



图 1-14 对于 FDM，每条电路连续地得到部分带宽。对于 TDM，每条电路在短时间间隔（即时隙）中周期性地得到所有带宽

在结束讨论电路交换之前，我们讨论一个用数字表示的例子，它更能说明问题的实质。考虑从主机 A 到主机 B 经一个电路交换网络需要多长时间发送一个 640 000 比特的文件。假如在该网络中所有链路使用 24 时隙的 TDM，具有 1.536Mbps 的比特速率。同时假定在主机 A 能够开始传输该文件之前，需要 500ms 创建一条端到端电路。它需要多长时间才能发送该文件？每条链路具有的传输速率是 $1.536\text{Mbps}/24 = 64\text{kbps}$ ，因此传输该文件需要 $(640\text{kb})/(64\text{kbps}) = 10\text{s}$ 。对于这个 10s，再加上电路创建时间，这样就需要 10.5s 发送该文件。值得注意的是，该传输时间与链路数量无关：端到端电路不管是通过一条链路还是 100 条链路，传输时间都将是 10s。（实际的端到端时延还包括传播时延，参见 1.4 节。）

2. 分组交换与电路交换的对比

在描述了电路交换和分组交换之后，我们来对比一下这两者。分组交换的批评者经常争辩说，分组交换不适合实时服务（例如，电话和视频会议），因为它的端到端时延是可变的和不可预测的（主要是因为排队时延的变动和不可预测所致）。分组交换的支持者却争辩道：①它提供了比电路交换更好的带宽共享；②它比电路交换更简单，更有效，实现成本更低。分组交换与电路交换之争的有趣讨论参见 [Molinero-Fernandez 2002]。概括而言，嫌餐馆预订麻烦的人宁可要分组交换而不愿意要电路交换。

分组交换为什么更有效呢？我们看一个简单的例子。假定多个用户共享一条 1Mbps 链路，再假定每个用户活跃周期是变化的，某用户时而以 100kbps 恒定速率产生数据，时而静止——这时用户不产生数据。进一步假定该用户仅有 10% 的时间活跃（余下的 90% 的时间空闲下来喝咖啡）。对于电路交换，在所有的时间内必须为每个用户预留 100kbps。例如，对于电路交换的 TDM，如果一个 1s 的帧被划分为 10 个时隙，每个时隙为 100ms，则每帧将为每个用户分配一个时隙。

因此，该电路交换链路仅能支持 10（ $= 1\text{Mbps}/100\text{kbps}$ ）个并发的用户。对于分组交