

## 第五章 网络层

6. 考虑图 5-12 (a) 中的网络。使用距离矢量路由算法，路由器 C 刚刚收到下列矢量：来自 B 的(5, 0, 8, 12, 6, 2)；来自 D 的(16, 12, 6, 0, 9, 10)；来自 E 的(7, 6, 3, 9, 0, 4)。从 C 到 B、D 和 E 的链路成本分别为 6、3 和 5。请给出 C 的新路由表，包括使用的出境线路和成本。

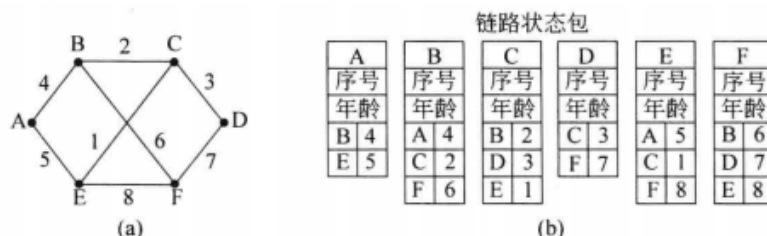


图 5-12  
(a) 一个网络示例；(b) 该网络的链路状态包

答：B 的矢量(5, 0, 8, 12, 6, 2)代表从 B 到 ABCDEF 的成本，所以 C 通过 B 到达其他结点的成本为(11, 6, 14, 18, 12, 8)；同理，C 通过 D 到达其他结点的成本为(19, 15, 9, 3, 9, 10)，通过 E 到达其他结点的成本为(12, 11, 8, 14, 5, 9)。

其中除了到达自身的链路成本为 0，其他选出对应最小成本为(11, 6, 0, 3, 5, 8)，出境路线为(B, B, -, D, E, B)。

9. 一个有 4800 台路由器的网络采用了层次路由。试问对于三层结构来说，应该选择多大的区域和簇才能将路由表的尺寸降低到最小？一个好的起点是假设这样的方案接近最优：有 k 个簇，每个簇有 k 个区域，每个区域有 k 个路由器。这意味着 k 大约是 4800 的立方根(约等于 16)。反复试验找出所有这三个参数在 16 附近的各种组合。

答：最小的是分成 15 个簇，每个簇 16 个区域，每个区域 20 个路由，总共需要路由表大小  $15 + 16 + 20 = 51$ 。(15 × 16 × 20 = 4800)

19. 在一个 6Mbps 网络上有一台主机，其流量通过一个令牌桶进行整形。令牌桶的填充速率为 1 Mbps。初始时令牌桶被填满到容量 8 MB。试问该计算机能以 6 Mbps 的全速率传输多长时间？

答：

$$S = \frac{C}{(M - \rho)}$$

将  $C = 8\text{MB}$ ， $M = 6\text{Mbps}$ ， $\rho = 1\text{Mbps}$  带入得， $S = 1.6 \times 8 \text{ s} = 12.8 \text{ s}$ 。

21. 一个路由器可以每秒钟处理 200 万个数据包。提供给路由器的负载为每秒钟 150 万个数据包。如果从源端到接收方的路径上有 10 个路由器，试问路由器花在排队和服务上的时间为多少？

答：假设数据包的到达和服务均服从泊松分布，利用排队理论可以证明，一个数据包所经历的平均延迟 T 为：

$$T = \frac{1}{\mu} \times \frac{1}{1 - \lambda/\mu} = \frac{1}{\mu} \times \frac{1}{1 - \rho}$$

这里  $\rho = \lambda/\mu$  是 CPU 的利用率。第一个因子  $1/\mu$  是在没有竞争情况下的服务时间。第二个因子是指由于跟其他流竞争而导致的减慢因素。

每个包所经历的延迟为

$$T = \frac{1}{2000000} \times \frac{1}{1 - 1500000/2000000} \mu s = 2 \mu s$$

一共有 10 个路由，所以路由器花在排队和服务的时间为  $10 \times 2 \mu s = 20 \mu s$ 。

23. 假设主机 A 与路由器 R1 连接，R1 又与另一个路由器 R2 连接，R2 与主机 B 连接。假定一个要发给主机 B 的 TCP 消息被传递给主机 A 的 IP 代码，其中包含了 900 个字节的数据和 20 个字节的 TCP 头。请写出在三条链路上传输的每个数据包中 IP 头部的 Total length、Identification、DF、MF 和 Fragment offset 字段。假定链路 A-R1 链路可以支持的最大帧长为 1024 字节，其中包括 14 字节的帧头；链路 R1-R2 可以支持的最大帧长为 512 字节，其中包括 8 字节的帧头；链路 R2-B 可以支持的最大帧长为 512 字节，其中包括 12 字节的帧头。

**注意：**由于片段偏移地址的单位为 8B，所以 (除最后一个报片) 所有报片的有效载荷都是 8B 的倍数。DF(IP 数据报是否不允许分片)，MF(该数据报后面是否还有分片)。可以参考 [https://blog.csdn.net/qq\\_41477674/article/details/103402624](https://blog.csdn.net/qq_41477674/article/details/103402624)。

**答：A-R1 链路**可支持 1024B，所以不需要分包。

数据报长度 = 900B 数据 + 20B TCP 头 + 20B IP 头 = 940B

Total length = 940; Identification = x; DF = 0; MF = 0; Fragment offset = 0;

**R1-R2 链路**可支持 512B，需要分包，并且在另一个包头再添加一次 IP 头。R1-R2 链路，允许的最大帧长（数据链路层的概念）为 512B，因此要将 IP 分组进行分片，此时的 IP 分组为 940B。因为题目中已经说明在每段链路上数据报分片都是优先按照最大帧长进行分片， $512 - 8 - 20 = 484B$ ，最接近这一数字且为 8 的倍数为 480，因此第一个分片的数据部分长度是 480，再加上 IP 头部，一共 500 字节。

Total length = 500; Identification = x; DF = 0; MF = 1; Fragment offset = 0;

Total length = 460; Identification = x; DF = 0; MF = 0; Fragment offset = 60;

**R2-B 链路**可支持 512B，需要分包，情况和 R1-R2 链路类似。

Total length = 500; Identification = x; DF = 0; MF = 1; Fragment offset = 0;

Total length = 460; Identification = x; DF = 0; MF = 0; Fragment offset = 60;

31. 一个路由器刚刚接收到以下新的 IP 地址：57.6.96.0/21、57.6.104.0/21、57.6.112.0/21 和 57.6.120.0/21。如果所有这些地址都使用同一条出境线路，试问它们可以被聚合吗？如果可以，它们被聚合到哪个地址上？如果不可以，请问为什么？

**答：**本题已知有 57.6.96.0/21、57.6.104.0/21、57.6.112.0/21 和 57.6.120.0/21 地址块，可知第 3 字节前 3 位相同，因此共同前缀为  $8 + 8 + 3 = 19$  位，由于这 4 个地址块的第 1、2 个字节相同，考虑它们的第 3 个字节：96 = 01100 000，104 = 01101 000，112 = 01110 000，120 = 01111 000，所以共同的前缀有 19 位，聚合的 CIDR 地址块是 57.6.96.0/19。

因此可以被聚合到 57.6.96.0/19 上。

33. 一个路由器的路由表中有如下的表项：对于下列 IP 地址，如果到达的数据包带有这些地址，试问路由器该如何处理？

地址/掩码	下一跳
135.46.56.0/22	Interface 0
135.46.60.0/22	Interface 1

192.53.40.0/23	Router 1
default	Router 2

- (a) 135.46.63.10
- (b) 135.46.57.14
- (c) 135.46.52.2
- (d) 192.53.40.7
- (e) 192.53.56.7

答：

- (a) 和 135.46.56.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；和 192.53.40.0/23 不匹配，因为前 23 位不同。和 135.46.60.0/22 匹配。因此通过 **Interface 1** 输出。
- (b) 和 135.46.56.0/22 匹配；和 192.53.40.0/23 不匹配，因为前 23 位不同。因此通过 **Interface 0** 输出。
- (c) 和 135.46.56.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；和 192.53.40.0/23 不匹配，因为前 23 位不同。和 135.46.60.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；因此只能通过 **Router 2** 输出。
- (d) 和 135.46.56.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；和 192.53.40.0/23 匹配。因此通过 **Router 1** 输出。
- (e) 和 135.46.56.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；和 192.53.40.0/23 不匹配，因为前 23 位不同。和 135.46.60.0/22 不匹配，因为前 22 位不同；因此只能通过 **Router 2** 输出。