

华信咨询设计研究院顶级专家
团队宝贵实践经验总结

中国电信集团公司科技委主任
韦乐平倾情作序推荐

全书深入系统讲解LTE FDD
和EPC网络规划设计与优化

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

LTE FDD/EPC Network Planning, Design and Optimization

4G 丛书

LTE FDD/EPC

网络规划设计与优化

□ 汪丁鼎 景建新 肖清华 谢懿 编著

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

LTE FDD/EPC Network Planning, Design and Optimization 4G 丛书

LTE FDD/EPC

网络规划设计与优化

□ 汪丁鼎 景建新 肖清华 谢懿 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE FDD/EPC网络规划设计与优化 / 汪丁鼎等编著

— 北京 : 人民邮电出版社, 2014.6

(4G丛书)

ISBN 978-7-115-34870-8

I. ①L… II. ①汪… III. ①无线电通信—移动网—网络规划②无线电通信—移动网—网络设计 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第045134号

内 容 提 要

本书全面系统地讲解了 LTE FDD/EPC 核心网和无线网规划设计与优化的理论方法、技术和工程实践,重点论述了 LTE/EPC 网络规划和工程设计,包括核心网架构特性、组网方案、网元设置、网元测算及规划方法、无线网链路预算、容量估算、站址选择、小区参数规划、网络仿真和工程安装设计等,并提供了室内分布系统的综合解决方案,同时阐述了 LTE FDD 网络优化的新技术、方法及典型问题分析,探讨了 LTE 混合组网的必要性和工程实现等方面的问题。

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程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参考,也可供大专院校通信专业的师生阅读。

◆ 编 著 汪丁鼎 景建新 肖清华 谢 懿

责任编辑 刘 洋

责任印制 杨林杰

◆ 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>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 28

字数: 686 千字

印数: 1—3 000 册

2014 年 6 月第 1 版

2014 年 6 月北京第 1 次印刷

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

序

当前，第四代移动通信技术已日臻成熟，世界各大主流运营商均在积极进行 4G 网络的演进升级。风起于青萍之末，如期来临的 4G 不仅是一项新技术，更是移动互联网时代的一场革命，将对移动通信发展带来深远影响。部署 4G 网络对于网络规划建设来说既蕴育着机遇，又充满挑战。“九层之台，起于垒土”，规划建设是网络发展之本。为抓住机遇，迎接挑战，做好 LTE 部署的准备工作，作者编写了本书，为运营商的 LTE 混合组网试验工程，为即将到来的 LTE FDD 商用网规划建设提供参考和借鉴。

本书作者工作于华信咨询设计研究院有限公司，作者已经出版过有关 TD-LTE 无线网络规划、设计和优化的书籍，见证了 LTE 标准萌芽、诞生、发展的历程，积累了 LTE 技术和工程建设方面的丰富经验。

在这部著作中，作者依托其在网络规划和工程设计方面的深厚技术背景，系统地介绍 EPC 核心网络架构特性、组网方案、网元设置、网元测算及 LTE FDD 无线网络规划、设计和优化，并介绍了 LTE 混合组网等内容，总结了 LTE/EPC 组网从理论到实践的方法和经验。本书将有助于工程设计人员更深入地了解 LTE/EPC 网络，更好地进行 LTE/EPC 网络规划和工程建设。本书的出版适逢 4G 牌照发放，LTE FDD/EPC 开始规模试验网的建设与测试，对即将到来的 LTE FDD/EPC 规模化网络部署将会有重要的参考价值和指导意义。

中国电信集团公司科技委主任

韦乐平

2014 年 2 月

前 言

自我国开展 3G 商用,启动移动互联网时代以来,移动通信进入了快速发展的阶段,特别是在智能手机普及的推动下,移动互联网呈现出了快速发展的势头,用户使用移动互联网已经成为一种习惯。随着智能终端的日益普及和移动网络宽带化,移动互联网爆发出巨大的生机和活力。移动互联网、物联网的结合,给未来信息化发展提供了广阔的空间。据估计,未来 5 年,移动互联网业务量每年复合增长率将达到 80%以上。未来 10 年,移动互联网数据流量将增长 500~1 000 倍,3G 技术将难以满足未来高速数据业务的需求。LTE 采用了革命性的 OFDM 和 MIMO 技术,系统性能得到了大幅度提升,能够有力地支持快速增长的移动互联网数据业务。发展 4G、建设 LTE 网络成为我国当前信息化发展的重要任务。

2013 年 8 月,国务院出台了《关于促进信息消费扩大内需的若干意见》,该文件对信息通信行业产生了深远影响,把握全球移动互联网发展机遇、促进 LTE 产业快速发展成为国家的战略。LTE 在国内的发展迎来了重要的契机。当前,LTE FDD 试验网如火如荼的建设和试验测试中,呈现出多地开花的态势。随着 LTE 规模试验网的建设,我国移动通信即将进入 LTE 时代。在此背景下,在工程技术应用领域,需要加强针对 LTE FDD 网络规划、设计和优化方面的研究,为即将来临的 LTE FDD 大规模网络建设做好技术储备。

本书作者均是华信咨询设计研究院从事移动通信网络研究的专业技术人员,长期跟踪研究 LTE 系统标准、规范与组网技术,参与国内 LTE FDD 试验网规划、设计和测试,对 LTE FDD 技术有较深刻的理解。本书在编写过程中融入了作者在长期从事移动通信网络规划设计和优化工作中积累的经验和心得,可以使读者较全面地理解 LTE FDD 系统技术和网络规划、设计、优化等内容。

本书第 1 章 LTE/EPC 系统概述及其演进概要介绍了 LTE 系统的发展和系统架构,并对两种 LTE 制式进行了比较,最后对 LTE-A 进行了介绍。第 2 章 LTE FDD 无线网系统主要介绍了 LTE FDD 无线网系统的技术及实现方案,重点介绍了物理层无线帧结构、上下行物理信道及信号和物理层过程。第 3 章 EPC 核心网系统主要介绍了 EPC 核心网的发展情况及基本的网络参考模型,描述了 EPC 主要网元的功能及相关接口协议,然后对 3GPP 接入架构和非 3GPP 接入架构进行了介绍,最后对 EPC 网络和 2G/3G 网络分组域及电路域的互操作进行了介绍和比较。第 4 章 EPC 核心网规划设计介绍了 EPC 网络的组网方案、网元设置、路由原则、码号及 EPC 网络相关支撑系统要求等方面内容,并给出了一些规模测算的规划方法。第 5 章 LTE FDD 无线网络规划介绍了无线网络规划的内容,包括发展策略、目标和业务分

析,对 LTE FDD 的频率进行了分析,重点对 LTE FDD 的覆盖规划、容量规划、组网策略与技术、参数规划进行了分析,最后介绍了 LTE 与其他系统的干扰协调以及网络规划仿真。第 6 章 LTE FDD 无线网工程设计与工艺要求介绍了 LTE FDD 无线网实际工程设计和要求,还介绍了基站的选址、勘察和设计,以及工程中关注较多的基站共建共享、节能减排的设计和方法,最后对工程建设中基站机房、塔桅和天馈的建设工艺要求进行了分析。第 7 章 LTE FDD 室内覆盖系统规划设计介绍了 LTE FDD 室内覆盖系统,包括分布系统的分类、需求,重点对室内覆盖和容量及干扰进行了分析,还介绍了室内覆盖系统的设计并给出了设计案例。第 8 章 LTE FDD 无线网络优化重点介绍了 LTE FDD 无线网络优化,包括优化原则和思路,优化的算法、参数、测试、KPI,并介绍了 LTE 的网优新技术,最后重点介绍了 LTE FDD 网优典型问题分析。第 9 章 LTE FDD 和 TD-LTE 混合组网介绍了 LTE FDD 和 TD-LTE 混合组网,对 LTE 频段进行了探讨,分析了 LTE 混合组网的必要性、必然性,并对 LTE 混合组网进行了技术分析,最后提出了 LTE 混合组网的策略和落地实施方案及建议。

全书由华信咨询设计研究院有限公司总工程师朱东照统稿。汪丁鼎编写了第 1、5、8、9 章,景建新编写了第 3、4 章,肖清华编写了第 7 章,谢懿编写了第 2、6 章。华信设计院是国内最早从事 LTE 移动通信网络规划、设计与优化的设计院之一,在 LTE 网络规划、设计和优化方面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,特别是公司余征然总经理和网络规划研究院汤建东院长的大力支持,在此表示衷心感谢!同时,在这里也向李虓江、吴成林、刘昕、余毅、刘东升、范展宏、陈光瑞、徐辉等同仁表示感谢!在本书的编写过程中,还得到了中国电信北京研究院、华为技术、中兴通讯、爱立信等单位的支持和帮助,另外我们还参考了许多学者的专著和学术论文,在此一并致谢!

本书适合从事 LTE FDD 移动通信系统规划、设计、网络优化和维护工作的工程技术人员与管理人员参考使用,也可作为高等院校移动通信相关专业师生的参考书。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中难免有疏漏与不当之处,恳请读者批评指正。本书编辑电子邮箱:liuyang@ptpress.com.cn。

作者

2014 年 3 月于杭州

目 录

第 1 章 LTE/EPC 系统概述及其演进

1.1	LTE 标准及产业进展	1
1.1.1	LTE 标准的版本演进	1
1.1.2	产业链发展情况	2
1.1.3	LTE 商用状况	2
1.1.4	LTE 全球业务情况	3
1.2	LTE 系统架构	3
1.2.1	EPS 架构	3
1.2.2	LTE 架构	4
1.2.3	功能划分	5
1.3	LTE FDD 与 TD-LTE 的差异	6
1.3.1	双工方式差异	7
1.3.2	帧结构差异	8
1.3.3	物理层差异	10
1.4	LTE-Advanced 技术	12
1.4.1	CA 技术	12
1.4.2	eMIMO 技术	13
1.4.3	CoMP 技术	14
1.4.4	Relay 技术	16
	参考文献	17

第 2 章 LTE FDD 无线网系统

2.1	无线帧结构	18
2.1.1	帧结构	18
2.1.2	物理资源分组	19
2.2	上行物理信道及信号	22
2.2.1	PUSCH 信道	22
2.2.2	PUCCH 信道	23
2.2.3	PRACH 信道	25

2.2.4	上行物理信号	28
2.3	下行物理信道及信号	30
2.3.1	PDSCH 信道	31
2.3.2	PDCCH 信道	33
2.3.3	PBCH 信道	35
2.3.4	PMCH 信道	36
2.3.5	PCFICH 信道	36
2.3.6	PHICH 信道	37
2.3.7	下行物理信号	38
2.4	LTE 系统协议	43
2.4.1	通用协议模型	43
2.4.2	PHY 协议	45
2.4.3	MAC 协议	46
2.4.4	RLC 协议	46
2.4.5	PDCP 协议	48
2.4.6	RRC 协议	49
2.4.7	NAS 协议	50
2.5	物理层过程	51
2.5.1	小区搜索	51
2.5.2	随机接入	52
2.5.3	功率控制	55
2.5.4	链路自适应过程	57
	参考文献	59

第 3 章 EPC 核心网系统

3.1	EPC 核心网系统架构	61
3.1.1	网络参考模型	62
3.1.2	基本网元功能	63
3.1.3	网络架构	72
3.1.4	接口协议	84

3.2 EPC 核心网主要特性.....93	4.7.3 承载网 138
3.2.1 移动性和连接管理模型 ...93	4.7.4 同步 139
3.2.2 默认承载和“永远在线”...95	参考文献 140
3.2.3 跟踪区97	
3.2.4 Pool 技术.....98	第 5 章 LTE FDD 无线网络规划 141
3.2.5 多 PDN 功能100	5.1 概述 141
3.3 EPS 互操作 101	5.1.1 规划概述 141
3.3.1 EPS 互操作概述 101	5.1.2 规划内容 143
3.3.2 与 2G/3G 分组域互操作 ...101	5.1.3 规划流程 144
3.3.3 与 2G/3G 电路域互操作...105	5.1.4 LTE 无线网络规划新特性 144
参考文献 110	5.2 LTE 发展策略 145
第 4 章 EPC 核心网规划设计 111	5.2.1 LTE 网络定位与协同发展 145
4.1 概述 111	5.2.2 LTE 网络建设策略 146
4.1.1 规划概述 111	5.3 LTE 网络规划目标 147
4.1.2 规划内容 112	5.3.1 用户需求和网络规划目标的衔接 147
4.1.3 规划流程 112	5.3.2 网络规划目标 148
4.2 EPC 网络组织 113	5.3.3 规划目标的实施 150
4.2.1 EPC 组网架构 114	5.4 用户和业务分析 151
4.2.2 骨干层 115	5.4.1 用户分布分析 151
4.2.3 区域(省)层 116	5.4.2 业务模型 153
4.3 网元设置 116	5.4.3 用户预测 154
4.3.1 MME 117	5.5 区域划分 155
4.3.2 SAE-GW 117	5.5.1 区域划分原则 155
4.3.3 HSS..... 118	5.5.2 城区类型细分 156
4.3.4 PCRF 119	5.6 LTE 频率 157
4.3.5 DRA..... 120	5.6.1 ITU 和国内频率资源划分.. 157
4.3.6 其他网元 121	5.6.2 LTE FDD 频率规划..... 160
4.4 网元规模测算方法 122	5.7 LTE 覆盖规划 162
4.4.1 业务模型 122	5.7.1 链路预算的影响因素..... 162
4.4.2 规模测算 123	5.7.2 链路预算参数 163
4.4.3 流量带宽测算 126	5.7.3 链路预算 168
4.5 网络路由原则 127	5.7.4 链路预算分析 169
4.5.1 漫游方案 127	5.7.5 链路预算的匹配与优化.... 174
4.5.2 网元的选择 128	5.7.6 电波传播模型 175
4.6 码号及 IP 地址规划 130	5.7.7 覆盖能力分析 177
4.6.1 编号规划 130	5.7.8 覆盖增强技术 178
4.6.2 IP 地址规划 134	5.8 LTE 容量规划 180
4.7 相关支撑系统 134	5.8.1 容量的影响因素 180
4.7.1 计费 134	5.8.2 容量评估和规划方法..... 181
4.7.2 网管 137	

5.8.3	用户平面容量能力分析	182
5.8.4	控制平面容量能力分析	184
5.8.5	网络资源利用率评价	186
5.9	LTE 规划组网策略与技术	189
5.9.1	组网策略	189
5.9.2	BBU+RRU 组网	190
5.9.3	HeNet 异构组网	193
5.9.4	C-RAN 组网	195
5.10	LTE 基站及其参数规划	202
5.10.1	基站估算	202
5.10.2	PCI 规划	204
5.10.3	TA 规划	206
5.10.4	干扰规划	206
5.10.5	码字规划	207
5.10.6	邻区规划	208
5.10.7	传输带宽需求测算	209
5.11	LTE 基站与其他系统的干扰协调	212
5.11.1	通信系统间的干扰	212
5.11.2	干扰分析	213
5.11.3	LTE 系统与其他系统的隔离距离	216
5.11.4	系统间的干扰抑制	218
5.12	LTE 无线网络规划仿真	219
5.12.1	仿真概述	219
5.12.2	传播模型校正	219
5.12.3	仿真过程	220
5.12.4	仿真参数设置	222
5.12.5	仿真结果分析与规划优化	226
	参考文献	231

第 6 章 LTE FDD 无线网工程设计与工艺要求

6.1	总体要求	232
6.1.1	总体原则	232
6.1.2	设计要求	232
6.2	基站设备	233
6.2.1	eNodeB 概述	233
6.2.2	宏基站	234
6.2.3	分布式基站 BBU	236

6.2.4	分布式基站 RRU	239
6.2.5	微基站及其他	240
6.3	天线技术及产品	243
6.3.1	天线参数	243
6.3.2	有源天线技术	246
6.3.3	天线发展趋势	249
6.3.4	天线设备形态	251
6.4	OMC-R 设备	255
6.4.1	OMC-R 结构	255
6.4.2	OMC-R 配置	256
6.5	基站选址与勘察	257
6.5.1	选址总体原则	257
6.5.2	SSUP 选址	257
6.5.3	基站勘察	261
6.6	基站设计	265
6.6.1	基站系统设计	265
6.6.2	基站配套设计	266
6.7	基站工艺要求	279
6.7.1	机房工艺要求	279
6.7.2	塔桅工艺要求	281
6.7.3	天馈工艺要求	284
6.8	基站共建共享和节能减排设计	289
6.8.1	共建共享设计	289
6.8.2	节能减排设计	293
	参考文献	302

第 7 章 LTE FDD 室内覆盖系统规划与设计

7.1	概述	303
7.1.1	目的与意义	303
7.1.2	室内分布组成	304
7.1.3	信号源类型	304
7.1.4	分布系统类型	305
7.1.5	技术流程	307
7.2	室内传播模型	307
7.3	室内覆盖分析	309
7.3.1	业务场景	309
7.3.2	覆盖指标	310
7.3.3	估算流程	310
7.3.4	功率分析	311
7.4	室内容量分析	313

7.4.1	容量指标	313	8.3.7	PCI 规划	362
7.4.2	估算流程	313	8.4	网络测试	363
7.4.3	业务模型	313	8.4.1	优化工具	363
7.5	室内规划技术	316	8.4.2	数据采集	365
7.5.1	系统特性	316	8.5	网优新技术	368
7.5.2	信号源选取及接入	317	8.5.1	SON 自优化	368
7.5.3	分布系统选取	319	8.5.2	最小化路测	377
7.5.4	分布系统规划	320	8.6	网络 KPI 评估	380
7.5.5	室内外协调	331	8.6.1	网络评估	380
7.6	室内设计技术	332	8.6.2	业务评估	381
7.6.1	技术要求	332	8.6.3	面向客户感知的网络质量 评估	382
7.6.2	单站设计流程	333	8.6.4	网络 KPI 和用户 KPI	386
7.6.3	现场勘察	334	8.6.5	主要优化指标	388
7.6.4	室内模拟测试	336	8.7	LTE 参数配置	388
7.6.5	系统方案设计	340	8.7.1	LTE 的系统参数	388
7.6.6	常用分布器件	343	8.7.2	小区选择与重选参数	390
7.7	室内案例介绍	347	8.7.3	定时器与计时器参数	391
7.7.1	覆盖目标	347	8.7.4	切换控制参数	393
7.7.2	指标分析	348	8.7.5	功率控制参数	394
7.7.3	设计方案	348	8.8	典型问题分析	396
参考文献		351	8.8.1	覆盖相关优化	397
第 8 章	LTE FDD 无线网络优化	352	8.8.2	切换优化	400
8.1	网优概述	352	8.8.3	时延优化	406
8.1.1	优化目标	352	8.8.4	吞吐量优化	408
8.1.2	优化内容	353	参考文献		417
8.1.3	优化措施	353	第 9 章	LTE FDD 和 TD-LTE 的混合 组网	418
8.1.4	优化流程	354	9.1	混合建网必然性	418
8.2	优化原则和思路	355	9.2	LTE 频段的分布	420
8.2.1	最佳的系统覆盖	355	9.3	混合组网的技术分析	420
8.2.2	合理的邻区优化	356	9.3.1	核心网	420
8.2.3	系统干扰最小化	357	9.3.2	无线网	421
8.2.4	均匀合理的负荷	357	9.4	混合建网的策略	425
8.3	LTE 网优相关的重要特性及 算法	358	9.5	混合建网的实施	426
8.3.1	调度算法	358	9.5.1	核心网	426
8.3.2	ICIC 算法	358	9.5.2	无线网	426
8.3.3	接入控制算法	359	参考文献		430
8.3.4	切换算法	359	缩略语	431	
8.3.5	QoS 管理	361			
8.3.6	功率控制	362			

第 1 章

LTE/EPC 系统概述及其演进

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,寻找突破性的空中接口技术和网络结构已经势在必行。目前包括 WCDMA 和 TD-SCDMA 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,但在每比特成本、无线频谱利用率和传输时延等方面明显落后。由此,移动数据业务的发展引发了对 LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 的迫切需求。

1.1.1 LTE 标准的版本演进

LTE 的技术预研和产业组织由 3GPP (the 3rd Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划) 推动发展。LTE 是由 3GPP 组织制定的 UMTS 技术标准的长期演进,于 2004 年 12 月 3GPP 多伦多 TSG RAN#26 会议上正式立项并启动。整个标准发展过程分为两个阶段——研究项目阶段和工作项目阶段。研究项目阶段在 2006 年年中结束,该阶段主要完成对目标需求的定义,以及明确 LTE 的概念等;工作项目阶段在 2006 年年中建立,并开始标准的建立。

3GPP 在 2009 年 3 月正式发布了 LTE 标准的 R8 版本的 LTE FDD 和 TD-LTE 标准, LTE 进入实质研发阶段。在 2010 年 3 月 3GPP 发布了 R9 增强型版本。R9 版本中进一步提出了 LTE-Advanced (LTE-A) 的概念,并于 2010 年 6 月通过 ITU 的评估,2010 年 10 月正式成为 IMT-A 的主要技术之一。R9 版本增加了 BeamForming (波束赋形)、eMBMS (enhanced Multimedia Broadcast/Multicast Service, 增强型多媒体广播/多播服务)、SON (Self Organized

Network, 自组织网络)、Home eNodeB (家庭基站) 等新功能。2011 年 3 月 3GPP 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 (enhanced Inter-Cell Interference Coordination, eICIC) 等功能。

业界一般把 LTE R10 后的版本称为 LTE-Advanced (LTE-A), 对于 LTE-A 又提出了新的设计目标速率, 即在 100MHz 的频谱带宽条件下, 单载扇的下行峰值速率达到 1Gbit/s, 上行速率为 500Mbit/s。

1.1.2 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。到 2013 年, R10 版本的 TD-LTE 和 LTE FDD 同步发展。在 2014~2015 年, 两者均支持 R11。

2. 终端发展

经过多年的发展, LTE 终端从最初的 LTE 上网卡发展到以 LTE 智能手机为核心的多元化移动终端系列。据 GSA 分析报告, 截止到 2013 年 3 月, 全球共有 97 家厂商发布了 821 款 LTE 终端设备, 生产 LTE 终端的厂商在 2012 年增长了 54%。在现有 LTE 终端中, 智能手机占比最高, 达到 261 款, 为 2012 年同期的 4 倍; 路由器占比第二, 达到 256 款。大部分终端设备支持 FDD 模式, 大多数 LTE 终端都支持 3G 网络。

1.1.3 LTE 商用状况

1. 国外商用情况

据 GSA 2013 年 4 月的数据显示, 全球约 114 个国家的运营商进行了 361 个 LTE 商业网络的建设投资, 其中 163 个商用 LTE 网络 (包括 148 个 FDD 模式, 9 个 TDD 模式, 6 个 FDD 和 TDD 双模) 已经在 67 个国家投入运营。到 2013 年年底, 在 87 个国家实现 248 个商用的 LTE 网络投入运营。

据 GSA 2013 年 3 月的数据显示, 在已部署的 FDD LTE 商用网络中, 在 Band 3 1.8GHz 部署的网络最多, 占比超过 44%, 其次是 Band 7 2.6GHz, APT 700MHz 由于亚太和拉美地区强劲的发展势头, 也呈现出较高的占比。

从全球部署来看, TDD 的发展形势落后于 FDD。在覆盖能力上, TDD 和 FDD 由于采用的链路级关键技术基本一致, 覆盖能力大体相当; 在切换、功控、同步、重选等机制方面没有本质区别。TD-LTE 的优势是对频谱的使用灵活, 且上下行速率可通过不同的时隙配置进行灵活调整; 不足之处是, TD-LTE 由于时分系统存在的上下行之间的系统内干扰, 在时隙

规划上相比 LTE FDD 要复杂。

2011 年第四季度,全球 LTE 用户数为 880 万,其中美国超过 560 万用户,占全球的 63%;其次为日本,约为 110 万,占全球 12%;韩国为 74 万用户,占 8%。截止到 2012 年第四季度,全球 LTE 用户数已达到 6 833 万。

2. 国内发展情况

LTE 在国内的发展主要有中国移动 TD-LTE 走在前面。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。2013 年年中,中国移动启动了大规模的 TD-LTE 的设备招标。LTE FDD 在国内发展较为缓慢,还处于试验网测试阶段。

1.1.4 LTE 全球业务情况

目前,LTE 对移动互联网业务发展的影响仍主要表现在提高业务体验上,业务类型也主要集中在部分原有 3G 业务,具有鲜明 LTE 4G 特征的业务还没有真正定型发展起来。国外运营商已经推出的商用 LTE 具体业务正在逐步跟随整个移动互联网的发展脚步。

LTE 现有主要业务集中在以下几类:基于高数据流量的视频类业务,例如手机视频、视频电话、视频会议等;基于现有技术的融合类业务,将多种业务特点进行有效融合,例如基于 LBS 的各类业务融合、IM 与语音视频功能的融合等;基于新技术的创新类业务,例如结合云计算的移动云业务、无线 Wi-Fi 技术应用的 Wi-Fi 路由器业务等。

手机视频点播和直播业务、基于 VoIP 的视频电话业务、视频会议业务、手机在线游戏业务、LBS 业务和融合类业务对承载业务的网络提出了更高的要求,高带宽、高速率和低时延成为了这些业务发展的基础。在当前的 3G 网络下,这些业务均已得到快速发展,但当下的 3G 网络已不能满足其进一步发展的需要,而 LTE 网络的出现正好解决了这个瓶颈问题。同时,这几类业务是从传统互联网业务即固网业务移植到移动互联网环境中,成为移动互联网业务,这种移植本身就体现了当下移动互联网业务发展的大趋势,即固网业务向移动业务的迁移趋势。

融合类业务的出现印证了移动互联网业务融合的趋势,LBS、SNS、IM、视频分享以及其他各类新兴业务的融合式发展成为现在业务发展的一个亮点,越来越多的单一业务逐渐发展成集各大类业务为一体的业务平台,这也将成为未来业务发展的主流趋势之一。移动云概念的出现与不断发展,推动着移动互联网的“云化”趋势。可以预见,移动云服务将成为未来另一个移动互联网业务竞争的战场。由于移动云技术可以被广泛应用于各个领域并融入众多业务之中,因此,移动云的发展也将备受瞩目。LTE 的高带宽和低延时特性,为云业务的发展提供了良好的推动力。

1.2 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 network, 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。

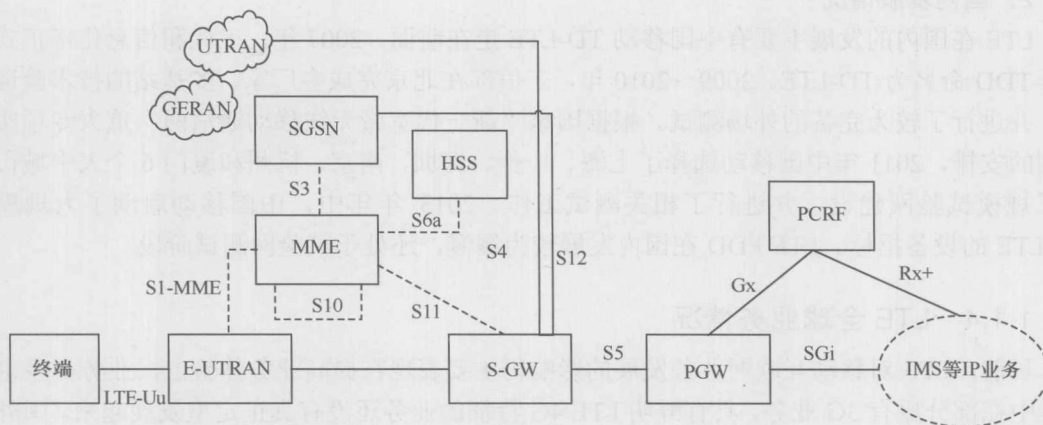


图 1-1 EPS 系统

LTE 完全基于分组交换, 是一个 IP 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 网络中存在的双核心网结构, 即话音核心网 (MSC/VLR) 和分组核心网 (SGSN/GGSN)。在 LTE 网络中, 分组核心网成为管理终端移动性和处理信令的唯一, 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。

1.2.2 LTE 架构

3GPP 定义了 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 采用的寻址方法不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。

LTE 的具体架构如图 1-2 所示。

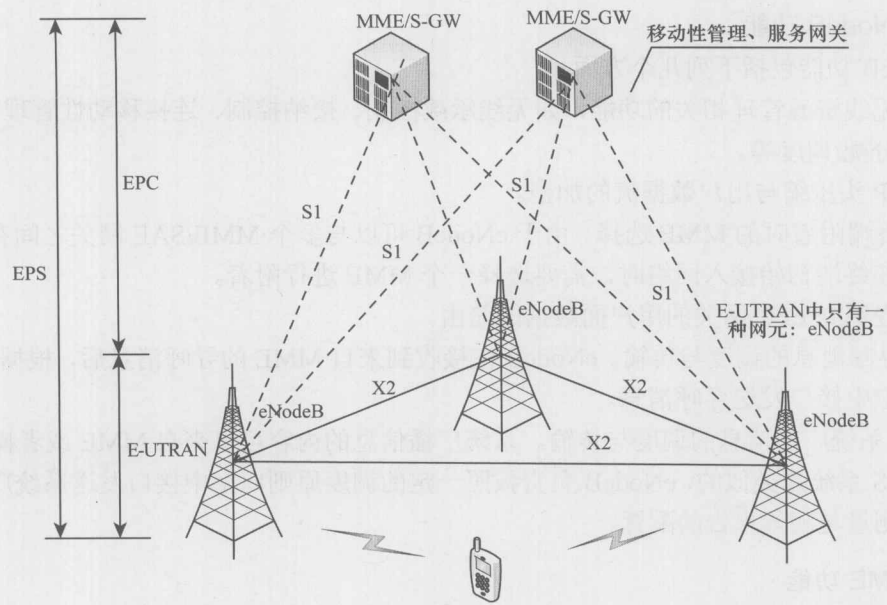


图 1-2 LTE 网络架构

LTE 接入网由 eNodeB (envolved NodeB, 演进型 NodeB) 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。eNodeB 之间由 X2 接口相连,eNodeB 与 MME/S-GW 通过 S1 连接。eNodeB 除具有原来的 NodeB 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 EPC 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,如图 1-3 所示。

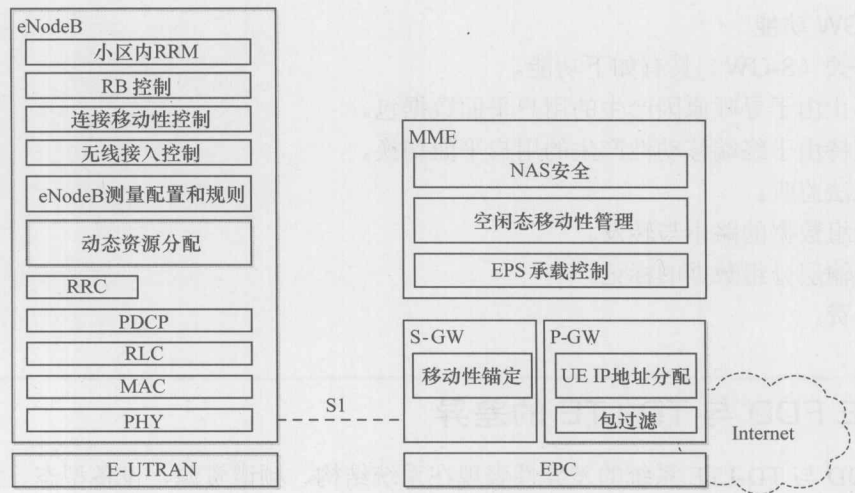


图 1-3 EPS 功能划分

1. eNodeB 功能

eNodeB 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 eNodeB 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 EPC 网关的用户面数据的路由。

(5) 寻呼消息的调度与传输。eNodeB 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,eNodeB 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 eNodeB。

(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 的选择。

(9) 向 2G/3G 切换时的 SGSN 选择。

(10) 漫游及鉴权。

3. S-GW 功能

服务网关 (S-GW) 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 LTE FDD 与 TD-LTE 的差异

LTE FDD 与 TD-LTE 系统的差异性表现在系统结构、频谱资源、设备型态、规划设计、业务支持等方面。

(1) 系统结构的差异表现在双工方式、帧结构、物理层等方面,下文将展开详细描述。

(2) 频率资源。相比较而言, LTE FDD 不能充分利用零散的频谱资源,导致一定的频谱浪费。TD-LTE 不需要对称频段,在频率资源分配上更加灵活。

(3) 设备型态的差异主要体现在基站射频部分和天馈系统上。TD-LTE 采用 BBU+RRU 的方式, LTE FDD 除了采用 BBU+RRU 方式外,还有常见的射频和基带部分合在一起的宏基站方式。在天馈系统上, TD-LTE 采用了智能天线,而 LTE FDD 多采用 2×2 天线来实现网络覆盖。

(4) 两者在规划设计流程上是大同小异的,区别在于由于智能天线带来的塔桅和天馈系统安装工艺的影响。

(5) 数据和多媒体业务的特点在于上下行非对称性, TD-LTE 可以根据业务量的分析,对上下行帧进行灵活配置,以更好地满足数据业务的非对称性要求。

1.3.1 双工方式差异

LTE FDD 采用频分双工 (FDD), TD-LTE 采用时分双工 (TDD), 这是两种完全不同的双工方式。LTE FDD 是在分离的两个对称的频率信道上发送收发信号, 频段上彼此隔离, 用保护频段来分离接收与发送信道。TDD 模式的接收和发送是在同一频率信道, 即载波的不同时隙, 用保护时间来分离接收与发送信道, 如图 1-4 所示。

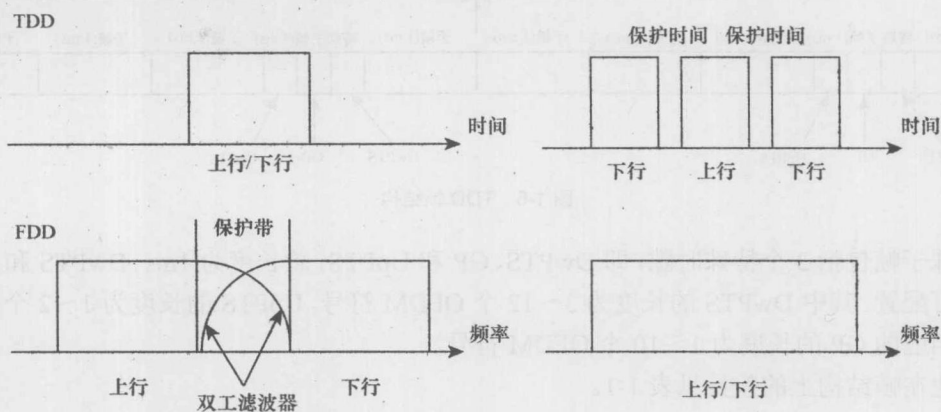


图 1-4 TDD 与 FDD

但同时, TDD 相较于 FDD 也存在明显不足。

(1) TDD 的时间资源分给了上行和下行, 发射时间只有 FDD 的一半。如果 TDD 要发送和 FDD 同样多的数据, 需要增大 TDD 的发送功率。

(2) TDD 上行受限, 覆盖范围明显小于 FDD。

(3) TDD 收发信道同频, 无法进行干扰隔离, 系统内和系统外存在干扰。

(4) 为了避免和其他系统的干扰, TDD 需要预留较大的保护带。

TDD 方式的工作特点使其具备如下优势。

(1) 灵活配置频率, 可使用 FDD 不易使用的零散频段。

(2) 可以通过调整上下行时隙转换点, 提高下行时隙比例, 能够很好地支持非对称业务。

(3) 具有上下行信道的一致性, 基站接收和发送可以共用部分射频单元。