



国际信息工程先进技术译丛

WILEY

LTE/SAE网络部署 实用指南

The LTE/SAE Deployment Handbook

(美) Jyrki T.J. Penttinen 编著

盛煜 王友祥 杨艳 赵婷婷 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/SAE 网络部署 实用指南

(美) Jyrki T. J. Penttinen 编著
盛煜 王友祥 杨艳 赵婷婷 等译



机械工业出版社

本书系统全面地介绍了 LTE/SAE 的背景和技术内容,涵盖了标准理论解释、系统架构描述、系统功能和要素分析、网络规划和设计的基本指标要求分析。本书理论技术分析翔实完备,网络规划和部署阐述缜密实用。本书重点介绍和描述了 LTE/SAE 的架构体系和系统功能,从现实角度阐述了与 LTE/SAE 设计相关的网络的规划、维度和测量结果的基本指标,对于读者理解和研究 LTE/SAE 及其网络部署有很大的帮助。

本书是一部紧跟通信技术前沿研究的专业性著作,主要适于无线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。

Copyright © 2012 John Wiley & Sons, Ltd.

All Rights Reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition, The LTE/SAE Deployment Handbook, ISBN 978-0-470-97726-2, Jyrki T. J. Penttinen, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书原版由 Wiley 公司出版,并授权翻译出版,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,并限定在中国大陆地区销售,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。

本书版权登记号:图字 01-2012-8713 号。

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE/SAE 网络部署实用指南/(美)潘蒂宁 (Penttinen, J. T. J.) 编著;
盛煜等译. —北京:机械工业出版社,2013.7

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: The LTE/SAE deployment handbook

ISBN 978-7-111-43441-2

I. ①L… II. ①潘…②盛… III. ①移动无线通信-通信网-指南
IV. ①TN929.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 168510 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:张俊红 责任编辑:林 桢

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:赵颖喆 责任印制:李 洋

中国农业出版社印刷厂印刷

2013 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

169 mm × 239 mm · 25 印张 · 560 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-43441-2

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

社 服 务 中 心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

译者的话

随着移动互联网的迅猛发展，用户数量逐年递增，移动宽带业务需求越来越旺盛，用户对移动通信网络的接入速率和质量要求也越来越高，第三代移动通信系统已不能完全满足用户的需求。因此，3GPP 标准组织启动了新的演进技术——演进分组系统（Evolved Packet System, EPS）的研究，主要包括长期演进（Long Term Evolution, LTE）和系统架构演进（System Architecture Evolution, SAE）两个研究项目。LTE 是 3GPP 接入技术的演进，其可以在未来很长时间内保持竞争优势；SAE 是系统架构演进，它是基于 IP 的扁平网络体系架构，旨在简化网络操作，确保平稳、有效地部署网络。

经过几年艰苦的标准化工作，LTE/SAE 标准于 2008 年基本完成。目前 LTE/SAE 的产业链已经初具规模，系统产品已经进入商用阶段，在今后的数年里其商业化进程和商用部署会进一步加快。因此，不管是通信设备制造业的研发人员，还是运营企业的技术人员，都需要对 LTE/SAE 标准进行深入了解，同时掌握 LTE/SAE 网络规划和部署设计。以往介绍 LTE 和 SAE 的书籍多是对规范的整理，很少涉及实际网络的部署规划和设计。本书把标准技术的理论分析和网络部署的规划、设计结合起来，既能让技术人员系统全面地理解 LTE/SAE 的基本技术，也能掌握 LTE/SAE 实际网络部署设计相关的基本指标要求。

本书由三大部分组成。第一部分描述了系统的背景和总体构想。这部分包括第 1 ~ 5 章，主要对标准实际解释的建议，并给出最重要的高级别要求以及 LTE 和 SAE 的架构描述。第二部分：包括第 6 ~ 11 章，阐述了关于 LTE/SAE 功能和它的服务的更为专业的问题。这部分描述系统功能和要素，帮助读者详细理解技术上的可能性以及 LTE/SAE 作为全移动通信环境一部分的挑战。第三部分从现实角度阐述了与 LTE/SAE 设计相关的方面。这部分包括第 12 ~ 15 章，主要阐述 LTE/SAE 网络的规划、维度和测量结果的基本指标。其中第 15 章是本单元最为重要的部分之一，同时也是本书的核心，提供了从其他系统过渡为 LTE 的有价值的建议。作为基础，这一章给出了不同技术指标和案例，例如重组策略。

本书是一部紧跟通信技术前沿的专业性参考书，具有一定的先进性和前瞻性，读者对象涵盖研究、开发、系统设计、网络运营等移动通信领域的相关从业人员。

本书由中国联通网络技术研究院王友祥博士主持翻译，并负责全书统稿和审核。全书主要由盛煜、杨艳、赵婷婷、陈丹、颜志、张力方、张香云、吕婷、王蕴实、胡泽妍、裴郁杉、王非、宋蒙、王波、刘磊等翻译完成。本书在翻译过程中，得到了中国联通网络技术研究院吕召彪、孙雷、范斌、马彰超、乌云霄、张猛、张耀旭、许珺、仪鲁男、杨军等同仁的大力支持和帮助，他们对全书的翻译提出了很多建议和意见，并参与了部分内容的翻译在此表示诚挚的感谢。

由于本书内容与概念的新颖性和译者不可避免地存在的主观片面性，书中不妥和错误之处在所难免，敬请广大读者及同行专家批评指正。

译者
2013 年深秋

原 书 序

20 世纪 70 年代，人工操作的移动通信网络在所有北欧国家获得了巨大的成功，但是随着 20 世纪 80 年代第一代自动网络（NMT）的普及，移动通信网络超过了所有人的期望。根据需求增长，真实地估计所需的基站数量看起来是不可能的。用户习惯于经常提高服务等级和语音呼叫的覆盖范围。在这十年中，使用者渐渐地接触了无线语音通信，并且发现这种技术不仅带来了效率的提高，而且也带来了一种非常自由的体验。

接下来，随着 20 世纪 90 年代第二代（GSM）网络的出现，人们对更高级别的服务表现出更加明显的需求增长。GSM 国际规范工作组为新的发明，如短消息服务（Short Message Service, SMS）建立了坚实的基础和有利的平台。到目前为止，GSM 已经建立并运行超过了 20 年。从 3GPP 标准化的新发明数量可以很清楚地看出，GSM 的演进还将会在很长一段时间内是安全可靠的。

将 3G 引入市场的目的是为了给更多的多媒体需求提供基础。当 2G 系统开始饱和时，3G 为语音呼叫提供了额外的容量。随着多代移动通信系统的发布，移动通信运营商和供应商开始认识到该领域的挑战，即新的服务通常既要求来自网络的支持，也要求终端的支持。另一方面，用户认为终端是日常的消费对象，并且在市场上不断出现更具吸引力的产品，这就导致了终端的生命周期较短。因为增强的服务通常需要同时更新终端和网络，所以在用户、运营商和设备供应商之间需要进行积极的平衡。

分组数据服务的部署是作为 GSM 的附加条款提出的，并且适应从 UMTS 的第一阶段起的系统，它是移动终端使用互联网服务的重要触发器。迅速发展的互联网环境本身对移动通信有着巨大的影响，也导致了结合语音连接、消息和多媒体的多用服务设备的发展。

随着第三代网络的部署，为了提供更流畅的用户体验，网络系统提高了数据传输速率。同时，新的业务环境开始加强。相比只有少数的语音服务提供商操控市场的初始模型，现在有越来越多的运营商、设备供应商、服务提供商、测量设备制造商和其他许多实体加入了市场，一起为移动通信做着贡献。标准化的增长速度使得发展似乎是无限的。

随着与互联网相关的数据量的增加，固定和移动通信也稳步发展。从最终用户的角度来看，开放的标准、竞争的运营商和多厂商设备产品，确保了市场的良性发展。

与第一代网络的发展情况相同，2G 和 3G 的演进逐渐饱和。比起发展现有的平台，创建一个新的、更高效的平台来提供所需的数据传输速率和容量要更为容易。近几年的统计数据表明，多媒体数据传输量有了一个巨大的增长。数据使用的指数增长为网络设置了比以往任何时候都更高的性能指标。

在这种情况下，LTE 已被设计为新的 4G 时代的基础。它提供从 2G 和 3G 的平稳过渡，包括重要的互连互通功能，以及在移动网络环境中比以往任何时候都具有更高的数据传输速率和容量，为通向 4G 发展铺平了道路。除了 3GPP 网络，LTE / SAE 的标准化也需要考虑 CDMA 系统的演进路径。

不断发展的技术使得移动通信业务的管理更加复杂。一些运营商可以使用现有的技术，另一些可能不得不从 4G 开始。由于有线网络的容量、通信质量和与无线技术共同工作的灵活性不断增加，所以必须把有线网络也看作移动网络的竞争对手。

同时，相关信息的需求正在增加。网络可以从零开始建立，或是从先前系统的演进路线建立。网络规划者和其他技术人员需要知道系统如何运行、如何优化，以及如何确保积极的用户体验。业务经理还必须了解基本技术，以便看到他们怎样能够从中获益，以及他们可能需要从技术人员那里要求些什么。

很难找到一个既对技术有着深刻理解又能用一种翔实、简单而且易懂的方式把它们写下来的人。而本书的作者——Jyrki Penttinen 拥有这种技能。这是一本为那些想学习 LTE、演进型 UTRAN 和演进分组核心的原理和细节的人编写的大众都认可的好书。

Matti Makkonen

CEO, Anvia Pic

前副总裁, Sonera 公司, 芬兰

原 书 前 言

长期演进 (Long-Term Evolution, LTE) 是现代移动通信发展最重要的阶段之一。因其增强的数据吞吐量和更低的时延, 为提高服务提供了合适的基础。LTE 也为电信架构现代化提供了额外的推力。在 LTE/SAE 系统标准中舍弃电路域的决定可能听起来激进, 但这也显示出全 IP 概念在电信领域正在逐渐变强, LTE/SAE 的部署正是这一全球趋势的具体证明。

LTE 规范为 3GPP 中 3G 演进路线定义了演进的无线接入, 因此它们就对新移动网络系统的发展产生了一个重要的影响。为保证端到端性能, 在提出无线网对高速数据支持要求的同时, 核心网规范也已升级。所有规范都在同一项 3GPP 的准则下制定, 这确保了在无线及核心演进的工作中覆盖了所有相关方面, 这与 3GPP 从 2G 向 3G 网络演进时的方法一致。

在 LTE、SAE 和先前的 3GPP 系统中有许多重复或相似的方面, 但是演进网络也带来了大量的新的解决方案。很多性能仿真显示 LTE/SAE 功能已经可用, 但是直到现在, 系统对实际网络部署的影响并不是非常清晰。

本书旨在阐明 UMTS 演进陆地无线接入网 (E-UTRAN) 在现实方面信息日益增长的需求, 即 LTE, 也包括演进分组核心网 (EPC), 即系统架构演进 (SAE)。本书的构想是提供 LTE/SAE 网络设计及构建所需的现实信息, 向部署时期的准备工作迈近一步。本书呈现的主题和案例保证了在最初时期就尽可能提供最好的服务级别, 即在 LTE/SAE 网络规划和部署之初就能有所帮助。本书描述了系统架构和功能、网络规划、测量结果、安全、应用以及其他在真实电信环境中的重要方面。

本书用一种标准的方式写作完成。第一部分包括第 1~5 章, 描述了系统的背景和总体构想。这部分包括对标准实际解释的建议, 并给出最重要的高级别要求以及 LTE 和 SAE 的架构描述。这部分对于缺乏系统先修知识的读者尤其有用。

第二部分包括第 6~11 章, 阐述了关于 LTE/SAE 功能和它的服务的更为专业的问题。这部分描述系统功能和要素, 帮助读者详细了解技术上的可能性以及 LTE 和 SAE 作为全移动通信环境一部分的挑战。

第三部分包括第 12~15 章, 从现实角度阐述与 LTE/SAE 设计相关的方面。这部分包括 LTE/SAE 网络的规划、维度和测量结果的基本指标。第 15 章是本单元最为重要的部分之一, 同时也是本书的核心, 提供了从其他系统过渡为 LTE 的有价值的建议。作为基础, 这一章给出了不同技术指标和案例, 例如重组策略。

一般而言，本书可作为 LTE/SAE 部署阶段和后续阶段重要的、实用性的信息资源。本书写作团队提醒：尽管本书给出了关于网络部署功能和建议的实用性信息，但是不能完全保证内容的正确性。鼓励读者参考规范和其他有效信息资源。本团队声明书中的信息和观点均来自独立投稿人，不代表其雇主。

基于领域的发展和反馈，可在 www.tlt.fi 的网页上找到 LTE/SAE 的更多信息。

Jyrki T. J. Penttinen

目 录

译者的话

原书序

原书前言

第1章 概述	1
1.1 引言	1
1.2 LTE 场景	1
1.3 LTE 在移动通信中的角色	2
1.4 LTE/SAE 部署过程	3
1.5 本书的内容	6
参考文献	8
第2章 LTE/SAE 驱动力分析	9
2.1 引言	9
2.2 移动通信系统发展历程	9
2.3 数据业务演进	12
2.3.1 发展到3G	12
2.3.2 多媒体要求	12
2.3.3 商业LTE部署	15
2.3.4 LTE 频率重用改善的发展	15
2.4 部署LTE的原因	17
2.4.1 概述	17
2.4.2 可选方案之间的关系	17
2.4.3 TD-LTE 和 FD-LTE	18
2.5 LTE/SAE 的下一步	18
2.6 LTE 的优点总结	19
参考文献	20
第3章 LTE/SAE 概况	21
3.1 引言	21
3.2 LTE/SAE 标准	21
3.3 从规范中获取信息	22
3.4 LTE 的演进路径	25
3.5 LTE 的关键参数	26

3.6	LTE 和 WiMAX	26
3.7	漫游架构模型	27
3.7.1	漫游功能	27
3.7.2	运营商面临的挑战	27
3.7.3	CS 语音回落	28
3.7.4	运营商之间安全因素	29
3.7.5	语音业务方式的选择	30
3.7.6	LTE/SAE 漫游和互连	32
3.8	LTE/SAE 业务	33
3.8.1	数据	34
3.8.2	语音	36
3.8.3	多媒体广播多播业务	36
3.9	LTE-Advanced——下一代 LTE	37
3.9.1	LTE-Advanced 关键因素	37
3.9.2	3G 和 4G 比较	38
3.9.3	提高 LTE-Advanced 性能的驱动力	38
	参考文献	39
第4章	性能需求	40
4.1	引言	40
4.2	LTE 关键特征	40
4.2.1	R8 版本	40
4.2.2	R9 版本	41
4.2.3	R10 版本	41
4.3	标准 LTE 需求	44
4.3.1	LTE 早期思路	44
4.3.2	LTE 的标准无线需求	46
4.3.3	数据性能	47
4.3.4	LTE UE 需求	49
4.3.5	回传时延需求	50
4.3.6	系统架构演进	51
4.4	需求对 LTE/SAE 网络部署的影响	53
4.4.1	演进的环境	53
4.4.2	频谱效率	54
	参考文献	55
第5章	LTE 与 SAE 架构	56
5.1	引言	56
5.2	网元	56
5.2.1	eNodeB	57

5.2.2 服务网关	60
5.2.3 PDN 网关	61
5.2.4 移动管理单元	61
5.2.5 GSM 和 UMTS 域	62
5.2.6 分组数据网	62
5.3 接口	63
5.3.1 Uu 接口	63
5.3.2 X2 接口	63
5.3.3 S1 接口	63
5.3.4 S3 接口	63
5.3.5 S4 接口	63
5.3.6 S5 接口	63
5.3.7 S6a 接口	63
5.3.8 S11 接口	63
5.3.9 SGi 接口	63
5.3.10 Gn/Gp	64
5.4 协议栈	64
5.4.1 用户面	64
5.4.2 控制面	65
5.4.3 层 1	65
5.4.4 层 2	66
5.4.5 层 3	66
5.5 层 2 结构	67
参考文献	68
第 6 章 传输网和核心网	69
6.1 引言	69
6.2 传输实体功能	69
6.2.1 传输模块	69
6.2.2 LTE 传输协议栈	69
6.2.3 以太网传输	70
6.2.4 IP 地址分类	70
6.2.5 IP 层业务优先级	70
6.2.6 以太网层业务优先级	70
6.2.7 基于 VLAN 的业务分类	71
6.2.8 IPsec 协议	71
6.2.9 同步	71
6.2.10 时序分组	72
6.2.11 同步以太网	72

6.3 传输网	72
6.3.1 承载以太传输	73
6.3.2 S1-U 接口传输	73
6.4 核心网	74
6.5 IP 多媒体子系统	74
6.5.1 IMS 结构	74
参考文献	82
第7章 LTE 无线网络	83
7.1 引言	83
7.2 LTE 无线接口	83
7.3 LTE 频谱	84
7.4 OFDM 和 OFDMA	86
7.4.1 基本原理	86
7.4.2 OFDM 收发流程	87
7.4.3 循环前缀	88
7.4.4 信道估计和均衡	90
7.4.5 调制	90
7.4.6 编码	94
7.4.7 信号处理流程	94
7.5 SC-FDM 和 SC-FDMA	95
7.5.1 SC-FDM 收发流程	95
7.5.2 PAPR 的优点	95
7.6 报告	97
7.6.1 CSI	97
7.6.2 CQI	97
7.6.3 RI	98
7.6.4 PMI	98
7.7 LTE 无线资源管理	99
7.7.1 引言	99
7.7.2 QoS 及相关参数	100
7.8 UL 和 DL 共有的 RRM 原则和算法	101
7.8.1 连接移动性控制	101
7.8.2 接纳控制	103
7.8.3 HARQ	104
7.8.4 链路自适应技术	105
7.8.5 分组调度	106
7.8.6 负载均衡	109
7.9 上行 RRM	110

7.9.1 分组调度：具体的上行约束	110
7.9.2 链路自适应	111
7.9.3 支持调度和链路自适应的上行信令	113
7.10 下行 RRM	114
7.10.1 信道质量、反馈和链路自适应	114
7.10.2 分组调度	115
7.10.3 小区间干扰控制	116
7.11 LTE 内切换	117
参考文献	119
第8章 终端和应用	122
8.1 引言	122
8.2 智能手机对 LTE 的影响	122
8.2.1 概述	122
8.2.2 LTE 是否能应对这些挑战?	123
8.2.3 LTE RRC 状态	123
8.3 互通	124
8.3.1 同时支持 LTE/SAE 和 2G/3G	124
8.3.2 支持 CS 回落和 VoLTE	126
8.4 LTE 终端需求	127
8.4.1 性能	127
8.4.2 LTE-UE 类型	128
8.4.3 HW 架构	129
8.4.4 一致性测试方面	131
8.5 LTE 应用	133
8.5.1 非运营商应用	133
8.5.2 丰富通信套件	134
8.5.3 LTE/SAE 和 RCS	138
参考文献	139
第9章 LTE 语音业务	140
9.1 引言	140
9.2 分组演进系统的 CS 回落机制	141
9.3 基于 SGs 的 SMS	142
9.3.1 功能	143
9.3.2 EPS/IMSI 联合附着	143
9.3.3 移动主叫短消息	144
9.3.4 移动终端短消息	144
9.3.5 部署前景	145
9.4 SMS 业务之外的语音和其他 CS 服务	146

9.4.1 语音和视频呼叫	147
9.4.2 非呼叫相关的附加服务和定位服务	149
9.4.3 部署前景	151
9.5 基于 IP 的语音和短消息服务	151
9.5.1 IP 多媒体子系统	153
9.5.2 基于 IP 的语音和视频电话	153
9.6 总结	167
参考文献	167
第 10 章 LTE/SAE 功能	169
10.1 引言	169
10.2 状态	169
10.2.1 移动性管理	170
10.2.2 切换	170
10.2.3 连接管理	171
10.2.4 鉴权	175
10.2.5 跟踪区域	175
10.2.6 寻呼过程	177
10.3 端到端的功能	178
10.4 LTE/SAE 漫游	178
10.4.1 概述	178
10.4.2 漫游架构	180
10.4.3 跨运营商连通性	181
10.4.4 本地路由	183
10.4.5 本地疏导	184
10.4.6 本地路由对本地疏导	186
10.4.7 其他特征	187
10.4.8 APN 的使用	188
10.4.9 特定服务方面	189
10.5 计费	193
10.5.1 离线计费	194
10.5.2 计费数据记录	195
10.5.3 在线计费	195
参考文献	196
第 11 章 LTE/SAE 安全	197
11.1 引言	197
11.2 LTE 安全风险指标	197
11.2.1 安全流程	197
11.2.2 LTE/SAE 中网络攻击的种类	198

11.2.3 攻击的预处理	199
11.2.4 认证	201
11.2.5 LTE 传输安全	202
11.2.6 传输过滤	203
11.2.7 无线接口安全	203
11.3 LTE/SAE 服务安全案例	208
11.3.1 综述	208
11.3.2 IPSec	208
11.3.3 IPSec 处理过程与安全网关	209
11.3.4 基于专用隧道接口的单一隧道	210
11.3.5 基于共享隧道接口的单一隧道	211
11.3.6 基于专用隧道接口的多重隧道	211
11.3.7 基于共享隧道接口的多重隧道	211
11.3.8 总结	211
11.4 验证与授权	211
11.5 用户数据安全	213
11.6 合法侦听	213
参考文献	215
第12章 SAE 的规划与部署	216
12.1 引言	216
12.2 从 2G/3G PS 核心网向 EPC 的网络演进	216
12.2.1 3GPP R8 分组核心网为支持 LTE 需要具备的功能	216
12.2.2 运营商网络中引入 LTE	217
12.3 进入商用阶段：通过 R8 早期版本中的 SGSN 支持多模 LTE/3G/2G 终端	217
12.3.1 支持 R8 网络中的多模 LTE/3G/2G 终端	218
12.3.2 从架构的角度来看 2G/3G SGSN 和 MME 的最优解决方案	219
12.4 SGSN/MME 演进	221
12.4.1 LTE 网络中的 MME 功能需求	221
12.5 案例：商业的 SGSN/MME 提供	221
12.5.1 诺基亚西门子网络公司的灵活网络服务器	221
12.5.2 SGSN/MME 演进规划中考虑的因素	222
12.6 移动网关演进	222
12.6.1 移动宽带网络中移动网关的需求	222
12.7 案例：商业 GGSN/S-GW/P-GW 提供	223
12.7.1 诺基亚西门子网络公司的灵活网络网关	223
12.7.2 GGSN/S-GW/P-GW 演进规划中需要考虑的因素	224
12.8 EPC 网络部署和拓扑的考虑	224

12.8.1 EPC 拓扑选项	224
12.8.2 EPC 拓扑演进	224
12.9 LTE 接入尺寸计算	225
第 13 章 无线网络规划	228
13.1 引言	228
13.2 无线网络规划流程	228
13.3 常规网络规划	231
13.3.1 服务质量	231
13.4 容量规划	234
13.5 覆盖规划	235
13.5.1 无线链路预算	235
13.5.2 无线传播模型	240
13.5.3 频率规划	241
13.5.4 其他方面的规划	242
13.6 自优化网络	242
参考文献	243
第 14 章 LTE/SAE 测量	244
14.1 引言	244
14.2 概述	244
14.2.1 测量点	244
14.3 无线接口测量准则	245
14.3.1 LTE 测量	245
14.3.2 LTE 业务仿真器	247
14.3.3 典型的 LTE 测量	248
14.3.4 型式认证测量	249
14.3.5 调制误差测量	250
14.3.6 LTE 性能仿真	250
14.4 LTE 外场测量	251
14.4.1 典型的外场测试环境	251
14.4.2 测试网络配置	252
14.4.3 测试用例选择	255
14.4.4 几点说明	256
14.5 演进改变测试规则	256
14.6 LTE 空中接口的一般测试要求与方法	258
14.6.1 OFDM 无线测试	258
14.6.2 MIMO 测试	260
14.6.3 L1 测试	262
14.6.4 LTE 中的 L2/L3 测试	262