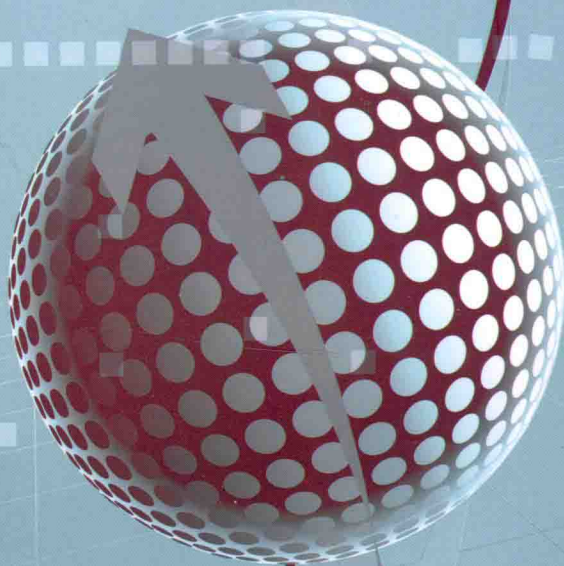
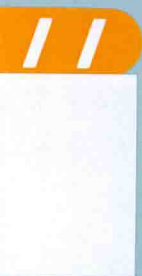


JISUANJI WANGLUO YUANLI YU INTERNET JISHU

计算机网络原理 与 Internet 技术

符广全 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

计算机网络原理与 Internet 技术

主 编 符广全
副主编 傅德谦 杨自芬
参 编 邱建龙 刘 丽 王海峰
林 霞 刘夫江
主 审 张问银

内 容 提 要

本书紧扣互联网主流技术和主流应用来筛选内容和组织体系。以当前社会中广泛应用的以太网和 Internet 为核心,系统地介绍计算机网络的基本理论和技术。内容包括网络概述、体系结构、物理层、数据链路层、网络层、传输层、应用层,最后介绍了网络安全和网络最新发展的相关内容。

本书注重基本原理,突出主流技术,紧密结合实际应用;叙述清楚、深入浅出、论述详尽,既考虑到教材内容应相对成熟,又保持内容具有一定的先进性;编写中引入了大量的图表来说明概念和原理,便于教与学;书中结合技术的研发应用背景,从解决问题视角分析原理技术,揭示蕴藏在技术中的智慧,体验经验,倡导创新,不唯原理讲原理;内容组织和展开思路紧扣认知思维需求。

本书内容覆盖了硕士研究生入学考试计算机网络课程的大纲范围。可作为应用型高等学校计算机科学与技术专业、电子信息工程专业、通信工程专业、电子科学与技术专业及其他相关专业的本科生网络课程教材,也可以作为相关专业工程技术人员和广大网络管理人员学习网络知识的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络原理与 Internet 技术 / 符广全主编. —北京:北京理工大学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5682 - 1192 - 5

I. ①计… II. ①符… III. ①计算机网络②互联网络 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 207248 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 481 千字

版 次 / 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 56.00 元

责任编辑 / 张慧峰

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 李志强

前 言

与其他传统课程相比, 计算机网络是相对年轻的一门课程, 它是随着计算机网络在社会上的广泛应用和快速发展而发展和成熟起来的。计算机网络技术和应用发展很快, 迫使计算机网络课程就要不断调整与改革, 作为课程主要载体的教材就要与时俱进, 支撑课程建设, 支撑人才培养目标。作为计算机网络的从教者, 我们从校级精品课程到省级精品课程, 亲历了艰难的课程改革与探索过程。经过漫长的精品课程建设过程, 经过深刻的思考与总结, 我们把精品课程建设的收获和经验汇成此书, 作为前期课程探索与精品课程建设的成果, 也作为精品课程为载体献给读者, 希望对后来者有所帮助。

现在, 高校理工科应用型课程的特点是新知识增加快、课程内容多、难度大; 技术时效性强、更新速度快; 实践性强、应用性强。而计算机网络又是社会上发展最快的技术领域。所以, 课程体系和教材内容都需要不断更新, 我们在多年教学积累的基础上, 集众多教材之长, 紧扣网络主流应用和主流技术(以以太网和 Internet 技术为核心)编写了本书。

本书编写中依据当前社会应用技术和工作需求选择内容, 删除或简化传统教材中过时内容, 降低理论性, 加强实践性和操作应用性, 吸纳了新技术。作者十几年来一直从事计算机网络的教学和研讨, 有丰富的一手教学经验。编写中以自己独有的思路组织知识体系, 体现学习思路, 合理安排认知顺序。

本书引入了网络新技术、新应用的介绍, 以期帮助学生清晰个人专业发展, 提升见识, 预测未来。近年来, 互联网的发展和应用很快, 新型网络、技术和服务不断出现。无线网络(802.11 和 802.16)、3G 网络的快速发展使得 Internet 上智能手机、PDA 等简单终端急增, 进而使云计算、云服务突显; RFID 和传感器网络引领物联网快速发展; 实时媒体与 CDN 的内容分发服务在互联网上盛行。这些新发展在教材中都有适度的反映, 也会以恰当的形式通过新教材带入新课堂。

本书的特点与特色如下:

1. 内容先进、重点突出、体系科学。紧扣当今社会上互联网主流应用和主流技术筛选内容, 以以太网和 Internet 技术为核心展开, 重点突出; 引进了网络最新技术和应用; 把原理与应用结合, 根据其逻辑关系组织全书知识体系。

2. 体现教学方法。对原理技术从分析背景需求开始, 认识技术的产生动因, 明确目的, 还原技术的研发思维, 让学生透过原理技术学习一种思想, 挖掘现代技术中的经验原型, 紧扣问题, 理清思维过程, 体验前人的创新经验。

3. 培养创新能力与习惯。编写中时刻注重结合技术的研发应用背景, 从问题解决的视角剖析原理技术, 揭示蕴藏在原理技术中的智慧, 体验经验, 倡导创新, 不唯原理讲原理。透过原理技术, 挖掘问题解决的思想方法, 展现思维脉络, 倡导探究, 启迪创新, 培养创新应用能力。

4. 与实践应用结合, 与现实生活生产经验结合。书中引用了大量的案例及生活原型, 帮助读者化解难点, 凝练经验。



5. 针对计算机网络的体系、原理及发展应用规律,作者有独立的个人理解和视角,对内容体系认识较深刻、逻辑关系分析较透彻。书中各章之间有紧密的逻辑递进关联关系,这是通过各章开始前的概述实现的;概述同时也给出了章节的框架主题及背景,让读者明确目标。章内各节围绕主题,从问题需求、困惑到解决逐次展开,逻辑清晰,思维递进。

6. 本书的编写是参考了国内经典教材,吸取了国际课程发展经验,结合当前国内应用型高校培养目标和学生的实际水平,在合理融合教学经验、渗透教学方法的基础上完成的。适合应用型高校学生的实际,支持创新能力培养。

7. 努力结合现实应用,适时引入当今社会网络的新技术、新应用,揭示网络发展的新趋向。

作者

第 1 章 网络的社会应用与体系结构	(1)
1.1 网络改造人类社会	(1)
1.2 计算机网络的发展	(8)
1.3 网络的概念及分类	(9)
1.4 Internet 的形成与发展	(12)
1.5 网络交换技术	(15)
1.5.1 网络的组成	(15)
1.5.2 交换技术	(16)
1.6 计算机网络性能指标	(19)
1.7 计算机网络体系结构	(22)
1.7.1 计算机网络体系结构概述	(22)
1.7.2 计算机网络分层的必要性	(23)
1.7.3 计算机网络的分层模型	(24)
1.7.4 OSI 体系结构与 TCP/IP 体系结构	(27)
1.7.5 具有五层协议的体系结构	(30)
第 2 章 物理层与通信技术	(35)
2.1 数据通信的原理与性能指标	(35)
2.1.1 信号与通信	(36)
2.1.2 数据通信模型	(36)
2.1.3 通信方式	(37)
2.1.4 信道的性能指标	(37)
2.1.5 信道的最大传输速率	(38)
2.2 数据传输方式及传输技术	(40)
2.2.1 基带传输与数据编码	(40)
2.2.2 模拟传输与调制解调技术	(42)
2.2.3 数字传输与脉码调制技术	(43)
2.2.4 信道复用技术	(45)
2.3 传输介质	(49)
2.3.1 有线介质	(49)



2.3.2	无线传输介质	(53)
2.4	Internet 接入技术	(55)
第3章	数据链路层与Internet底层网络	(61)
3.1	数据链路层概要	(61)
3.1.1	数据链路层与数据链路	(61)
3.1.2	帧传输	(63)
3.1.3	数据链路层的功能	(63)
3.2	帧传输的基本问题	(64)
3.2.1	组帧	(64)
3.2.2	透明传输	(65)
3.2.3	差错检测	(66)
3.3	可靠传输协议	(68)
3.3.1	停止等待协议	(68)
3.3.2	连续 ARQ 协议	(70)
3.3.3	可靠传输	(70)
3.4	基于数据链路层的通信网络	(71)
3.4.1	综述	(72)
3.4.2	数据链路层远程通信与广域网	(73)
3.4.3	点对点协议 PPP	(73)
3.4.4	广播方式的数据链路层与局域网	(77)
3.5	以太网的组成与帧传输	(81)
3.6	以太网的 MAC 层	(82)
3.6.1	介质访问控制协议 CSMA/CD	(82)
3.6.2	以太网物理地址	(86)
3.6.3	MAC 帧格式	(88)
3.7	传统以太网	(89)
3.8	交换技术:网桥与交换机	(91)
3.8.1	网桥	(91)
3.8.2	交换机	(94)
3.8.3	虚拟局域网	(95)
3.9	高速以太网	(97)
3.9.1	快速以太网	(97)
3.9.2	吉比特以太网	(98)
3.9.3	10 吉比特以太网	(100)
3.9.4	以太网接入与企业网构建	(101)
3.10	无线局域网	(102)
3.10.1	802.11 局域网组成与应用	(102)
3.10.2	802.11 体系结构	(104)
3.10.3	802.11 物理层	(105)



3.10.4	802.11 MAC 层	(106)
3.10.5	802.11 帧结构	(111)
第 4 章	网际层与互联网	(115)
4.1	网络层的背景与作用	(116)
4.1.1	网络互连原理	(116)
4.1.2	IP 虚拟网络	(118)
4.1.3	网络层提供的服务	(119)
4.1.4	路由与转发	(123)
4.1.5	Internet 的网络层协议	(125)
4.2	IP 数据报	(125)
4.3	IP 地址及管理方式	(129)
4.3.1	IP 地址与网络互连	(129)
4.3.2	分类的 IP 地址	(130)
4.3.3	子网划分	(133)
4.3.4	无分类编址 CIDR	(137)
4.4	地址解析协议 ARP	(141)
4.4.1	ARP 需求	(141)
4.4.2	ARP 的工作原理	(142)
4.4.3	不同网络间的数据转发	(144)
4.5	路由选择与路由器	(145)
4.5.1	路由选择	(145)
4.5.2	路由器与分组交换	(148)
4.6	路由选择协议	(155)
4.6.1	路由选择协议用途与思想原型	(155)
4.6.2	路由信息协议 RIP	(158)
4.6.3	开放最短路径优先 OSPF	(162)
4.6.4	边界网关协议 BGP	(167)
4.7	网际控制报文协议 ICMP	(170)
4.8	IP 多播	(174)
4.8.1	IP 多播的应用与价值	(174)
4.8.2	多播的实现基础	(176)
4.8.3	网际组管理协议 IGMP	(177)
4.8.4	多播路由选择协议	(178)
4.9	网络地址转换 NAT 与虚拟专用网 VPN	(180)
4.9.1	网络地址转换 NAT	(180)
4.9.2	虚拟专用网 VPN	(184)
4.10	移动 IP	(185)
4.10.1	固定 IP 的局限性与移动 IP 需求	(185)
4.10.2	移动 IP 实现模型	(186)



4.10.3	移动 IP 标准	(188)
4.11	IPv6	(189)
4.11.1	目前 Internet 面临的问题	(189)
4.11.2	IPv6 的表示方法	(189)
4.11.3	IPv6 数据报的首部格式	(190)
4.11.4	IPv4 到 IPv6 的过渡	(191)
第 5 章	传输层与进程通信	(198)
5.1	网络需求与传输层功能	(198)
5.1.1	传输层实现进程间的通信	(199)
5.1.2	传输层实现可靠传输	(200)
5.1.3	传输层实现用户接口	(201)
5.1.4	TCP/IP 的传输层	(201)
5.2	传输控制协议 TCP	(204)
5.2.1	TCP 的传输模型	(204)
5.2.2	TCP 数据段结构	(208)
5.2.3	TCP 的流量控制	(210)
5.2.4	TCP 的拥塞控制	(213)
5.2.5	超时时间的确定	(218)
5.2.6	TCP 的连接管理	(219)
5.2.7	TCP 可靠传输的实现	(222)
5.3	用户数据报协议 UDP	(223)
5.3.1	UDP 概述	(223)
5.3.2	UDP 的头部格式	(224)
第 6 章	应用层与 Internet 服务	(227)
6.1	Internet 应用层	(227)
6.2	域名系统 DNS	(229)
6.2.1	域名系统的应用背景与价值作用	(229)
6.2.2	因特网域名结构	(230)
6.2.3	域名服务器	(232)
6.2.4	域名解析过程	(233)
6.3	万维网	(235)
6.3.1	万维网信息系统及组成	(235)
6.3.2	超文本传送协议 HTTP	(241)
6.3.3	万维网应用与演化	(247)
6.4	电子邮件	(253)
6.4.1	电子邮件工作原理	(253)
6.4.2	简单邮件传输协议 SMTP	(254)
6.4.3	多用途互联网邮件扩展 MIME	(255)
6.4.4	邮件读取协议 POP3 和 IMAP	(256)



6.5	文件传输协议	(257)
6.5.1	FTP 的功能与价值	(257)
6.5.2	FTP 工作原理	(258)
6.5.3	FTP 的应用	(259)
6.6	Telnet 与 DHCP 协议简介	(260)
6.6.1	Telnet	(260)
6.6.2	动态主机配置协议 DHCP	(261)
6.7	流媒体技术与应用	(263)
6.7.1	流媒体	(263)
6.7.2	流媒体的传输	(263)
6.7.3	流媒体传输系统的主流技术	(266)
6.7.4	流媒体文件格式	(266)
6.7.5	流媒体系统的构成	(267)
6.8	CDN	(268)
第 7 章	网络安全	(272)
7.1	网络安全综述	(272)
7.1.1	网络安全的理念	(272)
7.1.2	网络安全的基本原理	(273)
7.2	网络安全机制	(275)
7.2.1	加密机制	(275)
7.2.2	鉴别机制	(278)
7.2.3	公证机制	(281)
7.3	访问安全	(283)
7.3.1	访问控制的概念及原理	(284)
7.3.2	访问控制的类型	(284)
7.3.3	访问控制的安全策略	(285)
7.4	传输安全	(287)
7.4.1	因特网的安全协议	(287)
7.4.2	虚拟安全通道	(290)
7.5	系统安全	(291)
7.5.1	防火墙	(291)
7.5.2	入侵检测	(293)
第 8 章	网络新技术与新应用	(296)
8.1	移动互联网与云服务	(296)
8.1.1	移动互连与简单网络终端	(296)
8.1.2	云计算与云服务	(297)
8.2	短距离无线通信网络	(298)
8.2.1	概述	(298)
8.2.2	主要短距离无线网络发展状况	(299)



8.3	物联网	(306)
8.3.1	物联网的内涵	(307)
8.3.2	物联网的支撑技术与产业	(308)
8.3.3	物联网发展现状	(308)
8.3.4	物联网发展趋势	(309)
8.4	IP 交换技术	(309)
8.4.1	IP 交换技术综述	(309)
8.4.2	多协议标记交换 MPLS	(310)
8.4.3	MPLS 基本工作原理	(311)
8.4.4	MPLS 的转发等价类 FEC	(312)
8.5	P2P 网络服务	(313)
8.5.1	P2P 简介	(313)
8.5.2	P2P 技术的应用前景	(313)
8.5.3	P2P 文件共享及原理	(315)
8.5.4	P2P 技术发展中的问题	(316)
参考文献		(318)

第 1 章

网络的社会应用与体系结构

1.1 网络改造人类社会

计算机网络在人类社会的生产、工作、生活和社交中广泛应用，它带来的不仅仅是经济效益，更重要的是它创新了人类的生存和生活方式，虚拟社会作为前所未有的社会形式在人类社会活动中扮演了越来越重要的角色。

过去的三个世纪，人类社会发生了翻天覆地的巨变。三次工业革命重塑了人类的生产方式、工作方式和生活方式。18 世纪中叶，伴随着第一次工业革命到来的是伟大的机器时代，实现了人类社会生产的机械化；19 世纪的第二次工业革命将人类社会带入电气时代，实现了工业生产的自动化；在 20 世纪的发展历程中，原子能、电子计算机、空间技术和生物工程领域的科学技术取得了质的飞跃。尤其是以计算机及其互连网络为代表的信息技术的飞速发展，引领人类社会进入信息时代，实现了社会信息化。如果说前两次工业革命改变了人类的生产方式和生活方式，那么，以信息技术为代表的第三次科技革命已撼动了人类的生活方式和社会组织方式。它不仅极大地推动了人类社会经济、政治、文化领域的变革，而且也影响了人类的生活方式和思维方式。

在刚刚过去的 20 世纪里，遍布全球的电话网络建设、无线电广播和电视的发明，计算机工业的诞生及其超乎想象的增长速度，通信卫星发射上天，Internet 的蓬勃发展，这些都标志着人类在信息技术领域取得了傲人的成绩。科技的快速发展使得这些领域在 21 世纪正在迅速地融合，信息收集、传输、处理和存储之间的差别正在快速地减小、消失。随着信息收集、处理和分发能力的不断提高，人们对于更加复杂的信息处理技术的需求增长得更快。

与其他工业相比（例如汽车业和航空运输业），计算机工业还非常年轻；尽管如此，计算机技术却在很短的时间内有了惊人的发展。在计算机诞生之初的 20 年间，计算机系统高度集中，通常被放置于一个很大的房间中，形成“计算机中心”。一般来说，这个房间配有透明玻璃墙，供参观的人欣赏房间里这个伟大的电子奇迹。中等规模的公司或者大学可能会有一两台计算机，即使超大型的研究机构也最多只有几十台计算机。要在 40 年内大规模生产出数十亿台功能更强但体积比邮票还小的计算机，在当时的人们看来纯属科学幻想。

计算机和通信的结合对计算机系统的组织方式产生了深远的影响。过去那种用户必须带着任务到一个放置了大型计算机的房间内进行数据处理的“计算机中心”概念，虽然曾经



主宰过计算模式，但现在已经完全过时了（尽管具有数千台 Internet 服务器的数据中心正在逐步流行起来）。这种由一台计算机服务于整个组织内所有计算需求的旧式模型已经被新的模型所取代——大量相互独立但彼此连接的计算机共同完成计算任务。这些系统称为计算机网络（computer networks）。

随着超大规模集成电路的实现，在过去的半个多世纪中，计算机的计算速率和存储能力获得了巨大发展。但相对越来越大的计算量和数据处理需求，单台计算机性能已很难有大的突破。借助于计算机网络，采用狼群策略，用互连的众多计算机构建分布式处理系统，可以让我们获得远远超越单台计算机的计算能力和存储容量，使得复杂计算和海量存储得以实现。这正是所谓的“网络就是计算机”。

计算机和网络是信息技术的基础和灵魂。它引领信息社会的深刻变革，已经并且正在改革着人们的生产生活方式，也改变了人类的思维方式，推动人类社会的政治、文化演变，网络改变了一切。下面的阐述中我们将体会到网络对工商业生产以及家庭生活的影响。

1. 计算机网络在工商业中的应用促进工作方式的改变

实现资源共享是计算机网络在公司生产和办公的最普遍、最重要的应用。

许多公司都拥有相当数量的计算机。例如，一家公司可能为每个员工配备了一台计算机，员工们用这些计算机设计产品、编辑文档以及做工资表。最初的时候，这些计算机只能相互独立地工作。后来，管理部门将这些计算机连接起来，以便在整个公司内分发信息，互换数据。这就是我们所说的资源共享（resource sharing）。

资源共享的目标是让网络中的任何人都可以访问所有的程序、设备，尤其是数据，并且这些资源和用户所处的物理位置无关。非常普遍的例子是一个办公室里的所有工作人员共用同一台打印机。一台高性能的网络打印机会比多台打印机的花费更低、速度更快，而且也更容易维护。比共享物理资源更重要、更普遍的是信息共享。公司的顾客记录、产品信息、库存数据、财务决算、缴税信息以及其他更多的在线信息都是自动化办公中需要共享的内容。计算机网络的突然故障，可以使银行停业，使自动化装配线的制造工厂停产，这足以彰显办公和生产对计算机网络的依赖。

小公司或企业，可能所有的计算机都集中在一个办公室或几个楼群，这样，通过组建一个局域网就可以达到上述目的。一个大型公司的办公场所、机器和员工可能分散在不同城市或国家，可以使用虚拟专用网络（Virtual Private Networks, VPN）的网络技术，将不同地点的单个网络通过 Internet 连接成一个扩展的专用网络，以实现资源共享。也就是说，VPN 的目标是终结“地理位置的束缚”。

在这类应用中，网络常以客户机 - 服务器模式工作。在这个模式中，数据存储在一台或多台服务器（server）上。服务器是一台性能强大的计算机。通常，这些服务器集中在一起，由一个系统管理员负责维护。客户机和服务器通过网络连接，员工们通过客户机（client）访问远程的数据，客户机是员工用来上网和办公的机器，如图 1-1 所示。

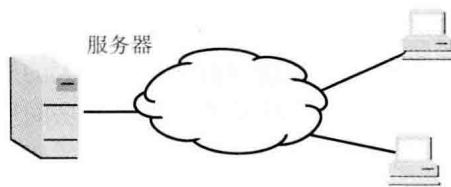


图 1-1 客户机 - 服务器模型

这种网络的工作方式称为客户机 - 服务器模型（client - server model）。这是一种应用很广泛的模型，

是许多网络应用的基础。最常见的是 Web 应用,在这种应用中,服务器针对客户请求,根据数据库生成网页,而客户可能会更新数据库内容。在大多数情况下,一台服务器可以同时处理成百上千个客户的请求。

在客户机-服务器模型中,服务器上的服务进程是一直打开的,它时刻监听客户请求。当客户机进程通过网络将一个请求消息发送给服务器,服务进程获得了该请求消息后,它就执行客户所请求的工作,或者查询客户所请求的数据,然后发回应答数据。客户端收到后将结果显示在屏幕上。

员工间通信是构建计算机网络的第二个目标。计算机网络可以为员工们提供功能强大的通信媒介。现在,几乎每一家公司,员工们都需要使用电子邮件(E-mail)系统进行大量的日常通信。大家常用的 QQ 即时通信也属于此类。

IP 电话(IP telephone)是网络提供的另一种形式的人际通信。员工们之间可以通过计算机网络打电话,而不必再通过电话公司。如果采用了 Internet 技术则称为 IP 语音(Voice over IP, VoIP)。通话两端的麦克风和扬声器可能隶属于一个具有 VoIP 功能的手机或者员工的计算机。这是一个节省公司电话费用的绝妙方式。

通过计算机网络还可以拥有更丰富的沟通方式。我们可以把视频添加到音频中,使得相距遥远的员工们可以彼此看到和听到对方,犹如他们坐在同一个会议室举行会议一般。视频会议可以用来节省以前出差所需的费用和时间。桌面共享(Desktop sharing)使得远程工作人员与一个图形化计算机屏幕交互工作,因而两个或更多不在同一地点工作的员工可以很容易地读写一块共享的黑板,或者合写一份报告。当一人对某个联机文档做了修改,其他人可立即看到这种改变,而不必等待数天后的信件。这样的加速度使得远程群体之间易于进行协同,而这在以前是不可想象的。类似这种远程协同工作的应用现在才刚开始。

电子商务是公司构建计算机网络的第三个目标。特别是与客户和供应商打交道时,电子商务具有跨越时空的便利性。随着互联网的普及和深入应用,电子商务(e-commerce, electronic commerce)作为一种新型的商业模式近年来得到了迅速增长。航空售票、书店以及其他零售商已经广泛使用电子商务的方式进行网络交易。许多公司提供网上商品和服务目录,并采取网上订购的销售方式。利用计算机网络,经销商可以根据需要下电子订单。这样不仅可以减少大量库存,而且可以提高工作效率。

2. 计算机网络在家庭中的应用及对生活方式的改变

早在 1977 年,数字设备公司(DEC)就是当时美国仅次于 IBM 排名第二的计算机供应商。当总裁 Ken Olsen 被问及为什么该公司没有大举进入个人计算机市场时,他说:“没有任何原因促使用户在家里摆放一台计算机。”历史证明事实恰好与之相反,数字设备公司已不复存在。人们最初购买计算机用于文字处理和玩游戏。近来,人们购买一台家用计算机的最大原因或许是用来访问 Internet。现在,许多消费类电子设备,比如电视机、游戏机等都具有嵌入式计算机和计算机网络,特别是无线网络,家庭网络已经被广泛应用于娱乐休闲,包括收听和创作音乐,观看照片和视频。

Internet 接入为家庭用户提供了到远程计算机的连通性。和企业一样,家庭用户可以访问信息、与他人沟通、购买产品以及享受电子商务服务。以太网的发明者 Bob Metcalfe 认为,网络的价值正比于用户数量的平方。这个假说称为“Metcalfe 定律”。这有助于解释



Internet 的巨大作用正源于它的规模性。

家庭最重要的第一类网络应用是通过计算机网络访问远程信息。访问远程信息有多种形式。在万维网上冲浪可能是为了获取远程信息，或可能纯粹是为了娱乐。可用的信息也多种多样，包括艺术、商务、烹饪、政府、健康、历史、爱好、娱乐、科学、运动、旅游以及其他等。

在线新闻。许多新闻报纸已经提供在线阅读形式，并且实行了个性化定制服务。例如，用户可以向一份报纸订阅想要阅读的有关腐败政客、法制案例、名人丑闻以及疾病防控等方面的信息，但不需要足球信息；可能你还在睡觉时，网络把选出来的文章自动下载到你的计算机。这种趋势继续发展，将导致大批的报童失业，报纸发行方式正在悄悄地改变。

在线数字图书馆。随在线报纸之后出现的是在线数字图书馆。许多专业组织，比如 ACM (www.acm.org) 和 IEEE 计算机学会 (www.computer.org) 早已经将它们的所有期刊和会议论文集放到了网上。电子图书阅读器和在线图书馆可能使印刷书籍成为过去。

博客的出现更是让新闻机构和读者间互动成为现实。人们通过博客与新闻机构交流，与读者间相互交流，非常方便、及时。

这些信息中的大部分都是使用客户机 - 服务器模式访问获得的，但还存在着一种完全不同的信息获取模式，这种模式非常流行，它采用了一种称为对等 (peer-to-peer) 通信的技术。在这种通信形式下，松散群体中的个人可以与群体中的其他人通信，如图 1-2 所示。

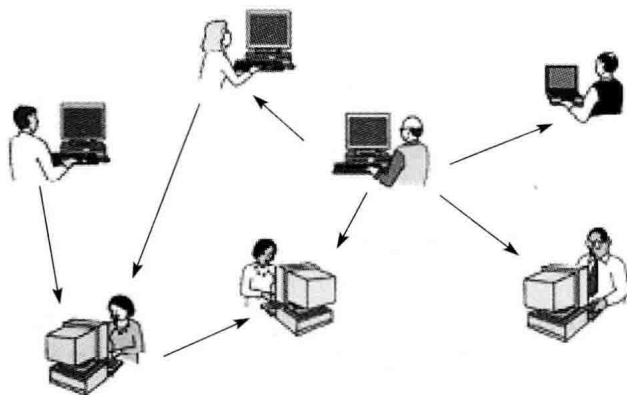


图 1-2 没有服务器的对等系统模型

不同于客户机 - 服务器模式，对等模式在松散群体成员间通信有广泛应用。对等模式中采用了一种称为对等 (Peer-to-Peer, P2P) 通信的技术，使得松散群体中的个人可以与群体中的其他人通信。对等技术，是一种网络新技术，依赖网络中参与者的计算能力和带宽，而不是使参与者都聚集在较少的几台服务器上。原则上，P2P 模式中的每个人都可以与一个或多个其他人通信，这里的客户端和服务端没有固定的分工。

对等通信通常用于共享音乐和视频。早在 2000 年，美国的 Napster 音乐共享服务就是对等通信的应用，虽然最终因为侵犯版权被法院勒令关闭了，但是对等通信的合法应用还是存在的，比如音乐迷们分享版权公有的乐曲、家庭成员之间共享照片和视频以及用户下载公共软件包等。KuGoo 是酷狗的简称，也是基于中文平台专业的 P2P 音乐及文件传输软件。通过 KuGoo 用户可以方便、快捷、安全地实现国内最大的音乐搜索查找。对等模式也可以和服务器结合使用。在 QQ 中，用户与服务器的交互用来完成登录、维持在线状态，等等。用户之

间的信息传递不需要服务器参与，信息传递方式为：用户 A - 用户 B。这也是典型的 P2P 应用。

所有以上这些应用都涉及了个人与远程信息数据库之间的交互过程。

第二类网络应用是人 - 人通信。这是 19 世纪电话通信需求在 21 世纪计算机网络中的体现。下面陈述这类通信的典型实例。

电子邮件已经成为全世界成千上亿人的日常工作和生活的基礎，而且它的使用还在快速增长着。电子邮件的应用包括音频和视频，以及文本和图片。

实时消息 (instant messaging) 是另一种人 - 人通信。它允许两个人相互实时地输入实时消息。除了两人实时交谈外，还有多人参与的消息服务，人们可以往自己的社交圈子或其他愿意接受的观众发送简短的文字消息。目前微信、QQ 即时消息和群聊就是这种情形。

Internet 还可以被用于与音频、视频有关的应用。音频应用比如网络电话就是一种廉价的语音通信。音频、视频应用程序可以提供丰富的上网体验，比如远程学习、远程诊疗。从长远的观点来看，网络的使用对于提高人与人的沟通比任何其他形式都更为重要，它对于那些不得不面对地理障碍的人们将变得尤为重要，因为网络使得他们能访问到与生活在大城市中的人们相同的服务。

人 - 人之间的通信和访问信息都属于社会网络应用。社交网站的出现把人类社会活动也搬到了网络上。在目前最流行的社交网站上，允许人们更新自己的个人档案，并与那些宣布为朋友的人共享这种更新。其他的社会网络应用可以通过朋友的朋友的介绍，把新闻消息发送给朋友以及更多的人。

甚至更松散的一群人也可以一起协作工作。例如，wiki 是一个协作型网站，由一个社团的成员编辑。最著名的 wiki 是维基百科 (wikipedia)，这是一部任何人都可以编辑的百科全书，除此之外还有数以千计的其他 wiki。

第三类网络应用是广义的电子商务。电子购物早已流行，用户可以在家里浏览上千家公司的网络商品目录。有些商品目录是交互式的，可以从不同的角度来观看产品，并且可以进行个性化的配置。顾客以电子方式购买了一种商品，如果不清楚如何使用该商品，他可以获得在线技术支持。

电子商务中得到广泛应用的另一个领域是访问金融机构。许多人通过电子方式来支付账单、管理银行的账户和处理他们的投资业务。随着计算机网络变得越来越安全，这种趋势肯定会持续地增长。

第四类网络应用是娱乐。家庭娱乐方面的应用在近几年有了巨大的发展，音乐、广播和电视节目以及电影通过 Internet 的分发已经开始与传统机制分庭抗礼。用户可以通过网络查找、购买和下载 MP3 歌曲和 DVD 质量的电影，并将它们添加到自己的个人收藏。

现在的电视节目通过 IP 电视 (IPTV) 能到达更多的家庭，IP 电视采用了 IP 技术而不是有线电视电缆或无线传输系统。流媒体应用引导用户调到 Internet 广播电台收听节目，或者观看最近播出的他们喜爱的电视节目。

不久以后，或许就有可能史无前例地搜索任何国家的任何电影或电视节目，并即时在线观看。互动可以成为影视节目的新形式。电视直播也可以互动，让异域的用户成为现场观众。可以参与竞猜节目，选择参赛者，并依此类推出各种形式的活动。

另一种形式的娱乐是玩游戏。已经有多人实时仿真游戏，虚拟世界提供了持久性的设



置,使得成千上万的用户通过三维图形来体验一个共享的虚拟现实。

网络的最后一类应用是无处不在的普适计算 (ubiquitous computing)。这种计算模式已经融入了人们的日常生活。比如,许多家庭安装的有线安全系统,通过装在门和窗上的传感器和嵌入到智能家居中的监控传感器,能够进行实时监控、报警。另一类普适计算是自动抄表系统,家庭的用电、燃气及水的读数可以通过网络获得。公司不再需要派人去上门抄表,将节省大量的费用。在自动消防报警系统中,烟雾探测器可直接呼叫消防部门,而不是仅仅发出警报。随着传感器和通信成本的下降,越来越多的测量和报告都将通过网络完成。

随着计算芯片的嵌入技术和通信技术的发展与融合,更多的设备成为智能设备而接入网络。使互联网由人-人互连转变到物-物互连,形成物联网。

现在,已经有越来越多的消费类电子设备具有联网功能。例如,高端相机通过它的无线联网可以把照片即时发送到附近的显示设备上查看;职业摄影师通过无线网接入 Internet 就可以给编辑部实时发送拍摄的照片。

射频识别 (Radio Frequency Identification, RFID) 技术的快速应用将会加速物联网时代的到来。RFID 标签是一种无源芯片 (即无电池),大小跟邮票差不多,它可以贴在物品上实现对物品的标识。RFID 读写器可以对数米范围内的 RFID 标签进行读写并与之通信。高速公路上电子不停车收费系统 ETC 就是 RFID 技术的应用之一。最初,RFID 用在商业中作电子标签取代条形码。但由于条形码没有成本,而 RFID 标签需要几角钱的成本,因而 RFID 尚未获得成功。由于 RFID 标签提供了更多的信息,而且其成本价格正在迅速下降,它的应用也会越来越广泛。

3. 移动互连与云服务

近年来,随着无线网络可用性的增强,移动用户迅速增加,引发了新的网络业务和服务方式。无线网络带领大量简单终端加入互联网这个大家庭,它们对网络计算和云服务的需求异常迫切,正在引领网络发展和网络服务模式创新。在未来,网络就是计算,网络就是服务。

可移动的计算机,比如笔记本、PAD (平板电脑) 和智能手机是计算机工业中增长最为迅猛的领域之一。它们的销售早已超过了台式计算机。人们希望在路上时还可以使用移动设备上网以消除旅途寂寞或应急办公,使用移动网络可以随时随地地阅读和发送电子邮件、浏览微博、看电影、下载音乐、玩游戏或在 Web 上搜索信息,希望在旅途中也能像在家里和办公室一样做这些与网络有关的事情。

与 Internet 的连通性是这些移动应用的前提,因为汽车、舰船和飞机是不可能拖着一根线进行连接的。无线网络成为人们感兴趣的领域。移动公司经营的无线蜂窝网络是移动上网的不错选择,通过基站提供的手机覆盖面把人们连在一起。基于 802.11 标准的无线热点 (hotspot) 是另一种移动计算机的无线网络。它们异军突起在人们出现的每个地方,已经形成了咖啡馆、旅馆、机场、学校、火车和飞机等错落有致的全面覆盖。任何人只要有一台笔记本电脑和一个无线调制解调器,当他们把计算机打开就能通过热点连接到 Internet,仿佛把计算机接入有线网络一样。

无线网络有一些特别重要的行业应用。比如,无线网络在货运车队、物流、快递专车以及野外维修与后方基地联络中特别方便。在许多城市中,物流已经非常盛行,通过无线网络