

5.1.1 链路层提供的服务

尽管任一链路层的基本服务都是将数据报通过单一通信链路从一个结点移动到相邻结点，但所提供的服务细节能够随着链路层协议的不同而变化。链路层协议能够提供的可能服务包括：

- 成帧 (framing)。在每个网络层数据报经链路传送之前，几乎所有的链路层协议都要将其用链路层帧封装起来。一个帧由一个数据字段和若干首部字段组成，其中网络层数据报就插在数据字段中。帧的结构由链路层协议规定。当我们在本章的后半部分研究具体的链路层协议时，将看到几种不同的帧格式。
- 链路接入。媒体访问控制 (Medium Access Control, MAC) 协议规定了帧在链路上传输的规则。对于在链路的一端仅有一个发送方、链路的另一端仅有一个接收方的点对点链路，MAC 协议比较简单 (或者不存在)，即无论何时链路空闲，发送方都能够发送帧。更有趣的情况是当多个结点共享单个广播链路时，即所谓多路访问问题。这里，MAC 协议用于协调多个结点的帧传输。
- 可靠交付。当链路层协议提供可靠交付服务时，它保证无差错地经链路层移动每个网络层数据报。前面讲过，某些运输层协议 (例如 TCP) 也提供可靠交付服务。与运输层可靠交付服务类似，链路层的可靠交付服务通常是通过确认和重传取得的 (参见 3.4 节)。链路层可靠交付服务通常用于易于产生高差错率的链路，例如无线链路，其目的是本地 (也就是在差错发生的链路上) 纠正一个差错，而不是通过运输层或应用层协议迫使进行端到端的数据重传。然而，对于低比特差错的链路，包括光纤、同轴电缆和许多双绞铜线链路，链路层可靠交付可能会被认为是一种不必要的开销。由于这个原因，许多有线的链路层协议不提供可靠交付服务。
- 差错检测和纠正。当帧中的一个比特作为 1 传输时，接收方结点中的链路层硬件可能不正确地将其判断为 0，反之亦然。这种比特差错是由信号衰减和电磁噪声导致的。因为没有必要转发一个有差错的数据报，所以许多链路层协议提供一种机制来检测这样的比特差错。通过让发送结点在帧中包括差错检测比特，让接收结点进行差错检查，以此来完成这项工作。第 3 章和第 4 章讲过，因特网的运输层和网络层也提供了有限形式的差错检测，即因特网检验和。链路层的差错检测通常更复杂，并且用硬件实现。差错纠正类似于差错检测，区别在于接收方不仅能检测帧中出现的比特差错，而且能够准确地确定帧中的差错出现的位置 (并因此纠正这些差错)。

5.1.2 链路层在何处实现

在深入学习链路层的细节之前，本概述的最后一节考虑一下在何处实现链路层的问题。我们将关注一个端系统，因为我们在第 4 章中知道链路层是实现在路由器的线路卡中的。主机的链路层是用硬件还是用软件实现的呢？它是实现在一块单独的卡上还是一个芯片上？它是怎样与主机的硬件和操作系统组件的其他部分接口的呢？

图 5-2 显示了一个典型的主机体系结构。链路层的主体部分是在网络适配器 (network adapter) 中实现的，网络适配器有时也称为网络接口卡 (Network Interface Card, NIC)。位于网络适配器核心的是链路层控制器，该控制器通常是一个实现了许多链路层服务 (成帧、链路接入、差错检测等) 的专用芯片。因此，链路层控制器的许多功能是用硬件实现