

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



工业和信息化“十三五”人才培养规划教材

LTE无线网络优化 项目教程

明艳 王月海 主编

沈瑞华 李昭强 李华刚 副主编

孙青华 主审

*LTE Radio
Network Optimization*



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



工业和信息化“十三五”人才培养规划教材

LTE无线网络优化 项目教程

明艳 王月海 主编

沈瑞华 李昭强 李华刚 副主编

孙青华 主审

*LTE Radio
Network*

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

LTE无线网络优化项目教程 / 明艳, 王月海主编. --
北京: 人民邮电出版社, 2016.9
工业和信息化“十三五”人才培养规划教材
ISBN 978-7-115-42583-6

I. ①L… II. ①明… ②王… III. ①无线电通信—移
动网—最佳化—高等学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第132231号

内 容 提 要

本书从一线优化工程师的视角,对LTE优化进行全面讲解,其中包括岗位篇、认知篇、优化基础篇和优化提高篇。每个篇章包含不同的项目,分别介绍LTE优化必备的知识和技能。

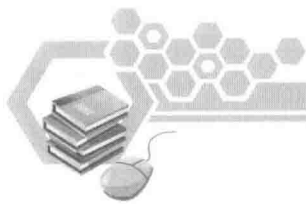
在岗位篇中介绍LTE优化中岗位设置和职责,以及人才需求分析;认知篇主要介绍LTE的网络基础知识、关键技术和主要过程,为实际优化工作提供知识储备;优化基础篇介绍LTE优化思想、优化流程、常规优化手段及优化工具的使用等,使读者可以快速入门LTE优化;优化提高篇主要介绍路测问题分析、任务统计分析和用户感知体系介绍,提升读者优化技能。在所有的项目中均有实战技巧的分享,这将有助于读者避开优化时常犯的错误。

本书适合作为通信及相关专业的教材,也可作为网络优化工作人员的参考用书。

-
- ◆ 主 编 明 艳 王月海
副 主 编 沈瑞华 李昭强 李华刚
主 审 孙青华
责任编辑 刘盛平
执行编辑 左仲海
责任印制 焦志炜
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.25 2016年9月第1版
字数: 331千字 2016年9月河北第1次印刷
-

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315



前言

近几年移动通信发展非常迅速,移动通信宽带化的普及改变了人们的生活、工作和学习方式;第三代移动通信网络出现标志着数据时代的到来,然而这并不能满足人们生活、工作和学习的需求。为了追求更高速率、更可靠的移动通信技术,在2008年,3GPP发布了LTE R8的版本,这标志着移动通信迈向4G时代。

LTE 提供了更快的数据传输速率、更高的频谱利用率及更低的运营成本;它成为继GSM、WCDMA 之后的标志性技术规范,是未来5~10年通信领域的主流技术。虽然LTE在国内外已经进行了大规模的建设、优化,但是无线网络优化是一项复杂、长期、艰巨的工作。LTE优化与2G、3G网络优化类似,都需要进行覆盖优化、干扰排查、参数优化、专项优化等工作,但在优化方法、优化参数方面仍有别于2G、3G优化。本书以一线工程师的视角,结合经典案例,从基本原理到优化实践系统地介绍LTE优化知识,使读者可以快速入门,掌握LTE优化技能。

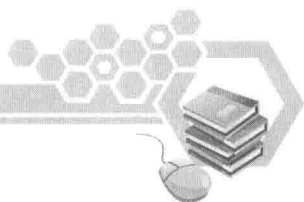
本书在章节编排上分为岗位篇、认知篇、优化基础篇和优化提高篇。岗位篇包含项目1,主要讲述LTE优化中岗位设置和职责,了解优化工程师要具备的基本素质。认知篇包含项目2,主要对LTE特点、发展历程、关键技术和主要通信过程进行介绍,让读者能全面清晰地了解LTE技术,为优化工作提供良好的知识储备。优化基础篇包含项目3、项目4和项目5三个章节;项目3对LTE优化知识进行介绍,包括优化思想、优化流程、项目组织、优化手段;重点对LTE路测工具进行介绍,详细地介绍工具的功能和使用方法。项目4介绍单站优化方法,全面地介绍如何进行单站测试、基站勘查和单站优化分析。项目5细致地介绍簇优化和全网优化相关知识。优化提高篇包含项目6、项目7和项目8三个章节;项目6对LTE路测事件分析进行详细的介绍,对异常事件的分析流程和常规分析方法进行了梳理,使读者可以快速地掌握路测的分析技能。项目7为话务统计分析知识,LTE话务分析与路测事件分析有相同也有区别,通过项目7的介绍可对LTE话务统计分析有整体认识并掌握相应的分析方法。项目8为优化知识的拓展,现在运营商越来越注重用户体验的优化,本书的最后对用户体验优化进行了介绍。

本书为优化入门教材,LTE理论知识的介绍以够用为原则,重点是对优化流程、优化方法和优化手段进行介绍,使初学者可以快速掌握优化技术。无线网络优化是一个循环往复、不断提高的过程,优化的指导思想是在保证充分利用现有网络资源的基础上,采取种种优化措施,解决网络存在的局部缺陷,最终达到无线覆盖全面无缝隙、网络稳定可靠、性能良好、用户感知水平较高的效果。

编者

2016年3月

目 录



岗 位 篇

项目 1 LTE 无线网络优化岗位及

工作任务分析.....1

任务 1 网络优化岗位需求分析1

- 【知识链接 1】 LTE 网络优化
必要性.....2

- 【知识链接 2】 LTE 网络优化人才
需求分析.....2

任务 2 网络优化岗位分类及 工作任务分析3

- 【知识链接】 LTE 网络优化岗位
分类及职责3

认 知 篇

项目 2 LTE 网络和 LTE 关键技术的

认知.....6

任务 1 认知 LTE.....6

- 【知识链接】 LTE 初步认识6

任务 2 了解 LTE 的发展8

- 【知识链接 1】 LTE 网络的标准化
进展.....8

- 【知识链接 2】 LTE 网络的
发展现状.....9

- 【知识链接 3】 LTE 的发展前景.....10

任务 3 认知 LTE 网络.....12

- 【知识链接 1】 LTE 无线频率
划分.....12

- 【知识链接 2】 LTE 无线接入网的
架构.....14

- 【知识链接 3】 LTE 帧结构17

- 【知识链接 4】 LTE 信道及映射.....20

- 【知识链接 5】 LTE 网络的混合
组网方式.....23

- 【知识链接 6】 LTE 语音业务解决
方案.....25

任务 4 认知 LTE 关键技术26

- 【知识链接 1】 OFDMA/SC-
FDMA26

- 【知识链接 2】 MIMO 技术30

- 【知识链接 3】 链路自适应32

- 【知识链接 4】 混合自动重传
技术.....34

- 【知识链接 5】 调度机制36

- 【知识链接 6】 小区间干扰协调.....41

- 【知识链接 7】 上行功率控制和
下行功率分配.....42

- 【知识链接 8】 中继45

- 【知识链接 9】 载波聚合46

任务 5 认知 LTE 主要过程48

- 【知识链接 1】 LTE 中 UE 状态.....48

- 【知识链接 2】 同步与小区搜索.....49

- 【知识链接 3】 系统消息50

- 【知识链接 4】 随机接入过程52

- 【知识链接 5】 小区选择与重选.....54

- 【知识链接 6】 TAU 过程56

- 【知识链接 7】 Attach 与 Detach.....59

- 【知识链接 8】 切换流程61

- 【知识链接 9】 寻呼71





优化基础篇

项目 3 LTE 网络优化的准备..... 73

任务 1 分析 LTE 网络优化流程..... 73

【知识链接 1】LTE 网络优化思想..... 73

【知识链接 2】LTE 网络优化流程..... 75

【知识链接 3】LTE 网络优化项目组织..... 75

任务 2 应用 LTE 网络优化手段..... 76

【知识链接】LTE 无线网络全网优化评估手段..... 76

【知识拓展 1】LTE 网络 PCI 自优化..... 78

【知识拓展 2】LTE 最小化路测 (MDT)..... 79

任务 3 体验 LTE 网优路测工具..... 84

【知识链接】LTE 路测优化工具介绍..... 84

【技能实训 1】LTE 路测工具的安装..... 85

【技能实训 2】LTE 小区工程参数文件的制作..... 86

【技能实训 3】LTE 终端的连接..... 87

【技能实训 4】LTE 测试文件保存..... 88

【技能实训 5】LTE 测试文件回放..... 88

【技能实训 6】LTE 测试流程编辑..... 89

任务 4 LTE 常见指标..... 97

【知识链接】LTE 常见指标及含义..... 97

项目 4 LTE 网络的单站优化..... 100

任务 1 了解 LTE 单站优化的流程... 100

【知识链接 1】LTE 单站优化的背景..... 100

【知识链接 2】LTE 单站优化的流程..... 100

任务 2 体验 LTE 单站优化..... 101

【知识链接 1】LTE 单站优化指标体系..... 101

【知识链接 2】LTE 单站优化测试方法..... 102

【知识链接 3】LTE 单站优化分析方法..... 105

【技能实训 1】LTE 站点查勘... 108

【技能实训 2】LTE 单站优化测试数据采集..... 109

【技能实训 3】LTE 单站优化数据分析与报告..... 111

【知识拓展】LTE 单站查勘优化报告..... 115

项目 5 LTE 网络的簇优化和全网优化..... 119

任务 1 认知 LTE 簇优化和全网优化..... 119

【知识链接 1】LTE 簇优化和全网优化概况... 119

【知识链接 2】LTE 簇优化和全网优化的流程..... 119

【知识链接 3】LTE 路测优化分析方法..... 121

任务 2 体验 LTE 簇优化和全网优化..... 125

【知识链接 1】LTE 簇优化分区原则..... 125

【知识链接 2】LTE 簇优化和全网优化测试方法..... 126

【技能实训 1】LTE 簇优化和全网优化网络核查... 128

【技能实训 2】LTE 簇优化测试数据采集..... 130



【技能实训 3】 LTE 簇优化和全网优化数据分析与报告	131
------------------------------------	-----

【知识拓展】 LTE 簇优化和全网优化报告	134
-----------------------------	-----

优化提高篇

项目 6 LTE 网络路测事件分析	136	项目 7 LTE 网络话务统计优化	166
任务 1 LTE 无线网络接入失败	136	任务 LTE 无线网络话务统计优化	166
【知识链接 1】 LTE 接入过程 ..	136	【知识链接 1】 LTE 话务统计优化介绍	166
【知识链接 2】 LTE 接入失败的原因及优化方法 ..	140	【知识链接 2】 LTE 话务统计指标项目及定义	167
【技能实训】 LTE 接入失败分析	141	【知识链接 3】 LTE 差小区定义及优化方法	171
任务 2 LTE 无线网络切换失败	142	【技能实训】 LTE 差小区分析及报告	172
【知识链接 1】 LTE 切换流程描述	142	项目 8 LTE 用户体验优化	182
【知识链接 2】 LTE 切换失败的原因及优化方法 ..	144	任务 1 认知 LTE 用户体验	182
【技能实训】 LTE 切换失败分析	147	【知识链接 1】 用户体验的基本概念	182
任务 3 LTE 无线网络掉线分析	148	【知识链接 2】 用户体验指标体系	183
【知识链接 1】 LTE 释放过程	148	【知识链接 3】 QoE 与 KQI 的映射	184
【知识链接 2】 LTE 掉线的原因及优化方法	149	【知识链接 4】 KQI 与 KPI 的指标体系	185
【技能实训】 LTE 掉线分析	150	【知识链接 5】 LTE 网络用户感知优化方案	190
任务 4 LTE 无线网络数据速率优化	151	【知识链接 6】 影响用户感知的因素	192
【知识链接 1】 LTE 数据速率 ..	151	任务 2 用户感知的监测体验	193
【知识链接 2】 LTE 数据速率低的原因及优化方法	152	【知识链接】 基于 DT/CQT 的感知系统介绍	193
【技能实训】 LTE 数据速率低分析	157	【技能实训 1】 LTE 网络 KQI 优化测试数据采集	195
任务 5 LTE 无线网络互操作优化 ..	158	【技能实训 2】 LTE 网络 KQI 优化分析和报告	197
【知识链接 1】 LTE CSFB 过程	158	缩略语中英文对照	199
【知识链接 2】 LTE CSFB 失败原因及优化方法 ..	160	参考文献	206
【技能实训】 LTECSFB 测试分析	163		



LTE 无线网络优化岗位及工作任务分析

【项目内容】

分析 LTE 无线网络优化的市场前景；分析无线网络优化的重要性介绍无线网络优化的岗位设置及职责。

【知识目标】

懂得无线网络优化岗位类型并深知每个岗位的职责；知晓运营商、设备厂商与网优公司的关系。

任务 1 网络优化岗位需求分析

2013 年 12 月 4 日，工信部向中国移动、中国联通、中国电信三家国内运营商发布了 TD-LTE 的牌照。三家运营商在获得 TD-LTE 牌照时反应不一，中国移动立即对 TD-LTE 项目进行大规模投资，全面进入网络建设高峰期；中国联通和中国电信仍以 3G 为主，中国联通全面升级 DC-HSPA，使其速率达到 42Mbit/s，以此来抗衡中国移动，同时少量地进行 TD-LTE 基站建设；中国电信则在网络覆盖和质量上深入优化 3G 网络，并以试验网的名号进行 TD-LTE 和 FDD-LTE 基站建设。

在此后一年多的时间内，中国联通和中国电信断断续续地获得 56 个城市的 FDD-LTE 试验网牌照。直到 2015 年 2 月 27 日工信部正式向中国联通和中国电信发放了 FDD-LTE 的牌照，关于 LTE 牌照的猜测和争论就此结束。

截止到 2015 年 3 月，中国移动建设 TD-LTE 基站 70 万个，TD-LTE 用户达到 1 亿；中国联通和中国电信 LTE 基站约 20 万个，在获得 FDD-LTE 牌照后，中国联通和中国电信则进入大规模投资和新建 FDD-LTE 阶段。

在国外运营商中，LTE 的建设和商用均早于国内，目前全球超过 400 张 LTE 网络商用，涉及约 140 个国家。在这么多 LTE 网中，没有一张网的质量是一成不变的，它随着网络建设、无线环境的变化、新功能的升级而改变；这些变化往往对现有网络产生较大影响，如果



不及时地进行网络优化、调整,网络的质量将大幅下降,为保证网络的质量或者提升网络的性能,需要不断地对网络进行优化。

【知识链接 1】 LTE 网络优化必要性

全球移动通信已经全面进入 LTE 时代,无线网络的特性之一就是多变;它受无线环境、小区业务量的变化而变化,这直接影响着网络质量。无线网络优化就是指充分利用已有技术手段(如软件平台、工具仪表等)对无线网络进行有针对性的数据采集和分析,并采取必要的措施对网络配置、参数、数据、天馈等进行调整,以实现无线网络资源配置的最优化,改善无线网络运行质量,提高用户感受度,使无线网络达到最佳运行状态。

(1) 近年来城市地貌不断变化,市政拆迁、高楼涌现、高架桥的兴起等都直接改变了无线信号的传播,随之而来的是信号盲区、重叠覆盖导致的干扰、话务分布的变化,并可能导致某些小区容量不足等。这就需要及时进行优化调整,解决网络问题。

(2) 基站拆迁、基站建设等工程都会影响无线环境,基站拆除将导致弱覆盖,而这几年城市发展较快,基站拆迁比例较大,影响较为严重;新建基站将导致重叠覆盖,同样影响网络质量和容量;这些都需要及时优化。

(3) 软件版本的升级和新功能的开启都会对网络造成一定的影响,需要对参数进行调整优化和验证以达到相应的效果。

(4) 随着用户变化和话务量的增长,需要对网络容量进行评估,提前进行网络调整,以适应市场的发展。

(5) 目前运营商都是多制式的网络,受市场和用户行为的限制,2G/3G/4G“同台”的局面将在一定时期内存在,而它们之间的互操作将是一个非常复杂的过程,为了提高用户的体验,需要在总的驻留原则下进行非常细致的优化。如高层优化、进出楼宇优化、高速高铁优化等场景都需要经过反复优化才能达到最佳效果。

(6) 边界优化难度大。各城市之间和同城市之间不同厂家设备的覆盖边界往往在策略、功能实现、算法、参数意义方面都有着差别;这些差别加大了优化难度,需要局间、多厂家间进行反复协商和配合才能顺利完成优化工作。

【知识链接 2】 LTE 网络优化人才需求分析

随着社会的发展和科技的不断进步,移动通信越来越重要,它深深地影响并改变着我们的生活;移动通信网的优化已经历 10 多年的发展,从之前高尖精的人才才能涉猎的领域逐步演变为普通工程师也可从事的行业。随着优化工具的越来越先进,优化从业者的起点也不断降低;但要成为优秀的工程师,仍要通过不断的学习和经验的积累。

LTE 已经大量商用,但精通 LTE 的网络人才仍处于短缺状态,在未来 3~4 年,LTE 优化人员将成为网络优化行业的主体。网络是运营商赚钱的工具,而网络运行的设备则由设备厂商供应,运营商与设备商就是供求的关系;涉及无线网络优化的还有无线网络优化公司,无线网络优化公司提供的只是服务,即从运营商或者设备厂商那里承接项目,从事优化工作。

(1) 通信设备厂商:华为、中兴等中国企业不仅在国内 LTE 项目中占据重要地位,在 LTE 的全球份额中也占有重要一席;同时像爱立信、贝尔、诺西等老牌厂商也不断发力 LTE 领域。通信设备厂家自然成为优化工程师就职的主要选择。





(2) 网络优化公司：网络优化公司主要从运营商或者通信生产厂家承接优化项目，国内从事无线网优化的公司可以说多如牛毛，而这些公司一般人才流动大，项目较不稳定，需要经常出差。但受限于运营成本，同时出于对员工的人文关怀，现在优化人员越来越本地化，即让员工在自己最想工作的城市工作。

(3) 运营商和铁塔公司：在国内的运营商就三家，中国移动，中国电信和中国联通，每年这三家运营商都会根据自身的情况进行一些校园招聘和社会招聘，但由于优化岗位相对饱和，招聘优化工程师的相对较少。但是国家为了节省资源，减少电信行业内相关基础设施的重复建设，提高行业投资效率，提高电信设施共享水平成立了铁塔公司，目前各运营商的网络建设和部分维护已经交付铁塔公司，后期运营可能会有更多的工作由铁塔公司接管，铁塔公司将是无线网络优化从业者非常好的选择。

任务2 网络优化岗位分类及工作任务分析

【知识链接】LTE 网络优化岗位分类及职责

LTE 无线网络优化岗位分为系统分析工程师、DT 工程师、CQT 工程师和投诉处理工程师，各岗位并非独立，而是相互联系的，需要相互配合才能把优化工作有序高效地完成。

1. 系统分析工程师的职责

(1) 基础数据管理：保证基站数据的完整性、准确性和更新的及时性，为网络优化工作提供数据保障。

(2) 参数管理：保证无线参数数据的完整性、准确性和更新的及时性，为网络优化工作提供数据保障。

(3) 指标监控：通过对网络指标的日常监控和告警信息的检查管理，分析无线网络的变化趋势，及时发现网络中存在的问题，为网络优化工作提供指导依据。

(4) 问题小区处理：对故障、性能下降、问题指标小区等进行分析 and 处理，解决网络问题，消除网络隐患，提升网络质量。通过干扰排查，降低网内外干扰对网络质量带来的负面影响。

(5) 日常 MR 数据分析：通过分析 MR 数据对移动网络的运行状态有一个全面的了解，快速有效定位网络问题，并给其他优化工作提供手段和依据。

(6) 数据业务及无线质量性能检查：通过日常优化工作中对网络的数据业务功能和性能定期核查，及时分析出数据业务功能使用及各项性能、参数和资源配置情况，确保用户使用数据业务时功能和业务性能均正常。

(7) 无线资源调整：根据日常投诉、指标和告警监控、日常 DT、CQT 测试、MR 数据的分析结果，并结合现网的无线资源现状对产生超忙和超闲小区的资源配置进行合理的优化调整，以解决因话务和信令信道拥塞、话务负荷高、半速率使用比例过高而导致的话音质量恶化、上下行链路失衡、小区间、双频网间话务失衡等严重影响用户感知的网络问题。

(8) 移动网网络设备软件版本和补丁的入网测试验证：对移动网网络设备软件版本和补丁的功能、性能进行测试验证，以测试其功能、性能和兼容性是否满足相关考核标准。

(9) 日常网络优化报告：通过对日常优化工作和网络问题进行总结，积累网络优化工作



经验，提高网络优化人员的问题分析和处理能力。

(10) 其他临时任务：除日常网优工作外还需完成各项临时任务，以便及时响应集团公司和省公司的各项紧急调度工作、更好地配合其他部门完成需求统计和相关工作流程，响应市场需求，为经营一线提供支撑保障。

2. DT&CQT 工程师的职责

(1) 通过定期开展 DT、CQT 测试，发现影响网络质量和用户感知的网络问题，有针对性地进行数据收集、测试分析及效果验证，客观评估网络质量，为优化工作提供现场数据。

(2) 室内分布系统和直放站优化：及时处理室内分布系统中的硬件故障、弱覆盖、干扰、容量受限等问题，以改善室内分布系统的覆盖性能、接入性能、室内外切换性能，以便提高网络质量和用户感知。

(3) 移动网网络设备软件版本和补丁的入网测试验证：对移动网网络设备软件版本和补丁的功能、性能进行测试验证，以测试其功能、性能和兼容性是否满足相关考核标准。

(4) 日常网络优化报告：通过对日常优化工作和网络问题进行总结，积累网络优化工作经验，提高网络优化人员的问题分析和处理能力。

(5) 天馈线系统调整：通过对天馈线系统进行优化调整来逐步改善无线网络环境，降低网内干扰，提升网络服务质量和用户满意度。

(6) 其他临时任务：除日常网优工作外还需完成各项临时任务，以便及时响应集团公司和省公司的各项紧急调度工作，更好地配合其他部门完成需求统计和相关工作流程，响应市场需求，为经营一线提供支撑保障。

3. 投诉处理工程师的职责

(1) 通过用户投诉及时发现影响网络质量和用户感知的网络问题，掌握投诉热点问题和区域，有针对性地解决问题，改善网络质量，提升用户感知。

(2) 了解较多终端的能力，熟悉终端的设置和影响；了解主流终端应用，会对应用进行简单的操作、设置。

(3) 具有良好的人际交往能力，善于与用户沟通，了解用户的诉求。

(4) 具有较强的责任心，本着对网络 and 用户负责的态度来解决实际问题。

【实战技巧】

无线网络优化是网络建成后对工程参数、无线参数、容量配置等根据网络缺陷或者风险点进行调整和优化，使网络性能发挥到最大的一项工作。在所有的无线网络优化岗位中，最基本也最重要的要求就是安全，在这里所提的安全包括三个方面：一是网络安全，网络优化过程不能使网络产生故障、阻塞等；所有的操作都需要慎重，预估其后果，尽可能地避开或者减小风险。如重要参数修改、基站配置变更、eNB 重启等操作一定要按照流程操作；基站割接、核心网割接等一定要在通信最闲时。二是人身安全，所有的优化工作者需要注意自身人身安全，特别是外场工作人员，遇到上塔工作时一定要在安全范围内工作，提醒塔工使用安全带，防止工具掉落；DT 测试时注意行车安全，提醒司机遵守交规；约束自己，遵纪守法，严禁滋事。三是设备安全，测试仪器仪表都属于贵重物品，需要注意其安全，一旦出现丢失将可能影响项目正常操作，同时给自身带来诸多麻烦和财产损失，严重时会影响到自身前途。





无线网络优化工作者需要具备良好的沟通能力，在面对同事、客户时善于聆听他们的意见，能准确表达自己的观点；特别是在处理客户投诉时，更需要良好的沟通技能，使用户感知到我们对问题的重视和积极解决问题的态度。同时优化工作者需要具备良好的报告撰写能力，在优化过程中会形成许多报告，需要及时、全面、整洁地完成相应地报告；能够熟练地使用办公软件将会使你的工作变得更为轻松。

随着技术的发展和优化工具智能化，无线网络优化工作越来越轻松，在一定程度上弱化了网优经验，但经验的积累仍然很重要，丰富的经验可以使你快速准确地判断网络问题，提升优化效率。

认知篇

项目 2

LTE 网络和 LTE 关键技术的认知

【项目内容】

对 LTE 的发展进程、特性进行介绍,从整体上讲解 LTE 是怎么来的,是什么及未来发展的方向;在了解 LTE 背景下对 LTE 关键技术进行介绍,以便深入地理解 LTE 的技术知识。

【知识目标】

了解 LTE 标准化进程、发展现状及发展方向。

熟知 LTE 的网络架构、不同制式 LTE 的帧结构和 LTE 的信道及映射。

理解 LTE 的调制技术、多天线技术、调度机制以及中调度机制和功率分配。

掌握 LTE 中的不同状态、系统消息类型和功能、同步和小区搜索以及接入过程等。

任务 1 认知 LTE

【知识链接】 LTE 初步认识

从 20 世纪 70 年代开始,现代通信技术进入到一个飞速发展阶段;从第一代的模拟技术到 OFDM 的大数据时代,移动通信先后经历 1G 到 4G 的发展历程,如图 2-1 所示。受不同时期技术的限制,每个时代通信的容量和质量都不一样;简单地说 1G 是小容量语音时代,2G 是语音+文本时代,3G 是语音+图片+小视频时代,4G 才真正进入大数据时代。而在近代通信行业发展的过程中,“宽带接入移动化”和“移动通信宽带化”相互竞争与融合,正是这种竞争与融合的关系大幅推动了近代通信的进步,演绎出 802.16m 和 LTE 的行业标准。

2004 年 IEEE 开始 802.16 系列标准(WiMAX)制定,其理论速率达到 75Mbit/s。这一标准的提出极大地刺激了 3GPP 组织,3GPP 意欲打造新的通信标准,并要在较长时间处于国际领先水平。2008 年 12 月 R8 版本发布,即 LTE 正式面世。

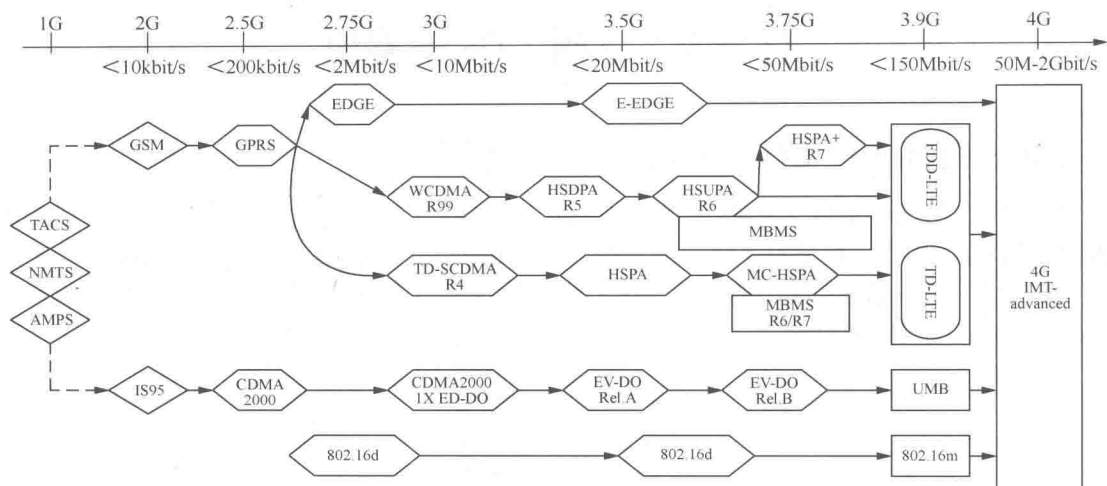


图 2-1 移动通信技术发展历程

长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 是根据 3G 演进而来的, 采用 OFDM、MIMO 和多天线等关键技术, 在 3G 的基础上增强了空口接入技术。根据 3G 的不同标准产生两个不同的演进版本, 即 WCDMA→FDD-LTE 和 TD-SCDMA→TD-LTE。FDD-LTE 主要由欧洲发起, 并在全球快速形成产业链, 应用范围较广。TD-LTE 主要由我国发起, 在亚洲和非洲应用较广。为了保证全球 LTE 技术相互融合, FDD-LTE 和 TD-LTE 的关键技术、帧结构、系统构架等极为相似。

LTE 采用扁平化系统设计, 简化了网络结构, 优化了信令过程; 从而 LTE 在设计之初便具有以下特性。

(1) 高速率: 在 20MHz 带宽时, 下行速率达到 100Mbit/s, 上行速率达到 50Mbit/s; 随着技术的更新和发展, LTE 的上下行速率将会进一步提升。

(2) 高效率: LTE 下行频谱效率为 5bit/s/Hz, 是 HSDPA 的 3~4 倍; 上行频谱效率 2.5bit/s/Hz, 是 HSUPA 的 2~3 倍。

(3) 高容量: 配置在 5MHz 带宽情况下, LTE 可支持 200 个激活用户; 配置在 20MHz 带宽情况下, LTE 可支持 400 个激活用户。

(4) 低时延: 无线接入网 UE 到 eNodeB 之间用户面的连接时延小区 5ms, 控制面的连接时延小区 100ms。

(5) 低成本: 采用扁平化结构, 减少网元种类; 即相对于 3G 系统结构, 减少了 RNC, 减少了投入。LTE 基站可与 3G、2G 共址建设, 并支持多制式间互操作, 可灵活组网, 减少建站成本。LTE 系统具备自组织网络 (Self Organization Network, SON) 功能, 即自规划 (Self-Planning)、自配置 (Self-Configuration)、自优化 (Self-Optimization)、自维护 (Self-Maintenance) 的能力; 减少运营成本。

(6) 灵活带宽: LTE 支持 6 种带宽配置, 即支持 1.4MHz、3 MHz、5MHz、10MHz、15MHz、20MHz 不同的带宽。

(7) 增强移动性: 0~15 千米/小时为最优的性能, 15~120 千米/小时是较高的性能, 120~350 千米/小时可支持实时业务。

任务2 了解 LTE 的发展

【知识链接 1】 LTE 网络的标准化进展

第三代合作伙伴项目（3GPP）的组织成立于 1999 年 1 月，是欧洲的 ETSI、日本的 ARIB、日本的 TTC、韩国的 TTA、美国的 ATIS 和中国的 CCSA 六个标准化组织。它是制定 LTE/LTE Advanced、3G UTRA、2G GSM 系统标准的开发机构，由 4 个技术规范组（TSG）组成，如图 2-2 所示。

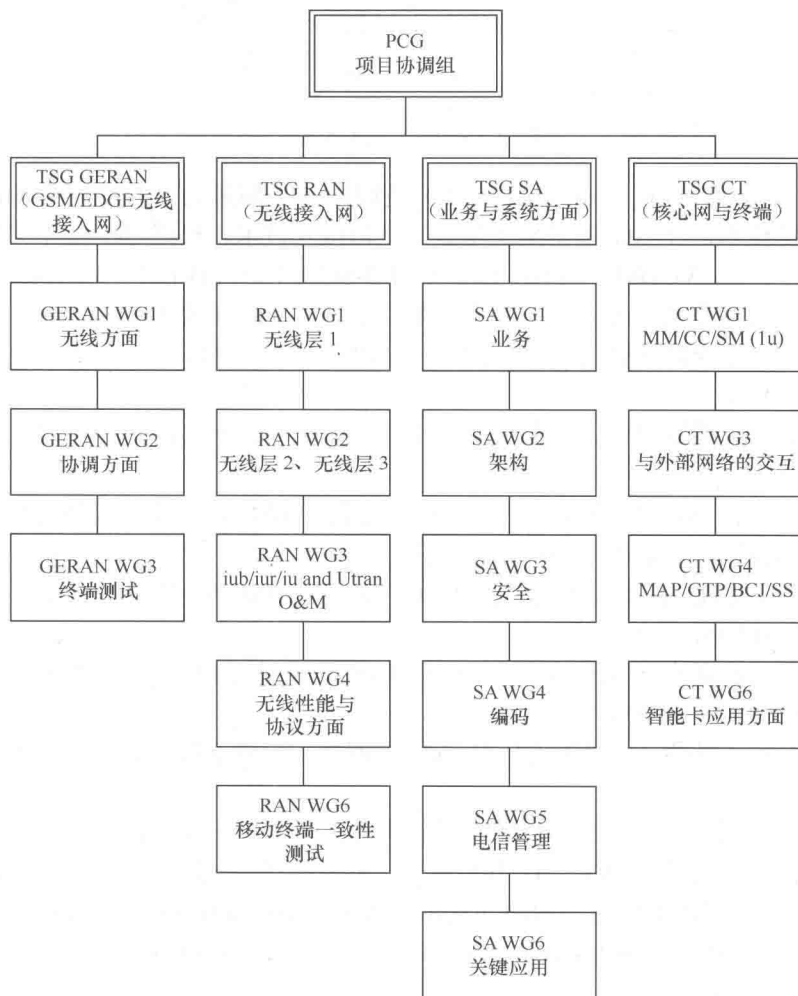


图 2-2 3GPP 组织机构

3GPP 组织由项目协调组（Project Cooperation Group, PCG）负责 3GPP 总的管理、时间计划、工作分配等；而技术规范组（Technology Standards Group, TSG）负责技术方面的工作。



目前, 3GPP 包括四个 TSG, 分别负责核心网和终端 (Core Network and Terminal, TSG CT)、系统和业务方面 (Service and System Aspects, TSG SA)、无线接入网 (Radio Access Network, TSG RAN) 以及 GSM EDGE 无线接入网 (GSM EDGE Radio Access Network, TSG GERAN) 方面的工作。其中, 每一个 TSG 又进一步可以分为多个不同的工作组 (Work Group, WG), 每个 WG 分别承担具体的任务。

2004 年 3GPP 举办了一个研讨会, 开启了继 3G 技术的长期演进 (LTE) 工作。会议决定在 2004 年 12 月在 TSG RAN 创建一个研究项目, 负责 LTE 相关工作。该项目的前 6 个月是需要讨论阶段, 而在 2005 年 6 月获得批准, 进入标准研究阶段, 在标准研究阶段确定采用 OFDM 技术等一些关键性技术。2006 年中进入标准制定阶段, 但直到 2007 年 12 月才获得 ITU 批准。LTE 标准不同版本发布的时间如图 2-3 所示。

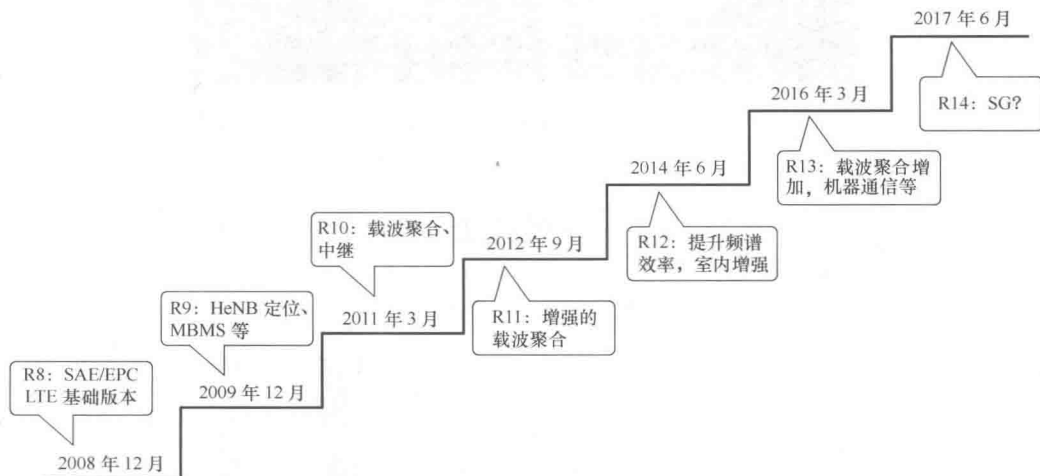


图 2-3 LTE 标准化进程

【知识链接 2】LTE 网络的发展现状

从全球 LTE 市场发展情况来看, LTE 已经如火如荼, 根据全球移动供应商联盟 (the Global mobile Suppliers Association, GSA) 信息, 截至 2015 年 6 月, 全球共有 142 个国家和地区 422 个 LTE 网络正式商用, 在过去的一年内全球有 106 个 LTE 网商用, 而在全球共有 181 个国家和地区 638 个运营商承诺发展 LTE 网络 (包括已商用的 422 个 LTE 网络)。

根据 GSA 统计报告, 截至 2015 年 3 月, 全球 LTE 用户已经超过 6 亿, 仅在 2015 年第一季度全球 LTE 新增用户 1.237 亿, 如图 2-4 所示, 而此时 3G 用户增长为 0.78 亿, LTE 新增用户超过 3G 增长用户数的 58%。与此同时, GSM 用户下降 1 亿。

从 2011 年 2 月起, LTE 终端发展非常迅速, 截至 2015 年 6 月, 支持 LTE 的终端达到 3253 种, 如图 2-5 所示, 仅在 2014 年就产生了 1275 种新型终端。在 2646 类终端中, 智能手机达到 1395 种, 占比为 53%; 其次 LTE 无线路由器种类为 612 种, 占比 23%。其他应用包括数据卡、调制解调器、智能平板、笔记本电脑、相机等。

在国内, 三家运营商都已经取得了 LTE 的牌照, 中国移动的 LTE TDD 网络经过 2 年多的发展已经趋于成熟, 市场用户超过 1 亿。中国联通和中国电信同样发力 LTE, 进行大规模的 LTE 网络建设和工程优化, 这种竞争会将国内 LTE 网络引向成熟, 给用户带来更多的实惠。

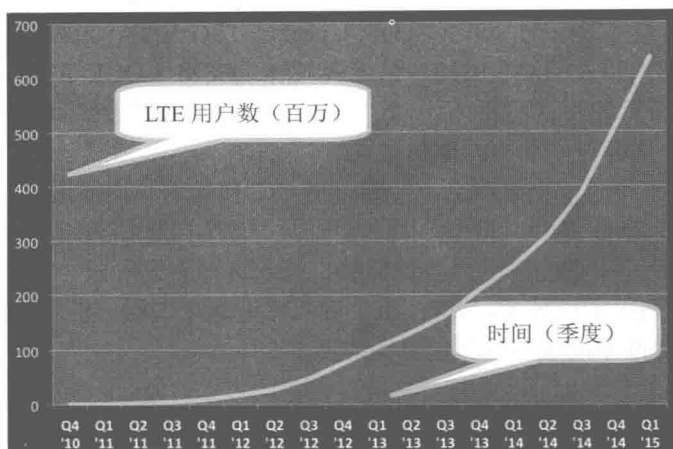


图 2-4 全球用户发展情况

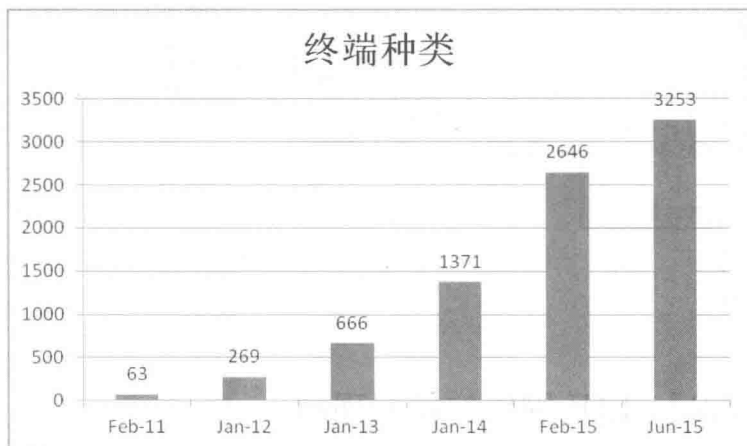


图 2-5 全球终端发展情况

【知识链接 3】 LTE 的发展前景

1. LTE 全球发展强劲

2013 年, 全球多家运营商开始布局和商业 LTE 网络, LTE 进入发展的快车道。在通信发达的美国、日本、韩国以及部分欧洲国家, LTE 基本都达到全覆盖。LTE 在全球发展呈现两种情况, 一是投资建设、商用运营, 如中国; 二是深度优化, 提升覆盖和容量, 如美国。

美国通信运营商较多, 其中处于 LTE 主导地位有四家, 分别是 Verizon 无线、AT&T、Sprint 和 T-Mobile。2010 年开始, Verizon 无线开始部署 LTE 网络, 是目前美国 LTE 网络规模最大、覆盖区域最广的运营商。迫于 Verizon 无线的压力, AT&T、Sprint 也于 2012 年开始部署 LTE 网络, 其网络规模仅逊于 Verizon 无线, 占据着重要地位。2013 年 T-Mobile 开始 LTE 的商用部署, 但其重点发展 HSPA+业务。目前美国 LTE 网发展已经非常成熟, 主要的四家运营公司先后升级 LTE 为 LTE Advanced, 从业务类型、商场营销等方面开展全面竞争。

