

【4-17】 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。下面的互联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）？

解答：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 bit，可见每一个 IP 数据报的最大长度是 1200 bit，故其数据部分最多为：

IP 数据报的总长度 - IP 数据报的首部 =  $1200 - 160 = 1040$  bit

而 TCP 交给 IP 的数据共 3200 bit =  $1040 + 1040 + 1040 + 80$ ，因此 3200 bit 的数据必须划分为 4 个数据报片，如图 T-4-17 所示。

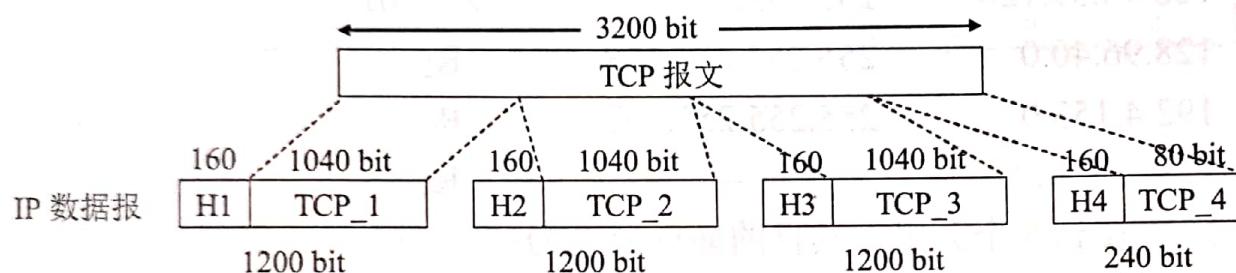


图 T-4-17 一个 TCP 报文划分为 4 个 IP 数据报传送

图中的 H1, H2, H3, H4 分别是这四个数据报片的首部，其长度都是 160 bit（但里面的内容并不相同），而 TCP\_1, TCP\_2, TCP\_3, TCP\_4 分别是这四个数据报片的数据部分，其长度分别为 1040 bit, 1040 bit, 1040 bit 和 80 bit。这四个数据报片的总长度（首部加上数据部分）分别为 1200 bit, 1200 bit, 1200 bit 和 240 bit。

上面这些就是第二个局域网向其上层要传送的数据。

因此，第二个局域网向上传送  $1200 + 1200 + 1200 + 240 = 3840$  bit。





【4-20】 设某路由器建立了如下路由表：

目的网络	子网掩码	下一跳
128.96.39.0	255.255.255.128	接口 m0
128.96.39.128	255.255.255.128	接口 m1
128.96.40.0	255.255.255.128	R <sub>2</sub>
192.4.153.0	255.255.255.192	R <sub>3</sub>
* (默认)	-	R <sub>4</sub>

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。

解答：IP 地址的 4 个字节分别表示为 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 和 B<sub>4</sub>。把路由表中的 4 个目的网络地址分别记为 N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, ..., N<sub>4</sub>。收到的 5 个分组的目的地址分别记为 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, ..., D<sub>5</sub>。

请注意：在进行 AND 运算时，只要把掩码地址中非全 1（即非 255<sub>10</sub>）的那一个字节换算成二进制即可。全 1 字节与任何一个数 X 相与时，结果一定是 X，非常简单。

(1) 路由器收到的分组的目的地址 D<sub>1</sub> = 128.96.39.10。

网络 N<sub>1</sub> 的子网掩码 M<sub>1</sub> 与 D<sub>1</sub> 进行 AND 运算：

	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>
网络 N <sub>1</sub> 的子网掩码 M <sub>1</sub> (点分十进制)	255	255	255	128
网络 N <sub>1</sub> 的子网掩码 M <sub>1</sub> (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的目的地址 D <sub>1</sub> (第 4 字节用二进制表示)	128	96	39	00001010
(M <sub>1</sub> ) AND (D <sub>1</sub> ) (第 4 字节用二进制表示)	128	96	39	00000000
(M <sub>1</sub> ) AND (D <sub>1</sub> ) (点分十进制)	128	96	39	0



所得结果与  $N_1$  匹配。故选“接口 m0”。后面就不计算了。

(2) 路由器收到的分组的地址  $D_2 = 128.96.40.12$ 。

网络  $N_1$  的子网掩码  $M_1$  与  $D_2$  进行 AND 运算：

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_1$ 的子网掩码 $M_1$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_1$ 的子网掩码 $M_1$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的地址 $D_2$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00001100
$(M_1) \text{ AND } (D_2)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00000000
$(M_1) \text{ AND } (D_2)$ (点分十进制)	128	96	40	0

所得结果与  $N_1$  不匹配。再试下一个。

网络  $N_2$  的子网掩码  $M_2$  与  $D_2$  进行 AND 运算：

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_2$ 的子网掩码 $M_2$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_2$ 的子网掩码 $M_2$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的地址 $D_2$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00001100
$(M_2) \text{ AND } (D_2)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00000000
$(M_2) \text{ AND } (D_2)$ (点分十进制)	128	96	40	0

所得结果与  $N_2$  不匹配。再试下一个。

网络  $N_3$  的子网掩码  $M_3$  与  $D_2$  进行 AND 运算：

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_3$ 的子网掩码 $M_3$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_3$ 的子网掩码 $M_3$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的地址 $D_2$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00001100
$(M_3) \text{ AND } (D_2)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	00000000
$(M_3) \text{ AND } (D_2)$ (点分十进制)	128	96	40	0

所得结果与  $N_3$  匹配。故选“下一跳为  $R_2$ ”。后面就不计算了。

(3) 路由器收到的分组的地址  $D_3 = 128.96.40.151$ 。

网络  $N_1$  的子网掩码  $M_1$  与  $D_3$  进行 AND 运算：

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_1$ 的子网掩码 $M_1$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_1$ 的子网掩码 $M_1$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的地址 $D_3$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10010111
$(M_1) \text{ AND } (D_3)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10000000
$(M_1) \text{ AND } (D_3)$ (点分十进制)	128	96	40	128

所得结果与  $N_1$  不匹配。再试下一个。



网络  $N_2$  的子网掩码  $M_2$  与  $D_3$  进行 AND 运算:

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_2$ 的子网掩码 $M_2$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_2$ 的子网掩码 $M_2$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的目的地址 $D_3$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10010111
$(M_2)$ AND $(D_3)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10000000
$(M_2)$ AND $(D_3)$ (点分十进制)	128	96	40	128

所得结果与  $N_2$  不匹配。再试下一个。

网络  $N_3$  的子网掩码  $M_3$  与  $D_3$  进行 AND 运算:

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_3$ 的子网掩码 $M_3$ (点分十进制)	255	255	255	128
网络 $N_3$ 的子网掩码 $M_3$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	10000000
收到的分组的目的地址 $D_3$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10010111
$(M_3)$ AND $(D_3)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10000000
$(M_3)$ AND $(D_3)$ (点分十进制)	128	96	40	128

所得结果与  $N_3$  不匹配。再试下一个。

网络  $N_4$  的子网掩码  $M_4$  与  $D_3$  进行 AND 运算:

	B1	B2	B3	B4
网络 $N_4$ 的子网掩码 $M_4$ (点分十进制)	255	255	255	192
网络 $N_4$ 的子网掩码 $M_4$ (第 4 字节用二进制表示)	255	255	255	11000000
收到的分组的目的地址 $D_3$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10010111
$(M_4)$ AND $(D_3)$ (第 4 字节用二进制表示)	128	96	40	10000000
$(M_4)$ AND $(D_3)$ (点分十进制)	128	96	40	128

所得结果与  $N_3$  不匹配。因此选择下一跳为默认接口  $R_4$ 。



【4-21】某单位分配到一个 B 类 IP 地址，其 net-id 为 129.250.0.0。该单位有 4000 台机器，平均分布在 16 个不同的地点。如选用子网掩码为 255.255.255.0，试给每一个地点分配一个子网号码，并算出每个地点主机号码的最小值和最大值。

解答：4000 台计算机，平均分布在 16 个不同的地点。每个地点有 250 台计算机。因此，主机号 host-id 有 8 位就够了。而 16 个不同地点需要有 16 个子网。考虑到不使用全 1 和全 0 的子网号，因此子网号 subnet-id 至少需要 5 位（可以有 30 个子网）。这样，本题的解答并不是唯一的，子网号可以从 5 位到 8 位。

但题目已经给定了子网掩码为 255.255.255.0，就是说，题目已经确定了采用 8 位的子网号，因此可以选用子网号从 00000001 到 00010000 这样 16 个号码。每一个地点的主机号 host-id 从 00000001 到 11111010 共 250 个号码。





【4-22】 一个数据报长度为 4000 字节（固定首部长度）。现在经过一个网络传送，但此网络能够传送的最大数据长度为 1500 字节。试问应当划分为几个短些的数据报片？各数据报片的数据字段长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值？

解答：数据报的总长度减去首部长度，得出 IP 数据报的数据部分长度为：

$$4000 - 20 = 3980 \text{ B}$$

划分出一个数据报片（要考虑首部有 20 字节长）： $3980 - 1480 = 2500 \text{ B}$ ，剩下的数据长度，大于 MTU。

再划分出一个数据报片： $2500 - 1480 = 1020 \text{ B}$ ，剩下的数据长度，小于 MTU。

故划分为 3 个数据报片，其数据字段长度分别为 1480, 1480 和 1020 字节。

片偏移字段的值分别为 0,  $1480 / 8 = 185$  和  $2 \times 1480 / 8 = 370$ 。

MF 字段的值分别为 1, 1 和 0。



【4-25】 以下有 4 个子网掩码，哪些是不推荐使用的？为什么？

(1) 176.0.0.0, (2) 96.0.0.0, (3) 127.192.0.0, (4) 255.128.0.0。

解答：

(1) 176.0.0.0 的第一个字节的二进制表示：10110000，“1”不连续。不推荐使用。

(2) 96.0.0.0 的第一个字节的二进制表示：01100000，“1”的前面有 0。不推荐使用。

(3) 127.192.0.0 的第一个字节的二进制表示：01111111，“1”的前面有 0。不推荐使用。

(4) 255.128.0.0 的前面两个字节的二进制表示：11111111 10000000。推荐使用。所有的 1 是连续的，1 的前面没有 0。

【4-26】 有如下的 4 个 /24 地址块，试进行最大可能的聚合。

212.56.132.0/24

212.56.133.0/24

212.56.134.0/24

212.56.135.0/24

解答：这几个地址的前面两个字节都一样，因此，只需要比较第三个字节。

212.56.132.0/24 的第三个字节的二进制表示是 10000100；

212.56.133.0/24 的第三个字节的二进制表示是 10000101；

212.56.134.0/24 的第三个字节的二进制表示是 10000110；

212.56.135.0/24 的第三个字节的二进制表示是 10000101。

可以看出，第三字节仅最后两位不都一样，而前面 6 位都是相同的（用粗体字加下划线表示）。这 4 个地址共同前缀是两个字节加上 6 位，即 22 位，11010100 00111000 100001。

最大可能的聚合的 CIDR 地址块是：212.56.132.0/22。



【4-28】已知路由器 R<sub>1</sub> 的路由表如表 T-4-28 所示。

表 T-4-28 路由器 R<sub>1</sub> 的路由表

地址掩码	目的网络地址	下一跳地址	路由器接口
/26	140.5.12.64	180.15.2.5	m2
/24	130.5.8.0	190.16.6.2	m1
/16	110.71.0.0	-----	m0
/16	180.15.0.0	-----	m2
/16	190.16.0.0	-----	m1
默认	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。

解答：从表 T-4-28 可看出，路由器 R<sub>1</sub> 有三个接口，m0, m1 和 m2，见图 T-4-28 所示。

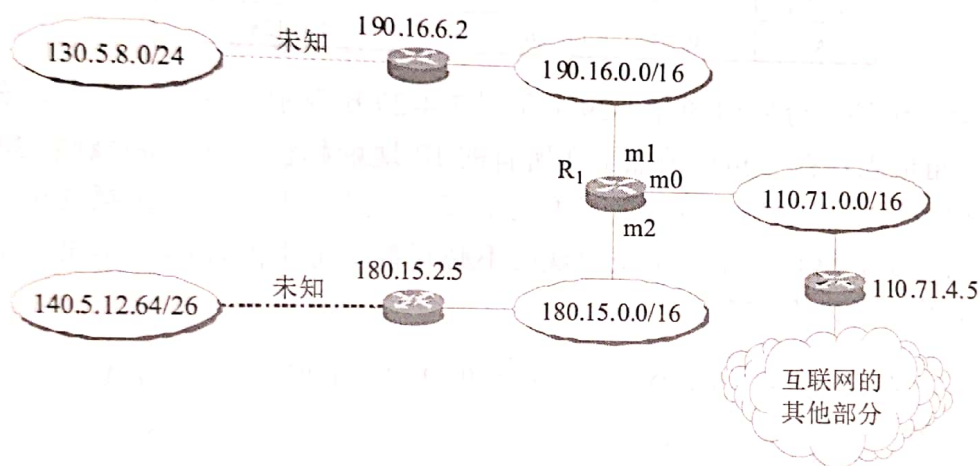


图 T-4-28 和路由器 R<sub>1</sub> 的三个接口相连接的网络拓扑

有三个网络直接和 R<sub>1</sub> 相连，有两个网络间接和 R<sub>1</sub> 相连，这是因为在“下一跳地址”中没有写上任何地址。这就表明到了路由器 R<sub>1</sub> 后，不需要再转发（没有下一跳），而是直接交付主机。可见这三个网络是直接和路由器 R<sub>1</sub> 相连的。

还应当有三个路由器。这从下一跳地址可看出，因为既然给出了下一跳的 IP 地址，那么这个 IP 地址一定是一个路由器。只要看它的 IP 地址就知道是和哪一个网络相连接的。默认路由器一定是和互联网相连的。例如，下一跳地址是 190.16.6.2，具有这个地址的路由器一定是与网络 190.16.0.0 相连接的。

但网络 130.5.8.0 是怎样和路由器 190.16.6.2 连接的，它们之间还要经过多少个路由器，现在都是不知道的。因此网络 130.5.8.0 和路由器 190.16.6.2 之间就用虚线表示。







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。

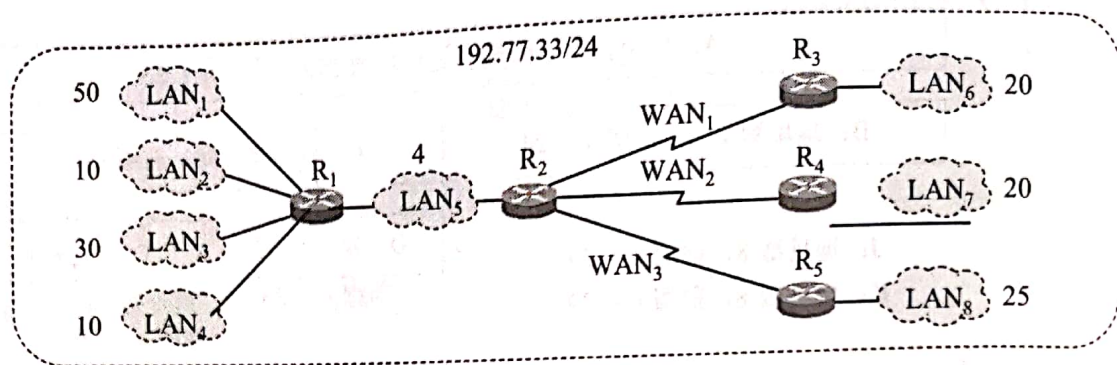


图 T-4-30 一个大公司各部门的网络布局

**解答：**50 个主机的 LAN<sub>1</sub> 需要前缀 /26 (主机号 6 位, 62 个主机号), 30 个主机的 LAN<sub>3</sub> 需要前缀 /27 (主机号 5 位, 30 个主机号), 两个 10 个主机的 LAN<sub>2</sub> 和 LAN<sub>4</sub> 各需要一个前缀 /28 (主机号 4 位, 14 个主机号)。

LAN<sub>6</sub>~LAN<sub>8</sub> (加上路由器) 各需要一个前缀 /27 (主机号 5 位, 30 个主机号), 3 个 WAN 各有两个端点, 各需要一个前缀 /30 (主机号 2 位, 2 个主机号)。LAN<sub>5</sub> 需要前缀 /30 (主机号 2 位, 2 个主机号), 但考虑到以太网上可能还要再接几个主机, 故留有余地, 可分配一个 /29 (主机号 3 位, 6 个主机号)。

本题的解答有很多种, 下面给出其中的一种答案 (先选择需要较大的网络前缀):

LAN<sub>1</sub>: 192.77.33.0/26

LAN<sub>3</sub>: 192.77.33.64/27

LAN<sub>6</sub>: 192.77.33.96/27

LAN<sub>7</sub>: 192.77.33.128/27

LAN<sub>8</sub>: 192.77.33.160/27

LAN<sub>2</sub>: 192.77.33.192/28

LAN<sub>4</sub>: 192.77.33.208/28

LAN<sub>5</sub>: 192.77.33.224/29 (考虑到以太网上可能还要再接几个主机, 故留有余地。)

WAN<sub>1</sub>: 192.77.33.232/30

WAN<sub>2</sub>: 192.77.33.236/30

WAN<sub>3</sub>: 192.77.33.240/30

【4-35】 已知地址块中的一个地址是 140.120.84.24/20。试求这个地址块中的最小地址和最大地址。地址掩码是什么？地址块中共有多少个地址？相当于多少个 C 类地址？

解答：给定地址的前缀是 20 位，因此只要观察地址的第三字节即可。只把第三字节写成二进制，其他三个字节用 B1, B2 和 B4 表示。

B1.B2.01010100.B4/20 取前 20 位，后面全是 0，即得出最小地址。  
最小地址是 B1 B2 01010000 00000000/20 = 140.120.80.0/20;



最大地址是  $\underline{B1\ B2\ 01011111\ 11111111}/20 = 140.120.95.255/20$ 。

地址数是  $2^{12} = 4096$ ，相当于 16 个 C 类地址。

再强调一下：IP 地址通常是用点分十进制或二进制来表示，不能在 IP 地址中部分使用点分十进制而另一部分使用二进制表示。像上面那样的表示方法（B1.B2.01010100.B4）仅仅是强调要把注意力集中在第三字节上，因为网络前缀和后缀的分界线就出现在第三个字节上。







【4-41】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 <sub>1</sub>	7	A
N <sub>2</sub>	2	C
N <sub>6</sub>	8	F
N <sub>8</sub>	4	E
N <sub>9</sub>	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 <sub>2</sub>	4
N <sub>3</sub>	8
N <sub>6</sub>	4
N <sub>8</sub>	3
N <sub>9</sub>	5

试求出路由器 B 更新后的路由表（详细说明每一个步骤）。

解答：先把收到的路由信息中的“距离”加 1：

N <sub>2</sub>	5
N <sub>3</sub>	9
N <sub>6</sub>	5
N <sub>8</sub>	4
N <sub>9</sub>	6

路由器 B 更新后的路由表如下：

N <sub>1</sub>	7	A	无新信息，不改变。
N <sub>2</sub>	5	C	相同的下一跳，更新。
N <sub>3</sub>	9	C	新的项目，添加进来。
N <sub>6</sub>	5	C	不同的下一跳，距离更短，更新。
N <sub>8</sub>	4	E	不同的下一跳，距离一样，不改变。
N <sub>9</sub>	4	F	不同的下一跳，距离更大，不改变。