

解答：我们知道，在 IP 层下面的数据链路层规定了一个帧所能传送的数据的最大值。这个数值称为（IP 层下面的数据链路层所能够传送的）最大传送单元 MTU。当 IP 数据报封装成链路层的帧时，此数据报的总长度（即首部加上数据部分）一定不能超过下面的数据链路层的 MTU 值。

显然，MTU 就是 IP 数据报首部中的“总长度字段”的上限值。需要注意的是，这个总长度字段是 16 位，因此这个字段可以表示的最大数值是 $2^{16} - 1$ ，即 65535 字节。但实际上，下面的数据链路层往往限制了 IP 数据报的总长度，使其远远小于这个数值。

总之，IP 数据报的总长度既不能超过 65535 字节，也不能超过数据链路层容许的 MTU 值，用公式表示为：

$$\text{IP 数据报的总长度} \leq \min\{\text{MTU}, 65535\}$$

图 T-4-13 表明 IP 数据报的总长度就是数据链路层的 MAC 帧的数据部分。但 MTU 在这个图中并未表示出来，因为 MTU 是 MAC 帧的数据部分的上限值。

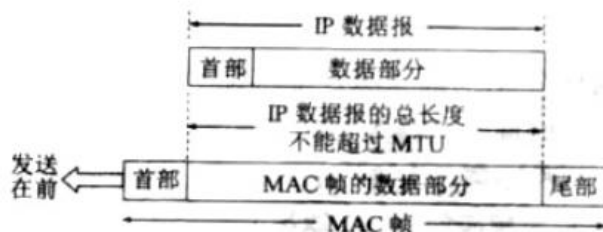


图 T-4-13 IP 数据报的总长度不能超过 MTU

【4-17】 主机 A 发送 IP 数据报给主机 B，途中经过了 5 个路由器。试问在 IP 数据报的发送过程中总共使用了几次 ARP？

解答：6 次。主机发送 IP 数据报时用一次 ARP，每一个路由器在转发 IP 数据报时各使用一次。

【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。

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，主机号有 8 位就够了。这样，网络前缀可以选用 24 位。16 个不同地点需要有 16 个地址块。每个地点分到一个/24 地址块就够用了。结果如下：

- 129.250.1/24, IP 地址范围: 129.250.1.0 ~ 129.250.1.255
- 129.250.2/24, IP 地址范围: 129.250.2.0 ~ 129.250.2.255
-
- 129.250.16/24, IP 地址范围: 129.250.16.0 ~ 129.250.16.255

【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 T-4-25 所示，每个局域网上的主机数标注在图 T-4-25 上。试给出每一个局域网的地址块（包括前缀）。

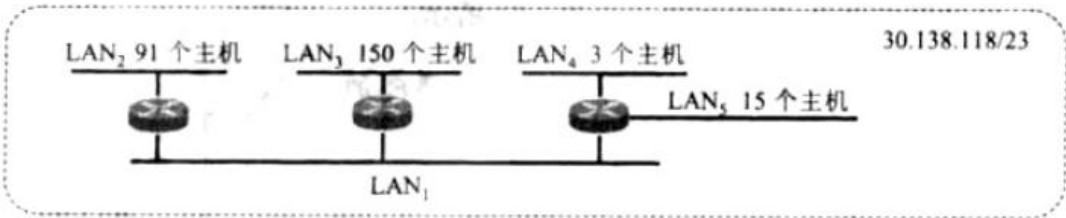


图 T-4-25 包含 5 个局域网的自治系统

解答：分配网络前缀时应先分配地址数较多的前缀。题目没有说 LAN₁ 上有几个主机，但至少需要 3 个地址给 3 个路由器用。本题的解答有很多种，下面给出两组不同的答案（如表 T-4-25 所示）。

表 T-4-25 两组不同的答案

	第一组答案	第二组答案
LAN ₁	30.138.119.192/29	30.138.118.192/27
LAN ₂	30.138.119.0/25	30.138.118.0/25
LAN ₃	30.138.118.0/24	30.138.119.0/24
LAN ₄	30.138.119.200/29	30.138.118.224/27
LAN ₅	30.138.119.128/26	30.138.118.128/27

第一组和第二组答案分别用图 T-4-25(a)和图 T-4-25(b)表示, 这样可看得清楚些。图中注明有 LAN 的三角形表示在三角形顶点下面所有的 IP 地址都包含在此局域网的网络前缀中。在图中, 我们把地址中与分配网络前缀有关的字节用二进制表示, 写在括弧中的前两个字节仍用点分十进制表示。这样做是为了说明现在不必观察地址中的前两个字节, 而应当把注意力集中在地址中的后面两个字节。

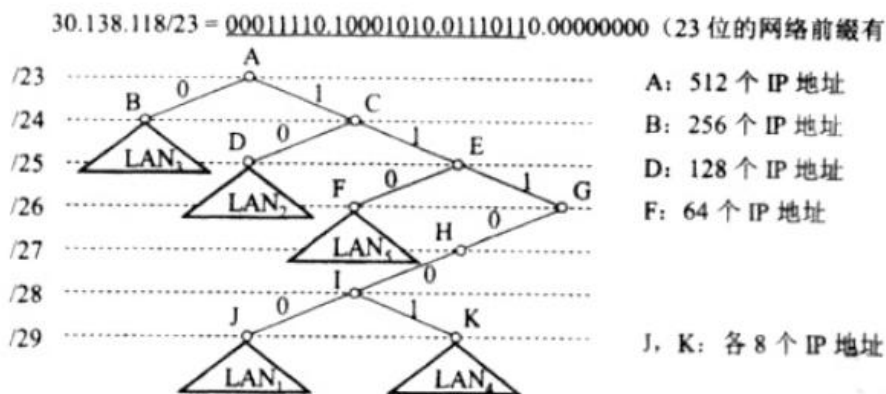


图 T-4-25(a) 第一组答案

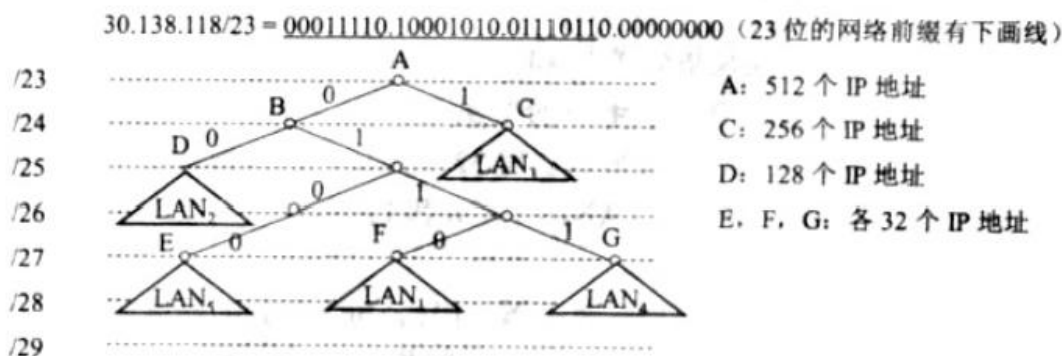


图 T-4-25(b) 第二组答案

我们还可以从另一种角度来看这个问题 (如图 T-4-25(c)所示)。

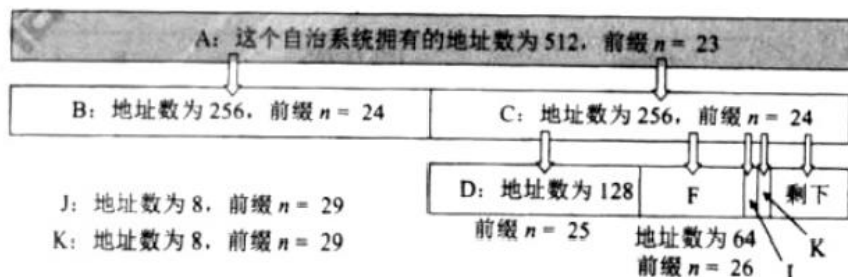


图 T-4-25(c) 从另一种角度来看地址块的分配 (和图 T-4-25(a)对应)

我们这个自治系统有地址块 A, 即共有 512 个 IP 地址, 其网络前缀 $n = 23$ 。32 位地址中有 23 位是网络前缀, 剩下 9 位是主机号, 因此共有 $2^9 = 512$ 个 IP 地址。

把总地址块分为两大块, 每一块的地址数是 256 个, 其网络前缀增加了一位 (请注意: 网络前缀每增加一位, 地址数就减半), 即 $n = 24$ 。这就是图中的 B 和 C 两大块。

把地址块 B 分配给 LAN₃，而把地址块 C 继续分下去。

地址块 C 的一半是 D，地址数减半，是 128，网络前缀增加了一位， $n = 25$ 。LAN₂ 得到了地址块 D。

地址块 C 的另一半的一半是地址块 F，地址数是 64，网络前缀 $n = 26$ 。地址块 F 分配给 LAN₅。

在其余的 64 个地址中，给 J 和 K 各分配 8 个地址，其网络前缀 $n = 29$ 。

最后剩下 48 个地址留到以后再分配。

图 T-4-25(d)是和第二组答案对应的图解方法。

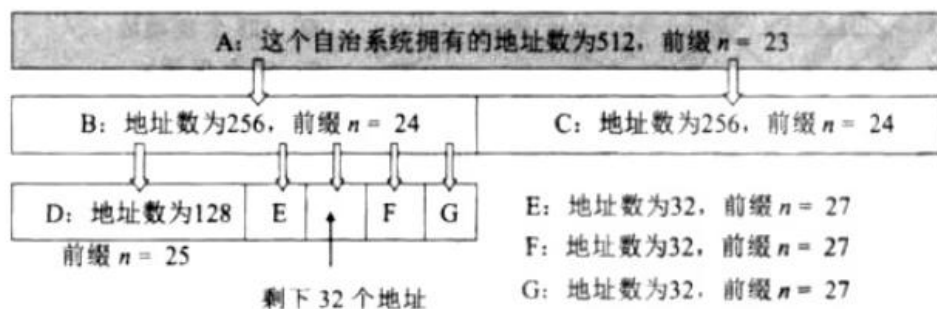


图 T-4-25(d) 和第二组答案对应的地址块的分配（和图 T-4-25(b)对应）

这个分配方案也是先把总地址块分成 B 和 C 两大块，把地址块 C 分配给 LAN₃。然后把地址块 B 继续分下去。把地址块 B 的一半 D 分配给 LAN₂，共有 128 个地址，其网络前缀 $n = 25$ ；把地址块 B 的另一半分成四等分，每一块有 32 个地址，网络前缀 $n = 27$ 。把这四块地址中的三块（图中的 E、F 和 G）分配给 LAN₅，LAN₁ 和 LAN₄。

4-26

【4-26】 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 T-4-26 所示。总部共有 5 个局域网，其中的 LAN₁ ~ LAN₄ 都连接到路由器 R₁ 上，R₁ 再通过 LAN₅ 与路由器 R₂ 相连。R₂ 和远地的三个部门的局域网 LAN₆ ~ LAN₈ 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。

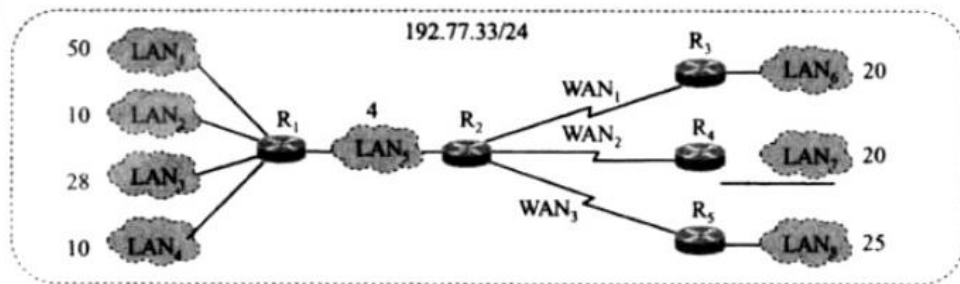


图 T-4-26 一个大公司各部门的网络布局

解答： 50 个主机的 LAN₁ 需要前缀/26（主机号 6 位，62 个主机号，R₁ 的接口占用一个号码），28 个主机的 LAN₃ 需要前缀/27（主机号 5 位，30 个主机号，R₁ 的接口占用一个号码），10 个主机的 LAN₂ 和 LAN₄ 各需要一个前缀/28（主机号 4 位，14 个主机号，R₁ 的接口占用一

个号码)。

LAN₆~LAN₈ (加上路由器) 各需要一个前缀/27 (主机号 5 位, 30 个主机号, R₁~R₅ 的接口各占用一个号码)。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)。LAN₅ 需要前缀/30 (主机号 2 位, 用 2 个号码分配给路由器 R₁ 和 R₂ 的一个接口), 考虑到以太网上可能还要再接几个主机, 故留有余地, 可分配一个前缀/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:

LAN₁: 192.77.33.0/26

LAN₃: 192.77.33.64/27

LAN₆: 192.77.33.96/27

LAN₇: 192.77.33.128/27

LAN₈: 192.77.33.160/27

LAN₂: 192.77.33.192/28

LAN₄: 192.77.33.208/28

LAN₅: 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。)

WAN₁: 192.77.33.232/30

WAN₂: 192.77.33.236/30

WAN₃: 192.77.33.240/30

4-29

【4-29】 下面前缀中哪一个和地址 152.7.77.159 及 152.31.47.252 都匹配? 请说明理由。

(1) 152.40/13; (2) 153.40/9; (3) 152.64/12; (4) 152.0/11。

解答: 给出的四个地址的前缀是 9 位到 12 位, 因此我们就观察题目给出的两个地址的第二字节, 把第二字节写成二进制。

题目给出的两个地址的前两个字节二进制表示是:

10011000 00000111 和 10011000 00011111。

(1) 的前缀是 13 位: 10011000 00101000, 与这两个地址不匹配。

(2) 的前缀是 9 位: 10011001 00101000, 与这两个地址不匹配。

(3) 的前缀是 12 位: 10011000 01000000, 与这两个地址不匹配。

(4) 的前缀是 11 位: 10011000 00000000, 与这两个地址都匹配。

4-33

【4-33】 某单位分配到一个地址块 136.23.12.64/26。现在需要进一步划分为 4 个一样大的子网。试问:

- (1) 每个子网的网络前缀有多长?
- (2) 每一个子网中有多少个地址?
- (3) 每一个子网的地址块是什么?
- (4) 每一个子网可分配给主机使用的最小地址和最大地址是什么?

解答:

(1) 原来网络前缀是 26 位, 需要再增加 2 位, 才能划分为 4 个一样大的子网。因此, 每个子网前缀是 28 位。

(2) 每个子网的地址中有 4 位留给主机用, 因此共有 16 个地址 (可用的 14 个)。

(3) 4 个子网的地址块分别是:

136.23.12.64/28, 136.23.12.80/28, 136.23.12.96/28, 136.23.12.112/28。

(4) 地址中的前三个字节分别记为 B1, B2 和 B3。

第一个地址块 136.23.12.64/28 可分配给主机使用的最小地址是 136.23.12.65, 最大地址是 136.23.12.78。

第二个地址块 136.23.12.80/28 可分配给主机使用的最小地址是 136.23.12.81, 最大地址是 136.23.12.94。

第三个地址块 136.23.12.96/28 可分配给主机使用的最小地址是 136.23.12.97, 最大地址是 136.23.12.110。

第四个地址块 136.23.12.112/28 可分配给主机使用的最小地址是 136.23.12.113, 最大地址是 136.23.12.126。