



浙江省重点教材建设项目

高等院校信息技术规划教材

无线网络技术教程 (第二版)

—— 原理、应用与实验

金光 江先亮 编著



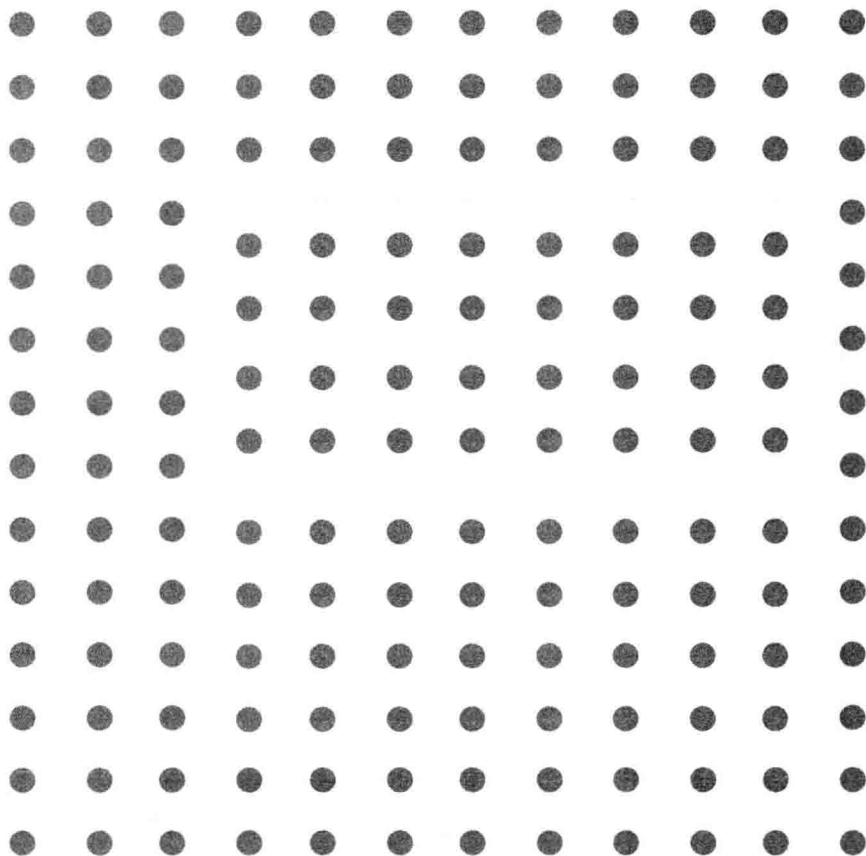
清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

无线网络技术教程 (第二版)

—— 原理、应用与实验

金光 江先亮 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书围绕当前各种主流的无线网络技术,系统介绍无线网络技术的原理、应用和相关实验。全书共 12 章,内容包括无线局域网、无线城域网、无线广域网、卫星网络、无线自组织网、无线传感网、无线个域网、物联网、无线车载网和智能交通、无线体域网、无线室内定位、无线家居网、无线网络安全等。

本书内容新颖,覆盖全面,突出“理论+应用+实践”的特色,电子资源丰富。针对各种无线网络,本书先阐述原理,然后介绍应用实例,绝大部分实验仅需 PC 即可完成,便于读者学习。

本书可作为计算机、通信、电子、自动化、物联网、网络工程、信息安全等专业的本科生、硕士生、在职研究生和相关领域的工程技术人员的教学用书或“计算机网络”等课程的参考书。

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

无线网络技术教程:原理、应用与实验/金光,江先亮编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2014(2014.7重印)

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-35536-6

I. ①无… II. ①金…②江… III. ①无线网络—高等学校—教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 034419 号



责任编辑:白立军 战晓雷

封面设计:傅瑞学

责任校对:白蕾

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市李旗庄少明印装厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.75 字 数:458千字

版 次:2011年10月第1版 2014年5月第2版 印 次:2014年7月第2次印刷

印 数:2001~4000

定 价:35.00元

前言

foreword

网络技术结合了计算机、通信和微电子等技术,是 IT 领域最重要的分支之一,对人类活动产生了深远影响。从 1969 年 ARPANET 诞生迄今,网络技术不断发展演进,逐渐呈现出两大发展趋势:高速和无线。高速指在光纤等技术支撑下,网络带宽和流量日益扩大。而无线网络则突出泛在性、移动性和灵活性。

多年来国内高校 IT 各专业的本专科生和研究生中普遍开设了“计算机网络”课程,一些高校还设立了网络工程、物联网工程等专业。许多经典优秀教材,如 Tanenbaum 等著《计算机网络》、Kurose 等著《计算机网络:自顶向下方法》、谢希仁著《计算机网络》等,已被广泛认可,这些教材以全面讲解计算机网络技术为主,无线网络一般只占极少部分。这也影响了大多数高校的课程体系,即在“计算机网络”课程中只讲授少量无线网络知识,较少单独安排无线网络课程。

但随着技术发展,无线网络越来越贴近人们的生活和工作,越来越多的终端设备(笔记本电脑、手机、传感器等)通过无线网络连接。一旦突破了线缆束缚,无线网络本身的发展呈现了多元化特点,从最初的无线局域网扩展到无线城域网、无线广域网、无线体域网、无线个域网、无线自组织网络、无线传感网、物联网和无线车载网等。如果不经系统学习,学生们会对纷繁复杂的无线网络原理和技术特点等感到困惑。

所以,开设一门单独的“无线网络”课程,在进入 21 世纪的今天已很有必要。近几年全国已有一些本专科院校陆续开设了本课程,但在全国高校中所占的比例仍较低。我们希望能广大同仁的共同努力下,使这门课程能在高校全面开设。而目前系统介绍无线网络技术的高校教材非常缺乏,希望本书能促进相关教学工作,能为 IT 专业课程改革提供帮助。我们深入分析了已有的少量教材,积极借鉴了其优点,在此过程中,也深刻体会到先行者的努力和不易。

由于无线网络类型多样,实验环节安排较困难。简单的思路是在机房中配置无线 AP 进行接入和组网,形式单一,效果一般。少数高校增加了传感器节点、移动通信等设备,效果较好,但经费投入



大,对设备、场地(室外环境)的要求较高。

本书大部分实验采用网络仿真,即通过权威网络仿真软件,利用普通 PC 平台,进行各种无线网络实验,减少场地、设备等对实验的影响。更进一步,学生还可通过仿真动画演示功能,直观形象地了解各种无线网络协议的原理和功能,强化学习效果。

实际上,网络仿真是科研人员、研究生等从事网络协议研发的重要途径,以往较少用于本科教学。但随着技术发展,选择部分网络仿真内容用于本科教学,时机已成熟。本书充分利用网络仿真技术,对各种无线网络技术给出仿真示例,提供了实验手册、源码、运行说明、演示动画和结果分析等内容。读者能更深入了解和感受技术原理和特点,还可自行修改脚本和源码,改变无线拓扑,加深体会。

本书第一版于 2011 年出版以来,已进入全国数十所高校,得到了许多师生的认可。第二版对内容进行了较大扩展和完善,增加了物联网、无线车载网络 and 智能交通、无线局域网、无线室内定位和无线家居网等章节,对许多原有章节也结合技术发展予以更新,同时提供了更多的应用示例。

针对每种无线网络技术,本书内容编排循序渐进。先阐述基本概念和原理,接着介绍应用,然后提供实验示例供操作练习,并附有习题和参考文献。附录 A 列举了部分相关专业术语,附录 B 提供了配套实验指南,便于教学安排。

通过学习本书,读者能了解无线网络技术的全貌,接触各种主流无线网络技术,熟悉各种技术的基本原理和功能,初步掌握用网络仿真技术来验证和开发无线网络技术的手段,为从事网络管理、网络工程、网络技术研发及相关领域工作打下良好基础。

本书可作为本科生、硕士生、在职研究生等修读“无线网络”相关课程的教材,建议安排 32 个理论学时和 16 个实验学时。部分内容较为基础,而部分内容涉及前沿研究,可根据各校实际和学生层次节选讲授。本书也可作为“计算机网络”等课程的参考书,或用于毕业设计、学生科研、课程设计及技术参考用书。

本书配套电子课件、实验手册、仿真实例源码、演示动画和教学研究网站平台等均可从清华大学出版社网站(<http://www.tup.com.cn>)下载访问。

本书涉及内容广泛,我们在编写过程中,查阅了大量参考文献,得到了许多有益的启示和帮助,在此向相关文献的原作者们表示感谢。限于篇幅,仅列出主要代表性文献。读者可根据自己的实际需要,查阅这些源文献,进一步接触无线网络前沿进展和应用。

本书由宁波大学金光和浙江大学江先亮编著,马金金、王千、郑君等同学参与了部分文字和绘图工作。本书在编写过程中得到了金明、谢志军、王晓东等老师的帮助和建议。本书出版得到了浙江省移动网络应用技术重点实验室、浙江省科技创新团队、宁波市科技创新团队、宁波大学教材建设项目、宁波大学研究生教育改革与课程建设项目等的资助,谨致谢意。

由于我们学识有限,本书存在许多不足,敬请读者不吝赐教。我们的电子邮箱是 jinguang@nbu.edu.cn 和 jiangxianliang@zju.edu.cn。也欢迎读者访问我们的“无线网络技术教学研究平台”(<http://eelab.nbu.edu.cn/wireless/>)。

金光 江先亮

2014 年 2 月

目录

Contents

第 1 章 从计算机网络到无线网络	1
1.1 计算机网络技术概述	1
1.1.1 计算机网络的功能	1
1.1.2 计算机网络的发展	2
1.1.3 计算机网络的定义	5
1.1.4 计算机网络的组成	5
1.1.5 计算机网络的分类	6
1.2 计算机网络的协议体系	10
1.2.1 网络协议和层次结构	10
1.2.2 计算机网络协议体系模型	11
1.2.3 无线网络的协议层次特点	13
1.3 无线通信和无线网络简史	13
1.4 无线网络分类	14
1.4.1 从覆盖范围分类	14
1.4.2 从应用目的分类	15
1.5 计算机网络和无线网络应用	16
1.5.1 计算机网络的常见应用	16
1.5.2 无线网络的应用	17
1.6 计算机网络技术进展	18
1.6.1 高速以太网	18
1.6.2 IPv6 和下一代因特网	19
1.6.3 P2P 技术	19
1.6.4 网络安全	19
1.7 相关标准化和权威组织	20
1.7.1 电信领域的标准化组织	20
1.7.2 网络和通信领域的权威组织	20
1.8 本书概要	22



习题	23
参考文献	24
第 2 章 无线通信和网络仿真技术基础	25
2.1 无线电频谱	25
2.2 无线传输介质和方式	27
2.2.1 无线传输介质	27
2.2.2 微波通信	27
2.2.3 红外线通信	29
2.3 损耗和衰落	29
2.3.1 传输过程中的损耗	29
2.3.2 移动环境中的衰落	31
2.4 调制	32
2.4.1 常用调制方式	33
2.4.2 典型数字调制技术	34
2.5 扩频	35
2.5.1 跳频扩频	35
2.5.2 直接序列扩频	36
2.6 复用和多址	37
2.7 天线	39
2.7.1 天线的分类	39
2.7.2 天线的主要指标	40
2.7.3 天线的关键技术	41
2.8 MIMO	43
2.9 认知无线电	44
2.9.1 认知无线电简介	44
2.9.2 认知无线电的功能和关键技术	45
2.10 可见光通信和激光通信	46
2.11 网络仿真技术简介	47
2.11.1 OPNET 仿真平台	48
2.11.2 NS2 仿真平台	48
2.11.3 NS3 仿真平台	49
2.11.4 MATLAB 仿真平台	49
2.12 NS2 基础知识	50
2.12.1 NS2 的获取和安装	50
2.12.2 NS2 的基本框架	50
2.12.3 NS2 的简单语法	51
2.12.4 NS2 主要类库介绍	54

2.13 用 NS2 进行无线网络仿真	55
习题	56
参考文献	57
第 3 章 无线局域网	58
3.1 无线局域网概述	58
3.1.1 无线局域网的定义	58
3.1.2 无线局域网的特点	59
3.1.3 无线局域网的分类	60
3.2 无线局域网的组成与服务	61
3.2.1 无线局域网的组成	61
3.2.2 无线局域网的拓扑结构	62
3.2.3 无线局域网的服务	64
3.3 IEEE 802.11 协议体系结构	65
3.3.1 IEEE 802.11 协议标准	65
3.3.2 IEEE 802.11 物理层	67
3.3.3 IEEE 802.11 MAC 层	68
3.3.4 IEEE 802.11n 标准	69
3.3.5 IEEE 802.11 优化技术	70
3.4 IEEE 802.11 信道分配	73
3.4.1 集中式管理环境的信道分配	74
3.4.2 无协调环境的信道分配	75
3.4.3 信道分配方案的挑战	76
3.5 IEEE 802.11 测量及工具	76
3.5.1 IEEE 802.11 测量的参数和步骤	76
3.5.2 IEEE 802.11 的典型测量工具	77
3.6 其他无线局域网技术标准	79
3.7 无线局域网的应用	80
3.7.1 无线局域网的应用领域	80
3.7.2 无线局域网应用于公众图书馆	81
3.7.3 无线局域网应用于矿山采掘	82
3.8 无线局域网的仿真实验	83
3.8.1 隐藏节点问题仿真实验	84
3.8.2 暴露节点问题仿真实验	86
习题	87
参考文献	88



第 4 章 无线城域网和无线广域网	89
4.1 无线城域网和无线广域网概述	89
4.1.1 无线城域网概述	89
4.1.2 无线广域网概述	89
4.2 IEEE 802.16(WiMax)标准	91
4.2.1 IEEE 802.16 简介	91
4.2.2 IEEE 802.16 的工作特性及关键技术	92
4.2.3 IEEE 802.16 协议体系结构	93
4.3 IEEE 802.16(WiMax)工作场景	94
4.3.1 WiMax 系统组成	94
4.3.2 WiMax 应用场景分类	95
4.4 移动 WiMax 网络切换	95
4.4.1 移动 WiMax 链路层切换	95
4.4.2 移动 WiMax 网络层切换	98
4.4.3 移动 WiMax 跨层切换	100
4.5 IEEE 802.20 技术标准	100
4.5.1 IEEE 802.20 的发展历程	100
4.5.2 IEEE 802.20 的组成与模型	100
4.5.3 IEEE 802.20 的性能和协议栈	102
4.5.4 IEEE 802.20 与 IEEE 802.16e、3G 的比较	104
4.6 移动通信的 2G/3G/4G/5G 技术简介	105
4.6.1 2G 技术	105
4.6.2 3G 技术	105
4.6.3 4G/LTE 技术	106
4.6.4 未来 5G 技术	107
4.7 无线城域网和无线广域网的应用	107
4.7.1 无线城域网 WiMax 应用实例	107
4.7.2 无线广域网应用实例	110
4.8 无线城域网的仿真实验	111
4.8.1 无线城域网仿真实验拓扑	111
4.8.2 无线城域网仿真实验场景建立	111
4.8.3 无线城域网仿真实验结果分析	112
习题	113
参考文献	114
第 5 章 卫星网络	115
5.1 卫星网络概述	115
5.1.1 卫星网络通信的基本概念	115

5.1.2	卫星网络的发展	116
5.1.3	卫星网络的特点	118
5.1.4	卫星网络的分类	120
5.1.5	卫星网络的拓扑与组网	120
5.2	卫星网络原理	121
5.2.1	卫星轨道	121
5.2.2	卫星网络的通信体制	123
5.2.3	卫星网络的关键技术	124
5.2.4	卫星网络的组成和工作过程	125
5.2.5	卫星链路	126
5.3	星际深空网络和时延容忍网络	127
5.4	典型的卫星网络系统	128
5.5	移动卫星系统通信标准和网络设计	131
5.5.1	移动卫星系统通信标准	131
5.5.2	移动卫星系统网络设计	132
5.6	卫星网络系统的应用	133
5.6.1	卫星网络应用概述	133
5.6.2	卫星定位系统	134
5.6.3	卫星网络应用系统实例	135
5.7	卫星网络的仿真实验	136
5.7.1	卫星网络仿真实验背景	136
5.7.2	卫星网络仿真实验场景建立	137
5.7.3	卫星网络仿真实验结果分析	137
5.8	卫星网络的发展前景	141
	习题	142
	参考文献	142
第 6 章	无线自组织网络	144
6.1	Ad Hoc 网络概述	144
6.1.1	Ad Hoc 网络的背景	144
6.1.2	移动 Ad Hoc 网络的定义	145
6.1.3	MANET 的特点	145
6.2	MANET 体系结构	146
6.2.1	MANET 的拓扑结构	146
6.2.2	MANET 的协议层次	147
6.3	MANET 路由协议	147
6.3.1	MANET 路由概述	147
6.3.2	MANET 路由协议分类	148



6.3.3	MANET 的典型路由协议	150
6.4	MANET 的其他技术	156
6.4.1	MANET 的 IP 地址分配	156
6.4.2	MANET 的 QoS	156
6.5	无线网状网	157
6.6	Ad Hoc 网络的应用	158
6.6.1	Ad Hoc 应用于智能交通	159
6.6.2	MANET 应用于军事通信	159
6.7	MANET 的仿真实验	161
6.7.1	MANET 仿真实验拓扑	161
6.7.2	MANET 仿真实验场景建立	161
6.7.3	MANET 仿真实验结果分析	162
	习题	164
	参考文献	165
第 7 章	无线传感器网络	166
7.1	无线传感器网络概述	166
7.1.1	无线传感器网络的背景和特点	166
7.1.2	无线传感器网络的技术挑战	167
7.2	无线传感器网络的体系结构	168
7.2.1	无线传感器网络的应用系统架构	168
7.2.2	无线传感器网络的节点组成	169
7.2.3	无线传感器网络的节点体系结构	170
7.2.4	无线传感器网络的网络结构	171
7.3	无线传感器网络的协议分析	172
7.3.1	无线传感器网络的协议栈	172
7.3.2	无线传感器网络的协议研究	173
7.3.3	定向扩散路由协议	174
7.3.4	Sensor MAC 协议	178
7.4	无线传感器网络的应用	181
7.4.1	无线传感器网络的应用领域	181
7.4.2	无线传感器网络的应用实例	184
7.5	无线传感器网络的研究进展	185
7.6	无线传感器网络的仿真实验	188
7.6.1	无线传感器网络仿真实验拓扑	188
7.6.2	无线传感器网络仿真实验场景建立	188
7.6.3	无线传感器网络仿真实验结果分析	189
	习题	191

参考文献	191
第 8 章 无线个域网	192
8.1 无线个域网概述	192
8.1.1 从个域网到无线个域网	192
8.1.2 无线个域网的分类	193
8.2 无线个域网的关键技术	194
8.3 IEEE 802.15 技术标准	195
8.3.1 IEEE 802.15 标准概览	195
8.3.2 IEEE 802.15.3 标准和无线超宽带技术	196
8.3.3 IEEE 802.15.4 标准	197
8.4 无线个域网的协议	199
8.4.1 蓝牙协议	199
8.4.2 ZigBee 协议	199
8.5 ZigBee 的协议体系结构	202
8.5.1 ZigBee 的分层协议栈	202
8.5.2 ZigBee 的网络层和应用层	203
8.5.3 ZigBee 的组网过程	204
8.6 无线个域网的应用	205
8.6.1 UWB 技术的应用	205
8.6.2 应用 ZigBee 的超市电子秤系统	205
8.6.3 应用 WPAN 的无线医疗监护系统	207
8.7 无线个域网的仿真实验	210
8.7.1 无线个域网仿真实验拓扑	210
8.7.2 无线个域网仿真实验场景建立	211
8.7.3 无线个域网仿真实验结果分析	212
习题	214
参考文献	215
第 9 章 物联网	216
9.1 物联网概述	216
9.2 物联网架构、中间件和支撑技术	218
9.2.1 物联网架构	218
9.2.2 物联网中间件	218
9.2.3 标识、感知和通信	220
9.3 物联网的应用	222
9.3.1 交通和物流	222



9.3.2	近场应用和手机支付	223
9.3.3	医疗保健	224
9.3.4	智能环境	225
9.3.5	个人和社会应用	225
9.4	物联网的发展和技術挑战	226
9.4.1	标准化	226
9.4.2	寻址和网络	227
9.4.3	安全和隐私	228
	习题	231
	参考文献	231
第 10 章	无线车载网络 and 智能交通	232
10.1	智能交通系统和无线车载网络概述	232
10.2	无线车载网络的应用分类和要求	232
10.2.1	无线车载网络的应用分类	232
10.2.2	无线车载网络的要求	233
10.3	智能交通系统组成、架构标准和应用	234
10.3.1	车载网络和车内网络	234
10.3.2	美国的智能交通系统架构和标准	234
10.3.3	日本的智能交通系统架构和标准	236
10.3.4	欧洲的智能交通系统架构和标准	236
10.3.5	智能交通系统应用示例	239
10.4	无线车载网络的技术挑战	239
10.5	无线车载网络的研究进展	240
10.5.1	寻址和地理寻址	240
10.5.2	匿名隐私与安全管理	241
10.5.3	路由转发	241
10.5.4	时延限制	243
10.5.5	数据包优先处理	245
10.5.6	可靠的跨层设计	245
10.6	无线车载网络的仿真实验	246
10.6.1	无线车载网络仿真实验拓扑	246
10.6.2	无线车载网络仿真实验场景建立	246
10.6.3	无线车载网络仿真实验结果分析	247
	习题	250
	参考文献	250

第 11 章 无线体域网、室内定位和家居网	251
11.1 无线体域网	251
11.1.1 无线体域网简介	251
11.1.2 无线体域网的技术要求	252
11.1.3 无线体域网的关键技术	254
11.1.4 无线体域网的应用示例	258
11.2 无线室内定位	259
11.2.1 无线室内定位概述	259
11.2.2 无线室内定位技术和评价标准	260
11.2.3 基于无线射频的室内定位应用系统	263
11.2.4 使用其他技术的无线室内定位系统	266
11.3 无线家居网	268
11.3.1 无线家居网的组成和特点	269
11.3.2 无线家居网的典型技术	270
11.3.3 无线家居网协议的层次结构	272
11.3.4 无线家居网的应用示例	273
11.4 无线室内定位的仿真实验	274
11.4.1 无线室内定位仿真实验拓扑	274
11.4.2 无线室内定位仿真实验场景建立	274
11.4.3 无线室内定位仿真实验结果分析	275
习题	276
参考文献	276
第 12 章 无线网络安全	278
12.1 网络安全概述	278
12.1.1 网络安全威胁	278
12.1.2 网络安全防御技术	280
12.2 无线网络安全的简史	281
12.3 无线网络的安全威胁	282
12.4 无线网络攻击的防御方案	285
12.5 无线局域网的安全技术	286
12.5.1 常见的无线局域网安全技术	286
12.5.2 无线局域网安全技术应用场景	288
12.6 移动自组织网络的安全技术	289
12.6.1 MANET 密钥管理	289
12.6.2 MANET 节点身份验证和行为监测	289



12.6.3	MANET 节点定位和隐私	290
12.6.4	MANET 的信任计算与管理	291
12.6.5	MANET 安全路由	292
12.7	无线网络安全仿真实验	293
12.7.1	无线网络安全仿真实验拓扑	293
12.7.2	无线网络安全仿真实验场景建立	293
12.7.3	无线网络安全仿真实验结果分析	294
12.8	无线网络安全技术的发展趋势	295
	习题	296
	参考文献	296
附录 A	相关术语缩略语	298
附录 B	配套实验指南	302

从计算机网络到无线网络

计算机技术和通信技术是信息技术领域最重要的两大分支,二者结合就是网络技术。根据其侧重不同,分为计算机网络和通信网络,两者越来越密不可分。20世纪70年代至今,网络的发展对全世界产生了深远影响,推动人类社会逐步进入了信息时代。

作为全书开篇,本章对计算机网络和无线网络技术的相关背景、原理和应用等予以简单介绍,并适当关注一些前沿技术和行业组织等。

1.1 计算机网络技术概述

1.1.1 计算机网络的功能

21世纪被称为信息时代,最主要的特征就是数字化和网络化。社会生产生活各方面通过计算机技术来提高效率、降低成本。在此基础上,再通过网络技术实现信息的互通。高速完善的网络能使信息更快、更准确地传输,以发挥强大作用。网络已成为信息社会的技术命脉和知识经济的发展基础,对社会许多方面产生了不可估量的影响。

先来看众所周知的“三网”技术:计算机网络、电信网络和广播电视网络,它们提供不同的服务。计算机网络如因特网(Internet)和小范围局域网等,用户能实时迅速地传输各种数据文件,搜索文字、图像、声音和视频等各类资料。电信网络如固定电话、移动电话等,提供电话、传真等服务。广播电视网络则传输广播电视节目。这3类网络在信息化的发展历程中都起到了重要作用。不远的将来,人们将会看到3类网络融合,不同类型的终端、不同领域的信息都将融汇贯通于一个更大的网络中,提供更强大的信息传输服务,满足人们更丰富多彩的应用需求。

网络技术近年来在我国发展迅速,已应用于各行各业,包括工业、商业、交通运输、金融、政府管理、文化娱乐等。尤其是因特网,在各种信息技术中堪称最具社会影响力,现在很多人的生活、工作和学习都离不开因特网。

计算机网络的主要功能是连接终端主机以实现资源共享,即通过有线或无线介质将用户终端联接成大小不一的网络,这些终端主机可彼此直接连通,用户间的距离大为缩短。而不同用户的资源通过网络实现各种共享,如信息共享、软件共享、硬件共享等。譬如,数字图书馆通过网络来存储和传播大量电子资源,供用户读取或下载;而同一办公室

局域网内的多台微机可共享一台打印机。

由于人们的生活、工作、学习和社交等都广泛依赖网络,其可靠性和安全性显得至关重要。病毒、蠕虫、恶意攻击、木马和钓鱼等都会造成严重危害。而不少青少年沉迷于网络游戏、虚拟社交和不良信息,其身心受到不利影响,需要加大关注。

1.1.2 计算机网络的发展

计算机网络离不开计算机。1946 年第一台计算机 ENIAC 诞生于美国宾西法尼亚大学,之后计算机的发展经历了电子管、晶体管、集成电路和微处理器时代。1977 年,苹果个人计算机问世,标志个人计算机时代的到来。1981 年 IBM 公司的 PC 发布,有力地促进了微机的发展应用。其后 30 年里,在 Wintel(Windows 操作系统+Intel 芯片)平台的主导下,微机技术发展迅猛,成为信息技术前进的主要推动力之一。

人们在使用计算机的同时,对信息互联互通的需求也与日俱增。伴随计算机技术的发展,计算机网络也登上历史舞台,并逐步成为信息社会的基础架构。下面先回顾一下因特网和网络相关技术的发展简史。

1969 年,因特网的前身 ARPANET(ARPA 是美国国防部高级研究计划署)诞生于美国加利福尼亚大学洛杉矶分校,最初有 4 个节点。1971 年,首个无线分组交换计算机网络 ALOHAnet 在夏威夷大学问世。1976 年,施乐公司针对局域网提出了以太网原型。20 世纪 70 年代末,TCP/IP 协议公布。1980 年,以太网开始商用。1989 年,T. B. Lee 提出了万维网(WWW)的设想。1991 年,因特网开始商业运营。1994 年,Netscape 浏览器发布。1997 年,WiFi 无线局域网方案公布。1998 年,Google 搜索引擎诞生。2000 年,互联网泡沫达到高峰,大批.COM 公司在 Nasdaq 上市。2004 年,社交网站 Facebook 上线。2007 年,苹果公司和 Google 公司都进入了移动手机市场。2010 年,iPad 平板电脑问世,被认为可能引领电子书代替传统书籍。2011 年云计算的概念逐步深入人心,开始成为市场热点。2012 年,大数据由技术圈进入了主流市场,从 TB、PB 向 EB、ZB、YB 进军。

因特网在我国的普及始于 20 世纪 90 年代。到 2013 年 6 月底,我国网民达 5.91 亿人,其中手机网民达 4.64 亿人。全球网民估计达 25 亿人,全球接入因特网的各类主机和终端(含 PC、智能手机等)超过 20 亿台。

综观计算机网络的整个发展史,从技术角度可分为 5 个阶段。

1. 产生阶段

早期计算机系统高度集中,所有设备安装在一起,后来出现了批处理和分时系统,分时系统的多个终端必须连接到主机。20 世纪 50 年代中后期,许多系统开始将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心机上,成为第一代计算机网络。典型应用是美国的飞机订票系统,一台计算机连接全美 2000 多个终端机。终端机一般是一台显示器和键盘,无 CPU 和内存,如图 1.1 所示。终端机用户通过终端机向中心主机发送数据处理请求,中心主机处理后予以回复,终端机将数据存储在中心主机,自身并不保存任何数据。第一代网络并非真正意义上的网络,但已初步具备网络的特征。