



## 第 9 章

# P2P的现状和未来

今

天的 P2P, 已从一个民间小软件, 发展到改变 Internet 面貌、改变人们交流方式的一项重要技术。有句话说: “今天的世界, 网络上每传输两个比特, 就差不多有一个是 P2P 的!”, 这种说法并不夸张。

从商业应用来看, 目前 P2P 业界存在两种趋势: 扩张与合并。最著名的 BitTorrent、eDonkey/eMule 虽然已很流行, 但仍然存在扩张的可能; 优秀的网络语音传输软件 Skype 是 P2P 应用的一颗新星, 其扩张规模令人惊叹。国内开发的 P2P 文件共享软件 PP 点点通、PoCo、百宝、卡盟等, 都处在积极的扩张中, 试图拥有更大的用户群, 而 P2P 多媒体传输软件, 尤其是网络电视软件如 PPLive、CCIPTV、TvAnts 等, 已经相当流行, 并且具有很好的市场前景。合并的例子在 P2P 领域并不少见, 最著名的是 2005 年 3 月, 以开发 P2P 协同工作软件“虚拟办公室”而闻名的 Groove 公司被软件巨人微软公司收购, 随后 Groove 被整合到微软 Office 12 办公软件中。

在学术领域, 2001 年提出的四大结构化模型: Chord、CAN、Tapestry 和 Pastry 的经典地位并没有动摇, 仍然被 P2P 的研究者广泛引用和分析。后几年设计的新型 P2P 模型如 Kademia、SkipNet, 常数度模型如 Viceroy、Koorde、Cycloid 等, 影响力不断扩大。从计算机领域的各大会议、刊

物特别是 P2P 专业会议发表的论文来看, P2P 的研究重点已经从核心机制逐渐转向增强机制, 目前的研究热点集中在几个方面: P2P 网络中的语义模糊查询、容错性、拓扑意识与一致性问题、声誉/信任和安全性问题。

应当承认, P2P 技术还很年轻, 离成熟、完善还有相当长的路要走。从 P2P 的祖先 Napster 开始就一直存在的“版权问题”, 到今天仍然纠缠着大多数 P2P 应用; 而使用 P2P 来传播非法、色情内容的行为, 一直没有得到有效控制, 尤其在 eDonkey 这样的无结构网络中更为突出。学术界的研究者过分重视结构化 P2P 网络, 而对简单实用的混合式、无结构 P2P 网络关注较少; 过分看重理论的提出、论文的发表, 而忽视了实际的软件开发、网络构建, 也是一种不良的趋势。

虽然有太多的问题和障碍, 但 P2P 在这几年中的发展、成长是有目共睹的。我们相信 P2P 的未来会是一片光明, 人们在 P2P 上付出的努力不会白费。

## 9.1 P2P 的主要研究组织

P2P 的主要研究组织, 包括世界计算机领域最有影响力的几大组织: ACM、IEEE 和 USENIX 等, 研究 P2P 的著名高校: UC Berkeley、MIT、Stanford、CMU、UIUC 和 Rice University 等, 研究 P2P 的著名公司: Microsoft、IBM、Intel、Sun 和 HP 等, 此外还有一些组织, 下面会做介绍。

### 9.1.1 世界计算机领域最有影响力的组织

#### 1. ACM (Association for Computing Machinery, (美国) 计算机协会)

世界计算机领域最有影响力的科学、教育性组织, 也是美国的重要专业学会, 其宗旨在于不断推动计算机科学与技术的发展。

ACM 成立于 1947 年, 即世界第一台电子数字计算机 (ENIAC) 问世的第二年。它是世界上第一个计算机组织, 所以 ACM 一直被公认为“*The First Society in Computing*”。

ACM 的主要活动包括: ① 出版杂志、学报、书刊, ② 举行专业年会, ③ 对有杰出贡献的计算机科学家、工程师、教育家和专业人员颁发多种奖, 其中最著名的是世界计算机领域最高奖——图灵奖 (A. M. Turing Prize)。

ACM 的组织成员今天已达到 9 万人之多, 其中大部分是计算机专业人员, 大多数 ACM 成员又属于一个或多个 SIG (special interest group, 特别兴趣组)。ACM 就像一个伞状的组织, 为其所有的成员提供最新的有关科学、技术、应用的信息, 它是世界计算机领域最新、最权威信息的重要源泉。

ACM 设有多份刊物和会议发表与 P2P 相关的论文, 但没有专门针对 P2P 的,

详见 9.2 节。



图 9.1.1 ACM 网站(<http://www.acm.org>)

## 2. IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气电子工程师协会)

IEEE 是世界电气电子领域最有影响力的组织,也是世界计算领域最有影响力的科学、技术性组织,致力于推动电气电子技术在理论方面的发展和应用方面的进步。

IEEE 的前身 AIEE(American Institute of Electrical Engineers, 美国电气工程师协会)和 IRE(Institute of Radio Engineers, 无线电工程师协会)成立于 1884 年,1963 年 1 月 1 日 AIEE 和 IRE 正式合并为 IEEE。

IEEE 是一个非营利性科技学会,拥有全球近 175 个国家 36 万多名会员。通过多元化的会员来源,它在计算机、电信、生物医学、太空、电力及消费性电子产品

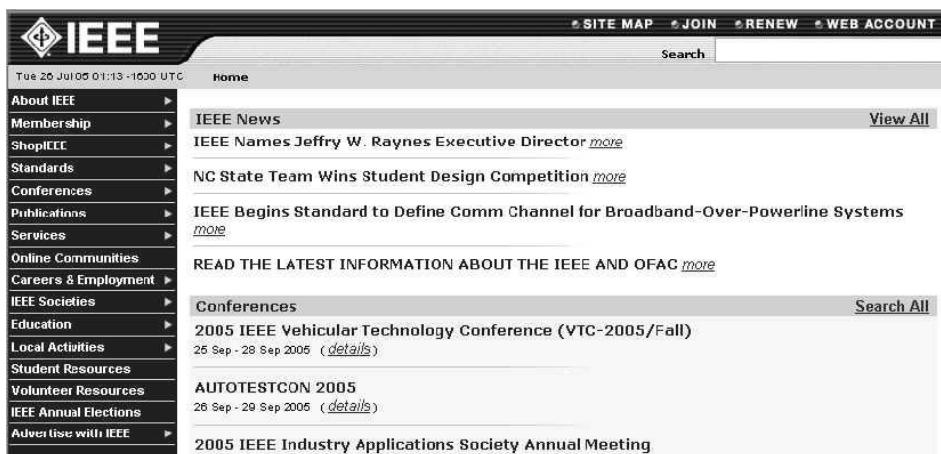


图 9.1.2 IEEE 网站(<http://www.ieee.org>)

等领域都是主要的权威。在电气及电子工程、计算机及控制技术领域中,IEEE 发表的文献占了全球将近 30%。IEEE 主要的活动也是出版杂志、学报、书刊,和举办专业会议,不过在数量上要远超过 ACM。此外,还有一些 IEEE 专业社团(类似于 ACM 的 SIG),如 IEEE Computer Society、IEEE Communications Society 等。

IEEE 设有多份刊物和会议发表与 P2P 相关的论文,并有专门的 P2P 会议,详见 9.2 节。

### 3. USENIX(Advanced Computing Systems Association, 高级计算系统协会)

1975 年 6 月 Mel Ferentz 在美国曼哈顿举办了第一届 USENIX 会议(有来自 20 个协会的 40 个人参加了这次会议),标志着 USENIX 的创立。当时它并不叫这个名字,而是一个“UNIX 用户组”(UNIX Users' Group→USENIX)。

USENIX 将工作在世界计算机领域前沿的工程师、系统管理者、科学家、技师集合到一起,提供一个讨论计算机技术的中立论坛,以促进其技术不断革新和不断超越。USENIX 是世界开源组织的成员。

USENIX 主办的几个会议(如 USITS、OSDI、USENIX 年会等)都收录了与 P2P 相关的论文,影响力都很大。

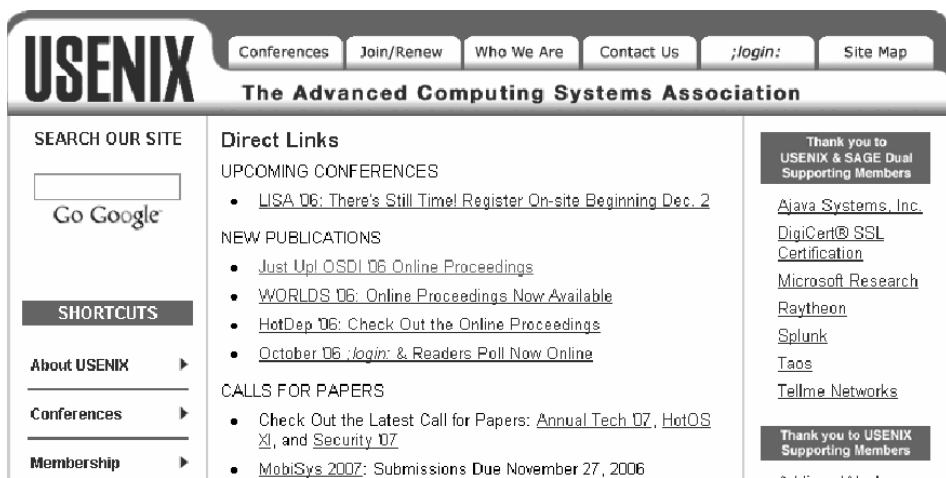


图 9.1.3 USENIX 网站(<http://www.usenix.org>)

## 9.1.2 研究 P2P 的著名高校

UC Berkeley——University of California at Berkeley 加利福尼亚大学伯克利分校(美国)

UC Berkeley 是加利福尼亚大学 9 所分校中历史最久、声望最高的一所,并且

UC Berkeley 的计算机系在全世界的高校中是排在最前的,正是它设计开发了 UNIX BSD 版操作系统。UC Berkeley 的 Ion Stoica 在 2001 年提出了最早、最经典的结构化 P2P 模型 Chord,Ratnasamy 在同年同会议(SIGCOMM)上提出了著名的多维空间 P2P 模型 CAN,而 Ben Zhao 等人则在同年提出了广域的超立方体结构 P2P 模型 Tapestry。UC Berkeley 在 P2P 领域的地位和造诣由此可见是非常突出的。

MIT—Massachusetts Institute of Technology,麻省理工学院(美国)

MIT 是美国或者说是世界上最佳的理工科大学之一。MIT 的计算机研究也是全世界首屈一指的。MIT 的 Robert Morris 等人参与了 Chord 的设计,Dabek 等人开发了基于 Chord 的协同文件系统 CFS,而 Kaashoek 等人在 IPTPS'03 上提出了著名的常数度 P2P 模型 Koorde,并对 P2P 领域的一些重要理论问题做了解答。值得一提的是:由 Kaashoek 教授领衔的研究小组,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,容错的因特网系统架构),用 P2P 的方法去研究并建立新一代互联网络结构,于 2003 年得到了美国 NSF(自然科学基金)在 IT 领域最大的一项基金资助。由此可见 MIT 在 P2P 领域的研究毫不逊色于 UC Berkeley。

Stanford(University of Stanford,斯坦福大学(美国))

斯坦福大学与哈佛、耶鲁齐名,是美国也是世界一流大学,被奉为经典中之经典的《计算机编程艺术》的作者、计算机宗师 Donald E. Knuth 正工作于此。斯坦福大学的研究者(如 Stanford Peers 研究组)在 P2P 领域做了大量工作,发表了很多有价值的论文。

CMU(Carnegie Mellon University,卡内基·梅隆大学(美国))

从综合实力上看,CMU 在美国肯定排不进前十,但 CMU 的计算机系历史悠久、贡献卓越,一直走在世界计算机科学的最前沿。

UIUC(University of Illinois at Urbana-Champaign,伊利诺斯大学香槟分校(美国))

UIUC 一直被列为美国最优秀的理工大学之一,其势头直逼大名鼎鼎的 MIT,UIUC 的计算机系亦毫不逊色,在 P2P 领域做了大量有价值的工作。

Rice University(赖斯 Rice 大学(美国))

Rice University 在美国的大学中并不如前面几个那样出名,它的计算机系也不及前面提到的各所大学。在 P2P 领域,2001 年 Rice University 的 Peter Druschel 参与设计了著名的混合式超立方体结构 P2P 模型 Pastry 和基于 Pastry 的应用系统 PAST。

### 9.1.3 研究 P2P 的著名公司

Microsoft——微软公司(美国)

微软这个神奇的“软件巨人”就不必再介绍了。在 P2P 领域,2001 年微软研究院的 Antony Rowstron 提出了著名的混合式结构 P2P 模型 Pastry,开发了基于 Pastry 的应用系统 PAST;2003 年微软研究院的 Harvey 等人设计了基于跳表结构的新型 P2P 网络 SkipNet。实际上,微软研究院在世界各地的多个分部都有 P2P 的专业研究组,Pastry 与 SkipNet 仅是他们工作中最出名的那部分。2005 年微软收购了以开发 P2P 协同工作软件“虚拟办公室”而闻名的 Groove 公司,并将 Groove 整合到最新的 Microsoft Office 12 办公软件中。

Intel——英特尔公司(美国)

如果说微软是“软件巨人”,那么称英特尔为“硬件巨人”毫不过分。2000 年 8 月,Intel 宣布成立 P2P 工作组,正式开展 P2P 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 Accelerator Kit(P2P 加速工具包)和 P2P 安全 API 软件包,从而使得微软 .NET 开发人员能够迅速地建立 P2P 安全 Web 应用程序。上面所说的其实只是 Intel 在 P2P 领域所做工作的一部分。

Sun——Sun 公司(美国)

人们常把 Sun 公司与 Java 语言联系在一起,实际上,在开发 Java 之前 Sun 公司在计算机领域已经很有影响力了。Sun 在 P2P 方面做了大量工作,有学术性的,也有商业性的,最著名的是 JXTA 项目,其目的在于提供一个开放、通用、互操作的 P2P 开发平台。

ACIRI——AT&T Center for Internet Research,AT&T 因特网研究中心(美国)

AT&T 在计算机和电子通信领域应该算是家喻户晓了,它的起源可以追溯到 1876 年贝尔发明电话。AT&T 因特网研究中心的 Ratnasamy、Francis 等人在 2001 年 SIGCOMM 会议上提出了著名的多维空间 P2P 模型 CAN。

IBM——International Business Machines Corporation,国际商用机器公司(美国)

我们说微软是“软件巨人”,英特尔是“硬件巨人”,那么 IBM 呢? IBM 是名副其实的“计算机巨人”,是世界计算机领域真正的先驱和前辈。IBM 在 P2P 领域的工作侧重于商业和技术,它是英特尔成立的 P2P 工作组的成员之一,并且 IBM 和 HP 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——惠普公司(美国)

或许 HP 谈不上“巨人”的称号,也没有什么非常闪亮的产品,但 HP 确实是一家涉足多个计算机领域的著名公司。HP 在 P2P 方面做的工作,既有学术性的,也

有商业性的。HP 也是英特尔成立的 P2P 工作组的成员之一，上文已说过 IBM 和 HP 这两家公司 2000 年 9 月共同推出的利用 P2P 技术从用户硬盘向服务器上复制数据的开放存储技术。此外 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。

#### 9.1.4 研究 P2P 的其他组织

P2PWG 和 GGF——P2P Work Group & Global Grid Forum, P2P 工作组和全球网格论坛

P2P 工作组成立的主要目的是希望加速 P2P 基础设施的建立和相应的标准化工作。P2P 工作组成立之后，对 P2P 中的术语进行了统一，也形成相关的草案，但是在标准化工作方面工作进展缓慢。目前 P2PWG 已经和 GGF 合并，由 GGF 负责网格计算和 P2P 计算等相关的标准化工作。

下面是一些重要的 P2P 网站：

网 站 名	注 释	链 接
P2P 中国 (PPCN.NET)	P2P 行业第一中文门户网站	<a href="http://www.ppcn.net">http://www.ppcn.net</a>
P2P 天空 (P2PSKY.COM)	也是著名的 P2P 中文门户网站	<a href="http://www.p2psky.com/">http://www.p2psky.com/</a>
JXTA 网站	JXTA 开发社区	<a href="http://www.jxta.org">http://www.jxta.org</a>
P2P INFO	这里提供了非常多的 P2P 信息	<a href="http://p2p.info.pl/">http://p2p.info.pl/</a>
OpenP2P 网站	O'REILLY 开办的关于 P2P 的开放式网站，有非常全面的 P2P 信息	<a href="http://openp2p.com/">http://openp2p.com/</a>
P2P Weblog	P2P 的 Web 博客专栏网站	<a href="http://p2p.weblogsinc.com/">http://p2p.weblogsinc.com/</a>

## 9.2 P2P 的重要国际会议和刊物

与 P2P 相关的重要国际会议既包括 P2P 的专业会议，也包括与 P2P 相关的会议。但到目前为止，没有 P2P 专业的国际刊物，与 P2P 有关的论文多发表在与分布式系统或计算机网络相关的刊物上。实际上，由于 P2P 技术发展很快，新技术不断产生，所以会议对 P2P 来说更为重要也更有影响力，而刊物由于审稿时间长，对 P2P 来说，刊物的作用更多地表现在肯定那些过去很有价值的东西。

## 9.2.1 有关 P2P 的重要国际会议

### 1. P2P 专业国际会议

IPTPS——International Workshop on Peer-to-Peer Systems, 国际 P2P 系统讨论会

P2P 领域最高级的专业国际会议,2002 年第一次召开,每年召开一次,其赞助方有 Microsoft、Intel、IBM 等国际著名计算机公司。IPTPS 虽然到目前为止只举办了 4 届,但对 P2P 的影响是巨大的,比如发表在 IPTPS'02 上的 Kademlia 模型、IPTPS'03 上的 Koorde 模型。实际上 IPTPS 上发表的许多论文,都成为了 P2P 领域的指导性文章,提出了亟待解决的问题,引领着 P2P 领域的研究方向。

IEEE P2P——IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, IEEE 国际 P2P 计算会议

IEEE 举办的 P2P 专业国际会议,2001 年第一次召开,每年召开一次。IEEE P2P 上发表的论文数目较多,对 P2P 的发展做出了一定的贡献。

### 2. 与 P2P 相关的国际会议

SIGCOMM——ACM Annual Conference of the Special Interest Group on Data Communication, ACM 数据通信特别兴趣组年会

SIGCOMM 可以说是网络通信领域最高层次的会议,它每年召开一次,已经有很多年的历史。SIGCOMM 会议上发表的论文,基本上都是网络通信领域的经典、权威之作,对整个网络通信领域有深远的影响。对 P2P 而言,SIGCOMM 同样有着举足轻重的作用,比如最著名的 P2P 模型 Chord、CAN 就发表在 SIGCOMM'01 上。

SPAA——ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures, ACM 并行算法和体系讨论会

SPAA 是由 ACM 举办的并行算法和体系方面的高层会议,1989 年创办,每年召开一次。Plaxton 等人在 SPAA'97 上提出的 Plaxton Mesh 结构,成为 P2P 中的两个著名模型 Tapestry 和 Pastry 的基础。

PODC——ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, ACM 分布式计算原理讨论会

PODC 是由 ACM SIGACT(算法和计算理论特别兴趣组)和 SIGOPS(操作系统特别兴趣组)支持开办的分布式计算领域年会,已有很多年历史,其赞助方有 Microsoft、Intel、Google 等国际著名计算机公司。PODC 上发表了不少有关 P2P 的重要论文,比如最早的常数度 P2P 模型 Viceroy 发表在 PODC'02 上。



ICNP——International Conference on Network Protocols, 国际网络协议会议

ICNP 是 IEEE 开办的网络协议高层次会议, 每年召开一次, 收录网络协议各个层次、各个方面的研究论文, 当然也包括 P2P 领域的。

INFOCOM——IEEE Conference on Computer Communications, IEEE 计算机通信会议

INFOCOM 是 IEEE 开办的计算机通信领域高层次会议, 它每年召开一次, 已经有很多年的历史(始于 1982 年)。INFOCOM 会议上每年发表的论文数非常多, 所以分设很多专题研究组(Workshop), 近几年都有 P2P 的 Workshop。有很多 P2P 领域的重要论文发表在这些会议上。

NOSSDAV——ACM International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video, ACM 数字音频和视频的网络和操作系统支持讨论会

NOSSDAV 关注多媒体应用、网络、操作系统等领域的新观点和未来发展方向, 其范围已拓展到网络游戏、传感器网络、多媒体界面和 P2P 网络。NOSSDAV 由 ACM 的 SIGMultimedia 研究组于 1990 年开办, 每年召开一次, 是一个很有影响力的会议。

SOSP——ACM Symposium on Operating Systems Principles, ACM 操作系统原理讨论会

SOSP 是由 ACM SIGOPS(操作系统特别兴趣组)支持开办的操作系统领域的高层次会议, 1967 年第一次召开, 每两年召开一次, 是一个非常老的会议。SOSP 也收录为数不多的 P2P 论文, 但影响力非常大, 如著名的结构化 P2P 应用 CFS 和 PAST 发表在 SOSP'01 上。

OSDI——USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, USENIX 操作系统设计和实现讨论会

1994 年 USENIX 创办了 OSDI 会议, 此后每两年召开一次, OSDI 是操作系统领域的高层次会议, 影响力非常大。

USITS——USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, USENIX 因特网技术和系统讨论会

USITS 是由 USENIX 开办的网络领域高层次会议, 1997 年创办, 每两年召开一次, 虽然历史很短, 但影响力很大。USITS 也收录 P2P 论文, 如 SkipNet 模型发表在 USITS'03 上。

ICDCS——International Conference on Distributed Computing Systems, 国际分布式计算系统会议

ICDCS 是由 IEEE Computer Society Technical Committee on Distributed

Processing(TCDP)在1979年开办的,一开始每18个月召开一次,从1984年开始每年召开一次,在分布式系统领域很有影响力。

ICPP——International Conference on Parallel Processing,国际并行处理会议

ICPP创办于1972年,每年召开一次,是一个非常古老的会议。ICPP收录的论文数较多,所以下设多个会议专题,最近几年都有P2P的专门会议(Session)。

IPDPS——International Parallel and Distributed Processing Symposium,国际并行和分布式处理讨论会

IPDPS是IEEE开办的并行和分布式处理领域的重要会议,每年召开一次。IPDPS会议上发表的论文数一般较多,下设很多专题研究组,最近几年都有P2P的文坛论会(Workshop)。

### 9.2.2 P2P的重要国际刊物

P2P是一个很新、发展很快的领域,新思想不断涌现、新方法不断产生,所以实际上会议对P2P来说更为重要,也更具影响力,能很快推广新东西。刊物由于审稿时间长、发表要求高,所以对P2P领域来说,刊物的作用多在肯定那些过去很有价值的东西,因此,这里我们只列出对P2P来说最重要的几种权威国际刊物。

IEEE/ACM Transactions on Networking——IEEE/ACM网络学报

由IEEE Communications Society、IEEE Computer Society和ACM SIGCOMM(数据通信特别兴趣组)支持创办的通信网络领域的权威学报。

IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems——IEEE并行和分布式系统学报

IEEE在并行和分布式系统领域的权威学报,其中刊登了不少关于P2P的重要论文。

IEEE Journal on Selected Areas in Communications——IEEE通信精选领域杂志

这份通信领域颇有影响的杂志收录IEEE在通信领域的重要论文。

## 9.3 P2P的主要商业模式

本节我们总结P2P的各种商业模式,看它们是如何产生、运作的,遇到什么样的问题,对商业领域关心P2P的人有何启发。

商业的目的本质上只有一条——赢利,有句话说:“没有永远的朋友,也没有永远的敌人,只有不变的利益。”这个残忍的断言说出了一种事实:利益是真正驱使这个世界运作的原动力,金钱在大多数情况下有决定性的发言权。

上述事实在P2P领域得到了坚实的肯定,最主要表现在P2P的商业赢利模

式、商业纠纷、企业运作上。实际上,即使是在不那么功利化的学术界,政策性的项目资助或者企业技术投资,对学术界的 P2P 研究者也是至关重要的,毕竟,不管哪个人,总是先要吃饭,然后才能思考的。

有人说,每六个月,硅谷都会为一种新技术的诞生而激动。媒体疯狂炒作,大大小小的公司便蜂拥而上,腰缠万贯的风险投资商也将钞票大把大把地撒在上面。但结果呢?个别幸运的公司经过拼搏看到了一线希望的曙光,个别公司被某个大公司收购,而其他所有的公司都会土崩瓦解,同一些新名词、新概念一道随风而逝。

从“网络泡沫”的破灭,到 2000 年以电子商务为代表的新经济全面溃败,经过大风大浪的洗礼、渴望一夜暴富的投资者开始变得谨慎和理智,所以相比“Peer-to-Peer”的说法,人们更愿意把 P2P 称为“Path to Profit”(赢利之路)。对于这条赢利之路,人们不再像互联网早期那样盲目和狂热,而开始仔细地规划它、实现它。在多年的探索中,人们总结出了 P2P 有代表性的各种商业模式。

### 1. Napster 模式

Napster 这个像流星一样耀眼而短暂的 P2P 祖的先驱,代表了一种简单而实用的 P2P 赢利模式:网站提供服务器,给用户查询和存放文件索引,而真正的文件交换直接发生在用户之间。虽然可以列举出这种模式的诸多缺点:服务器瓶颈、单点失效等,但 Napster 模式确实是成功的:公司组织人员开发一个并不复杂的 P2P 软件,提供服务器(和网站),争取到足够多的用户,赢利就开始了(广告是主要赢利方式)。

打倒 Napster 的并不是它技术上的缺点,而是版权问题带来的法律纠纷,因为对 Napster 模式,只要关掉它的服务器,一切就全完了!

Napster 的陨落并不意味着 Napster 模式没有市场。实际上,我们看到世界上大多数 P2P 应用所采用的还是 Napster 模式,比如国内的 PP 点点通、PoCo、百宝等一大批 P2P 文件共享软件都使用了 Napster 模式,但它们都很流行,而且到目前为止运作得还算好。

### 2. BitTorrent 模式

BitTorrent 是现在最流行的 P2P 应用,在国内 P2P 市场更占统治地位。实际上 BT 也是基于服务器的,只不过服务器很多,分散在网络中,所以 BitTorrent 模式相当于多个 Napster 模式分散的组合。现在因特网上有数不清的 BT 网站提供 BT 种子下载和搜索,每个网站都像一个小型的 Napster。

BitTorrent 也一直面临版权问题,它之所以没有消失反而一直工作得很好,原因就在于 BT 网站太多、太分散,没有办法去逐个起诉、关闭,这种情况好像中国一句谚语——“法不施众”。

但是,BT网站不被关闭并不代表着不被监管,现在国内最著名的几家提供种子搜索的BT网站,他们提供的种子文件中极少含非法、色情内容,可见其服务器中的种子文件必定经过了检查和过滤。

### 3. eDonkey 模式

eDonkey 模式代表了一种典型的双层无结构 P2P 网络赢利模式,它也是基于多个分散在因特网中的服务器的,但与 BitTorrent 本质的不同在于:这些服务器中绝大多数是随机、动态的,不属于哪个固定的网站。所以 eDonkey 不仅不可能被起诉、关闭,甚至连监管都是极难办到的。

虽然如此,eDonkey 还是有一点把柄可以被抓住的,就像《荷马史诗》中的希腊英雄阿基里斯,虽然全身无敌但还是在脚踵留下了缺陷:eDonkey 用户加入网络需要通过为数不多的众所周知服务器(也称“入口服务器”),这些服务器一般是不变的,所以只要关闭了它们,eDonkey 也活不长了。

eDonkey 涉及到的社会问题非常多,除了版权问题,还有非法、色情内容的传播,因为 eDonkey 网络中传播内容基本不可能被监管。

### 4. Gnutella 模式

Gnutella 模式是典型的无结构 P2P 网络赢利模式,它没有服务器,是纯分散式的。Gnutella 模式的缺陷与 eDonkey 模式一样,也是用户加入时必须用到的那些入口服务器。

Gnutella 刚产生,就因其母公司害怕卷入法律纠纷而被关闭,但 Gnutella 模式流传了下来。今天,诸如 BearShare、Gnucleus、LimeWire 等一大批 Gnutella 模式的 P2P 应用都有一定的流行性。Gnutella 模式一直没有达到 Napster 模式、BitTorrent 模式、eDonkey 模式这样的成功,原因在于纯粹的无结构 P2P 网络工作效率不高。

### 5. Lightshare 模式(P2P 电子商务)

作为一个刚成立不久的 P2P 公司,Lightshare 的赢利方法是在 P2P 网络上开展电子商务。用户可以在 P2P 网络上购买或出售商品,可以搜寻待售商品信息或者列出自己欲售商品的信息。待售的商品保留在出售者的计算机里,中心服务器动态地保存该商品的相关信息,以供其他用户查询。

在 Lightshare 开展的服务中,初期的交易商品只包括数字文件,但是以后将逐渐扩展到其他领域。这种赢利模式目前存在着管理、计费、安全等方面的困难。

## 6. GPU 模式(P2P 分布式计算)

GPU 是一个真正的 P2P 分布式计算系统,它使用经典的无结构 P2P 网络——Gnutella 来分布计算任务、共享计算能力。每个 GPU 用户创建一个计算机别名来加入 GPU 体系,通过 Gnutella 网络来提供自己的 CPU 计算能力,同时获得系统中别人的 CPU 计算能力。

很明显,GPU 模式可以用来交易 CPU 计算能力,这是它赢利的基础。

## 7. Skype 模式(P2P 语音传输)

在 VoIP 之前,语音传输是电信电话的专利;而 Skype 的出现不仅冲击了电信电话,更挑战了 VoIP。Skype 以其清晰的语音传输质量、加密的通信过程、高效可靠的服务从众多网络通信工具中脱颖而出,并且随着各国政府或电信部门对 Skype 使用的逐步开放,Skype 的影响力将越发广泛。

使用 Skype 通话必须购买相应的“电子通话货币”,但其价格比打电话要便宜得多。

## 8. PPLive 模式(P2P 网络电视)

Internet 网络电视过去一直是收费的在线直播网站的市场,后来有了 IPTV,将这个市场分解;而 P2P 网络电视既瓜分市场,又挑战 IPTV。国内的 PPLive、CCIPTV、TvAnts 等 P2P 网络电视软件已非常流行。

## 9. 综合模式

综合模式是将上述的两种或多种模式结合起来,取长补短,提供更好的 P2P 服务。也可以把 P2P 同其他的商务模式(如 B2B、ASP 等)或者网络技术(如搜索引擎技术、网格计算等)相结合,探索新的赢利模式。

除此以外,还有一些无法预见或无法定论归类的赢利模式,因为作为一项新技术,人们对 P2P 的认识都很不完整。有人把人们现在对 P2P 的认识比作“盲人摸象”:每个人都只看清了其中的一个部分,而完整的认识还需要在这个领域的探索中渐渐形成。

除了单纯的赢利之外,对投资者来说,P2P 的吸引力还在于它低成本的起步、病毒式的传播方式。比如 P2P 的祖先 Napster,几乎从未做过广告,但是其用户数量却得以指数级暴涨,这和以前的网络应用大不相同,也是其他网络服务无法企及的。

## 9.4 P2P 与其他领域的融合

### 9.4.1 P2P 与无线网络的融合

无线网络是一个研究很早、范围很广的领域,包括最传统的无线 Ad hoc 网络(也称 mobile Ad hoc 网络,简称 MANET)、最近几年逐渐成为热点的无线传感器网络(wireless sensor network,简称 SensorNet)和无线 Mesh 网络(简称 WMN)。这里我们主要关注 P2P 技术在无线 Ad hoc 网络中的应用。

无线 Ad hoc 网络是一组可移动的无线网络结点的集合,结点间只依靠无线通信和互相协作来自组织成一个临时网络,不依赖于任何底层体系结构或集中式管理的支持。由于结点间通过无线通信来连接,而无线通信的范围一般较小、不可能覆盖整个网络,所以两个结点间通信一般要依靠其他中间结点来路由消息。又由于结点的移动性,无线 Ad hoc 网络的拓扑结构几乎总是处于变化中,如何在高动态性的环境下保持无线 Ad hoc 网络的高性能,这是研究无线 Ad hoc 网络的最大挑战所在。

针对无线 Ad hoc 网络目前已提出了许多种路由算法,其中最简单而又最具影响力的三个是: DSDV、AODV 和 DSR。DSDV(Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing,动态目标序列化距离向量路由)发表在 SIGCOMM'94 会议上[Perkins & Bhagwat. 94],它将传统的 Bellman-Ford 距离向量路由算法改进以适应 MANET 的需求,而这种改进是依靠使用基于目标结点的序列号来反映路由信息的时效性、同时避免回路的形成。DSDV 通过周期性的洪泛广播来维护路由表,这种方法常称为 Proactive(前摄的、主动的);与此相反,AODV、DSR 只在需要时才创建路由,平时不做周期性的路由表维护,所以常称为 Reactive(反应的、被动的)。

AODV(Ad-hoc on-demand distance vector routing,Ad hoc 按需距离向量路由)[Perkins & Royer. ,1999]也是基于 Bellman-Ford 算法,只是取消了周期性的路由维护,仅当需要路由时才通过洪泛广播的方式创建(见图 9.4.1);同时 AODV 也使用了 DSDV 的序列号(细心的读者应该已经发现 DSDV、AODV 的设计者都有 Perkins)。DSR(dynamic source routing,动态源站选路)[Johnson & Maltz. ,1996]的特点是每条路由消息中都包含已经建立的整条路径,消息中包含更多的信息自然带来了很多好处,同时开销也必然增加。总体上说,不管哪种 Ad hoc 路由算法,要么属于 Proactive,要么属于 Reactive,要么是将两者结合。Proactive 方法的优点是可以随时快速地建立路由,代价是周期性维护;Reactive 方法的优点是无需周期性维护,代价则是建立路由的时延相对较长。

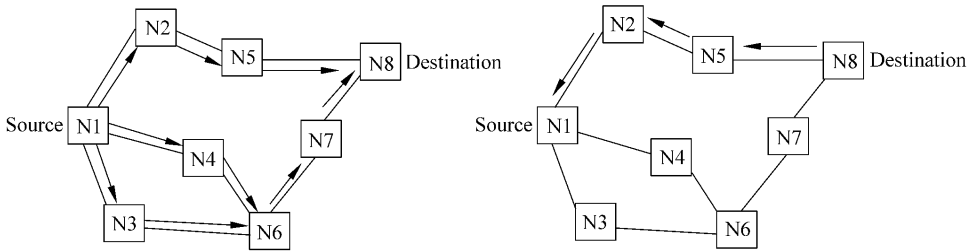


图 9.4.1 AODV 的路由(左图是洪泛广播的过程,右图是路由建立的过程)

(图片来自[Royer & Toh, 1999])

看到这里读者容易发现,P2P 网络和无线 Ad hoc 网络之间有相当多的共性,比如不包含集中式的管理、高动态性的网络环境、网络自组织的必要性和重要性等。另一方面,两者之间又有着本质的不同,使得 P2P 和 MANET 领域的技术不能互相照搬,最明显的不同之处表现在两方面:①P2P 网络是一个应用层覆盖网,构建在 Internet 网络层之上,覆盖网的路由实际上依靠 Internet 的 IP 路由来实现,而 MANET 本身就是网络层,路由直接发生在 MANET 中;②P2P 网络的动态性主要表现在结点的加入和离开,而 MANET 的动态性则主要表现在结点的移动性,从而决定了两者自组织方式的不同。

鉴于 P2P 与 Ad hoc 之间的共性与区别,已经出现了一些建议性的方案,试图将两者结合起来。这方面较早的是发表于 IPTPS'03 会议上的 PeerNet [Eriksson et al., 2003],它将 MANET 中的结点 ID 和其位置分离,通过额外的查询服务来实现两者间的映射,并且将网络结点层次化地组织成从大到小的区域从而构成一棵树,同一小区域内的结点匹配更多的 ID 前缀,路由过程一般是先爬树、再下树(如图 9.4.2 所示)。为了维持树的平衡,PeerNet 需要基于一些准则动态迁移结点。总体看来,PeerNet 用到的机制比较复杂,整体开销也很大,对 MANET 来说却并未取得什么实质性的好处,所以只能算一个雏形,但它所倡导的“将 P2P 从网络协议栈的高层下压到低层”的思想,很有启发意义。

发表于 HotOS'03 会议上的 DPSR [Hu et al., 03]以及 2005 年提出的 CrossRoad [Delmastro, 2005]和 MADPastry [Zahn & Schiller, 2005]都继承了 Pastry 的一些特性。在 P2P 网络中,Pastry 路由表中的每一项代表一个 IP 地址,而 DPSR 将每一项换成了一条路由路径,这条路径是通过 DSR 的洪泛广播得到的。MADPastry(Mobile Ad hoc Pastry)削减了 Pastry 的 Route Table 和 Leaf Table,路由的创建使用 AODV 算法。

这方面最受好评的是发表于 SIGCOMM'06 会议上的 VRR(virtual ring routing,虚拟环路路由)[Caesar et al., 2006],很多学者对它给出了相当高的评价,

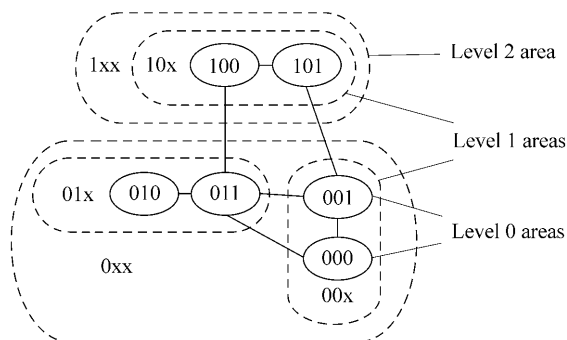


图 9.4.2 一个简单的 3 层 PeerNet 组织结构

(图片来自[Eriksson et al., 2003])

并认为 VRR 将实用化地给 MANET 领域带来影响(现在微软研究院已经开发出了 VRR 的 Windows XP 实现,可以到下面的链接下载软件: <http://research.microsoft.com/vrr/>)。不管怎么说, VRR 确实是将 DHT 思想应用到 MANET 的成功代表。

如图 9.4.3 所示, VRR 给 MANET 中每个结点随机分配一个 ID, 按照 ID 顺序将所有结点在逻辑上组织成一个“虚拟环”(virtual ring), 每个结点在虚拟环上维护  $r/2$  个顺时针邻居和  $r/2$  个逆时针邻居, 合起来称为 vset, 很明显图 9.4.3 中 VRR 的  $r=4$ 。作为一切路由的基础, 每个结点还维护其物理上的邻居集 pset, 依靠无线广播即可做到。Virtual Ring 上的逻辑连接通过类似距离向量的方法来维护, 比如对结点 8F6 而言, 它保存到 vset 中每个邻居的下一跳结点, 如果 8F6 要走到 90E, 它将循着这些下一跳结点逐渐走到 90E(图中共走过 5 跳), 这样一条路由路径称为一条 vset-path。为使得 vset-path 的构建成为可能, 每个结点的路由表中还保存着其他结点间穿过它的路由路径, 这一点非常重要。

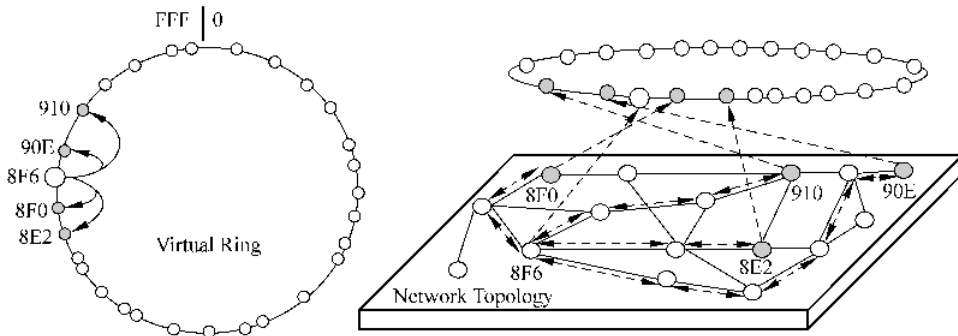


图 9.4.3 VRR 的“Virtual Ring”和 MANET 网络拓扑的对应关系

(图片来自[Caesar et al., 2006])



看到这里读者也许体会不到 VRR 的独特之处,并且很容易认为 Virtual Ring 只不过是 Chord 或者 Pastry 的一个简化版本。然而事实并非如此,VRR 的独特之处在于:它完全工作在网络层,本身就是一个网络层路由协议,Virtual Ring 所对应的 vset-paths 完全靠 VRR 自身来建立和维护,这和 P2P 网络中逻辑连接靠底层 IP 网络支持有本质区别。另一方面与传统的 Ad hoc 路由相比,VRR 的优势在于:路由的建立、维护不需要洪泛广播,也不需要额外的机制来提供结点 ID 和其地址间的转换。对于 VRR 具体的路由表维护、结点加入、连接失效、分环合并的处理方法,限于篇幅这里不做详述,读者可参考原论文。

#### 9.4.2 P2P 与网格计算的融合

网格计算(grid computing)同 P2P 类似,也是近些年伴随着 Internet 迅速发展起来的一种分布式系统工作模式。网格利用 Internet 把分散在不同地理位置的计算机(也称“结点”)组织成一台虚拟的超级计算机,而整个计算是由成千上万个结点组成的一张网格。以网格方式组织成的虚拟的超级计算机有两个优势:一个是数据处理能力超强;另一个是能充分利用网上的闲置处理能力即“网络边缘资源”。

网格计算的领军人物、美国阿冈国家实验室的资深科学家、Globus 项目(下文将讲到)的领导人 Ian Foster 在 1998 年出版了《网格:21 世纪信息技术基础设施的蓝图》一书,标志着网格以明确的形态进入计算机领域。2002 年 7 月,Ian Foster 在《什么是网格?判断网格的三个标准》一文中限定“网格”必须同时满足三个条件:①在分布式的环境中协同使用资源;②使用标准的、开放的和通用的协议和接口;③提供多样化的服务质量。这三个条件明确地划定了网格的界限。

2002 年 8 月,IBM 宣布投入数十亿美元研发网格计算,与 Globus 合作开发开放的网格计算标准,于是网格计算和 Globus 一起从幕后走到前台,受到前所未有的关注。Globus 是美国阿冈国家实验室的研发项目,全美有 12 所大学和研究机构参与了该项目。Globus 对资源管理、安全、信息服务及数据管理等网格计算的关键理论进行研究,开发能在各种平台上运行的网格计算工具软件(Toolkit),帮助规划和组建大型的网格试验平台,开发适合大型网格系统运行的大型应用程序。IBM 与 Globus 共同发布的“开放网格服务体系”OGSA(Open Grid Services Architecture)勾勒了 Globus Toolkit 3.0 的蓝图。OGSA 主要是将 Web Services、数据库存取、J2EE 等技术规范纳入网格计算。

从上面对网格计算的介绍可以看出:网格计算和对等计算以不同的方法组织大规模、分布式的资源(包括计算能力、存储资源和带宽等),两者的研究领域有不少共通和重叠之处(比如都在 Internet 之上构建了覆盖网),又有很好的互补性,正如“网格之父”Ian Foster 所说:“网格计算建立了体系结构,但没有解决结点失效

问题；对等计算解决了结点失效问题，但没有建立体系结构。”[Foster & Iamnitchi, 2003] 所以 P2P 与网格计算的融合，很可能是一个双赢的趋势。此外我们也应看到，P2P 与 Grid 之间的区别仍然很多，所以要真正实现两者的融合还需要细致的设计与分析、远非一蹴而就的易事。表 9.4.1 总结了 Grid 与 P2P 之间的区别。

表 9.4.1 Grid 与 P2P 的区别

	Grid	P2P
目的	共享虚拟的超级计算机	共享 Internet 边缘资源
资源特性	同构	异构
网络环境	稳定、高速	动态、混杂
成员特点	正规、可信	混杂、不可信
网络规模	中等规模	大规模
体系结构	层次化	扁平、层次化
资源管理	集中式	分布式
协议接口	开放、标准、通用	封闭、私有、专用

## 9.5 P2P 的未来

### 9.5.1 P2P 未来的商业应用趋势

从 1999 年 P2P 的先驱 Napster 推出音乐共享软件算起，到后来的 Gnutella、KaZaA、BitTorrent、eDonkey 等一系列流行的 P2P 文件共享软件，再到 P2P 语音传输软件 Skype、P2P 网络电视软件 PPLive、P2P 协同工作软件 Groove 等，我们看到 P2P 的应用正越来越广、越来越好。

BitTorrent 在文件共享领域的统治地位短期内不会动摇，提供 BT 种子下载和搜索的网站还会不断出现，但很快将达到饱和。eDonkey 在文件共享领域仍然会比较流行，但如果监管不力，eDonkey 所引起的社会问题很可能成为它自己的定时炸弹，一个迫切的要求是 eDonkey 应该提供方法限制非法、色情内容的传播。国内一大批采用 Napster 模式的 P2P 文件共享软件和 P2P 网络电视软件，还有很大的发展空间，但如果它们一味追求用户群的扩张，而忽视了本身功能的完善，其前途是令人担忧的。优秀的 P2P 语音传输软件 Skype 将能拥有更多的用户，它对传统的电信领域将产生多大的冲击还很难说，也许行政性的干涉会牵扯进来。

商业领域大规模的收购和合并，在 P2P 领域还会出现，而且不止一两个案例，另一种趋势是不同 P2P 网络之间的协议兼容，但目前看来这方面进展缓慢。商品化的 P2P 搜索引擎很可能出现，或者 P2P 技术会应用到目前已有的 Web 搜索引

擎(如 Google)上。到目前为止,P2P 软件的编写、开发多是自发、无关联的,人们可能会发布某个成熟、完善的 P2P 开发平台,并逐步推广基于此平台来开发 P2P 应用的方法。

### 9.5.2 P2P 未来的学术研究趋势

从 P2P 产生 6 年来计算机领域的各大会议、刊物特别是 P2P 专业会议发表的论文上看,P2P 的研究重点已经从核心机制逐渐转向增强机制,目前的研究热点集中在几个方面:P2P 网络中的语义模糊查询、容错性、拓扑意识与一致性问题、声誉和安全性问题。除此之外,对于 P2P 模拟、仿真的重视程度也在日渐增加。

“语义模糊查询”仍然是 P2P 最重要的研究课题之一。“拓扑意识和一致性问题”仍然是 P2P 的一项研究重点,因为它是影响 P2P 网络性能的重要因素。“声誉”/“信任”机制开始成为 P2P 领域的一个热点,它对 P2P 网络的效率、安全都很有意义;同样地,P2P 的安全性将一直为人们所关心。从更宽的范围来看,P2P 技术和其他技术的结合,P2P 领域和其他领域(如网格计算、无线网络等)的融合,是一个必然的趋势。

从更实际的角度看,结构化 P2P 网络最迫切需要的,是向公众推出一个实用化的软件,一个有说服力、有征服力的“杀手锏”(Killer Application)。在学术界日益膨胀、日益浮躁、论文泡沫化的今天,很多学者的研究脱离实际应用而变成“面向论文”的,其研究常常是“先造桥、后找河”,或者忽视开发实现的难度而变成堆叠理论、不切实际的空中楼阁。学术界对 P2P 长期以来的理论研究绝大多数停留在论文层次上,并且对很多问题一直是众说纷纭难有定论,这种状况很像《庄子》中的一句话:“天下大乱,圣贤不明,道德不一。天下多得一察焉以自好。”我们认为这种混乱状况的本质原因正在于 P2P 研究者过分看重理论成果,而忽视了实际开发;人们希望看到的,是从理论成果中转化出来的现实、可用的软件产品,是希望 P2P 真的做到让网络“Peer-to-Peer”,而非“Paper-to-Paper”。

### 9.5.3 结束语:探讨 P2P 的未来

《菜根谭》首句讲:“欲做精金美玉的人品,定从烈火中煅来。”P2P 是一个年轻的领域,也是一个充满问题、充满挑战,也就充满机遇的领域。不应挑剔它哪些还没有做到,而应肯定它已经做到了什么。虽然有太多的问题和障碍,但是从 Napster 到 BitTorrent,从 KaZaA 到 eDonkey,从 Freenet 到 Skype,再到 Chord、CAN、Tapestry、Pastry 等等,P2P 从无到有,从一个小软件到改变 Internet 面貌、改变人们交流方式的一大领域,这一过程是值得欣慰的;其中蕴藏的力量和意义,值得我们鼓起勇气去大胆探索,值得我们怀着热情去深入思考,值得我们付出耐心去努力开发。

在这本书的最后,作者希望引用康德先生《纯粹理性批判》第二版序言的结尾作为本书的结束语——“如果一个理论本身具有持久性,那么,最初给它带来极大危险的作用和反作用随着时间的推移就只会有助于磨平其不平整之处,而如果是无偏见、有洞察力、真正享有盛名的人来从事这一工作,则也可以在短时间内使它获得所要求的完美。”