

宽费用,以发送和接收到达/来自数据中心的数据。

在一个 P2P 体系结构 (P2P architecture) 中,对位于数据中心的专用服务器有最小的 (或者没有) 依赖。相反,应用程序在间断连接的主机对之间使用直接通信,这些主机对被称为对等方。这些对等方并不为服务提供商所有,相反却为用户控制的桌面机和膝上机所有,大多数对等方驻留在家庭、大学和办公室。因为这种对等方通信不必通过专门的服务器,该体系结构被称为对等方到对等方的。许多目前流行的、流量密集型应用都是 P2P 体系结构的。这些应用包括文件共享 (例如 BitTorrent)、对等方协助下载加速器 (例如迅雷)、因特网电话 (例如 Skype) 和 IPTV (例如“迅雷看看”和 PPstream)。图 2-2b 中显示了 P2P 的体系结构。需要提及的是,某些应用具有混合的体系结构,它结合了客户-服务器和 P2P 的元素。例如,对于许多即时讯息应用而言,服务器被用于跟踪用户的 IP 地址,但用户到用户的报文在用户主机之间 (无需通过中间服务器) 直接发送。

P2P 体系结构的最引人入胜的特性之一是它们的自扩展性 (self-scalability)。例如,在一个 P2P 文件共享应用中,尽管每个对等方都由于请求文件产生工作量,但每个对等方通过向其他对等方分发文件也为系统增加服务能力。P2P 体系结构也是成本有效的,因为它们通常不需要庞大的服务器基础设施和服务器带宽 (这与具有数据中心的客户-服务器设计形成反差)。然而,未来 P2P 应用面临三个主要挑战:

- ISP 友好。大多数住宅 ISP (包括 DSL 和电缆 ISP) 已经受制于“非对称的”带宽应用,也就是说,下载比上载要多得多。但是 P2P 视频流和文件分发应用改变了从服务器到住宅 ISP 的上载流量,因而给 ISP 带来了巨大压力。未来 P2P 应用需要设计对 ISP 友好的模式 [Xie 2008]。
- 安全性。因为它们的高度分布和开放特性,P2P 应用给安全带来挑战 [Doucer 2002; Yu 2006; Liang 2006; Naoumov 2006; Dhungel 2008; LeBlond 2011]。
- 激励。未来 P2P 应用的成功也取决于说服用户自愿向应用提供带宽、存储和计算资源,这对激励设计带来挑战 [Feldman 2005; Piatek 2008; Aperjis 2008; Liu 2010]。

### 2.1.2 进程通信

在构建网络应用程序前,还需要对运行在多个端系统上的程序是如何互相通信的情况有一个基本了解。在操作系统的术语中,进行通信的实际上是进程 (process) 而不是程序。一个进程可以被认为是运行在端系统中的一个程序。当进程运行在相同的端系统上时,它们使用进程间通信机制相互通信。进程间通信的规则由端系统上的操作系统确定。而在本书中,我们不怎么关注同一台主机上的进程间的通信,而关注运行在不同端系统 (可能具有不同的操作系统) 上的进程间的通信。

在两个不同端系统上的进程,通过跨越计算机网络交换报文 (message) 而相互通信。发送进程生成并向网络中发送报文;接收进程接收这些报文并可能通过将报文发送回去进行响应。图 2-1 图示了进程是如何通过使用 5 层协议栈的应用层互相通信的。

#### 1. 客户和服务器进程

网络应用程序由成对的进程组成,这些进程通过网络相互发送报文。例如,在 Web