

P2. 式 (1-1) 给出了经传输速率为  $R$  的  $N$  段链路发送长度  $L$  的一个分组的端到端时延。对于经过  $N$  段链路一个接一个地发送  $P$  个这样的分组，给出一般化的计算公式。

$N \cdot (L/R)$  一个包到达终点，第二个包在前一个链路终点，依次类推。

因此，总时间  $(N+P-1) \cdot (L/R)$

P4. 考虑在图 1-13 中的电路交换网。回想在每条链路上有 4 条链路，以顺时针方向标记四台交换机 A、B、C 和 D。

- 在该网络中，任何时候能够进行同时连接的最大数量是多少？
- 假定所有连接位于交换机 A 和 C 之间。能够进行同时连接的最大数量是多少？
- 假定我们要在交换机 A 和 C 之间建立 4 条连接，在交换机 B 和 D 之间建立另外 4 条连接。我们能够让这些呼叫通过这 4 条链路建立路由以容纳所有 8 条连接吗？

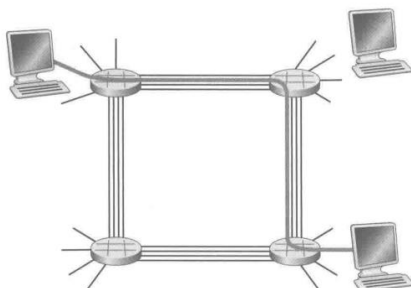


图 1-13 由 4 台交换机和 4 条链路组成的一个简单电路交换网络

- $4 \cdot 4 = 16$
- $2 \cdot 4 = 8$
- 可以。AC 的连接经过 B 连两个，经过 D 连两个，总共这样有四个链路，相对地，BD 也被连上了，经过 A 有两个，经过 C 有两个。

P7. 在本题中，我们考虑从主机 A 向主机 B 通过分组交换网发送语音 (VoIP)。主机 A 将模拟语音转换为传输中的 64kbps 数字比特流。然后主机 A 将这些比特分为 56 字节的分组。A 和 B 之间有一条链

路：它的传输速率是 2Mbps，传播时延是 10ms。一旦 A 收集了一个分组，就将它向主机 B 发送。一旦主机 B 接收到一个完整的分组，它将该分组的比特转换成模拟信号。从比特产生（从位于主机 A 的初始模拟信号起）的时刻起，到该比特被解码（在主机 B 上作为模拟信号的一部分），花了多少时间？

56bytes 的分组，也就是  $56 \cdot 8 \text{ bits}$

转换（为数字比特流）速度为  $64 \cdot 10^3 \text{ bps}$

转换时间为  $56 \cdot 8 / 64 \cdot 10^3 = 7 \text{ ms}$

传输速度为  $2 \cdot 10^6 \text{ bps}$

传输时间为  $56 \cdot 8 / 2 \cdot 10^6 = 0.224 \text{ ms}$

传播时延为 10ms

总时间为：17.224ms

- 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？
- a. 第一个来没有排队的时延，第二个来耗时就是  $L/R$  等第一个传输完，第三个是  $2L/R$ ，……，第  $N$  个是  $(N-1) * L/R$ ，所以，平均： $(N-1) / 2 * L/R$   
 b.  $LN/R$  传输  $N$  个分组，即，这  $N$  个分组不用等接下来  $N$  个分组，所以平均排队时延和 a 相同。

P21. 考虑图 1-19b。现在假定在服务器和客户之间有  $M$  条路径。任意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？

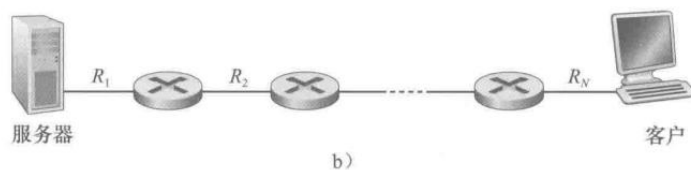


图 1-19 一个文件从服务器传送到客户的吞吐量

每个路径的最大吞吐量由当前路径的最小传输速率的链路决定（木桶效应，其它再大，一个链路吞吐量小，整体就小）

即  $\max \{ \min \{ R_1^1 \dots R_N^1 \}, \min \{ R_1^2 \dots R_N^2 \}, \dots, \min \{ R_1^M \dots R_N^M \} \}$

第二问，并联， $\min \{ R_1^1 \dots R_N^1 \} + \min \{ R_1^2 \dots R_N^2 \} + \dots + \min \{ R_1^M \dots R_N^M \}$

P24. 假设你希望从波士顿向洛杉矶紧急传送  $40 \times 10^{12}$  字节数据。你有一条 100Mbps 专用链路可用于传输数据。你是愿意通过这条链路传输数据，还是愿意使用 FedEx 夜间快递来交付？解释你的理由。

$40 * 10^{12}$  bytes，即  $32 * 10^{13}$  bits

用  $100 * 10^6$  bps 专用链路：耗时大约  $32 * 10^{13} / 10^8 = 320000$  s = 32/36 \* 1000 = 889h

太慢了，可以使用 FedEx 夜间快递（可以一天到达）。

P29. 假定在同步卫星和它的地球基站之间有一条 10Mbps 的微波链路。每分钟该卫星拍摄一幅数字照片，并将它发送到基站。假定传播速率是  $2.4 \times 10^8$  m/s。

- a. 该链路的传播时延是多少？  
 b. 带宽-时延积  $R \cdot d_{prop}$  是多少？  
 c. 若  $x$  表示该照片的大小。对于这条微波链路，能够连续传输的  $x$  的最小值是多少？
- a. 同步卫星距地球大约  $36000\text{km} = 36 * 10^6\text{m}$ ，传播时延： $36 / 240 = 3 / 20 = 0.15\text{s}$   
 b. 按照公式：1.5M  
 c. 每分钟拍一组，也就是 60s 有  $x$  bits，要连续传输，则  $x / 10\text{M} \leq 60\text{s}$   
 $x \leq 600\text{M}$ （问的是最大值？应该要传输时延在 60s 之内传完才能连续传输吧）

me

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和报文分段情况下的端到端传输。考虑一个长度为  $8 \times 10^6 \text{ bit}$  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  $2 \text{ Mbps}$ 。忽略传播、排队和处理时延。

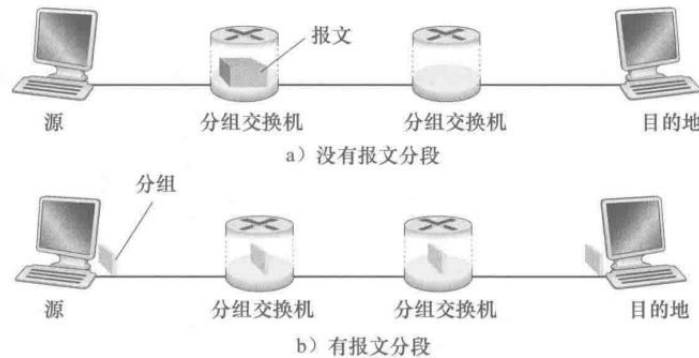


图 1-27 端到端报文传输

- 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  $10\,000 \text{ bit}$  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。
- 没有分段，即  $8/2 = 4 \text{ s}$ ，要是到目的主机， $3 \times 4 = 12 \text{ s}$
  - $10^4/2 \times 10^6 = 1/200 = 5 \text{ ms}$   
 $5 \text{ ms}$  送第一个分组到第二个交换机       $10 \text{ ms}$  时第二个分组被第一台交换机收到。
  - $15 \text{ ms}$  收到第一个分组，还有 799 个分组  $5 \text{ ms}$  一个，总时间  $802 \times 5 = 4010 \text{ ms} = 4.01 \text{ s}$
  - 鲁棒性：若不用分段，整个报文任意一个 bit 有误，整个报文都需要重发，带来大量时间损失。若分段，只需重发这一个小分组，基本不影响总时间。  
其次，若很大的报文堵着要被传输，有其它小报文在后的话只能等待很久。
  - 一般要被有序传输到终点，否则不好拼接。其次，分段和组合会额外耗时。

P33. 考虑从主机 A 到主机 B 发送一个  $F \text{ bit}$  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 将该文件分为每个长  $S \text{ bit}$  的报文段，并为每个报文段增加一个  $80 \text{ bit}$  的首部，形成  $L = 80 + S \text{ bit}$  的分组。每条链路的传输速率为  $R \text{ bps}$ 。求出从 A 到 B 移动该文件时延最小的值  $S$ 。忽略传播时延。

$80 + S / R \times 3$  时间后，第一段报文被收到，第二段报文在终点前的一个转接器。  
只需  $80 + S / R \times (F/S - 1)$  后即可全部收到  
总时延 =  $(F/S + 2)(80 + S)/R \text{ s}$