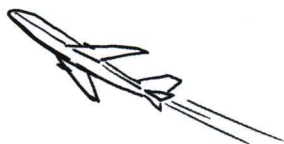


WILEY



# 5G



开启移动网络新时代

FUNDAMENTALS OF  
5G MOBILE  
NETWORKS



[葡萄牙] Jonathan Rodriguez 编著

江甲沫 韩秉君 沈霞 朱浩 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>

# 5G: 开启移动网络新时代

[葡萄牙] Jonathan Rodriguez 编著

江甲沫 韩秉君 沈霞 朱浩  
陈晓贝 徐晓燕 朱颖 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书是在 5G 前期研究阶段就面世的难得的技术专著,具有很强的时效性,其内容涉足广泛,包括无线物理层/媒体接入层、移动网络、互联网与云计算、智能终端等技术领域,也充分体现了 5G 在性能提升、能效降低、支撑灵活场景等方面的特点。本书力图系统诠释 5G 技术路线及蓝图,将多种 5G 组成元素结合在一起,覆盖了无线、互联网及云计算等多个领域,使得 5G 真正成为业务应用创新的平台。本书对全球 5G 愿景、各个国家的 5G 研究及推进状况等进行了系统分析,并展示了欧盟科研项目深厚的积累及丰硕的研究成果,具有较强的创新性和前瞻性。

本书的读者对象为从事 5G 技术研究、标准研制及产品研发的专业人员,高等院校相关专业师生,以及所有关心 5G 移动通信网络发展的人们。

Fundamentals of 5G Mobile Networks 978-1-118-86752-5 Jonathan Rodriguez

© 2015 John Wiley & Sons, Ltd. Published 2015 by 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.

本书简体中文字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: 01-2015-8409

### 图书在版编目(CIP)数据

5G: 开启移动网络新时代/(葡)罗德里格斯(Rodriguez, J.)编著;江甲沫等译. —北京:电子工业出版社, 2016.1

书名原文: Fundamentals of 5G Mobile Networks

ISBN 978-7-121-27832-7

I. ①5… II. ①罗… ②江… III. ①无线电通信—移动通信—通信技术—研究 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 300550 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 谭丽莎

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

装 订: 三河市兴达印务有限公司

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: 720×1 000 1/16 印张: 23.75 字数: 364 千字

版 次: 2016 年 1 月第 1 版

印 次: 2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 78.00 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。

质量投诉请发邮件至 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 序

移动通信自诞生以来，便迅速成为人们不可或缺的交流工具，并已深刻地改变了人类的生活方式。为进一步提升移动互联网用户体验，扩展物联网的支撑能力，第五代移动通信（5G）应运而生。面向 2020 年的 5G 将提供光纤般的接入速率、“零”时延的使用体验和千亿设备的连接能力，同时显著提升网络能效、降低运营成本，最终实现“信息随心至，万物触手及”的愿景。

当前，5G 已成为全球业界研发的焦点。中国、欧盟、日本、韩国、美国等国家和地区政府纷纷成立相关组织，凝聚各方力量，积极开展 5G 研发及推进。2015 年 6 月，国际电信联盟发布了 5G 愿景，确定了 5G 的主要应用场景、关键性能指标，5G 的概念和技术路线也日渐清晰。

我国移动通信产业在 3G、4G 方面取得了长足的发展，5G 将为我国信息通信产业提供更为广阔的发展机遇。为促进 5G 发展，我国政府推动成立了 IMT-2020（5G）推进组，凝聚产学研用各方力量。推进组相继发布了 5G 愿景与需求、概念、无线技术架构、网络技术架构等白皮书，引导全球 5G 形成共识。

2016 年，国际标准化组织将启动 5G 标准化研究。在此 5G 技术标准研发之初，出版 5G 的专著，需要具有很强的前瞻性，也足见作者技术积累的深厚。该书对 5G 市场和驱动力进行了较为全面的分析，从 5G 系统架构入手，体系

化地分析了云管端等层面技术生态协同，对超前关键技术进行了深入的分析，提出了 5G 技术趋势和应用前景展望。相信本书的出版将为从事 5G 技术研发和标准化工作的同人提供有益的参考，进而为 5G 的发展起到积极的推动作用。

王立勤

## 译者序

LTE 作为第 4 代移动通信已在全球规模商用。LTE 的无线接口及网络架构面向移动互联网设计，有效促进移动互联网蓬勃发展，获得了巨大的成功。与此同时，按照移动通信每 10 年出现一代新技术的规律，各个国家都在大力投入下一代移动通信（5G）的研发。2015 年 5 月，国际电联（ITU）完成了 5G 愿景和关键性能指标。产业界认为 5G 将进一步提升移动互联网用户体验，并重点解决千亿级机器无线通信的物联网需求。5G 将极大地促进车联网、工业互联网等融合领域的发展，成为推动社会经济发展的重要基础平台。

ITU 提出的 5G 技术具有 8 大关键能力指标：5G 用户体验速率可达 100Mbps~1Gbps、5G 峰值速率可达 10~20Gbps、流量密度可达 10Mbps/m<sup>2</sup>、5G 连接数密度可达 100 万个/平方公里、5G 传输时延可达毫秒量级、5G 能够支持 500Km/h 的移动速度；此外，5G 的频谱效率将比 4G 提高 3~5 倍，能效将比 4G 提升 100 倍。

国际标准化组织（3GPP）于 2015 年 9 月召开 5G 标准研讨，将在 2016 年正式启动标准研究。产业界在标准方面的研讨已取得了一些共识。尽管 4G 增强型技术仍会不断发展演进，但 5G 将会出现无线新空口来满足移动互联网和物联网多种场景的需求。新型移动网络架构及技术也在研究中。世界无线电通信大会（WRC-15）于 2015 年 11 月召开，本次会议争取移动通信的新频谱，并启动高频段潜在频段的研究。5G 重点解决物联网多种场景的需求及关键技术指标已

明确,

5G 采用无线新空口、新型网络架构、新频谱为 5G 技术产业发展构建了更大的创新空间。

本书是在 5G 前期研究阶段就面世的难得的 5G 技术书籍,具有很强的时效性。本书力图系统诠释 5G 技术路线及蓝图,将多种 5G 组成元素结合在一起,覆盖了无线、互联网及云计算等多个领域,使得 5G 真正成为业务应用创新的平台。在本书的翻译过程中,试图体会作者的一些创作思路及理念:

- 根据业界提出的 5G 实现 1000 倍容量提升的思路,通过 10 倍基站数、10 倍小区频谱效率、10 倍频谱来解决,因此本书重点围绕小小区、多天线、频谱技术等进行介绍,这也体现了业界对于 5G 技术在一定程度上的共识;
- 本书认为 5G 不是简单的移动通信技术,而是一个生态体系,是传统互联网与移动网络标准的融合;本书还认为互联网、云计算将在 5G 生态体系中发挥重要作用;
- 本书更加强调绿色节能的移动生态系统,为此,互联网的网络拓扑及路由、协作通信、绿色灵活射频等构成了经济有效的设计方案。

本书对全球 5G 愿景、各个国家的 5G 研究及推进状况等进行了系统分析,并展示了欧盟科研项目深厚的积累及丰硕的研究成果,具有较强的创新性和前瞻性。本书总结了互联网、无线技术及组网、安全、广播业务等重点领域的技术发展脉络及主要问题,针对性地提出了多种创新的思路,这种开放式的技术探讨对于 5G 的创新与开拓非常有益。这些技术文献不仅仅是理论分析和仿真,在小小区设计、射频部分等章节有很多翔实的数据及指标,可以感到具有很强的产业与应用积累。

本书是 5G 早期研究阶段难得的技术专著,其内容涉足广泛,包括无线物理层/媒体接入层、移动网络、互联网与云计算、智能终端等技术领域,也充

分体现了 5G 在性能提升、能效降低、支撑灵活场景等方面的特点。本书适合于 5G 技术研究、标准研制及产品研发的专业人员使用。由于本书在 2016 年年初出版,所以 5G 概念还不清晰。另外,作者对于 5G 的观点基本反映了欧洲对于 5G 的初期看法,在 5G 创新技术路径、针对物联网设计等方面略显不足。

负责翻译本书的 7 位年轻专家均从事无线移动通信前沿技术标准工作,具有较强的专业知识及一定的实践经验。本书的第 1 章和第 12 章由陈晓贝翻译,第 2 章和第 5 章由朱浩翻译,第 3 章、第 4 章和第 10 章由江甲沫翻译,第 6 章由朱颖翻译,第 7 章由徐晓燕翻译,第 8 章、第 9 章及概述由沈霞翻译,第 11 章由韩秉君翻译。罗振东、魏克军、杜滢、李侠宇、郎保真、王志勤等同志对本书进行了审校。为了让本书尽快与读者见面,仓促之中难免会有错误之处,欢迎读者批评指正!

# 前言

第 4 代移动通信系统正在欧洲进行大规模部署，可以随时随地为户提供宽带移动业务服务。然而，随着移动数据业务流量的持续高速增长，当前的移动通信标准无法满足更加高级的宽带业务需求，需要将有线和无线网络紧密融合，提供高速的数据传输，进而需要新一代的移动通信系统，称之为 5G。5G 演进将是互联网服务与现有移动网络标准的融合，在具有高速数据连接的异构网络中构建“移动互联网”。绿色通信在 5G 演进道路上也扮演着重要角色，业界主流观点趋向于采用经济有效的设计方案构建一个更加绿色的移动生态系统。实际上，从新兴业务和技术发展趋势可以很清晰地看出，降低能耗和单位比特成本、提供无处不在的高速数据服务将成为下一代网络的特点。

目前，5G 的概念仍不清晰，一些研究机构也提出了一些创新性的理念。本书致力于对分散的 5G 移动通信的观点进行整合，试图描绘一个更加清晰的技术路线，明确提出 1000 倍传输速率提升所面临的一系列挑战和需求。

鉴于本书作者在欧洲技术研究中积累了丰富的经验，以及一直在进行 5G 前沿通信技术研究，本书的目的是首次对 5G 进行开放式讨论，希望成为包括学术界和产业界在内所有 5G 相关研究人员的有用工具，为推动进一步的技术创新带来启发。

## 概述

信息技术已成为人类社会的重要组成部分，并对社会经济产生了深远的影响。同时，从多媒体娱乐服务（如视频）到更多个性化、安全类应用（如电子商务、电子医疗及一线应急服务等），信息技术通过提供多种多样的信息服务丰富了人们的日常生活。如果信息分析学家的预测正确，10年之后我们所有能看到的物体（如衣服、汽车和火车等）都将连接到网络（物联网）。根据思科公司针对2017年IP网络使用情况的预测，互联网流量将进一步增长。到2017年，每小时的全球IP流量相当于4100万张DVD的容量，而视频通信将在总的IP流量中占据80%~90%。这个市场预测将会刺激移动业务的流量增长，目前预计下一个10年将会增长1000倍。

另外，当前网络的能耗已成为运营商一项重要的开销，并且随着移动流量的增加，这项开销将达到警告水平。这将成为减少更加高级和耗电的下一代设备在市场中渗透的重要因素。

在流量和功耗两种因素的共同作用下，运营商将重新思考网络的设计、部署和管理方式，以便在下一代移动网络（广义称为5G或特指5G移动）中采取重要措施来减少网络的资本支出和运营支出（Capex和Opex）。

为了应对5G带来的挑战，移动市场中的主要机构已经在规划5G技术路线，包含广阔的愿景和设计目标，即：

10~100 倍的峰值速率、1000 倍的网络容量、10 倍的能量效率、10~30 倍的时延降低, 以实现千兆级的无线网络。大量的研究机构已经根据这一系列已达成广泛共识的设计目标启动 5G 概念的研究。目前, 早期突出的场景已经出现, 相关组织正提出转向用户群和专业技术的创新性研究理念。所有的理念都具有发展前景, 并将在 5G 移动网络中发挥重要的作用, 其中很多理念都来自于 5G 白皮书、国际研究工作组和技术论坛。然而, 目前所报道的研究工作都是分散的, 缺乏关联性, 主要聚焦于一些特定的技术, 如小小区、网络编码或云网络等。可以将这些技术研究工作比喻成构建 5G 蓝图中的碎片, 如果没有一个整体的视角, 则很难规划和建设这个蓝图。如果不采用交叉技术设计方案, 则更加难以将这些技术结合在一起。很明显, 如果没有对 5G 的基本原理达成共识, 我们只能建立一个分裂的系统, 最多可以实现一些性能上的提升。那么, 什么是 5G 的基本原理呢? 从本质上来讲, 如果对各种技术细节进行抽象, 以形成基本的系统模块, 可以在这之上构建 5G 系统并获得性能提升, 并用其代表可以承载新业务和应用的基础平台。从最根本上讲, 5G 将建立在 4G 系统基础之上, 是传统互联网业务与当前移动网络标准相互融合的演进系统, 被称为在高速宽带异构网络中传输的“移动互联网”。绿色通信在 5G 演进的道路上也扮演着重要的角色, 主要机构推动采用经济有效的设计方案来建立一个更加绿色节能的移动生态系统。因此, 从本质上讲, 5G 的研究范围不局限于移动和无线领域, 同时还包括了广域覆盖网络, 换句话说, 互联网也将在 5G 生态系统中发挥重要的作用。基于对当前互联网的理解, 了解其局限性和发展趋势, 将有助于我们根据重叠网络需求和运行机制设计和确定 5G 移动系统来解决方案的边界。的确, 如果我们退一步, 对 5G 蓝图建立一个整体印象, 就可以较好地构建 5G 蓝图的各个部分进行设计, 使它们可以无缝地连接在一起, 构建出我们最初所希望的 5G 系统。本书受此研究理念启发, 并命名为 5G: 开启移动网络新时代。

本书的目的在于首次对 5G 技术进行开放式讨论, 揭开围绕在 5G 周围的神秘面纱。我们将整合当前国际研究组织在 5G 领域中的研究成果, 根据当前市场趋势、已验证的关键技术和欧洲研究的技术路线, 为 5G 移动通信提供一

个基本愿景。在该愿景中，我们将对 5G 移动通信的潜在候选关键技术展开进一步的讨论，包括认知无线电、小小区、协作通信、安全、自组织网络（SON）和绿色多模射频。这些技术并不是很全面，但都是目前在业界受到广泛关注的已验证的关键技术。我们不仅要讨论 5G 移动网络的单个模块，也将从互联网的视角考虑其相互间如何协同工作，为未来的 5G 业务提供端到端的连接。此外，从应用和服务的视角，我们还将探讨移动云的概念，它是未来通信平台中的技术和服务，并将在 5G“热点应用”中发挥越来越重要的作用。实际上，基于云的资源共享已经历了一个快速发展周期，当前包含了大量的潜在资源，可以在特定的云或交互连接的云中进行共享。这个概念衍生出移动云计算，将移动设备作为云资源池中的节点接入服务。移动云计算开发利用了大量可能的共享资源和连接，为移动产业带来了新的商机。除了云服务外，5G 移动网络也被认为是承载下一代电视业务的传输平台。电视广播和移动宽带无疑是当今社会的重要组成部分，都面临着大量的挑战以满足未来需求。无论用户采用数字卫星系统或数字地面电视（DTT）系统接收电视内容，目前都无法满足日益增长的非线性的、按需消费的服务需求。因此，考虑将电视网络与移动网络相融合，设计一个混合的方案，被认为是可以提供“双赢”广播-宽带（BC-BB）融合的 5G 解决方案。本书最后一章对 5G 蓝图的所有技术点进行整合，展现了当前 5G 通信平台的研究进展，概括了现有的挑战，特别是针对能效方面的挑战，并根据当前市场发展趋势，提出了一个 5G 移动愿景作为本章最后的总结。

希望本书可以为 5G 领域早期阶段的研究者和学术机构提供有用的参考，更重要的是为所有从事 5G 前沿技术研究的相关组织机构带来启发，令其在新的 5G 系统设计中提出更多突破性的技术方案。

为给阅读本书的读者提供指导，下面介绍一下本书的整体结构。

首先，本书致力于分析驱动 5G 移动技术路线的设计需求。然而为了明确 5G 发展愿景，我们需要先搞清楚当前移动网络的现状。因此，第 1 章命名为“5G 驱动力：无处不在的连接型社会”，主要回顾了移动通信系统的现状，重

点介绍了移动通信当前的商业现状，即 4G。

实际上，欧洲首次大规模部署了 4G 网络，可以随时随地为用户提供宽带移动数据服务。然而，移动数据业务流量仍然在高速持续增加，很多高级的宽带业务的需求已经超越当前移动标准所能支持的能力极限，需要将有线和无线网络进行更加紧密的融合，在未来物联网中为用户提供光纤般的传输体验，进而需要开发新一代的移动系统，称之为 5G。

从业务和技术发展趋势分析，我们渐渐清楚地发现降低能量和单位比特成本，支持无所不在的服务和高速连接将成为 5G 系统设计的特点，预计 5G 系统将在 2020 年左右进入市场。在本书第 1 章中，我们阐述了当前 5G 国际研究组织（欧洲、美国和东亚）的相关进展，并在此之上提出了一个 5G 移动架构和一组系统需求。通过该架构引出了本书中所考虑的一些使能关键技术，这些使能技术将作为 5G 蓝图的技术点在本书中进行讨论。

在本书中，我们不仅阐述了 5G 所面临的未来挑战和技术路线，同时以更广阔的视角考虑了系统演进，广域覆盖网络也被看作 5G 蓝图中的一个技术点。如果网络没有得到重要提升，任何从移动网络中挤压出的能力提升将不会转化成终端用户的体验质量（QoE），该指标被广泛用于反映实际用户感知到的服务质量。因此，有必要用一章研究 5G 互联网，帮助我们明白当前的互联网和移动网络如何竞争发展。在第 2 章“5G Internet”中，我们研究了未来的互联网，并阐述了相关研究机构在解决云服务面临的挑战时所采取的重要措施。受物联网、软件定义网络、网络虚拟化、移动和“聚合资源框架中的服务差异化”概念中获得的重要突破性进展的鼓舞，云服务被广泛视为未来互联网中重要的应用。此外，我们介绍了一个资源超量供应方案，该方案有潜力有效提升 5G 互联网的网络容量。希望本章内容可以为移动系统的设计者重新构建移动接入网络带来启发，通过交叉技术设计支持网络之间接口的无缝对接，并构建通向业务层的端到端通信管道。

蜂窝网络在网络部署和优化方面正在经历一个重要的转折。新的基础设

施,如家庭基站或超微蜂窝基站,固定或移动中继,认知无线电和分布式天线正在大规模地部署,使未来的 5G 蜂窝系统和网络更加多样化。在新型的网络环境中,小小区将对 5G 系统的成功部署发挥基础性作用。在第 3 章“5G 移动网络的小小区”中,我们将介绍小小区的概念,讨论当前小小区的部署,其重点在于有效增强覆盖、数据分流和室内(居民、办公)环境的信号渗透。在美国和韩国,业务拥塞和密集城市区域对更高 QoE 的需求已经推动室外或公共小小区的部署,将广域覆盖区域内的密集部署小小区推向了一个新的阶段。然而,即便在更小的区域内部署小小区,目前还没有一项先进技术可以单独满足 2020 年预测的流量需求。实际上,当前的技术路线将频谱(赫兹)、频谱效率(比特每赫兹每小区)和小小区的密集部署(小区每平方公里)当作满足 5G 挑战的基石。因此,在向 5G 时代演进的过程中,先进小小区技术将与其他技术如先进天线技术(毫米波、massive MIMO 等)及新增频谱相结合,形成 5G 移动网络的候选技术方案。基于这些思想,在本章中我们将回顾 LTE-Advanced 中采用多天线技术的小小区性能,并从理论上分析小小区密集部署的性能极限。在没有其他开创性技术的前提下,当达到小小区密集部署的极限时,将无法再进一步提升频谱效率,采用更宽的频谱和更有效的网络资源利用和共享将成为满足系统需求的主要手段。

在 4G 演进无线技术中,异构网络(HetNet)的出现将人们的研究兴趣转向了宏小区里的中、短距离通信,进一步引出了节点协作的概念。因此,在第 4 章“下一代无线网络中的协作通信”中,我们研究了协作通信如何在 5G 移动网络增强链路的可靠性和提升能量效率方面发挥重要作用。本章主要研究了基于解码转发(DF)机制,这是一种传统的协作技术,已经吸引了人们大量的研究兴趣,特别是在 DF 的促进下广泛采用自适应重传请求(ARQ)和网络编码(NC)等技术之后。尽管 DF 已经在文献中进行了广泛的研究,但在通向 5G 的道路上,无线设备数量随着密集城区环境在高速增长,进而提出了对 MAC 层新的需求,希望可以在考虑物理层影响的条件下,通过跨层设计整合协作和网络编码的技术优势。在本章中,我们基于 IEEE 802.11 标准,研究了在阴影条件下网络编码辅助的 ARQ MAC 协议性能。

网络编码和协作通信已经分别被证明可以有效提升通信链路的可靠性,进而提供具有高能量效率和频谱效率的连接。实际上,这两种技术可以进一步协作,带来更大的市场机遇,其中目前获得广泛关注的一个是云服务,将有潜力形成 5G 及后续演进系统的基础。这些都是第 5 章讨论的重点,我们将其命名为“移动云:未来通信平台技术与业务”。最近基于云的资源共享服务的概念受到广泛关注,移动云计算已经将移动设备的概念转化为云资源池中的节点接入服务。这个概念对于云中计算业务分流非常有用。当我们考虑将移动设备作为未来新移动云中的主要作用实体时,用于分享资源时的连接机会,以及作为资源本身的连接机会都非常重要,将为移动产业提供新的商机。在第 5 章中,我们深入研究了基于云的资源共享概念,将移动节点作为扩大资源池的一部分。采用这个虚拟云池可以在移动背景下增加额外的资源,如无线连接、传感器、驱动器及其他功能实体。最后,我们讨论了云计算/服务的实现因素,主要集中在网络编码技术和一些非技术因素,如将设备背后的用户当作协作通信的一部分。

受用户需求的驱动,下一个 10 年中的数据业务流量预计会增长近千倍。这就要求 5G 技术可以提供高速且有效的数据连接,同时最小化网络部署成本。尽管 4G 系统中的小小区和 MIMO 技术已经获得了成功,但是这些技术的协同使用还无法满足未来的业务流量需求。实际上,正如第 3 章中所提到的,未来的研究方向在于整合频谱、频谱效率和小小区技术,令其协同工作以满足目标增益。在之前的章节中,我们讨论了小小区的密集部署和先进天线技术,可以在很大程度上满足未来的 5G 需求,但是值得指出的是我们如何实现更加有效的频谱资源利用,如何在当前频谱资源非常稀缺的情况下开发新的频段以满足新增流量和场景的需求。目前,在认知无线电领域内,已经有很多 5G 使能技术可以为 5G 通信系统开发新的频谱。在第 6 章“5G 无线网络的认知无线电”中,我们讨论了进入 5G 时代认知无线电所面临的关键挑战,同时,在第 7 章“解决无线频谱危机:将白频谱用于 5G?”中,我们将探讨白色空闲频段能否在 5G 通信中有潜力发挥作用,从而带来新的频谱使用机会。

电视广播和移动宽带在下一代系统设计中将趋向融合。实际上,当前的服务提供商为满足未来的需求将面临巨大的挑战。在美国、德国、爱尔兰和波兰,数字卫星系统是最大的电视系统,但是不论用户采用数字卫星或 DTT 接收电视业务,都无法满足日益增长的非线性的、按需消费的服务需求。卫星和 HPHT 数字电视(DTV)设施被设计成点到多点的传输架构,难以支持反馈信道和用户控制调度,特别是在移动和便携式场景。电视广播和移动宽带进行融合设计可以以动态和交互的方式为用户提供高清或超高清视频服务,由此带动了广播和移动宽带融合解决方案的需求,这正是第 8 章“趋向统一的 5G 宽带-广播架构”的讨论内容。本章首先强调了广播和移动产业传输下一代电视业务所面临的挑战,然后介绍了在 5G 中构建统一广播-宽带(BC-BB)融合架构的候选解决方案,包括基于全宽带的蜂窝广播架构、混合网络架构及公共广播架构,最后提出了推动实现“双赢”广播-宽带融合方案的一个整体工作计划。

5G 将致力于提供大数据带宽、无限的组网能力及信号增强覆盖,为终端用户提供高质量的个性化服务。为了实现这一目标,5G 将创新性地整合多种先进技术。然而,5G 的成功还取决于用户是否相信这些强大的新技术的安全性,因为许多新型应用和通信模式都需要将用户信息与机密信息分离,因此,保障 5G 通信安全非常重要,需要研究防范措施,以抵制网络犯罪,包括拒绝服务攻击、干扰攻击及窃听攻击等。鉴于此我们在第 9 章“5G 通信安全”中介绍了 5G 系统的主要模块中具有代表性的潜在安全威胁实例,用以说明 5G 时代面临的安全问题和挑战。

自组织网络(SON)最开始被设计为一种系统内置功能,确保 3GPP R8-LTE 可以在网络部署、运营和维护方面经济有效。换句话说,LTE 系统被设计成具有 SON 特点,让网络以最少的人工介入来最小化网络运营开销。此外,由于 LTE 向 LTE-A 演进的复杂度进一步提升,同时也存在不同运营商拥有不同无线传输系统的共存需求,因此对 SON 技术的需求越来越强烈。随着 5G 新场景的出现,需要通过具有不同复杂度、容量和配置的宏小区和小小区

来构建复杂的异构网络, SON 技术将不再是仅仅参与, 而是一种强制性的需求, 并将支持动态感知、接入和调整网络, 以自动化的方式提供 5G 无缝-无限的传输体验。因此, 在第 10 章“5G 移动网络的 SON 演进”中, 我们讨论了 SON 的概念, 以及如何将其应用在 LTE 中, 在 R8~R12 中如何演进, 并将为管理网络生存时间和成本产生价值。当前关于 SON 的研究积累为我们讨论 SON 在 5G 移动网络中的应用奠定了基础。除了如何将当前 SON 已经定义的功能传递到 5G 中, 同时考虑如何在 SON 功能中增加新的特性来控制 5G 接入网新功能之外, SON 的架构问题也需要引起特殊关注和讨论。

5G 移动网络应可以支持各种类型的移动性, 对称和非对称的数据传输, 任意设备随时随地的宽带连接, 同时也要考虑功率开销。实际上, 减少功率开销或提升能量效率非常重要, 因为未来的手持设备功能更加复杂, 更加耗电, 进而导致电池寿命缩短, 这将对新型设备(或称为 5G iPhone)的市场份额产生影响。因此, 在网络侧和终端侧都需要一个更加全面的技术方案, 在 5G 生态系统的各个模块中获得能量效率增益。由此引入了第 11 章“5G 绿色灵活射频”, 目的在于讨论下一代终端射频设计所面临的挑战。未来的 5G 电话或手持设备将是一种节能多模的收发信机, 采用公共基带处理模块支持多种通信标准, 所有无线模块都将整合到一个精简的芯片组上。在第 11 章中, 我们描述了在开发下一代收发信机中需要考虑的关键设计需求、技术发展趋势和关键技术方案概念试验。

本书的最后部分是总结和未来展望, 整理了之前章节中所讨论的技术, 描绘出了当前 5G 整体研究现状, 同时强调指出所面临的挑战, 特别是在绿色组网和跨层设计方面的挑战。作为 5G 最后的讨论点, 作者在本书末尾分享了自己关于 5G 移动小小区的观点。