



国际信息工程先进技术译丛

WILEY

LTE—Advanced: 面向IMT—Advanced的 3GPP解决方案

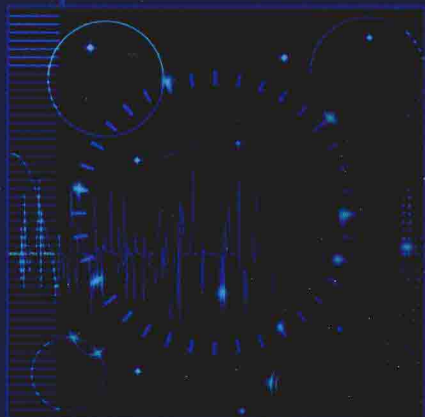
LTE-Advanced: 3GPP Solution for IMT-Advanced

Harri Holma
(芬) 编著
Antti Toskala

吕召彪 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-Advanced: 面向 IMT-Advanced 的 3GPP 解决方案

(芬) Harri Holma 编著
Antti Toskala
吕召彪 等译



机械工业出版社

本书对于 3GPP LTE-Advanced 系统 Release 10 及 Release 11 的标准化工作进行了说明,并对相关的关键技术进行了全面阐述,包括载波聚合技术、多输入多输出(MIMO)增强技术、中继技术、协同多点(CoMP)传输技术、异构网络(HetNet)技术和自组织网络(SON)增强技术。本书内容涵盖了 ITU 对于 IMT-Advanced 的标准化过程及 LTE-Advanced 的性能评估。书中采用大量的插图和仿真图,生动地对与 LTE-Advanced 相关的关键技术及其性能进行了说明,易于读者对于这些先进技术的理解。

本书是一本紧跟通信技术前沿研究的专著,主要适用于无线通信领域的研究人员和工程技术人员阅读,也可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 by John Wiley & Sons, Ltd.

All Right Reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition, LTE-Advanced: 3GPP Solution for IMT-Advanced, ISBN 978-1119-97405-5, Harri Holma, Antti Toskala by John Wiley & Sons. No Part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder, John Wiley & Sons, Ltd.

本书原版由 Wiley 出版,并经授权翻译出版。

版权所有,翻印必究。

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 01-2013-1404 号。

图书在版编目(CIP)数据

LTE-Advanced:面向 IMT-Advanced 的 3GPP 解决方案/(芬)霍玛(Holma, H.), (芬)托斯卡拉(Toskala, A.) 编著;吕召彪等译.

—北京:机械工业出版社,2013.12

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文:LTE-Advanced: 3GPP Solution for IMT-Advanced

ISBN 978-7-111-45058-0

I. ①L… II. ①霍…②托…③吕… III. ①移动网—研究
IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 293743 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:郑 彤

版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔 宇

保定市市中画美凯印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·14 印张·276 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45058-0

定价:68.00 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

译者序

移动互联网的高速发展使人们的通信方式发生了巨大的变化。智能终端的出现推动了用户行为的改变,移动用户越来越多地访问数据业务,数据业务逐步成为电信网络通信业务的重要组成部分。为了应对高速增长的数据业务需求,以及运营商之间的激烈竞争,无线蜂窝网络已经逐步开始向后 3G 网络时代演进。自 2009 年全球首个 LTE (长期演进) 商用网络开通,全球 LTE 商用网络的建设步伐逐步加快。特别是到了 2012 年,欧美主流运营商开始将其网络向 LTE 演进。国内各运营商也开始了 LTE 网络建设的各项准备工作。截至目前,全球已有 175 个 LTE 商用网络,且预计到 2013 年年底将会增加到 248 个。在 LTE 终端方面,目前全球已经有 100 家终端制造商发布了 900 余款 LTE 终端设备。这都预示着 LTE 将在全球范围内获得巨大的成功。

为了满足 ITU (国际电信联盟) 对 4G 网络 (IMT-Advanced) 的技术指标要求,3GPP (第 3 代合作伙伴计划) 积极推动 LTE 的演进并在 2011 年完成了 LTE-Advanced 的第一个版本: 3GPP Release 10。该版本能达到下行 1Gbit/s 和上行 500Mbit/s 的传输速率,远远超出了 ITU 对 IMT-Advanced 系统的要求。为提升 LTE 系统的传输速率和容量,3GPP 在 LTE-Advanced 系统中引入了载波聚合技术、多输入多输出 (MIMO) 增强技术、中继技术、多点协作 (CoMP) 传输技术和异构网络 (HetNet) 技术。另外,3GPP 也进一步优化了自组织网络 (SON) 功能,以提升 LTE-Advanced 系统的自动化管理能力和灵活性。随后,3GPP 并未停止增强 LTE-Advanced 系统功能的脚步。在 2013 年 3 月完成了 3GPP Release 11 的标准化工作,并于 2012 年 9 月启动了 Release 12 版本的研究工作。

本书由诺基亚西门子网络 (NSN) 公司长期从事 LTE 关键技术研究及标准化工作的专家编著完成,对 Release 10 版本的 LTE-Advanced 系统关键技术及标准化进行了详细的阐述。在本书编著过程中,3GPP 正在进行 Release 11 的标准化工作,因此本书仅对 Release 11 的主要技术内容进行说明。在本书的后续版本中将会对 3GPP Release 11 及 Release 12 的相关内容补充。本书在第 1 章中综述了全书的主要内容。在第 2 章对 LTE-Advanced 标准化的相关进程及未来的规划进行描述。在第 3 章中对 LTE Release 8 和 Release 9 关键技术及性能指标进行了简要介绍。第 4 章和第 5 章分别对上行链路和下行链路载波聚合技术进行讨论。第 6 章和第 7 章对上行链路和下行链路 MIMO 技术进行研究。第 8 章对异构网络的关键技术进行介绍。第 9 章介绍了中继技术,并对其性能进行了分析。第 10 章对自组织网络

(SON) 的相关关键技术进行详细讨论。在第 11 章中对 LTE-Advanced 系统的无线性能进行仿真评估,并在第 12 章中对 3GPP 未来的标准化进行展望。在第 13 章中对 CoMP 传输技术进行了介绍。在第 14 章中对 HSPA 网络的最近演进版本进行了总结说明。

本书译本由中国联通网络技术研究院吕召彪博士主持翻译,并负责全书统稿和审核工作。长期从事 3GPP LTE-Advanced 标准化及关键技术研究工作的中国联通网络技术研究院同事范斌、裴郁杉、马彰超、崔斐、许郡、盛煜、杨军以及中国电子信息产业集团有限公司苏晓旭参与并完成了本书的翻译和校勘工作。本书在翻译过程中得到了中国联通网络技术研究院张猛、宋蒙、乌云霄等同事的大力支持;本书也获得了孙蒙、李成梅、金雨超、费翔、李剑波、张蒙、王昱心等同行的帮助。他们对于全书的翻译提出了很多建议和意见,并参与了部分翻译和校勘工作。

需要特别说明的是,本书是译者在尽量忠实于英文原书的基础上翻译的,书中观点并不代表译者及其所在单位的观点。最后,由于本书内容与概念的新颖性和译者不可避免存在的主观片面性,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

原 书 序

在近些年,无线网络中的数据流量呈现快速增长的趋势:网络已经从语音为主快速变化到了以数据为主。数据的使用量随着宽带无线网络覆盖和数据传输速率的增强而加速增长。LTE 网络在 2009 年初开始部署,这使得网络数据传输速率达到 100Mbit/s。在 2012 年 LTE 终端包括智能终端和平板电脑的普及使得对于 LTE 网络和数据传输的需求激增。LTE 网络随后的演进称作 LTE-Advanced, 其将网络数据传输速率提升到 1Gbit/s, 并有效地提升了系统容量。本书主要对 3GPP LTE-Advanced Release 10 及 Release 11 的关键技术进行讨论, 并对未来演进进行简要说明。相关关键技术的性能分析也在本书中涉及。

本书的结构如下。第 1 章综述了本书的内容。第 2 章对标准化的相关规划及进程进行了描述。第 3 章对 LTE Release 8 和 Release 9 进行了简要介绍。第 4 章和第 5 章分别对上行链路和下行链路载波聚合技术进行了讨论。第 6 章和第 7 章分别对上行链路和下行链路 MIMO 技术进行了分析。多层和多技术异构网络第 8 章介绍。第 9 章介绍了 Relay 技术及其优势。第 10 章对与 SON 相关的关键技术进行了详细讨论。第 11 章中对 LTE-Advanced 系统的无线性能进行了仿真评估。第 12 章给出了未来的标准化展望。第 13 章对于 CoMP 传输技术进行了说明。在第 14 章中对 HSPA 网络的最近演进版本进行了总结说明。

读者需求调查表

个人信息

姓 名:		出生年月:		学 历:	
联系电话:		手 机:		E-mail:	
工作单位:				职 务:	
通讯地址:				邮 编:	

1. 您感兴趣的科技类图书有哪些?

☐ 自动化技术 ☐ 电工技术 ☐ 电力技术 ☐ 电子技术 ☐ 仪器仪表 ☐ 建筑电气 ☐ 其他 ()

以上各大类中您最关心的细分技术 (如 PLC) 是: ()

2. 您关注的图书类型有:

☐ 技术手册 ☐ 产品手册 ☐ 基础入门 ☐ 产品应用 ☐ 产品设计 ☐ 维修维护 ☐ 技能培训

☐ 技能技巧 ☐ 识图读图 ☐ 技术原理 ☐ 实操 ☐ 应用软件 ☐ 其他 ()

3. 您最喜欢的图书叙述形式

☐ 问答型 ☐ 论述型 ☐ 实例型 ☐ 图文对照 ☐ 图表 ☐ 其他 ()

4. 您最喜欢的图书开本为:

☐ 口袋本 ☐ 32 开 ☐ B5 ☐ 16 开 ☐ 图册 ☐ 其他 ()

5. 您常用的图书信息获得渠道为:

☐ 图书征订单 ☐ 图书目录 ☐ 书店查询 ☐ 书店广告 ☐ 网络书店 ☐ 专业网站

☐ 专业杂志 ☐ 专业报纸 ☐ 专业会议 ☐ 朋友介绍 ☐ 其他 ()

6. 您常用的购书途径为:

☐ 书店 ☐ 网络 ☐ 出版社 ☐ 单位集中采购 ☐ 其他 ()

7. 您认为图书的合理价位是 (元/册):

手册 () 图册 () 技术应用 () 技能培训 () 基础入门 () 其他 ()

8. 您每年购书费用为:

☐ 100 元以下 ☐ 101 ~ 200 元 ☐ 201 ~ 300 元 ☐ 300 元以上

9. 您是否有本专业的写作计划?

☐ 否 ☐ 是 (具体情况:)

非常感谢您对我们的支持, 如果您还有什么问题欢迎和我们联系沟通!

地 址: 北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社电工电子分社 邮编: 100037

联系人: 张俊红 联系电话: 13520543780 传真: 010-68326336

电子邮箱: bupzjh@163.com (可来信索取本表电子版)

编著图书推荐表

姓 名		出生年月		职称/职务		专 业	
单 位				E-mail			
通讯地址						邮政编码	
联系电话			研究方向及教学科目				
个人简历（毕业院校、专业、从事过的以及正在从事的项目、发表过的论文）							
您近期的写作计划有：							
您推荐的国外原版图书有：							
您认为目前市场上最缺乏的图书及类型有：							

地址：北京市西城区百万庄大街 22 号 机械工业出版社 电工电子分社

邮编：100037 网址：www.cmpbook.com

联系人：张俊红 电话：13520543780/010-88379768 010-68326336（传真）

E-mail：buptzjh@163.com（可来信索取本表电子版）

目 录

译者序

原书序

第 1 章 概述	1
1.1 简介	1
1.2 LTE 无线技术融合	1
1.3 LTE 性能	3
1.4 底层技术演进	4
1.5 流量增长	4
1.6 LTE-Advanced 的计划表	6
1.7 LTE-Advanced 简介	6
1.8 小结	7
第 2 章 LTE-Advanced 的标准化	8
2.1 简介	8
2.2 LTE-Advanced 与 IMT-Advanced	8
2.3 LTE-Advanced 需求	9
2.4 LTE-Advanced 的研究和规范化阶段	10
2.5 3GPP LTE-Advanced 未来增强版本	10
2.6 LTE-Advanced 规范	11
2.7 小结	12
参考文献	12
第 3 章 LTE Release 8 与 Release 9 概述	14
3.1 简介	14
3.2 物理层	14
3.3 架构	21
3.4 协议	22
3.5 EPC 和 IMS	25
3.6 Release 8 与 Release 9 UE 的能力与区别	26
3.7 小结	27

参考文献	27
第 4 章 下行链路载波聚合	28
4.1 简介	28
4.2 载波聚合技术的基本原理	28
4.3 载波聚合对协议的影响	30
4.4 载波聚合对物理层的影响	35
4.5 性能	39
4.6 载波聚合的频带组合	42
4.7 小结	45
参考文献	45
第 5 章 上行链路载波聚合	46
5.1 简介	46
5.2 上行链路载波聚合原理	46
5.3 上行链路载波聚合对协议的影响	47
5.4 上行链路载波聚合对物理层的影响	49
5.5 性能	53
5.6 载波聚合的频带组合	56
5.7 小结	57
参考文献	58
第 6 章 下行链路 MIMO	59
6.1 简介	59
6.2 下行链路 MIMO 增强概述	59
6.3 下行链路 MIMO 增强对协议的影响	60
6.4 下行链路 MIMO 对物理层的影响	61
6.5 性能	65
6.6 小结	68
参考文献	69
第 7 章 上行链路 MIMO	70
7.1 简介	70
7.2 上行链路 MIMO 增强概述	70
7.3 上行链路 MIMO 对协议的影响	71
7.4 上行链路 MIMO 对物理层的影响	72
7.5 性能	77
7.6 小结	79

参考文献	79
第 8 章 异构网络	80
8.1 简介	80
8.2 基站分类	81
8.3 流量控制和移动性管理	82
8.4 干扰管理	88
8.5 性能分析	94
8.6 LIPA	100
8.7 小结	101
参考文献	101
第 9 章 中继	102
9.1 简介	102
9.2 总览	103
9.3 物理层	104
9.4 结构和协议	109
9.5 无线资源管理	114
9.6 覆盖与容量	117
9.7 中继增强	121
9.8 小结	122
参考文献	123
第 10 章 SON	125
10.1 简介	125
10.2 3GPP 版本中的 SON 路线图	125
10.3 自优化	126
10.4 自愈合	139
10.5 3GPP Release 11 中的 SON 的特征	140
10.6 小结	141
参考文献	141
第 11 章 性能评估	142
11.1 简介	142
11.2 LTE-Advanced 目标	143
11.3 LTE-Advanced 性能评估	145
11.4 网络容量和覆盖	152
11.5 小结	154

参考文献	154
第 12 章 Release 11 及 Release 12 展望	155
12.1 简介	155
12.2 LTE-Advanced Release 11 内容	155
12.3 增强型 LTE UE 接收机	156
12.4 机器类通信	161
12.5 载波聚合增强	165
12.6 下行链路控制信道增强	167
12.7 Release 12 LTE-Advanced 展望	168
12.8 小结	170
参考文献	170
第 13 章 CoMP 发送与接收	171
13.1 简介	171
13.2 CoMP 的概念	171
13.3 无线网络架构选项	173
13.4 下行链路 CoMP 发送	176
13.5 上行链路 CoMP 接收	180
13.6 下行链路 CoMP 增益	183
13.7 上行链路 CoMP 增益	186
13.8 CoMP 实地测试	189
13.9 小结	189
参考文献	190
第 14 章 HSPA 演进	191
14.1 简介	191
14.2 多载波演进	191
14.3 MIMO 演进	193
14.4 多流传输	195
14.5 小数据包效率提升	197
14.6 语音演进	199
14.7 增强型接收机	200
14.8 扁平架构	201
14.9 与 LTE 互操作	202
14.10 小结	203
参考文献	204
附录 英文缩略语对照表	205

第 1 章 概 述

Harri Holma, Antti Toskala

1.1 简介

智能手机和平板电脑的大量普及推动了移动宽带网络需求的增加，用户发现了移动设备与无线宽带连接相结合后更高的存在价值。用户和新的应用需要更快的访问速度和更短的延迟，而运营商则需要更大的容量和更高的效率。LTE（Long Term Evolution，长期演进）完全可以满足用户和运营商的要求。GSM（Global System for Mobil Commuication，全球移动通信系统）将语音无线化，HSPA（High Speed Packet Access，高速分组接入）实现了初步的数据连接无线化，LTE 为移动宽带应用提供了大量的功能。

2009 年 3 月，3GPP（Third Generation Partnership Project，第 3 代合作伙伴计划）完成了第一版 LTE 规范；2009 年 12 月，开创了首个 LTE 商用网络；2011 年年底，全球大约有 50 个 LTE 商用网络，到 2012 年年底有超过 100 个 LTE 商用网络。2011 年推出了第一款 LTE 智能手机，2012 年大量的 LTE 设备涌进市场。LTE 智能手机的一个示例如图 1.1 所示：诺基亚 Lumia 900。其具有 100Mbit/s 的 LTE 数据传输速率和先进的多媒体功能。总体而言，部署 LTE 网络已经成为成功案例。LTE 在数据传输速率和时延方面表现出的性能极具吸引力，并且人们对于该技术的接受也很快。底层技术能力的进一步发展，推动 LTE 技术走向更高的数据传输速率、更高的基站密度和更高的效率。本书描述了 LTE 的后续演进，称之为 LTE-Advanced，其主要用来增加数据传输速率使之超过 1Gbit/s。

1.2 LTE 无线技术融合

在移动通信的历史上已经有很多相互竞争的语音和数据的无线标准，LTE 改变了此局面，因为所有现存的无线技术都能与 LTE 相融合。LTE 不仅是 GSM/HSPA 运营商的演进方向，同样也是 CDMA（Code Division Multiple Access，码分多址）和 WiMAX（Worldwide Interoperability for Microwave Access，全球微波互联接入）运营商的演进方向。因此，LTE 能够实现最大可能的生态系统。LTE 可与当前的无线网络共存融洽。大多数的 GSM/HSPA 运营商保持其现有的 GSM 和 HSPA 无线网络

与 LTE 共同运行一段较长的时间,也不断推动现有的 GSM 和 HSPA 演进网络。LTE 终端一般是具有支持 GSM 和 HSPA 能力的多模终端,无线网络解决方案也是基于能够同时运行所有三种无线制式的多模基站。为了简化网络管理并保持网络的不断演进,许多运营商在他们目前的网络中引入 LTE 部署,并采用多模基站产品。

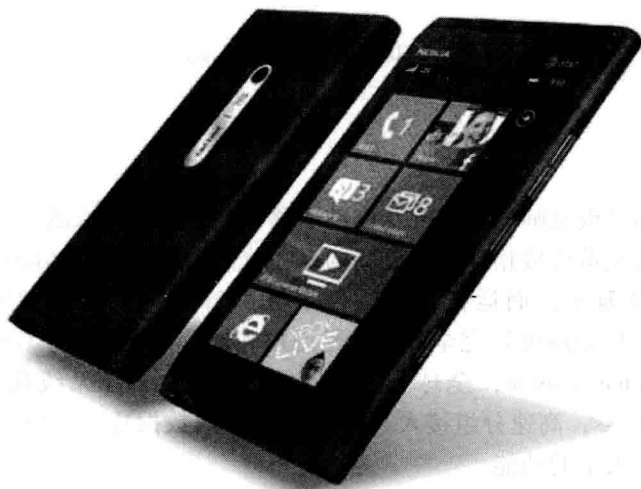


图 1.1 LTE 智能手机示例——诺基亚 Lumia 900

CDMA 和 WiMAX 运营商的出发点是不同的,因为这些无线技术后续没有明确的演进路线。因此,CDMA 和 WiMAX 运营商往往对 LTE 部署有着最积极的计划,目的是迅速地进入主流 3GPP 无线技术,享受 LTE 无线性能并且进入世界终端市场。

基本的无线技术演进示意如图 1.2 所示。

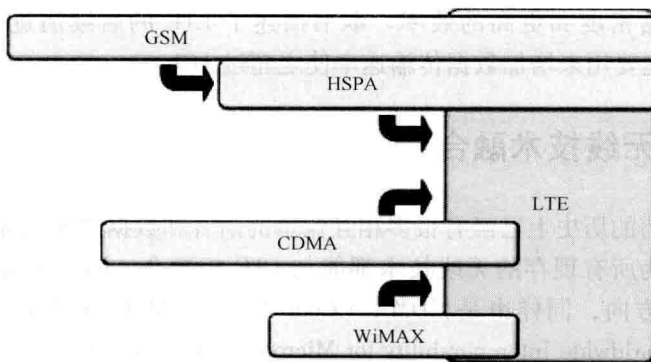


图 1.2 无线技术向 LTE 融合

1.3 LTE 性能

在 LTE Release 8 中, 采用 20MHz 的带宽和 2×2 MIMO, 下行链路峰值数据速率为 150Mbit/s。第一款 LTE 终端设备支持高达 100Mbit/s 的下行数据传输速率。在 20MHz 带宽的商用网络中, 平均下行数据传输速率介于 20 ~ 40Mbit/s 间, 上行数据传输速率 10 ~ 20Mbit/s, 实例测试结果如图 1.3 所示。LTE 实际的数据传输速率在很多情况下高于 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line, 非对称数字用户环路) 固定的可用数据传输速率。LTE 部署了多种不同的带宽: 大多数网络使用 5 ~ 20MHz 的带宽。如果带宽小于 20MHz, 则速率会相应地缩小。LTE 同时推出了 FDD (Frequency Division Duplex, 频分双工) 和 TDD (Time Division Duplex, 时分双工) 的双工选择。LTE 的优势在于 FDD 和 TDD 模式在标准上达到了高度的一致。

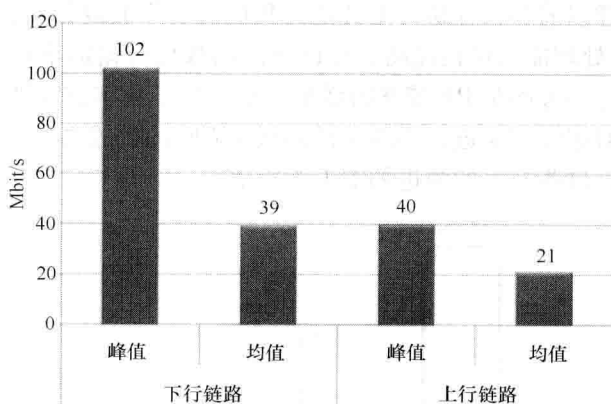


图 1.3 20MHz 带宽下的 LTE 网络实例测试数据速率

降低时延以提高用户体验: LTE 网络能够提供通信往返时间在 10 ~ 20ms, LTE 系统支持整个网络内的移动性, 包括 LTE 带内的无缝切换和与传统无线网络间的异频切换。LTE 网络通过使用不连续的接收和发送 (DRX / DTX) 来优化终端功耗。

LTE 简单的网络部署需求也给运营商带来了优势。扁平化架构减少了网络层次和接口的数目。SON (Self-Organizing Networks, 自组织网络) 使得网络配置和优化更简单, 保证了更快、更高效的网络部署。

LTE 支持多种不同的频带, 以满足全球所有运营商的需求。大量的 RF 频带导致难以生产通用的 LTE 终端, 实际的解决方案是对不同的市场推出不同的终端类别。在漫游的情况下, 主要由传统的无线网络来处理。

最初的 LTE 智能手机有多种不同的语音解决方案: 从 LTE 到传统无线 (GSM、HSPA 和 CDMA) 电路域回落 (CSFB) 切换或双模双待终端 (CDMA + LTE)。这两种方法都使用传统的电路交换网络传输语音和 LTE 网络传输数据, LTE 语音 (Voice over LTE, VoLTE) 的解决方案 IP 语音电话 (Voice over IP, VoIP) 也在 2012 年开始。

1.4 底层技术演进

无线技术的改进需要底层技术演进的支持。相关技术组件包括海量存储、基带、RF 和充电电池, 都在不断演进, 并有助于实现新型的无线技术。在未来的 10 年里, 海量存储的大小预计将以最快的速度增长, 将允许设备存储更多的数据, 并可以通过无线下载海量数据。内存大小可以从几兆字节增大到几太字节。数字化处理也有强大的演进, 根据摩尔定律, 数字处理能力在这几十年内一直不断提高。集成度的演进将不像以前那么容易, 尤其是当我们需要降低设备功耗时。尽管如此, 在 2010 年, 数字处理能力仍在提高, 允许更高的数据传输速率和更强大的干扰消除技术。演进的另一方面是 RF 带宽的增加, 它是基于数字前端处理的创新。电池容量仍在经历相对缓慢的演进, 终端功耗仍然是面临的挑战之一。因此仍然需要终端具有省电功能, 这些技术的演进如图 1.4 所示。

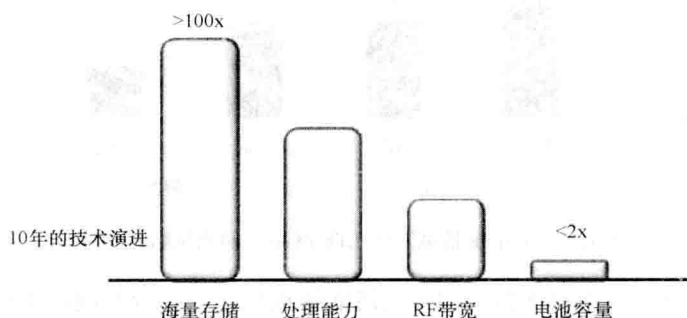


图 1.4 底层技术的演进

LTE-Advanced 的设备和基站将会受益于技术的演进, 更高的数据传输速率和更宽的带宽要求基带和射频的技术演进。LTE-Advanced 终端设备同样将受益于更大的存储容量和更高的电池容量。

1.5 流量增长

在过去的几年里, 移动网络的数据量有大幅增长, 并且预计增长将会持续。从

2007 年的流量增长到 2015 年的预计增长如图 1.5 所示。该图显示了全球移动网络的总数据量,单位为 EB,也就是,数以百万计的 TB。流量分为来自笔记本电脑、平板电脑和智能手机的语音和数据流量。2009 年在携带数据量方面,数据流量已经超过了语音流量。初步数据增长由无线数据上网驱动,如图 1.6 所示。预计 LTE-Advanced 的性能,例如高数据速率,也将首先被引进到无线数据上网卡。2012~2015 年相对增长最快的预计来自于智能手机,到 2015 年,智能手机使用几乎一半的流量。2015 年总数据流量将会超过 2007 年流量的 40 倍,语音流量的份额到 2015 年会缩减至不到 5%。一些先进市场的总流量已经超过了语音流量的 50 倍,这就意味着语音流量不到总流量的 2%。

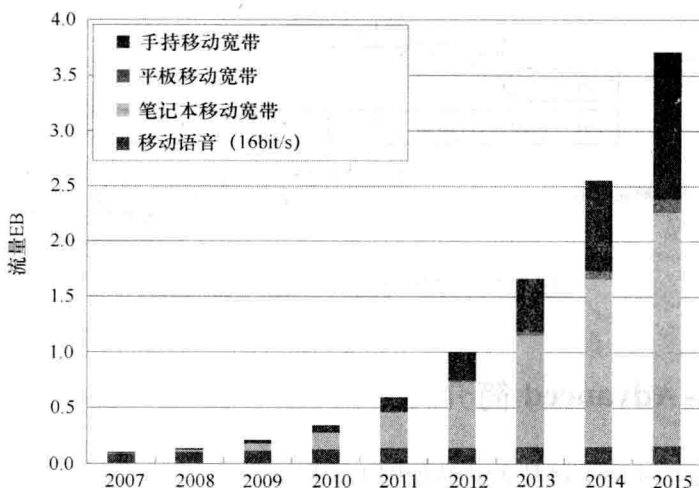


图 1.5 预计流量增长 (诺基亚西门子通信公司 2011 年估计)



图 1.6 一个 100Mbit/s 的 USB 调制解调器示例——诺基亚西门子通信公司 7210

网络中数据量的增长、信号量的增长和连接设备数量的增长,都是无线演进工作需要解决的因素。