

HZ BOOKS
华章教育

计 算 机 科 学 丛 书

Pearson

无线网络与系统

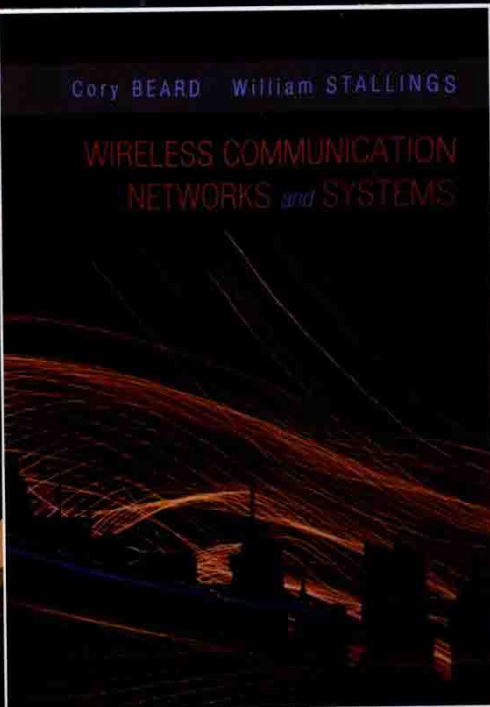
[美] 科里·比尔德 (Cory Beard) 著
威廉·斯托林斯 (William Stallings)

朱磊 许魁 译

Wireless Communication Networks and Systems

Cory BEARD William STALLINGS

WIRELESS COMMUNICATION
NETWORKS *and* SYSTEMS



非外借



机械工业出版社
China Machine Press

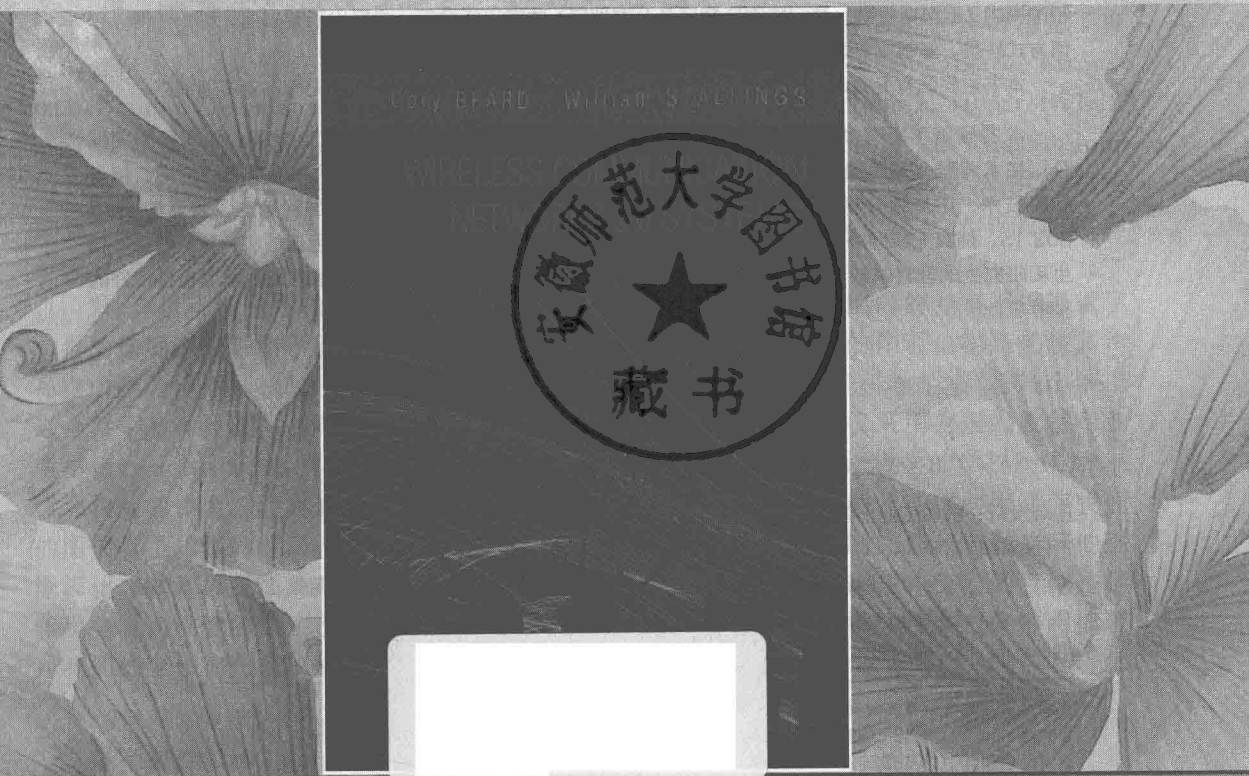
计 算 机 科 学 丛 书

无线通信网络与系统

[美] 科里·比尔德 (Cory Beard) 著
威廉·斯托林斯 (William Stallings)

朱磊 许魁 译

Wireless Communication Networks and Systems



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

无线网络系统与系统 / (美) 科里·比尔德 (Cory Beard), 威廉·斯托林斯 (William Stallings) 著; 朱磊, 许魁译. —北京: 机械工业出版社, 2017.10

(计算机科学丛书)

书名原文: Wireless Communication Networks and Systems

ISBN 978-7-111-58118-5

I. 无… II. ①科… ②威… ③朱… ④许… III. ①无线电通信 - 通信网 ②无线电通信 - 通信系统 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 243375 号

本书版权登记号: 图字 01-2015-5192

Authorized translation from the English language edition, entitled Wireless Communication Networks and Systems, ISBN: 9780133594171 by Cory Beard, William Stallings, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2016.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by CHINA MACHINE PRESS/HUAZHANG CO., Copyright © 2017.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

本书涵盖了所有类型的无线通信, 从卫星通信、蜂窝通信到局域网和个域网。内容分为四部分: 技术背景、无线通信技术、无线局域网与个域网、无线移动网络与应用。涉及无线信道、信号编码技术、正交频分复用、扩频、无线局域网技术和 IEEE 802.11 无线局域网标准、蓝牙和 IEEE 802.15、蜂窝无线网络、第四代通信系统、移动应用和移动 IP 等。本书可作为通信和计算机专业本科生和研究生的教材或教学参考书。对于无线通信和网络方面的科研和工程技术人员, 本书也是很好的参考书。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 谢晓芳

责任校对: 李秋荣

印刷: 三河市宏图印务有限公司

版次: 2017 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm×260mm 1/16

印张: 27.5

书号: ISBN 978-7-111-58118-5

定价: 109.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

文艺复兴以来，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的优势，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭示了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀和发展的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起到积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson, McGraw-Hill, Elsevier, MIT, John Wiley & Sons, Cengage 等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从他们现有的数百种教材中甄选出 Andrew S. Tanenbaum, Bjarne Stroustrup, Brain W. Kernighan, Dennis Ritchie, Jim Gray, Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman, Abraham Silberschatz, William Stallings, Donald E. Knuth, John L. Hennessy, Larry L. Peterson 等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及珍藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力相助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专门为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都将步入一个新的阶段，我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzjsj@hzbook.com

联系电话：(010)88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



近年来,随着数字通信技术和计算机技术的快速发展以及通信网与计算机网络的相互融合,大量新标准、新系统不断涌现,如 Wi-Fi、3G/4G 蜂窝网络、物联网、ZigBee 等。随着移动智能通信设备的不断普及,原本由有线网络承载的宽带互联网业务逐步向无线网络大规模迁移,并逐渐扩展到生产和生活的方方面面。支撑这些新标准和系统的是大量的无线移动通信新技术、新理论以及分析解决问题的新方法。学习和掌握无线通信与网络方面的基本理论、前沿技术是从事无线通信与网络领域教学和科研人员的迫切需求。

本书涵盖了卫星通信、蜂窝通信、无线局域网、无线个域网、固定无线接入网络等无线通信与网络方面的基础理论与前沿技术。不但能够使读者对无线通信的基本理论、概念、分析方法有较为深入的理解,而且能够使读者全面掌握无线通信研究的各个领域、各种前沿技术。本书的内容编排分为:技术背景、无线通信技术、无线局域网与个域网、无线移动网络与应用等专题。本书在技术背景方面主要介绍了传输基础理论、通信网络的基础理论;在无线通信技术方面主要介绍了无线通信概述、信源编码、无线信道、OFDM 调制、扩频调制、差错控制编码等技术;在无线局域与个域网方面主要介绍了无线局域网、蓝牙以及 802.15 等网络;在无线移动网络与应用方面主要介绍了传统的蜂窝无线网络、第四代移动通信以及 LTE-Advanced、卫星通信、智能电网等技术。每部分内容都有全新的视角和独特的方法,非常易于读者理解和掌握。

本书可以作为相关专业研究生的教材或者本科生的阅读材料。

本书主要由中国人民解放军陆军工程大学的朱磊和许魁老师翻译,王飞、沈先丽、孙小丽、牛腾、蒋煜、汪西明、胡国杰、马枝飞等博士和硕士研究生也协助进行了译稿的校对工作。机械工业出版社华章分社的各级领导和编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,借此机会,表示我们诚挚的谢意。最后感谢本书的作者,是他们给了我们这样一个学习和传播他们观点的机会,使我们受益匪浅。

由于本书内容与概念的新颖性以及译者不可避免存在的主观片面性,译稿中难免存在不妥和错误之处。欢迎广大读者及同行专家批评指正,我们将及时进行勘误。

朱磊、许魁

2017年3月于南京

目标

无线技术已成为电信和网络中最令人兴奋的领域。移动电话使用的快速增长，各种卫星服务、无线网络，以及现在的无线智能手机、平板电脑、4G 手机、应用程序和物联网等给电信和网络领域带来了巨大变化。夸张地说，无线技术彻底改变了人们的工作方式，互相交流的方式，甚至影响了社会结构的构成和转变。本书对整个无线通信领域进行了概述。它全面涵盖了从卫星和蜂窝到局域网和个域网的所有类型的无线通信。

本书的内容组织结构尝试将这个很大的主题划分为更易理解的多个部分，并一部分一部分地调研最先进的技术。本书重点讨论无线系统的各个方面——无线通信技术、用于构建无线网络的协议与介质访问控制，并介绍无线系统的部署和管理，以协调整个网络设备（基站、路由器、智能手机、传感器）。完整的无线系统的范例是 4G 长期演进(Long Term Evolution, LTE)系统。

本书讨论了无线通信新的研究领域中最重要技术和体系结构方面的基本原理和主题。之后，本书对一些前沿的主题进行了详细讨论，包括千兆 Wi-Fi、物联网、ZigBee 以及 4G LTE-Advanced。

本书的主题如下。

- **技术和体系结构**：一小部分技术可以用来表征和区分无线通信与组网方式，其中包括：频段、信号编码技术、纠错技术，以及网络体系结构。
- **网络类型**：本书涵盖了无线网络的多个重要类型，包括无线局域网、无线个域网、蜂窝、卫星和固定无线接入网络。
- **设计方法**：本书探讨了针对特定通信需求的替代原则和方法，可以加深读者对无线系统设计的关键原则的理解。
- **标准**：本书提供了一个理解具体无线标准的全面指南，如 ITU、IEEE 802、3GPP 颁布的标准以及其他组织制定的标准。这些标准着重反映了标准在定义一个领域的产品和未来研究方向方面的重要性。
- **应用**：一些重要的操作系统和应用程序（通常称为“app”）已经吸引了无线设备消费者的注意。本书探讨了这些 app，它们使无线设备更加便于用户访问，还详细介绍了这些平台和应用程序的开发过程。

本书包括大量的在线词汇表，并列出了常用的缩略语，以及参考书目。每章都包括为进一步阅读提供的问题和建议。每章还包括用于内容回顾的关键术语和一些复习题。

目标读者

本书在内容编排上主要面向对无线通信网络和系统感兴趣的广大读者和学生。本书内容能够在以下几个方面提供很好的灵活性。

- **多个学科的读者**：本书提供一些基础背景材料和更具深度的材料从而使多个学科的读者也可以从中受益。

- 对于具有**计算机科学与技术**背景知识的读者，本书提供了信号和系统方面易于接受和足够的背景知识。除了学习整个无线系统外，读者可以特别研究支持LTE和移动设备操作系统与程序设计的演进的分组系统。
- 对于**电气工程、计算机工程专业**(甚至其他工程领域)的读者，网络和协议是必须掌握的内容，本书提供了这些高年级本科通信课程的详细内容，而没有必要去学习另一门通信课程。第6~10章深入介绍了无线传输、调制技术、OFDM、CDMA和差错控制编码。本书后续章节中的技术可以用来作为这些技术的例子。本书不仅提供了基本原理，还介绍了目前和未来将要使用的无线技术。
- **不同基础的读者**：对于那些在无线通信方面甚至在通信技术方面刚刚入门的读者，通过本书的学习，他们也可以对无线通信非常精通。对于那些已有一定基础知识的读者，通过阅读本书能够了解无线网络的最新进展。
- **不同深度的内容**：本书提供了不同深度的选项以覆盖不同的内容。最值得注意的是，第5章覆盖了所有的无线概念，这种教程级的概念有助于理解本书其他章节的内容。第6~10章涵盖了相同的主题，有助于部分读者对这部分内容进行更深入的了解。这种内容编排使得具有不同兴趣、不同知识水平和不同专业知识的读者都能够受益。

内容安排

本书的目的是在无线通信的基本原理、无线网络和无线应用等方面提供一个全面的技术研究。本书的主要内容可以分为4个部分，如图P-1所示。

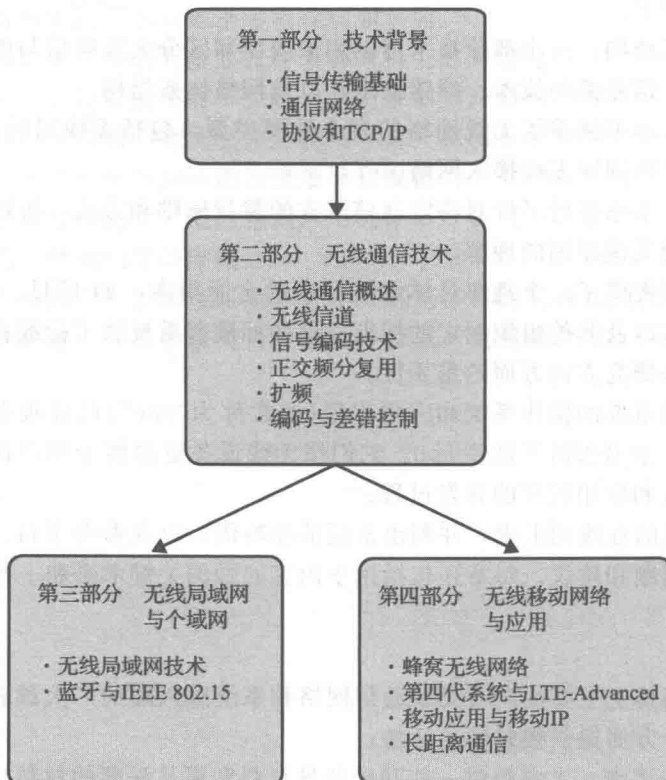


图 P-1 无线主题

第一部分：介绍数据与数据包通信过程，以及协议层、TCP/IP 和数据网络。

第二部分：覆盖关于发送无线信号的过程和对抗无线信道的影响的所有信息。第 5 章对这些内容进行了简要介绍，并通过第 6~10 章进行了详细介绍。

第三部分：对 IEEE 802.11、IEEE 802.15、蓝牙、物联网以及 ZigBee 等内容进行了详细介绍。

第四部分：包括蜂窝移动通信系统原理、LTE、智能手机和移动应用等内容，还涵盖了卫星、固定无线和 WiMAX 等长距离通信。

本书易于开展课程教学，书中包括大量的图表。下面给出更多的细节。每一章还包括关键术语、复习题、问题，以及推荐阅读。本书还包括常用的缩略语以及参考文献清单。

学习的顺序

对于这样广泛的内容，需要根据学生和课程情况对选学内容进行仔细规划。本书提供了一些灵活性。例如，本书中的内容不需要逐章学习。事实上，根据作者的经验，学生和教师能够更快地投入其所需的技术本身中。其中的一个作者在他的课程中经常只需要直接研究 IEEE 802.11(第 11 章)而并不需要集中学习无线通信的全部细节。如果学生已经研究了实际的技术，则也可能需要首先跳过一些物理层的细节(例如，暂时跳过 11.5 节和 11.6 节)，使学生能够更好地参与并开展实际项目研究。

以下是本书的学习建议：

- 第 5 章与第 6~10 章介绍的主题相同，只是详略程度不同，可以二选一。反过来，如果需要学习第 6~10 章，则可以跳过第 5 章。
- 第三部分可以放在第二部分之前，以忽略一些关于物理层的细节，这些细节可以在后面再次详细学习。然而，第二部分应放在第四部分之前。
- 第 2~4 章可以作为课外阅读作业。
- 在第三部分中，每章都或多或少是独立的，可以按照任何顺序来学习，主要取决于感兴趣的程度。
- 除了第 13 章和第 14 章中的蜂窝系统和 LTE 应该归为同一个单元来研究外，第四部分中的各章也可以按任何顺序进行研究。
- 计算机科学和信息技术课程可以更专注于第 11 章、第 12 章和第 15 章中的 Wi-Fi、IEEE 802.15 以及移动应用等内容，然后学习 MAC 协议和移动设备编程。
- 电气工程和工程技术专业的学生可以重点关注第 6~10 章中用于 IEEE 802.11 和 LTE 系统中的调制和差错控制编码相关的内容。

教辅资源

本书的主要目标是使它成为这一令人兴奋和快速发展学科的一种有效的教学工具。这一目标反映在本书的结构和辅助材料中。本书提供了下列补充材料来帮助教师进行教学[⊖]：

- **答案手册：**给出了所有章节后面的复习题和问题的解答。
- **补充问题：**提供了本书内容以外的其他问题。
- **项目手册：**给出了下一节中列出的所有项目类别的建议项目任务。

⊖ 关于本书教辅资源，只有使用本书作为教材的教师才可以申请，需要的教师请填写本书最后一页“教学支持申请表”，并通过邮件同时发给培生与我方。——编辑注

- 幻灯片：提供了覆盖所有章节配套的教学幻灯片。
- PDF 文件：本书中所有的图和表的副本。

致谢

本书得益于多名无私地奉献他们的时间和专业知识的审稿专家。以下教授和老师对本书进行了详细的审稿：Alex Wijesinha(陶森大学)、Ezzat Kirmani 博士(州立圣克劳德大学)、Feng Li 博士(普渡大学印第安那波利斯分校)、Guillermo A. Francia III 博士(杰克森维尔州立大学)、Kamesh Namuduri 博士(北德州大学)、Melody Moh 博士(圣何塞州立大学)、Wuxu Peng 博士(德克萨斯州立大学)、Frank E. Green (马里兰大学, 巴尔的摩县)、Gustavo Vejarano(洛约拉马利蒙特大学)、Ilker Demirkol(罗切斯特理工学院)、Prashant Krishnamurthy(匹兹堡大学)和 Russell C. Pepe(新泽西理工学院)。

密苏里大学堪萨斯分校的几位学生为绘图做出了非常有价值的贡献。Pedro Tonhozi de Oliveira、Rahul Arun Paropkari 和 Naveen Narasimhaiah 也致力于项目开发并提供了很大的帮助。

Kristopher Micinski 提供了第 15 章中的大多数关于移动应用的材料。

最后, 我们感谢许多负责本书出版的工作人员, 他们一如既往地出色完成了整个工作。这包括 Pearson 的员工, 特别是编辑 Tracy Johnson、项目经理 Carole Snyder 和产品经理 Bob Engelhardt。我们也感谢 Mahalatchoumy Saravanan 以及 Jouve India 生产人员优秀、快速的工作。我们也感谢 Pearson 的营销和销售人员, 没有他们的努力本书不会出现在你面前。

出版者的话

译者序

前言

第 1 章 概述 1

- 1.1 无线通信的发展史 1
- 1.2 全球蜂窝网络 2
- 1.3 移动设备革命 3
- 1.4 未来趋势 4
- 1.5 无线技术挑战 5

第一部分 技术背景**第 2 章 信号传输基础** 8

- 2.1 传递信息的信号 8
 - 2.1.1 时域概念 8
 - 2.1.2 频域概念 10
 - 2.1.3 数据速率和带宽之间的关系 11
- 2.2 模拟信号和数字信号传输 13
 - 2.2.1 模拟数据和数字数据 13
 - 2.2.2 模拟信号和数字信号 14
 - 2.2.3 模拟传输和数字传输 16
- 2.3 信道容量 17
 - 2.3.1 奈奎斯特带宽 17
 - 2.3.2 香农容量公式 18
- 2.4 传输介质 19
 - 2.4.1 地面微波 21
 - 2.4.2 卫星微波 22
 - 2.4.3 广播无线电 23
 - 2.4.4 红外线 23
- 2.5 多路复用 23
- 2.6 阅读建议 27
- 2.7 关键术语、复习题和问题 27
- 附录 2A 分贝与信号强度 29

第 3 章 通信网络 31

- 3.1 广域网、局域网和城域网 31
 - 3.1.1 广域网 31
 - 3.1.2 局域网 32
 - 3.1.3 城域网 32
- 3.2 交换技术 32
- 3.3 电路交换 34
- 3.4 分组交换 36
 - 3.4.1 基本操作 38
 - 3.4.2 数据包大小 40
 - 3.4.3 电路交换和分组交换的比较 41
- 3.5 服务质量 43
 - 3.5.1 语音、音频和视频流量 43
 - 3.5.2 数据流量 43
 - 3.5.3 提供服务质量 44
- 3.6 推荐阅读 45
- 3.7 关键术语、复习题和问题 45

第 4 章 TCP/IP 协议 47

- 4.1 协议体系结构的需求 47
- 4.2 TCP/IP 协议的体系结构 48
 - 4.2.1 TCP/IP 层 48
 - 4.2.2 TCP 和 IP 操作 49
 - 4.2.3 TCP/IP 应用 50
- 4.3 OSI 模型 51
- 4.4 网络互联 52
 - 4.4.1 路由器 53
 - 4.4.2 网络互联实例 53
- 4.5 推荐阅读 56
- 4.6 关键术语、复习题和问题 56
- 附录 4A 因特网协议 57
- 附录 4B 传输控制协议 64
- 附录 4C 用户数据报协议 67

第二部分 无线通信技术

第5章 无线通信概述	70	5.10 关键术语、复习题和问题	111
5.1 频谱的考虑因素	70	第6章 无线信道	115
5.1.1 监管措施	70	6.1 天线	115
5.1.2 传播模式	71	6.1.1 辐射方向图	115
5.2 视距传播	72	6.1.2 天线类型	116
5.2.1 5种基本传播机制	72	6.1.3 天线增益	118
5.2.2 天线	72	6.2 频谱的考虑因素	119
5.2.3 自由空间损耗	73	6.2.1 监管措施	119
5.2.4 实际系统中的路径损耗 指数	75	6.2.2 传播模式	120
5.2.5 基于实证测量的模型	76	6.2.3 传输与反射特性	122
5.2.6 噪声	77	6.3 视距传播	123
5.2.7 E_b/N_0 表达式	77	6.3.1 5种基本传播机制	123
5.3 移动环境的衰落	78	6.3.2 衰减	123
5.4 信道校正机制	81	6.3.3 自由空间损耗	124
5.4.1 前向纠错	81	6.3.4 实际系统中的路径损耗 指数	125
5.4.2 自适应均衡	82	6.3.5 基于实际测量的信道 模型	127
5.4.3 分集技术和 MIMO	82	6.3.6 噪声	128
5.4.4 扩频与 OFDM	84	6.3.7 E_b/N_0 表达式	129
5.4.5 自适应调制和编码	84	6.3.8 大气吸收	131
5.4.6 带宽扩展	84	6.3.9 多径	131
5.5 数字信号编码技术	85	6.3.10 折射	131
5.6 编码与差错控制	87	6.4 移动环境中的衰落	132
5.6.1 差错检测	87	6.5 信道纠错机制	136
5.6.2 分组纠错码	92	6.5.1 前向纠错	136
5.6.3 分组编码原理	93	6.5.2 自适应均衡	137
5.6.4 低密度奇偶校验码	97	6.5.3 自适应调制和编码	137
5.6.5 卷积码	97	6.5.4 分集技术和 MIMO	138
5.6.6 自动重传请求	100	6.5.5 OFDM 和扩频	141
5.7 OFDM	103	6.5.6 带宽扩展	141
5.7.1 OFDM 基础	103	6.6 推荐阅读	142
5.7.2 机会调度	106	6.7 关键术语、复习题和问题	142
5.8 扩频	107	第7章 信号编码技术	146
5.8.1 扩频的概念	107	7.1 信号编码准则	147
5.8.2 跳频扩频	107	7.2 数字数据、模拟信号	148
5.8.3 直接序列扩频	109	7.2.1 幅移键控	149
5.8.4 码分多址	111	7.2.2 频移键控	149
5.9 推荐阅读	111		

7.2.3	相移键控	150	9.4.2	直接序列扩频的 CDMA	191
7.2.4	性能	153	9.4.3	扩频序列的产生	192
7.2.5	最小频移键控	155	9.4.4	RAKE 接收机	193
7.2.6	正交振幅调制	156	9.5	推荐阅读	193
7.3	模拟数据、模拟信号	157	9.6	关键术语、复习题和问题	193
7.3.1	振幅调制	157	第 10 章 编码与差错控制		196
7.3.2	角度调制	159	10.1	差错检测	196
7.4	模拟数据、数字信号	161	10.1.1	奇偶校验	197
7.4.1	波形编码	162	10.1.2	循环冗余校验	198
7.4.2	基于模型的编码和 声码器	165	10.2	分组纠错码	202
7.4.3	性能	166	10.2.1	分组编码原理	204
7.5	推荐阅读	166	10.2.2	汉明码	207
7.6	关键术语、复习题和问题	167	10.2.3	循环码	209
第 8 章 正交频分复用		170	10.2.4	BCH 码	211
8.1	正交频分复用简介	170	10.2.5	RS 码	213
8.1.1	正交性	171	10.2.6	低密度奇偶校验码	214
8.1.2	OFDM 的优点	172	10.2.7	块交织	215
8.1.3	OFDM 实现	172	10.3	卷积码	215
8.1.4	OFDM 的缺点	174	10.3.1	译码	216
8.2	正交频分多址	176	10.3.2	Turbo 码	219
8.3	单载波频分多址	177	10.4	自动重传请求	221
8.4	推荐阅读	179	10.4.1	流量控制	221
8.5	关键术语、复习题和问题	179	10.4.2	差错控制	223
第 9 章 扩频		181	10.4.3	混合自动重传请求	225
9.1	扩频的概念	181	10.5	推荐阅读	226
9.2	跳频扩频	182	10.6	关键术语、复习题和问题	227
9.2.1	基本方法	182	第三部分 无线局域网与个域网		
9.2.2	基于 MFSK 的跳频 扩频	184	第 11 章 无线局域网技术		234
9.2.3	FHSS 性能方面的 考虑	185	11.1	概述及动机	234
9.3	直接序列扩频	186	11.1.1	动机	236
9.3.1	基于 BPSK 的直接序列 扩频	186	11.1.2	无线局域网需求	236
9.3.2	DSSS 性能方面的考虑	188	11.1.3	无线局域网物理层	237
9.4	码分多址	189	11.2	IEEE 802 体系结构	238
9.4.1	基本原理	189	11.2.1	协议体系结构	238
			11.2.2	MAC 帧格式	240
			11.2.3	逻辑链路控制	241

11.3 IEEE 802.11 体系结构和 服务	243	12.3.1 射频规范	281
11.3.1 Wi-Fi 联盟	244	12.3.2 基带规范	282
11.3.2 IEEE 802.11 体系结构	245	12.3.3 链路管理规范	288
11.3.3 IEEE 802.11 服务	246	12.3.4 逻辑链路控制与适配 协议	288
11.4 IEEE 802.11 媒体访问 控制	247	12.4 高速蓝牙和智能蓝牙	289
11.4.1 可靠数据传递	247	12.4.1 蓝牙 3.0+HS	289
11.4.2 媒体访问控制	248	12.4.2 智能蓝牙	290
11.4.3 MAC 帧	251	12.5 IEEE 802.15	290
11.5 IEEE 802.11 物理层	254	12.5.1 IEEE 802.15.3	291
11.5.1 IEEE 802.11b	255	12.5.2 IEEE 802.15.4	293
11.5.2 IEEE 802.11a	256	12.5.3 其他 802.15 标准	294
11.5.3 IEEE 802.11g	258	12.6 ZigBee	295
11.5.4 IEEE 802.11n	259	12.6.1 技术概述	295
11.6 吉比特 Wi-Fi	261	12.6.2 ZigBee 联盟	295
11.6.1 IEEE 802.11ac	261	12.6.3 设备类型	297
11.6.2 IEEE 802.11ad	264	12.6.4 协议	297
11.7 其他 IEEE 802.11 标准	266	12.6.5 射频硬件	298
11.8 IEEE 802.11 无线局域网 安全	267	12.7 推荐阅读	298
11.8.1 IEEE 802.11i 服务	268	12.8 关键术语、复习题和问题	299
11.8.2 IEEE 802.11i 操作 阶段	269		
11.9 推荐阅读	271		
11.10 关键术语、复习题和 问题	273		
附录 11A 扰码	274		
第 12 章 蓝牙与 IEEE 802.15	276		
12.1 物联网	276		
12.2 蓝牙技术产生的动机与 概述	277		
12.2.1 蓝牙的应用	277		
12.2.2 蓝牙标准文档	278		
12.2.3 协议体系结构	278		
12.2.4 应用规范	280		
12.2.5 微微网和散射网	280		
12.3 蓝牙技术规范	281		
		第四部分 无线移动网络与应用	
		第 13 章 蜂窝无线网络	302
		13.1 蜂窝网络的原理	302
		13.1.1 蜂窝网络组成	302
		13.1.2 蜂窝系统的运行	306
		13.1.3 移动无线电传播效应	309
		13.1.4 越区切换	309
		13.1.5 功率控制	311
		13.1.6 话务量计算	312
		13.2 第一代模拟系统	315
		13.2.1 频谱分配	315
		13.2.2 操作	316
		13.2.3 AMPS 控制通道	316
		13.3 第二代 TDMA	316
		13.3.1 从第一代到第二代蜂窝 系统	316
		13.3.2 时分多址	317
		13.3.3 全球移动通信系统	318

13.3.4 无线链路	319	14.7.5 协作多点传输和接收	360
13.4 第二代 CDMA	320	14.7.6 其他增强技术	361
13.4.1 码分多址	320	14.8 推荐阅读	362
13.4.2 移动无线 CDMA 设计		14.9 关键术语、复习题和问题	362
注意事项	321		
13.4.3 IS-95	322	第 15 章 移动应用与移动 IP	365
13.5 第三代系统	323	15.1 移动应用平台	365
13.5.1 可选接口	324	15.1.1 资源约束	366
13.5.2 CDMA 的设计考虑	325	15.1.2 交互层	366
13.5.3 3G 系统	326	15.1.3 两个硬件栈的例子	366
13.6 推荐阅读	329	15.2 移动应用开发	367
13.7 关键术语、复习题和问题	330	15.2.1 应用开发基础	367
		15.2.2 开发环境	368
		15.2.3 探寻 Android 内部	368
第 14 章 第四代系统和 LTE-Advanced	334	15.3 移动应用部署	372
14.1 4G 的目标、动力和方法	334	15.3.1 市场部署	373
14.2 LTE 体系结构	335	15.3.2 用户评论和市场营销	373
14.2.1 演进的分组系统	336	15.3.3 质量控制	373
14.2.2 设计原则	337	15.4 移动 IP	374
14.2.3 EPS 的高级功能	338	15.4.1 移动 IP 的操作	374
14.3 演进的分组核心	338	15.4.2 发现	376
14.3.1 EPC 组件	338	15.4.3 注册	378
14.3.2 非接入层协议	340	15.4.4 隧道	380
14.4 LTE 资源管理	340	15.5 推荐阅读	383
14.4.1 服务质量	340	15.6 关键术语、复习题和问题	383
14.4.2 移动性管理	342	附录 15A 因特网控制消息协议	
14.4.3 小区间干扰协调	343	(ICMP)	384
14.5 LTE 信道结构和协议	344	附录 15B 消息验证	387
14.5.1 无线电接口协议	344		
14.5.2 信道结构	347	第 16 章 长距离通信	389
14.6 LTE 无线电接入网络	349	16.1 卫星通信参数与配置	389
14.6.1 帧结构	349	16.1.1 卫星轨道	390
14.6.2 资源块	352	16.1.2 频段	394
14.6.3 物理传输格式	354	16.1.3 传输损伤	394
14.6.4 开机过程	355	16.1.4 卫星网络配置	397
14.7 LTE-Advanced	356	16.2 卫星容量分配	398
14.7.1 载波聚合	356	16.2.1 频分复用	398
14.7.2 增强 MIMO	358	16.2.2 频分多址	399
14.7.3 中继	359	16.2.3 时分多址	399
14.7.4 异构网络	359	16.3 卫星应用	403

16.3.1 全球定位系统	403	16.6 智能电网	416
16.3.2 直播系统	405	16.6.1 智能电网通信需求	417
16.4 固定宽带无线接入	406	16.6.2 智能电网无线技术	418
16.5 WiMAX/IEEE 802.16	407	16.7 推荐阅读	418
16.5.1 IEEE 802.16 体系 结构	407	16.8 关键术语、复习题和 问题	419
16.5.2 IEEE 802.16 MAC 层	409	参考文献	421
16.5.3 IEEE 802.16 物理层	413		

概述

学习目标

通过本章的学习，你应该能够：

- 了解无线通信的发展过程。
- 理解各代蜂窝技术的设计目的。
- 了解移动设备已经发生了革命性的变化，并将继续改变社会。
- 了解未来趋势。

本书是对无线通信网络和系统的相关技术的一个综述。竞争的加剧、数字技术的引入、移动设备的用户界面设计、视频内容和社交网络等多种因素的共同推动下，使无线通信市场获得了前所未有的增长。在本章中，我们将讨论一些推动这一无线网络革命的关键因素。

1.1 无线通信的发展史

伽利尔摩·马可尼(Guglielmo Marconi)在1896年发明了无线电报^①。1901年，他把电报信号从康沃尔发送到约3200公里外的大西洋彼岸纽芬兰的圣约翰。他的发明使得双方可以将字母和数字编码为模拟信号并相互发送实现彼此通信。在20世纪中，无线技术的进步已经给我们带来了无线电、电视、通信卫星、移动电话和移动数据等。所有类型的信息现在都可以发送到世界的每个角落。当前，无线网络、蜂窝技术、移动应用和物联网等方面得到了业界的广泛关注。

通信卫星于20世纪60年代首次发射。时至今日，通信卫星承载了各国之间约1/3的语音通信和全部的电视信号。无线组网使得企业在没有电缆设备的情况下也能够构建广域网、城域网和局域网。IEEE 802.11标准的无线局域网(也称为Wi-Fi)已被普遍使用。行业协会还提供了多种无缝短程无线组网技术，如ZigBee、蓝牙、射频识别标签(RFID)等。

蜂窝或移动电话，其作用等同于现代的马可尼无线电报，能够为双方提供双向通信。早期的无线电话设备仅能支持语音和有限的DataService，而且设备比较笨重。随着技术的不断发展，目前移动设备已经逐渐变得更加轻便。目前的第三代和第四代移动设备已经能够支持语音、短信、社交网络、移动应用、移动网络互动和视频流播放等。这些移动设备通常还配备有摄像头和无数的传感器，以支持该设备中的各种应用。新技术的覆盖范围不断扩大，并集中在关键用户群体。

无线通信已经并将继续对人类社会产生深远的影响。即使有极少数的发明能够像无线技术这样“缩小”世界，也不可能像无线技术这样通过构建新的社交网络的形式来改变人们的交流方式。用于定义无线设备之间如何互动的通信标准快速达成共识，从而构建了一个能够支持各种服务的全球性无线网络。

^① 无线通信的实际发明应该归功于尼古拉·特斯拉(Nikola Tesla)，他曾在1893年做过一个公开的演示。1943年马可尼的专利被取消，从而认同了特斯拉的发明[ENGE00]。

图 1-1 显示了无线通信发展的一些关键里程碑^①。无线技术已经逐渐向更高频率发展。正如在后面的章节中将看到的，更高的频率将能够支持更大的数据速率和吞吐量，但需要更高的功率，由于更易受到阻挡，所以有效覆盖范围更小。

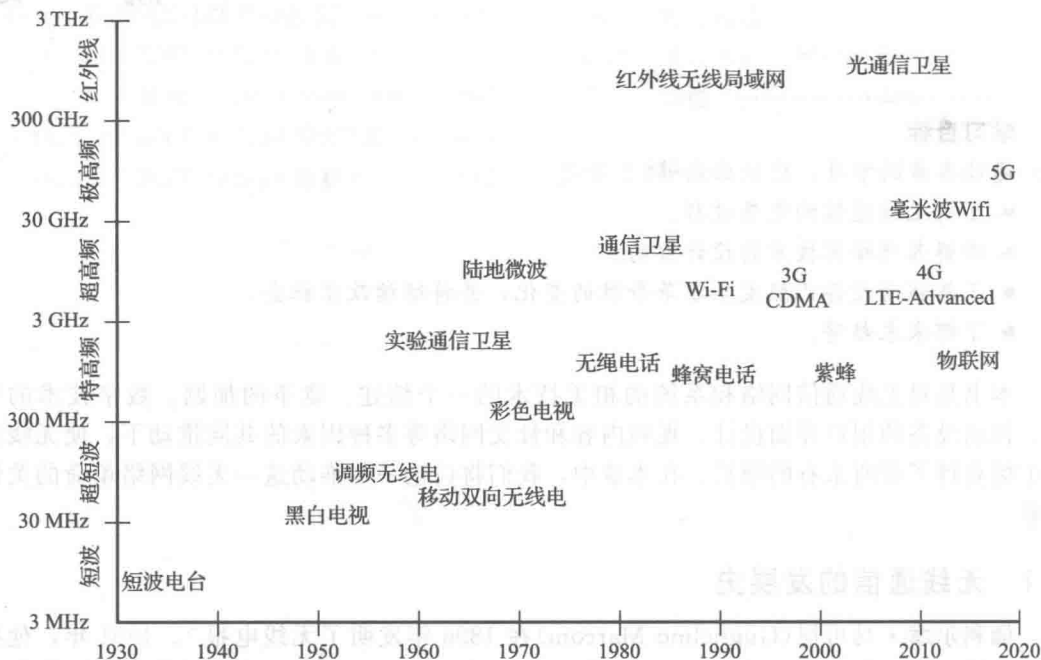


图 1-1 无线通信发展的一些里程碑

1.2 全球蜂窝网络

移动电话市场的增长是显而易见的。1990 年，移动用户数约为 1100 万[ECON99]。时至今日，根据 4G 美国的统计，这一数字超过 70 亿。移动设备占据主导地位有许多原因。移动设备使用方便，并且可以随身携带。另外，由于其具有的位置敏感特性，移动蜂窝设备需要与覆盖其所处位置区域的基站进行通信。在许多特殊地形区域中，移动电话是为人们提供经济的电话服务的唯一方式。与挖开地面敷设电缆相比，在恶劣的地形条件下运营商可以快速且廉价地架设基站。

今天，没有一个单一的蜂窝网络。一般情况下，支持多种技术的设备只工作于一个单一的运营商网络内。为了摆脱这一模式，围绕着各项标准的确定和实施开展了大量的工作。

北美的第一代无线网络是先进移动电话系统(Advanced Mobile Phone System, AMPS)。主要的第二代无线系统是全球移动通信系统(Global System for Mobile Communications, GSM)、个人通信服务(Personal Communications Service, PCS)IS-136 和 PCS IS-95。PCS IS-136 标准采用时分多址(Time Division Multiple Access, TDMA)；GSM 采用时分多址和频分多址(Frequency Division Multiple Access, FDMA)；IS-95 采用码分多址(Code Division Multiple Access, CDMA)。2G 系统主要提供语音服务，还能够提供一

① 注意 y 轴使用的是对数尺度。关于对数尺度的基本概念可以在计算机科学学生资源网站 computersciencestudent.com 中提供的数学复习文档中找到。