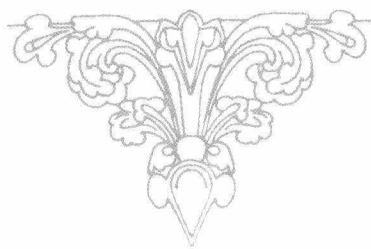


计算机网络与互联网 技术研究、应用和产业发展

吴功宜 著
Wu Gongyi



清华大学出版社



计算机网络与互联网 技术研究、应用和产业发展

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书按照“解读技术发展轨迹,展示研究最新进展,分析产业发展增长点”的思路,以计算机网络发展的4个阶段与3条发展主线为线索,分析了广域网、局域网与城域网技术发展的趋势,重点介绍了当前研究的热点问题——无线网络、P2P网络的特点、应用领域与关键技术研究的进展。本书在系统分析近年来互联网安全威胁的特点、发展趋势与潜在威胁的基础上,讨论了网络安全技术研究的问题、方法与进展。在系统分析我国互联网发展规模、网民结构、基础资源建设、互联网应用与发展趋势的基础上,研究了互联网产业新的经济增长点问题。

本书可以作为从事信息技术产业的研发人员和管理人员,政府机关负责制定信息技术研究、应用与产业发展规划以及从事科研与产业发展管理工作的公务员阅读,同时也可以作为高等院校计算机与信息技术等相关专业的学生、教师作为教材或教学参考书使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与互联网技术研究、应用和产业发展/吴功宜著. —北京:清华大学出版社, 2008.9

ISBN 978-7-302-18164-4

I. 计… II. 吴… III. ①计算机网络—研究 ②因特网—研究 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第104957号

责任编辑:张瑞庆

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14 插 页:2 字 数:347千字

版 次:2008年9月第1版

印 次:2008年9月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:029764-01



作者简介



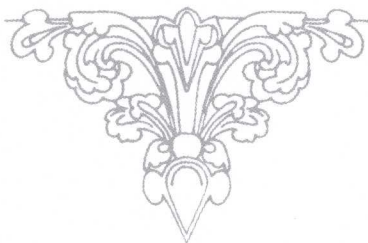
吴功宜 南开大学信息技术科学学院教授、博士生导师。毕业于南开大学物理系物理学专业，留校任教至今；历任南开大学计算机系系主任、研究生院常务副院长、信息技术科学学院院长。

研究方向：计算机网络与信息系统，网络与信息安全。

从1984年开始为本科生和研究生讲授“计算机网络”等课程；在计算机网络与信息安全方向招收和指导硕士、博士研究生；近期主持和参加完成计算机网络、数据通信与信息安全的科研项目20余项，荣获部委与省市科技奖6项，发表学术论文50余篇；承担普通高等教育“十一五”国家级规划教材《计算机网络(第2版)》的编写任务，承担“十一五”国家重点图书计算机科学与技术学科前沿丛书《计算机网络高级教程》、

《计算机网络高级软件编程技术》的编写任务，主持教育部考试中心《全国计算机等级考试(四级)网络工程师》大纲制定与教材编写任务，编著和出版的教材、译著、专著共28部。作为天津市政府信息化工作专家组成员和主要研究人员，参与起草“天津信息港工程规划纲要”、“天津信息产业发展策略研究”、“天津市软件产业发展规划”；主持“天津市信息化建设十一五发展规划(总体)研究”工作。2000年荣获南开大学特等奖教金，2003荣年获天津市十五立功奖章；享受国务院政府特殊津贴。

担任学术兼职主要有：教育部考试中心全国计算机等级考试委员会委员、中国软件行业协会理事、全国高等院校计算机基础教育研究会副会长、天津市计算机学会副理事长、天津市计算机用户协会理事长。



前言

计算机网络与互联网技术的研究、应用与产业发展已经对世界各国的经济、政治、军事、文化、教育、科研与社会发展产生了重大的影响,并且将在 21 世纪发挥更大的作用。

本书按照“解读技术发展过程,展示研究最新进展,了解产业新的增长点”的思路,在系统讨论计算机网络技术发展轨迹,以及广域网、局域网与城域网技术发展趋势、互联网应用研究发展现状的基础上,重点介绍了当前研究的热点 P2P 网络、无线网络,以及网络安全技术研究的最新进展。在分析我国互联网应用现状与发展趋势的基础上,对互联网产业发展新的增长点问题进行了系统讨论。

本书写作的主要特点是:作者站在技术研究与教育工作者、信息产业的技术人员,以及政府机关负责组织信息技术研究与产业发展规划、科研管理的公务员的三者共同的立场上,去探讨技术的发展、研究的进展与产业增长点问题。

作者之所以这样思考问题,与作者近年来的工作经历相关。作者自 1984 年开始在南开大学计算机系讲授“计算机网络”课程,并开始承担计算机网络与信息系统、计算机网络与信息安全方面的科研任务。近年来与网络实验室的老师们一起,开展了无线网络技术、P2P 网络技术的研究工作,指导硕士与博士的学位论文。在二十多年的工作经历中,对网络技术研究进展比较了解。同时,在与国内外很多大学、研究所、软件公司和电子信息产品制造商的合作与交流的过程中,对产业发展情况有了比较深入的了解。特别是自 1995 年以来,参与研究和起草“天津信息港工程规划纲要”、“天津信息产业发展策略研究”;主持“天津市信息化建设十一五发展规划(总体)研究”工作;这些给了作者从技术对产业和社会发展影响的角度去思考问题的机会。十多年的工作经历使得作者能够跳出作为一名“单纯”的教学和研究工作者的局限,逐渐学会了将技术、教育、产业与社会发展结合起来思考问题的方法。同时,近年来作者作为评审专家参与了很多项目的研究计划制定、立项评审、结题评审、科技奖评审工作,在为社会付出的同时,作者也从同行那里学习到很多的知识,开阔了思路,明白了很多自己以前不懂的事情。作者认为,我国是信息技术应用大国,但不是信息技术强国。创新是一个民族的灵魂。中华民族要屹立于 21 世纪的信息技术强国之林,必须要培养出一大批学术和技术精英,大学在创新思想的产生方面应该走在前面。要实现本书写作的初衷是十分困难的,但是作者还是希望将自己一些不成熟的看法提出来,供同行研讨,共同为发展我国的信息技术贡献力量。

在完成初稿写作之时,作者想感谢的人很多。首先要感谢母国光院士。在 1995 年接受和参加研究、起草“天津信息港工程规划纲要”任务时,大家都很茫然。在请教母国光院士时,他从对于美国信息高速公路 NII 计划的看法,到中国科学院信息技术学部院士们的想法给我们做出了准确和精辟的分析,使我们“茅塞顿开”。在母国光院士的指导下,顺利地完

了“天津信息港工程规划纲要”的起草任务,也使作者受到了很好锻炼。感谢卢桂章教授,在与卢桂章教授一起参加“九五发展规划”、“十五发展规划”研究的过程中,作者对于卢桂章教授敏锐的洞察力与渊博的学识十分钦佩。感谢刘瑞挺教授,他带领着大家开创了网络研究方向,他对计算机与网络的渊博的学识和独到的研究方法至今还在指导着网络实验室的工作,作者在第1章里解读网络发展规律“ $1/N - N = 1 - N > 1 - N \sim \infty$ ”的认识是刘瑞挺教授首先提出的。感谢徐敬东教授、张建忠教授,以及苏明老师、古力老师、吴英老师,他们在新技术的研究方面的成果给了作者很多的启发和帮助。同时,我要感谢我的夫人牛秀卿教授,正是有她的理解和支持,才使我这些年来能够安心研究和写作。

特别感谢天津市政府信息化工作办公室和天津市科学技术委员会的朋友们,正是他们的信任和支持,使得我有了很多学习的机会。在与他们的共事过程中,使我学到很多在大学里学不到的知识,增加很多的阅历与经验。这本书中很多的想法也是在与诸位朋友的讨论中萌发和形成的。没有同行和朋友们的支持,是无法完成这本书的写作任务的。

本书重点讨论了计算机网络与互联网技术中热点问题研究的基本内容、研究方法与发展,以及需要进一步开展研究的课题,同时也讨论了由于技术进步可能产生一些新的产业增长点。希望对从事信息技术研究和产品开发的技术人员、信息技术企业的管理人员、政府主管信息产业的管理人员在了解技术与产业发展动向时有所帮助。

本书可以作为从事信息技术研究与产品研发、技术管理人员,政府机关负责制定信息技术研究、应用与产业发展规划,以及科研与产业发展管理工作的公务员阅读,同时也可以作为高等学校计算机与信息技术等相关专业的学生、教师作为教材或教学参考书使用,希望能对学生了解信息技术与产业发展趋势,启发学生的学习兴趣,对他们毕业后选择就业岗位或选择自主创业的方向有所帮助。书中对某一方面的技术理解有错误或不准确,以及总结中出现挂一漏万的问题在所难免,恳请读者不吝赐教。

吴功宜

于南开大学信息技术科学学院

wgy@nankai.edu.cn

2008年8月

目 录

第 1 章 计算机网络技术发展轨迹	1
1.1 从人的思维规律来认识计算机网络技术发展的必然性	1
1.2 计算机网络发展不同阶段的标志性技术	3
1.2.1 计算机网络发展的 4 个阶段	3
1.2.2 互联网的形成	5
1.2.3 互联网技术与应用的高速发展	13
1.2.4 下一代互联网发展计划	15
1.3 计算机网络技术发展的 3 条主线	16
1.3.1 第一条主线：从 ARPANET 到互联网	16
1.3.2 第二条主线：从无线分组网到无线自组网、无线传感器网络	17
1.3.3 第三条主线：网络安全技术	18
第 2 章 广域网、局域网与城域网技术发展趋势	19
2.1 计算机网络的分类与特点	19
2.2 广域网技术演变与发展	20
2.2.1 广域网的主要特征	20
2.2.2 广域网技术发展的轨迹	20
2.2.3 广域网技术发展 with TCP/IP 协议的关系	29
2.3 局域网技术演变与发展	30
2.3.1 局域网技术发展的轨迹	30
2.3.2 高速以太网技术研究与发展	33
2.3.3 交换式局域网与虚拟局域网技术研究与发展	37
2.3.4 无线局域网技术研究与发展	38
2.4 宽带城域网技术演变与发展	43
2.4.1 城域网概念的发展与演变	43
2.4.2 宽带城域网的结构与层次划分	46
2.4.3 接入网技术	48
2.5 计算机网络发展两个融合的发展趋势	51
2.5.1 计算机网络、广播电视网与电信网的三网融合	51
2.5.2 局域网、城域网与广域网的三网技术的融合	52

第 3 章 网络应用技术的发展	54
3.1 互联网应用技术的发展趋势	54
3.1.1 现实生活与网络服务	54
3.1.2 互联网应用发展的 3 个阶段	56
3.2 基于 Web 的应用: 电子商务、电子政务	57
3.2.1 Web 技术对互联网应用发展的影响	57
3.2.2 电子商务及其应用	58
3.2.3 电子政务及其应用	60
3.3 搜索引擎技术的研究与发展	62
3.3.1 搜索引擎技术研究的背景	62
3.3.2 搜索引擎技术发展的过程	63
3.3.3 当前搜索引擎技术研究的热点问题	64
3.4 博客技术的应用	66
3.4.1 博客技术的特点	66
3.4.2 博客的分类	67
3.4.3 博客的发展过程	67
3.4.4 博客的价值链	67
3.4.5 我国博客应用的发展	68
3.5 即时通信技术	70
3.5.1 即时通信技术的发展过程	70
3.5.2 即时通信的应用	70
3.6 播客技术的研究与应用	71
3.6.1 播客技术的特点	71
3.6.2 播客技术发展的过程	71
3.7 网络电视技术与应用	71
第 4 章 P2P 网络研究与发展	73
4.1 P2P 网络特点与定义	73
4.1.1 P2P 与传统客户机/服务器工作模式的区别	73
4.1.2 P2P 与传统客户机/服务器协议结构的区别	73
4.1.3 P2P 网络定义的要点	75
4.2 解读 P2P 网络发展的背景	76
4.2.1 早期对等结构的网络操作系统	76
4.2.2 从“对等结构”演变为“不对等结构”	76
4.2.3 以对等方式共享网络资源模式的发展	77
4.3 P2P 网络结构的分类	78
4.3.1 集中式 P2P 网络	79
4.3.2 分布式 P2P 网络	80
4.3.3 混合式 P2P 网络	82
4.4 典型的 P2P 应用软件	83

4.4.1	P2P 应用软件的分类	83
4.4.2	文件共享 P2P 软件	83
4.4.3	即时通信 P2P 软件	86
4.4.4	流媒体 P2P 软件	89
4.4.5	共享存储 P2P 软件	90
4.4.6	分布式计算 P2P 软件	92
4.4.7	协同工作 P2P 软件	93
4.4.8	P2P 搜索软件	93
第 5 章	无线自组网与无线传感器网络技术的研究与发展	95
5.1	无线自组网技术的发展轨迹	95
5.1.1	从无线分组网到无线自组网	95
5.1.2	无线自组网与无线传感器网络	96
5.1.3	无线自组网与无线网格网	96
5.2	无线自组网技术应用领域与关键技术的研究	96
5.2.1	无线自组网的主要特点	96
5.2.2	无线自组网的主要应用领域	98
5.2.3	无线自组网关键技术的研究	99
5.3	无线传感器网络应用领域与关键技术的研究	101
5.3.1	无线传感器网络发展的背景	101
5.3.2	无线传感器网络的主要特点	101
5.3.3	无线传感器网络的应用前景	102
5.3.4	无线传感器网络的基本结构	104
5.3.5	无线传感器网络关键技术研究	107
5.4	无线网格网应用领域与关键技术的研究	111
5.4.1	无线网格网发展的背景	111
5.4.2	无线网格网的技术特点	111
5.4.3	无线网格网的网络结构	112
第 6 章	网络安全技术的研究与发展	115
6.1	网络安全威胁的特点与发展趋势	115
6.1.1	近年来互联网安全威胁的发展趋势	115
6.1.2	2003 年至 2005 年网络安全威胁的特点	116
6.1.3	2006 年网络安全威胁的特点	117
6.1.4	2007 年网络安全威胁的特点	119
6.2	网络安全领域中的一些观念问题	120
6.2.1	网络安全与现实社会安全的关系	120
6.2.2	从恶作剧到有组织犯罪	121
6.2.3	网络安全与国家安全战略	122
6.2.4	网络安全与密码学	123

6.2.5	网络环境中的责任、道德与法律	124
6.3	当前网络中的三大公害	124
6.3.1	恶意传播代码与病毒	125
6.3.2	垃圾邮件处理技术的研究	128
6.3.3	黑色产业链结构	131
6.4	网络攻击的分类	132
6.4.1	网络安全威胁的层次	132
6.4.2	网络攻击手段的分类	132
6.5	网络安全技术研究的主要问题	136
6.5.1	网络安全技术研究的分类	136
6.5.2	防火墙技术研究	137
6.5.3	入侵检测技术研究	139
6.5.4	安全审计技术研究	141
6.5.5	计算机取证技术研究	142
6.5.6	网络业务持续性规划技术研究	144
6.5.7	密码技术在网络安全中的应用	146
6.5.8	信息隐藏技术的研究	153
6.6	潜在的网络威胁分析	154
6.6.1	针对 VoIP 系统的攻击	154
6.6.2	针对手机的攻击	154
6.6.3	针对即时通信服务的攻击	156
6.6.4	针对 RFID 系统的攻击	156
第 7 章	我国互联网应用技术的发展	158
7.1	我国互联网发展状况统计数据的获取	158
7.1.1	统计报告与 CNNIC	158
7.1.2	统计报告使用的术语与统计方法的说明	159
7.2	我国互联网络发展规模与普及率	160
7.2.1	我国网民规模增长	160
7.2.2	我国互联网普及率的增长	161
7.3	我国互联网网民结构分析	162
7.3.1	网民性别结构分析	162
7.3.2	网民年龄结构分析	163
7.3.3	网民学历结构分析	164
7.3.4	网民从业性质结构分析	165
7.3.5	不同接入方式的网民规模分析	165
7.4	我国互联网基础资源建设	167
7.4.1	我国国际出口带宽增长情况	167
7.4.2	我国 IP 地址增长情况	167
7.4.3	我国域名增长情况	168

7.4.4 我国网站数量增长情况	168
7.4.5 我国网页数量增长情况	169
7.5 我国互联网网民上网条件与上网习惯的分析	170
7.5.1 我国互联网上网计算机数量增长情况	170
7.5.2 上网地点分析	171
7.5.3 平均每一周上网时间与上网天数分析	172
7.5.4 上网时点分析	172
7.5.5 网民对互联网的看法	173
7.6 我国互联网应用情况	174
7.6.1 我国网民各类互联网服务使用率的比较	174
7.6.2 互联网第一落脚点问题	175
7.7 我国互联网应用情况分析	176
7.7.1 互联网的基础应用功能	176
7.7.2 互联网的电子政务功能	176
7.7.3 互联网的网络媒体功能	179
7.7.4 互联网的娱乐功能	179
7.7.5 互联网作为生活助手的功能	181
7.8 我国网民对互联网最反感的问题	182
第8章 现代信息服务业新的产业增长点	184
8.1 网络搜索产业的发展	184
8.1.1 搜索产业规模与发展趋势	184
8.1.2 搜索产业的分类	186
8.1.3 互联网搜索产业链结构	186
8.1.4 手机搜索产业发展趋势	188
8.2 网络视频服务产业发展趋势	189
8.2.1 网络视频服务的基本特点	189
8.2.2 我国网络视频发展状况	190
8.2.3 网络视频产业链和商业模式	191
8.3 即时通信产业发展的趋势	192
8.3.1 我国即时通信产业发展的特点	192
8.3.2 即时通信产业链结构	193
8.3.3 即时通信产业发展趋势	193
8.4 网络游戏	194
8.4.1 网络游戏的特点与分类	194
8.4.2 网络游戏产业链	195
8.4.3 我国网络游戏市场发展	196
8.4.4 我国有关网络游戏政策的完善	196
8.5 网络广告产业发展趋势	196
8.5.1 网络广告市场规模	196

8.5.2	我国网络广告中大行业数量的基本情况·····	197
8.5.3	互联网广告的盈利模式·····	198
8.6	网络教育培训产业发展趋势·····	198
8.6.1	发展网络教育培训产业的意义·····	198
8.6.2	网络教育培训的分类·····	199
8.6.3	网络教育培训产业链结构·····	199
8.6.4	网络教育培训市场规模·····	200
8.7	网上旅行产业发展趋势·····	201
8.7.1	网上旅行市场的特点·····	201
8.7.2	网上旅行产业链结构·····	202
8.7.3	驱动我国网上旅行产业发展的因素·····	203
8.8	网络招聘·····	204
8.8.1	网络招聘的特点与作用·····	204
8.8.2	网络招聘产业链结构·····	205
8.8.3	我国网络招聘市场发展趋势·····	205
附录 A	词汇索引·····	207
参考文献	·····	213

第 1 章 计算机网络技术发展轨迹

有人讲了一个故事：硅谷的 IT 界大腕们聚在一起，讨论“网络发展对社会的影响可以与人类社会哪一项发明相比”的问题。

有人说：可以与蒸汽机的发明相比。但是，所有的人都说：“No, No。”

有人说：可以与电的发明相比。同样，所有的人都说：“No, No。”

有人说：可以与火的发现相比。整个会场鸦雀无声，没有人说“Yes”或“No”。

因为这确实是一个很难评价的问题，同时也是值得我们深思的问题。

但是，有一点今天人们已经有了共识，那就是：计算机网络对人类社会发展的影响是深远的。

1.1 从人的思维规律来认识计算机网络技术发展的必然性

计算机网络(computer network)与互联网(Internet)的广泛应用对当今人类的社会生活、科技、文化与经济发展产生重大的影响。任何一个发达国家和发展中国家的政治经济、文化教育、科学研究、政府运行、企业运作、社会安全、信息传播、通信与娱乐，甚至于军事活动都越来越依赖于计算机网络和互联网。计算机网络和互联网的应用已经从开始的科学研究领域扩展到当今社会生活的各个方面。新的网络应用不断导致行业结构的变化、企业的重组与就业岗位的调整。

当今社会已经逐渐成为一个运行在计算机网络上的社会。计算机网络已经与电力网、电话交换网、移动通信网、邮政系统一起成为支持现代社会运行的基础设施。人们已经很难想象，如果有一天一个国家的网络系统突然瘫痪了，那么整个社会将会变成什么样。计算机网络技术与应用已经成为衡量一个国家经济、文化、科学与社会发展水平的重要标志之一。

研究计算机网络技术的发展可以从两个角度入手，一是从人类对技术的需求的角度，二是从技术本身演变的角度。在讨论网络技术发展过程的时候，不妨先不要从技术的角度，而是从另一个简单的人类对技术需求的角度来看这个问题。

人往高处走。当人们的第一个愿望实现之后，就会希望实现更高的第二个愿望，这是人的思维一个非常自然的规律。我们可以用这样一个简单的推理来认识计算机网络技术发展的必然性。

社会需求是推动网络技术发展的真正的原动力。在我们回过头来审视网络发展的过程时,会发现网络发展很自然地遵循着“ $1/N \rightarrow N=1 \rightarrow N>1 \rightarrow N \sim \infty$ ”的规律在发展,这个过程可以用图 1-1 表示。

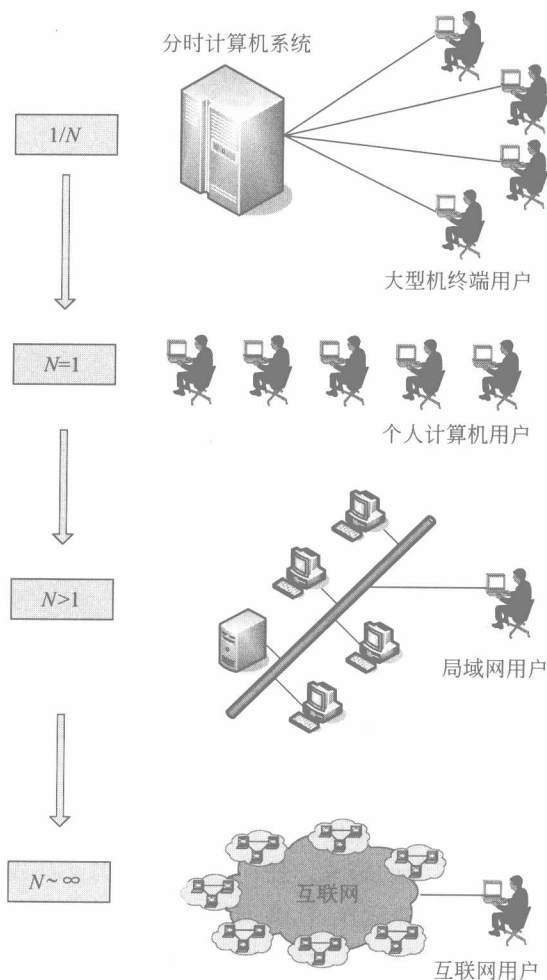


图 1-1 “ $1/N \rightarrow N=1 \rightarrow N>1 \rightarrow N \sim \infty$ ”的发展规律

1. $1/N$ 阶段

当早期的计算机还是个只能安装在计算中心的庞然大物时,计算机的设计者最有效的办法是采用分时操作系统,将计算机系统的 CPU 时间分成一个个的时间片,再把每个时间片分配给每个终端用户。当计算机同时为 N 个终端服务时,每个终端用户可以获得的平均计算时间是总的计算时间的 $1/N$ 。随着用户数增多, N 数值增大,每个终端用户可能获得的平均计算时间就会减少。凡是使用过早期分时计算机系统的用户都会有一个深刻的体会,那就是同时使用的终端用户越多,你每次输入命令的响应时间会明显加长,完成同样计算任务的时间就会增加。所以当响应时间考验人们耐心的时候,人们自然会萌发出一个要求,那就是:如果我一个人使用一台计算机该多好。

2. $N=1$ 阶段

个人计算机(personal computer, PC)的出现满足了一个人使用一台计算机的愿望。个人计算机的应用使得计算机的普及程度大大提高。随着个人计算机应用的深入,人们会发现个人计算机的计算能力、软件的配置、数据资源还是有限的,尤其是将个人计算机应用于办公自动化(OA)、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助教育(CAE)等领域时,更深层次的资源共享的愿望就会被提出,将个人计算机互联的需求推动了局域网技术的发展。

3. $N>1$ 阶段

如果一个科研实验室有多台个人计算机,不同的计算机装有不同的数据处理与作图软件,不同的计算机储存有不同的实验数据,而有一些计算机连接有打印机,那么在这个实验室工作的研究人员就不会满足简单的每个人使用一台计算机的愿望。他们会希望能够将这局部范围内部的计算机联网,实现软件、硬件与数据的共享。这种需求直接推动着局域网技术的研究。当我们将一个实验室、一个教学楼、一个学校、一个办公大楼的计算机都互联起来,人们就可以共享局域网中互联的 N 台计算机的资源,实现一个用户可以使用 N 台计算机资源的理想。但是,随着计算机网络应用的深入,人们自然会提出更大范围计算机资源共享的需求,这就导致了全球范围计算机网络互联的研究。

4. $N \sim \infty$ 阶段

如果从技术的角度来看,互联网是一个覆盖全球范围,通过路由器实现多个广域网、城域网与局域网互联的大型网际网。如果从用户的角度来看,互联网是一个全球范围的信息资源网。接入互联网的所有计算机的资源都可以为其他用户所共享,网络用户可以通过一台接入到互联网的计算机访问网中其他的计算机资源。随着互联网规模的不断扩大,互联的网络数量与计算机数量的增多,没有一个人能够说清楚现在互联网中到底接入了多少台计算机。也许就你阅读这段文字的瞬间,又有一批网络和计算机接入互联网。因此可以说,当你将自己的计算机接入互联网时,你就能够享受到访问无穷多台计算机、共享无限的信息资源的能力。

从以上讨论中可以清晰地认识到:“存在决定意识”,社会发展会对技术提出新的需求;新的技术发展与应用又反过来促进了社会的发展。计算机网络与互联网技术就是伴随着人们对计算机技术应用需求的不断提升而发展的。

1.2 计算机网络发展不同阶段的标志性技术

1.2.1 计算机网络发展的 4 个阶段

计算机网络是计算机与通信技术紧密结合所产生的一门技术,而互联网是计算机网络技术最精彩的应用。可以从技术发展的角度来认识计算机网络与互联网技术演变与发展的过程。

计算机网络技术经过几十年的研究与应用,已经形成了自身比较完善的体系、成熟的技术与研究方法。纵观计算机网络形成与发展的历史,可以清晰地看出网络技术发展的 4 个

阶段和 3 条主线。

1. 第一阶段 计算机网络技术与理论的准备阶段

第一阶段可以追溯到 20 世纪 50 年代。这一阶段的特点与标志性成果主要表现在以下两个方面：

- ① 数据通信技术研究与技术的日趋成熟,为计算机网络的形成奠定了技术基础。
- ② 分组交换概念的提出为计算机网络的研究奠定了理论基础,也标志着现代电信时代的到来。

2. 第二阶段 计算机网络的形成阶段

第二阶段从 20 世纪 60 年代美国的 ARPANET 与分组交换技术开始。ARPANET 是计算机网络技术发展中的一个里程碑,它的研究成果对促进网络技术发展和理论体系的形成产生重要作用,并为互联网的形成奠定了基础。这一阶段出现了 3 个标志性的成果：

- ① ARPANET 的成功运行证明了分组交换理论的正确性。
- ② TCP/IP 协议的成功为网络互联打下了坚实的基础。
- ③ DNS、E-mail、FTP、TELNET、BBS 等应用为网络发展展现了美好的前景。

3. 第三阶段 网络体系结构的研究阶段

第三阶段大致从 20 世纪 70 年代中期开始。在 20 世纪 70 年代中期,国际上各种广域网、局域网与公用数据网络(public data network, PDN)发展都十分迅速,各个计算机生产商纷纷发展各自的计算机网络系统,制定各自的网络标准,这就带来了网络协议与网络体系结构的国际标准化问题。如果不能推进网络协议与网络体系结构的标准化,那么之后的大规模网络互联将面临巨大的阻力。国际标准化组织(ISO)在推动“开放系统互联(open system interconnection, OSI)参考模型”与网络协议的研究方面做了大量的工作,但是同时也面临已经广泛应用的 TCP/IP 协议的严峻挑战。这一阶段研究成果的重要性主要表现在以下两个方面：

- ① OSI 参考模型的研究对网络理论体系的形成与网络协议的标准化起到重要的推动作用。
- ② TCP/IP 协议完善了它的体系结构研究,经受了市场和用户的检验,吸引了大量的投资,推动了互联网产业的发展,成为业界事实上的标准。

4. 第四阶段 互联网技术、无线网络技术与网络安全技术研究的发展阶段

第四阶段从 20 世纪 90 年代开始。这个阶段最富有挑战性的话题是互联网应用技术、宽带网络技术、对等网络(peer-to-peer, P2P)、无线网络技术与网络安全技术。这个阶段的特点主要表现在以下几点：

- ① 互联网作为国际性的网际网与大型信息系统,正在当今政治、经济、文化、科研、教育与社会生活等方面发挥越来越重要的作用。
- ② 宽带城域网已经成为一个现代化城市重要的基础设施之一,接入网技术的发展扩大了用户计算机接入范围,促进了互联网应用的发展。
- ③ 无线局域网(wireless LAN, WLAN)与无线城域网(wireless MAN, WMAN)技术日益成熟,已经进入工程化应用阶段。无线自组网(Ad hoc)、无线传感器网络(wireless sensor network, WSN)的研究与应用受到了高度重视。

④ P2P 的研究使得新的网络应用不断涌现,也为现代信息服务业带来了新的经济增长点。

⑤ 随着网络应用的快速增长,新的网络安全问题不断出现,促使网络安全技术的研究与应用进入高速发展阶段。网络安全的研究成果为互联网应用提供了重要的安全保障。

从技术的角度讲,Internet 与 internet 内涵是有区别的。将 Internet 译成“互联网”或“因特网”,而将 internet 译成“互连网络”,这两个术语容易混淆,所以在很多教科书和学术著作中表示互联网的 Internet 直接用英文表示,而 internet 用中文的译文“互连网络”。但是在社会上,人们一般不关注“互联网”与“互连网络”的差异性问题。因此,人们习惯于只使用“互联网”去表示 Internet。为了和社会上普通网络用户的习惯和使用的术语保持一致,本书统一用“互联网”来表示 Internet。

1.2.2 互联网的形成

1. ARPANET 研究

(1) ARPANET 研究的背景

世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 出现在 1946 年,但是通信技术的发展要比计算机技术早很长时间。回顾通信技术的发展,可以追溯到 19 世纪。1837 年 Samuel B. Morse 发明了电报,1876 年 Bell 发明了电话,1876 年 Guglielmo Marconi 发明了无线电通信,所有这些发明都为现代通信技术的发展奠定了基础。但是,在很长一段时间中,这两种技术之间并没有直接联系,处于各自独立发展的阶段。当计算机技术与通信技术都发展到一定程度,并且社会上出现了新的需求时,人们就会产生将两项技术交叉融合的想法。计算机网络就是计算机技术与通信技术高度发展、密切结合的产物。

20 世纪 50 年代初,由于美国军方的需要,美国半自动地面防空(SAGE)系统将远程雷达信号、机场与防空部队的信息,通过有线线路、无线与卫星信道将数据传送到位于美国本土的一台 IBM 计算机上。通信链路的总长度超过了 241 万公里。这项研究开始了计算机技术与通信技术相结合的尝试。随着美国半自动地面防空系统的实现,美国军方又考虑将分布在不同地理位置的多台计算机互联成计算机网络的需求。

20 世纪 60 年代中期,世界正处于“冷战”高潮时期。1957 年 10 月,前苏联发射了第一颗人造卫星 Sputnik,美国朝野为之震惊。他们的第一反应是成立一个专门的国防研究机构,即美国国防部高级研究计划署(Advanced Research Projects Agency, ARPA)。由于它是美国国防部的一个机构,因此它的英文缩写是 DARPA,其中 D(Defense)表示美国国防部。DARPA 是一个科研管理机构,它没有实验室与科学家,只是通过签订合同和发放许可的方式,选择一些大学、研究机构和公司为该机构服务。

在与前苏联的军事力量的竞争中,美国军方认为需要一个专门用于传输军事命令与控制信息的网络。因为当时美国军方的通信主要依靠电话交换网,但是电话交换网是相当脆弱的。由于电话交换网是以每个电话交换局为中心组成的星-星结构,从而形成一个覆盖全国的层次型结构的电话通信系统。因此,电话交换网的一个中继线路或交换机的损坏,尤其是几个关键长途电话局遭到破坏,就有可能导致整个电话通信的中断。他们希望这种网络在遭遇核战争或自然灾害后,在部分网络设备或通信线路遭到破坏的情况下,网络系统仍然能利用剩余的网络设备与通信线路继续工作,这个网络也被称为“可生存系统”。这种要求