默认路由



3.2.2 默认路由

▫ 案例验证

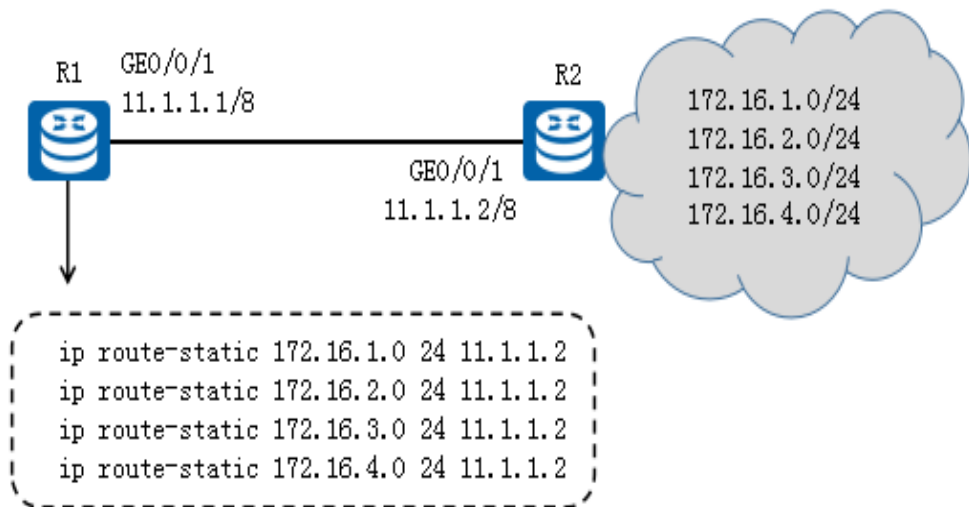
完成以上配置后，在路由器R1系统视图状态下输入【display ip routing-table】命令查看其路由表。从输出结果显示，路由器R1的路由表中已经有了一条默认路由。

```
[R1]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Destination/Mask  Proto  Pre  Cost   Flags  NextHop  Interface
0.0.0.0/24        Static  60   0      RD     4.4.4.2  GigabitEthernet1/0/0
2.2.2.0/24        Direct  0     0      D      2.2.2.1  GigabitEthernet1/0/1
2.2.2.1/32        Direct  0     0      D      127.0.0.1 InLoopBack0
3.3.3.0/24        Static  60   0      D      1.1.1.2  GigabitEthernet1/0/2
1.1.1.0/24        Direct  0     0      D      127.0.0.1 GigabitEthernet1/0/2
1.1.1.1/32        Direct  0     0      D      127.0.0.1 InLoopBack0
.....
```

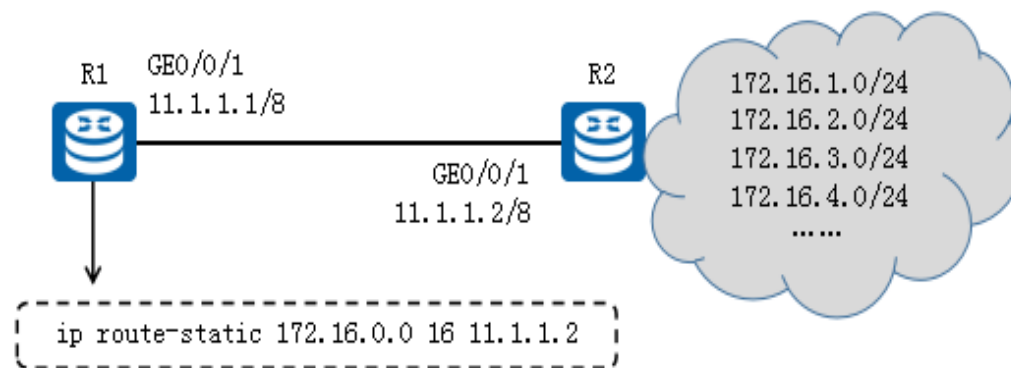


3.2.3 静态路由汇总

- 静态路由汇总概念：将多个路由条目进行汇总的方式称为路由汇总



汇总前的静态路由

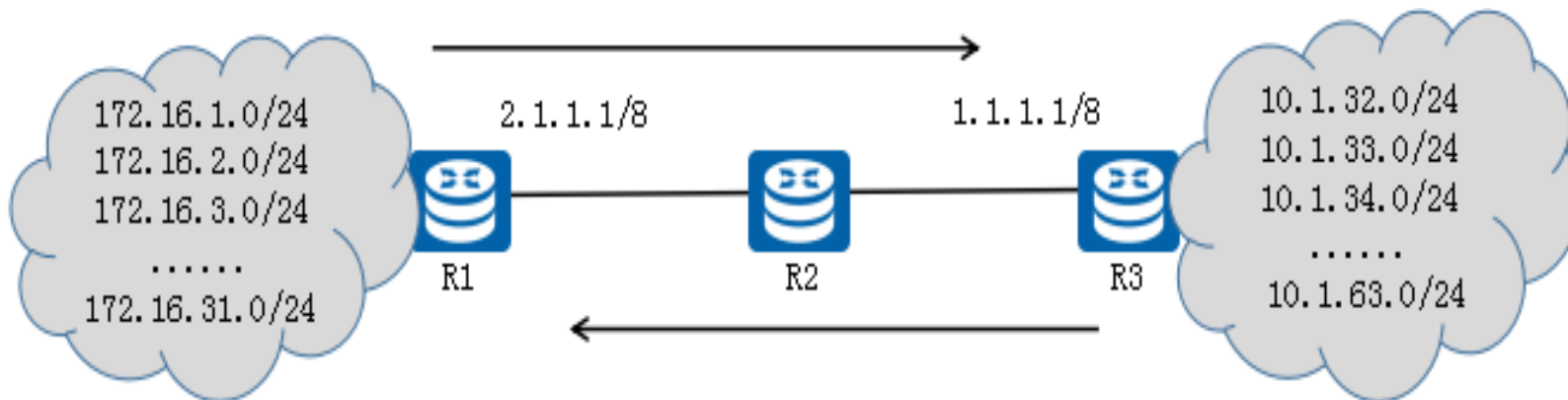


汇总后的静态路由



3.2.3 静态路由汇总

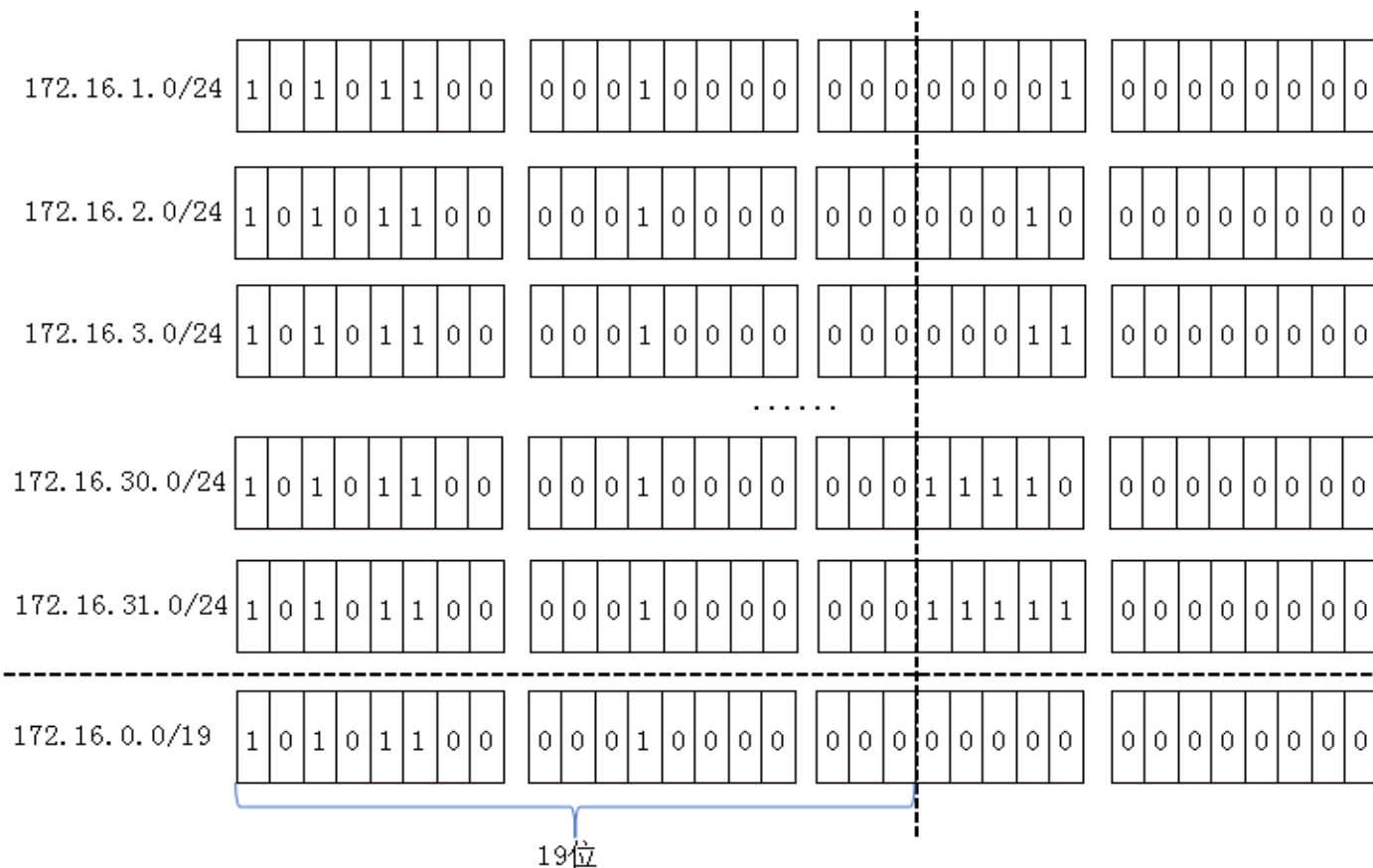
- 静态路由汇总计算与配置
 - 路由汇总的前提是IP子网及网络模型的科学合理设计，路由汇总的计算是通过对于子网掩码的操作进行的，以下图为例介绍路由汇总的计算方法。





3.2.3 静态路由汇总

- 路由器R1左侧的IP网段明细为172.16.1.0/24~172.16.31.0/24，将这些IP网段写成二进制的形式如下图所示。





3.2.3 静态路由汇总

- 从网络拓扑图可以看出，这个IP子网是连续的，对连续的IP子网进行汇总的计算方法如下。
 - ①将所有的十进制的IP网段写成二进制形式，实际操作中，只需要将所有IP网段中的不相同的十进制数写成二进制，如本例中十进制的IP网段的第三位；
 - ②画一根分隔线将所有IP网段进行分隔，从上图中可见，分隔线左侧的每一列的二进制数都完全相同，而右侧列的二进制数则不完全一样；
 - ③分隔线的位置确定后，分隔线左侧的二进制数不变，而右侧的第一位开始到最后一位全部写0。因汇总后的掩码长度为分隔线左侧的二进制的位数为 $16+3=19$ 位，因此，通过计算得到汇总后的地址段为 $172.16.0.0/19$ ；
 - ④同理，可算出路由器R3右侧的所有IP网段经过汇总后的地址段为 $10.1.32.0/19$ 。由于静态路由汇总的配置与静态路由的配置相同。因此，以路由器R2为例进行配置，配置命令如下所示。

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R2
[R2]ip route-static 172.16.0.0 19 2.1.1.1
[R2]ip route-static 10.1.32.0 19 1.1.1.1
```



3.2.4 静态路由的典型应用

- 浮动静态路由的概念

浮动静态路由（Floating Static Route）是一种特殊的静态路由，通过配置去往相同的目标网络，但优先级不同的静态路由，以保证在网络中优先级较高的路由工作。而一旦主路由失效，备份路由会接替主路由，增强网络的可靠性。

- 负载均衡的概念

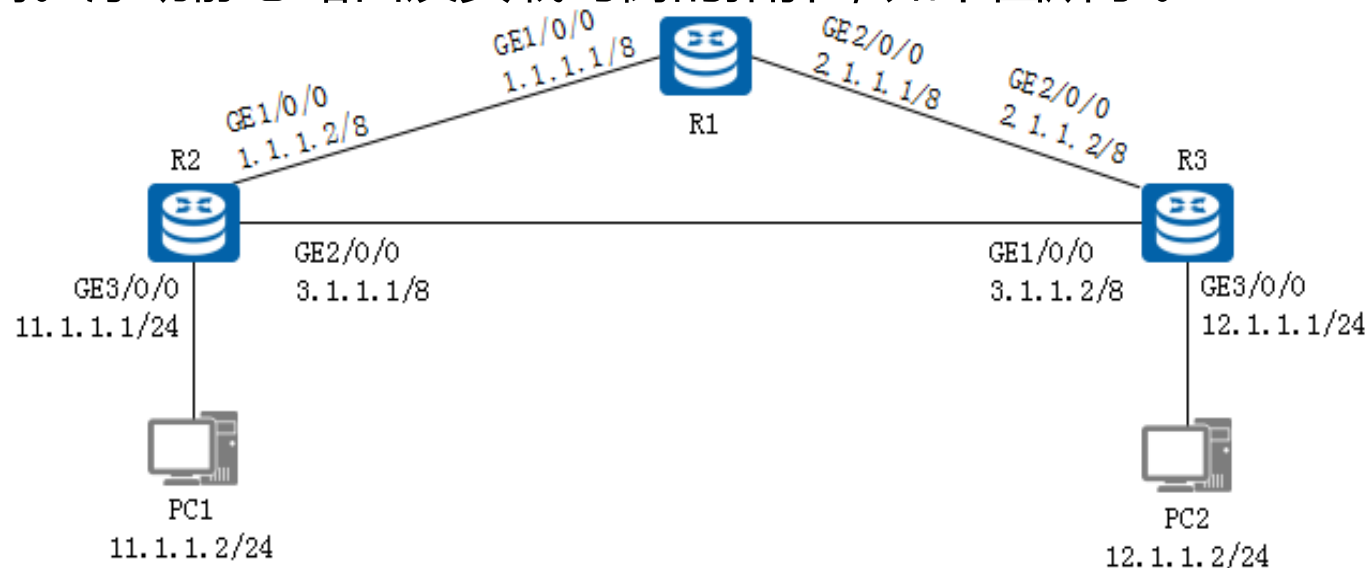
当有多条可选路径前往同一目标网络，可以通过配置相同优先级和开销的静态路由实现负载均衡，使得数据的传输均衡地分配到多条路径上，从而实现数据分流、减轻单条路径负载过重的效果。而当其中某一条路径失效时，其他路径仍然能够正常传输数据，也起到了冗余作用。仅负载均衡条件下，路由器才会同时显示两条去往同一目标网络的路由条目。



3.2.4 静态路由的典型应用

- 案例3-3 浮动静态路由及负载均衡的配置

- 案例背景与要求：路由器R1模拟某公司总部，路由器R2与路由器R3模拟两个分部，主机PC1与PC2所在的网段分别模拟两个分部中的办公网络。现需要总部与各个分部、分部与分部之间都能够通信，且分部之间在通信时，直连链路为主用链路，通过总部的链路为备用链路。本实验要求使用浮动静态路由实现路由备份，并可以通过调整优先级的值实现路由器R2到12.1.1.0/24网络的负载均衡。浮动静态路由及负载均衡的拓扑，如下图所示。





3.2.4 静态路由的典型应用

▫ 案例配置思路

- ①在路由器R1上配置两条静态路由，第一条：目的地/掩码为12.1.1.0/24，出接口为GE2/0/0，下一跳IP地址为2.1.1.2。第二条：目的地/掩码为11.1.1.0/24，出接口为GE1/0/0，下一跳IP地址为1.1.1.2。
- ②在路由器R2上配置一条静态路由，目的地/掩码为12.1.1.0/24，出接口为GE2/0/0，下一跳IP地址为3.1.1.2。
- ③在路由器R2上配置一条优先级为100的静态路由，目的地/掩码为12.1.1.0/24，出接口为GE1/0/0，下一跳IP地址为1.1.1.1。
- ④在路由器R3上配置一条静态路由，目的地/掩码为11.1.1.0/24，出接口为GE1/0/0，下一跳IP地址为3.1.1.1。
- ⑤在路由器R3上配置一条优先级为100的静态路由，目的地/掩码为11.1.1.0/24，出接口为GE2/0/0，下一跳IP地址为2.1.1.1。
- ⑥根据路由器R2的路由信息，调整到12.1.1.0/24网段的静态路由优先级，实现负载均衡。



3.2.4 静态路由的典型应用

▫ 案例配置步骤

▪ 路由器R1的配置如下

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R1  
[R1]ip route-static 12.1.1.0 24 2.1.1.2  
[R1]ip route-static 11.1.1.0 24 1.1.1.2
```

▪ 路由器R2的配置如下

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R2  
[R2]ip route-static 12.1.1.0 24 3.1.1.2  
[R2]ip route-static 12.1.1.0 24 1.1.1.1 preference 100
```

▪ 路由器R3的配置如下

```
<Huawei>system-view  
[Huawei]sysname R3  
[R3]ip route-static 11.1.1.0 24 3.1.1.1  
[R3]ip route-static 11.1.1.0 24 2.1.1.1 preference 100
```



3.2.4 静态路由的典型应用

▫ 案例验证

①完成以上配置后，在路由器R2系统视图状态下输入【display ip routing-table】命令查看其路由表。

```
<R2>display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
  Destinations : 14          Routes : 14
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost           Flags NextHop           Interface
 1.0.0.0/8          Direct  0    0              D    1.1.1.2           GigabitEthernet1/0/0
 1.1.1.2/32         Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet1/0/0
 1.255.255.255/32   Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet1/0/0
 3.0.0.0/8          Direct  0    0              D    3.1.1.1           GigabitEthernet2/0/0
 3.1.1.1/32         Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet2/0/0
 3.255.255.255/32   Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet2/0/0
 11.1.1.0/24        Direct  0    0              D    11.1.1.1          GigabitEthernet3/0/0
 11.1.1.1/32        Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet3/0/0
 11.1.1.255/32      Direct  0    0              D    127.0.0.1         GigabitEthernet3/0/0
 12.1.1.0/24        Static  60   0              RD   3.1.1.2           GigabitEthernet2/0/0
 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
 127.255.255.255/32 Direct  0    0              D    127.0.0.1         InLoopBack0
 255.255.255.255/32 Direct  0    0              D    127.0.0.1         InLoopBack0
```



3.2.4 静态路由的典型应用

②通过对路由器R2执行【display ip routing-table protocol static】命令查看到优先级为100的路由条目。

```
[R2]display ip routing-table protocol static
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Public routing table : Static
    Destinations : 1          Routes : 2          Configured Routes : 2
Static routing table status : <Active>
    Destinations : 1          Routes : 1
Destination/Mask  Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
12.1.1.0/24      Static 60   0       RD    3.1.1.2           GigabitEthernet2/0/0
Static routing table status : <Inactive>
    Destinations : 1          Routes : 1
Destination/Mask  Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
12.1.1.0/24      Static 100  0       R     1.1.1.1           GigabitEthernet1/0/0
```



3.2.4 静态路由的典型应用

③用【shutdown】命令断开路由器R2的G2/0/0接口，模拟主链路故障，验证浮动静态路由的效果。

```
[R2]interface gigabitEthernet2/0/0
[R2-gigabitEthernet2/0/0]shutdown
[R2]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
```

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

```
      Destinations : 11          Routes : 11
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
   1.0.0.0/8         Direct  0    0        D    1.1.1.2          GigabitEthernet1/0/0
   1.1.1.2/32        Direct  0    0        D    127.0.0.1         GigabitEthernet1/0/0
  1.255.255.255/32   Direct  0    0        D    127.0.0.1         GigabitEthernet1/0/0
   11.1.1.0/24       Direct  0    0        D    11.1.1.1          GigabitEthernet3/0/0
   11.1.1.1/32       Direct  0    0        D    127.0.0.1         GigabitEthernet3/0/0
  11.1.1.255/32     Direct  0    0        D    127.0.0.1         GigabitEthernet3/0/0
  12.1.1.0/24       Static 100 0    RD  1.1.1.1         GigabitEthernet1/0/0
   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
 127.255.255.255/32 Direct  0    0        D    127.0.0.1         InLoopBack0
 255.255.255.255/32 Direct  0    0        D    127.0.0.1         InLoopBack0
```




3.2.4 静态路由的典型应用

④为了检验负载均衡的效果，用【undo shutdown】命令重新开启路由器R2的G2/0/0接口，同时，在路由器R2上用【ip route-static 12.1.1.0 24 1.1.1.1】命令将这条路由的优先级（ preference ）从100改为60，通过查看路由器R2的路由表的回显信息可以看到有两条路径不同（ 下一跳地址不同 ）去往12.1.1.0/24目标网段的路由条目，从而验证了负载均衡的效果。

```
[R2]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib

-----
Routing Tables: Public
  Destinations : 14          Routes : 15
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost    Flags NextHop         Interface
-----
 1.0.0.0/8          Direct  0    0        D    1.1.1.2         GigabitEthernet1/0/0
 1.1.1.2/32         Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet1/0/0
1.255.255.255/32    Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet1/0/0
 3.0.0.0/8          Direct  0    0        D    3.1.1.1         GigabitEthernet2/0/0
 3.1.1.1/32         Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet2/0/0
3.255.255.255/32    Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet2/0/0
11.1.1.0/24         Direct  0    0        D    11.1.1.1        GigabitEthernet3/0/0
11.1.1.1/32         Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet3/0/0
11.1.1.255/32       Direct  0    0        D    127.0.0.1       GigabitEthernet3/0/0
 12.1.1.0/24        Static  60    0        RD    3.1.1.2         GigabitEthernet2/0/0
                   Static  60    0        RD    1.1.1.1         GigabitEthernet1/0/0
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
127.255.255.255/32 Direct  0    0        D    127.0.0.1       InLoopBack0
255.255.255.255/32 Direct  0    0        D    127.0.0.1       InLoopBack0
```



THANK YOU

吃透原理-认真实践
<http://exp.inc.edu.cn>

