

WILEY



经典译丛

信息与通信技术

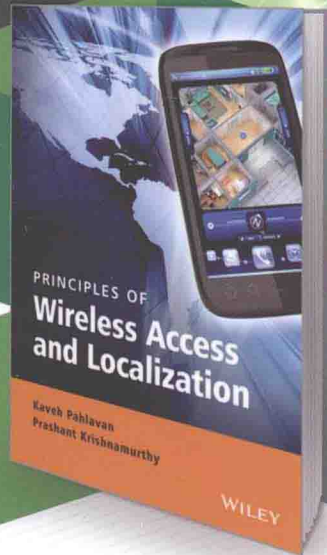
Principles of Wireless Access and Localization

# 无线接入与定位 ——原理与技术

Principles of Wireless Access and Localization

【美】 Kaveh Pahlavan 著  
Prashant Krishnamurthy

王海 郭艳 陈涓 胡磊 等译



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

经典译丛·信息与通信技术

# 无线接入与定位

## ——原理与技术

Principles of Wireless Access and Localization

[美] Kaveh Pahlavan 著  
Prashant Krishnamurthy

王海郭艳 等译  
陈涓胡磊

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以无线,网络为研究背景,对目前主要的无线网络和定位技术做了系统而全面的阐述。本书展示了广域网、局域网和个域网中用来提供无线接入和定位的基础设施设计和部署原则。第一部分(第2章至第4章)介绍了传输和接入基础,讲解了无线媒体的特点,详细论述了无线网络物理层特性和媒体接入方法。第二部分(第5章至第7章)详细介绍了网络底层设计的原理,深入阐述了无线网络的应用、操作及安全问题。第三部分(第8章至第10章)概括了无线局域网接入技术,其中详细介绍了无线局域网、低功率传感器网络及无线以太网接入技术。第四部分(第11章至第13章)论述了无线广域网接入技术,内容涵盖 TD-MA 蜂窝网、CDMA 蜂窝网、OFDM 和 MIMO 蜂窝网。第五部分(第14章至第16章)详细介绍了无线定位技术,在引入地理位置信息系统的基础上,详细介绍了射频定位的基本原理,最后阐述了实际应用中的定位技术。本书通过实际案例和图表对原理、标准与核心技术进行了辅助说明,并设计了具有针对性的习题、思考题以供读者参考学习,学生可以利用 MATLAB 进行仿真来解决这些问题。

本书可用作高年级信息与通信工程专业本科生、研究生的教材,对从事无线通信、网络研究的教学和科研人员及工程技术人员也有很好的参考价值,同时适合对无线通信和网络相关领域感兴趣的读者自学。

Principles of Wireless Access and Localization, 9780470697085, Kaveh Pahlavan, Prashant Krishnamurthy  
Copyright © 2013, John Wiley & Sons, Ltd.

All rights reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Ltd.

本书简体中文版专有翻译出版权由 John Wiley & Sons, Ltd. 授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2014-5487

### 图书在版编目(CIP)数据

无线接入与定位:原理与技术/(美)卡韦赫·巴列维安(Kaveh Pahlavan),(美)普拉沙特·克里希纳穆尔蒂(Prashant Krishnamurthy)著;王海等译. —北京:电子工业出版社,2017.8  
(经典译丛·信息与通信技术)

书名原文:Principles of Wireless Access and Localization

ISBN 978-7-121-30700-3

I. ①无… II. ①卡… ②普… ③王… III. ①无线接入技术 ②无线电定位 IV. ①TN92 ②TN95

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 312915 号

策划编辑:马 岚

责任编辑:周宏敏

印 刷:北京京科印刷有限公司

装 订:北京京科印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:35.5 字数:932 千字

版 次:2017 年 8 月第 1 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:109.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:classic-series-info@phei.com.cn。

## 译者序

我们很高兴向各位读者推荐 Pahlavan 教授的新书《无线接入与定位——原理与技术》。

Kaveh Pahlavan 教授是国际上知名的无线网络与定位技术专家。他是美国伍斯特理工学院无线信息网络研究中心主任，电子与通信工程系教授和计算机系教授，他也是芬兰奥卢大学电信实验室和无线通信中心的访问教授。他的研究领域是基于位置感知的宽带传感器和自组织网络，出版了多部有关无线网络的书籍。

本书凝聚了 Pahlavan 教授的研究精华。在书中，他以多年深厚的无线网络研究功底为依托，对目前主要的无线网络和定位技术进行了系统而全面的阐述。本书分析了广域网、局域网和个域网中用来提供无线接入和定位的基础设施设计和部署原则。本书第一部分讲解了无线媒体的特点，详细论述了无线网络物理层特性和媒体接入方法。第二部分探讨了网络底层设计的原理，深入阐述了无线网络的应用、操作及安全问题。第三部分则概括了无线局域网接入技术，其中详细介绍了无线局域网、低功率传感器网络及无线以太网接入技术。第四部分论述了无线广域网接入技术，内容涵盖 TDMA 蜂窝网、CDMA 蜂窝网、OFDM 和 MIMO 蜂窝网。第五部分详细介绍了无线定位技术，在引入地理位置信息系统的基础上，详细介绍了射频定位的基本原理，最后阐述了实际应用中的定位技术。本书通过实际案例和图表对原理、标准与核心技术进行了辅助说明，并设计了具有针对性的习题、思考题以供读者参考学习，学生可以利用 MATLAB 仿真来解决这些问题。本书可用作高年级信息与通信工程专业本科生、研究生的教材，对从事无线通信、网络研究的教学和科研人员及工程技术人员也有很好的参考价值。同时适合对无线通信和网络相关领域感兴趣的读者自学。

本书第 1 章、第 11 章和第 12 章由王海翻译，第 2 章至第 5 章由郭艳翻译，第 6 章由胡磊翻译，第 7 章由秦恒加翻译，第 8 章和第 9 章由陈涓翻译，第 10 章由庄洁琼翻译，第 13 章由谢劼劼翻译，第 14 章由连良翻译，第 15 章由苏国强翻译，第 16 章由王玉鑫翻译。全文由王海、张娟统校。

由于译者水平有限，本书中翻译错误和不当之处在所难免，敬请读者提出宝贵意见。来信请寄 [haiwang@ieee.org](mailto:haiwang@ieee.org)。

译者  
2017 年 1 月

# 前 言

工科领域正在经历一场“变革”，即从传统的目标式课程教学向“多学科”课程和“交叉学科”研究领域迁移，以培养学生的创新和创业能力。这一现状需要更加频繁的课程更新和调整，以项目为导向提供教学内容，以及在研究课题里形成跨学科协作的能力。这种形式的成功转型需要创业精神以及前瞻能力，以适应这些频繁的变化和业界的经验，将变革引向新兴的交叉学科领域。无线接入和定位是在过去几十年里出现的一个极好的样板，它是多学科研究和学术领域融合的标杆。无线接入和定位的教学内容包含诸如信号处理、数字通信、排队论、检测和估算理论，以及导航等多个学科。无线接入和定位的课程内容对传统的电子和计算机工程(ECE)与计算机科学(CS)学生以及新出现的多学科交叉领域如机器人和生物医学工程，甚至传统的机械和土木工程领域都有益处。传统的机械和土木工程也像 ECE 一样，正在向交叉学科课程迁移。未来网络物理系统在这些多学科和交叉学科领域的工程项目里将起到重要的作用，无线接入和定位在将所有这些系统集成在一起时至关重要。因此，有必要在院校里开设课程，采用详细的教材实施无线接入和定位原则这一多学科课题的教学。

要准备一本适合在院校教学的涉及多学科领域的课程教材，需要从多个学科的大量实践环节里选择适合的内容，从而给用户一个直观的感受，以了解这些学科是如何工作和互相交互的。在本书中，为了达到此目标，我们将描述重要的无线组网标准和定位技术，从逻辑上厘清其潜在的科学与工程问题，同时详细描述成功转化为实际应用的科学和工程案例。在一个拥有纷繁多样技术规则的多学科领域里选择详细的技术素材非常具有挑战性，尤其是在教授无线接入和定位这一领域时更是如此，因为在这个领域里，课堂上需要掌握的重点技能随时间在不断变更。

20 世纪 90 年代，无线信息网络的成功催生了一系列介绍广域和局域无线网络的教科书 [Pah95, Goo97, Wal99, Rap03, Pah02]。这些教材的技术重点放在描述广域蜂窝网络和无线局域网络，由电气工程和计算机工程领域的教授编著，不同程度地侧重于无线网络的底层问题以及系统工程方面实现细节的描述。在过去十年里，无线定位的重要作用越来越凸显，而前述教材却没有将无线定位技术的细节作为重点。因此，目前尚没有一本教材综合讲述无线接入和定位技术。无线接入和定位在应用以及设计和工作模式上高度相关，在理解物理层实现和理解无线电波的环境传播原理上，两种技术均有非常多的共同点。

本书详细阐述了无线接入和定位技术。本书的新颖之处在于重点研究了在不同网络里的无线电传播与物理层问题，这些问题与如何形成和发送分组、接收到的信号如何被用作无线电定位有关。本书的结构和顺序最初来源于第一作者在马萨诸塞州伍斯特工学院(WPI)为研究生院授课时使用的系列讲稿，名为“无线接入与定位”。第一作者还在不同的会议和大学里讲授过这两个专题的短课程。本书的合著者在匹兹堡大学为信息科学和电信专业的一年级研究生和低年级/高年级本科生讲授过书中部分内容。

本书的结构组织如下。首先概述基于公共交换电话网(PSTN)以及基于因特网的用于传输面向话音和面向数据信息的无线接入技术发展，然后概述无线定位技术。接下来分为四个

部分,每个部分包含数章。第一部分包含第2章到第4章,解释了无线网络物理层的设计和分析原则。在第2章中,我们在该部分的开头描述了无线信道在室内和市区内的多径传输特性,这一特性对于新出现的智能无线终端的无线接入和定位都适用。然后解释了信号的多径到达将如何影响波形的传输,从而影响无线接入和定位。在第3章、第4章中,我们将分别讨论比特信息如何传输,以及分组信息如何形成并传输。本书的第二部分专门讨论设计无线网络基础设施的原则,本部分包含三章,即第5~7章,分别讲述这些网络的部署、运行和安全。

第三部分专门讨论无线局域接入技术。本部分的章节覆盖了传统的无线局域网(第8章)和低功率传感器技术(第9章)以及面向吉比特无线接入的技术(第10章)。本书的第四部分描述了广域无线蜂窝网采用的技术,其中的三章分别讨论 TDMA 技术(第11章), CDMA 技术(第12章),以及在2G、3G和4G蜂窝网络中使用的 OFDM/MIMO 技术(第13章)。第五部分讨论无线定位技术,其中的三章分别描述系统问题(第14章)、无线定位的原则(第15章)以及这些技术的实用问题(第16章)。

本书的结构划分,使得不同学科的教师能够灵活地选取必需的教学内容。我们认为,对于学生来说难点在于第2~5章以及第15、16章,这些章节概括性地提供了各种技术和算法的数学描述。本书的其余章节从数学上看起来简单一些,但是包含了系统如何工作的更多细节。为了使学生更容易理解难点部分,教师可以对这些主题适当进行穿插融合。举例来说,本书的第一作者曾经在本科生的—门无线网络课程中讲授了相似的内容:首先介绍信道行为(第2章),接下来在讲解 TDMA 蜂窝网络(第11章)之前介绍了指定的接入方法(第4章),然后,介绍扩频调制和编码技术(第3章)以及 CDMA 蜂窝网络(第4章和第12章的一部分),最后在论述无线局域网(第8章)之前先讲述了多维星座图(第3章)。他所开的关于无线接入和定位的新研究生课程则深入阐述第1~5章和第14~16章。

实际上,我们相信这是一个能够帮助学生理解无线接入与定位基础概念的有效方法。因此,根据对内容的取舍、所涵盖范围的深度和学生、老师不同背景,本书可以用作为计算机科学、电子与通信工程、机器人、生物医学、机械或土木工程高年级本科生以及—、二年级研究生开设的—门或两门系列课程的教材。

作者第一次产生编写本书的想法是在2007年,当时要修订作者以前出版的 *Principles of Wireless Network: A unified Approach* 一书,将其扩展以包含新出现的无线定位技术。当本书于2013年新年前刚刚完成时,我们发现本书已经与前书有了本质的区别,因此决定将其作为—本独立的书籍出版,并给其起了—个更恰当的书名——《无线接入与定位——原理与技术》。

本书第—作者的大部分写作是其2011年春季学期离开马萨诸塞州伍斯特市的伍斯特理工学院,而在马萨诸塞州剑桥市的哈佛大学工程和应用科学学院渡过的学术假期里完成的。在此对伍斯特理工学院和哈佛大学给他提供—机会表示深深感谢。特别感谢哈佛大学的 Vahid Tarokh 教授及时地安排访学,感谢哈佛大学工程和应用科学学院院长 Cherry A. Murray 批准作者的访学。同时也感谢 WPI ECE 系主任 Fred Looft 教授,以及 WPI 的 John A. Orr 教务长,感谢他们对作者在学术假期里从事本书撰写的支持。

有关定位和体域网的大量新素材取自于 WPI 无线信息网络研究中心(CWINS)学生的研究工作。我们非常有幸感谢这些学生和同事的贡献,以协助我们理解无线信道的特点及其在无线接入和定位技术上的应用。作者要特别感谢 CWINS 的 Xinrong Li 博士、Bardia Alavi 博

士、Nayef Alsindi 博士、Mohammad Heidari 博士、Ferit Akgul 博士、Muzzafer Kannaan 博士、Yunxing Ye 博士和 Umair Kan, WPI 的 Sergey Makarov 教授、Turfs 大学的 Pratap Misra 教授, 以及 Ted Morgan 先生和 Skyhook 无线通信公司的 Farshid Alizadeh 博士, 他们直接或间接地帮助作者扩展了这方面的知识, 并协助作者明晰了在准备本书新素材上的思路。我们还需要特别感谢美国国家科学基金会(NSF), 国防远景研究规划局(DARPA), 国家标准和技术委员会(NIST)、国防部(DoD)<sup>①</sup>, 以及美国的 Skyhook 公司, 芬兰技术和研究基金会(TEKES)以及芬兰的 Nokia 公司资助了 WPI 的 CWINS 项目, 使得 CWINS 的研究生以及职员持续地从事这一重要领域的研究。本书新素材里的一大部分来自于这些机构的资助成果。

另外, 作者还要向 Allen Levesque 博士致谢, 这是因为他和第一作者在另外一些书中所做的工作, 间接影响到了本书的构思和内容细节。作者还要感谢 Norwich 大学的 Jacques Beneat 教授的间接帮助, 他为我们的另外一本书 *Principles of Wireless Network: A unified Approach* 准备了参考手册。这本书用到了里面的很多习题和答案。第一作者同时要感谢 Mohammad Heidari 博士、Yunxing Ye 博士、Bader Alkandari 博士, 他们在前述习题解答的基础上准备了本书的习题答案, 感谢 Guanqun Bao 和 Bader Alkandari, 感谢他们仔细地校对了几章。本书的第二作者还要向匹兹堡大学讲授电信与网络方面研究生课程的 Richard Thompson 博士、David Tipper 博士、Martin Weiss 博士、Taieb Znati 博士表达谢意。作者在与他们的交流和交往中学到了很多知识, 也了解了许多有关网络方面的不同观点。与第一作者一样, 他想感谢他的在读学生和前学生, 他们直接或间接地帮助作者扩展了这方面的知识, 并协助作者明晰了在准备本书新素材上的思路。同样, 我们还要感谢 WPI CWINS 实验室的所有研究生和工作人员, 以及匹兹堡大学电信工程专业的许多研究生, 他们的工作以及他们与作者的交流都直接或间接地影响到了本书的内容编排。

我们在参考资料中没有直接提及因特网上的一些资源, 特别是 Wikipedia。尽管有人质疑网上资源的准确性, 然而这些资源却能够使我们快速获得信息、参数、缩略语和其他一些有用的参考文献, 帮助我们积累更全面、更新的有关标准和技术内容。我们真心感谢这些使我们获益的资源。

作者还要感谢 John Wiley & Sons 出版社的 Mark Hammond、Sarah Tilley 以及 Sandra Grayson 提供的帮助, 感谢他们在本书出版各阶段提出的建设性意见, 感谢 Aptaracorp 公司的 Shikha Jain 在手稿审校过程中提供的帮助。最后, 我们感谢 John Wiley & Sons 出版社提供本书的 Web 网站服务。网址是 <http://www.wiley.com/go/pahlavan/principles>。

---

<sup>①</sup> 以上均是美国的机构, 因此“国家”指的是美国。——译者注



# 目 录

第 1 章 概要	1
1.1 概要	1
1.2 信息网络的要素	2
1.2.1 应用、设备和网络的发展	4
1.2.2 信息网络基础结构和无线接入	5
1.2.3 无线接入与定位之间的关系	8
1.2.4 信息网络的标准化组织	8
1.2.5 无线组网标准发展的四个市场	10
1.2.6 无线数据应用的发展趋势	11
1.3 无线接入到 PSTN 的发展	13
1.3.1 无绳电话系统	14
1.3.2 蜂窝电话网络	15
1.4 无线接入到因特网的发展	16
1.4.1 局域无线数据网络	17
1.4.2 广域无线数据网络	19
1.5 无线定位技术的发展	22
1.5.1 基于 TOA 的无线定位	22
1.5.2 基于 RSS 的定位	23
1.6 本书的结构	24
1.6.1 第一部分：空中接口设计的基本原则	25
1.6.2 第二部分：网络基础设施设计的基本原则	25
1.6.3 第三部分：无线局域接入	26
1.6.4 第四部分：广域无线接入	27
1.6.5 第五部分：无线定位	28
思考题	28
项目	29

## 第一部分 空中干扰设计

第 2 章 无线媒体特性	31
2.1 引言	31
2.1.1 多径传播的产生	31
2.1.2 多径传播的影响	32
2.1.3 无线通信应用的应用信道模型	34
2.2 大规模 RSS 模型、路径损耗模型和阴影衰落模型	35



2.2.1	大规模 RSS 的一般特征 .....	35
2.2.2	Friis 等式和自由空间的路径损耗模型 .....	37
2.2.3	路径损耗梯度的经验确定法 .....	40
2.2.4	阴影衰落和衰落余量 .....	41
2.2.5	常用的路径损耗和阴影衰落模型 .....	43
2.3	RSS 波动模型和多普勒谱 .....	47
2.3.1	Friis 等式和几何射线追踪 .....	48
2.3.2	小尺度衰落建模 .....	54
2.3.3	多普勒谱 .....	55
2.4	多路径特点的宽带模型 .....	56
2.4.1	冲激响应和多径强度以及带宽 .....	57
2.4.2	多径扩散和符号间串扰以及带宽 .....	58
2.4.3	标准化组织的宽带信道模型 .....	60
2.4.4	仿真信道行为 .....	61
2.5	新兴信道模型 .....	62
2.5.1	地理定位宽带信道模型 .....	63
2.5.2	单输入多输出(SIMO)和多输入多输出(MIMO)信道模型 .....	65
附录 A2:	什么是分贝 .....	66
思考题	.....	67
习题	.....	67
项目	.....	72
<b>第 3 章</b>	<b>无线网络物理层的可选方案 .....</b>	<b>77</b>
3.1	引言 .....	77
3.2	物理层基础:数据传输速率、带宽和功率 .....	77
3.2.1	数据率和带宽 .....	78
3.2.2	功率和差错率 .....	78
3.2.3	可提高数据率的香农-哈特利约束 .....	81
3.3	多径无线信道的性能 .....	83
3.3.1	平坦衰落的影响 .....	83
3.3.2	基于多径的 ISI 影响 .....	85
3.4	无线传输技术 .....	87
3.4.1	功率高效的短距离基带传输 .....	87
3.4.2	高效带宽的载波调制传输技术 .....	88
3.5	抗多径技术 .....	93
3.5.1	平坦衰落、天线分集和 MIMO .....	94
3.5.2	跳频扩频传输 .....	96
3.5.3	FH-CDMA 和 OFDM .....	98
3.5.4	直接序列扩频传输 .....	100
3.5.5	DS-CDMA 和 $M$ 进制正交编码 .....	102

3.5.6	DSSS、FHSS 和 OFDM 的比较	103
3.6	无线通信的编码技术	106
3.6.1	块编码	107
3.6.2	卷积码	108
3.6.3	Turbo 码和其他的先进编码	109
3.6.4	空时编码	109
3.6.5	自动重传请求方案	110
3.6.6	块交织	110
3.6.7	扰码	111
3.6.8	语音编码	112
3.7	认知无线电和动态频谱接入	113
附录 A3		114
思考题		114
习题		115
项目		119
<b>第 4 章</b>	<b>媒体接入方法</b>	<b>120</b>
4.1	简介	120
4.2	集中分配接入方法	121
4.2.1	频分多址	122
4.2.2	时分多址	124
4.2.3	码分多址(CDMA)	127
4.2.4	码分多址、时分多址和频分多址的比较	129
4.2.5	分配接入方法的性能	132
4.3	面向数据网络的分布式随机接入方法	135
4.3.1	数据服务随机接入方法	135
4.3.2	局域网接入方法	141
4.3.3	随机接入方法性能	146
4.4	语音和数据业务集成	152
4.4.1	集成服务的接入方法	153
4.4.2	面向语音网络的数据集成	153
4.4.3	面向数据网络的语音集成	158
思考题		164
习题		164

## 第二部分 网络基础设施设计原则

<b>第 5 章</b>	<b>无线网络的部署</b>	<b>169</b>
5.1	引言	169
5.2	无线网络架构	170
5.2.1	基于拓扑的无线网络的分类	171

5.2.2	基于覆盖范围的无线网络的分类 .....	173
5.3	无线网络中的干扰 .....	174
5.3.1	干扰范围 .....	175
5.3.2	干扰概率 .....	177
5.3.3	实验结果 .....	179
5.4	无线局域网的部署 .....	182
5.5	蜂窝拓扑结构、蜂窝基础和频率复用 .....	186
5.5.1	蜂窝概念 .....	186
5.5.2	蜂窝层次 .....	188
5.5.3	蜂窝基础和频率复用 .....	189
5.5.4	信干比计算 .....	190
5.6	容量扩展技术 .....	193
5.6.1	扩展容量的建设方案 .....	194
5.6.2	信道分配技术和容量扩展 .....	201
5.6.3	迁移到数字系统 .....	207
5.7	CDMA 系统的网络规划 .....	208
5.7.1	CDMA 网络规划中的问题 .....	208
5.7.2	传统系统的迁移 .....	209
5.8	毫微微蜂窝 .....	210
	思考题 .....	211
	习题 .....	211
<b>第 6 章</b>	<b>无线网络的运行</b> .....	<b>213</b>
6.1	概要 .....	213
6.1.1	蜂窝电话网络的运行 .....	213
6.1.2	无线局域网的运行 .....	216
6.1.3	无线个域网的运行 .....	217
6.2	小区搜索与注册 .....	218
6.3	移动性管理 .....	219
6.3.1	位置管理 .....	220
6.3.2	转交管理 .....	224
6.3.3	移动 IP 与 IMS .....	231
6.4	无线电资源与功率管理 .....	235
6.4.1	调整链路质量 .....	236
6.4.2	功率控制 .....	236
6.4.3	无线网络中的功率节省机制 .....	240
6.4.4	能量高效的设计 .....	241
6.4.5	能量高效的软件方法 .....	244
	思考题 .....	245
	习题 .....	245
	项目：阴影衰落与转交的仿真 .....	247

第7章 无线网络安全	251
7.1 简介	251
7.1.1 一般的安全威胁	251
7.1.2 安全加密协议	253
7.2 无线局域网的安全	253
7.2.1 安全威胁	253
7.2.2 安全协议	254
7.3 无线个人网络安全	258
7.3.1 安全威胁	258
7.3.2 安全协议	260
7.4 广域无线网络安全	261
7.4.1 安全威胁	261
7.4.2 安全协议	263
7.5 其他问题	266
附录 A7 加密和加密协议概述	267
加密原语	267
思考题	276
习题	276
项目	277

### 第三部分 无线本地接入

第8章 无线局域网	279
8.1 简介	279
8.1.1 早期经验	279
8.1.2 免授权频段的出现	280
8.1.3 产品、频段及标准	281
8.1.4 市场策略的转变	282
8.2 无线局域网及标准	284
8.2.1 WLAN 标准与 802.11 标准的活动	285
8.2.2 以太网和 IEEE 802.11	286
8.2.3 IEEE 802.11 概述	287
8.3 IEEE 802.11 WLAN 操作	289
8.3.1 拓扑与结构	289
8.3.2 IEEE 802.11 MAC 层	293
8.3.3 物理层	299
8.3.4 基本结构 WLAN 的容量	307
8.3.5 IEEE 802.11 的安全问题及实现	309
思考题	311
习题	312
项目	316

第9章 低功耗传感器网络	319
9.1 简介	319
9.2 蓝牙	320
9.2.1 整体结构	321
9.2.2 协议栈	322
9.2.3 物理层	324
9.2.4 MAC 机制	325
9.2.5 帧格式	326
9.2.6 连接管理	331
9.2.7 安全性	333
9.3 IEEE 802.15.4 和 ZigBee	333
9.3.1 整体结构	333
9.3.2 协议栈及操作	335
9.3.3 物理层	336
9.3.4 MAC 层	338
9.3.5 帧结构	339
9.3.6 ZigBee 与蓝牙和 WiFi 的比较	340
9.4 IEEE 802.15.6 体域网	341
9.4.1 什么是 BAN	341
9.4.2 整体结构及应用	342
9.4.3 信道测量及建模	343
9.4.4 物理层和 MAC 层	348
思考题	349
习题	350
第10章 千兆无线技术	351
10.1 简介	351
10.1.1 3.1~10.6 GHz 的超宽带(UWB)组网	351
10.1.2 60 GHz 的千兆无线技术	353
10.2 3.1~10.6 GHz 的 UWB 通信技术	354
10.2.1 脉冲无线电和跳时接入	354
10.2.2 直接序列 UWB	357
10.2.3 多频带正交频分复用	360
10.2.4 UWB 通信的信道模型	362
10.3 60 GHz 的千兆无线技术	366
10.3.1 体系架构和应用场景	367
10.3.2 传输和媒体接入	368
10.3.3 60 GHz 毫米波网络的信道模型	370
思考题	372
习题	372

## 第四部分 广域无线接入

第 11 章 TDMA 蜂窝系统 .....	375
11.1 简介 .....	375
11.2 什么是 TDMA 蜂窝 .....	376
11.2.1 传统业务和不足 .....	376
11.2.2 蜂窝网络参考体系结构 .....	377
11.3 支持移动环境的机制 .....	381
11.3.1 注册 .....	381
11.3.2 呼叫建立 .....	382
11.3.3 切换 .....	383
11.3.4 安全 .....	384
11.4 通信协议 .....	385
11.4.1 第一层:物理层 .....	386
11.4.2 第二层:数据链路层 .....	392
11.4.3 第三层:网络层 .....	392
11.5 蜂窝网络的信道模型 .....	394
11.5.1 蜂窝网络路径损耗模型 .....	394
11.5.2 蜂窝网络散射函数模型 .....	397
11.6 TDMA 蜂窝网络的传输技术 .....	398
11.7 用于因特网接入的 TDMA 演进 .....	401
11.7.1 体系结构和 MAC 层的改变 .....	401
11.7.2 TDMA 分组交换网络的数据率 .....	403
思考题 .....	404
习题 .....	405
第 12 章 CDMA 蜂窝系统 .....	407
12.1 简介 .....	407
12.2 为什么需要 CDMA .....	408
12.3 基于 CDMA 的蜂窝系统 .....	409
12.4 直接序列扩频 .....	410
12.4.1 直接序列扩频的接收处理 .....	411
12.4.2 使用正交序列实现信道分离 .....	412
12.4.3 多径分集与 PN 序列 .....	415
12.5 范例 CDMA 系统中的通信信道和协议 .....	419
12.5.1 2G CDMA 系统 .....	419
12.5.2 3G UMTS 系统 .....	427
12.6 CDMA 里的小区搜索、移动性和无线电资源管理 .....	428
12.6.1 小区搜索 .....	429
12.6.2 软切换 .....	430
12.6.3 功率控制 .....	433

12.7	高速分组接入 .....	435
	思考题 .....	437
	习题 .....	438
<b>第 13 章</b>	<b>OFDM 和 MIMO 蜂窝系统 .....</b>	<b>441</b>
13.1	引言 .....	441
13.2	为什么要用 OFDM .....	442
13.2.1	多径色散下的鲁棒性 .....	442
13.2.2	资源的灵活配置 .....	446
13.2.3	OFDM 的挑战 .....	447
13.3	多输入多输出 .....	450
13.3.1	分集 .....	450
13.3.2	空间复用 .....	452
13.3.3	波束赋形 .....	453
13.4	WiMax .....	453
13.4.1	WiMAX 的总体结构 .....	455
13.4.2	WiMAX 的 MAC 层 .....	457
13.4.3	WiMAX 的物理层 .....	457
13.5	长期演进 .....	458
13.5.1	结构和协议栈 .....	458
13.5.2	LTE 系统的下行链路 .....	461
13.5.3	LTE 系统的上行链路 .....	463
13.5.4	LTE 系统操作问题 .....	463
13.5.5	杂项 .....	465
13.6	LTE Advanced .....	465
	思考题 .....	466
	习题 .....	466
	项目 .....	467

## 第五部分 无线定位

<b>第 14 章</b>	<b>地理定位系统 .....</b>	<b>470</b>
14.1	引言 .....	470
14.2	无线定位是什么 .....	471
14.2.1	无线紧急服务 .....	472
14.2.2	地理定位系统的性能指标 .....	473
14.3	射频位置检测和定位方法 .....	474
14.3.1	通用结构 .....	474
14.3.2	定位算法 .....	475
14.3.3	蜂窝电话系统的定位标准 .....	481
14.4	蜂窝系统的定位服务架构 .....	483
14.4.1	蜂窝网络架构 .....	484



14.4.2	定位服务体系结构	485
14.4.3	定位服务的空中(接入网络)通信	486
14.4.4	在固定基础设施(核心网络)提供定位服务的信令	487
14.4.5	移动定位协议(MLP)	487
14.5	ad hoc 和传感网络定位	488
	思考题	489
	习题	490
	课题	491
<b>第 15 章</b>	<b>射频定位基础</b>	492
15.1	介绍	492
15.2	射频传感器表征模型	493
15.2.1	RSS 传感器表征模型	493
15.2.2	到达时间传感器表征模型	494
15.2.3	DOA 表征模型	496
15.3	距离测量的性能界	497
15.3.1	估计理论和 CRLB 基本原理	497
15.3.2	基于 RSS 定位	498
15.3.3	基于 TOA 的定位系统	499
15.3.4	基于 DOA 的定位系统	501
15.4	无线定位算法	502
15.4.1	测距和定位间的关系	503
15.4.2	基于 RSS 模式识别算法	504
15.4.3	基于 TOA 的最小二乘法	510
	思考题	511
	习题	512
<b>第 16 章</b>	<b>无线定位实践</b>	514
16.1	引言	514
16.2	无线定位技术的出现	514
16.2.1	Wi-Fi 定位的发展	515
16.2.2	Wi-Fi 定位: TOA 和 RSS	516
16.2.3	基于 RSS 的 Wi-Fi 定位是怎样工作的	517
16.3	Wi-Fi 定位系统的对比	517
16.3.1	RTLS: RFID 应用的 Wi-Fi 定位	518
16.3.2	WPS: 软件 GPS	520
16.4	实际的 TOA 测量	523
16.4.1	使用窄带载波相位测量 TOA	524
16.4.2	宽带 TOA 测量和超分辨率算法	525
16.4.3	UWB TOA 测量	526
16.5	没有 DP 情况下的定位	527
16.5.1	没有 DP 时的测距误差	527

16.5.2	带宽的影响 .....	528
16.5.3	利用多径分集定位 .....	529
16.5.4	使用空间分集的协同定位 .....	530
16.6	人体内部定位的挑战 .....	532
16.6.1	在人体内部基于 RSS 定位的性能界限 .....	533
16.6.2	在人体内基于 TOA 射频定位的挑战 .....	535
16.6.3	人体内传播的宽带射频建模 .....	536
思考题	.....	538
习题	.....	539
项目	.....	539
参考文献	.....	541