

# 第 1 章

## P2P网络简介

### 1.1 什么是 P2P 网络

计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一,它的出现改变了人类几千年来对信息存储、表示、处理的方式,也极大地影响了人类生活与思考的方式。

计算机网络(computer network)是相互连接的多台计算机的集合体,人们使用计算机并通过网络互相交流信息,同时扩展计算机的功能。计算机网络的影响深入到人类生活的各个方面,它作为一种新的媒体改变了人类的交流方式,同时也改变了人们对计算机能力的评价——计算机的能力不仅仅在于它的处理速度和存储容量,更重要的是它们之间的连接方式。

因特网(Internet)是计算机网络中最耀眼的明星,它是世界上最大的广域网,连接了地球上几乎每个角落的计算机,是人类最广泛、最有效的信息交流平台。任何一台计算机只要接入因特网,它就潜在的拥有了世界上最大容量的信息仓库和最高速度的计算能力,从这种意义上说,因特网将单台计算机的能力扩展到了极致。

计算机网络自产生以来,其管理与控制就有两种不同的方式:集中式与分布式。集中式系统(centralized system)中的结点在功能上是不平等的,总会有一些通常是少数的管理

结点(server, 服务器)在系统中占据中心、主导地位, 管理其他从属结点(client, 客户)可执行的操作, 控制其他结点之间的信息交换。分布式系统(distributed system)将管理和控制分散到它的各个成员结点中去, 结点之间在功能上是平等的, 没有谁拥有比其他人更多的特权。集中式系统的优势在于管理的集中化, 能够对整个系统进行有效的控制, 但它的优势也正是它的缺陷。由于所有结点之间的信息交换都要经过服务器, 服务器本身成为限制系统工作效率和规模扩展的瓶颈; 分布式系统刚好相反, 由于管理的分散化, 对整个系统的控制不像集中式那样强, 但是由于信息交换的自由、平等, 分布式系统常常拥有远远高于集中式系统的工作效率和规模的可扩展性。在实际情况中, 很多网络系统并不是采用纯集中式或纯分布式的极端方式, 而是兼有两方面的特性, 称为混合式系统(hybrid system)。

因特网是最大的计算机网络, 同样, 它自诞生以来也一直存在着集中式与分布式两种不同的工作方式。客户/服务器模式(client/server mode, 简称 C/S)是因特网最传统、最成熟的集中式工作模式, 许多重要的因特网应用协议(如 HTTP、FTP、SMTP 等)采用了这一模式。在这种集中式的模式下, 服务器将一直运行, 被动地等待客户的主动接入, 客户将请求发给服务器, 服务器返回给客户所要的信息。客户/服务器模式在因特网的最初阶段工作得非常好, 然而, 随着因特网在规模上不断膨胀、在功能上不断扩展, 服务器的负担越来越重, 客户/服务器模式的低效率与难以扩展的缺陷暴露出来, 它不再能适应需要极高效率与巨大规模的现代因特网。

“是人类的需求, 真正推动了技术的革命。”每当人类所发明的技术不再能适应人类本身需求的时候, 一定会有人提出新的思想、发明新的技术来解决现实与需求之间的矛盾。当传统的客户/服务器模式不再能适应现代因特网需求的时候, 人们将目光重新放回到长久被忽视的分布式系统上, 对等模式(peer-to-peer mode, 简称 P2P)正是在这种情况下受到重视并很快成为研究热点。“Peer”一词在英文中的意思是“同等、对等的人”, 故而“peer-to-peer”译为“对等(计算)”；国内很多人将 P2P 称作“点对点”, 这是不恰当的, 因为“点对点”是“point-to-point”, 和 P2P 不是一回事。对等模式的本质思想在于打破传统的客户/服务器模式, 让一切网络成员享有自由、平等、互联的功能, 不再有客户、服务器之分, 任何两个网络结点之间都能共享文件、传递消息。图 1.1.1 反映出从 C/S 到 P2P 的转变, peers 之间的逻辑连接构建在物理连接的基础上。

对等网络(peer-to-peer network, 简称 P2P 网络)是分布式系统与计算机网络相结合的产物, 是采用对等模式工作的计算机网络。图 1.1.2 描绘了随着分布式系统规模的扩展, 分布式计算的模式相应发生的改变。在对等网络中, 每个网络结点在行为上是自由的, 在功能上是平等的, 在连接上是互联的, 所有结点分布式地自组织成一个整体网络, 因此, 它能够极大程度地提高网络效率, 充分利用网络带宽, 开发每个网络结点的潜力。

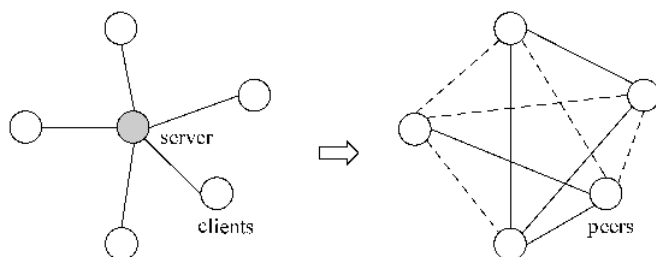


图 1.1.1 从 C/S 到 P2P  
(实线表示物理连接,虚线表示逻辑连接)

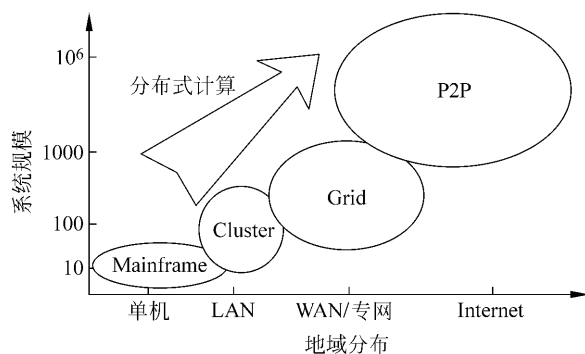


图 1.1.2 分布式计算模式与系统规模的关系

横轴：计算机网络在地域分布上的扩展；纵轴：分布式系统在规模上的膨胀；

斜箭头：适应于不同需求的分布式计算模式；Mainframe：主机计算；

Cluster：机群计算；Grid：网格计算；P2P：对等计算

P2P 的思想起源很早,我们用“Google 学术搜索”(http://scholar.google.com)找到最早提及 P2P 的文献发表于 1956 年,从那以后几乎每年都有与 P2P 相关的文章,但一直未成为热点。任何一种思想、理论的流行通常都需要一个杀手锏(killer application),以一种征服性的力量冲击人类的传统思维。P2P 的杀手锏正是出现于 1999 年的世界上第一个应用性对等网络 Napster,它创造了在半年时间里拥有 5000 万用户的网络奇迹,向整个世界展示了 P2P 优异的性能和巨大的潜力。

学术的脚步常常先于应用踏入某个领域,又往往在应用之后成为热点,P2P 和 Napster 的关系正是如此。在 Napster 之后,是一系列人们耳熟能详的 P2P 网络软件:Gnutella,KaZaA,BiTTorrent,eDonkey/eMule,Skype,等等。虽然从 1999 年到现在只有短短几年,但是由于在工作模式上具有的优势和对于现代因特网的适应性,P2P 得以迅速从一个民间小软件发展为计算机网络的一项重要技术,在应用领域和学术界获得了广泛的重视和成功,并占据了当前 Internet 超过一半的带

宽资源,被认为是“改变 Internet 的新一代网络技术”。

对于已经应用或正处于理论研究阶段的各种 P2P 网络,国内外的研究者从多个不同的角度对它们进行了分类,包括从体系结构、出现时间角度和应用领域角度进行的分类,到目前为止尚未出现公认的、明确的分类方法。本书从 P2P 网络设计思想出发,兼顾体系结构和出现时间两个方面的考虑,将 P2P 网络分成三代:

第一代,混合式 P2P 网络,它是 C/S 和 P2P 两种模式的混合;

第二代,无结构 P2P 网络,它以分布、松散的结构来组织网络,故称“无结构”;

第三代,结构化 P2P 网络,它以准确、严格的结构来组织网络,并能高效地定位结点和数据。

对这三代 P2P 网络的讲解,是本书的一大重点,分别对应第 2、3、4 章的内容。读者需要注意的是:我们的分类仅出于本书行文、讲解的考虑,并非 P2P 领域明确的界定。

现代计算机网络均采用层次化的结构,以提供一个便于分析的模型和利于开发的技术接口,它具体地表现为一个网络通信从高层到低层的协议栈。这里面最为著名的是 ISO/OSI(国际标准化组织/开放系统互联)模型和 TCP/IP(传输控制协议/因特网协议)模型,前者细致、正式,后者更为实用。在本书中对于层次化的网络结构描述均采用 TCP/IP 模型,如图 1.1.3 所示。

图 1.1.3 中 TCP/IP 模型共分四层:网络接入层、网络层(IP 协议)、传输层(TCP/UDP 协议)和应用层。在此之前所说的集中式系统、分布式系统、客户/服务器工作模式以及对等计算模式,都是指四层中的最高层——应用层的工作方式,而下面的三层通常采用标准、单一的工作方式,本身并没有集中式与分布式之分,只是为应用层不同的工作方式提供底层的服务支持。

|       |              |
|-------|--------------|
| 应用层   | (C/S, P2P)   |
| 传输层   | (TCP/UDP 协议) |
| 网络层   | (IP 协议)      |
| 网络接入层 | (链接协议与物理协议)  |

图 1.1.3 TCP/IP 协议栈

P2P 网络的核心机制,是在应用层建立逻辑上的覆盖网络(overlay network),封装下面的三层,让 P2P 网络的研究者和开发者不必关心下面三层是如何工作的,而仅仅去考虑应用层覆盖网络的工作情况,将精力集中于覆盖网络的设计、优化上。虽然如此,在对 P2P 网络做基础的研究和设计时,有时还是要考虑到下面层的工作情况,因为应用层建立的覆盖网与底层实际的物理网的工作情况不可能完全相同,在图 1.1.4 中,覆盖网上的一条逻辑连接 AE 对应物理网上三条物理连接:AC,CD 和 DE。所以从覆盖网看到的行为与底层物理网实际的行为并不一致。P2P 领域的研究者已经对这种不一致性做了大量的工作以尽可能减少两者之间的差异,提高整个网络的效率。简言之: P2P 网络工作于应用层,但兼顾网络底层。读者在阅读本书时应该注意到这一点,这一问题在以后的章节中会有详述。

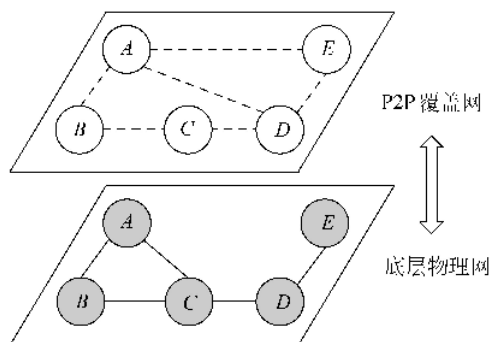


图 1.1.4 P2P 覆盖网和底层物理网的不一致性  
(虚线表示逻辑连接,实线表示物理连接)

在 P2P 覆盖网上依靠 DHT(distributed hash table, 分布式散列表)通常能准确、快速地路由消息和定位数据对象,这正是 P2P 查询的优势所在。“祸兮,福之所倚;福兮,祸之所伏。”正如计算机领域那条著名的“没有白吃的午餐定理”(no free lunch theorem)(Wolpert and Macready, 1997)所述:任何方法对一类问题做得好,必然对另外某类问题做得不好,这就是代价。使用覆盖网和 DHT 的 P2P 网络,为追求性能和效率所付出的代价,是语义模糊查询的困难以及对动态网络环境中错误行为的容忍性下降。针对前者,语义模糊查询至今仍然是 P2P 领域的一个开放型问题,尤其对结构化 P2P 网络更为困难;针对后者, P2P 领域的研究者提出的方案各具特色,总体上分两类:①网络周期性主动更新;②在检测到错误后被动更新。前者机制简单而开销很大,后者开销较小而机制复杂,这就带来了两难问题。

前面描述了 P2P 的核心机制,有了它们,一个 P2P 网络能正常工作,但不见得“好用”,因此人们又提出了很多 P2P 的“增强机制”,以改善网络状况,让它更好地工作。这些增强机制不少是从分布式系统或者计算机网络领域借鉴过来的,如数据复制、缓存、分片等;当然,更多的增强机制来自 P2P 本身,如负载的均衡、异构性的开发、少数结点负担过重导致的“热点”问题、物理网与覆盖网不一致造成的“拓扑意识”问题、保护用户隐私的“匿名”问题、P2P 用户的“声誉”和“信任”问题以及最令人不放心的 P2P“安全”问题。

“纸上得来终觉浅,绝知此事要躬行。”理论是灰色的,生活之树常青。理论并不都现实可行,即使真的实现了,也未必好用,所以做研究注重理论结合实践,强调实践的作用。对 P2P 来说,由于其网络规模巨大,开发实际系统的软硬件开销巨大,因此 P2P 实验更侧重于“模拟”和“仿真”。

“图难于其易,为大于其细。”本章的后续部分,将从“大”而“易”的方面讲述 P2P 的历史、现状、缘由、特点、应用和著名模型;而本书后面的各章,则从“细”而

“难”的方面去具体地讲述三代 P2P 网络(第 2、3、4 章),列举当前世界范围内的各种 P2P 应用体系和应用软件、介绍一些著名软件的使用(第 5 章),研究 P2P 技术的核心机制、增强机制、模拟和仿真(第 6、7、8 章),最后总结 P2P 的现状并展望 P2P 的未来(第 9 章)。我们给每位读者的建议是:把握本书的脉络,理清 P2P 的历史,有选择性地阅读,需要的时候回过头来参考。

## 1.2 P2P 网络的发展历程

### 1. 第一阶段:1999—2000 年,民间软件,锋芒初现

1999 年,18 岁的 Shawn Fanning 开发了世界上第一个应用性 P2P 网络软件 Napster,在半年时间里即拥有 5000 万注册用户。Napster 是第一代 P2P 网络——混合式 P2P 体系(hybrid P2P architecture)最杰出的代表,向整个世界传达了 P2P 优秀的思想,展现了 P2P 巨大的潜力。不久以后,Napster 网站因为版权问题被推上法庭,此后一直官司不断,在经历了约两年的法律纠纷之后,2001 年底,流星般的 Napster 最终关闭了。

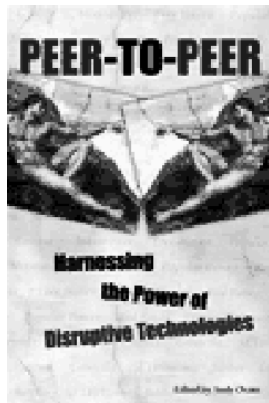
2000 年 3 月,第一个无结构 P2P 网络 Gnutella 诞生于 NullSoft 公司,它是第二代 P2P 网络——无结构 P2P 体系(unstructured P2P architecture)的代表。虽然发布之后不久,Gnutella 就因为其母公司担心法律问题而被关闭,但是 Gnutella 所代表的无结构、纯分布式 P2P 体系的思想却广泛流传开来,而 Gnutella 本身成为一种典型的无结构 P2P 网络协议。

几乎与 Gnutella 同时,以“自由、安全、匿名”著称的无结构 P2P 网络——Freenet 推出,它从一开始就有着很不同的理念: Napster、Gnutella 这类 P2P 系统的主要目的在于交换文件,而 Freenet 的目的是共享 Internet 上的计算机资源,组建一个不受限制、不受审查的信息发布和获取的平台。虽然 Freenet 拥有前卫的思想和高超的技术,但由于其使用的复杂和过于理想的自由主义理念,Freenet 在大多数国家被严格管制。

Gnutella 问世后不久还出现了新的无结构 P2P 应用系统 KaZaA,但与短命的 Gnutella 不同,KaZaA 从开始到现在,其用户群不断扩大,号称拥有超过 300 万的平均在线用户,KaZaA 网站上的统计数据称:截至 2007 年 3 月,KaZaA 软件已被下载超过 3.8 亿次,毫不逊色于当年的 Napster。KaZaA 基于著名的 FastTrack 协议,该协议是与 Gnutella 并列的典型的无结构 P2P 协议,其最大的改进在于引入“超结点”(supernode),从而第一个有效地开发了 P2P 网络中的结点异构性(即结点之间在能力上的差异)。基于 FastTrack 协议的应用还有 KaZaA 的类似体 KaZaA-Lite,以及 Grokster、iMesh 等。

eDonkey(电驴)差不多和 Gnutella 同时出现(2000 年),它提供文件分块下载,从而每个文件可以从其他多个用户并行下载。eDonkey 网络结构很像 KaZaA,它采用“服务器”(不同于一般意义上的服务器)作为网络的核心部分,“服务器”的作用很像 KaZaA 中的“超结点”,每个用户只需连接到特定的“服务器”来共享和获取文件。eDonkey 从一开始就吸引了很多 Internet 用户,到今天仍然非常流行。

2000 年 8 月,著名出版人 O'Reilly 组织了一次意义重大的 P2P 峰会,来帮助人们认识 P2P 的潜力并消除 Napster、Gnutella 造成的“P2P 是盗版技术”的负面影响。参与 P2P 峰会的既有 Napster、Gnutella、Freenet 的开发者,也有那些试图挖掘 P2P 分布计算能力的公司和组织如 Popular Power、SETI@Home、Distributed.net 等。O'Reilly 认为目前 P2P 的状态类似于“盲人摸象”,P2P 技术的领导者们每个人都看到了 P2P 这头“巨象”的一些特征,如果他们能够有机会交流思想,P2P 将会更快地发展。这次峰会主要有三个目的:①诠释 P2P,说明要从中得到什么;②描述 P2P 的作用,P2P 能解决什么样的问题;③形成一个提供给大众的关于 P2P 的信息,消除那些负面影响。在那次峰会后不久,O'Reilly 于 2001 年出版了目前所知最早的关于 P2P 网络的书籍 *Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies*(见右图)。这本书包含了有关 P2P 的诸多话题:P2P 的起源、Napster、SETI@Home、Jabber、Gnutella、Freenet、Red Rover、Publius、Free Haven、元数据、缓存管理、信任机制、声誉、安全性等,它主要的不足是内容陈旧、缺乏代表性,因为那时对 P2P 网络的研究实际上还处于萌芽期。



同是 2000 年 8 月,Intel 公司宣布成立 P2P 工作组,正式开展 P2P 的研究。工作组成立以后,积极与应用开发商合作开发 P2P 应用平台。2002 年 Intel 发布了 .NET 基础架构之上的 P2P Accelerator Kit(P2P 加速工具包)和 P2P 安全 API 软件包,从而使得利用微软 .NET 开发软件的人员能够迅速地建立 P2P 安全 Web 应用。

IBM、HP 等公司也是 Intel 成立的 P2P 工作组中的成员。这两家公司在 2000 年 9 月共同推出了一种开放存储技术,这一存储技术利用了 P2P 技术,可以方便地从用户的硬盘向服务器上复制数据。HP 公司还把 P2P 的立足点放在打印技术上,该公司新推出的网络打印技术可使用户通过 P2P 网络共享打印机。

## 2. 第二阶段: 2001—2003 年,步入正统,群雄逐鹿

如果说 1999 年属于第一代混合式 P2P 网络的辉煌、2000 年属于第二代无结

构 P2P 网络的成功,那么,2001 年则是第三代 P2P 网络——结构化 P2P 体系(structured P2P architecture)展现的舞台。这一年学术界真正开始关注和重视 P2P 网络,IEEE 成立 P2P 专业会议,ACM 在网络通信领域最具影响力的几个会议发表了多篇有关 P2P 的经典论文,P2P 领域最具代表性的经典模型和应用体系被提出,其中有: Chord、CAN、Tapestry、Pastry、CFS、OceanStore、PAST 等;同时,大多数知名的学术团体和技术组织成立或者完善了专门的 P2P 研究组,其中有: MIT 的 Chord/CFS 研究组、UC Berkeley 的 Tapestry/OceanStore 研究组,Microsoft Research 和 Rice University 的 Pastry/PAST 研究组、Stanford Peers 研究组等。

2001 年, Ray Ozzie (著名的 Lotus Notes 软件的开发者) 创立了 Groove Networks 公司, 开发 Groove Virtual Office (Groove 虚拟办公室), 此软件意在使用 P2P 技术营造一个 Internet 协同工作空间。2005 年 3 月, Groove 公司被软件巨人微软以 1.2 亿美元收购, 而 Groove 的创始人 Ray Ozzie 成为微软 CTO (首席技术官)。实际上早在 2001 年, Groove 公司就曾接受过微软高达 5100 万美元的投资, 所以 2005 年的收购并不值得奇怪。在微软最新推出的 Office 12 办公软件中, 已整合了 Groove 软件: 处于测试中的 Microsoft Office 12 共包含 14 个组件, 而 Groove 占据其中 3 个。

2002 年, P2P 专业会议 IPTPS 首次召开, 会议的规模不大, 但影响力不小。SIGCOMM、SPAA、PODC、INFOCOM、ICDCS 等网络通信、分布式系统领域的重要会议继续关注 P2P, 甚至有些设置了 P2P 专题讨论会, 新的 P2P 模型如 Kademia、Viceroy 等被提出, 它们在理论上很有意义。

2002 年 5 月, 由于不满意当时的 eDonkey 2000 客户端软件, 并且坚信能做出更出色的类似客户端, Merkur 聚集了一批原本在其他领域有出色发挥的程序员到他的周围, 开始了著名的“eMule 工程”。eMule“电骡”这个名称表明了它和 eDonkey 的关系——承继关系, 但 eMule 更出色。他们没有想到的是, 不久以后 eMule 的流行性甚至远超过它的前驱 eDonkey。

2002 年 10 月, 新一代的混合式 P2P 网络 BitTorrent 推出, 到 2003 年 BT (BitTorrent 简称) 已在世界范围内 (尤其是在中国) 广泛流行。2006 年底, 中国互联网络信息中心 (CNNIC) 发布的中国互联网统计报告显示: 中国 1.11 亿网民中有 27.8% 的人使用过 BT 软件 (超过 3000 万人), 其流行程度由此可见一斑。BitTorrent 使用基于文件的分散式服务器, 共享同一文件的用户构成一个独立的子网, 所以 BitTorrent 既不会因为一台服务器失效而影响整个网络, 也不会像 Napster 那样被关闭网站 (BT 网站太多且分散在世界各地); 同时, 分片优化、阻塞控制等方法使得 BT 能够充分利用网络资源。

自 2003 年开始, P2P 的发展实际上进入一个稳定期。在解决了 P2P 网络最核心的问题后, 学术界将重点放在其性能增强、安全问题和实用系统开发上。这里

值得一提的是由 MIT 的 Frans Kaashoek 教授领衔的研究小组,他们联合其他美国一流高校和研究机构进行的 IRIS 项目(Infrastructure for Resilient Internet System,容错的 Internet 系统架构),用 P2P 的方法去研究并建立新一代互联网络结构,得到了 2003 年美国 NSF(自然科学基金)在 IT 领域最大的一项基金资助。另一方面,商业领域更多地在改进过去的 P2P 应用软件,很多混合式、无结构的 P2P 网络将学术界结构化 P2P 体系的思想整合进来,如 BitTorrent 就整合了 Kademia 的分布式散列表,这种融合体现了 P2P 学术界对商业界的影响,是难能可贵的。

2003 年,在无结构 P2P 方面 Gnutella 协议 0.6 版发布,它比 Gnutella 协议 0.4 版扩展了很多,比如以明确的形式建议“超 Peer”(UltraPeer)的使用。在结构化 P2P 方面,新的 P2P 模型 SkipNet、Koorde 等被提出,SkipNet 是第一个显式提供路由局部性、对象语义局部性的结构化 P2P 模型,Koorde 则在理论上具有很高的价值,证明了一些 P2P 领域悬而未决的结论。

2003 年,商业领域诞生了一颗璀璨的新星——Skype 公司,它是全球第一家 P2P 即时通信公司,采用 P2P 技术为用户提供免费或廉价的语音通话服务,使用端到端的加密技术保证通信的安全可靠性。仅一年时间,Skype 用户就超过了 1300 万,迄今为止注册用户超过 2300 万,同时在线用户数高达 100 万,而且新用户以每天 6 万的速度增长,其迅猛的发展速度再度证明了 P2P 的巨大潜力。

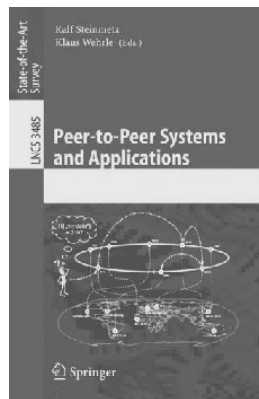
软件领域的巨人微软公司向来不愿错过每一项热点技术。为了使 Windows 操作系统更好地与 P2P 应用协调,Microsoft 对 Windows XP 进行了强化,公布了“Windows XP P2P 软件开发包”,这个编程工具使软件开发商能够更容易地在 Windows XP 上编写 P2P 应用程序。2003 年,Microsoft 并购了 P2P 新公司 XDegrees,声称将把 XDegrees 的技术用于它的存储产品,随后,Microsoft 推出了一款面向年轻人的即时通信软件“Three degrees”,大刀阔斧地挺进 P2P 市场。微软在全球各地的研究院基本上都将 P2P 列入其工作重点并发表了多篇有价值的论文,这里面做得最好的是微软剑桥研究院(Pastry/PAST 系列),微软亚洲研究院的系统研究组在 P2P 方面也很不错。

### 3. 第三阶段:2004—2006 年,国际国内,风起云涌

2004 年,在 IPDPS 会议上基于 CCC 拓扑的 Cycloid 常数度 P2P 模型被提出,它兼有常数度、超立方体、环形多种属性,可以看成是对此前诸多结构化 P2P 模型的一个总结。从 Cycloid 的提出可以看出,P2P 网络的主要问题、核心机制、整体架构已经形成,P2P 研究者对这些重大问题已经形成共识,下一步要做的工作,应该主要放在更细节、更高效、更实用的方面。另外,如何将各种不同的 P2P 应用系统像 Web 那样整合起来(2005 年发表于 SIGCOMM 会议的 OpenDHT 服务体系

在这方面做了努力),甚至将 P2P 和 Web 整合起来,也是一件非常有意义的大事。

2005 年底, Springer 在其 LNCS (Lecture Notes in Computer Science) 系列中出版了一本内容丰富、涵盖面非常广阔的 P2P 专著 *Peer-to-Peer Systems and Applications*。全书共 33 章,分 10 个部分,每章由不同作者编写,涉及 P2P 的概念、历史、结构、应用、自组织、检索、性能、移动环境应用、商业应用与市场等多方面内容,提供了对整个 P2P 领域权威、全面的总结、分析与展望。此外, P2P 的大师 Ion Stoica 特意为上述专著绘制了封面(见右图)并撰写了前言,使该书增加了影响力。



我们再将目光转到国内的 P2P,首先来看学术界的情况。国内一些高校、科研组织从 2003 年前后开始 P2P 的研究开发工作,其中有影响的是:北京大学网络实验室开发的“Maze 网络文件系统”、华中科技大学集群与网络计算实验室开发的“AnySee 视频直播系统”(Maze 和 AnySee 已投入应用,尤其在高校学生中相当流行)、清华大学高性能计算研究所开发的“Granary 广域网分布式存储系统”(处于开发优化进程中)。此外,仅以 2005、2006 年的国家自然科学基金资助项目为例, P2P 相关项目就有数十项,表 1.2.1 是一份不完全的统计。

表 1.2.1 2005、2006 年国家自然科学基金资助的 P2P 相关项目(不完全统计)

| 年份     | 批准号      | 项目名称                              | 依托单位         |
|--------|----------|-----------------------------------|--------------|
| 2005 年 | 60503045 | P2P 网络自主行为模型研究及其应用                | 上海交通大学       |
|        | 60503047 | 基于语义链的对等网络模型及异构数据管理方法研究           | 中国科学院计算技术研究所 |
|        | 60573053 | P2P 系统的信任管理和匿名问题研究                | 中国科学院研究生院    |
|        | 60573096 | 基于模式的高可扩展性 P2P 数据管理技术的研究          | 西北工业大学       |
|        | 60573110 | 基于结构化对等网络的全文搜索技术                  | 清华大学         |
|        | 60573120 | P2P 网络的关键安全问题研究                   | 华中科技大学       |
|        | 60573127 | 基于 P2P 思想的网格计算资源动态管理与任务调度研究       | 中南大学         |
|        | 60573129 | 基于泛洪的非结构化 P2P 系统中分布式拒绝服务攻击防范方法的研究 | 电子科技大学       |
|        | 60573131 | 实用化对等网络技术的研究                      | 南京大学         |
|        | 60573140 | 自适应的基于分布式索引缓存的无结构 P2P 快速搜索算法的研究   | 温州大学         |