

# 计网作业1

## 1. P9

P9. 考虑在 1.3 节“分组交换与电路交换的对比”的讨论中，给出了一个具有一条 1Mbps 链路的例子。用户在忙时以 100kbps 速率产生数据，但忙时仅以  $p=0.1$  的概率产生数据。假定用 1Gbps 链路替代 1Mbps 的链路。

- 当采用电路交换技术时，能被同时支持的最大用户数量  $N$  是多少？
- 现在考虑分组交换和有  $M$  个用户的情况。给出多于  $N$  用户发送数据的概率公式（用  $p$ 、 $M$ 、 $N$  表示）。

1.  $N = 1G/100k = 10^4$

2. 设有  $i$  个用户发送数据，则这个概率为  $C_M^i p^i (1-p)^{M-i}$

多于  $N$  即  $i > N$  时的概率之和，为上面概率从  $N+1$  到  $M$  求和，即

$$\sum_{i=N+1}^M C_M^i p^i (1-p)^{M-i}$$

## 2. P10

P10. 考虑一个长度为  $L$  的分组从端系统 A 开始，经 3 段链路传送到目的端系统。令  $d_i$ 、 $s_i$  和  $R_i$  表示链路  $i$  的长度、传播速度和传输速率（ $i=1, 2, 3$ ）。该分组交换机对每个分组的时延为  $d_{proc}$ 。假定没有排队时延，用  $d_i$ 、 $s_i$ 、 $R_i$ （ $i=1, 2, 3$ ）和  $L$  表示，该分组总的端到端时延是什么？现在假定该分组是 1500 字节，在所有 3 条链路上的传播时延是  $2.5 \times 10^8$  m/s，所有 3 条链路的传输速率是 2Mbps，分组交换机的处理时延是 3ms，第一段链路的长度是 5000km，第二段链路的长度是 4000km，并且最后一段链路的长度是 1000km。对于这些值，该端到端时延为多少？

对每一段链路，其时延为传输时延加上传播时延，即  $\frac{L}{R} + \frac{d}{s}$

总时延为每段链路时延加上两组分组交换机处理时延  $d_{proc}$ ：

$$\frac{L}{R_1} + \frac{L}{R_2} + \frac{L}{R_3} + \frac{d_1}{s_1} + \frac{d_2}{s_2} + \frac{d_3}{s_3} + 2d_{proc}$$

带入数据得  $\frac{L}{R} = \frac{1500 \times 8}{2 \times 10^6} = 6ms$

三个  $\frac{d}{s}$  分别为 20ms、16ms、4ms

两组处理时延为  $2 \times 3 = 6ms$

总时延为  $6 \times 3 + 20 + 16 + 4 + 6 = 64ms$

## 3. 13

- P13. a. 假定有  $N$  个分组同时到达一条当前没有分组传输或排队的链路。每个分组长为  $L$ ，链路传输速率为  $R$ 。对  $N$  个分组而言，其平均排队时延是多少？  
b. 现在假定每隔  $LN/R$  秒有  $N$  个分组同时到达链路。一个分组的平均排队时延是多少？

1. 第  $N$  个排队时延为  $\frac{(N-1)L}{R}$ ，求和再平均得到  $\frac{(N-1)L}{2R}$
2. 正好传输  $N$  包需要  $\frac{LN}{R}$ ，所以平均时延就是一批的平均时延，就是  $\frac{(N-1)L}{2R}$

## 4. 21

- P21. 考虑图 1-19b。现在假定在服务器和客户之间有  $M$  条路径。任两条路径都不共享任何链路。路径  $k(k=1, \dots, M)$  由传输速率为  $R_1^k, R_2^k, \dots, R_N^k$  的  $N$  条链路组成。如果服务器仅能够使用一条路径向客户发送数据，则该服务器能够取得的最大吞吐量是多少？如果该服务器能够使用所有  $M$  条路径发送数据，则该服务器能够取得的最大吞吐量是多少？

1. 仅使用一条，则选取传输速率最大的，即  $\max_{1 \leq k \leq M} \{ \min(R_1^k, \dots, R_N^k) \}$
2. 使用  $M$  条，把  $M$  条求和即可，即  $\sum_{k=1}^M \min(R_1^k, \dots, R_N^k)$

## 5. 22

- P22. 考虑图 1-19b。假定服务器与客户之间的每条链路的丢包概率为  $p$ ，且这些链路的丢包率是独立的。一个（由服务器发送的）分组成功地被接收方收到的概率是多少？如果在从服务器到客户的路径上

---

分组丢失了，则服务器将重传该分组。平均来说，为了使客户成功地接收该分组，服务器将要重传该分组多少次？

1. 不丢包概率为  $1-p$ ， $N$  条独立链路不丢包概率为  $(1-p)^N$ ，即为成功收到概率

2. 要成功收到, 需要  $\frac{1}{(1-p)^N}$  次, 已经传了一次, 所以需要重传  $\frac{1}{(1-p)^N} - 1$  次

## 6. 25

- P25. 假定两台主机 A 和 B 相隔 20 000km, 由一条直接的  $R=2\text{Mbps}$  的链路相连。假定跨越该链路的传播速率是  $2.5 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。
- 计算带宽-时延积  $R \cdot t_{\text{prop}}$ 。
  - 考虑从主机 A 到主机 B 发送一个 800 000 比特的文件。假定该文件作为一个大的报文连续发送。在任何给定的时间, 在链路上具有的比特数量最大值是多少?
  - 给出带宽-时延积的一种解释。
  - 在该链路上一个比特的宽度 (以米计) 是多少? 它比一个足球场更长吗?
  - 用传播速率  $s$ 、带宽  $R$  和链路  $m$  的长度表示, 推导出一个比特宽度的一般表示式。

1.  $t_{\text{prop}} = \frac{20000\text{km}}{2.5 \times 10^8 \text{ m/s}} = 0.08\text{s}$

$$R \cdot t_{\text{prop}} = 2\text{Mbps} \times 0.08\text{s} = 1.6 \times 10^5 \text{ bits}$$

2.  $1.6 \times 10^5 \text{ bits}$

3. 链路上可以存在的最大比特数

4. 位宽  $= \frac{L}{1.6 \times 10^5} = 125\text{m/bit}$ , 比足球场长

5. 位宽  $= \frac{m}{R \cdot \frac{m}{s}} = \frac{s}{R}$

## 7.31

P31. 在包括因特网的现代分组交换网中，源主机将长应用层报文（如一个图像或音乐文件）分段为较小的分组并向网络发送。接收方则将这些分组重新装配为初始报文。我们称这个过程为报文分段。图 1-27 显示了一个报文在报文不分段或报文分段情况下的端到端传输。考虑一个长度为  $8 \times 10^6$  比特的报文，它在图 1-27 中从源发送到目的地。假定在该图中的每段链路是 2Mbps。忽略传播、排队和处理时延。

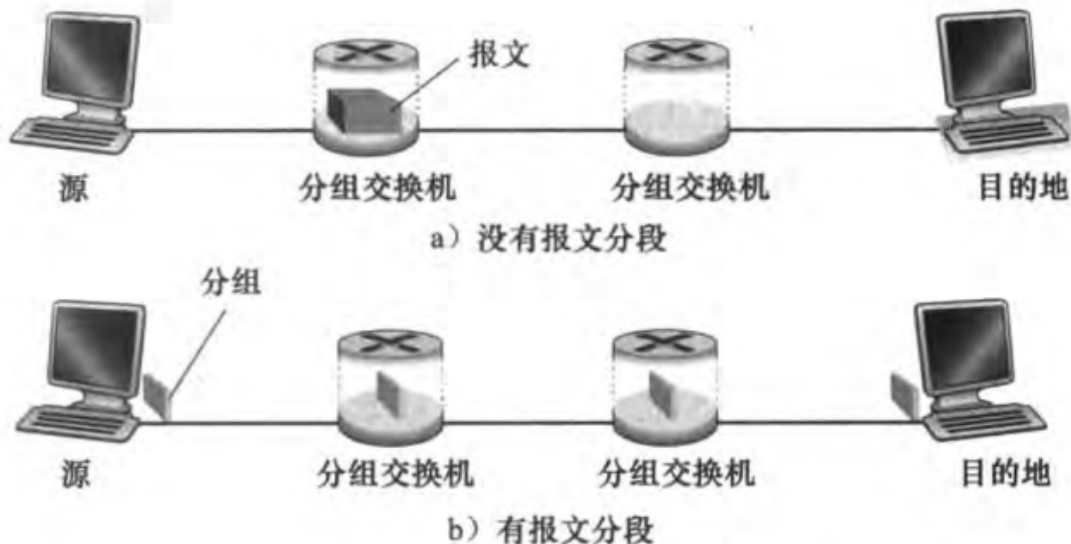


图 1-27 端到端报文传输

- 考虑从源到目的地发送该报文且没有报文分段。从源主机到第一台分组交换机移动报文需要多长时间？记住，每台交换机均使用存储转发分组交换，从源主机移动该报文到目的主机需要多长时间？
- 现在假定该报文被分段为 800 个分组，每个分组 10 000 比特长。从源主机移动第一个分组到第一台交换机需要多长时间？从第一台交换机发送第一个分组到第二台交换机，从源主机发送第二个分组到第一台交换机各需要多长时间？什么时候第二个分组能被第一台交换机全部收到？
- 当进行报文分段时，从源主机向目的主机移动该文件需要多长时间？将该结果与 (a) 的答案进行比较并解释之。
- 除了减小时延外，使用报文分段还有什么原因？
- 讨论报文分段的缺点。

1. 从源主机到第一台分组交换机:  $\frac{8 \times 10^6}{2 \times 10^6} = 4s$

到目的主机需要三个这样的过程，所以一共 12s

2.  $\frac{10000}{2 \times 10^6} = 5ms$

所以第一个分组从源主机到第一台交换机、第一个分组从第一台交换机到第二台交换机、第二个分组从源主机到第一台交换机都是需要 5ms，第二个分组被第一台交换机全部收到需要 10ms

3. 第一个分组需要 $3 \times 5\text{ms} = 15\text{ms}$ 到目的主机，后续分组每 $5\text{ms}$ 到一个，所以一共 $15 + (800 - 1) \times 5 = 4010\text{ms} = 4.01\text{s}$ ，明显少于a中答案，因为报文分段大大减少了在交换机中等待的时间
4. 不使用报文分段，较小数据可能被大数据包阻塞，等待时间过长  
出现传输错误时，报文分段不用全部重新发送
5. 需要封装报头，产生更多字节

## 8.33

P33. 考虑从主机 A 到主机 B 发送一个  $F$  比特的大文件。A 和 B 之间有三段链路（和两台交换机），并且该链路不拥塞（即没有排队时延）。主机 A 将该文件分为每个为  $S$  比特的报文段，并为每个报文段增加一个 80 比特的首部，形成  $L = 80 + S$  比特的分组。每条链路的传输速率为  $R$  bps。求出从 A 到 B 移动该文件时延最小的值  $S$ 。忽略传播时延。

共  $F/S$  个报文段，第一个分组需要三个传输时延，后续分组每一个传输时延到达，单个传输时延为  $(80+S)/R$

总时延为  $3 \times \frac{80+S}{R} + (\frac{F}{S} - 1) \times \frac{80+S}{R} = \frac{160+F}{R} + \frac{1}{R} \cdot (2S + \frac{160F}{2S})$ ，  
由均值不等式， $(2S)^2 = 160F$  时，最小， $S = \sqrt{40F}$