

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

无线网络技术导论

(第二版)

汪 涛 主编

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

无线网络技术导论

(第二版)

汪 涛 主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书全面介绍了当前各种主流的无线网络技术。其中,主体内容包括 5 个部分:计算机网络及无线网络发展概况、网络原理基本概念;无线传输技术;无线局域网、无线个域网、无线城域网、无线广域网与移动 Ad Hoc 网络;无线传感器网络、无线 Mesh 网络;无线网络与物联网。每章设置了部分习题,便于教学使用。附录为无线局域网实训内容。

本书内容丰富、新颖,语言简洁、易懂,层次结构合理、明晰,涵盖了当前无线网络领域的各种最新技术和主要研究成果,希望能够使读者快速全面地对无线网络技术形成系统的认识。本书的指导思想是不要让读者过度深陷于烦琐的技术细节之中,而是从宏观上从顶层去认识现有的无线网络技术。

本书可作为通信和计算机网络领域的研发人员、工程技术人员、高等学校计算机科学与技术专业、网络工程专业及其他相关专业的本科生和研究生的参考书,对于有一定网络基础而对无线网络有浓厚兴趣的初学者也是一本不错的入门书籍。

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

无线网络技术导论/汪涛主编.--2 版.--北京:清华大学出版社,2012.10

21 世纪高等学校规划教材·计算机应用

ISBN 978-7-302-29940-0

I. ①无… II. ①汪… III. ①无线网—高等学校—教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 203493 号

责任编辑:闫红梅 李 晔

封面设计:傅瑞学

责任校对:白 蕾

责任印制:杨 艳

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:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.25 字 数:470 千字

版 次:2008 年 2 月第 1 版 2012 年 10 月第 2 版 印 次:2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:29.50 元

产品编号:048663-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授

章 征 教授

王建民 教授

冯建华 教授

刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授

陈 钟 教授

陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授

吴超英 副教授

姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授

孟小峰 教授

陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授

赵 宏 副教授

北京信息工程学院

孟庆昌 教授

北京科技大学

杨炳儒 教授

石油大学

陈 明 教授

天津大学

艾德才 教授

复旦大学

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

同济大学

苗夺谦 教授

徐 安 教授

华东理工大学

邵志清 教授

华东师范大学

杨宗源 教授

应吉康 教授

东华大学

乐嘉锦 教授

孙 莉 副教授

浙江大学

扬州大学

南京大学

南京航空航天大学

南京理工大学

南京邮电学院

苏州大学

江苏大学

中国矿业大学

武汉大学

华中科技大学

中南财经政法大学

华中师范大学

江汉大学

国防科技大学

中南大学

湖南大学

西安交通大学

长安大学

哈尔滨工业大学

吉林大学

山东大学

厦门大学

厦门大学嘉庚学院

云南大学

电子科技大学

成都理工大学

西南交通大学

吴朝晖 教授

李善平 教授

李 云 教授

骆 斌 教授

黄 强 副教授

黄志球 教授

秦小麟 教授

张功萱 教授

朱秀昌 教授

王宜怀 教授

陈建明 副教授

鲍可进 教授

张 艳 教授

何炎祥 教授

刘乐善 教授

刘腾红 教授

叶俊民 教授

郑世珏 教授

陈 利 教授

颜 彬 教授

赵克佳 教授

邹北骥 教授

刘卫国 教授

林亚平 教授

沈钧毅 教授

齐 勇 教授

巨永锋 教授

郭茂祖 教授

徐一平 教授

毕 强 教授

孟祥旭 教授

郝兴伟 教授

冯少荣 教授

张思民 教授

刘惟一 教授

刘乃琦 教授

罗 蕾 教授

蔡 淮 教授

于 春 副教授

曾华燊 教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

一转眼,从编写本书第一版至今,5年时间过去了,对于人的一生来说5年也许算不了什么,然而对于日新月异的技术来说5年却会发生翻天覆地的变化,特别是在信息技术领域,非常热门的无线网络技术自然毫不例外。几年来,在使用该书第一版进行教学的过程中,越来越觉得很多老技术已经被淘汰,又出现很多新技术,继续使用它进行教学似乎不太适合,自己早就萌生对其进行修订的想法,一些高校的老师也给我来信提出了很多宝贵建议,并希望我能够对第一版进行修订。另外,第一版当初由于时间仓促,内容本身也有很多不尽完善、不尽合理的地方,迫切需要修订。然而,从编写第一版的经历中我深知编书过程的艰辛,它需要认真静下心来,全身心地投入进去,可自己这几年由于工作、生活、身体等方面面的原因,一直无法启动修订工作。但仔细想想,忙是客观的,是不是也有自己懒惰、浮躁的原因在作祟呢?况且当初第一版是从一片空白开始,而今有第一版为基础,框架已经搭建起来,工作应该相对轻松些吧!与其长久停留在做与不做的徘徊中,不如慢慢启动这项工作,哪怕周期长些也没有关系,一旦真正做起来,才有当初的那种紧迫感,才会圆满完成这项工作。于是,经过几个月的构思和资料的搜集整理,以第一版为基础,我于2012年4月开始了实质性的修订工作,此时距离5年前的2007年4月我开始第一版的编写恰好5年,5年对于国家经济和社会建设是个特殊的周期,这算不算是巧合?算不算也是我的第二个五年计划?

第二版的内容框架基本保持不变,指导思想也保持不变,即这是一本关于无线网络技术综述的书,面向初学者,当然一定程度上也可以作为相关专业技术人员的一本参考书;这本书应该最好不要涉及过深的技术细节,这不是它的首要目的,但是它又应该让读者知道存在这些技术,知道这些技术是干什么的,有什么技术优势和缺陷;这本书应该对种类繁多的无线网络技术进行一个科学的分类整理,理出一条或多条技术主线去把它们串起来,把自己的一点理解、一点思想容纳进去。

具体的增删、修改说明如下:

第1章绪论是一些基础性内容,结构保持不变,考虑读者一般具有一定网络理论基础,删除了较多内容,显得更加精练,但在1.2节最后新增了无线互联网概念的描述。

第2章无线传输技术基础,删除了一些偏重无线通信理论的内容,便于读者从宏观上把握无线通信技术体系,但对非常重要的扩频技术的介绍进行了扩充。

第3章无线局域网对IEEE 802.11n的介绍进行了加强,增加了部分增强无线局域网功能的IEEE 802.11系列标准,修改扩充了WLAN安全部分的内容,具体包括War-Xing、钓鱼Wi-Fi、WAPI等,另外新增了最新的第五代Wi-Fi的介绍。

第4章无线个域网对蓝牙技术中过于理论化的内容进行了大幅删减,便于读者从宏观上把握,增加了ZigBee技术的介绍,因为它是目前无线传感器网络中最常用、最标准化的技术。

第5章无线城域网修改了 WiMAX 和 3G 技术的比较,因为目前 WiMAX 同时也被作为 3G/4G 的技术标准,不局限在无线城域网标准中,打破了以前的分类模式。另外,对国内外 WiMAX 的产业发展进行了简要分析。

第6章无线广域网增加了移动通信系统 3G/4G、卫星通信系统的介绍,它们也是主要的无线广域网技术,从而引发读者对 IEEE 802.20 技术的重新定位有所思考,因为相比之下其标准化工作进展缓慢。

第7章移动 Ad Hoc 网络由于研究没有实质性的突破,故内容变动不大,但在概述部分对移动 Ad Hoc 网络进行了更加清晰的辨析。

第8章无线传感器网络由于从研究现状看内容体系没有太大变化,主要是应用日渐成熟,故基本保持不变。

第9章无线 Mesh 网络由于主要还是在应用层面发展,故内容没有做过多改动。

第10章无线网络与物联网是新增加的内容,主要将目前全球所倡导、推崇的物联网发展战略和无线网络技术联系起来,使本书的内容能够与时俱进,跟踪技术发展前沿。

附录部分虽然比较简单,但考虑内容完整性,依然保留,并且在原有实验基础上增加了附录 D: WDS 实验。对锐捷网络学院的汪双顶老师曾经在这部分的支持表示感谢。

在此,对许多被我参考的书籍的作者表示由衷感谢,我只是做了一个总结性的工作,书中对他们的作品进行了大量引用,这些我都在每章末尾的参考文献中列出,也便于读者进一步查阅。尽管自己没有做过多的原创性工作,但这本书融汇了很多自己的思想,包含了自己对无线网络技术的理解,也算起到抛砖引玉的作用。

图书再版也得到了清华大学出版社的大力支持,使再版工作得以有条不紊地进行。

另外,特别对很多读者、同行的来信和建议表示衷心感谢,是你们促成我不断进步,让我有信心不断完善本书。

最后,还是必须重复第一版的话,由于本人水平有限,书中难免错误与不妥之处,敬请读者来信批评指正,非常乐意与您交流,以不断提高自己,我的 E-mail: wanderbj@126.com。

汪 涛

2012 年 9 月

于合肥

第一版前言

伴随 Internet 的深入普及,人们的生活越来越离不开“网络”。虽然只有 40 多年的历史,但网络技术始终在不断快速发展,人们的需求也在不断提高,当前移动计算技术更加得到人们的青睐,人们希望摆脱有线网络的束缚,生活在一种无处不在的计算环境中,真正实现所谓的任何人(anyone)在任何时候(anytime)、任何地点(anywhere)可以采用任何方式(any means)与其他任何人(any other)进行任何通信(anything)。如何才能实现这样的美好梦想?当然需要许多先进技术的支持,如通信技术、计算机技术、网络技术、微电子技术、嵌入式技术、软件技术、信息处理技术等。而其中,最重要的技术应该就是无线网络技术了,只有以无线网络技术为核心,综合其他各种辅助技术才能真正构建符合人们要求的移动计算环境,实现人们普适计算(ubiquitous computing)的梦想。

因此,无线网络技术最近几年一直是一个研究的热点领域,新技术层出不穷,各种新名词也是应接不暇,从无线局域网、无线个域网、无线体域网、无线城域网到无线广域网,从移动 Ad Hoc 网络到无线传感器网络、无线 Mesh 网络,从 Wi-Fi 到 WiMedia、WiMAX,从 IEEE 802.11、IEEE 802.15、IEEE 802.16 到 IEEE 802.20,从固定宽带无线接入到移动宽带无线接入,从蓝牙到红外、HomeRF,从 UWB 到 ZigBee,从 GSM、GPRS、CDMA 到 3G、超 3G、4G 等,不再一一列举。如果说计算机方面的词汇最丰富,网络方面就是一个代表;如果说网络方面的词汇最丰富,无线网络方向就是一个代表。所有的这一切都是因为人们对无线网络的需求越来越大,对无线网络技术的研究也日益加强,而导致无线网络技术也越来越成熟。

从 1999 年开始我就一直关注计算机网络领域的发展,从 2002 年开始我对无线网络技术更加关注,而今当我看过许多关于无线网络的书籍和资料后,第一感觉是自己好像知道了不少新技术名词。但是,当我再进一步对这些技术进行思考、整理的时候,却感到有些凌乱,缺乏一条主线去贯穿它们,这些技术之间内在的联系是什么样的?这是我心中的疑惑。我对此尚且不够清楚,对于那些想初步涉足无线网络领域的初学者肯定更是不会特别明白。

2006 年年末,我就萌生了这样一个想法:我要编一本关于无线网络技术综述的书,这本书应该是面向初学者的,当然一定程度上也应该可以作为相关专业技术人员的一本参考书;这本书应该最好不要涉及过深的技术细节,这不是它的首要目的,但是它又应该让读者知道存在这些技术,知道这些技术是干什么的,有什么优势和缺陷;这本书应该对种类繁多的无线网络技术进行一个科学的分类整理,理出一条或多条技术主线去把它们串起来,把自己的一点儿理解、一点儿思想容纳进去。

经过一个系统的策划之后,我决定开始这项自己觉得非常有价值的工作。第一步就是资料搜集工作,自己手头有些关于无线网络的书籍,可是要编写一本带有综述性质的书显然是不够的,于是我又根据自己对书的整体规划,买进了大量参考书。当我真正准备开始工作的时候,发现我的桌子上已经罗列了 20 多本关于无线网络的书籍,还有大量从网上搜集的

电子版资料。通过前期准备工作,从2007年4月我正式开始书籍的编撰工作,经过假期的集中工作,终于在2007年7月底完成初稿。

在此,我要对许多被我参考的书籍的作者表示由衷的感谢,没有他们的工作,我无法如此顺利地完成这本书。准确地说,我只是做了一个总结性的工作,所以书中对他们的作品进行了大量的引用,这些我都在每章末尾的参考文献中列出,也便于读者进一步查阅。尽管自己没有做过多的原创性工作,但这本书的确融会了很多自己的思想,包含了自己对无线网络技术的理解,也算起到一个抛砖引玉的作用吧!

全书分为5个部分。第1章绪论为第1部分,介绍了计算机网络、无线网络的发展概况,简单回顾了计算机网络中协议分层的体系结构和参考模型等一些最基本的概念。第2章为第2部分,介绍和无线网络相关的各种无线传输技术,这对于读者理解后续章节具体的各种无线网络协议是非常有帮助的。第3~7章为第3部分,主要从无线网络覆盖范围的角度,介绍了无线个域网、无线局域网、无线城域网、无线广域网以及移动 Ad Hoc 网络(可以归到无线局域网范畴)。第8章和第9章为第4部分,主要从无线网络应用的角度,介绍了无线传感器网络、无线 Mesh 网络。第5部分附录是关于无线局域网的实训内容。

本书得到了锐捷公司的鼎力支持,锐捷网络学院的汪双顶老师负责了附录部分的编写。

北京理工大学计算机学院的宋瀚涛教授百忙之中为我悉心审定书稿,并提出了宝贵的建议,在此对他表示深深的谢意。

在本书的编写过程中,得到了炮兵学院军用网络工程教研室刘萍教授和李云副教授的关心与支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于本人水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者来信批评指正,非常乐意与您交流,以不断提高自己,我的 E-mail: wanderbj@126.com。

汪 涛

2007年9月于合肥

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机网络的发展历程	1
1.2 无线网络的兴起	4
1.3 网络体系结构	8
1.3.1 协议分层	8
1.3.2 层次设计问题	9
1.3.3 面向连接与无连接的服务	9
1.3.4 协议和服务的关系	10
1.4 协议参考模型	11
1.4.1 OSI 模型	11
1.4.2 TCP/IP 模型	12
1.4.3 比较 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型	12
1.4.4 无线网络的协议模型	13
1.5 与网络相关的标准化组织	14
1.5.1 电信领域中最有影响的组织	14
1.5.2 国际标准领域中最有影响的组织	15
1.5.3 Internet 标准领域中最有影响的组织	17
1.6 本书结构	18
习题	19
参考文献	20
第 2 章 无线传输技术基础	21
2.1 无线传输媒体	21
2.1.1 地面微波	22
2.1.2 卫星微波	23
2.1.3 广播无线电波	24
2.1.4 红外线	25
2.1.5 光波	25
2.2 天线	25
2.2.1 辐射模式	25
2.2.2 天线类型	26
2.2.3 天线增益	28

2.3	传播方式	28
2.3.1	地波传播	29
2.3.2	天波传播	30
2.3.3	直线传播	30
2.4	直线传输系统中的损伤	31
2.4.1	衰减	31
2.4.2	自由空间损耗	32
2.4.3	噪声	33
2.4.4	大气吸收	34
2.4.5	多径	34
2.4.6	折射	35
2.5	移动环境中的衰退	35
2.5.1	多径传播	36
2.5.2	衰退类型	37
2.5.3	差错补偿机制	37
2.6	多普勒效应	38
2.7	信号编码技术	38
2.7.1	数据、信号和传输的模拟与数字之分	38
2.7.2	信号编码准则	42
2.7.3	数字数据与模拟信号	43
2.7.4	模拟数据与模拟信号	44
2.7.5	模拟数据与数字信号	44
2.8	扩频技术	45
2.8.1	扩频技术的基本原理	45
2.8.2	扩频技术的分类	46
2.9	差错控制技术	48
	习题	48
	参考文献	51
第3章	无线局域网	52
3.1	概述	52
3.1.1	无线局域网的覆盖范围	52
3.1.2	无线局域网的特点	53
3.1.3	无线局域网的发展历程与相关标准化活动	55
3.1.4	无线局域网的分类与应用	58
3.2	无线局域网的体系结构与服务	60
3.2.1	无线局域网的组成结构	60
3.2.2	无线局域网的拓扑结构	63
3.2.3	无线局域网的服务(Service)	66

3.3	无线局域网的协议体系	68
3.4	IEEE 802.11 物理层	71
3.4.1	初始的 IEEE 802.11 物理层	72
3.4.2	IEEE 802.11a	72
3.4.3	IEEE 802.11b	74
3.4.4	IEEE 802.11g	75
3.4.5	IEEE 802.11n	76
3.5	IEEE 802.11 媒体访问控制层	78
3.5.1	可靠的数据传送	78
3.5.2	接入控制	78
3.5.3	MAC 帧	82
3.6	其他 IEEE 802.11 标准	85
3.7	无线局域网安全	86
3.7.1	安全威胁 War-Xing	86
3.7.2	IEEE 802.11 安全标准	88
3.7.3	WAPI	89
3.8	5G Wi-Fi	90
	习题	91
	参考文献	96
第 4 章	无线个域网	97
4.1	概述	97
4.2	IEEE 802.15 标准	98
4.2.1	标准构成	98
4.2.2	IEEE 802.15.3	100
4.2.3	IEEE 802.15.3a	101
4.2.4	IEEE 802.15.4	101
4.3	蓝牙技术	101
4.3.1	蓝牙技术的诞生与发展	101
4.3.2	蓝牙技术介绍	102
4.3.3	蓝牙标准文档构成	103
4.3.4	蓝牙协议体系结构	104
4.3.5	应用模型	105
4.3.6	蓝牙应用	106
4.3.7	微微网和散布式网络	107
4.3.8	蓝牙规范的五层核心协议	108
4.4	ZigBee 技术	111
4.4.1	ZigBee 的特点	111
4.4.2	ZigBee 标准体系	112

4.4.3	ZigBee 网络的结构	112
4.4.4	ZigBee 协议架构	113
4.4.5	ZigBee 网络节点类型	114
4.4.6	ZigBee 技术应用	114
习题		115
参考文献		117
第 5 章 无线城域网		118
5.1	无线城域网概况	118
5.1.1	无线城域网技术的形成	118
5.1.2	WiMAX 论坛	119
5.2	IEEE 802.16 协议体系	120
5.2.1	概述	120
5.2.2	标准化进程	121
5.2.3	IEEE 802.16d 协议及系统概述	124
5.3	IEEE 802.16 的物理层	126
5.3.1	WirelessMAN-SC	126
5.3.2	WirelessMAN-SCa	126
5.3.3	WirelessMAN-OFDM	127
5.3.4	WirelessMAN-OFDMA	127
5.3.5	信道模型	127
5.4	IEEE 802.16 的 MAC 层	127
5.5	MAC 层的链路自适应机制	129
5.6	IEEE 802.16 系统的 QoS 架构	130
5.6.1	服务类别的定义	130
5.6.2	QoS 框架和交互机制	132
5.6.3	服务提供及自动配置	133
5.7	IEEE 802.16 系统的移动性	135
5.8	WiMAX 与其他技术的竞争	137
5.8.1	WiMAX 技术与 Wi-Fi 技术的竞争	137
5.8.2	WiMAX 技术与 3G/4G 技术的竞争	138
5.9	产业发展	139
5.9.1	产业链	139
5.9.2	国外 WiMAX 产业布局	139
习题		140
参考文献		141
第 6 章 无线广域网		142
6.1	概述	142

6.2	3G/4G 技术	144
6.2.1	3G 技术	144
6.2.2	4G 技术	145
6.3	卫星通信系统	147
6.3.1	卫星通信系统的概念	148
6.3.2	卫星通信系统的分类	148
6.3.3	卫星通信系统的特点	149
6.3.4	卫星移动通信系统成功案例	150
6.4	IEEE 802.20 技术	151
6.4.1	技术特性	151
6.4.2	IEEE 802.20 与其他技术间的关系	153
6.4.3	IEEE 802.20 展望	155
	习题	155
	参考文献	156
第 7 章	移动 Ad Hoc 网络	157
7.1	概述	157
7.1.1	移动 Ad Hoc 网络产生的需求背景	157
7.1.2	移动 Ad Hoc 网络发展简述	158
7.1.3	移动 Ad Hoc 网络的定义	161
7.1.4	移动 Ad Hoc 网络的特点	164
7.1.5	移动 Ad Hoc 网络中的问题	166
7.2	移动 Ad Hoc 网络的 MAC 层	168
7.2.1	Ad Hoc MAC 协议分类	168
7.2.2	竞争类 MAC 协议	169
7.2.3	分配类协议	174
7.2.4	混合类协议	176
7.3	移动 Ad Hoc 网络的网络层	179
7.3.1	Ad Hoc 路由协议分类	179
7.3.2	主动式路由协议	180
7.3.3	按需路由协议	181
7.3.4	混合路由协议	183
7.3.5	多径路由技术	184
7.3.6	多目标路由协议	185
7.3.7	路由协议的性能分析与评价	187
7.4	移动 Ad Hoc 网络的 IP 地址分配技术	190
7.5	移动 Ad Hoc 网络的功率控制	192
7.5.1	功率消耗源	192
7.5.2	功率控制	193

7.5.3 通用节能途径	194
7.6 移动 Ad Hoc 网络的 QoS 问题	195
7.6.1 服务质量参数	195
7.6.2 移动 Ad Hoc 网络提供 QoS 支持所面临的问题与困难	196
7.6.3 折中原理	196
7.6.4 处理方法	197
7.7 移动 Ad Hoc 网络的安全问题	197
7.7.1 移动 Ad Hoc 网络面临的安全威胁	197
7.7.2 安全目标	198
7.8 移动 Ad Hoc 网络的应用	198
习题	200
参考文献	201
第 8 章 无线传感器网络	202
8.1 什么是无线传感器网络	202
8.2 无线传感器网络的体系结构	202
8.3 无线传感器网络的特点	205
8.4 无线传感器网络的应用	207
8.5 无线传感器网络的 MAC 协议	209
8.6 无线传感器网络的路由协议	211
8.7 无线传感器网络的拓扑控制	213
8.8 无线传感器网络的定位技术	214
8.9 无线传感器网络的时间同步机制	215
8.10 无线传感器网络的安全技术	216
8.11 无线传感器网络的数据管理	217
8.12 无线传感器网络的数据融合	217
习题	218
参考文献	218
第 9 章 无线 Mesh 网络	219
9.1 概述	219
9.1.1 无线 Mesh 网络的起源	219
9.1.2 移动 Ad Hoc 网络向无线 Mesh 网络的演进	222
9.1.3 无线 Mesh 网络与其他无线网络的主要区别	225
9.1.4 无线 Mesh 网络的主要优缺点	227
9.2 无线 Mesh 网络的结构	228
9.2.1 无线 Mesh 网络结构的分类	228
9.2.2 IEEE 802 标准族对 Mesh 结构的支持	231
9.3 无线 Mesh 网络 MAC 协议	237