

- 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？
- P5. 回顾在 1.4 节中的车队的类比。假定传播速度还是 100km/h。
- 假定车队旅行 150km：在一个收费站前面开始，通过第二个收费站，并且在第三个收费站后面结束。其端到端时延是多少？
 - 重复 (a)，现在假定车队中有 8 辆汽车而不是 10 辆。
- 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，就将其向主机 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。
- 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）。
- 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，根据 d_i 、 s_i 、 R_i ($i=1, 2, 3$) 和 L ，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？