

交给运输层。但是，如我们在前一章知道的那样，若在运输层正使用着 TCP，则 TCP 将通过让源以初始数据报来重传数据，以恢复这次丢包。

我们刚刚学习了 IP 分片在将许多完全不同的链路层技术粘合起来的过程中起到了重要作用。但是分片也是有开销的。首先，它使路由器和端系统更为复杂。其次，分片能够被用于生成致命的 DoS 攻击，由此攻击者发送了一系列古怪的、无法预期的片。Jolt2 攻击就是一个经典的例子，其中某攻击者向目标主机发送了小片的流，这些片中没有一个片的偏移量是 0。当目标试图从这些不良分组中重建数据报时，可能会崩溃。另一类行为是发送交迭的 IP 片，即这些片的偏移量值被设置得不能够适当地排列起来。易受攻击的操作系统由于对于交迭的片不知道该如何应对，可能会崩溃 [Skoudis 2006]。如我们将在本节结束看到的那样，IP 协议的新版本 IPv6 从根本上废止了分片，从而简化了 IP 分组的处理，并使得 IP 不太容易受到攻击。

在本书的 Web 站点，我们提供了一个 Java 小程序来产生片。你提供入数据报长度、MTU 和入数据报标识，它就自动为你产生片。参见 <http://www.awl.com/kurose-ross>。

4.4.2 IPv4 编址

我们现在将注意力转向 IPv4 编址。尽管你可能认为编址是相当直接的主题，但我们希望通过本章的学习，你能认识到因特网编址不仅是一个丰富多彩、微妙和有趣的主题，而且也是一个对因特网极为重要的主题。[3Com Addressing 2012] 和 [Stewart 1999] 的第 1 章都是介绍 IPv4 编址的优秀读物。

然而，在讨论 IP 编址之前，我们需要简述一下主机与路由器连入网络的方法。一台主机通常只有一条链路连接到网络；当主机中的 IP 想发送一个数据报时，它就在该链路上发送。主机与物理链路之间的边界叫做接口（interface）。现在考虑一台路由器及其接口。因为路由器的任务是从链路上接收数据报并从某些其他链路转发出去，路由器必须拥有两条或更多条链路与它连接。路由器与它的任意一条链路之间的边界也叫做接口。一台路由器因此有多个接口，每个接口有其链路。因为每台主机与路由器都能发送和接收 IP 数据报，IP 要求每台主机和路由器接口拥有自己的 IP 地址。因此，一个 IP 地址技术上是与一个接口相关联的，而不是与包括该接口的主机或路由器相关联的。

每个 IP 地址长度为 32 比特（等价于 4 字节），因此总共有 2^{32} 个可能的 IP 地址。由于 2^{10} 近似地表示 10^3 ，故容易看出约有 40 亿个可能的 IP 地址。这些地址一般按所谓点分十进制记法（dotted-decimal notation）书写，即地址中的每个字节用它的十进制形式书写，各字节间以句号（点）隔开。例如，考虑 IP 地址 193.32.216.9，193 是该地址第一个 8 比特的十进制等价数，32 是该地址第二个 8 比特的十进制等价数，依次类推。因此，地址 193.32.216.9 的二进制记法是：

11000001 00100000 11011000 00001001

在全球因特网中的每台主机和路由器上的每个接口，必须有一个全球唯一的 IP 地址（在 NAT 后面的接口除外，本节结尾将讨论）。然而，这些地址不能随意地自由选择。一个接口的 IP 地址的一部分需要由其连接的子网来决定。

图 4-15 提供了一个 IP 编址与接口的例子。在该图中，一台路由器（具有 3 个接口）用于互联 7 台主机。仔细观察分配给主机和路由器接口的 IP 地址，有几点需要注意。图 4-15 中左上侧部分的 3 台主机以及它们连接的路由器接口，都有一个形如 223.1.1.xxx