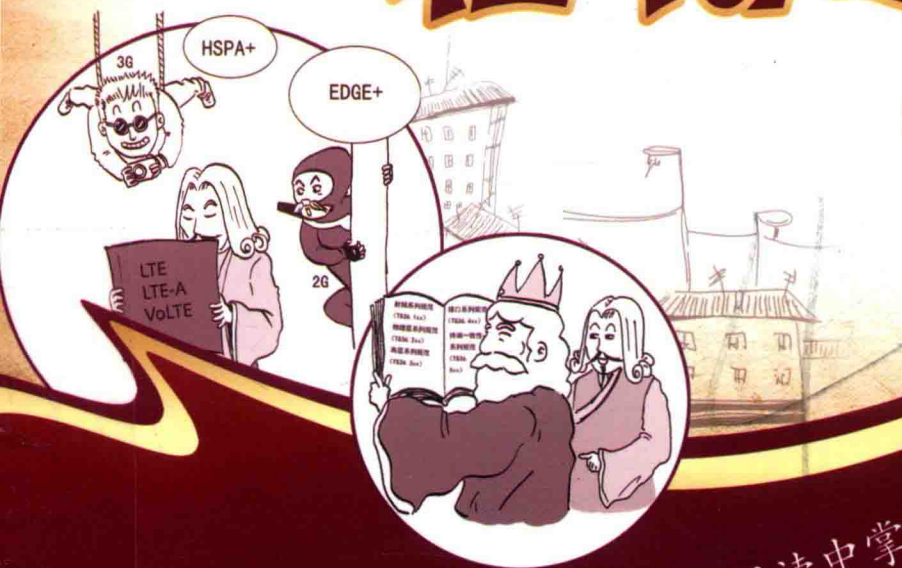


LTE

轻松进阶

(第2版)

王振世 / 编著
赵文超 / 插图



- 说故事讲理论，于轻松阅读中掌握LTE的精髓
- 应对广阔职场空间，掌握商业先机的葵花宝典



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>

LTE

轻松进阶

(第2版)

王振世 / 编著
赵文超 / 插图



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以说故事讲原理的方式介绍LTE技术原理。内容按照从总体到细节、从原理到实践的顺序提纲挈领地介绍LTE无线侧工程师入门时需要掌握的关键技术。通过与其他多种无线制式的对比,便于已具备无线基础的人理解LTE与固有知识的异同,在不知不觉中掌握LTE的精髓及发展趋势。

本书通过类比的方法,将深奥、晦涩的知识讲解得形象有趣,引人入胜,适合具有一定无线基础知识的LTE入门者使用,如LTE项目管理者、LTE营销人员、售前支持人员、工程服务人员、管理人员、在校大学生等。

经过了几年的大规模建设,中国已经成为世界上LTE用户规模最大的国家。LTE-A技术、物联网技术、宽带语音业务(VoLTE)的发展将进一步挖掘出LTE网络的潜力。本书将是你面对广阔的职场空间、掌握无限商机的葵花宝典。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

LTE 轻松进阶/王振世编著. —2版. —北京:电子工业出版社, 2017.9

ISBN 978-7-121-32178-8

I. ①L… II. ①王… III. ①移动通信—无线电通信—通信网 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第165487号

策划编辑:曲 昕

责任编辑:曲 昕

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:787×980 1/16 印张:24.75 字数:497千字

版 次:2012年4月第1版

2017年9月第2版

印 次:2017年9月第1次印刷

定 价:69.00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, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010) 88254468, quxin@phei.com.cn。

再版前言

再版背景

经过了几年的大规模建设，中国已经成为世界上 LTE 用户规模最大的国家。中国移动的 LTE 基站规模也突破 150 万个，成为宇宙第一大 LTE 网。与此同时，LTE-A 技术、物联网技术、宽带语音业务(VoLTE)的发展将进一步挖掘出 LTE 网络的潜力来。5G 标准和协议虽还没有最终成熟，但其已确定的关键技术有可能提前在 4G 网络上使用，从而进一步提升 LTE 的承载能力。

随着移动网络业务支撑能力的不断提升，以及智能终端能力的日新月异，移动应用会越来越丰富多彩。在未来几年内，数据业务流量的需求将增加 1000 倍，终端接入设备种类将增加 100 倍，业务和应用的速率需求将增加 100 倍。

这就使得 LTE 网络不是一蹴而就的，而是随着需求的变化而不断发展的。LTE 网络的性能，随着 LTE 用户规模的激增，应用场景的复杂多变，必将面临着无数越来越大的挑战。

本书将是您面对广阔的职场空间、应对 LTE 相关工作的挑战，是掌握无限商机的葵花宝典。

新增内容

五年前，本书第一版问世，经过多次印刷，已经帮助了成千上万的 LTE 工程技术服务人员。

当初，中国的 LTE 牌照还没有发放。在国内，仅有零星的几个在试点的基站。所以，书中的内容以讲述 LTE 的基本原理为主，很少涉及实际工程中的具体情况和具体问题。

现在，LTE 网络已经成形，中国 LTE 用户规模已经成为世界第一，在实际组网的过程中，积累了大量 LTE 知识的运用案例和运用经验。这些都是在本次再版过程中，考虑新增的内容。

在 LTE 的实际组网过程中，LTE-A 的关键技术不断得到应用，包括载波聚合、多天线增强技术、CoMP、中继等。这些关键技术，能够极大地提高 LTE 网络的峰值业务速率、频谱效率，以及小区边界用户的体验。这些新技术，在现网工程实际中，是挖掘 LTE



网络潜力, 增强 LTE 用户体验的重要手段。

中国运营商的 LTE 网络建设, 已经从粗放型向精细型发展。LTE 的面覆盖已经初步完成, 接下来面临的是 LTE 网络的场景化建设问题。“五高一地”, 包括: 高校、高铁、高速、高架、高层、地铁等场景, 是确保 LTE 网络体验水平领先的关键场景, 也是 LTE 价值用户争夺的主战场。

2015 年底, 中国运营商开始大规模推动 VoLTE 建设, 大幅推广低成本 VoLTE 终端。近几年, 中国运营商会逐渐完成 2G 用户向 4G 网络的迁徙, 语音业务将逐步摆脱对 2G 网络的依赖, 最终完全承载在 4G 网络上。到那个时候, 就是 2G 网络退出历史舞台之时。随着 VoLTE 用户数的不断增长, VoLTE 业务质量提升成为网络优化工程师必须面临的挑战。

有志于从事 LTE 工程技术的人, 一定或多或少面临着运营商组织的 LTE 工程服务人员入场考试的问题。再版过程中, 本书结合多年来配合运营商出题的经验, 对一套 LTE 入场考试的标准题型进行了解析, 以帮助这部分单位和个人掌握 LTE 工程技术服务入场考试的技能。

适合读者

本次再版仍然面向的是 LTE 相关的从业人员, 需要具有一些无线基础知识, 如 LTE 项目管理者、LTE 营销人员、售前支持人员、工程服务人员、管理人员、在校大学生。

如果是 LTE 某一方面的研发人员, 本书的新增内容, 只适合他了解 LTE 的最新工程应用, 但这些应用背后的技术实现细节还需要参考协议类书籍。

致谢

本次再版过程中, 得到了北京信世为科技有限公司的大力支持。信世为公司的领导和同事多是 LTE 领域的多年从业者, 有着丰富的实战经验, 为业界提供了多次 LTE 工程优化咨询服务, LTE 入场考试咨询服务, 辅导了众多有志于从事 LTE 工程服务的人员。

本书再版过程中, 还得到了电子工业出版社曲昕女士的大力支持和鼓励。没有曲昕女士的认真负责, 这本书的再版很难付诸行动。

再次感谢我的父亲和母亲, 默然回首, 他们已经比五年前老了很多。还要感谢我的妻子, 成为两个孩子的母亲, 的确辛苦。

最后, 感谢所有的读者朋友, 你们的持续关注是原创作者最大的欣慰。

由于作者水平有限, 书中难免疏漏和错误之处, 敬请批评指正。

王振世
2017 年 8 月

前言

写作背景

移动通信的永恒追求是高速、可靠、便捷。为了这一追求，无线制式已经经历了三代的发展。第一代移动网络已经进入了博物馆，第二代移动网络正在服务着地球上为数最多的用户，而第三代移动网络正在以新颖丰富的业务应用吸引着日益壮大的用户群。

对未来的展望和探索，人类从来没有停止过。为了提供更高的业务速率、更高的频谱利用效率、更低的建设运营成本，3GPP 推出了移动网络的长期演进项目——LTE，计划使之成为在未来 10 年内持续领先的无线制式。3GPP LTE（简称 LTE）在全球已经有了数十个实验网，中国也启动了多个城市的 TD-LTE 规模试验。

随着 LTE 的脚步声越来越近、越来越急促，LTE 的知识，你储备好了吗？面对未来广阔的职场空间、无限的商机，LTE 的知识，你掌握好了吗？

写作特点

有志于了解和掌握 LTE 知识的人，一定是对当今移动通信的发展有初步认识的人。已有的移动通信知识可能是你进一步掌握 LTE 知识的垫脚石，也有可能成为你理解 LTE 知识的拦路虎。

首先，本书在写作过程中，大量使用对比的手法。有很多人想知道“和其他无线制式相比，LTE 到底有哪些不同？”通过对比 LTE 与其他多种无线制式的技术特点，可以找到它们的共同点和差异点。有一个成语是“相形见绌”，通过对比，可以区别其高低；还有一个成语是“相得益彰”，通过对比，可以发挥各自的优势。有一定移动知识的读者在比较中学习，使已有的无线知识成为掌握 LTE 知识的桥梁，而不是学习 LTE 的鸿沟。

其次，本书通过故事连载、拟人比喻的方式阐述 LTE 的技术原理和技术特点。生活中的故事和技术原理在哲理层面上是相通的，只不过技术原理“披”上了数学符号、物理定律的外衣，使得它神秘莫测、难以接近。幽默的故事、通俗化的语言，使读者阅读起来轻松愉快、毫不费力。在不知不觉中，你已掌握了 LTE 的精髓。

在 LTE 知识点的选择上，摒弃了晦涩难懂的 LTE 技术，选择了在多数工作岗位上能够用到的 LTE 知识进行阐述。初学 LTE 的人，最忌讳的就是一开始碰到大量的专业术语、



复杂的数学公式，就好比一进门，被抡了一闷棍，顿时丧失了走进去的信心。

本书采用从总体到细节、从原理到实践的顺序提纲挈领地介绍了 LTE 无线侧工程师需要掌握的关键技术，主要的目的是把复杂的东西讲清楚、讲明白，而不是面面俱到、事无巨细地介绍一切 LTE 知识。LTE 的知识点之间相互渗透、错综复杂。本书的内容安排如同软件程序设计一样，做到模块化，对知识点间的相互依赖进行充分解耦，让读者步步为营地攻克 LTE 的堡垒。

本书如同一本纵贯全国的交通地理手册，靠着这个手册，能够方便地找到某个乡镇，但这个乡镇里的小路就得自己熟悉了。也就是说，本书是从应用的角度来讲 LTE 的，是给初学开车（LTE 这辆时代列车）的人使用的，而不是给设计车的人使用的。

故事梗概

本书各章通过介绍三吉皮皮国无形货物贸易过程中涉及的一系列问题，来牵引出每章 LTE 相应的技术原理。读者可以逐章阅读，也可以将各章三吉皮皮国的故事作为一个整体，先统一阅读，对全书介绍的内容大致做一了解。

三吉皮皮国是 3GPP 组织的化身；三吉皮皮国的核心主导者有两个：国王塞地安莫尔（正文中称为国王）和接班人奥夫地安莫尔（正文中称为接班人奥先生）。这两个主导者分别代表无线通信技术中两个重要的多址技术：CDMA 和 OFDMA。

国王塞地安莫尔发现本国的贸易体系的效率已经不再领先的时候，就确定了以接班人奥先生为首的新贸易体系构建与推行小组。

国王和接班人奥先生就无形货物贸易体系的关键问题交换了意见。之后，接班人奥先生在组织架构变革、标准文书传递、消除地方贸易保护、规范进出口贸易模式、提高贸易效率、建立标准化物流渠道、改善百姓服务流程、提高资源配给效率等方面做了详细的讨论。这一部分对应着 LTE 无线侧的关键技术。

最后，接班人奥先生的视角从微观转向宏观，从提高团队成员素质转移到了打造高素质团队。打造高素质团队包括需要多少个团队成员、各安排什么位置、新团队成员如何与老体系成员共存、新组织如何防腐的问题。这一部分对应着 LTE 规划与优化的技术问题。

本书结构

本书分为三篇。

第一篇，站在一定的高度，拉开一定的距离，看 LTE 的技术。正像我们观察一个人从远处走来一样，你先看到的是他的轮廓、衣着。LTE 知识的轮廓包括 LTE 的演进目标、LTE 用到的部分无线原理、LTE 的一个组网架构和三个无线侧接口。

第二篇，LTE 已经走到了我们的面前，给我们呈现出了丰富多彩的个性。这里介绍的 LTE 无线侧关键技术，包括两个基本的物理层技术 OFDM 和 MIMO，两个帧结构 FDD 和 TDD，三个上行物理信道，六个下行物理信道，六个物理层过程，七个无线资源管理

模块等内容。

第三篇，我们已经决定与 LTE 共舞。如何充分发挥 LTE 的作用，是需要我们考虑的内容，包括如何规划、如何建设、如何优化等内容。

适合读者

本书适合具有一定无线基础知识的 LTE 入门者使用，如 LTE 项目管理者、LTE 营销人员、售前支持人员、工程服务人员、管理人员、在校大学生。如果是 LTE 的某一方面的研发人员，本书只适合他了解 LTE 的关键技术，具体的实现细节还需参考协议类书籍。

致谢

本书的写作前后持续一年半的时间。我在这个漫长的写作过程中，得到很多亲人和朋友的关心和帮助。

首先感谢我的父亲和母亲，是他们的持续鼓励和默默支撑，使我能够长时间专注于无线通信的通俗写作。其次，要感谢我的妻子和孩子，温暖的家庭生活是我持续奋斗的原动力。尤其要感谢的是赵文超先生，他的漫画构思不仅折射出他对无线通信行业的深刻理解，而且体现了他在生活中乐观和幽默的特质，我非常享受和赵文超先生默契合作的过程。两年半前，我就收到本书编辑的约稿邀请，直到今天才完成写作，感谢本书编辑追求卓越的工作精神，感谢她充分为读者考虑的持续付出。最后，感谢所有的读者朋友，你们的持续关注是原创作者最大的欣慰。

由于作者水平有限，书中难免疏漏和错误之处，敬请批评指正。

王振世
2012 年 3 月

目录

C O N T E N T S

第一篇 LTE 总体

第 1 章 凤凰台上凤凰游——LTE 的演进目标/2

- 1.1 LTE 网络在中国的发展现状/4
- 1.2 移动宽带化与宽带无线化/5
 - 1.2.1 移动宽带化/5
 - 1.2.2 宽带无线化/6
 - 1.2.3 LTE 的产生动因/6
- 1.3 LTE 标准化/7
 - 1.3.1 LTE 标准化进程/8
 - 1.3.2 LTE 的设计目标/10
 - 1.3.3 EDGE+、HSPA+、
LTE/LTE-A 标准的比较/12
- 1.4 LTE 协议族/15

第 2 章 国王答疑——咀嚼几个无线术语/18

- 2.1 正交性、相关性/19
 - 2.1.1 正交码/20
 - 2.1.2 正交子载波/21
- 2.2 复用、分集、多址/22
 - 2.2.1 复用与分集/22
 - 2.2.2 复用与多址/24
- 2.3 自适应/25
 - 2.3.1 功率自适应/26
 - 2.3.2 速率自适应/26
- 2.4 共享和专用/27

- 2.5 竞争方式、调度方式/29
 - 2.5.1 基于竞争的资源分配方式/29
 - 2.5.2 基于调度的资源分配方式/30
- 2.6 业务面和控制面/31
- 2.7 集中和分布/32
- 2.8 层级化、扁平化、网状网/33
 - 2.8.1 组织结构/33
 - 2.8.2 无线组网架构/34

第 3 章 机构变革、职能转换——扁平化的组网架构/36

- 3.1 从四层到三层/37
 - 3.1.1 少一层/38
 - 3.1.2 多一口/39
- 3.2 “胖”基站/39
- 3.3 中央机构 EPC/41
 - 3.3.1 EPC 的演进/42
 - 3.3.2 职能划分/43
- 3.4 VoLTE 多一域/45
 - 3.4.1 业务和路由的分离/46
 - 3.4.2 IMS 域的成员/47

第 4 章 沟通无障碍——接口协议/49

- 4.1 接口协议栈/50
 - 4.1.1 三层/50
 - 4.1.2 两面/51
- 4.2 空中接口 Uu/51



- 4.2.1 层二功能模块/52
- 4.2.2 层三功能模块/53
- 4.3 地面接口/55
 - 4.3.1 同级接口——X2/55
 - 4.3.2 上下级接口——S1/56
- 4.4 VoLTE 接口/57
 - 4.4.1 VoLTE 的主要接口/58
 - 4.4.2 VoLTE 协议栈与 LTE 协议栈的关系/59
- 4.5 LTE 和 UMTS 接口协议栈的比较/60

第二篇 无线关键技术

第5章 部门墙要不得——OFDM/64

- 5.1 OFDM 技术原理/65
 - 5.1.1 OFDM 与 CDMA/65
 - 5.1.2 OFDM 本质/66
- 5.2 OFDM 系统实现/69
 - 5.2.1 并行传输/69
 - 5.2.2 FFT/71
 - 5.2.3 加入 CP/71
- 5.3 OFDM 参数/73
- 5.4 OFDM 多址接入/75
 - 5.4.1 OFDMA/75
 - 5.4.2 SC-FDMA/77
 - 5.4.3 虚拟资源块 VRB/79
- 5.5 OFDM 特点/80
 - 5.5.1 OFDM 优点/80
 - 5.5.2 OFDM 缺点/82

第6章 进出口物流模式——两种帧结构/84

- 6.1 两种双工模式/85
 - 6.1.1 FDD 与 TDD/86
 - 6.1.2 频段分配/87

- 6.1.3 我国的 4G 频段分配/89

第7章 LTE 帧结构/89

- 6.2.1 FDD 帧结构/90
- 6.2.2 TDD 帧结构/92

第7章 LTE 与 UMTS 帧结构对比/95

第7章 货物的多点装卸——MIMO 多天线技术/97

- 7.1 MIMO 基本原理/99
 - 7.1.1 数学模型/100
 - 7.1.2 极限容量/103
 - 7.1.3 多天线技术增益/106
- 7.2 MIMO 的工作模式/107
 - 7.2.1 空分复用模式/108
 - 7.2.2 空间分集模式/109
 - 7.2.3 多天线工作模式对比/112
 - 7.2.4 MIMO 工作模式小结/114
- 7.3 MIMO 系统的实现/115
 - 7.3.1 信息处理过程/116
 - 7.3.2 多码字/119
 - 7.3.3 层映射/120
 - 7.3.4 预编码/124
- 7.4 自适应 MIMO/126
 - 7.4.1 实现难点/127
 - 7.4.2 用户反馈/128
- 7.5 多用户 MIMO/129
 - 7.5.1 下行 MU-MIMO/129
 - 7.5.2 上行 MU-MIMO/131
- 7.6 Massive/3D MIMO/133
 - 7.6.1 MIMO 技术的演进/133
 - 7.6.2 Massive MIMO 技术/134
 - 7.6.3 Massive/3D MIMO 在 LTE 上的应用/135

第8章 渠道为王——LTE 的信道/136

- 8.1 信道结构/137

8.1.1	信道的含义/137	9.5.1	不连续接收/170
8.1.2	三类信道/138	9.5.2	LTE 和 WCDMA 寻呼过程对比/170
8.1.3	LTE 与 UMTS 信道总体比较/139	9.6	测量过程/171
8.2	逻辑信道/139	9.6.1	手机侧测量/171
8.2.1	五个控制信道/139	9.6.2	基站侧测量/173
8.2.2	两个业务信道/140	9.6.3	测量小结/175
8.2.3	LTE 与 UMTS 逻辑信道的比较/140	9.7	共享信道物理过程/176
8.3	传输信道/141	9.7.1	数据传输过程/176
8.3.1	四个下行信道/141	9.7.2	盲检测过程/178
8.3.2	两个上行信道/142	9.7.3	HARQ 重传合并机制/181
8.3.3	LTE 与 UMTS 传输信道的比较/143	9.7.4	LTE HARQ 过程/184
8.4	物理信道/144	9.7.5	链路自适应过程/188
8.4.1	两大处理过程/144	第 10 章 听得见炮声的指挥所——无线资源管理 RRM/192	
8.4.2	六个下行物理信道/145	10.1	LTE 的无线资源管理 RRM/194
8.4.3	三个上行物理信道/147	10.1.1	分布式 RRM/195
8.4.4	LTE 与 UMTS 物理信道的比较/148	10.1.2	RRM 的影响要素/197
8.5	物理信号/149	10.2	RRM 模块之间的关系/199
8.5.1	下行参考信号/149	10.2.1	部门职能分工/199
8.5.2	下行同步信号/150	10.2.2	工作配合关系/200
8.5.3	上行参考信号/152	10.3	无线准入控制 (RAC) /202
8.6	信道映射/154	10.3.1	RAC 工作配合关系/203
第 9 章 办事的关键流程——物理层过程/156		10.3.2	QoS 保证/203
9.1	物理层过程/158	10.3.3	VoLTE 承载/207
9.2	小区搜索过程/159	10.3.4	准入控制法则/208
9.2.1	三个信道、四个步骤/159	10.4	无线承载控制 (RBC) /209
9.2.2	在合适的位置寻找合适的信息/161	10.4.1	RBC 功能/209
9.3	随机接入过程/162	10.4.2	RBC 工作配合关系/211
9.3.1	Preamble 结构/163	10.5	动态资源分配 (DRA) /212
9.3.2	LTE 与 UMTS 随机接入过程对比/164	10.5.1	DRA 及其关系网/213
9.4	功率控制过程/166	10.5.2	动态调度三要素/214
9.4.1	LTE 与 CDMA 功率控制对比/166	10.5.3	下行资源调度/216
9.4.2	LTE 功率控制/167	10.5.4	上行资源调度/218
9.4.3	小区间功率控制/168	10.5.5	载波聚合 (CA) /219
9.5	寻呼过程/169		



- 10.6 小区间干扰协调 (ICIC) /221
 - 10.6.1 小区间干扰控制技术/223
 - 10.6.2 ICIC 模块的关系网/224
 - 10.6.3 ICIC 的事前事后/224
 - 10.6.4 频率软复用 (SFR) /225
 - 10.6.5 干扰协调员——HII、RNTP、OI/228
 - 10.6.6 协作多点传输 (CoMP) /229
- 10.7 负载均衡 (LB) /231
 - 10.7.1 LB 工作配合关系/232
 - 10.7.2 负载均衡算法/233
- 10.8 连接移动性控制 (CMC) /233
 - 10.8.1 CMC 工作配合关系/233
 - 10.8.2 CMC 功能模块的组成/234
 - 10.8.3 切换三步走/236
 - 10.8.4 事件及触发条件/237
 - 10.8.5 切换流程/244
- 10.9 中继 (Relay) /249
- 10.10 小区间及系统间 RRM (ICR & inter-RAT RRM) /250

第 11 章 代理要不得——VoLTE 无线侧关键技术/252

- 11.1 VoLTE 语音编码方式/253
 - 11.1.1 AMR 业务模型/253
 - 11.1.2 VoLTE 编码方式/254
- 11.2 VoLTE 的无线技术/254
 - 11.2.1 半持续调度/254
 - 11.2.2 TTI 绑定/255
 - 11.2.3 RoHC/256
 - 11.2.4 SRVCC/257
 - 11.2.5 DRX/259
- 11.3 VoLTE 的语音质量/259
 - 11.3.1 MOS 值/259
 - 11.3.2 影响 VoLTE MOS 值的主要因素/260

第三篇 LTE 规划与优化

第 12 章 家园的宏伟规划——LTE 网络规划/264

- 12.1 LTE 规划的特殊性/265
- 12.2 LTE 覆盖估算/268
 - 12.2.1 LTE 覆盖能力的影响因素/269
 - 12.2.2 链路预算/271
- 12.3 LTE 容量估算/275
 - 12.3.1 LTE 容量能力的影响因素/276
 - 12.3.2 LTE 容量估算/278
- 12.4 LTE 规划仿真/279
 - 12.4.1 LTE 规划仿真的指标要求/281
 - 12.4.2 LTE 规划仿真的主要输入参数/282
 - 12.4.3 LTE 仿真分析/284
- 12.5 小区参数规划/286
 - 12.5.1 小区 CGI 规划/286
 - 12.5.2 邻区规划/287
 - 12.5.3 PCI 规划/290
 - 12.5.4 频率规划/294
 - 12.5.5 TA 规划/296
 - 12.5.6 ZC 根序列规划/298
- 12.6 S1、X2 接口规划/299
- 12.7 五高一地场景规划/302
 - 12.7.1 高铁场景/304
 - 12.7.2 高速场景/306
 - 12.7.3 高层场景/307
 - 12.7.4 高架场景/307
 - 12.7.5 高校场景/308
 - 12.7.6 地铁场景/309

第 13 章 共存与隔离——LTE 共站址建设/311

- 13.1 系统间干扰/312
 - 13.1.1 干扰三要素/313
 - 13.1.2 共站干扰模型/315
 - 13.1.3 LTE 共站干扰/316

13.2 共站干扰规避/318	14.3.2 业务级优化的三多一少问题/339
13.2.1 干扰规避手段/318	14.4 VoLTE 优化/343
13.2.2 空间隔离需求/319	14.4.1 衡量 VoLTE 体验的重要指标/343
13.2.3 TD-LTE 共站址建设/321	14.4.2 VoLTE 端到端优化/345
第 14 章 防腐与养生——LTE 网络优化维护/324	14.4.3 VoLTE MOS 值提升/347
14.1 LTE 网络优化的总体思路/325	14.5 多网互操作问题/349
14.1.1 三个步骤/325	14.5.1 多网覆盖协同优化/350
14.1.2 三个视角/326	14.5.2 多网话务分流/351
14.1.3 四个层次/328	第 15 章 LTE 入场样题解析/354
14.2 SON/329	附录 LTE 常用术语/367
14.2.1 自配置/330	后记/378
14.2.2 自优化/332	再版后记/379
14.3 业务质量提升/336	参考文献/380
14.3.1 业务质量基础——信噪比/338	

LTE总体

第
一
篇

第 1 章

凤凰台上凤凰游——LTE 的演进目标

知识要点

无线宽带化和宽带无线化融合的趋势促进了 3GPP LTE 项目的产生。那么，大家首先应该了解的是，LTE 提出了哪些目标，LTE-A 又提出了哪些目标，为了实现这些目标做了哪些标准化的工作，LTE/LTE-A 的标准与 2G、3G 的增强型标准有哪些区别，如何查阅 LTE 标准化的协议。这些都是每个初学 LTE 的读者首先应该掌握的基本内容。

东胜神州的海滨有个三吉皮皮 (3GPP 化名) 国，吸天地之灵气、纳日月之光辉、集旷野之朝露、汇百川之俊秀，推出了一套新的贸易标准，取得了巨大的成功，已经发展成为一个颇有影响力的外贸大国。

它的贸易不是有形的货物，而是无形的数据，俗称为比特。但这里的人们仍习惯称为货物。高效、快速、可靠地传送这些货物是三吉皮皮国的最大追求。

三吉皮皮国的国王塞地安莫尔 (CDMA 化名，后面简称国王) 最近有些忧郁，他听说有个叫爱三易 (IEEE 化名) 的国家每秒最大的出口比特量 (下行) 可达 70 M，每秒最大进口比特量 (上行) 可达 30 M。而本国的每秒最大出口比特量仅为 14.4 M，每秒最大进口比特量仅为 5.76 M。

这一点给国王莫大的刺激，他发誓三吉皮皮国在比特贸易能力方面一定要超过爱三易国。他任命了专门的工作小组，代号 LTE (Long Term Evolution，长期演进)，由接班人奥夫地安莫尔 (OFDMA 化名，后面简称接班人奥先生) 负责主持工作。

国王是一个诗人，喜欢用诗来表达自己的心情；而他表达的心情，接班人奥先生懂！

“凤凰台上凤凰游”，国王吟道。

接班人奥先生给大家翻译国王的心情：“这几十年，各种无线送货标准、无线送货体系粉末登场、纷繁芜杂。”

“凤去台空江自流”，国王又吟道。

接班人奥先生继续翻译：“有些标准已经过时了，离开了比特贸易的舞台，但是用户的比特贸易需求像滔滔江水一样，从没有中断过。”

“吴宫花草埋幽径，晋代衣冠成古丘。”国王作怀古惋惜状。

接班人奥先生跟随着国王的心情，作惆怅状：“人工挑货的货物交换时代一去不复返了，模拟移动标准也已经入土为安。”

“三山半落青天外，二水中分白鹭洲。”国王描述当今大势。

接班人奥先生也理解当今时势：“经过若干年的应用，三种 3G 比特贸易标准（TD-SCDMA, WCDMA, cdma2000 1x）已经快要退出历史舞台，而且运营商对两种 2G 标准（GSM、CDMA）的大规模投资也已经停止了。”

“总为浮云能蔽日，长安不见使人愁。”国王描述对未来的期待。

接班人奥先生了解国王的期待：“当今多制式并存的乱局不能遮挡我们前进的道路，LTE 网络能够最终彻底取缔 2G、3G 在网运行的所有制式。”（见图 1-1）



图 1-1 三吉皮皮国的期待

大家听完了国王和接班人奥先生的一唱一和，激动加感动外带心动，爆发出了雷鸣般的掌声。

接班人奥先生宣布：“国王时刻关注 LTE 一统江湖的进展，要求尽快让还停留在 2G、3G 时代的用户进入 LTE 时代。”



1.1 LTE 网络在中国的发展现状

2013年12月4日,工信部分别向中国移动、中国电信、中国联通颁发了一张4G运营牌照,从而拉开了我国4G正式运营的序幕。

LTE已经成为中国运营商满足用户大数据量需求的基础网络,也成为未来融合通信的承载网。

目前,中国移动的LTE基站规模已经达到150万,TD-LTE用户规模也超过7亿。中国移动LTE前三年的建设量,相当于TD-SCDMA网络七年的建设量,相当于GSM网络二十年的建设量。

无论从基站规模上说,还是从用户规模上说,中国移动的这张LTE网络,已经成为宇宙第一大规模的4G网络。

为了满足用户不断增长的数据业务需求,中国移动提出了不断“做广”、“做深”、“做厚”4G网络的发展策略和“三领先、一确保”的建网原则。“三领先”的含义是广度覆盖的适度领先、连续覆盖的相对领先、深度覆盖的绝对领先。“一确保”的含义是确保客户感知。

为了落地4G网络的发展策略和建网原则,中国移动今后的LTE网络建设需要从粗放型向精细型发展。LTE网络建设的精耕细作包括场景化建网和4G+新技术的应用。

今后LTE网络场景化建设的重点就是“五高一地”,包括:高校、高铁、高速、高架、高层、地铁等场景。这些场景是确保LTE网络体验水平领先的关键场景,也是LTE价值用户争夺的主战场。

4G+新技术,官方的说法可以是:LTE-A(LTE Advanced,增强的LTE协议版本),主要包括载波聚合(Carrier Aggregation, CA)、多天线增强技术(3D MIMO,立体MIMO技术;Enhanced UL/DL MIMO,上下行天线增强技术)、CoMP(Coordinated Multi-point,多点协作传输)、中继(Relay)等关键技术。这些关键技术,能够极大地提高LTE网络的峰值数据速率、频谱效率,以及小区边界用户的体验。这些新技术是今后挖掘LTE网络潜力,增强LTE用户体验的重要手段。

2015年底,中国的运营商开始大规模推动VoLTE(Voice over LTE, LTE承载语音)建设,大幅推广低成本VoLTE终端。近几年,中国运营商要逐渐完成2G用户向4G网络的迁徙,语音业务将逐步摆脱对2G网络的依赖,最终完全承载在4G网络上。那个时候,就是2G网络走出历史舞台之时。