

“中华优秀出版物图书提名奖”
获奖作品《TD-SCDMA 无线
网络规划设计与优化》升级新版

中国工程院邬贺铨院士倾情作序
推荐

华信邮电设计院顶级专家团队
诚意之作

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

TD-LTE Network Planning, Design and Optimization 4G 丛书

TD-LTE

网络规划设计与优化

□ 肖清华 汪丁鼎 许光斌 丁巍 编著

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

TD-LTE Network Planning, Design and Optimization 4G 丛书

TD-LTE

网络规划设计与优化

□ 肖清华 汪丁鼎 许光斌 丁巍 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

TD-LTE网络规划设计与优化 / 肖清华等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 7
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-31690-5

I. ①T… II. ①肖… III. ①码分多址移动通信—网络规划 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第078660号

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了 TD-LTE 网络规划设计与优化的理论方法、技术和工程实践, 重点论述了 TD-LTE 网络规划和工程设计, 包括链路预算、容量估算、站址选择、覆盖预测、网络仿真、小区参数规划和设备工程安装设计等, 并对一些典型应用场景的网络规划和工程设计进行了深入研究, 提供了室内分布系统的综合解决方案, 同时阐述了 TD-LTE 网络优化的内容和方法, 探讨了 TD-LTE 与其他移动通信系统网络融合、站址共建共享, 以及互操作等方面的问题。

本书内容丰富翔实, 论述深入浅出, 针对性强, 既有网络规划设计与优化的理论方法的系统论述, 又有大量实际案例的详细分析, 在技术研究和工程实践上均有较高的参考价值。本书既适合从事网络工作的规划设计优化人员、工程管理人员和设备研发人员学习, 也可供大专院校通信专业的师生阅读使用。

-
- ◆ 编 著 肖清华 汪丁鼎 许光斌 丁 巍
责任编辑 刘 洋
责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 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: 30.75
字数: 752 千字
印数: 1—3 000 册
-

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

序

中国 TD-LTE 规模技术试验作为在全球覆盖城市最多的 TD-LTE 试验项目,较为全面地检验了 TD-LTE 网络性能,成为 TD-LTE 创新过程的一个重要里程碑。基于时分双工和多输入多输出天线等技术的 TD-LTE 适应移动互联网不对称数据业务的需要,也更能充分利用稀缺的频谱资源,但在网络建设上有与以往的移动通信系统不同的特点。本书专注于 TD-LTE 的网络规划和优化,正好补充了我国已出版的 TD-LTE 类书籍中的空白。

本书作者工作于华信邮电咨询设计研究院有限公司,作者已经出版过有关 TD-SCDMA 无线网络规划、设计和优化的书籍,见证了我国移动通信的发展历程,也见证了 TD-LTE 标准诞生、萌芽、发展的历程。TD-LTE 从一个继承和发展 TD-SCDMA 的系统标准,到被正式确定为 IMT-Advanced 国际标准,走过了一条机遇与挑战并存、优势与风险共担的道路。新问题和新的挑战蕴含着更大的创新空间,TD-LTE 还将进一步发展移动通信组网技术。

在这部著作中,作者不但介绍了 TD-LTE 的基本概念和产品性能,而且依托其在网络规划和工程设计方面的深厚技术背景,系统地讲述了 TD-LTE 室内外的无线网络规划、设计和优化,以及网络融合、共建共享、互操作等内容,总结了 TD-LTE 组网从理论到实践操作的方法和经验。本书将有助于工程设计人员更深入地理解 TD-LTE 网络,更好地进行 TD-LTE 无线网络规划和工程建设。本书的出版适逢 TD-LTE 已经完成规模试验网的建设与测试,对即将到来的 TD-LTE 规模化网络部署会有重要的参考价值和指导意义。如果说在走向电信强国的历程中,TD-LTE 系统可以算作一个台阶,本书则是这个台阶上的一块砖石。希望以此抛砖引玉,引来更多的企业、设计部门、研究机构和运营商投入到 TD-LTE 网络的研究中,进一步促进 TD-LTE 网络完善和产业链的发展壮大,更好地服务于广大移动通信用户。

中国工程院 院士



2013 年 6 月

前 言

WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 和 WiMAX 是第三代移动通信 (3G) 的 4 大主流标准, 其中, WCDMA 和 cdma2000 是 FDD 模式的技术, 而 TD-SCDMA 和 WiMAX 则基于 TDD (时分双工)。尤为值得一提的是, 我国在 TD-SCDMA 物理层核心技术上拥有自主知识产权, 经过近 10 年的艰辛努力, 无论是产业链, 还是规模化商业组网运营能力, 均取得了突破性的进展。作为 TD-SCDMA 的后续演进标准, TD-LTE 继承了 TD-SCDMA 的优良技术基因, 由中国在 2004 年向 3GPP 提交技术标准, 继而在 2009 年 10 月又提交了 TD-LTE-Advanced 的 TDD-4G 技术方案, 2012 年 1 月在日内瓦举行的国际电信联盟 (ITU) 2012 年无线电通信全会全体会议上被正式确定为 IMT-Advanced 国际标准。

同原有 3G 技术相比, TD-LTE 在借鉴 TD-SCDMA 智能天线、时分双工等关键技术的同时, 采用了革命性的 OFDM 和 MIMO 技术, 系统性能得到了大幅度提升, 但也带来在网络规划、设计和优化方面的不同, 尤其在用户业务模型、系统覆盖及容量能力, 以及多通道室内分布系统的新建和改造方面均存在很大的差异性, 不能完全照搬其他制式的理论与经验。因此, 如何结合现有移动通信领域内的工程建设经验, 规避可能存在的风险, 成为 TD-LTE 今后建设的重点与难点。作为提取 TD-LTE 试验网测试数据的结果, 本书汲取了 TD-LTE 实际网络建设与管理中遇到的各种问题与经验, 也借鉴了 GSM、cdma2000、WCDMA 和 TD-SCDMA 等其他移动通信系统网络在规划、优化、设计方面的技术理论和实践经验, 特别在注重 TD-SCDMA 系统技术延续性的同时, 着重 TD-LTE 差异化的内容, 突出了 TD-LTE 的特色, 系统地论述了 TD-LTE 网络工程技术, 如规划、设计与优化等方面的内容。与市面上其他关于 TD-LTE 的书籍相比, 新技术、新设备和新业务的内容更详尽务实, 更有层次化。同时, 由于作者之前出版过关于 TD-SCDMA 系统的类似著作, 在内容推送方式上, 结合本书面向对象的不同, 由浅入深地介绍了 TD-LTE 无线网络的相关技术。本书的出版, 势必进一步促进 TD-LTE 技术的发展与成熟, 也会推动和完善 TD-LTE 产业化的进展。

本书第 1 章介绍了 TD-LTE 技术标准的基础知识, 包括 TD-LTE 的发展历程、系统结构、无线接口协议、标准化演进、与 FDD-LTE 的差异化等方面的内容; 第 2 章介绍了 TD-LTE 的无线帧结构、物理信道, 并对小区搜索、随机接入、同步控制、功率控制和上下行传输等物理过程进行了阐述; 第 3 章介绍了 TD-LTE 系统的相关重要技术, 包括时分双工、OFDM 多址接入、MIMO 多天线、FEC/HARQ、AMC 技术、ICIC 抗干扰技术、空分复用技术、GPS 替代技术, 以及 eMBMS 广播/多播技术等, 并对 R10 版本的 TD-LTE-Advanced 关键技术如

载波聚合 (CA)、增强型 MIMO、CoMP 和 Relay 技术等也做了细致介绍;第 4 章介绍了 TD-LTE 的网络规划流程、指标,在此基础上,介绍了 TD-LTE 引入和发展的策略,对 TD-LTE 的覆盖能力,如影响因素、关键参数、链路预算等做了分析;对 TD-LTE 的容量能力,如影响因素、业务模型、话务预测、容量评估、典型指标,以及用户平面和控制平面的容量等进行了分析;最后对 TD-LTE 的组网规划,包括频率、时隙、干扰、码字、邻区、PCI、TA、传输、VLAN、IP 地址规划等做了阐述,并给出了特殊场景及相关案例的介绍;第 5 章详细介绍了包括与 TD-SCDMA 共天线在内的 TD-LTE 天线技术,对 TD-LTE 主设备 eNode B,包括 BBU、RRU 的性能、配置参数均作了细致的介绍;对基站选址技术、天馈设计、配套设计,以及基站工艺要求,如机房工艺、塔桅工艺、天馈工艺等做了详细的分析;最后对 TD-LTE 的组网技术,如组网策略、BBU+RRU 组网、C-RAN,以及 HCS 分层技术做了典型的介绍;第 6 章介绍了 TD-LTE 室内分布系统的组成、构造和类型,对 TD-LTE 室内的覆盖指标、功率分析,以及业务模型、容量能力和干扰抑制均做了详细的分析;按照从前至后的贯穿流程,对 TD-LTE 的室内分布系统的规划、设计和建设涉及的所有内容做了详尽的剖析,最后给出 TD-LTE 的室内分布系统案例分析;第 7 章介绍了 TD-LTE 网络优化的目标、流程和特点,对相关 KPI 进行了阐述,详细分析了 TD-LTE 的系统参数,对时隙优化、寻呼优化、干扰优化、重选和切换优化等做了创新性的研究,并对工程上经常出现的覆盖、容量、质量、切换、掉线、链路,以及与 2G/3G 的联合优化也做了分析,最后给出了 TD-LTE 不同场景下的优化案例;第 8 章介绍了网络发展的背景及需求,在此基础上,对网络融合和融合演进做了层次化的解析,对共建共享协同涉及的塔桅、天面、机房、配套等模式要求,以及共建共享的技术性和经济性做了分析,最后对 TD-LTE 与其他系统的互操作协同技术,包括重选、重定向、CCO 和 PS HO 等做了分析,基于此,给出了 TD-LTE 数据和话音的互操作过程和建议。

全书由华信邮电咨询设计研究院有限公司总工程师朱东照统稿与校审。第 1 章由华信公司网研院技术专家丁巍编写,第 2 章由华信公司网研院技术专家许光斌编写,第 3、第 4、第 6、第 7、第 8 章由华信公司网研院副院长肖清华编写,第 5 章由华信公司网研院副总工程师汪丁鼎编写。本书作者多年来均一直从事移动通信无线网络规划和工程设计工作,华信公司也是国内最早从事移动通信网络规划设计与优化的设计院之一,在 2G/3G/4G 技术的国内/外网络规划、设计和优化方面均具备雄厚的技术实力和丰富的实践经验。在本书的编写过程中,得到了华信公司多位领导和同事的大力支持,特别是华信邮电咨询设计研究院有限公司总经理余征然先生和网研院院长汤建东先生的大力支持,在此表示感谢。

在本书的编写过程中,还得到了大唐移动、华为技术、中兴通讯等公司的大力支持,参考了许多学者的专著和研究论文,在此一并致谢。

衷心感谢人民邮电出版社对本书编辑出版工作的大力支持!

由于 TD-LTE 尚未进行实际的商业应用,而 TD-LTE 技术标准与设备也在不断研发和完善中,加之作者水平有限,编写时间较为仓促,书中内容难免会出现错误、疏漏与不当之处,敬请读者批评指正。联系方式:TD_Planning@163.com。

作 者

2013 年 5 月于杭州

目 录

第 1 章 TD-LTE 网络概述	1	第 2 章 TD-LTE 网络物理层	22
1.1 LTE 标准及产业进展	1	2.1 无线帧结构	22
1.1.1 3GPP 概况	1	2.1.1 帧结构	22
1.1.2 版本演进	1	2.1.2 物理资源分组	24
1.1.3 产业链发展情况	2	2.2 上行物理信道及信号	26
1.1.4 LTE 商用状况	2	2.2.1 PUCCH 信道	26
1.2 TD-LTE 系统架构	3	2.2.2 PUSCH 信道	28
1.2.1 EPS 架构	3	2.2.3 PRACH 信道	29
1.2.2 TD-LTE 架构	4	2.2.4 上行物理信号	31
1.2.3 功能划分	4	2.3 下行物理信道及信号	32
1.3 TD-LTE 系统协议	6	2.3.1 PDCCH 信道	33
1.3.1 通用协议模型	6	2.3.2 PDSCH 信道	34
1.3.2 LTE 接口协议	8	2.3.3 PBCH 信道	35
1.3.3 空中接口协议	9	2.3.4 PCFICH 信道	37
1.3.4 PHY 协议	10	2.3.5 PMCH 信道	37
1.3.5 MAC 协议	11	2.3.6 PHICH 信道	38
1.3.6 RLC 协议	11	2.3.7 下行物理信号	39
1.3.7 PDCP 协议	13	2.4 物理过程	41
1.3.8 RRC 协议	13	2.4.1 小区搜索	41
1.3.9 NAS 协议	14	2.4.2 随机接入	41
1.4 TD-LTE 与 LTE-FDD 的		2.4.3 同步控制	44
差异	15	2.4.4 功率控制	44
1.4.1 双工方式差异	16	2.4.5 PDSCH 传输	47
1.4.2 帧结构差异	16	2.4.6 PUSCH 传输	51
1.4.3 物理层差异	20	参考文献	53
1.4.4 TD-LTE 的不足	21		
参考文献	21	第 3 章 TD-LTE 网络重要技术	55
		3.1 时分双工	55

3.1.1 TDD 概述	55	3.10 TD-LTE-Advanced 技术	90
3.1.2 TDD 优缺点分析	56	3.10.1 CA 技术	90
3.2 多址接入技术	56	3.10.2 增强型 MIMO 技术	91
3.2.1 OFDMA 技术	57	3.10.3 CoMP 技术	92
3.2.2 SC-FDMA 技术	59	3.10.4 Relay 技术	93
3.2.3 资源映射	59	参考文献	94
3.3 MIMO 技术	61	第 4 章 TD-LTE 网络规划	95
3.3.1 发射分集	62	4.1 概述	95
3.3.2 波束赋形	65	4.1.1 规划概述	95
3.3.3 空间复用	67	4.1.2 规划内容	97
3.3.4 空分多址	69	4.1.3 规划流程	98
3.4 HARQ 技术	71	4.1.4 规划指标	99
3.4.1 FEC 技术	71	4.1.5 规划难点	101
3.4.2 ARQ 技术	71	4.1.6 与 2G/3G 网络规划的 差异	101
3.4.3 HARQ-C	72	4.2 TD-LTE 发展策略	102
3.4.4 HARQ-T	73	4.2.1 引入策略	102
3.4.5 HARQ-S	73	4.2.2 建设策略	103
3.4.6 HARQ 过程	74	4.3 室外传播模型	103
3.5 AMC 技术	74	4.3.1 Okumura-Hata 模型	104
3.5.1 下行 AMC	75	4.3.2 COST231-Hata 模型	105
3.5.2 上行 AMC	75	4.3.3 通用模型	105
3.6 小区间干扰抑制	75	4.4 TD-LTE 覆盖规划	105
3.6.1 干扰随机化	75	4.4.1 影响因素综述	106
3.6.2 干扰消除	76	4.4.2 最大覆盖能力	107
3.6.3 干扰协调	76	4.4.3 关键参数分析	108
3.7 空分复用技术	79	4.4.4 上行链路预算	111
3.7.1 室外空分复用	79	4.4.5 下行链路预算	113
3.7.2 室内空分复用	80	4.4.6 链路预算分析	115
3.7.3 空分复用与小区分裂	81	4.4.7 覆盖能力分析	116
3.7.4 受限场景	82	4.5 TD-LTE 容量规划	117
3.8 GPS 替代技术	82	4.5.1 影响因素综述	117
3.8.1 北斗授时同步	83	4.5.2 业务模型	119
3.8.2 传输提取时钟同步	83	4.5.3 话务预测	123
3.9 eMBMS 技术	86	4.5.4 容量评估方法	125
3.9.1 系统配置	86	4.5.5 上行用户平面容量分析	125
3.9.2 逻辑架构	87	4.5.6 下行用户平面容量分析	127
3.9.3 用户面协议架构	87	4.5.7 控制平面容量分析	128
3.9.4 控制面协议架构	88		
3.9.5 eMBMS 业务流程	89		

4.5.8 典型指标分析	129
4.6 TD-LTE 组网规划	130
4.6.1 基站估算	130
4.6.2 频率规划	134
4.6.3 时隙规划	137
4.6.4 干扰规划	143
4.6.5 码字规划	145
4.6.6 邻区规划	146
4.7 TD-LTE 参数规划	147
4.7.1 PCI 规划	147
4.7.2 TA 规划	147
4.7.3 传输带宽规划	148
4.7.4 VLAN 规划	149
4.7.5 IP 地址规划	150
4.8 特殊场景规划	152
4.8.1 高速铁路	152
4.8.2 大型场馆	156
4.8.3 大桥	158
4.8.4 海域	160
4.9 规划案例分析	162
4.9.1 区域场景	162
4.9.2 覆盖规划	163
4.9.3 容量规划	163
4.9.4 规划结果	168
参考文献	169

第 5 章 TD-LTE 网络设计与 要求

5.1 总体要求	170
5.1.1 总体原则	170
5.1.2 设计要求	170
5.2 天线技术及产品	171
5.2.1 智能天线技术	171
5.2.2 智能天线参数	173
5.2.3 多天线技术	174
5.2.4 有源天线技术	177
5.2.5 天线发展趋势	179
5.2.6 天线设备形态	184
5.3 基站设备	191

5.3.1 eNode B 概述	191
5.3.2 BBU 基带池	191
5.3.3 RRU 射频拉远	194
5.4 OMC-R 设备	195
5.4.1 OMC-R 结构	196
5.4.2 OMC-R 配置	197
5.5 基站选址与勘察	197
5.5.1 选址总体原则	197
5.5.2 SSUP 选址	198
5.5.3 基站勘察	201
5.6 基站设计	205
5.6.1 基站系统设计	205
5.6.2 基站配套设计	207
5.7 天馈系统设计	218
5.7.1 天馈组成	218
5.7.2 天线选择	219
5.7.3 跳线选择	219
5.7.4 天馈系统设计	220
5.8 工艺要求	221
5.8.1 机房工艺要求	221
5.8.2 塔桅工艺要求	224
5.8.3 天馈工艺要求	227
5.9 组网技术	233
5.9.1 组网策略	233
5.9.2 BBU+RRU 组网	233
5.9.3 C-RAN 组网	237
5.9.4 HCS 组网	246
参考文献	250

第 6 章 TD-LTE 网络室内分布

6.1 概述	251
6.1.1 目的与意义	251
6.1.2 室内分布组成	252
6.1.3 信号源类型	252
6.1.4 分布系统类型	253
6.1.5 技术流程	254
6.2 室内传播模型	255
6.2.1 Motley 模型	255
6.2.2 P.1238 模型	256

6.3	室内覆盖分析	257
6.3.1	业务场景	257
6.3.2	覆盖指标	258
6.3.3	估算流程	259
6.3.4	功率分析	259
6.4	室内容量分析	262
6.4.1	容量指标	262
6.4.2	估算流程	262
6.4.3	业务模型	262
6.5	室内干扰分析	271
6.5.1	杂散干扰	272
6.5.2	阻塞干扰	273
6.5.3	互调干扰	274
6.5.4	干扰汇总	276
6.5.5	WLAN 干扰	276
6.5.6	干扰抑制	277
6.6	室内规划技术	278
6.6.1	系统特性	279
6.6.2	规划方案	280
6.6.3	室内外协调	283
6.6.4	新设备技术	284
6.7	室内设计技术	288
6.7.1	技术要求	288
6.7.2	单站设计流程	289
6.7.3	现场勘察	290
6.7.4	室内模拟测试	292
6.7.5	系统方案设计	294
6.7.6	常用分布器件	297
6.8	室内建设技术	300
6.8.1	解决方案	300
6.8.2	系统合路	304
6.8.3	新建方式	307
6.8.4	改造方式	312
6.8.5	特殊场景	315
6.9	室内案例介绍	324
6.9.1	覆盖目标	324
6.9.2	指标分析	325
6.9.3	设计方案	325
6.9.4	注意事项	327

参考文献	329
------	-----

第 7 章 TD-LTE 网络优化 330

7.1	总体要求	330
7.1.1	优化目标	330
7.1.2	优化内容	331
7.1.3	优化特点	331
7.1.4	优化措施	332
7.1.5	优化流程	334
7.2	网络测试	336
7.2.1	优化工具	336
7.2.2	数据采集	339
7.3	网络 KPI 评估	342
7.3.1	网络评估	342
7.3.2	业务评估	343
7.3.3	KPI	344
7.3.4	面向客户感知的网络 质量评估	345
7.4	参数配置	350
7.4.1	小区配置参数	350
7.4.2	功率控制参数	351
7.4.3	系统消息参数	353
7.4.4	系统调度参数	353
7.4.5	系统寻呼参数	355
7.4.6	随机接入参数	356
7.4.7	准入控制参数	356
7.4.8	重选控制参数	357
7.4.9	切换控制参数	359
7.4.10	传输控制参数	363
7.4.11	定时器参数	365
7.5	系统优化	367
7.5.1	时隙优化	367
7.5.2	寻呼优化	374
7.5.3	干扰优化	376
7.5.4	重选优化	379
7.5.5	切换优化	383
7.6	工程优化	386
7.6.1	覆盖优化	386
7.6.2	容量优化	388

7.6.3	质量优化	388	8.2.6	四网融合举措	429
7.6.4	切换优化	389	8.3	融合演进分析	430
7.6.5	掉线优化	389	8.3.1	融合演进概述	430
7.6.6	干扰优化	390	8.3.2	GSM 的融合演进	431
7.6.7	链路优化	391	8.3.3	TD-SCDMA 的融合 演进	434
7.6.8	联合优化	392	8.3.4	WLAN 的融合演进	437
7.7	工程优化案例	393	8.4	共建共享协同技术	439
7.7.1	覆盖优化案例	393	8.4.1	基站站址共建共享	440
7.7.2	导频污染优化案例	393	8.4.2	基站塔桅、天面资源共建 共享模式要求	440
7.7.3	切换优化案例	394	8.4.3	基站机房共建共享模式 要求	441
7.7.4	掉线优化案例	396	8.4.4	其他基站配套设施共建 共享模式要求	441
7.7.5	接入失败优化案例	397	8.5	共建共享协同分析	442
7.7.6	干扰优化案例	398	8.5.1	共建共享技术性分析	442
7.7.7	PCI 优化案例	400	8.5.2	共建共享工程实施分析	446
7.7.8	联合优化案例	401	8.5.3	共建共享经济性分析	448
7.8	典型场景优化	402	8.6	互操作协同技术	453
7.8.1	高速铁路优化	402	8.6.1	互操作概述	453
7.8.2	大型场馆优化	404	8.6.2	互操作技术关系	455
7.8.3	大桥覆盖优化	407	8.6.3	小区重选技术	456
7.8.4	海域覆盖优化	408	8.6.4	RRC 重定向技术	456
参考文献		409	8.6.5	CCO 技术	457
			8.6.6	PS HO 技术	458
			8.7	系统间互操作	459
			8.7.1	网络驻留重选	459
			8.7.2	数据业务互操作	460
			8.7.3	话音业务互操作	465
			8.7.4	总体互操作过程	471
			参考文献		472
			缩略语		473
第 8 章 TD-LTE 网络融合与 协同 411					
8.1 总体定位 411					
8.1.1 背景分析					
8.1.2 网络问题					
8.1.3 承载能力					
8.2 网络融合 416					
8.2.1 网络融合概述					
8.2.2 GSM 网络融合					
8.2.3 TD-SCDMA 网络融合					
8.2.4 WLAN 网络融合					
8.2.5 TD-LTE 网络融合					

第 1 章

TD-LTE 网络概述

1.1 LTE 标准及产业进展

近年来,随着 3G 应用的不断深入,数据业务呈爆炸式增长。同时,智能终端普及程度越来越深,对移动通信网络资源的占用已越来越重,频繁的链路创建和删除给网络带来了大量的信令负荷。另外,面对高速发展的移动通信市场的巨大诱惑,众多非传统移动运营商也纷纷加入对移动通信市场的争夺,并引起了新的商业运营模式,造成了几乎免费的话音和视频通信业务。这些新兴力量给传统运营商带来了前所未有的挑战,加快现有网络演进、满足用户需求、提供新型业务成为在激烈的竞争中处于不败之地的唯一选择。

对用户而言,他们期望能够在任何时间、任何地点以不低于 1Mbit/s 的无线接入速度,小于 20ms 的低系统传输时延,在高速移动环境下实现全网络无缝覆盖。而最重要的一点是,要求运营商提供能被广大用户负担得起的终端设备和网络服务。这些要求已经远远超出了现有网络的能力,寻找突破性的空口接口技术和网络结构已经势在必行。目前包括 TD-SCDMA 和 WCDMA 在内的 3G 技术虽然在支持移动性能和 QoS 方面存在较大优势,但在每 bit (比特)成本、无线频谱利用率和传输时延等方面明显落后,并由此引发了对 LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 的迫切需求。

1.1.1 3GPP 概况

LTE 的技术预研和产业组织由 3GPP (The 3rd Generation Partnership, 第三代合作伙伴计划) 推动发展。3GPP 是由欧洲的 ETSI、日本的 ARIB 和 TTC、韩国的 TTA 以及美国的 T1 在 1998 年年底发起成立的,旨在研究制定并推广基于演进的 GSM 核心网络的 3G 标准。中国的 CWTS (无线通信标准组) 于 1999 年加入 3GPP。

3GPP 的会员包括 3 类:组织伙伴、市场代表伙伴和个体成员。3GPP 的组织伙伴包括以上涉及的 6 个标准化组织。而市场代表伙伴并不是官方的标准化组织,它们是向 3GPP 提供市场建议和统一意见的机构组织,包括 GSM 协会、UMTS 论坛、IPv6 论坛、3G 美国、GMSA (Global Mobile Suppliers Association, 全球移动通信供应商协会)。

1.1.2 版本演进

3GPP 在 2009 年 3 月正式发布了 LTE 标准的 R8 版本,它定义了 LTE 的基本功能。又在

2010 年 3 月发布了 R9 的增强型版本,增加了关于 Beamforming (波束赋形)、eMBMS (enhanced Multimedia Broadcast/Multicast Service, 增强型广播/多播服务)、SON (Self Organized Network, 自组织网络)、Home eNode B (家庭基站)等新功能。然后又在 2011 年 3 月完成了 R10 版标准,即 LTE-Advanced。在 2012 年 1 月日内瓦举行的国际电信联盟 (ITU) 2012 年无线电通信全会全体会议上, LTE-Advanced 被正式确立为 IMT-Advanced 的 4G 国际标准, TD-LTE-Advanced 同时成为 IMT-Advanced 国际标准。R10 在 R9 的基础上增加了增强型的 MIMO (Multiple Input Multiple Output, 多入多出)、CA (Carrier Aggregation, 载波聚合)、无线中继 Relay 和增强的小区间干扰 (eICIC) 等功能。从目前标准进展的情况来看, 3GPP 的 TD-LTE 与 LTE-FDD 标准制订进度一致。

1.1.3 产业链发展情况

1. 系统设备发展

早在 2009 年, LTE 便具备满足商用网络基本要求的核心网设备,并在第一个 LTE-FDD 的商用网络中成功应用。在 2009 年年底,部分系统设备厂家已经可以提供基于 R8 版本的 LTE-FDD 设备, R9 版本的设备直到 2010 年年底才面世。TD-LTE 的商用进程比 LTE-FDD 晚一年左右的时间。2011 年,各供应商均采用相同的硬件平台来支持 R8 版本 TD-LTE 和 LTE-FDD,并在 2012 年支持 R8 向 R9 过渡。2013 年, R10 版本的 TD-LTE 和 LTE-FDD 将同步发展,在 2014~2015 年,两者均支持 R11。

2. 终端发展

终端是整个产业链上至关重要的一个环节。与主设备类似,在终端侧 TD-LTE 也比 LTE-FDD 晚一年左右的时间。在 2011 年年底, TD-LTE 和 LTE-FDD 标准均支持 Cat 3 等级的终端,包括单模、多模数据卡、CPE、Mi-Fi 等。但从终端的成熟度来看, LTE-FDD 的双模数据卡终端在 2010 年已经实现商用,双模手机也已经在 2011 年推出,已经可以进行并发业务、应用的测试,满足友好用户发放、体验评估与试商用的需求。而 TD-LTE 目前则主要是数据卡形式,滞后较大。

支持 Cat 4 等级的终端在 2012 年推出,支持 TD-LTE/LTE-FDD/TD-SCDMA/GSM/WCDMA 的多模芯片已问世,在技术上支持 SRVCC (Signal Radio Voice Call Continuity, 单一无线语音呼叫连续性)。预计在 2015 年左右, TD-LTE 与 LTE-FDD 的多模终端将逐渐丰富,并支持满足 Cat 5、Cat 6、Cat 7 等级的多模芯片。

从商用进程来看,截至 2012 年 6 月, LTE 终端厂品已达 417 款,较 2011 年同期增长 3 倍,发展迅猛。其中,支持 TD-LTE 的终端与芯片不断增加,目前 TD-LTE 终端数量已经超过 40 余款,但是支持 TD-LTE 与 TD-SCDMA 双模的厂家仍然不多,且基本处于 D 频段与 E 频段,支持 F 频段的几乎没有。

1.1.4 LTE 商用状况

1. 国外商用情况

从 2009 年 Teliasonera 在斯德哥尔摩第一个部署商用的 LTE 网络以来,截至 2012 年 6 月,全球 LTE 商用网络数量已经达到 95 个,其中 TD-LTE 网络 7 个, LTE-FDD 网络 86 个,双模

网络两个。而截至 2013 年 1 月，全球已有 66 个国家的 145 家运营商推出了商用 LTE 服务。仅 2012 年便新增了 104 家运营商承诺投资 LTE 网络部署，使承诺部署的运营商总数增至 104 个国家的 330 家。

2. 国内发展情况

LTE 在国内的发展主要由中国移动 TD-LTE 在支撑。2007 年，工业和信息化部正式将 LTE-TDD 命名为 TD-LTE，2009~2010 年，工信部在北京完成多厂家、多基站的技术验证外场，并进行了较为完备的外场测试。根据国家“新一代宽带无线移动通信网”重大专项实施计划的安排，2011 年中国移动选择了上海、广州、深圳、南京、杭州和厦门 6 个大中城市进行了规模试验网建设，并进行了相关测试工作。相关工作分两个阶段：第一个阶段基于 R8 进行网络建设，主要验证 TD-LTE 的基本性能、关键技术、规划/优化及组网技术；第二阶段则升级到 R9 版本，测试验证异厂家互通、端到端的业务体验、与 2G/3G 的互操作、网管、计费等功能要求，并适时发展友好用户，评估用户体验。

1.2 TD-LTE 系统架构

1.2.1 EPS 架构

EPS (Evolved Packet System, 演进型分组系统) 包括 E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, 演进型通用陆地无线接入网) 和 EPC (Evolved Packet Core, 演进型分组核心网)。前者是针对于 LTE 的接入网技术，后者则属于 SAE (System Architecture Evolution, 系统架构演进) 的技术。

EPS 架构如图 1-1 所示。

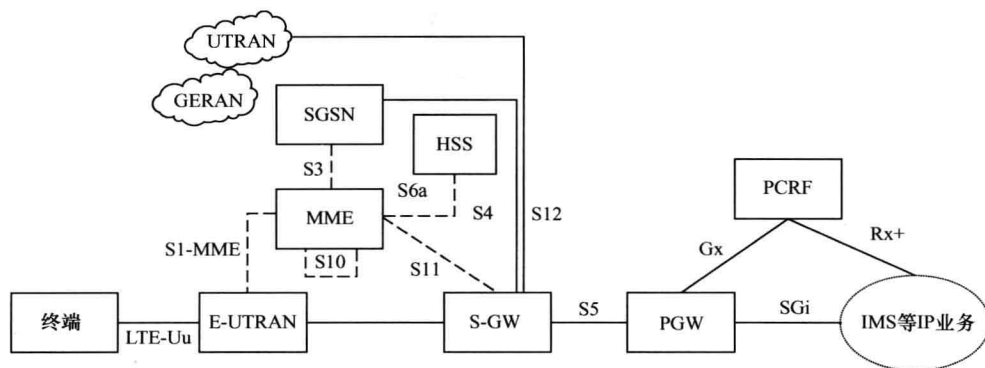


图 1-1 EPS 系统

LTE 完全基于分组交换，是一个 IP 的网络，只存在 PS 域，对 CS 域业务的支持通过 PS 域完成。从核心网的观点来看，LTE 摒弃了 2G/3G 网络存在的双核心网结构，即语音核心网 (MSC/VLR) 和分组核心网 (SGSN/GGSN)。在 LTE 网络中，分组核心网统一管理终端移动性和处理信令，各种业务通过 IMS (IP Multimedia Subsystem, IP 多媒体子系统) 提供给终端用户。这种扁平化的架构大大降低了控制平面的时延，由空闲态转移到激活态的时延要求为 100ms，休眠态转移到激活态的时延要求为 50ms。峰值速率满足下行 100Mbit/s，上

行 50Mbit/s 的要求。

1.2.2 TD-LTE 架构

3GPP 定义了 TD-LTE 接入网 E-UTRAN 接口的工作原则。

- (1) 信令与数据传输网络在逻辑上是独立的。
- (2) E-UTRAN 和 EPC 的功能完全区分于传输功能。E-UTRAN 和 EPC 采用的寻址方法和传输功能的寻址方法绑定。事实上，某些 E-UTRAN 或 EPC 的功能可能会放置在同一个设备中，某些传输功能并不能分成 E-UTRAN 部分的传输功能和 EPC 部分的传输功能。
- (3) RRC 连接的移动性管理完全由 E-UTRAN 进行控制，使得核心网对于无线资源的处理不可见。
- (4) E-UTRAN 接口上的功能，应定义得尽量简化，应尽量减少接口功能划分和选项数量。
- (5) 一个接口应该基于通过这个接口控制的实体逻辑模型来设计。
- (6) 一个物理网元可以包含多个逻辑节点。

TD-LTE 的具体架构如图 1-2 所示。

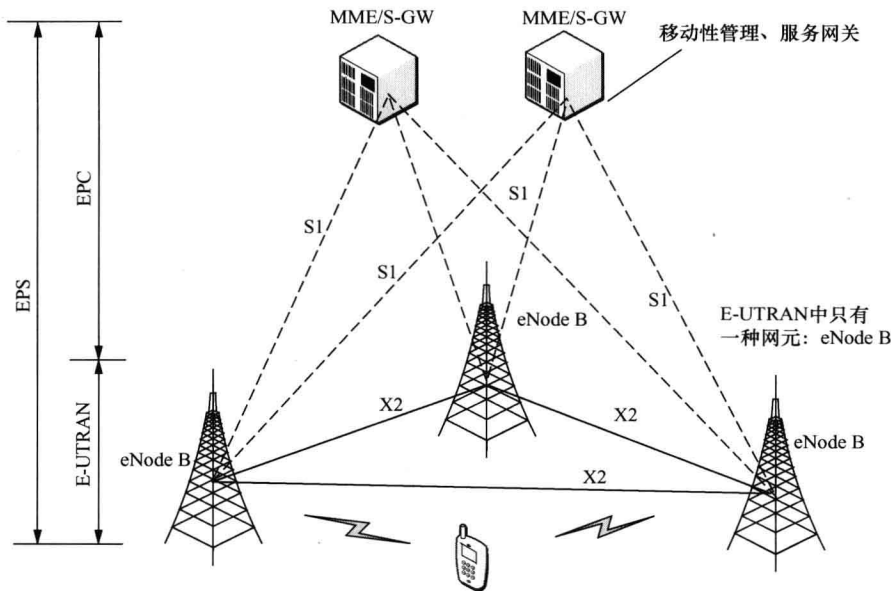


图 1-2 TD-LTE 网络架构

TD-LTE 接入网由 eNode B (envolved Node B, 演进型 Node B) 和 MME/S-GW (Mobility Management Entity/Serving Gateway, 移动性管理实体/服务网关) 两部分构成。ENode B 之间由 X2 接口相连, eNode B 与 MME/S-GW 通过 S1 连接。eNode B 除具有原来的 Node B 功能外, 还能完成原来 RNC 的大部分功能, 包括物理层、MAC 层、RRC、调度、接入控制、承载控制和接入移动性管理等。

1.2.3 功能划分

与 3G 系统相比, 由于重新定义了系统网络架构, LTE 和 SAE 之间的功能划分也随之有

所变化，需要重新明确以适应新的 EPS 架构。其中，涉及接入网的 E-UTRAN 网络功能划分如图 1-3 所示。

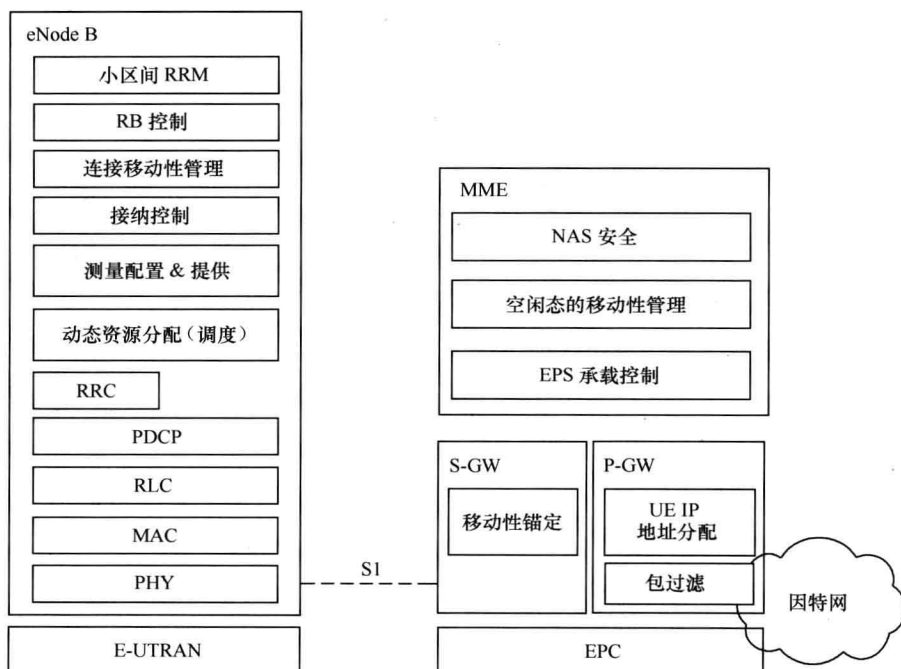


图 1-3 EPS 功能划分

1. eNode B 功能

eNode B 功能包括下列几个方面。

(1) 无线资源管理相关的功能，如无线承载控制、接纳控制、连接移动性管理、上/下行动态资源分配/调度等。

(2) IP 头压缩与用户数据流的加密。

(3) 终端附着时的 MME 选择。由于 eNode B 可以与多个 MME/SAE 网关之间存在 S1 接口，因此在终端初始接入网络时，需要选择一个 MME 进行附着。

(4) 提供到 SAE 网关的用户面数据的路由。

(5) 寻呼消息的调度与传输。eNode B 在接收到来自 MME 的寻呼消息后，根据一定的调度原则向空中接口发送寻呼消息。

(6) 系统广播信息的调度与传输。系统广播信息的内容可以来自 MME 或者操作维护，这与 UMTS 系统是类似的，eNode B 负责按照一定的调度原则向空中接口发送系统广播信息。

(7) 测量与测量报告的配置。

2. MME 功能

MME 具有如下功能。

(1) 寻呼消息分发。MME 负责将寻呼消息按照一定的原则分发到相关的 eNode B。

(2) 接入层的安全控制。

- (3) 空闲状态的移动性管理。
- (4) 移动性管理涉及核心网节点间的信令控制。
- (5) SAE 承载控制。
- (6) NAS (Non-Access Stratum, 非接入层) 信令的加密与完整性保护等相关处理。
- (7) 跟踪区列表管理。
- (8) PDN GW (Public Data Network GW, 公用数据网络网关) 与 S-GW 选择。
- (9) 向 2G/3G 切换时的 SGSN 选择。
- (10) 漫游及鉴权。

3. S-GW 功能

S-GW (服务网关) 具有如下功能。

- (1) 终止由于寻呼原因产生的用户平面数据包。
- (2) 支持由于终端移动性产生的用户平面切换。
- (3) 合法监听。
- (4) 分组数据的路由与转发。
- (5) 传输层分组数据的标记。
- (6) 计费。

1.3 TD-LTE 系统协议

1.3.1 通用协议模型

E-UTRAN 地面通用接口协议模型从水平方向分为控制面和用户面，从垂直方向可分为无线网络层和传输网络层，如图 1-4 所示。

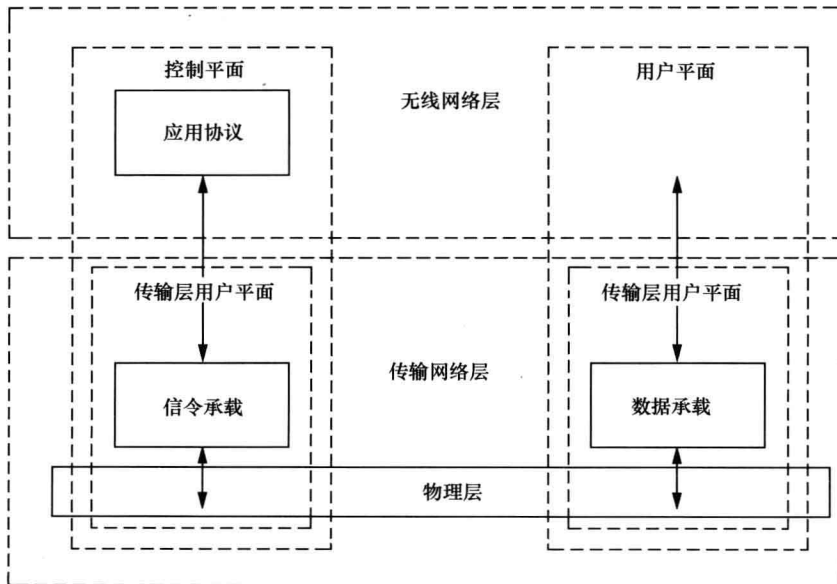


图 1-4 通用协议模型