

移动宽带技术 —LTE

MOBILE

谢大雄 朱晓光 江华 编著

BROADBAND
TECHNOLOGY



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

移动宽带技术 —LTE

MOBILE

谢大雄 朱晓光 江华 编著

BROADBAND
TECHNOLOGY

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

移动宽带技术——LTE / 谢大雄, 朱晓光, 江华编著

— 北京: 人民邮电出版社, 2012.5

ISBN 978-7-115-27948-4

I. ①移… II. ①谢… ②朱… ③江… 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(2012)第059166号

内 容 提 要

本书系统深入地介绍了LTE宽带无线接入技术, 涉及LTE的背景需求、网络架构、物理层设计及信道结构、控制面与用户面协议、参考信号与信道估计、多天线技术、同步与扇区搜索、随机接入及上行传输过程、调度与链路自适应及HARQ技术、LTE组网技术与干扰协调、无线资源管理、E-MBMS、LTE射频技术、系统传输与安全、SON技术和LTE的后续演进LTE-A关键技术特征。

本书内容丰富, 适合移动通信领域的科研、LTE设备设计和开发、网络运营等相关技术人员和相关大专院校的师生阅读和参考, 以及为关注通信技术演进的热心人士提供技术参考。

移动宽带技术——LTE

- ◆ 编 著 谢大雄 朱晓光 江 华
责任编辑 王建军
执行编辑 李 静
- ◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5 2012年5月第1版
字数: 376千字 2012年5月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-27948-4

定价: 59.00元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

序 言

从第一代移动通信到现在几乎十年一代，每一代相对前一代在技术上都是革命。第一代移动通信（1G）基于模拟电路交换体制，空中接口采用频分多址（FDMA）技术。2G 基于数字电路交换体制，采用时分多址（TDMA）或码分多址（CDMA）技术实现蜂窝小区内多用户复用。3G 基于数字电路交换（对电话）和分组交换（对数据）体制，采用 CDMA 技术，但双工方式除了 FDD 外又增加了 TDD，3G 的演进型 LTE 基于全分组交换体制，采用正交频分多址（OFDMA）技术，在此基础上发展的 LTE-A 也称为 4G。如果说，1G 着眼于覆盖，2G 看重用户规模，3G 关注宽带，那么 LTE 和 4G 将着力提高峰值速率和频谱利用率。为此，LTE 在物理层和网络体系等方面都需要采用大量的先进技术。与 2G 时代不同，在 3G 时代特别是 LTE 时代，我国在核心技术开发方面对国际标准的制订有重要的贡献，成为 LTE 产业的重要力量。

本书的作者团队有长期从事移动通信产品开发的经验，参与 LTE 标准和核心技术的研发及组网应用，本书内容全面系统、层次分明、条理清楚、对标准的理解深入，总体概念和技术细节把握到位，包含了技术创新的开发体会，是难得的理论与实践紧密结合的高新技术专著。本书对于从事移动通信系统研究开发和运营维护及管理的技术人员很有参考价值，相信也有助于相关专业的高校师生学习和研究深造。

工业和信息化部科技委主任、CCSA 理事长、中国工程院院士



前 言

LTE 是在移动通信市场需求和技术竞争的大背景下，由 3GPP 负责制定的移动宽带技术标准。一方面，移动互联网对宽带需求越来越迫切，另一方面，WiMAX 等宽带技术发展为 3G 后续演进提供了机会和挑战。从 2004 年开始，3GPP 立项 LTE，到 2011 年 LTE 开始商用部署，经历了从需求、技术征集和标准发布到产业链逐步完善等阶段。

LTE 采用了先进的 OFDM 及多天线技术，使空口传输频谱带宽可以达到 20MHz，频谱使用效率更高；网络架构简化，一方面降低网络复杂度和系统延时，另一方面降低开发和部署成本。随着 LTE 标准化的结束，LTE 已经得到国内外移动运营商的青睐，产业链也逐步完善，成为主流的移动宽带技术，并开启了商用网络部署。为了保持 3GPP 技术的领先性，满足 IMT-A 和未来运营商与移动用户需求，3GPP 提出了 LTE 的后续演进技术 LTE-A，并后向兼容 LTE，在 LTE 基础上引入新技术，包括频谱聚合、无线中继、多点协作等。

本书系统、全面地介绍了 LTE 及 LTE-A 关键技术。全书共分为 16 章，包括：第 1 章概要介绍移动通信发展、LTE 及 LTE-A 技术特征；第 2 章介绍 LTE 网络架构，涉及 LTE 总体描述、各网元功能及接口、控制面及用户面协议栈、EPS 承载和 QoS、信道映射关系等；第 3 章介绍 LTE 物理层设计及信道结构，涉及帧结构、时隙和物理资源、多址技术和信道结构；第 4 章详细介绍了 LTE 控制面和用户面协议，涉及 LTE 协议栈、RRC/PDCP/RLC/MAC 协议；第 5 章介绍 LTE 的参考信号及信道估计，涉及上下行参考信号方案及信道估计；第 6 章介绍 LTE 多天线技术，涉及 MIMO-OFDM 信道、信道容量、LTE 中的 MIMO 分类和 MIMO 天线性能选择；第 7 章介绍同步和扇区搜索，包括同步信号和搜索性能等；第 8 章关于随机接入及上行传输过程，包括随机接入过程、上行定时控制和功控；第 9 章介绍 LTE 调度、链路自适应及 HARQ 技术，涉及调度、链路自适应、HARQ 和上下行输出传输；第 10 章介绍 LTE 组网技术及干扰协调，包括 LTE 组网方法、ICIC、链路预算和网络规划以及 HeNB 介绍；第 11 章介绍 LTE 无线资源管理，包括 RRM 功能、RRM 空闲和连接状态移动性等；第 12 章介绍基于 LTE 的广播多播服务 E-MBMS，包括网络架构及功能、MBSFN、服务连续性和网络共享、复用、MCH 物理层模型、协议栈和会话过程等；第 13 章介绍 LTE 射频技术，包括 LTE 的频谱规划、基站收发射频特性、终端收发射频特性和信道状态上报等；第 14 章介绍 LTE 系统传输与安全，涉及在部署 LTE 时传输带宽规划、时钟同步方案、流量隔离机制、QoS 部署和基于 IPsec 的安全方案；第 15 章介绍自组织网络技术，涉及 SON 网络架构、NGMN 需

求以及 3GPP 的部分用例解决方案；第 16 章介绍 LTE-A 关键技术，涉及 LTE-A 的载波聚合、多点协作、无线中继和多天线增强等技术，以满足 IMT-A 需求并后向兼容 LTE。

本书由谢大雄、朱晓光、江华主编并统稿。感谢彭海清、王彬、林晓东、杨青、陈辉、孟彪、张军、王标、陈伟、姚春波、谢文军、魏林辉、侯晏红、姜向阳、张亮、李嵘、张大勇、贾燕峰、王宝春、田学峰、俞玫、雷琳等同事的大力支持。最后还要感谢人民邮电出版社的大力支持。

编 者

2012 年 1 月 31 日

目 录

第 1 章 绪论1	
1.1 移动通信技术演进.....1	
1.2 LTE 的基本需求及指标.....3	
1.3 LTE 的技术特征.....5	
1.4 LTE 演进技术 LTE-A.....6	
1.5 本书组织架构.....7	
第 2 章 LTE 网络架构9	
2.1 LTE 网络架构.....9	
2.2 LTE 与异系统互操作网络架构.....12	
2.3 LTE 无线协议架构.....15	
2.4 LTE 信道映射关系.....16	
2.5 EPS 承载和 QoS.....18	
第 3 章 LTE 物理层设计及信道结构24	
3.1 LTE 帧结构.....24	
3.2 LTE 时隙结构和物理资源.....26	
3.3 LTE 多址接入技术.....28	
3.4 LTE 物理层信道结构.....30	
3.4.1 上行物理层信道处理过程.....30	
3.4.2 下行物理层信道处理过程.....32	
3.4.3 LTE 信道编码及调制技术.....35	
附录 3 LTE 采用的伪随机序列.....38	
第 4 章 LTE 控制面和用户面协议39	
4.1 LTE 控制面和用户面协议栈.....40	
4.2 无线资源控制 (RRC) 协议.....41	
4.2.1 系统信息.....43	
4.2.2 连接控制.....44	
4.2.3 测量.....49	
4.2.4 其他 RRC 信令.....50	
4.2.5 UE 空闲模式下的任务处理.....50	
4.3 分组数据汇聚协议 (PDCP).....53	
4.3.1 协议功能和架构.....53	
4.3.2 头压缩和解压缩.....54	
4.3.3 加密和完整性保护.....55	
4.3.4 PDCP 数据单元和格式.....55	
4.4 无线链路控制 (RLC) 协议.....57	
4.4.1 协议功能和架构.....57	
4.4.2 TM RLC 实体及传输.....58	
4.4.3 UM RLC 实体及传输.....59	
4.4.4 AM RLC 实体及传输.....59	
4.4.5 RLC 协议数据单元和格式.....61	
4.5 MAC 协议.....66	
4.5.1 协议功能和架构.....66	
4.5.2 MAC 过程.....67	
4.5.3 MAC 协议数据单元格式和参数.....69	
附录 4.A 层 2 结构.....72	
附录 4.B LTE 数据封装.....73	
第 5 章 LTE 参考信号及信道估计74	
5.1 LTE 上行参考信号及其序列.....74	

5.2 解调参考信号	76	8.3 LTE 上行定时控制	121
5.3 探测参考信号	77	8.4 功率控制	123
5.4 LTE 下行参考信号	79	第 9 章 调度、链路自适应及 HARQ 技术	125
5.5 扇区专用参考信号	79	9.1 LTE 调度	125
5.6 MBSFN 参考信号	81	9.2 链路自适应	131
5.7 UE 专用参考信号	82	9.3 HARQ 技术	132
5.8 定位参考信号	84	9.4 LTE 上、下行数据传输	137
5.9 信道状态信息参考信号	87	第 10 章 LTE 组网技术及干扰协调	139
5.10 OFDM 信道估计	89	10.1 LTE 组网方法	139
附录 5 PAPR 和立方度量	89	10.2 扇区间干扰抑制	140
第 6 章 LTE 多天线技术	91	10.3 基于频率复用的扇区间干扰协调	143
6.1 MIMO-OFDM 信道	91	10.4 LTE 链路预算和网络规划	146
6.1.1 信道建模	91	10.5 基于 LTE 的家庭覆盖基站 HeNB	148
6.1.2 空间相关矩阵	94	附录 10: 时域 ICIC	152
6.2 MIMO 信道容量	98	第 11 章 LTE 无线资源管理	154
6.2.1 各态历经容量	98	11.1 RRM 功能	154
6.2.2 中断概率容量	99	11.2 RRC_IDLE 状态移动性	156
6.3 LTE 中的 MIMO 技术分类	99	11.3 RRC_CONNECTED 状态移动性	158
6.3.1 上下行接收分集	100	11.4 RRC 连接移动性控制	161
6.3.2 下行 CDD 发射分集	100	11.5 定时和信令特征	162
6.3.3 下行 SFBC 发射分集	101	11.6 UE 在 RRC_CONNECTED 状态的测量过程	163
6.3.4 下行波束赋形	101	11.7 UE 测量性能需求	170
6.3.5 上行 MU-MIMO	102	11.8 E-UTRAN 测量性能需求	172
6.3.6 下行 SU-MIMO	103	第 12 章 基于 LTE 的广播多播服务	173
6.4 MIMO 天线性能选择	104	12.1 基于 LTE 的 MBMS 架构和功能	173
第 7 章 同步和扇区搜索	107	12.2 多媒体广播单频网 MBSFN	175
7.1 同步和扇区搜索过程	107	12.3 基于 MBSFN 的 E-MBMS	
7.2 LTE 同步信号	109		
7.3 扇区搜索性能	112		
附录 7.A ZC 序列	112		
附录 7.B M 序列	113		
附录 7.C 相干检测和非相干检测	114		
第 8 章 随机接入和上行传输过程	115		
8.1 随机接入过程	115		
8.2 物理随机接入信道	120		

传输	176	15.3 3GPP 的 SON 部分解决 方案	217
12.4 服务连续性和网络共享	180	第 16 章 LTE-A 关键技术	222
12.5 支持复用的网络功能	180	16.1 载波聚合	222
12.6 MCH 物理层模型	180	16.2 多点协作	225
12.7 E-MBMS 接口协议栈	181	16.3 无线中继功能	226
12.8 E-MBMS 会话过程	182	16.4 多天线增强	230
第 13 章 LTE 射频技术	184	16.5 其他方面	230
13.1 LTE 频率规划	184	附录 16.A IMT-A 的基本需求	232
13.2 基站发射机特性	187	附录 16.B LTE-A 的性能指标	232
13.3 基站接收机特性	189	附录 16.C LTE-A 上行码书	233
13.4 基站性能需求	191	附录 16.D LTE-A 上行码字与层的 映射关系	234
13.5 UE 发射机特性	193	附录 16.E 802.16m 性能指标	235
13.6 UE 接收机特性	194	附录 16.F LTE-A 与 802.16m 主要 特征对比	235
13.7 UE 性能需求	195	附录 16.G 载波聚合部署场景	236
13.8 信道状态信息上报	196	附录 A OFDM 技术	237
第 14 章 LTE 系统传输与 安全	197	A.1 基于 OFDM 的时频分割	237
14.1 LTE 传输接口带宽规划	198	A.2 通过循环前缀消除多径 干扰	237
14.2 LTE 传输网络时钟同步 方案	199	A.3 通过合理设计子载波带宽克服 多普勒频移和相位噪声	238
14.3 LTE 传输网络流量隔离 机制	202	A.4 通过 FFT 降低运算复杂度	238
14.4 LTE 传输网络 QoS 部署	205	A.5 抑制峰均比	239
14.5 LTE 基站 IP 地址的规划与 分配	206	A.6 同步	239
14.6 LTE 传输网络的安全方案	207	A.7 信道估计	240
第 15 章 自组织网络技术	209	A.8 多址接入技术	241
15.1 基于 LTE 技术的 SON 架构和 处理流程	209	A.9 MIMO-OFDM 技术	241
15.2 NGMN 关于 SON 的需求 用例	210	A.10 LTE 的 OFDM 基本参数	242
		附录 B 缩略语	243
		参考文献	249

第 1 章

绪 论

移动通信技术的发展可以概括为从模拟到数字、从电路域到分组域的演进过程。随着移动业务的迅猛发展和通信容量的需求增加，尤其是互联网业务的普及，进而对移动宽带服务的需求日益迫切，而现有的 2G 和 3G 网络不能满足移动用户日益的高速率和低成本的移动服务需求，LTE 技术在此大背景下应运而生。

1.1 移动通信技术演进

现代移动通信技术始于 20 世纪 20 年代，但从 20 世纪 70 年代至今才得到蓬勃发展，其演进路线是从模拟到数字，从低速语音到高速多媒体，从频分多址到时分多址和码分多址，再到空分多址，并且继续向宽带无线接入技术演进。移动通信技术不但集成了无线通信和有线通信的最新技术成果，而且集成了网络接收和计算机技术的诸多成果，其目标是能在任何时间、任何地点、向任何人提供快速、可靠、丰富的通信服务。移动通信服务已深入到个人日常生活中，成为信息技术的支柱产业之一。图 1-1 所示为移动通信技术演进示意图。

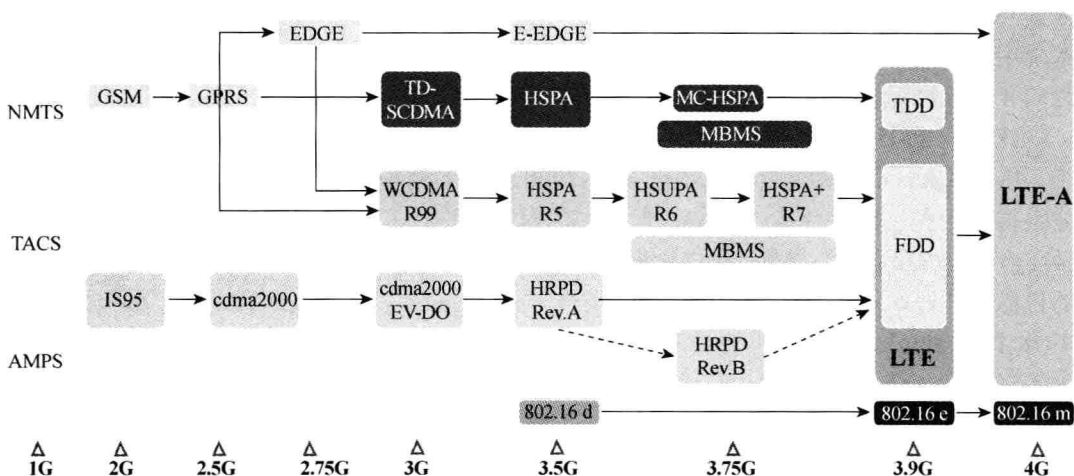


图 1-1 移动通信技术演进

基于蜂窝网络的移动通信是由贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出，并于 1978

年研制成功 AMPS 系统,建成了蜂窝模拟移动通信,蜂窝网络实现了频率重用,极大地提高了系统容量。紧接着英国的 TACS、北欧的 NMTS 陆续投入商业运营,市场得到迅猛发展。这阶段的蜂窝移动通信特点是模拟信号,称之为第一代移动通信系统。

20 世纪 80 年代中期至 90 年代,数字移动通信系统进入发展和成熟期,因为模拟蜂窝网络的容量已经不能满足日益增长的移动用户需求。欧洲率先推出了全球移动通信系统 GSM,之后美国高通公司推出了窄带 CDMA IS95 蜂窝移动通信系统,CDMA 技术是移动通信技术发展的一个重要里程碑,这阶段蜂窝移动通信的特点是支持语音和低速数据业务,称之为第二代移动通信系统。

伴随着移动用户对通信业务范围的扩大和速率需求的不断提高,第二代移动通信已经很难满足新型高速分组业务的市场需求,下一代移动通信技术将呼之欲出。第三代移动通信系统是国际电信联盟 ITU 在 1985 年提出的,并于 1996 年更名为全球移动通信系统 IMT-2000,即第三代移动通信系统,主要特征:全球统一频段、无缝漫游;高频谱效率;支持移动多媒体业务,室内环境传输速率为 2 Mbit/s、步行环境传输速率为 384 kbit/s,车速环境传输速率为 144 kbit/s。第三代移动通信的主流技术是 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA,其特点是基于码分多址技术,其中 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准由 3GPP 制定,而 cdma2000 标准由 3GPP2 制定。2007 年 10 月,ITU 会议通过使 WiMAX 成为 IMT-2000 标准家族正式成员,丰富了 IMT-2000 标准体系,但也加剧了 IMT-2000 市场和频率资源的竞争,同时也加快了第三代移动通信技术的演进速度。3G 同时支持电路域和分组域,业务方面除了支持传统的移动通信服务外,进一步支持广播服务、移动互联网服务,促进了移动网、互联网和广播网的三网初步融合。

随着移动通信技术的快速发展和互联网应用的普及,宽带移动数据业务成为移动通信新的需求,一方面,尽管基于码分多址的 3G 技术已经开始部署,但不能满足日益增长的移动互联网服务需求;另一方面 OFDM 和多天线技术已经成熟并产业化,在 ITU 征集 4G 需求之前,作为 3.9 G 的 LTE 技术规范从 2004 年在 3GPP 开始制定,其关键技术采用了 OFDM 和多天线等先进技术,LTE 同时也作为 4 G 标准的后向兼容技术,提前为向 4 G 标准演进打下技术和产业基础。

ITU 于 2005 年 10 月提出了未来移动通信系统 IMT-Advanced,即第四代移动通信系统。IMT-Advanced 系统是具有超过 IMT-2000 能力的新型移动通信系统,能够提供基于分组传输的先进移动业务,支持从低到高的移动性应用和很宽范围的数据速率,满足多种环境下用户和业务的需求,提供显著提升 QoS 的高质量多媒体应用的能力。IMT-Advanced 的目标峰值速率:低速移动和热点覆盖场景下为 1 Gbit/s 以上;高速移动和广域覆盖场景下为 100 Mbit/s。各国标准协会和各国际标准组织都致力于研究和开发速率更高、性能更先进的新一代移动通信技术,力求使无线移动通信系统性能和产业规模产生新的飞跃,2008 年 3 月,ITU 开始征集 IMT-Advanced 无线接入技术标准,3GPP 和 WiMAX 论坛等国际标准组织都开始紧锣密鼓地对 IMT-Advanced 积极预研和提案,分别对应 LTE-A 和 802.16 m,其中 LTE-A 包括 FDD 和 TDD 两部分;2012 年 1 月 20 日,ITU 会议正式审议通过将 LTE-A 和 802.16 m 技术规范作为 IMT-A 国际标准,我国主导的 TD-LTE-Advanced 同时成为国际标准,也标志着我国在移动通信标准领域再次走到了世界前列。

(续)

需求	指标	条件
用户吞吐量	下行平均用户吞吐量每 Hz 是 R6 HSDPA 的 3~4 倍	R6 的 Node B 侧为单天线发射
	上行平均用户吞吐量每 Hz 是 R6 增强上行的 2~3 倍	R6 的 UE 侧为单天线发射、Node B 侧为双天线接收
频谱效率	加载网络下, 下行频谱效率是 R6 HSDPA 的 3~4 倍 (单位: 位/扇区/Hz/站点)	天线数: R6 的 Node B 侧双收、UE 侧单发; LTE 的 eNodeB 侧双发、UE 侧双收
	加载网络下, 上行频谱效率是 R6 增强上行的 2~3 倍 (单位: 位/扇区/Hz/站点)	天线数: R6 的 Node B 侧双收、UE 侧单发; LTE 的 eNodeB 侧双收、UE 侧单发
移动性	E-UTRAN 支持低速 0~15 km/h 性能优化; 支持较高移动速度 15~120 km/h 高性能; 支持移动速度 120~350 km/h, 根据频带情况支持 500 km/h	跨蜂窝网络
覆盖	在 ≤5 km 半径扇区, 满足吞吐量、频谱利用率和移动性指标	
	在 ≤30 km 半径扇区, 轻微降低吞吐量、频谱利用率和移动性指标	
	支持最大扇区半径为 100 km	
进一步增强 MBMS	降低终端复杂度: 物理层器件重用, MBMS 采用与单播相同的调制、编码和多址接入	
	同时提供专用语音和 MBMS、专用数据和 MBMS、支持纯下行 MBMS 部署	
柔性频谱	支持不同带宽, 包括: 1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz, 支持成对和不成对带宽	
	支持两种广播模式: 纯下行和上下行	
	对特殊需求或运营商策略: 支持对紧急呼叫、特殊位置或全球事件的资源分配变更	
	支持频谱连续性, 不支持频谱分段	
频谱部署	在相同的地域共存, 并与邻道的 GSM/UMTS 或不同运营商间共站; 在国界处, 可以叠加共存和使用相邻频率; E-UTRAN 单独运营	
与 3GPP RAT 共存和互操作	支持 GU 的多模 LTE 终端, 支持对 GU 的测量和切换; E-UTRAN 通过终端支持对 GU 的测量	
	实时业务: 与 GU 切换中断时间 <300 ms; 非实时业务, 与 GU 切换中断时间 <500 ms	
	支持与非 3GPP 的互操作, 如 cdma2000 和 WiMAX 等	
网络架构及变迁	采用基于分组域的全 IP 扁平架构, 支持端到端的 QoS	
服务	网页浏览、FTP、视频流、VoIP 和增强服务	

1.3 LTE 的技术特征

长期演进技术 LTE 是 3G 的演进技术，频率带宽最高达到 20MHz，进一步提高了频谱利用率和网络吞吐量，提高最终用户的全面体验和增强运营商的赢利能力，以满足宽带移动通信市场需求。LTE 技术主要有以下特征。

① 基于全 IP 的扁平网络架构：网元简化为 eNodeB 和 EPC 两部分，E-UTRAN 节点只是 eNodeB，S1 是 eNodeB 与 EPC 的接口，X2 是 eNodeB 间接口，因此 LTE 网络有更少的网络节点和接口，降低了系统复杂度和处理延时。

② 简单的协议架构：基于分组域，基于共享信道。

③ 采用 OFDM 调制技术：对比传统的单载波和多载波技术，OFDM 调制技术具有较高的频谱利用率，子载波间正交，在抗多径效应、频率选择性衰落和窄带干扰等方面有明显的优势，同时也降低接收机的复杂度等，OFDM 也是未来宽带移动通信的核心技术之一。

④ 采用多天线技术：基于 MIMO、SDMA 和波束赋形等多天线技术获得分集增益、阵列增益和空间复用增益，提高系统容量和传输质量，多天线也是未来移动通信的核心技术之一。

⑤ 采用 OFDMA 和 SC-FDMA 多址技术：下行采用 OFDMA，上行采用 SC-FDMA，OFDMA 可以灵活地分配时频资源；而 SC-FDMA 降低峰均比，比多载波的峰均比低 1~3dB，提高 UE 发送功效，降低 UE 成本。

⑥ 采用链路自适应技术：根据信道质量、QoS 需求等因素，进行速率控制、自适应编码和调制、资源调度机制、HARQ 机制、功率控制机制等，提供最佳的网络性能。

⑦ 支持灵活的带宽规划：LTE 的无线信道带宽可以根据实际需求在 1.4~20 MHz 的范围内 6 种带宽灵活配置，可在现有频段或新规划的频段中灵活部署 LTE 网络。

⑧ FDD 和 TDD 采用统一的无线接入技术。

⑨ 支持增强的 MBMS 业务：基于 MBSFN 网络的增强 MBMS 业务，不但丰富了 LTE 技术的服务内容，也促进了通信网、互联网和广播网的融合。

⑩ 支持自组织网络技术：降低网络建设成本和 OPEX。

⑪ 支持与 3GPP 和非 3GPP 技术的互操作：可以与其他通信技术互连互通，如 cdma2000、WiMAX 等。

LTE 的 R8 版本主要参数见表 1-3。

表 1-3 LTE 的 R8 版本主要参数

多址方案	上行	DFTS-OFDM (SC-FDMA)
	下行	OFDMA
空口带宽	1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz	
最小的 TTI	1 ms	
子载波跨度	15 kHz	
循环前缀长度	短	4.7 μs
	长	16.7 μs
调制方案	QPSK、16QAM、64QAM	
空间复用	上行每UE支持单层、下行每UE最多支持4层；上下行都支持多用户MIMO	

LTE 的 R8 版本 UE 种类见表 1-4。

表 1-4 LTE 的 R8 版本 UE 种类

种类		1	2	3	4	5
峰值速率 (Mbit/s)	下行	10	50	100	150	300
	上行	5	25	50	50	75
物理能力						
射频带宽	20 MHz					
调制方案	下行	QPSK、16QAM、64QAM				
	上行	QPSK、16QAM			QPSK、16QAM、64QAM	
多天线						
两收分集	假定性能需求					
2×2MIMO	不支持	强制				
4×4MIMO	不支持				强制	

1.4 LTE 演进技术 LTE-A

为了继续保持 3GPP 技术的领先性、满足 IMT-A 和未来运营商与移动用户需求，3GPP 提出了 LTE 的后续演进技术 LTE-A，并后向兼容 LTE，版本始于 R10。LTE-A 的需求分析见表 1-5。

表 1-5 LTE-A 需求分析

移动用户需求	运营商需求	LTE-A 技术要求
体验好	随时随地接入	增强网络覆盖，引入无线中继技术
	快速接入	进一步降低系统延时，通过 AS/NAS 并行处理降低控制面延时
	空口传输速率高	带宽达到 100 MHz，增强 MIMO、多点协作等，峰值速率达 1 Gbit/s
资费便宜	降低 OPEX	SON 技术增强，与 2 G/3 G、LTE 共站址部署
	频谱成本	支持频谱聚合和载波聚合
		提高频谱利用率，支持频谱聚合和载波聚合、MIMO 增强
	设备成本	后向兼容 LTE，降低 UE 成本
无线中继技术，灵活部署网络覆盖		

LTE-A、LTE 和 IMT-A 的峰值性能对比见表 1-6。

表 1-6 LTE-A、LTE 和 IMT-A 的峰值性能对比

		LTE	LTE-A	IMT-A
峰值速率 (bit/s)	下行	300 M	1 G	1 G
	上行	75 M	500 M	
峰值频谱效率 (bit/s/Hz)	下行	15	30	15
	上行	3.75	15	6.75

LTE-A 在扇区容量、边缘用户吞吐量、频谱效率方面都比 LTE 大幅提高, 满足并超出 IMT-A 需求, 并且 LTE-A 可以在新频段部署。LTE-A 技术特征如下。

(1) 支持更宽的频谱带宽: 通过载波聚合和频谱聚合支持达到 100MHz 带宽, 目的是提高峰值速率和频谱灵活性。

(2) 增强 MIMO 技术: 下行扩展到 8 层高阶 MIMO 传输、上行支持单用户 MIMO 最多达 4 层传输, 目的是提高峰值速率、容量和扇区边缘用户吞吐量。

(3) 多点协作发射和接收: 下行支持多点协作发射、上行支持多点协作接收, 目的是提高边缘用户吞吐量、覆盖和部署灵活性。

(4) 无线中继技术: 可以创建独立的扇区, 目的是提高网络覆盖和低成本网络部署。

(5) 进一步降低延时: 通过 AS/NAS 并行处理降低控制面延时。

1.5 本书组织架构

本书深入浅出地介绍了 LTE 宽带无线接入技术相关内容, 从整体到部分、从宏观到细节内容以及未来演进等, 本书详细内容简介如下。

(1) 第 1 章主要介绍移动通信发展、LTE 及 LTE-A 技术。

(2) 第 2 章介绍 LTE 网络架构, 对 LTE 进行总体描述, 涉及 LTE 各网元功能及接口, 控制面及用户面协议栈, EPS 承载和 QoS, 信道映射关系, LTE 关键技术等。

(3) 第 3 章介绍 LTE 物理层设计及信道结构, 对 LTE 物理层进行整体介绍, 涉及帧结构、时隙和物理资源、多址技术和信道结构。

(4) 第 4 章介绍 LTE 控制面和用户面协议, 涉及 LTE 协议栈, RRC/PDCP/RLC/MAC 协议。

(5) 第 5 章介绍 LTE 的参考信号及信道估计, 涉及 LTE 的上下行参考信号方案及信道估计。

(6) 第 6 章介绍 LTE 多天线技术, 涉及 MIMO-OFDM 信道、信道容量、LTE 中的 MIMO 分类和 MIMO 天线性能选择, 其中 MIMO 分类包括收发分集、空间复用、波束赋形。

(7) 第 7 章介绍同步和扇区搜索, 包括同步信号和搜索性能等。

(8) 第 8 章介绍随机接入及上行传输过程, 包括随机接入过程、PRACH、上行定时控制和功控。

(9) 第 9 章介绍 LTE 调度、链路自适应及 HARQ 技术, 涉及调度、链路自适应和 HARQ 技术, 及上下行输出传输。

(10) 第 10 章介绍 LTE 组网技术及干扰协调, 包括 LTE 组网方法、ICIC、链路预算和网络规划以及 HeNB 介绍。

(11) 第 11 章介绍 LTE 无线资源管理, RRM 目的是提高无线资源使用效率、提高用户体验和智能管理, 保证 QoS 前提下, 提高频谱利用率和系统容量, 包括 RRM 功能、RRM 空闲和连接状态移动性等。

(12) 第 12 章介绍基于 LTE 的广播多播服务 E-MBMS, E-MBMS 采用 IP 多播协议

并通过 MBSFN 传输广播多播服务,包括网络架构和功能、MBSFN、服务连续性和网络共享、复用、MCH 物理层模型、协议栈和会话过程等。

(13) 第 13 章介绍 LTE 射频技术,包括 LTE 的频谱规划、LTE 基站收发射频特性、终端收发射频特性和信道状态上报等。

(14) 第 14 章介绍 LTE 系统传输与安全,涉及在部署 LTE 时传输带宽规划、时钟同步方案、流量隔离机制、QoS 部署和基于 IPSec 的安全方案,其中时钟同步方案涉及 GPS、线路时钟、IEEE 1588 方式。

(15) 第 15 章介绍自组织网络技术,为了降低 OPEX,主流运营商通过 NGMN 提出 SON 需求,涉及 SON 网络架构、NGMN 需求以及 3GPP 的部分 SON 用例解决方案;SON 的标准化过程是长期的。

(16) 第 16 章介绍 LTE-A 关键技术,涉及 LTE-A 的载波聚合、多点协作、无线中继和多天线增强等技术,以满足 IMT-A 需求并后向兼容 LTE。