

P6. 这个习题开始探讨传播时延和传输时延，这是数据网络中的两个重要概念。考虑两台主机 A 和 B 由一条速率为 R bps 的链路相连。假定这两台主机相隔 m 米，沿该链路的传播速率为 s m/s。主机 A 向主机 B 发送长度 L 比特的分组。

- 用 m 和 s 来表示传播时延 d_{prop} 。
- 用 L 和 R 来确定该分组的传输时间 d_{trans} 。
- 忽略处理和排队时延，得出端到端时延的表达式。
- 假定主机 A 在时刻 $t=0$ 开始传输该分组。在时刻 $t=d_{\text{trans}}$ ，该分组的最后一个比特在什么地方？
- 假定 d_{prop} 大于 d_{trans} 。在时刻 $t=d_{\text{trans}}$ ，该分组的第一个比特在何处？
- 假定 d_{prop} 小于 d_{trans} 。在时刻 $t=d_{\text{trans}}$ ，该分组的第一个比特在何处？
- 假定 $s=2.5 \times 10^8$ ， $L=120$ 比特， $R=56\text{kbps}$ 。求出使 d_{prop} 等于 d_{trans} 的距离 m 。

P7. 在这个习题中，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？

P8. 假定用户共享一条 3Mbps 的链路。又设每个用户传输时要求 150kbps，但是每个用户仅有 10% 的时间传输。（参见 1.3 节中关于“分组交换与电路交换的对比”的讨论。）

- 当使用电路交换时，能够支持多少用户？
- 对于本习题的后续小题，假定使用分组交换。求出某给定用户正在传输的概率。
- 假定有 120 个用户。求出在任何给定时刻，实际有 n 个用户在同时传输的概率。（提示：使用二项式分布。）
- 求出有 21 个或更多用户同时传输的概率。

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 2.5×10^8 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？

P14. 考虑某路由器缓存中的排队时延。令 I 表示流量强度；即 $I = La/R$ 。假定排队时延的形式为 $IL/R(1-I)$ ，其中 $I < 1$ 。

- 写出总时延即排队时延加上传输时延的公式。
- 以 L/R 为函数画出总时延的图。

P20. 考虑对应于图 1-20b 吞吐量的例子。现在假定有 M 对客户-服务器而不是 10 对。用 R_s 、 R_c 和 R 分别表示服务器链路、客户链路和网络链路的速率。假设所有的其他链路都有充足容量，并且除了由这 M 对客户-服务器产生的流量外，网络中没有其他流量。推导出由 R_s 、 R_c 、 R 和 M 表示的通用吞吐量表达式。

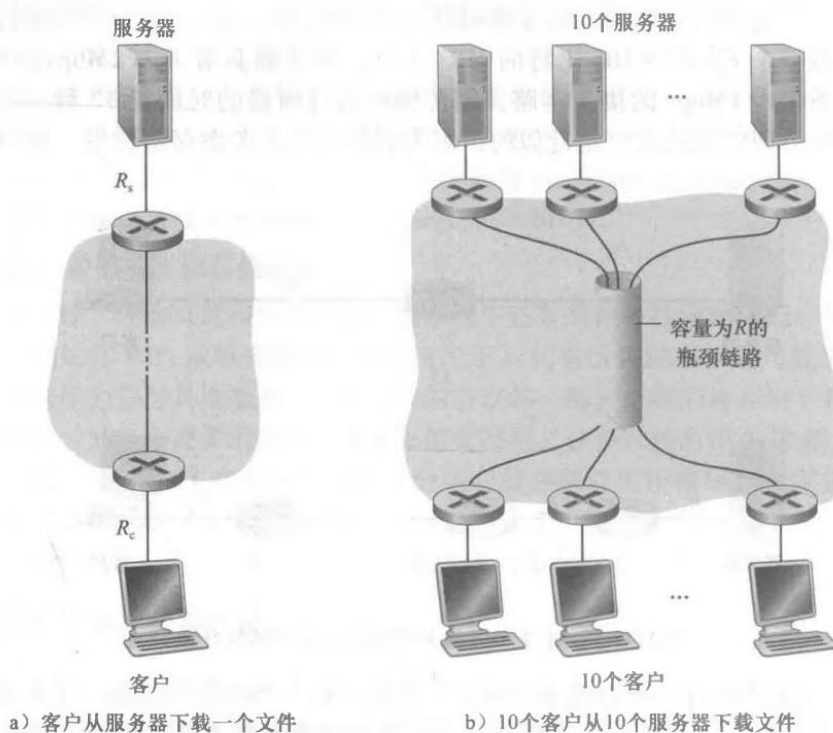


图 1-20 端到端吞吐量

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。

P27. 考虑习题 P25，但此时链路的速率是 $R = 1\text{Gbps}$ 。

- 计算带宽-时延积 $R \cdot d_{\text{prop}}$ 。
- 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？
- 在该链路上一个比特的宽度（以米计）是多少？

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 $2.4 \times 10^8\text{m/s}$ 。

- 该链路的传播时延是多少？
- 带宽-时延积 $R \cdot d_{\text{prop}}$ 是多少？
- 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 最小值是多少？

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 8×10^6 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。

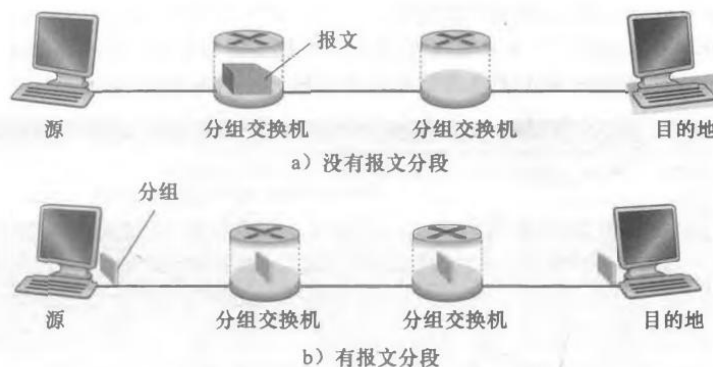


图 1-27 端到端报文传输

- 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。
- 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。

Practice:

- P18. 在一天的 3 个不同的小时内，在同一个大陆上的源和目的地之间执行 Traceroute。
- 在这 3 个小时的每个小时中，求出往返时延的均值和方差。
 - 在这 3 个小时的每个小时中，求出路径上的路由器数量。在这些时段中，该路径发生变化了吗？
 - 试图根据源到目的地 Traceroute 分组通过的情况，辨明 ISP 网络的数量。具有类似名字和/或类似的 IP 地址的路由器应当被认为是同一个 ISP 的一部分。在你的实验中，在相邻的 ISP 间的对等接口处出现最大的时延了吗？
 - 对位于不同大陆上的源和目的地重复上述内容。比较大陆内部和大陆之间的这些结果。
- P19. a. 访问站点 www.traceroute.org，并从法国两个不同的城市向位于美国的相同的目的主机执行 Traceroute。在这两个 Traceroute 中，有多少条链路是相同的？大西洋沿岸国家的链路相同吗？
- 重复 (a)，但此时选择位于法国的一个城市和位于德国的另一个城市。
 - 在美国挑选一个城市，然后向位于中国的两个不同城市的主机执行 Traceroute。在这两次 Traceroute 中有多少链路是相同的？在到达中国前这两个 Traceroute 分开了吗？