



国际信息工程先进技术译丛

WILEY

LTE及LTE-Advanced 无线协议

Radio Protocols for LTE and LTE-Advanced

尹圣君 (SeungJune Yi)
钱尚达 (SungDuck Chun)
[韩] 李永代 (YoungDae Lee) 著
白尚俊 (SungJun Park)
姜尚红 (SungHoon Jung)

张鸿涛 等译

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国际信息工程先进技术译丛

LTE 及 LTE-Advanced 无线协议

尹圣君 (SeungJune Yi)

钱尚达 (SungDuck Chun)

[韩] 李永代 (YoungDae Lee) 著

白尚俊 (SungJun Park)

姜尚红 (SungHoon Jung)

张鸿涛 等译



机械工业出版社

Radio Protocols for LTE and LTE-Advanced/by SeungJune Yi, et al.

ISBN: 978-1-118-18853-8

Copyright © 2012 John Wiley & Sons Singapore Pre. Ltd.

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Singapore Pre. Ltd. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with China Machine Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Singapore Pre. Ltd.

本书原版由 Wiley 公司出版, 并经授权翻译出版, 版权所有, 侵权必究。

本书中文简体翻译出版授权机械工业出版社独家出版, 未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

本书封面贴有 Wiley 公司的防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记图字: 01-2013-2144 号

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE 及 LTE-Advanced 无线协议/(韩)尹圣君等著;

张鸿涛等译. —北京: 机械工业出版社, 2014. 12

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Radio Protocols for LTE and LTE-Advanced

ISBN 978-7-111-48428-8

I. ①L… II. ①尹…②张… III. ①无线电通信—移动网—通信协议—研究 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 253120 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 朱 林 责任编辑: 朱 林

版式设计: 霍永明 责任校对: 张 薇

封面设计: 马精明 责任印制: 乔 宇

保定市市中画美凯印刷有限公司印刷

2015 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 20 印张 · 419 千字

0001—2500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-48428-8

定价: 99.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

本书系统地介绍了 LTE 及 LTE-Advanced 标准最新进展情况,并阐述了 LTE 层 2/3 的无线协议、LTE-Advanced 的新技术特征。系统阐述了设计原则及 3GPP 标准定义的 LTE 无线协议的功能,也提供了移动网络与移动终端之间互操作的基本知识。本书主要包括无线协议 (Idle 模式过程、RRC、PDCP、PLC、MAC 等) 和 LTE-Advanced 新技术特征 (VoLTE、HeNB、PWS、MBMS、CA、Relay、MDT、eICIC、MTC) 等。

本书是一部紧跟通信技术前沿研究的专业性著作,主要适于移动通信领域的研究人员和工程技术人员阅读,也可以作为通信工程及相关专业的高年级本科生、研究生和教师的专业性新技术参考书。

译者序

LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 成了移动产业的热点, 因为它是目前市场上最具有潜力的技术。对那些运营 GSM (Global System for Mobile Communications, 全球移动通信系统)/UMTS (Universal Mobile Telecommunication System, 通用移动通信系统) 的移动运营商, LTE 自然而然成为它们将来网络的选择。从这层意义上来说, LTE 是一种真正意义上的全球移动通信系统, 它将几乎覆盖全世界。目前, 超过两百家移动运营商正在计划或者已经应用了 LTE 系统。

与此同时, LTE 在继续演进, 经历了 Release 9 对 Release 8 的关键技术进行增强以及 Release 10 全面满足 ITU (International Telecommunication Union, 国际电信联盟) 所定义的第四代移动通信 (Fourth Generation, 4G) 的所有需求, 3GPP (Third Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划) 现在已开始着手 Release 11/12 的工作。

本书最主要的目的就是帮助读者全面了解 LTE 无线协议。通过解释有关用户数据传送和控制信令是如何通过无线协议在终端和网络中进行交互, 在本书第 1~6 章分析 LTE R8 版本 (Release 8, Rel-8) 协议细节, 本书第 7~16 章分析了 LTE-Advanced R9/10 版本 (Releases 9/10, Rel-9/10) 中提出的改进技术和服

务, 并配合实用的图表, 进一步深入理解 LTE 无线协议。

本书的独特价值在于能够使读者获得深度理解, 特别是对于 LTE 系统中的无线协议。大部分其他关于 LTE 的书主要把重点放在物理层方面, 而这本书不同之处在于将重点放在提供充足的 LTE 系统无线协议方面的知识。同时这本书的价值也在于对先进的长期演进 (LTE-Advanced, LTE-A) 的重点突出介绍。本书中大多数关于 LTE 无线协议最新的议题和技术都通过丰富多彩的实例来解释, 以帮助读者理解。

本书是专门介绍 LTE 及 LTE-Advanced 无线协议的著作, 阐述了 LTE 层 2/3 的无线协议, 也是首个基于 3GPP LTE R10 标准的出版物, 介绍了 LTE-Advanced 的新技术特征。系统阐述了设计原则及 3GPP 标准定义的 LTE 无线协议的功能, 也提供了移动网络与移动终端之间互操作的基本知识。

第 1 章介绍了 LTE 综述及 LTE 演进过程, LTE 架构、市场及技术需求等。

第 2~6 章深入讨论了 LTE 无线协议。从端到端通信的观点来说, 无线协议使用户享受 LTE 的服务变得可行。例如, 连接协议、移动性管理、广播资源管理以及在移动端和网络之间用户数据传送都是由无线协议所控制。本书给出了完整的

LTE 协议结构描述, 涵盖整个网络体系架构, 着重于描述设计原理和相应方法。无线协议主要涵盖: Idle 模式过程、RRC (Radio Resource Control)、PDCP (Packet Data Convergence Protocol)、RLC (Radio Link Control)、MAC (Medium Access Control) 等。

第 7 章介绍了 LTE-Advanced 概要性技术特征综述。

第 8~16 章专门阐述了 LTE-Advanced 新技术特征, 特别是一些有前景的技术细节, 例如: VoLTE (Voice over LTE)、HeNB (Home eNB)、PWS (Public Warning System)、MBMS (Multimedia Broadcast/Multicast Service)、CA (Carrier Aggregation)、Relay、MDT (Minimization of Driving Test)、eICIC (Enhanced Inter-Cell Interference Coordination)、MTC (Machine Type Communication) 等。

本书是移动产业界工程师的理想读物, 读者对象可以涵盖研究、开发、系统设计、网络运营等移动通信领域的相关从业人员。无线通信工程及相关专业的高年级本科生、研究生和教师也可将本书作为参考书籍。

本书译者长期从事未来移动通信网络研究工作, 具有丰富的理论基础和实践经验。本书主要由北京邮电大学张鸿涛翻译, 杨梓华、姜晶、叶云帆、孟娜、张霖、胡亚辉、覃毅芳、董然、李午洋、张德育、张一文等参与了部分章节的翻译。全书由张鸿涛统稿和审校。本书得到了国家自然科学基金(61302090)资助。最后, 还要感谢机械工业出版社的大力支持和高效工作, 使本书能尽早与读者见面。

由于移动通信技术及标准演进日新月异, 翻译时间比较仓促, 疏漏错误之处在所难免, 敬请读者原谅和指正。

译者

于北京邮电大学

前 言

回溯至 2004 年,以高速分组接入 (High-Speed Packet Access, HSPA) 为例的提供高速网络访问的第三代 (Third Generation, 3G) 移动通信系统变得可行。在那个时候, HSPA 的引入促使 3G 通信系统满足了市场需要,并且在多年内保持与其他类似系统的竞争优势。但是,展望未来,多媒体以及无处不在的通信都会得到迅猛发展。为了支持将来的这种通信量的增长同时保持竞争力,许多运营商都强烈意识到需要用一种长远的目光来看待 3G 通信系统的演进。正是由于这些动机的驱使,第三代合作伙伴计划 (Third Generation Partnership Project, 3GPP) 开始了基于 3G 系统的 LTE 制定规范的工作,并最终完成了这项工作,发布了 R8 版本 (Release 8, Rel-8) 规范。

高性能智能手机的出现开创了移动产业的新纪元,这也为服务提供商和消费者提供了机遇。智能手机的快速普及促使消费者趋向于那些有丰富多媒体服务的体验,包括移动宽带网络。因此,移动通信量呈现空前的爆炸性增长趋势,常常接近现存移动网络的网络容量,这也给移动运营商带来了强有力的动机,促使他们去追求更加激进的移动网络演变策略。

出于这种考虑, LTE 成为了移动产业的中心焦点,因为它是目前市场上最具有潜力的技术。对那些运营全球移动通信系统 (Global System for Mobile Communications, GSM) / 通用移动通信系统 (Universal Mobile Telecommunication System, UMTS) 的移动运营商, LTE 自然而然成为了他们将来网络的选择,因为 LTE 是他们生存下去唯一的选择。从这层意义上来说, LTE 是一种真正意义上的全球移动通信系统,它将几乎覆盖全世界。目前,超过两百家移动运营商正在计划或者已经应用了 LTE 系统。

本书的独特价值在于能够使读者获得深度理解,特别是对于 LTE 系统中的无线协议。大部分其他关于 LTE 的书主要把重点放在物理层方面,而本书不同之处在于将重点放在提供充足的 LTE 系统无线协议方面的知识。同时本书的价值也在于对先进的长期演进 (LTE-Advanced, LTE-A) 的重点突出介绍。本书中大多数关于 LTE 无线协议最新的议题和技术都通过丰富多彩的实例来解释,以帮助读者更好地理解。

本书的所有作者都曾活跃在涉及 3GPP 中无线协议标准的领域。他们的专业知识已经在他们对 UMTS、HSPA、LTE 以及 LTE-A 系统的发展中做出的积极贡献中得到了证明。这些专家站在一个完美的位置带着读者前进,不仅向读者解释了 LTE

是如何工作的，而且解释了为什么这些系统被设计成这样。此外，这些作者目前正在参与 LTE-A 的标准化工作；因此，读者也能够在这本书中了解关于 LTE-A 的主要议题、改善方向以及一些细节问题。

本书的出版对那些想理解 LTE 是如何真正工作的人来说，是一个福音。因为这本书内容组织非常有条理，它能够指引读者对 LTE 无线协议的各个方面，包括设计原则、架构以及功能，达到一种彻底的理解。如果读者已经熟悉了物理层或者 LTE 的核心网络，本书同样为他们提供了一个扩展知识面的机会，读者最终能够对 LTE 系统达到全面的理解。

Takehiro Nakamura
3GPP TSG RAN 主席
NTT DOCOMO 公司

引言

就在几年前，“无处不在的连接”被公认为是无线通信系统的未来。在“无处不在的连接”的时代里，曾有人预计宽带移动网络活动将会变得普遍，而且全球范围内的无缝连接成为可能。服务的质量将保证无论何时/何地/何种方式使用者都能连接；连接甚至扩展到物体之间的通信，不需要人的干涉；所有对象都具有自主通信的能力。

环顾我们如今生活中的一切，那些期望不再是我们想象的将来，而是已经存在的事实——“无处不在的连接”变成了现实。我们生活在这个连接性不断演进的时代。

由于近年来移动通信技术不断的增强，这种演变正在加速。其中最引人注目的技术就是 LTE 系统。众所周知，最初 LTE 规范的发展是在一个空前紧张的时间内完成的。在这些规范的发展过程中，所有移动商务包括全球移动运营商、网络供应商，以及终端/芯片组供应商，都为标准化的工作进程做出了巨大的努力。作为一个真正的全球移动通信标准，LTE 凭借其在全球范围内的快速增长，被移动生态系统证明为巨大的成功。由于“无处不在的连接”的改革推出，LTE 生态系统取得大规模的成功过程正在加速。

“无处不在的连接”的可能性给服务商提供了新的商业机会。眼光敏锐的读者可能已经意识到 LTE 系统应该被称之为“促成器”，而不仅仅是一个高性能通信系统，它使我们享受到我们所希望的服务。对于移动部门和相关产业的核心成员来说，将 LTE 系统作为一种促成技术来理解是非常重要的。

LTE 系统目前的设计是基于 3GPP 标准化工作流程的结果，其中包含了长期的讨论和决策过程。甚至常常没有一个决策能获得参与标准化流程的公司的一致同意。许多的决策都是在对已获得的收益、成本以及可能带来的复杂性的不断讨论和妥协后得出的结果。

原则上，由于这些规范是这些决策的集合，它们应该被写成一种中立的且不含糊的准则——也就是说，规范仅仅规定了“最低要求”。规范的解释不会超过最低要求，这样可以避免违反中立性的原则。出于这种原因，读者常常会感觉到规范是相当封闭的和不够完全的。

关于 LTE 和 LTE-A 的书在市场都是可以买到的，它们可以提供给读者这些规范的信息补充。但是，当读者浏览这些书时，总是会注意到，这些书的大多数章节都用来解释物理层的操作。如果有所区别的话，只有很小的一部分用来描述工

作在物理层之上的无线协议。对于那些渴望完全理解 LTE 无线协议的读者来说，这是完全不够的。

从端到端通信的观点来说，无线协议做出的重要贡献部分就是它使用户享受 LTE 的服务变得可行。例如，连接协议、移动性管理、广播资源管理以及在移动终端和网络之间用户数据传送都是由无线协议所控制。因此，对于渴望看到 LTE 全貌的读者来说，获得 LTE 无线协议精确的知识是相当重要的。

本书最主要的目的就是帮助那些渴望了解 LTE 无线协议的读者，通过解释有关用户数据传送和控制信令是如何通过无线协议在终端和网络中进行交互，可以在这本书的前半部分了解 LTE R8 版本（Release 8, Rel-8）协议的细节。在 LTE R9/10 版本（Releases 9/10, Rel-9/10）中提出的改进技术和服务会在书的后半部分提到，并配合实用的图表来帮助读者理解，这样读者对 LTE 无线协议的理解能够得到进一步巩固。应当指出的是，这本书仅仅基于作者们的知识给出了理解 LTE 无线协议的一种指导。对于那些想获得明确信息的读者应该参考由 3GPP 出版的规范。

作者们的原意是希望本书能够指引读者通过结合在这本书提到的 LTE 无线协议和读者在其他地方获得物理层及核心网的知识，来达到对 LTE 系统有一个更加全面的理解。作为 LTE 规范的贡献者，本书作者对目前的 LTE 系统感到欣慰，因为它使得曾经只是幻想的服务成为了可能。需要牢记的是，LTE 系统仍然处在不断演变的过程中，我们坚信本书的及时出版将使得它的读者有可能成为下一代系统的促成者，实现那些他们曾经仅仅只是幻想甚至从未想象过的服务和技术。

SeungJune Yi
SungDuck Chun
YoungDae Lee
SungJun Park
SungHoon Jung

作者介绍

SeungJune Yi, 拥有首尔国立大学电子工程学硕士学位, 1999 年加入 LG 电子公司, 并且自 2000 年以来一直积极参与 3GPP 无线接入网技术规范组 (Technical Specification Group Radio Access Network, TSG RAN) 的第二工作组的工作, 为 UMTS、HSDA、高速上行分组接入 (High Speed Uplink Packet Access, HSUPA)、多媒体广播多播服务 (Multimedia Broadcast Multicast Service, MBMS)、LTE 以及 LTE-A 贡献了许多的专利。他作为 LG 电子公司无线协议标准化团队的组长也参加了 3GPP TSG RAN 全体会议。从 2008 开始, 他成为了 LTE 分组数据汇聚协议 (Packet Data Convergence Protocol, PDCP) 规范 (TS36.323) 的记录员, 从 2011 年 8 开始, 他成为了 RAN WG2 的副主席。他是许多专利的发明者, 并获得了 2000 年、2002 年、2008 年的“LG 电子公司年度发明者”奖。在 2009 年, 他从韩国知识产权局获得了“专利技术奖”, 并在 2010 年被授予“韩国年度发明者”称号, 从 2008 年开始, 他参与了“LTE: UMTS 的长期演进”这本书“用户平面协议”部分的编写。

SungDuck Chun, 拥有麻省理工学院斯隆管理学院的 MBA 学位, 首尔国立大学电子工程学理学学士学位。他曾在首尔国立大学移动式通信实验室攻读理科硕士学位。2000 年加入 LG 电子公司, he 现在是首席研究工程师, 积极参与了 HSDPA、HSUPA、MBMS、LTE 以及 LTE-A 的标准化工作, 并为了 3GPP 做出了许多的贡献。由于成功地领导了 LG 电子公司的标准化活动, 他被授予“表现优秀个人”称号, 并得到了职业发展机会。他也指导过 UMTS 系统和码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 系统移动手持终端的软硬件发展, 并参与和咨询过电信运营商的准基点测试。他也参与了“LTE: UMTS 的长期演进”这本书“用户平面协议”部分的编写。

YoungDae Lee, 1998 年获得首尔国立大学电子工程学硕士学位, 同年加入 LG 电子公司 (韩国安阳市), 从 1999 起积极参与 3GPP 的工作, 并为 3GPP TSG RAN 第一、二、三工作组和 3GPP TSG RAN 全本会议的宽带码分多址的接入 (Wideband Code Division Multiple Access, W-CDMA)、HSDA、MBMS、LTE 以及 LTE-A 标准化贡献了许多技术资料。从 2004 ~ 2006 年, 他领导了 LG 电子公司的无线协议标准化团队, 从 2007 ~ 2010 年, 他作为高级标准经理在 LG 电子公司的法国移动分部 (位于法国的维勒班特) 工作。他也是“在 UTRAN 中改善 MBMS 可行性研究 (TS25.905)”的记录员, 并作为 MBMS 部分 (TS36.300 第 15 节) 的编

辑参与了 LTE 第二阶段的规范化工作。2000 年，他被评为“LG 电子公司年度发明者”。从 2008 起，他参与了“LTE: UMTS 的长期演进”这本书“用户平面协议”部分的编写。

SungJun Park，2003 年毕业于韩国汉阳大学，并于 2005 年获得了该学校的计算机科学与工程硕士学位。他目前是 LG 电子公司的一名高级研究工程师，并从 2005 年开始参与 3GPP 标准化的工作。他为 HSUPA、LTE 以及 LTE-A 的工作做出了许多贡献。

SungHoon Jung，拥有韩国科学技术高级研究院电子工程学硕士学位和延世大学的理学学士学位。2007 年他加入 LG 电子公司，现在是一名高级研究工程师。他积极参与了 3GPP TSG RAN 第二工作组 LTE 和 LTE-A 无线协议的标准化工作。他的研究焦点贯穿各种各样的议题，包括无线资源控制、移动性管理、网络性能优化、家庭基站、LTE 上的话音业务以及异构网络的各种技术。

目 录

译者序

前言

引言

作者介绍

第1章 简介	1
1.1 3GPP	1
1.2 3GPP 系统的演变过程	4
1.2.1 GSM	5
1.2.2 GPRS/EDGE	6
1.2.3 UMTS	7
1.2.4 HSPA	8
1.2.5 LTE	9
1.3 市场趋势	9
1.4 LTE 的要求	10
1.5 LTE 架构的概述	13
1.5.1 网络架构	14
1.5.2 QoS 架构	17
1.5.3 LTE 无线协议架构	19
1.6 UE 功能	22
参考文献	23
第2章 空闲模式过程	24
2.1 空闲模式功能	24
2.2 服务和小区分类	26
2.3 UE 状态及状态转换	27
2.4 PLMN 选择	28
2.4.1 PLMN 选择的触发	29
2.4.2 可用 PLMN 的搜索	29
2.4.3 PLMN 选择	29

2.5	位置注册	30
2.6	小区选择	31
2.6.1	小区选择标准	31
2.6.2	基于 RRC 连接释放的小区选择	32
2.7	小区重选	32
2.7.1	测量规则	33
2.7.2	相邻小区的重选	35
2.7.3	移动状态依赖比例缩放	37
2.8	访问验证	38
2.8.1	小区禁止状态和小区保留状态	38
2.9	寻呼接收	40
	参考文献	40
第 3 章	无线资源控制	42
3.1	RRC 功能和结构	43
3.2	系统信息	46
3.2.1	配置系统信息	46
3.2.2	系统信息更新	48
3.3	寻呼	49
3.4	连接建立	50
3.4.1	步骤 1: 应用访问类限制	50
3.4.2	步骤 2: 发送 RRCConnectionRequest 消息	52
3.4.3	步骤 3: 接收 RRCConnectionSetup 消息	53
3.4.4	步骤 4: 发送 RRCConnectionSetupComplete 消息	53
3.5	安全	53
3.6	RRC 连接重配置	56
3.6.1	SRB2 的建立	57
3.6.2	DRB 的建立	57
3.6.3	与安全激活平行的过程	57
3.7	UE 能力信息传输	58
3.8	EUTRA 内切换	59
3.8.1	切换准备	60
3.8.2	切换执行	62
3.8.3	切换完成	63
3.9	测量控制	65
3.9.1	测量配置	65
3.9.2	测量报告触发	66

3.9.3 测量报告	67
3.10 RRC 连接重建	67
3.11 RAT 间移动性	70
3.11.1 进入或移除 3GPP 系统的 RAT 间移动性	70
3.11.2 进入/移出 CDMA2000 系统的 RAT 间移动性	74
3.12 RRC 连接释放	76
参考文献	76
第 4 章 分组数据汇聚协议	77
4.1 PDCP 功能和结构	77
4.2 报头压缩	78
4.3 安全	80
4.3.1 完整性保护	81
4.3.2 加密	82
4.4 数据传输	83
4.5 SDU 丢弃	84
4.6 切换	84
4.6.1 SRB 在切换中的行为	84
4.6.2 UM DRB 在切换中的行为	85
4.6.3 AM DRB 在切换中的行为	86
4.7 PDCP PDU 格式	88
4.7.1 PDCP Data PDU 格式	88
4.7.2 PDCP Control PDU 格式	88
参考文献	89
第 5 章 无线链路控制层	90
5.1 RLC 层的功能和架构	90
5.1.1 透明模式 RLC	90
5.1.2 非确认模式 RLC	91
5.1.3 确认模式 RLC	92
5.2 成帧	93
5.3 重排序	95
5.4 ARQ 操作	97
5.4.1 轮询	97
5.4.2 状态报告	98
5.4.3 重传	98
5.4.4 重分段	99

5.5	窗口操作	101
5.5.1	非确认模式窗口操作	101
5.5.2	确认模式窗口操作	101
5.6	SDU 丢弃过程	102
5.7	RLC 重建过程	102
5.8	RLC PDU 的格式	102
5.8.1	TMD PDU 格式	103
5.8.2	UMD PDU 格式	103
5.8.3	AMD PDU 格式	104
5.8.4	AMD PDU 分段格式	104
5.8.5	状态 PDU 格式	105
	参考文献	106
第 6 章	媒体接入控制层	107
6.1	MAC 层的功能和服务	107
6.2	MAC 层架构	108
6.3	MAC 信道及信道映射	109
6.3.1	传输信道	109
6.3.2	逻辑信道	110
6.3.3	信道映射	110
6.4	调度	111
6.4.1	动态调度	111
6.4.2	半持续调度	112
6.5	调度信息的传输	114
6.5.1	缓存状态报告	114
6.5.2	调度请求	116
6.5.3	功率余量报告	117
6.6	逻辑信道优先级	117
6.7	非连续接收	120
6.8	混合自动重传请求	124
6.8.1	上行链路中的 HARQ	126
6.8.2	下行链路中的 HARQ	126
6.8.3	TTI Bundling	126
6.8.4	测量窗口	128
6.9	随机接入过程	129
6.10	时间校准	130
6.11	MAC PDU 格式	131

6.11.1 MAC 控制单元	133
6.11.2 随机接入响应 MAC PDU	134
参考文献	135
第7章 LTE 及 LTE-Advanced 新特征综述	136
7.1 基于 LTE 网络的语音呼叫	136
7.2 家庭增强型基站	137
7.3 公共警报系统	138
7.4 多媒体广播多播服务	138
7.5 载波聚合	139
7.6 中继技术	140
7.7 最小化路测	141
7.8 增强型小区间干扰协调	141
7.9 机器模式通信	142
第8章 基于 LTE 网络的语音呼叫	143
8.1 LTE 语音解决方案	143
8.1.1 终极语音解决方案	143
8.1.2 临时语音解决方案	144
8.2 IMS VoIP	145
8.2.1 IMS 配置	145
8.2.2 双模单待无线语音呼叫连续性	147
8.3 电路交换回退技术	150
8.3.1 CSFB 到 UTRAN 或 GRAN	152
8.3.2 CSFB 到 CDMA2000 1xRTT	156
8.4 服务域选择	162
8.4.1 UE 在 IMS VoIP 和 CSFB 之间的决定	163
8.5 IMS VoIP 和 CSFB 的比较	163
8.6 针对 VoIP 的 RAN 优化	164
8.6.1 鲁棒性报头压缩	164
8.6.2 TTI 捆绑	164
8.6.3 HARQ 的半持续调度	165
参考文献	165
第9章 家庭增强型基站	166
9.1 架构框架	167