

- 4-11 设 IP 数据报使用固定首部，其各字段的具体数值如图 4-76 所示（除 IP 地址外，均为十进制形式表示）。试用二进制运算方法计算应当写入到首部检验和字段中的数值（用二进制形式表示）。

|            |    |   |               |   |    |    |    |
|------------|----|---|---------------|---|----|----|----|
| 0          | 3  | 4 | 7             | 8 | 15 | 16 | 31 |
| 4          | 5  | 0 | 28            |   |    |    |    |
| 1          |    |   | 0             | 0 |    |    |    |
| 4          | 17 |   | 首部检验和（待计算后写入） |   |    |    |    |
| 10.12.14.5 |    |   |               |   |    |    |    |
| 12.6.7.9   |    |   |               |   |    |    |    |

图 4-76 习题 4-11 的图

将每 16 位首部列出为二进制的形式如下所示

```

0100 0101 0000 0000
0000 0000 0001 1100
0000 0000 0000 0001
0000 0000 0000 0000
0000 0100 0001 0001
0000 1010 0000 1100
0000 1110 0000 0101
0000 1100 0000 0110
0000 0111 0000 1001

```

反码算术求和的结果为：0111 0100 0100 1110

取反码得到结果为：1000 1011 1011 0001

∴ 应当写入首部校验和中的字段为 1000 1011 1011 0001

4-18 设某路由器建立了如下转发表：

| 前缀匹配                     | 下一跳   |
|--------------------------|-------|
| $N_1$ : 192.4.153.0/26   | $R_3$ |
| $N_2$ : 128.96.39.0/25   | 接口 m0 |
| $N_3$ : 128.96.39.128/25 | 接口 m1 |
| $N_4$ : 128.96.40.0/25   | $R_2$ |
| $N_5$ : * (默认)           | $R_4$ |

现共收到 5 个分组，其目的地址分别为：

(1) 128.96.39.10

(2) 128.96.40.12

(3) 128.96.40.151

(4) 192.4.153.17

(5) 192.4.153.90

试分别计算其下一跳。

$N_1$  网络掩码 255.255.255.192

$N_2$  网络掩码 255.255.255.128

$N_3$  网络掩码 255.255.255.128

$N_4$  网络掩码 255.255.255.128

(3) 目的地址 128.96.40.151

与 26 位掩码与结果: 128.96.40.128

与 25 位掩码与结果: 128.96.40.128 与  $N_3$  匹配

∴ 该目的地址的下一跳应为  $R_4$

(1) 目的地址 128.96.39.10

$N_1$  按位与结果 128.96.39.0 不匹配

$N_2$  按位与结果 128.96.39.0 匹配

$N_3$  按位与结果 128.96.39.0 不匹配

$N_4$  按位与结果 128.96.39.0 不匹配

∴ 该目的地址下一跳应为接口 m0。

(2) 目的地址 128.96.40.12

与 26 位掩码与结果: 128.96.40.0

与 25 位掩码与结果: 128.96.40.0 与  $N_4$  匹配

该目的地址下一跳应为  $R_2$

(4) 目的地址: 192.4.153.17

与 26 位掩码与结果: 192.4.153.0 与  $N_1$  匹配

与 25 位掩码与结果: 192.4.153.0

∴ 该目的地址的下一跳应为  $R_3$

(5) 目的地址: 192.4.153.90

与 26 位掩码与结果: 192.4.153.64

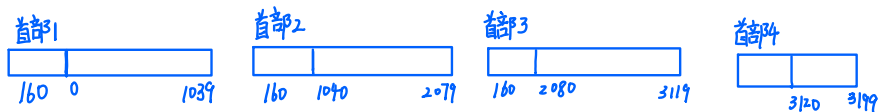
与 25 位掩码与结果: 192.4.153.0 与  $N_1$  匹配

∴ 该目的地址的下一跳应为  $R_4$

4-15 一个 3200 位长的 TCP 报文传到 IP 层，加上 160 位的首部后成为数据报。下面的互连网由两个局域网通过路由器连接起来，但第二个局域网所能传送的最长数据帧中的数据部分只有 1200 位，因此数据报在路由器中必须进行分片。试问第二个局域网向其上层要传送多少比特的数据（这里的“数据”当然指的是局域网看见的数据）？



∵ 数据帧的数据部分仅有 1200 位，∴ 在 IP 数据报中数据长度为  $1200 - 160 = 1040$  位



∴ 局域网向上层传送的数据为 4 个 IP 数据报的总长度  
即为  $3200 + 160 \times 4 = 3840 \text{ bit}$

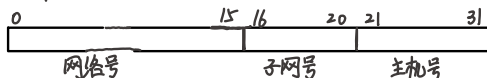
4-19 某单位分配到一个地址块 129.250.16。该单位有 4000 台计算机，平均分布在 16 个不同的地点。试给每一个地点分配一个地址块，并算出每个地址块中 IP 地址的最小值和最大值。

需要分配 16 个子网  $2^n - 2 \geq 16$  得  $n=5$

需要用 5 位来表示子网号

$\because$  4000 台计算机平均分布， $\therefore$  每个子网的计算机数量  $= \frac{4000}{16} = 250$  台

$\therefore$  分配的 IP 地址格式为



可得表格：

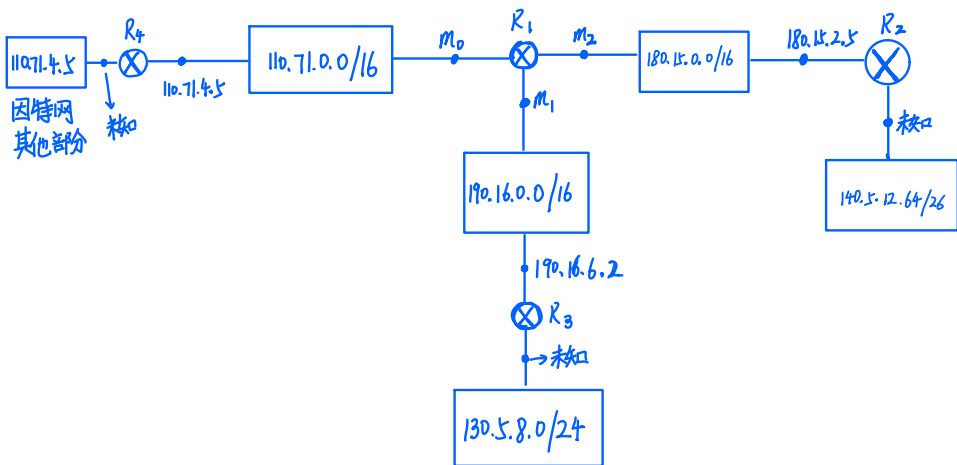
| 地址块 | IP地址最小值                                       | IP地址最大值            |
|-----|---|--------------------|
| 1   | 129.250.0000 1000.0000 0001<br>129.250. 8 . 1 | 129.250. 8 . 254   |
| 2   | 129.250. 16 . 1                               | 129.250. 16 . 254  |
| 3   | 129.250. 24 . 1                               | 129.250. 24 . 254  |
| 4   | 129.250. 32 . 1                               | 129.250. 32 . 254  |
| 5   | 129.250. 40 . 1                               | 129.250. 40 . 254  |
| 6   | 129.250. 48 . 1                               | 129.250. 48 . 254  |
| 7   | 129.250. 50 . 1                               | 129.250. 50 . 254  |
| 8   | 129.250. 64 . 1                               | 129.250. 64 . 254  |
| 9   | 129.250. 72 . 1                               | 129.250. 72 . 254  |
| 10  | 129.250. 80 . 1                               | 129.250. 80 . 254  |
| 11  | 129.250. 88 . 1                               | 129.250. 88 . 254  |
| 12  | 129.250. 96 . 1                               | 129.250. 96 . 254  |
| 13  | 129.250. 104 . 1                              | 129.250. 104 . 254 |
| 14  | 129.250. 112 . 1                              | 129.250. 112 . 254 |
| 15  | 129.250. 120 . 1                              | 129.250. 120 . 254 |
| 16  | 129.250. 128 . 1                              | 129.250. 128 . 254 |

表 4-10 习题 4-24 中路由器 R<sub>1</sub> 的转发表

| 前缀匹配           | 下一跳地址      | 路由器接口 |
|----------------|------------|-------|
| 140.5.12.64/26 | 180.15.2.5 | m2    |
| 130.5.8/24     | 190.16.6.2 | m1    |
| 110.71/16      | -----      | m0    |
| 180.15/16      | -----      | m2    |
| 190.16/16      | -----      | m1    |
| 默认             | 110.71.4.5 | m0    |

试画出各网络和必要的路由器的连接拓扑，标注出必要的 IP 地址和接口。对不能确定的情况应当指明。

各网络和必要的路由器的连接拓扑如下图所示。



4-25 一个自治系统分配到的 IP 地址块为 30.138.118/23, 包括 5 个局域网, 其连接图如图 4-77 所示, 每个局域网上的主机数标注在图 4-77 上。试给出每一个局域网的地址块 (包括前缀)。

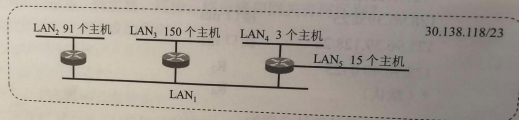


图 4-77 习题 4-25 的图

$\therefore$  共有 5 个局域网  $2^n - 2 \geq 5$  可得  $n \geq 3$   
子网号至少有 3 位

主机数最多的局域网有 150 个主机可得  $2^m - 2 \geq 150$   $m \geq 8$   $8+3 > 9$

$\therefore$  分配子网号和主机号的方法不可行

LAN<sub>1</sub> 有 3 个局域网  $2^{n_1} - 2 \geq 3$  得  $n_1 \geq 3$

LAN<sub>2</sub> 有 91 个主机  $2^{n_2} - 2 \geq 91$  得  $n_2 \geq 7$

LAN<sub>3</sub> 有 150 个主机  $2^{n_3} - 2 \geq 150$  得  $n_3 \geq 8$

LAN<sub>4</sub> 有 3 个主机  $2^{n_4} - 2 \geq 3$  得  $n_4 \geq 3$

LAN<sub>5</sub> 有 15 个主机  $2^{n_5} - 2 \geq 15$  得  $n_5 \geq 5$

优先分配地址数多的局域网可得

LAN<sub>3</sub> 的 24 位取 0 地址块为 30.138.118.0/24

LAN<sub>2</sub> 的 24, 25 位取 10, 地址块为 30.138.119.0/25

LAN<sub>5</sub> 的 24, 25, 26, 27 位取 1100, 地址块为 30.138.119.128/27

LAN<sub>1</sub> 的 24~29 位取 111100, 地址块为 30.138.119.224/29

LAN<sub>4</sub> 的 24~29 位取 111101, 地址块为 30.138.119.232/29

一个大公司有一个总部和三个下属部门。公司分配到的网络前缀是 192.77.33/24。公司的网络布局如图 4-78 所示。总部共有 5 个局域网，其中的 LAN<sub>1</sub> ~ LAN<sub>4</sub> 都连接到路由器 R<sub>1</sub> 上，R<sub>1</sub> 再通过 LAN<sub>5</sub> 与路由器 R<sub>2</sub> 相连。R<sub>2</sub> 和远地的三个部门的局域网 LAN<sub>6</sub> ~ LAN<sub>8</sub> 通过广域网相连。每一个局域网旁边标明的数字是局域网上的主机数。试给每一个局域网分配一个合适的网络前缀。

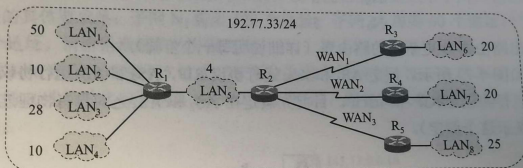


图 4-78 习题 4-26 的图

LAN<sub>1</sub> 有 50 台主机,  $2^{n_1}-2 \geq 50$ , 可得  $n_1 \geq 6$   
 LAN<sub>2</sub> 有 10 台主机,  $2^{n_2}-2 \geq 10$ , 可得  $n_2 \geq 4$   
 LAN<sub>3</sub> 有 28 台主机,  $2^{n_3}-2 \geq 28$ , 可得  $n_3 \geq 5$   
 LAN<sub>4</sub> 有 10 台主机,  $2^{n_4}-2 \geq 10$ , 可得  $n_4 \geq 4$   
 LAN<sub>5</sub> 有 4 台主机,  $2^{n_5}-2 \geq 4$ , 可得  $n_5 \geq 3$   
 LAN<sub>6</sub> 有 20 台主机,  $2^{n_6}-2 \geq 20$ , 可得  $n_6 \geq 5$   
 LAN<sub>7</sub> 有 20 台主机,  $2^{n_7}-2 \geq 20$ , 可得  $n_7 \geq 5$   
 LAN<sub>8</sub> 有 25 台主机,  $2^{n_8}-2 \geq 25$ , 可得  $n_8 \geq 5$   
 由主机数量从多到少开始分配

LAN<sub>1</sub> 的 25~26 位为 00, 地址块为 192.77.33.0/26  
 LAN<sub>3</sub> 的 25~27 位为 010, 地址块为 192.77.33.64/27  
 LAN<sub>6</sub> 的 25~27 位为 011, 地址块为 192.77.33.96/27  
 LAN<sub>7</sub> 的 25~27 位为 100, 地址块为 192.77.33.128/27  
 LAN<sub>8</sub> 的 25~27 位为 101, 地址块为 192.77.33.160/27  
 LAN<sub>2</sub> 的 25~28 位为 1100, 地址块为 192.77.33.192/28  
 LAN<sub>4</sub> 的 25~28 位为 1101, 地址块为 192.77.33.208/28  
 LAN<sub>5</sub> 的 25~29 位为 1111, 地址块为 192.77.33.248/29

4.37 假定网络中的路由器 B 的路由表有如下的项目 (这三列分别表示“目的网络”“距离”和“下一跳路由器”):

|       |   |   |
|-------|---|---|
| $N_1$ | 7 | A |
| $N_2$ | 2 | C |
| $N_6$ | 8 | F |
| $N_8$ | 4 | E |
| $N_9$ | 4 | F |

现在 B 收到从 C 发来的路由信息 (这两列分别表示“目的网络”和“距离”):

|       |   |
|-------|---|
| $N_2$ | 4 |
| $N_3$ | 8 |
| $N_6$ | 4 |
| $N_8$ | 3 |
| $N_9$ | 5 |

试求出路由器 B 更新后的路由表 (详细说明每一个步骤)。

11) 修改 C 发送的报文内容, 将下一跳地址改为 C 并把距离 +1 得到修改后 C 的报文

|       |   |   |
|-------|---|---|
| $N_2$ | 5 | C |
| $N_3$ | 9 | C |
| $N_6$ | 5 | C |
| $N_8$ | 4 | C |
| $N_9$ | 6 | C |

(2) ①处理第条:  $N_2$  与  $C$   $\left\{ \begin{array}{l} B \text{ 中有目的网络 } N_2 \\ B \text{ 中 } N_2 \text{ 与 } C \text{ 下一跳为 } C, \text{ 使用 } N_2 \text{ 与 } C \text{ 替换 } B \text{ 中 } N_2 \text{ 与 } C \end{array} \right.$

② 处理  $N_3$   $q \in C$  {  $B$  中无目的网络  $N_3$ ,  $N_3 \in C$  添加到  $B$  中 }

③ 处理  $N_6$  与  $C$   $\left\{ \begin{array}{l} B \text{ 中有目的网络 } N_6 \\ N_6 \text{ 与 } F \text{ 下一跳不是 } C \\ 5 < 8 \text{ 用 } N_6 \text{ 与 } C \text{ 替换 } N_6 \text{ 与 } F \end{array} \right.$

④ 处理  $N_2$  及  $C$  { 图中有目的网络  $N_8$   
 $N_8$  及  $E$  下一跳不是  $C$   
 $4 \geq 4$ , 不进行操作

⑤ 处理  $N_q$  6c { 8中有目的网络  $N_q$   
 $N_q \neq F$  下一跳不是 C  
 $6 \geq 4$  , 不进行操作

∴ 最终得到更新后的路由表为:

|       |   |   |
|-------|---|---|
| $N_1$ | 7 | A |
| $N_2$ | 5 | C |
| $N_3$ | 9 | C |
| $N_6$ | 5 | C |
| $N_8$ | 4 | E |
| $N_9$ | 4 | F |

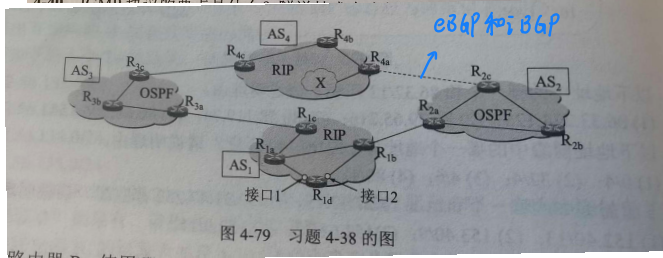


4-39 网络上题。路由器  $R_{1d}$  知道前缀 X，并将前缀 X 写入转发表。

(1) 试问路由器  $R_{1d}$  应当从接口 1 还是接口 2 转发分组呢？请简述理由。

(2) 现假定  $AS_2$  和  $AS_4$  之间有物理连接，即图中的虚线变成了实线。假定路由器  $R_{1d}$  知道到达前缀 X 可以经过  $AS_2$ ，但也可以经过  $AS_3$ 。试问路由器  $R_{1d}$  应当从接口 1 还是接口 2 转发分组呢？请简述理由。

(3) 现假定有另一个  $AS_5$  处在  $AS_2$  和  $AS_4$  之间（图中的虚线之间未画出  $AS_5$ ）。假定路由器  $R_{1d}$  知道到达前缀 X 可以经过路由  $[AS_2 \ AS_5 \ AS_4]$ ，但也可以经过路由  $[AS_1 \ AS_4]$ 。试问路由器  $R_{1d}$  应当从接口 1 还是接口 2 转发分组呢？请简述理由。



(1) 若从接口 1 转发分组，需要经过的路径为

$R_{1d} \rightarrow R_{1a} \rightarrow R_{1c} \rightarrow R_{3a} \rightarrow R_{3b} \rightarrow R_{3c} \rightarrow R_{4c} \rightarrow R_{4b} \rightarrow R_{4a} \rightarrow X$  共 9 段路径

若从接口 2 转发分组，需要经过的路径为

$R_{1d} \rightarrow R_{1b} \rightarrow R_{1a} \rightarrow R_{1c} \rightarrow R_{3a} \rightarrow R_{3b} \rightarrow R_{3c} \rightarrow R_{4c} \rightarrow R_{4b} \rightarrow R_{4a} \rightarrow X$  共 10 段路径

∴ 应当从接口 1 转发分组，因为经过的路径段数最少

(2) 若从接口 1 转发分组，需要经过的路径为

$R_{1d} \rightarrow R_{1a} \rightarrow R_{1b} \rightarrow R_{2a} \rightarrow R_{2c} \rightarrow R_{4a} \rightarrow X$  共 6 段路径

若从接口 2 转发分组，需要经过的路径为

$R_{1d} \rightarrow R_{1b} \rightarrow R_{2a} \rightarrow R_{2c} \rightarrow R_{4a} \rightarrow X$  共 5 段路径

∴ 应当从接口 2 转发分组，因为经过的路径段数最少

(3) 应当从接口 1 转发分组，在 BGP 路由选择时若未设置路由偏好则

应选用 AS 跳数最少的路由，即接口 1

**NAT:** NAT是内部专用网络中使用本地地址,而当内部主机要与外界网络发生联系时,就在边缘路由器或者防火墙处,将内部地址替换成全球地址,即可路由的合法注册地址,从而在外部公共网上正常使用,其具体的做法是把包内本地地址域用全球地址来替换

**NAPT:** 将内部主机的私有IP地址转换为公有IP地址,并在转换时还要将私有IP地址和端口号映射成公有IP地址和新的端口号,这样就可以让多个内网主机共享一个公网IP地址,而不同的内网主机可以通过不同的端口号与公网进行通信

**NAT优点**

- ① 解决了IPv4地址短缺的问题,减少了IPv4地址的消耗
- ② 增加了网络的安全性,因为内网地址不向公网暴露,可以减少攻击的威胁
- ③ 减少了IP地址管理的复杂性
- ④ 能够简化网络配置

**NAT缺点**

- ① 有时会导致网络不稳定,因为NAT设备在转换时需要对数据包进行处理,有一定延迟
- ② 有些应用程序需要用到固定的IP地址或特定的端口,使用NAT后可能会导致应用程序失效
- ③ 无法满足点对点连接的需求
- ④ 难以进行监测和管理,因为NAT设备会改变网络传输的源地址

**NAPT特点:**

- ① 实现多个内网地址映射到一个公网IP地址,减少IP地址的使用
- ② 更加安全,因为内网地址不直接暴露在公网,减少了攻击的威胁
- ③ 可动态分配端口号,提高带宽利用率

47

4-47 某单位分配到一个地址块 14.24.74.0/24。该单位需要用到三个子网，它们对三个子网地址块的具体要求是：子网  $N_1$  需要 120 个地址，子网  $N_2$  需要 60 个地址，子网  $N_3$  需要 10 个地址。请给出地址块的分配方案。

$N_1$  : 有 120 个地址  $2^{n_1}-2 \geq 120$  则  $n_1 \geq 7$

$N_2$  : 有 60 个地址  $2^{n_2}-2 \geq 60$  则  $n_2 \geq 6$

$N_3$  : 有 10 个地址  $2^{n_3}-2 \geq 10$  则  $n_3 \geq 4$

从地址数量由多到少分配

$N_1$ : 子网号为 1, 地址块为 14.24.74.128/25

$N_2$ : 子网号为 01, 地址块为 14.24.74.64/26

$N_3$ : 子网号为 0001, 地址块为 14.24.74.16/28

如图 4-80 所示, 网络 145.13.0.0/16 划分为四个子网  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  和  $N_4$ 。这四个子网与路由器 R 连接的接口分别是  $m_0$ ,  $m_1$ ,  $m_2$  和  $m_3$ 。路由器 R 的第五个接口  $m_4$  连接到互联网。

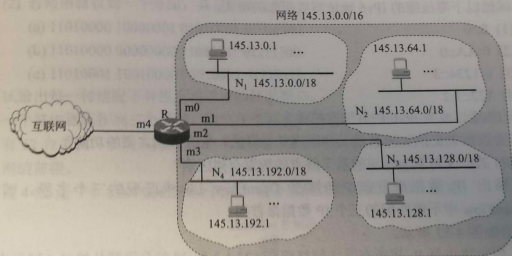


图 4-80 习题 4-48 的图

- (1) 试给出路由器 R 的路由表。
- (2) 路由器 R 收到一个分组, 其目的地址是 145.13.160.78。试解释这个分组是怎样被转发的。

1) 路由器 R 的路由表为:

| 目的网络            | 距离 | 下一跳地址    |
|-----------------|----|----------|
| 145.13.0.0/18   | 1  | $m_0$ 直接 |
| 145.13.64.0/18  | 1  | $m_1$ 直接 |
| 145.13.128.0/18 | 1  | $m_3$ 直接 |
| 145.13.192.0/18 | 1  | $m_2$ 直接 |
| *               |    | $m_4$    |

(2) 将目的地址 145.13.160.78 与子网掩码 255.255.192.0 按位与得到的结果为

145.13.128.0 与  $N_3$  匹配。

这个分组直接从接口  $m_3$  转发到  $N_3$

57

4-57 试把以下的 IPv6 地址用零压缩方法写成简洁形式:

(1) 0000:0000:0F53:6382:AB00:67DB:BB27:7332

(2) 0000:0000:0000:0000:0000:0000:004D:ABCD

(3) 0000:0000:0000:AF36:7328:0000:87AA:0398

(4) 2819:00AF:0000:0000:0000:0035:0CB2:B271

(1) :: 0F53:6382:AB00:67DB:BB27:7332

(2) :: 004D:ABCD

(3) :: AF36:7328:0:87AA:0398

(4) 2819:00AF:: 0035:0CB2:B271

已知一个具有 4 个接口的路由器  $R_1$  的转发表如表 4-11 所示, 转发表的每一行给出了目的地址的范围, 以及对应的转发接口。

表 4-11 习题 4-64 中路由器  $R_1$  的转发表

| 目的地址范围   | 转发接口 |
|--|------|
| 最小地址 11010000 00000000 00000000 00000000<br>最大地址 11010000 00000001 11111111 11111111 | 0    |

续表

| 目的地址范围   | 转发接口 |
|--|------|
| 最小地址 11010000 00000000 00000000 00000000<br>最大地址 11010000 00000000 11111111 11111111 | 1    |
| 最小地址 11010000 00000010 00000000 00000000<br>最大地址 11010001 11111111 11111111 11111111 | 2    |
| 其他   | 3    |

(1) 试把以上转发表转换为另一形式, 其中的目的地址范围改为前缀匹配, 而转发表由 4 行增加为 5 行。

(2) 若路由器收到一个分组, 其目的地址是:

(a) 11010000 10000001 01010001 01010101

(b) 11010000 00000000 11010111 01111100

(c) 11010001 10010000 00010001 01110111

试给出每一种情况下分组应当通过的转发接口。

1) 前缀匹配 转发接口

208.0.0.0/15      0

208.0.0.0/16      1

208.0.0.0/7      2

208.0.0.0/6      2

0.0.0.0/0      3

(2) (a) 目的地址在原 $R_1$ 路由表第3行的地址范围中 应当通过的转发接口为接口2

(b) 目的地址在原 $R_1$ 路由表第1,2行的地址范围中 根据最长前缀匹配原则 应当通过的转发接口为接口2

(c) 目的地址在原 $R_1$ 路由表第3行的地址范围中 应当通过的转发接口为接口2