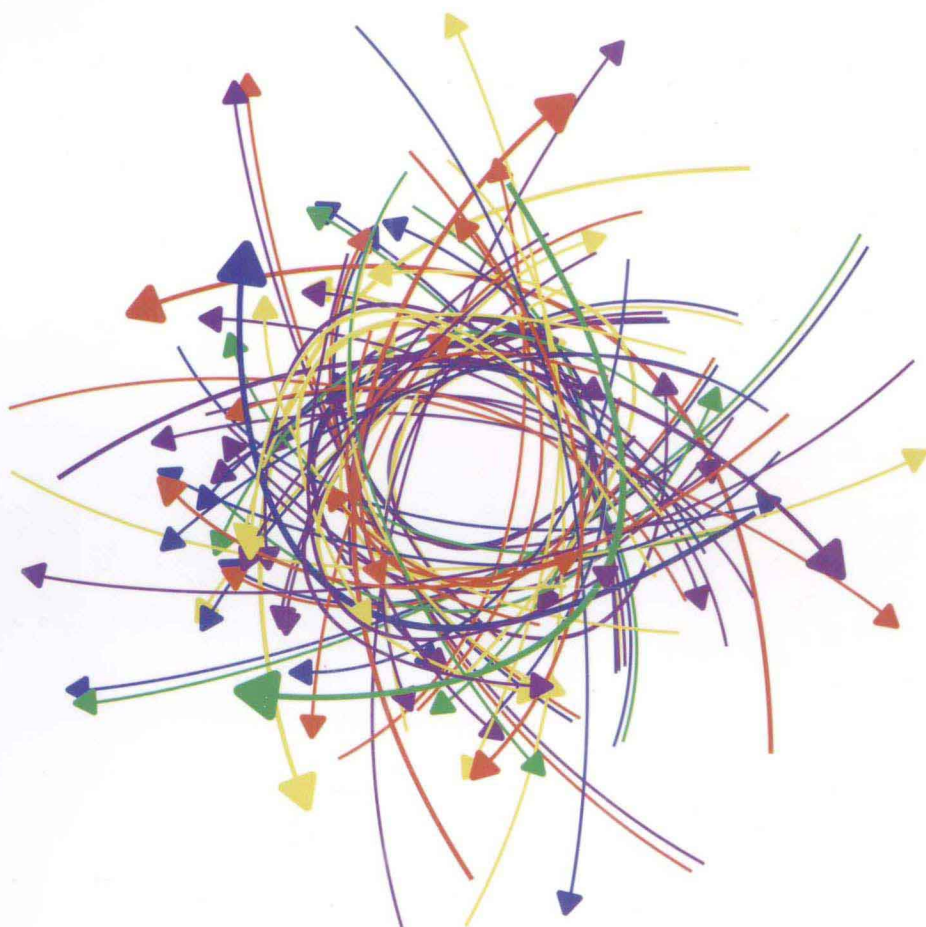


高端信息技术图书



无线通信新协议与新算法

● 吴湛击 编著 ●



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

无线通信新协议与新算法

吴湛击 编 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书有 3 部分、共分 12 章,包括移动通信发展概述、LTE 概述、LTE 物理层协议、LTE 无线传输系统设计、应用于 LTE 的联合编码调制技术、适用于 LTE 的联合编码调制分集技术性能仿真、无线局域网发展概述、IEEE 802.11ac 标准介绍、IEEE 802.11ah 标准介绍、IEEE 802.11ad 标准介绍、适用于无线局域网的联合编码调制分集技术、无线体域网标准介绍等内容。

本书内容丰富、层次清晰,可作为高等院校通信与电子系统方面的研究生教材,也适合作为 LTE 或 IEEE 802.11 协议标准方面的研发人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

无线通信新协议与新算法 / 吴湛击编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.6
ISBN 978-7-121-20049-6

I. ①无… II. ①吴… III. ①无线电通信 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 061654 号

责任编辑: 董亚峰 特约编辑: 王 纲

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 25 字数: 640 千字

印 次: 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 59.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

作为下一代移动通信技术，LTE 能够实现海量数据的快速传输，它经济、高效，使频谱使用达到最佳效果。随着速度的提高和时延的缩短，专业用户能在移动状态中，轻松使用如视频通信和在线游戏等各种应用。LTE 是当前通信领域中的一项重要技术突破，也是实现未来高速宽带通信的关键技术之一，无论在 B3G 或 4G 移动通信中，还是在未来无线互联网多媒体通信中都有着广阔的应用前景。

自 2004 年年底 3G 长期演进（LTE）研究与标准化工作以来，标准组经历了 8 年多紧张的工作，已经完成了 R8、R9、R10 三个版本标准的制定。但 LTE 作为一项几乎全新的技术与之前的移动通信技术在很多方面有着巨大的差异，为此就需要越来越多与 LTE 相关的文章和书籍来帮助读者学习。本书首先介绍了 LTE 的基本原理及应用，适合于入门读者，同时针对 MAC 架构和物理层关键技术进行了详细的介绍，加入了作者在该领域的多年潜心研究成果，可满足从事相关课题研究与系统研制人员的研发需要。

与此同时，随着无线通信技术的广泛应用，传统局域网络已经越来越不能满足人们的需求了，于是无线局域网应运而生。802.11 是 IEEE 最初制定的一个无线局域网标准，用于解决办公室局域网和校园网中的用户与用户终端的无线接入。从最初的主流标准 802.11a、802.11b 到如今的 802.11n，以及正在讨论制定的 802.11ac、802.11ad 等，无线通信技术已经逐步走向了成熟阶段。

无线网络的优势有目共睹，然而对于以上所述各协议，国内介绍相关内容的书籍少之又少。作者长期从事相关协议的研究工作，现为 IEEE 标准协会投票会员，对于推进协议的进展做出了一定的贡献。为帮助国内读者了解最新相关的协议动态，作者花了较长时间，对自己在协议方面的相关工作做了一定的整理，以供大家参考。本书与其他同类书籍的不同之处在于，在用文字对协议标准进行解读的同时，还用大量的图形进行了分析，为读者说明了标准制定的依据，这样更有利于读者对协议的理解与应用。本书立足最新 IEEE 协议讨论发展动向，选取最新协议标准 IEEE 802.11ac、ah、ad 作为介绍对象，这些标准都处于讨论成形的关键时期，本书的介绍有助于提高我国科研人员对相关标准的进一步了解。

除此之外，本书还针对无线体域网进行了较为深入的介绍说明。IEEE 802.15.6 协议标准是目前国际上公认的一款适用于健康信息采集的未来超短距无线体域网协议标准。本书针对该协议进行了详细的介绍，书中的成果有助于提高我国在相关领域的技术标准优势。

本书可作为高等院校通信与电子系统方面的研究生教材或参考书，也可作为 LTE 或

IEEE 802.11 协议标准方面研发人员的参考书。

本书的研究工作得到了国家重大专项（2009ZX03003-011-03）、国家自然科学基金（60702050 和 61171101）和教育部重点研究项目（109013）的大力资助，我们对这些单位深表谢意。本书也得到了吴伟陵和王文博教授的很多指导和帮助，同时孙韶辉、孟德香、梁双春、刘光毅、罗振东、彭涛、黄善国、李云洲、吴斌、费泽松、程龙龙、周一青、肖治宇、常德远、郑辰、孙博等博士也给予了很多宝贵建议和帮助，也一并致以由衷的谢意。我指导的研究生高翔、吴广豪、王悦超、史永涛等同学也做了大量的工作和贡献，也向他们表达谢意。

由于作者学识有限，书中难免有错误之处，希望读者不吝赐教。

作 者

2012 年 12 月

目 录

第 1 部分 背景及概述

第 1 章 移动通信发展概述	2
1.1 移动通信发展历程	2
1.2 目前移动通信的发展情况	6
1.3 未来移动通信的发展趋势	9
1.4 本书结构	11
1.5 本章小结	11

第 2 部分 LTE 标准介绍

第 2 章 LTE 概述	14
2.1 LTE 简介	14
2.2 LTE 启动背景	14
2.3 3GPP 简介	15
2.3.1 3GPP 的组织结构	15
2.3.2 3GPP 技术规范的版本划分	16
2.4 LTE 技术特点	21
2.5 LTE 基本需求	21
2.5.1 峰值速率和峰值频谱效率	22
2.5.2 小区吞吐量和频谱效率	23
2.5.3 语音容量	23
2.5.4 移动性和小区范围	24
2.5.5 广播模式性能	24
2.5.6 用户平面时延	24
2.5.7 控制平面时延和容量	25
2.6 LTE 无线传输技术介绍	25
2.6.1 双工方式	25
2.6.2 多址技术	27
2.6.3 MIMO 技术	30
2.7 LTE 与 HSDPA、WiMAX 对比	41
2.7.1 调制技术	41
2.7.2 ARQ 机制	41

2.7.3	资源管理调度机制	42
2.7.4	网络结构	43
2.8	本章小结	45
第 3 章	LTE 物理层协议	46
3.1	物理层概述	47
3.1.1	协议框架	47
3.1.2	物理层功能	47
3.1.3	物理层协议概要	48
3.1.4	帧结构	49
3.2	上行物理信道与调制	51
3.2.1	物理信道和物理信号	51
3.2.2	时隙结构和物理资源粒子	51
3.2.3	物理上行共享信道	52
3.2.4	物理上行控制信道	57
3.2.5	参考信号	63
3.2.6	伪随机序列产生	72
3.3	下行物理信道与调制	72
3.3.1	物理信道和物理信号	72
3.3.2	时隙结构和物理资源粒子	73
3.3.3	下行物理信道的一般结构	75
3.3.4	物理下行共享信道	84
3.3.5	物理多播信道	85
3.3.6	物理广播信道	85
3.3.7	物理控制格式指示信道	86
3.3.8	物理下行控制信道	87
3.3.9	物理 HARQ 指示信道	89
3.3.10	参考信号	93
3.3.11	同步信号	102
3.3.12	OFDM 基带信号的产生	105
3.3.13	调制和上变换	106
3.4	本章小结	106
第 4 章	信道编码与物理过程	107
4.1	复用与信道编码	107
4.1.1	一般流程	107
4.1.2	上行传输信道和控制信息	117
4.1.3	下行传输信息和控制信息	137
4.2	物理层过程	152
4.2.1	同步过程	152
4.2.2	功率控制	152

4.2.3	随机接入过程	155
4.2.4	物理下行共享信道相关过程	155
4.2.5	物理上行共享信道相关过程	157
4.2.6	物理下行控制信道过程	159
4.2.7	物理上行控制信道过程	161
4.3	物理层测量	161
4.3.1	UE/E-UTRAN 的测量控制	161
4.3.2	用于 E-UTRA 的测量能力	162
4.4	本章小结	165
第 5 章	LTE 无线传输系统设计	166
5.1	资源映射与调度	166
5.1.1	下行资源映射	166
5.1.2	上行资源映射	171
5.1.3	资源调度和 CQI 测量	173
5.2	协议框架	175
5.2.1	协议总框架	175
5.2.2	无线接口协议栈	177
5.2.3	层 1 (L1) 协议框架	178
5.2.4	层 2 (L2) 协议框架	180
5.2.5	层 3 (L3) 协议框架	184
5.3	本章小结	187
第 6 章	应用于 LTE 的联合编码调制技术	188
6.1	联合编码调制分集技术背景	188
6.2	联合编码调制分集技术概述	188
6.3	适用于 LTE 的联合编码调制分集技术	191
6.3.1	适用于 LTE 的 JCMD-SISO-OFDM 系统	191
6.3.2	适用于 LTE 的 JCMD-MIMO-OFDM 系统	192
6.3.3	适用于 LTE 的联合编码调制分集关键技术	193
6.4	适用于 LTE 的 JCMD-SISO-OFDM 系统仿真分析	200
6.4.1	仿真参数	200
6.4.2	最优旋转角度	201
6.4.3	仿真曲线	201
6.4.4	仿真总结	204
6.5	适用于 LTE 的 JCMD-MIMO-OFDM 系统仿真分析	205
6.5.1	最优旋转角度	206
6.5.2	仿真曲线	206
6.5.3	仿真总结	208
6.6	本章小结	208

第3部分 IEEE 802.11 无线标准介绍

第7章 无线局域网发展概述	210
7.1 无线局域网概述	210
7.2 无线局域网发展历程	210
7.3 无线局域网特点	212
7.4 未来无线局域网的发展方向	212
7.5 本章小结	213
第8章 IEEE 802.11ac 标准介绍	214
8.1 IEEE 802.11ac 标准背景介绍	214
8.2 IEEE 802.11ac 标准的主要特征	214
8.3 IEEE 802.11ac 标准的环境与应用场景	215
8.4 MAC 帧格式	215
8.4.1 帧的一般格式	215
8.4.2 各种帧字段的格式	216
8.4.3 各种帧类型的格式	228
8.5 物理层	244
8.5.1 信道划分	244
8.5.2 802.11ac 物理层关键技术	244
8.5.3 传输框图	246
8.5.4 时间相关参数	248
8.5.5 VHT 数据字段	249
8.5.6 传输波束赋形	264
8.6 VHT MCS 参数	272
8.7 附录	273
8.8 本章小结	276
第9章 IEEE 802.11ah 标准介绍	277
9.1 IEEE 802.11ah 标准背景介绍	277
9.2 IEEE 802.11ah 标准主要特征	277
9.3 IEEE 802.11ah 标准的环境与应用场景	277
9.4 MAC 层	278
9.5 物理层	278
9.5.1 信道划分	279
9.5.2 数据发送流程图	280
9.5.3 MCS0- 2x Repetition mode	280
9.5.4 编码调制方案	281
9.5.5 子载波	281
9.5.6 空间复用	281
9.6 802.11ah 信道模型	281

9.6.1 室内信道模型	282
9.6.2 室外信道模型	283
9.7 兼容 MCS0-BCC 传输方案	284
9.7.1 传输方案方框图	284
9.7.2 BCC 编码器介绍	284
9.7.3 仿真分析	285
9.8 本章小结	286
第 10 章 IEEE 802.11ad 标准介绍	287
10.1 IEEE 802.11ad 标准背景介绍	287
10.2 MAC 帧格式及 MAC 架构	288
10.2.1 MAC 帧格式	288
10.2.2 MAC 架构	288
10.3 DBand 物理层	290
10.3.1 信道划分	290
10.3.2 传输掩谱	291
10.3.3 时间相关参数	291
10.3.4 信号的数学描述	292
10.3.5 OFDM PHY 和 SC PHY 的头检测序列	293
10.3.6 加窗函数	293
10.3.7 LDPC 校验矩阵	294
10.3.8 加扰	295
10.3.9 DBand 控制 PHY	295
10.3.10 DBand OFDM PHY	298
10.3.11 DBand SC PHY	304
10.3.12 DBand 低功率 SC PHY	308
10.3.13 传输波束赋形	311
10.3.14 格雷序列	314
10.4 本章小结	315
第 11 章 适用于无线局域网的联合编码调制分集技术	316
11.1 适用于无线局域网的联合编码调制分集方案	316
11.2 适用于无线局域网的联合编码调制分集技术性能仿真	317
11.2.1 802.11ac 标准中的相关仿真	317
11.2.2 802.11ah 标准中的相关仿真	320
11.3 本章小结	322
第 12 章 无线体域网标准介绍	323
12.1 无线体域网简介	323
12.2 IEEE 802.15.6 标准简介	324
12.3 MAC 帧格式及 MAC 功能	324
12.3.1 MAC 帧格式	324

12.3.2	MAC 功能	325
12.4	窄带物理层	335
12.4.1	数据速率相关参数	335
12.4.2	PLCP 前导码	337
12.4.3	PLCP 帧头	338
12.4.4	PSDU	341
12.4.5	调制	344
12.4.6	需求	346
12.4.7	窄带物理层仿真与研究	347
12.5	超宽带物理层	352
12.5.1	操作模式	352
12.5.2	UWB 物理层帧结构	352
12.5.3	PSDU 构建	352
12.5.4	PHR 构建	355
12.5.5	同步帧头	357
12.5.6	IR-UWB 符号结构	358
12.5.7	UWB 调制	360
12.5.8	IR-UWB PSDU 时间参数	364
12.5.9	频段划分和发送掩谱	365
12.5.10	IR-UWB 脉冲成形	366
12.5.11	类型 II 混合 ARQ 机制	369
12.5.12	FM-UWB	370
12.6	人体通信物理层	372
12.6.1	HBC 包结构	373
12.6.2	HBC 发送机	373
12.6.3	PLCP 前导码	374
12.6.4	物理层帧头	376
12.6.5	PSDU	377
12.7	本章小结	379
术语表		380
参考文献		386

第1部分

背景及概述

第1章

移动通信发展概述

1.1 移动通信发展历程

当今社会，移动通信技术和市场都在飞速发展，在新技术和市场需求的共同作用下，未来移动通信将向综合化、全球化、个人化的方向发展，逐步形成移动互联网。

回顾移动通信的发展历程，可以说其从无线电发明之日就已经产生了。自 1896 年意大利人马可尼首次用人造电磁波传播信息至今，无线通信已经有了 100 多年的历史。但现代意义上的移动通信的发展则要追溯到 20 世纪 20 年代初期。

1928 年，美国 Purdue 大学发明了工作于 2MHz 的超外差无线接收机，并在底特律警察局中使用了车载无线电通信，这是世界上第一部可以工作的移动通信系统。20 世纪 30 年代初，第一部调幅制式的双向移动通信系统在美国新泽西警察局投入使用，20 世纪 30 年代末，第一部调频制式的移动通信系统诞生，且表明调频制式的移动通信系统比调幅制式的移动通信系统更加有效。第二次世界大战期间，军事上的需求促使技术快速进步，因而推动了移动通信的飞速发展，战后，军事移动通信技术逐渐应用到了民用领域。至 20 世纪 50 年代，美国和欧洲部分国家相继成功研制了公用移动电话系统，在技术上实现了移动电话系统与公众电话网络的互通。从 20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代中期^[1]，美国推出了改进型移动电话系统，使用了 150MHz 和 450MHz 频段，从而可以自动接入公用电话网。直到 20 世纪 70 年代中后期，美国贝尔实验室提出了在移动通信发展史上具有里程碑意义的小区制和蜂窝组网的理论，才有效地解决了移动通信中由于用户数量的激增所带来的大量问题，例如，有限的频谱供给，低下的信息传输效率等。至此，开启了蜂窝移动通信发展的新时代，从此移动通信系统在全世界开始得到了广泛的应用。

迄今为止，蜂窝移动通信的发展已经经历了几次大的变革，从最初的模拟移动通信系统到第二代的数字移动通信系统，再到 3G，到如今发展使用中的 LTE 和未来的 4G，移动通信的每一次变革都为用户带来了更加先进的技术和更加优越的性能。

1. 第一代蜂窝移动通信系统——模拟移动通信系统

第一代移动通信系统（1G）是指最初的模拟、仅限语音的蜂窝电话标准，制定于 20 世纪 80 年代。第一代移动通信系统主要采用模拟技术和频分多址（Frequency Division Multiple Access, FDMA）技术。此系统使用单个大功率的发射机和高塔，覆盖地区超过 50km，仅能以半双工模式提供语音服务，使用 120kHz 带宽。这样，后来发展了蜂窝无线电话的原理和技术。利用在地域上将覆盖范围划分成小单元，每个单元复用频带的一部分以提高频带的利用率，从系统构造和技术原理可知，受到传输带宽的限制，第一代系统不能进行长途漫游，只能是一种区域性的移动通信系统。具有代表性的第一代移动通信系统有美国的 AMPS 系统、英国的 ETACS 系统、法国的 450 系统、北欧的 NMT-450 系统以及我国主要采用的 TAOS 系统等（表 1-1）。第一代移动通信有很多不足之处，比如容量有限、制式太多、互不兼容、保密性差、通话质量不高、不能提供数据业务、不能提供自动漫游等。

表 1-1 第一代蜂窝移动通信系统^[2]

系统名称	地区	信道数	信道带宽 kHz	（上行/下行频率）MHz
AMPS	美国	832	30	824~849/869~894
TACS	欧洲	1000	25	890~915/935~960
ETACS	美国	1240	25	872~905/935~960
NMT-450	欧洲	180	25	453~457.5/463~467.5
NMT-900	欧洲	1999	12.5	890~915/935~960
C-450	葡萄牙	573	10	450~455.74/460~465.74
RTMS	意大利	200	25	450~455/460~465
NTT	日本	600/2400	25/6.25	925~940/870~885
		560	6.25	915~918.5/860~863.5
		480	6.25	922~925/867~870
JTACS NTACS	日本	400/800	25/12.5	915~925/860~870
		120/240	25/12.5	898~901/843~846
		280	12.5	918.5~922/863.5~867

2. 第二代蜂窝移动通信系统——数字移动通信系统

为了解决第一代移动通信系统中存在的一系列缺陷，第二代移动通信系统（2G）开始使用数字调制技术来解决模拟系统所带来的问题，引入数字无线电技术组成的数字蜂窝移动通信系统，提供更高的网络容量，改善了话音质量和保密性，并为用户提供无缝的国际漫游。

1992 年欧洲开始铺设全球第一个数字蜂窝移动通信网络——GSM（Globe System Mobile），由于其优良的性能，使得 GSM 在全球都得到了广泛的应用。随后，美国的 DAMPS 和日本的 JDC 等也相继投入使用，1993 年美国推出了基于码分多址技术（Code Division Multiplex Access, CDMA）的 IS-95 系统。这也是如今 3G 系统中的 CDMA2000 的前身。

GSM 技术用的是窄带 TDMA，允许在一个射频（即蜂窝）同时进行 8 组通话。它是根据欧洲标准而确定的频率范围在 900~1800MHz 之间的数字移动电话系统，频率为 1800MHz 的系统也被美国采纳。GSM 是 1991 年开始投入使用的。到 1997 年底，已经在 100 多个国家运营，成为欧洲和亚洲实际上的标准。GSM 数字网也具有较强的保密性和抗干扰性，音质清晰，通话稳定，并具备容量大、频率资源利用率高、接口开放、功能强大等优点。不过它能提供

的数据传输速率仅为 9.6kbps，和五六年前用固定电话拨号上网的速度相当，而当时的 Internet 几乎只提供纯文本的信息。

针对 GSM 通信出现的缺陷，人们在 2000 年又推出了一种新的通信技术 GPRS，该技术是在 GSM 的基础上的一种过渡技术。GPRS 的推出标志着人们在 GSM 的发展史上迈出了意义最重大的一步，GPRS 在移动用户和数据网络之间提供了一种连接，给移动用户提供了高速无线 IP 和 X.25 分组数据接入服务。在这之后，通信运营商们又推出了 EDGE 技术，这种通信技术是一种介于 2G 和 3G 之间的过渡技术，因此也有人称它为“2.5G”技术，它有效提高了 GPRS 信道编码效率，允许高达 384kbps 的数据传输速率。

基于 CDMA 的 IS-95 载波频宽为 1.25MHz，每个载频含有 64 个信道，可工作在 800MHz 或 1900MHz，使用 800MHz 的 CDMA 系统称为蜂窝系统；使用 1900MHz 的 CDMA 系统称为 PCS 系统。IS-95 系统中采用了扩频、RAKE 接收及功率控制等关键技术，具有良好的抗干扰特性，极大地提高了系统容量。由于 CDMA 系统在提高系统容量和抗干扰及无线衰落等方面优势较为明显，这也使得 CDMA 技术成为了第三代通信系统中的核心技术。但由于 IS-95 起步较晚，且其在高层信令和网路层考虑不足，使其市场份额远低于已经较为成熟的 GSM 网络。

总之，第二代蜂窝移动通信系统主要采用 TDMA 技术或 CDMA 技术（表 1-2），二者都具有频谱利用率高、保密性好和语音质量好等特点，既可以支持语音业务，也可以支持低速数据业务，不过，随着数据业务需求的不断增长，2G 系统在频谱利用率、系统容量上的局限性日益明显。

表 1-2 第二代蜂窝移动通信系统的使用情况

系统名称	GSM	IS-54	PDC	IS-95
多址方式	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
上行/下行频率（MHz）	890~915	824~849	810~830 1429~1453	824~849
	935~960	869~894	940~960 1477~1501	869~894
调制方式	GMSK	DQPSK	DQPSK	OQPSK/QPSK
载波带宽（kHz）	200	30	25	1250
信道速率（kbps）	270.8	48.6	42	1228.8
引入年份	1990	1991	1993	1993

3. 第三代蜂窝移动通信系统

第三代移动通信系统 IMT2000，是国际电信联盟（ITU）在 1985 年提出的，当时称为陆地移动系统（FPLMTS）。1996 年正式更名为 IMT-2000。其主要技术标准有三种：欧洲的 WCDMA 系统、美国的 CDMA2000 系统和中国的 TD-SCDMA 系统。

从 1996 年开始，3G 系统逐渐成为移动通信领域的研究热点，各国对 3G 系统逐渐进入实质性的研究阶段。1997 年 4 月，ITU 向全世界发出了 IMT-2000 无线传输技术（RTT）建议的征求函，并公布了 IMT-2000 RTT 的制定步骤和时间表。为了在未来的全球标准中占据一席之地，各国、各地区组织、各大公司等纷纷提出了自己的建议。截止到 1998 年 6 月，ITU 收到的 IMT-2000 地面无线传输技术建议共有 10 种之多，其中包括我国电信科学技术研究院（CATT）提交的 TD-SCDMA 技术（表 1-3）。

表 1-3 IMT-2000 地面无线传输技术提案

技术名称	组 织	双工方式
J:WCDMA	日本 ARIB	FDD、TDD
UTRA-UMTS	欧洲 ETSI	FDD、TDD
W-CDMA	美国 TTA	FDD
WCDMA/NA	美国 TIPI	FDD
Global CDMA II	韩国 TTA	FDD
TD-SCDMA	中国 CATT	TDD
CDMA2000	美国 TIA	FDD、TDD
Global CDMA I	韩国 TTA	FDD
UWC-136	美国 TIA	FDD
DECT	欧洲 ETSI	TDD

在上述无线传输技术建议中，欧洲与日本提出的 WCDMA 和北美提出的 CDMA2000 最为瞩目；TD-SCDMA 由于得到了中国政府和产业界的支持，加上中国巨大的市场潜力，因此也备受重视。TD-SCDMA 是由中国 CWTS 提出的宽带 CDMA 技术，采用直接序列扩频，码片速率为 1.28Mchip/s。TD-SCDMA 系统基于 TDD 方式，前反向信道工作在相同的频段上，在不同的时隙进行传送；系统采用智能天线、联合检测、接力切换等关键技术。

WCDMA 是欧洲 ETSI 提出的宽带 CDMA 技术，它与日本 ARIB 提出的宽带 CDMA 技术基本一致，两者融合后形成了第三代移动通信无线传输技术 WCDMA。WCDMA 系统是一种异步系统，码片速率为 3.84Mchip/s。它采用了快速功率控制技术^[3]，支持多种切换方式，可以适应多种速率的传输，灵活地提供多种业务。

CDMA2000 是由美国 TIA 提出的宽带 CDMA 技术，采用直接序列扩频或多载波方式，码片速率可以是 1.2288Mchip/s 的 1 倍或 3 倍（最高可达 9 倍或 11 倍），分别对应于 CDMA2000 1x 或 CDMA2000 3x 系统。CDMA2000 系统与 IS-95 系统后向兼容，采用 GPS 授时同步，并在 IS-95 系统软切换、功率控制及 RAKE 接收分集技术的基础上，增加了快速寻呼、反向信道相干解调、前向快速功率控制、Turbo 码及较高速率的分组数据传送等功能。

与 1G 和 2G 系统相比，3G 系统的主要特点可以概括如下。

- ① 全球普及和全球无缝漫游的能力：3G 系统提供全球覆盖，全球统一分配频段，全球统一标准。
- ② 支持语音、数据、图像及多媒体等业务，根据需要提供带宽，要求无线接口能满足以下要求：快速移动环境中最高速率可达 144kbps，室外到室内或步行环境中最高速率可达 384kbps，室内环境中最高速率可达 2Mbps。
- ③ 具有良好的设计一致性、前后向兼容性及与固网的兼容性：不同厂家产品的设计具有良好的一致性和设备互通性；方便从现有蜂窝系统进行平滑演进及其进一步发展；可以综合现有的公众电话交换网、综合业务数字网、无绳电话系统、地面移动通信系统、卫星通信系统等，以提供无缝覆盖。
- ④ 提供充足的带宽、较高的频谱效率及良好的业务服务质量（Quality of Service, QoS）。随着数据业务的增长，尤其是新型多媒体业务的不断涌现，用户对数据带宽及服务体验

的要求也不断提高。针对目标业务,在保证业务质量的前提下,如何尽量改善频谱效率、提高系统容量,是 3G 系统设计的关键。

⑤ 提供良好的系统安全机制:移动通信业务已经渗透到社会生活的方方面面,移动通信系统的安全性除了牵涉到用户的个人隐私外,还可能与国家的政治、经济、金融等领域的安全性密切相关,3G 系统应该适应这些安全性的要求。

回望移动通信发展历史,自蜂窝移动通信发展以来,第一代和第二代是主要针对语音通信设计的,语音仍是当前和未来一段时间内移动通信市场的基石和主阵地。数字语音移动通信仍是移动通信的主流市场,但根据移动通信业务的发展情形来看,在移动通信中,数据通信量必将在某一天超过语音通信,因而通过革新技术来提高频谱效率,提高通信速率已成为移动通信发展的当务之急。

1.2 目前移动通信的发展情况

全球移动通信发展虽然只有短短 20 年的时间,但它已经创造了人类历史上伟大的奇迹,迄今为止,全球移动用户人数已破 50 亿^[4],而这一数字还在不断增长。

目前,在移动通信领域正在进行一场新的变革,总结起来有以下几个趋势和特点。

1. 全球 3G 进入规模发展阶段

如今,国际上第三代移动通信的商用化逐步在全球范围内进入实施阶段,一方面,第三代移动通信技术除了能够支持更高速率的移动多媒体业务外,还提供更高的频谱效率和服务质量,对于新兴的移动运营商具有较大的吸引力。另一方面,欧洲国家的各大运营商已经耗费了大量的资金获得了第三代移动通信运营执照,为了应对来自资本市场的压力,纷纷采取合作与重组的方式,逐步推进 3G 网络的建设,其中欧洲的大部分运营商早已开始对 WCDMA 技术进行试商用。而北美 Spring PCS、Bell Mobility、Verizon Wireless,日本的 KDDI、DoCoMo 及韩国的 KT 也已经逐步实现了 CDMA2000 1x 的商用化。根据对有关电信运营商的调查,与位置有关的信息点播业务、多媒体短信业务、移动上网浏览业务、移动电子商务、交互式娱乐业务将是未来最具发展前景的移动通信业务。

从全球首个 3G 网络商用至今已有近 10 年时间,全球 3G 已从整体上进入规模发展阶段,3G/3G+商用网络及 3G 用户市场均表现出快速发展的态势。

全球 3G 网络数量持续增长。截至 2011 年 9 月,3G 网络已经覆盖了全球超过 165 个国家和地区,占全球国家和地区总数的 72%。全球部署 3G 商用网络 506 个,其中 WCDMA 网络 383 个,EV-DO 网络 123 个。3G 增强型技术成为了主流应用技术,绝大部分网络已升级到增强型技术。

随着 3G 市场的不断成熟,全球 3G 用户已经进入规模增长阶段。截至 2010 年年底,全球 3G 用户总数为 8.2 亿。其中,2010 年度 3G 新增用户将达到 2.1 亿,与 2009 年相比增长了 34.4%,在移动用户中占比由 2009 年的 12.9% 升至 15.2%,在新增用户中比例达到了 39.4%。

目前全球主要地区的 3G 发展尚不平衡。发达国家的 3G 市场已经大规模应用,日本 3G 用户渗透率已经接近 95%,而澳大利亚、美国、英国等典型发达国家的 3G 渗透率也在快速攀升,这些地区的 2G 市场已经出现萎缩;发展中国家如中国、印度,由于 3G 市场起步较晚,用户仍以 2G 为主。但随着 2G 市场的饱和和用户对 3G 业务的需求增强,3G 用户发展正在提