

# 4G移动通信技术 权威指南

## LTE与LTE-Advanced

### 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband

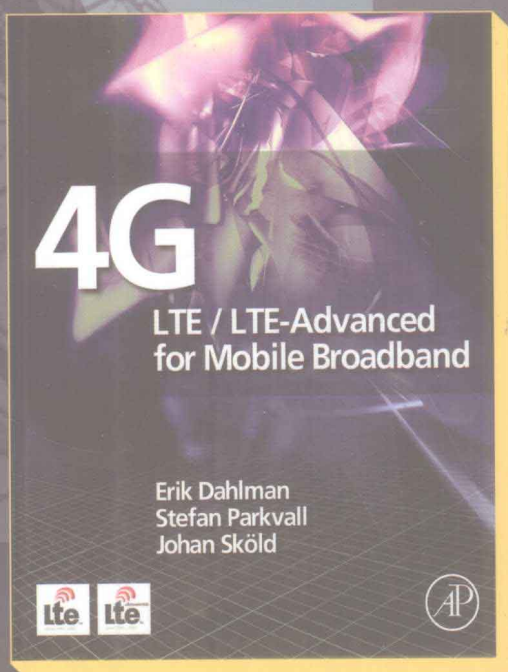
Erik Dahlman

[瑞典] Stefan Parkvall 著

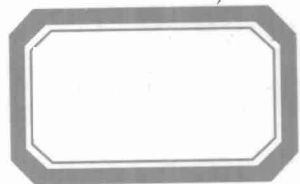
Johan Sköld

堵久辉 缪庆育 译

- 洞悉移动通信最新标准和发展方向
- 爱立信研究院专家力作
- 亚马逊网上书店全五星赞誉



TUR



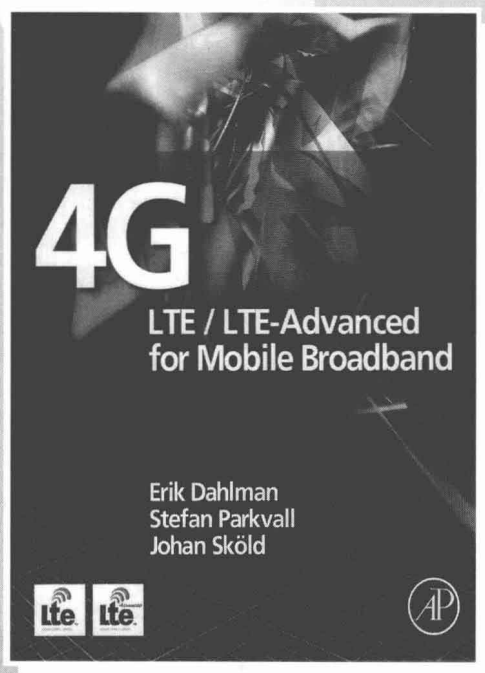
电气工程丛书

# 4G移动通信技术 权威指南

## LTE与LTE-Advanced

### 4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband

Erik Dahlman  
[瑞典] Stefan Parkvall 著  
Johan Sköld  
堵久辉 缪庆育 译



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

4G移动通信技术权威指南:LTE与LTE-Advanced /  
(瑞典)达尔曼, (瑞典)巴克浮, (瑞典)斯科德著; 堵  
久辉 缪庆育译. -- 北京: 人民邮电出版社, 2012.5 (2012.6重印)  
(图灵电子与电气工程丛书)

书名原文: 4G LTE: LTE-Advanced for Mobile  
Broadband  
ISBN 978-7-115-27854-8

I. ①4… II. ①达… ②巴… ③斯… ④堵… III. ①  
移动通信: 无线电通信—通信网—指南 IV.  
①TN929.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第056423号

## 内 容 提 要

本书是爱立信研究院研发人员的经验之谈, 描述4G的具体实现, 重点介绍移动通信标准化开发演进路线、无线接入技术和接入网络的演进。本书主体部分给出了LTE的概要性技术综述, 并提供了有关协议结构、下行/上行传输机制以及与调度、重传、干扰控制相关机制的详细描述。

本书可作为移动通信行业技术人员的参考指南, 也是高等院校相关专业师生不可多得的教学参考书。

图灵电子与电气工程丛书

### 4G移动通信技术权威指南:LTE与LTE-Advanced

◆ 著 [瑞典] Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Sköld  
译 堵久辉 缪庆育

责任编辑 李 盼

执行编辑 李 瑛

◆ 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>  
北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.75

字数: 545千字

印数: 3 001 - 4 500册

2012年5月第1版

2012年6月北京第2次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-2663号

ISBN 978-7-115-27854-8

定价: 79.00元

读者服务热线: (010)51095186转604 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

# 版 权 声 明

*4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband* by Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Sköld,  
ISBN: 978-0-12-385489-6.

Copyright © 2011 by Elsevier. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation edition published by the Proprietor.

Copyright © 2012 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

All rights reserved.

Printed in China by POSTS & TELECOM PRESS under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 授权人民邮电出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区) 出版与销售。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

本书贴有 Elsevier 防伪标签, 无标签者不得销售。

# 译者序

时光荏苒，本书前版《3G 演进：HSPA 与 LTE》的中文版已出版整整两年。

两年中，国际 LTE 市场发生了翻天覆地的变化。随着 Telia 于 2009 年底在瑞典宣布了全球首映，2010 年至今在以 Verizon 为首的北美和韩日运营商的带动下，全球 LTE，特别是 LTE FDD，得到了高度关注和迅猛发展。截至 2011 年底，根据 GSA 统计，全球范围内 LTE 的覆盖人口已超过 2 亿，并且这一数字将在近两年保持高速增长的势头。

同时，这两年间，TD-LTE 在中国大陆也演绎着跌宕起伏的传奇故事。本书译者有幸紧密参与了这一决定中国通信行业未来发展的进程，并欣然亲历着这段对于信息通信工作者而言将永生难忘的时光。从 2010 年初的工信部实验室技术验证到年中启动的顺义怀柔小规模外场空口测试，再到 2011 年至今的六城市规模网络技术试验，TD-LTE 技术及相关产业链正逐步建立、健全，并根据不断变化的政策与市场需求进行及时调整和完善，期盼商用时刻的到来。

回顾前版，本书去除了 HSPA 部分，同时增加了 LTE-Advanced 内容，因此本书重点关注于 LTE 及其演进，以满足国际电联针对 4G 系统所定义的要求，这也是本书书名的由来。由于本书原作者一直紧密参与 3GPP 的所有会议以及会前会后的协调与沟通，因此他们对于 LTE 及 LTE-Advanced 标准制定过程及背后成因都非常清楚和了解，使得本书在内容与脉络上能够保持完备、清晰并具有一定深度。

整个翻译过程历时一年，在此过程中很多人对该书能够尽早出版付出了巨大努力。首先要感谢同为译者的缪庆育博士，从北邮到爱立信，缪庆育博士的兢兢业业与潜心科研一直是我学习的榜样。同时还要感谢图灵公司的傅志红老师以及李瑛、朱巍两位编辑的具体协调出版工作，在此感谢对于《3G 演进：HSPA 与 LTE》中文版中提出批评和建议的读者。由于译者语言和理论水平有限，恳请读者对本书翻译不当之处提出批评指正。最后，感谢我们的家人，你们的支持和理解永远是我们克服困难的坚强后盾。仅以此书献给我刚刚出生的可爱女儿。

堵久辉  
于望京科技园爱立信大厦  
2012 年 4 月

## 缩 略 词 表

|       |   |
|-------|---|
| 3GPP  | Third Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴项目   |
| 3GPP2 | Third Generation Partnership Project 2, 第三代合作伙伴项目 2   |
| ACIR  | Adjacent Channel Interference Ratio, 邻信道干扰功率比   |
| ACK   | Acknowledgement ( in ARQ protocols ), ( ARQ 协议中的 ) 确认指令   |
| ACLR  | Adjacent Channel Leakage Ratio, 相邻频道泄漏比   |
| ACS   | Adjacent Channel Selectivity, 邻道选择性   |
| AM    | Acknowledged Mode ( RLC configuration ), 确认模式 ( RLC 配置 )  |
| AMC   | Adaptive Modulation and Coding, 自适应调制编码   |
| A-MPR | Additional Maximum Power Reduction, 额外的最大功率减小   |
| AMPS  | Advanced Mobile Phone System, 高级移动电话系统  |
| AQPSK | Adaptive QPSK, 自适应 QPSK   |
| ARI   | Acknowledgement Resource Indicator, 确认资源指示  |
| ARIB  | Association of Radio Industries and Businesses, 日本无线工业及商贸联合会  |
| ARQ   | Automatic Repeat-reQuest, 自动重传请求  |
| AS    | Access Stratum, 接入层   |
| ATIS  | Alliance for Telecommunications Industry Solutions, 世界无线通讯解决方案联盟  |
| AWGN  | Additive White Gaussian Noise, 加性高斯白噪声  |
| BC    | Band Category, 频带类型   |
| BCCH  | Broadcast Control Channel, 广播控制信道   |
| BCH   | Broadcast Channel, 广播信道   |
| BER   | Bit-Error Rate, 误比特率  |
| BLER  | Block-Error Rate, 误块率   |
| BM-SC | Broadcast Multicast Service Center, 广播多播业务中心  |
| BPSK  | Binary Phase-Shift Keying, 二进制移相键控  |
| BS    | Base Station, 基站  |
| BSC   | Base Station Controller, 基站控制器  |
| BTS   | Base Transceiver Station, 基站收发台   |
| CA    | Carrier Aggregation, 载波聚合   |
| CC    | Convolutional Code ( in the context of coding ), or Component Carrier ( in the context of carrier aggregation ), 卷积码 ( 编码相关 ), 或组分载波 ( 载波聚合相关 ) |
| CCCH  | Common Control Channel, 公共控制信道  |
| CCE   | Control Channel Element, 控制信道元素   |
| CCSA  | China Communications Standards Association, 中国通信标准化协会   |
| CDD   | Cyclic-Delay Diversity, 循环延迟分集  |
| CDF   | Cumulative Density Function, 累积分布函数   |

---

|           |   |
|-----------|---|
| CDM       | Code-Division Multiplexing, 码分复用  |
| CDMA      | Code-Division Multiple Access, 码分多址   |
| CEPT      | European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, 欧洲邮电管理委员会                     |
| CN        | Core Network, 核心网   |
| CoMP      | Coordinated Multi-Point transmission/reception, 多点协作传输/接收   |
| CP        | Cyclic Prefix, 循环前缀   |
| CPC       | Continuous Packet Connectivity, 连续分组数据连接  |
| CQI       | Channel-Quality Indicator, 信道质量指示   |
| C-RAN     | Centralized RAN, 集中化无线接入网   |
| CRC       | Cyclic Redundancy Check, 循环冗余码校验  |
| C-RNTI    | Cell Radio-Network Temporary Identifier, 小区无线网络临时标识   |
| CRS       | Cell-specific Reference Signal, 小区特定的参考信号   |
| CS        | Circuit Switched ( or Cyclic Shift ), 电路交换 ( 或循环偏置 )  |
| CS        | Capability Set ( for MSR base stations ), 能力集合 ( 针对 MSR 基站 )  |
| CSA       | Common Subframe Allocation, 公共子帧分配  |
| CSG       | Closed Subscriber Group, 闭合用户组  |
| CSI       | Channel-State Information, 信道状态信息   |
| CSI-RS    | CSI reference signals, CSI 参考信号   |
| CW        | Continuous Wave, 连续波  |
| DAI       | Downlink Assignment Index, 下行分配指示   |
| DCCH      | Dedicated Control Channel, 专用控制信道   |
| DCH       | Dedicated Channel, 专用信道   |
| DCI       | Downlink Control Information, 下行控制信息  |
| DFE       | Decision-Feedback Equalization, 判决反馈均衡  |
| DFT       | Discrete Fourier Transform, 离散傅里叶变换   |
| DFTS-OFDM | DFT-Spread OFDM ( DFT-precoded OFDM, see also SC-FDMA ), DFT 扩频的 OFDM ( DFT 预编码的 OFDM, 参见 SC-FDMA ) |
| DL        | Downlink, 下行链路  |
| DL-SCH    | Downlink Shared Channel, 下行共享信道   |
| DM-RS     | Demodulation Reference Signal, 解调参考信号   |
| DRX       | Discontinuous Reception, 非连续接收  |
| DTCH      | Dedicated Traffic Channel, 专用业务信道   |
| DTX       | Discontinuous Transmission, 非连续传输   |
| DwPTS     | The downlink part of the special subframe ( for TDD operation ), 特殊子帧的下行部分 ( 针对 TDD 操作 )            |
| EDGE      | Enhanced Data rates for GSM Evolution, Enhanced Data rates for Global Evolution, 增强型数据速率 GSM 演进技术   |
| EGPRS     | Enhanced GPRS, 增强型 GPRS   |
| eNB       | eNodeB, eNodeB  |
| eNodeB    | E-UTRAN NodeB, E-UTRAN 的 NodeB  |
| EPC       | Evolved Packet Core, 演进的分组核心网   |

- EPS Evolved Packet System, 演进的分组数据系统
- ETSI European Telecommunications Standards Institute, 欧洲电信标准化协会
- E-UTRA Evolved UTRA, 演进的 UTRA
- E-UTRAN Evolved UTRAN, 演进的 UTRAN
- EV-DO Evolution-Data Only ( of CDMA2000 1x ), ( CDMA2000 1x 的 ) 演进——仅数据
- EV-DV Evolution-Data and Voice ( of CDMA2000 1x ), ( CDMA2000 1x 的 ) 演进——数据和语音
- EVM Error Vector Magnitude, 误差向量幅度
- FACH Forward Access Channel, 前向接入信道
- FCC Federal Communications Commission, 美国联邦通讯委员会
- FDD Frequency Division Duplex, 频分双工
- FDM Frequency-Division Multiplex, 频分复用
- FDMA Frequency-Division Multiple Access, 频分多址
- FEC Forward Error Correction, 前向纠错
- FFT Fast Fourier Transform, 快速傅里叶变换
- FIR Finite Impulse Response, 有限冲激响应
- FPLMTS Future Public Land Mobile Telecommunications Systems, 未来公共陆地移动通信系统
- FRAMES Future Radio Wideband Multiple Access Systems, 未来无线电宽频段多址系统
- FSTD Frequency Switched Transmit Diversity, 频率交换的传输分集
- GERAN GSM/EDGE Radio Access Network, GSM/EDGE 无线接入网
- GGSN Gateway GPRS Support Node, GPRS 网关支持节点
- GP Guard Period ( for TDD operation ), 保护间隔 ( 针对 TDD 操作 )
- GPRS General Packet Radio Services, 通用分组无线服务技术
- GPS Global Positioning System, 全球定位系统
- GSM Global System for Mobile communications, 全球移动通信系统
- HARQ Hybrid ARQ, 混合 ARQ
- HII High-Interference Indicator, 高干扰指示器
- HLR Home Location Register, 归属位置寄存器
- HRPD High Rate Packet Data, 高速分组数据
- HSDPA High-Speed Downlink Packet Access, 高速下行分组接入
- HSPA High-Speed Packet Access, 高速分组接入
- HSS Home Subscriber Server, 归属用户服务器
- HS-SCCH High-Speed Shared Control Channel, 高速共享控制信道
- ICIC Inter-Cell Interference Coordination, 小区间干扰协调
- ICS In-Channel Selectivity, 带内选择性
- ICT Information and Communication Technologies, 信息与通信技术
- IDFT Inverse DFT, 逆 DFT
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气和电子工程师协会
- IFDMA Interleaved FDMA, 交织 FDMA
- IFFT Inverse Fast Fourier Transform, 逆快速傅里叶变换
- IMT-2000 International Mobile Telecommunications 2000( ITU's name for the family of 3G standards ), 国际移动电话系统-2000 ( ITU 针对 3G 标准家族的命名 )



---

|              |   |
|--------------|---|
| IMT-Advanced | International Mobile Telecommunications Advanced (ITU's name for the family of 4G standards), 国际移动电话系统-高级 (ITU 针对 4G 标准家族的命名) |
| IP           | Internet Protocol, 互联网协议  |
| IR           | Incremental Redundancy, 增量冗余  |
| IRC          | Interference Rejection Combining, 干扰抑制合并  |
| ITU          | International Telecommunications Union, 国际电联  |
| ITU-R        | International Telecommunications Union-Radiocommunications Sector, 国际电信联盟无线电通信部   |
| J-TACS       | Japanese Total Access Communication System, 日本全接入通信系统   |
| LAN          | Local Area Network, 局域网   |
| LCID         | Logical Channel Index, 逻辑信道指示   |
| LDPC         | Low-Density Parity Check Code, 低密度奇偶校验码   |
| LTE          | Long-Term Evolution, 长期演进   |
| MAC          | Medium Access Control, 媒体接入控制   |
| MAN          | Metropolitan Area Network, 城域网  |
| MBMS         | Multimedia Broadcast/Multicast Service, 多媒体广播多播业务   |
| MBMS-GW      | MBMS gateway, MBMS 网关   |
| MBS          | Multicast and Broadcast Service, 多播广播业务   |
| MBSFN        | Multicast-Broadcast Single Frequency Network, 多播广播单频网   |
| MC           | Multi-Carrier, 多载波  |
| MCCH         | MBMS Control Channel, MBMS 控制信道   |
| MCE          | MBMS Coordination Entity, MBMS 协调实体   |
| MCH          | Multicast Channel, 多播信道   |
| MCS          | Modulation and Coding Scheme, 调制编码方式  |
| MDHO         | Macro-Diversity Handover, 宏分集切换   |
| MIB          | Master Information Block, 主信息块  |
| MIMO         | Multiple-Input Multiple-Output, 多人多出  |
| ML           | Maximum Likelihood, 最大似然  |
| MLSE         | Maximum-Likelihood Sequence Estimation, 最大似然序列估计  |
| MME          | Mobility Management Entity, 移动性管理实体   |
| MMS          | Multimedia Messaging Service, 多媒体短信服务   |
| MMSE         | Minimum Mean Square Error, 最小均方误差   |
| MPR          | Maximum Power Reduction, 最大功率减小   |
| MRC          | Maximum Ratio Combining, 最大比合并  |
| MSA          | MCH Subframe Allocation, MCH 子帧分配   |
| MSC          | Mobile Switching Center, 移动交换中心   |
| MSI          | MCH Scheduling Information, MCH 调度信息  |
| MSP          | MCH Scheduling Period, MCH 调度周期   |
| MSR          | Multi-Standard Radio, 多标准无线电  |
| MSS          | Mobile Satellite Service, 移动卫星服务  |
| MTCH         | MBMS Traffic Channel, MBMS 业务信道   |

- MU-MIMO Multi-User MIMO, 多用户 MIMO
- MUX Multiplexer or Multiplexing, 复用器或复用
- NAK, NACK Negative Acknowledgement (in ARQ protocols), (ARQ 协议中的) 非确认指令
- NAS Non-Access Stratum (a functional layer between the core network and the terminal that supports signaling and user data transfer), 非接入层
- NDI New-data indicator, 新数据指示
- NSPS National Security and Public Safety, 国家安全和公共安全
- NMT Nordisk MobilTelefon (Nordic Mobile Telephony), 北欧移动电话
- NodeB NodeB, a logical node handling transmission/reception in multiple cells. Commonly, but not necessarily, corresponding to a base station., 节点 B, 一个控制多个小区传输/接收的逻辑节点, 通常对应基站 (但并非一定如此)
- NS Network Signaling, 网络信令
- OCC Orthogonal Cover Code, 叠加正交码
- OFDM Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, 正交频分复用技术
- OFDMA Orthogonal Frequency-Division Multiple Access, 正交频分多址
- OI Overload Indicator, 超负荷指示
- OOB Out-Of-Band (emissions), 带外 (发射)
- PAPR Peak-to-Average Power Ratio, 峰均功率比
- PAR Peak-to-Average Ratio (same as PAPR), 峰均比 (同 PAPR)
- PARC Per-Antenna Rate Control, 每天线速率控制
- PBCH Physical Broadcast Channel, 物理广播信道
- PCCH Paging Control Channel, 寻呼控制信道
- PCFICH Physical Control Format Indicator Channel, 物理控制格式指示信道
- PCG Project Coordination Group (in 3GPP), (3GPP 的) 项目协调组
- PCH Paging Channel; 寻呼信道
- PCRF Policy and Charging Rules Function, 策略与计费规则功能
- PCS Personal Communications Systems, 个人通信系统
- PDA Personal Digital Assistant, 个人数字助理
- PDC Personal Digital Cellular, 个人数字蜂窝通信
- PDCCH Physical Downlink Control Channel, 物理下行控制信道
- PDCP Packet Data Convergence Protocol, 分组数据汇聚协议
- PDSCH Physical Downlink Shared Channel, 物理下行共享信道
- PDN Packet Data Network, 分组数据网
- PDU Protocol Data Unit, 协议数据单元
- PF Proportional Fair (a type of scheduler), 比例公平 (一种调度器)
- P-GW Packet-Data Network Gateway (also PDN-GW), 分组数据网关 (也称为 PDN-GW)
- PHICH Physical Hybrid-ARQ Indicator Channel, 物理混合 ARQ 指示信道
- PHS Personal Handy-phone System, 个人手持式电话系统
- PHY Physical layer, 物理层
- PMCH Physical Multicast Channel, 物理多播信道
- PMI Precoding-Matrix Indicator, 预编码矩阵指示

---

|         |   |
|---------|---|
| POTS    | Plain Old Telephony Services, 普通老式电话业务                          |
| PRACH   | Physical Random Access Channel, 物理随机接入信道                        |
| PRB     | Physical Resource Block, 物理资源块                                  |
| P-RNTI  | Paging RNTI, 寻呼 RNTI  |
| PS      | Packet Switched, 分组交换   |
| PSK     | Phase Shift Keying, 移相键控  |
| PSS     | Primary Synchronization Signal, 主同步信号                           |
| PSTN    | Public Switched Telephone Networks, 公共交换电话网                     |
| PUCCH   | Physical Uplink Control Channel, 物理上行控制信道                       |
| PUSC    | Partially Used Subcarriers ( for WiMAX ), 部分使用的自载波 ( 针对 WiMAX ) |
| PUSCH   | Physical Uplink Shared Channel, 物理上行共享信道                        |
| QAM     | Quadrature Amplitude Modulation, 正交幅度调制                         |
| QoS     | Quality-of-Service, 业务质量  |
| QPP     | Quadrature Permutation Polynomial, 正交多项式                        |
| QPSK    | Quadrature Phase-Shift Keying, 四相移相键控                           |
| RAB     | Radio Access Bearer, 无线接入承载                                     |
| RACH    | Random Access Channel, 随机接入信道                                   |
| RAN     | Radio Access Network, 无线接入网                                     |
| RA-RNTI | Random Access RNTI, 随机接入 RNTI                                   |
| RAT     | Radio Access Technology, 无线接入技术                                 |
| RB      | Resource Block, 资源块   |
| RE      | Resource Element, 资源单元  |
| RF      | Radio Frequency, 射频   |
| RI      | Rank Indicator, 秩指示   |
| RIT     | Radio Interface Technology, 无线接口技术                              |
| RLC     | Radio Link Control, 无线链路控制                                      |
| RNC     | Radio Network Controller, 无线网络控制器                               |
| RNTI    | Radio-Network Temporary Identifier, 无线网络临时指示                    |
| RNTP    | Relative Narrowband Transmit Power, 相对窄带发射功率                    |
| ROHC    | Robust Header Compression, 稳健的头压缩                               |
| R-PDCCH | Relay Physical Downlink Control Channel, 中继物理下行控制信道             |
| RR      | Round-Robin ( a type of scheduler ), 轮询 ( 一种调度器 )               |
| RRC     | Radio Resource Control, 无线资源控制                                  |
| RRM     | Radio Resource Management, 无线资源管理                               |
| RS      | Reference Symbol, 参考信号  |
| RSPC    | IMT-2000 radio interface specifications, IMT-2000 无线接口规范        |
| RSRP    | Reference Signal Received Power, 参考信号接收功率                       |
| RSRQ    | Reference Signal Received Quality, 参考信号接收质量                     |
| RTP     | Real Time Protocol, 实时协议  |
| RTT     | Round-Trip Time, 巡回时间   |
| RV      | Redundancy Version, 冗余版本  |

|         |   |
|---------|---|
| RX      | Receiver, 接收机   |
| S1      | The interface between eNodeB and the Evolved Packet Core., eNodeB 与 EPC 之间的接口   |
| S1-c    | The control-plane part of S1, S1 的控制平面  |
| S1-u    | The user-plane part of S1, S1 的用户平面   |
| SAE     | System Architecture Evolution, 系统架构演进   |
| SCM     | Spatial Channel Model, 空间信道模型   |
| SDMA    | Spatial Division Multiple Access, 空分多址  |
| SDO     | Standards Developing Organization, 标准开发组织   |
| SDU     | Service Data Unit, 业务数据单元   |
| SEM     | Spectrum Emissions Mask, 频谱发射模板   |
| SF      | Spreading Factor, 扩频因子  |
| SFBC    | Space-Frequency Block Coding, 空频块编码   |
| SFN     | Single-Frequency Network( in general, see also MBSFN )or System Frame Number( in 3GPP ), 单频网 (通常参见 MBSFN) 或 (3GPP 的) 系统帧号 |
| SFTD    | Space-Frequency Time Diversity, 空频时间分集  |
| SGSN    | Serving GPRS Support Node, GPRS 服务支持节点  |
| S-GW    | Serving Gateway, 服务网关   |
| SI      | System Information message, 系统信息  |
| SIB     | System Information Block, 系统信息块   |
| SIC     | Successive Interference Combining, 串行干扰合并   |
| SIM     | Subscriber Identity Module, 用户身份识别模块  |
| SINR    | Signal-to-Interference-and-Noise Ratio, 信噪比   |
| SIR     | Signal-to-Interference Ratio, 信干比   |
| SI-RNTI | System Information RNTI, 系统信息 RNTI  |
| SMS     | Short Message Service, 短信服务   |
| SNR     | Signal-to-Noise Ratio, 信噪比  |
| SOHO    | Soft Handover, 软切换  |
| SORTD   | Spatial Orthogonal-Resource Transmit Diversity, 空间正交资源发射分集  |
| SR      | Scheduling Request, 调度申请  |
| SRS     | Sounding Reference Signal, 探测参考信号   |
| SSS     | Secondary Synchronization Signal, 辅助同步信号  |
| STBC    | Space-Time Block Coding, 空时块编码  |
| STC     | Space-Time Coding, 空时编码   |
| STTD    | Space-Time Transmit Diversity, 空时发射分集   |
| SU-MIMO | Single-User MIMO, 单用户 MIMO  |
| TACS    | Total Access Communication System, 全接入通信系统  |
| TCP     | Transmission Control Protocol, 传输控制协议   |
| TC-RNTI | Temporary C-RNTI, 临时 C-RNTI   |
| TD-CDMA | Time-Division Code-Division Multiple Access, 时分码分多址   |
| TDD     | Time-Division Duplex, 时分双工  |
| TDM     | Time-Division Multiplexing, 时分复用  |

---

|          |  |
|----------|--|
| TDMA     | Time-Division Multiple Access, 时分多址  |
| TD-SCDMA | Time-Division-Synchronous Code-Division Multiple Access, 时分同步码分多址                  |
| TF       | Transport Format, 传输格式   |
| TIA      | Telecommunications Industry Association, 电信工业协会                                    |
| TM       | Transparent Mode (RLC configuration), 传输模式 (RLC 配置)                                |
| TR       | Technical Report, 技术报告   |
| TS       | Technical Specification, 技术标准  |
| TSG      | Technical Specification Group, 技术标准组   |
| TTA      | Telecommunications Technology Association, 电信技术协会                                  |
| TTC      | Telecommunications Technology Committee, 电信技术委员会                                   |
| TTI      | Transmission Time Interval, 传输时间间隔   |
| TX       | Transmitter, 发射机   |
| UCI      | Uplink Control Information, 上行控制信息   |
| UE       | User Equipment, the 3GPP name for the mobile terminal, 用户设备, 3GPP 对移动终端的命名         |
| UL       | Uplink, 上行链路   |
| UL-SCH   | Uplink Shared Channel, 上行共享信道  |
| UM       | Unacknowledged Mode (RLC configuration), 非确认模式 (RLC 配置)                            |
| UMB      | Ultra Mobile Broadband, 超移动宽带  |
| UMTS     | Universal Mobile Telecommunications System, 通用移动通信系统                               |
| UpPTS    | The uplink part of the special subframe (for TDD operation), 特殊子帧的上行部分 (针对 TDD 操作) |
| US-TDMA  | US Time-Division Multiple Access standard, 美国时分多址标准                                |
| UTRA     | Universal Terrestrial Radio Access, 通用陆地无线接入                                       |
| UTRAN    | Universal Terrestrial Radio Access Network, 通用陆地无线接入网                              |
| VAMOS    | Voice services over Adaptive Multi-user channels, 自适应多用户信道承载的语音业务                  |
| VoIP     | Voice-over-IP, IP 承载的语音  |
| VRB      | Virtual Resource Block, 虚拟资源块  |
| WAN      | Wide Area Network, 广域网   |
| WARC     | World Administrative Radio Congress, 世界无线电行政大会                                     |
| WCDMA    | Wideband Code-Division Multiple Access, 宽带码分多址                                     |
| WG       | Working Group, 工作组   |
| WiMAX    | Worldwide Interoperability for Microwave Access, 全球微波互接入                           |
| WLAN     | Wireless Local Area Network, 无线局域网   |
| WMAN     | Wireless Metropolitan Area Network, 无线城域网  |
| WP5D     | Working Party 5D, (ITU-R) 工作组第 5 研究组   |
| WRC      | World Radiocommunication Conference, 全球无线通信大会                                      |
| X2       | The interface between eNodeBs., eNodeB 之间的接口                                       |
| ZC       | Zadoff-Chu, Zadoff-Chu   |
| ZF       | Zero Forcing, 迫零   |

# 前 言

在过去的几年中，人们对无线接入技术的兴趣快速增长，希望通过这些技术为语音、视频和数据提供移动以及游牧和固定服务。电信与数据通信在设计、实现和应用上的差异也越来越不明显。例如，源于电信的蜂窝通信技术正用于提供宽带数据业务，而来自数据通信领域的无线局域网在为基于 IP 的话音服务。

当今，用于移动通信的最广泛的无线接入技术为数字蜂窝通信，截至 2010 年服务用户超过 50 亿，这超过了世界人口的一半以上。从最初只为少数车载用户提供昂贵语音业务的部署，到今天发展为多种移动通信设备的广泛应用。数字蜂窝通信可提供一系列移动服务，通常会包含摄像机、MP3 播放器和 PDA 等功能。随着这些移动通信的广泛应用以及人们对其兴趣的日益增长，可以预见移动通信技术将会持续演进。

本书介绍 LTE。LTE 是 3GPP (第三代合作伙伴项目) 标准，提供真正的 4G 宽带移动接入。LTE 的第一个版本是第 8 版，经过一系列演进发展，目前，LTE 的最新版本为第 10 版。第 10 版也被称为 LTE-Advanced，因为它是 ITU 通过的、满足 IMT-Advanced 需求的主要技术，所以备受瞩目。本书内容基于 LTE Rel-10，自下而上完整描述了 LTE-Advanced 无线通信技术。

第 1 章介绍了 LTE 及其演进的背景信息，还关注了参与 4G 定义过程的不同标准化实体和机构。同时还讨论了该演进背后的原因和驱动力。

第 2 章到第 6 章更为深入地讨论了 LTE 及其演进的部分内容。由于其通用特性，这些章节不仅可用作本书所描述 LTE 内容的背景知识，同时也可供那些想了解其他系统（如 WCDMA/HSPA、WiMAX 和 CDMA2000）背景技术的读者参考。

第 7 章到第 17 章是本书的主要部分。第 7 章给出了 LTE 的概要性技术综述，其中最重要的技术内容均以之前章节描述的通用技术为基础。后续章节详细描述了协议结构、下行/上行传输机制，以及与调度、重传、干扰控制相关的机制，并介绍了广播操作和中继功能，之后讨论了频谱灵活性以及射频方面的相关需求。

第 18 章到第 20 章评估了 LTE 性能。通过对其他标准实体中开发的类似技术的概述可知，3GPP 的演进中采纳的技术也同样应用于许多其他系统。最后，展望未来，这种演进不会止步于 LTE-Advanced，而会在 LTE 中继续添加新功能来满足未来要求。

# 致 谢

我们感谢为此书做出贡献，对内容提供建议和意见，以及参与 LTE 开发团队并做出巨大贡献的所有爱立信同事。

标准化过程涉及来自世界各地的人士，我们感谢来自无线通信行业的同事们，特别是 3GPP RAN 组的伙伴。没有他们的工作以及对标准化领域的贡献，本书是不可能完成的。

最后，我们对家人表示深深的感谢，感谢他们在本书撰写的漫长时间里对我们的容忍和支持。

# 目 录

|                             |    |                         |    |
|-----------------------------|----|-------------------------|----|
| 第 1 章 LTE 背景                | 1  | 3.8.3 循环前缀长度            | 28 |
| 1.1 引言                      | 1  | 3.9 瞬时传输功率变化            | 29 |
| 1.2 LTE之前的移动通信系统演进          | 1  | 3.10 OFDM用户复用/多址接入方案    | 29 |
| 1.3 ITU活动                   | 3  | 3.11 OFDM和多小区广播/多播传输    | 31 |
| 1.3.1 IMT-2000和IMT-Advanced | 3  | 第 4 章 宽带“单载波”传输         | 33 |
| 1.3.2 IMT系统的频谱              | 5  | 4.1 均衡对抗无线信道频率选择性       | 33 |
| 1.4 LTE驱动力                  | 5  | 4.1.1 时域线性均衡            | 33 |
| 1.5 LTE的标准化                 | 7  | 4.1.2 频域均衡              | 35 |
| 1.5.1 标准化进程                 | 7  | 4.1.3 其他均衡器策略           | 37 |
| 1.5.2 3GPP流程                | 8  | 4.2 具备灵活带宽分配的上行链路       |    |
| 1.5.3 3G向4G的演进              | 9  | FDMA                    | 37 |
| 第 2 章 移动通信中的高数据速率           | 11 | 4.3 DFT扩展OFDM           | 38 |
| 2.1 高数据速率：基本约束              | 11 | 4.3.1 基本原理              | 38 |
| 2.1.1 噪声受限场景下的高数据速率         | 12 | 4.3.2 DFTS-OFDM接收机      | 40 |
| 2.1.2 干扰受限时的更高数据速率          | 13 | 4.3.3 使用DFTS-OFDM的用户复用  | 41 |
| 2.2 有限带宽的更高数据速率：更高阶调制       | 14 | 4.3.4 分布式DFTS-OFDM      | 41 |
| 2.2.1 与信道编码相结合的更高阶调制        | 14 | 第 5 章 多天线技术             | 43 |
| 2.2.2 瞬时发送功率的变化             | 15 | 5.1 多天线配置               | 43 |
| 2.3 包含多载波传输的更宽带宽            | 15 | 5.2 采用多天线技术的好处          | 44 |
| 第 3 章 OFDM 传输               | 19 | 5.3 多根接收天线              | 44 |
| 3.1 OFDM基本原理                | 19 | 5.4 多根发射天线              | 48 |
| 3.2 OFDM解调                  | 21 | 5.4.1 发射天线分集            | 48 |
| 3.3 用IFFT/FFT实现OFDM         | 21 | 5.4.2 发射端的波束赋形          | 50 |
| 3.4 插入循环前缀                  | 23 | 5.5 空分复用                | 53 |
| 3.5 OFDM传输的频域模型             | 24 | 5.5.1 基本原理              | 53 |
| 3.6 信道估计和参考符号               | 25 | 5.5.2 基于预编码的空分复用        | 55 |
| 3.7 OFDM频率分集：信道编码的重要性       | 26 | 5.5.3 非线性接收机处理          | 56 |
| 3.8 OFDM基本参数选择              | 27 | 第 6 章 调度、链路自适应和 HARQ 技术 | 58 |
| 3.8.1 OFDM子载波间隔             | 27 | 6.1 链路自适应：功率和速率控制       | 58 |
| 3.8.2 子载波数目                 | 28 | 6.2 信道相关调度              | 60 |
|                             |    | 6.2.1 下行链路调度            | 60 |



|              |                       |           |               |                           |            |
|--------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------------|------------|
| 6.2.2        | 上行链路调度                | 63        | 9.5.3         | LTE与TD-SCDMA共存            | 104        |
| 6.2.3        | 频域内的链路自适应和信道<br>相关调度  | 64        | <b>第 10 章</b> | <b>下行物理层传输机制</b>          | <b>105</b> |
| 6.2.4        | 信道状态信息的获取             | 64        | 10.1          | 下行传输信道处理                  | 105        |
| 6.2.5        | 业务行为与调度               | 65        | 10.1.1        | 处理步骤                      | 105        |
| 6.3          | 高级重传机制                | 66        | 10.1.2        | 集中和分布的资源映射                | 110        |
| 6.4          | 带有软合并的HARQ            | 67        | 10.2          | 下行参考信号                    | 112        |
| <b>第 7 章</b> | <b>LTE 无线接入：概述</b>    | <b>70</b> | 10.2.1        | 小区特定的下行参考信号               | 113        |
| 7.1          | 基本原理                  | 71        | 10.2.2        | 解调参考信号                    | 115        |
| 7.1.1        | 传输机制                  | 71        | 10.2.3        | CSI参考信号                   | 116        |
| 7.1.2        | 信道相关调度和速率自适应          | 72        | 10.3          | 多天线传输                     | 119        |
| 7.1.3        | 小区间干扰协调               | 73        | 10.3.1        | 发射分集                      | 120        |
| 7.1.4        | 带有软合并的混合ARQ           | 73        | 10.3.2        | 基于码本的预编码                  | 122        |
| 7.1.5        | 多天线传输                 | 73        | 10.3.3        | 非码本预编码                    | 125        |
| 7.1.6        | 频谱灵活性                 | 74        | 10.3.4        | 下行多用户MIMO                 | 126        |
| 7.2          | LTE第9版                | 76        | 10.4          | 下行L1/L2控制信令               | 127        |
| 7.2.1        | 多播和广播的支持              | 76        | 10.4.1        | 物理控制格式指示信道                | 129        |
| 7.2.2        | 定位                    | 76        | 10.4.2        | 物理混合ARQ指示信道               | 131        |
| 7.2.3        | 双流波束赋形                | 76        | 10.4.3        | 物理下行控制信道                  | 133        |
| 7.3          | LTE第10版以及IMT-Advanced | 76        | 10.4.4        | 下行调度分配                    | 134        |
| 7.3.1        | 载波聚合                  | 77        | 10.4.5        | 上行调度请求                    | 140        |
| 7.3.2        | 扩展的多天线传输              | 77        | 10.4.6        | 载波聚合和载波间调度                | 143        |
| 7.3.3        | 中继                    | 78        | 10.4.7        | 功率控制命令                    | 144        |
| 7.3.4        | 异构部署                  | 78        | 10.4.8        | PDCCH处理                   | 144        |
| 7.4          | 终端能力                  | 78        | 10.4.9        | PDCCH的盲解码                 | 148        |
| <b>第 8 章</b> | <b>无线接口架构</b>         | <b>80</b> | <b>第 11 章</b> | <b>上行物理层处理</b>            | <b>151</b> |
| 8.1          | 总体系统架构                | 80        | 11.1          | 传输信道处理                    | 151        |
| 8.1.1        | 核心网                   | 80        | 11.1.1        | 处理步骤                      | 151        |
| 8.1.2        | 无线接入网络                | 81        | 11.1.2        | 映射到物理资源                   | 153        |
| 8.2          | 无线协议架构                | 82        | 11.1.3        | PUSCH跳频                   | 154        |
| 8.2.1        | 无线链路控制                | 84        | 11.2          | 上行参考信号                    | 156        |
| 8.2.2        | 媒体接入控制                | 85        | 11.2.1        | 上行解调参考信号                  | 156        |
| 8.2.3        | 物理层                   | 90        | 11.2.2        | 上行探测参考信号                  | 161        |
| 8.3          | 控制平面协议                | 91        | 11.3          | 上行多天线传输                   | 164        |
| <b>第 9 章</b> | <b>物理传输资源</b>         | <b>94</b> | 11.3.1        | 基于预编码的PUSCH多天线<br>传输      | 164        |
| 9.1          | 总的时频结构                | 94        | 11.3.2        | 上行多用户MIMO                 | 167        |
| 9.2          | 常规子帧和MBSFN子帧          | 97        | 11.3.3        | PUCCH发送分集                 | 168        |
| 9.3          | 载波聚合                  | 98        | 11.4          | 上行L1/L2控制信令               | 168        |
| 9.4          | LTE载波的频域位置            | 100       | 11.4.1        | 在PUCCH上传输的上行<br>L1/L2控制信令 | 169        |
| 9.5          | 双工方式                  | 101       | 11.4.2        | 在PUSCH上传输的上行<br>L1/L2控制信令 | 180        |
| 9.5.1        | 频分双工 (FDD)            | 101       |               |                           |            |
| 9.5.2        | 时分双工                  | 102       |               |                           |            |