

[cdma2000 技术丛书]

本书总结了各位作者对CDMA技术原理及网络优化内容的

深刻理解和多年应用经验。

配合《cdma2000网络优化典型案例分析》一书使用，

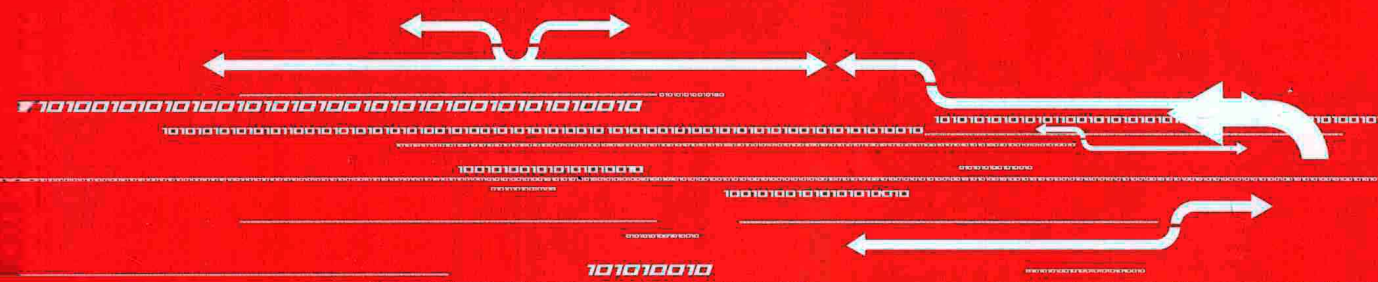
效果更佳，既可加强对理论知识的理解，

又能建立处理优化问题的思路和方法，积累CDMA网络优化经验。

cdma2000

网络优化原理与实践

沈少艾 杨峰义 陈运清 孙震强 朱彩勤 权力 编著

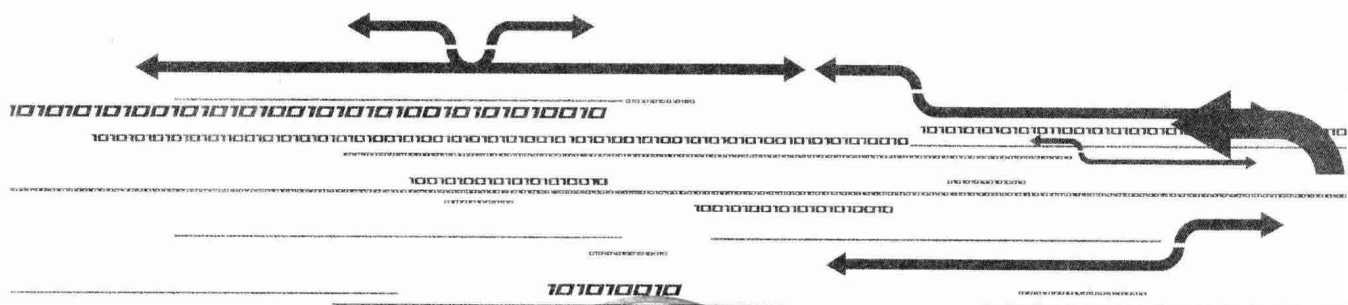


【 cdma2000 技术丛书 】

cdma2000

网络优化原理与实践

沈少艾 杨峰义 陈运清 孙震强 朱彩勤 权力 编著



人民邮电出版社
北京

序

目前通过 3G 技术给移动用户提供高速和丰富的多媒体业务已成为现实。随着对移动高速载体的 QoS 控制和管理的需要, 3G 通信技术标准已演进了多个版本, 灵活性、效率和复杂度也随技术的更新和演进有大幅提高。从传统的网络架构到下一代网络架构的演进和发展, 以及新的无线空口技术的不断出现, 使得业界对网络和无线理论技术、设计和优化技术知识的需求更加迫切。

cdma 2000 技术是一种有代表性的 3G 技术。CDMA 技术在 1995 年被商用后, 在北美、南美和亚洲等地得到了迅速推广和应用。全球多个国家和地区, 包括中国大陆、中国香港、韩国、日本、美国都已建有 CDMA 商用网络。自 2008 年起, CDMA 网络在中国得到了长足发展, 网络覆盖日益完善, 移动业务丰富多彩, 移动终端种类众多, 拉动移动用户数量超过 1 亿, 使中国电信无线网络成为世界上最大的 CDMA 网络。

随着 CDMA 用户数迅猛的增长及应用业务日益多样化, 如何在有限的网络资源下, 最大限度提升网络性能, 提高服务质量, 改善用户体验, 已成为业界关注的重点和网络发展的驱动力。

考虑目前全面、深入且较新的 CDMA 网优书籍的匮乏, 为提升业界 CDMA 网络优化工程师的技术水平, 中国电信集团公司的多位专家组织编写了《cdma2000 网络优化原理与实践》一书。本书作者长期从事 CDMA 网络规划及优化的研究工作, 不仅具有比较扎实的理论基础, 也具有比较丰富的实践经验。本书的内容涵盖了 CDMA 原理、关键技术、优化案例等多个方面, 内容翔实全面, 叙述深入浅出, 具有较强的实用性和可读性。相信本书能够使读者全面系统地了解 CDMA 网络优化技术, 为推动 CDMA 网络优化工作的持续发展提供帮助。

韦乐平

前 言

CDMA 是在军事通信的扩频通信技术基础上发展起来的一种无线通信技术。自 20 世纪 80 年代末、90 年代初期发展至今,空中接口标准从 IS-95 出发,经历了 IS-95、IS-95A、IS-95B 到 cdma2000 和 IS-2000 标准的发展历程,目前已成为全球运营的主流第三代移动通信系统标准之一。

CDMA 系统在中国的商用可以追溯到 20 世纪 90 年代的长城网时代,但其真正的长足发展是在 2008 年 5 月 24 日运营商重组和 2009 年 1 月工业和信息化部颁发第三代移动通信运营牌照以后。2008 年 6 月,中国电信宣布收购中国联通 CDMA 资产和业务,并于 2008 年 12 月 22 日正式发布了移动品牌“天翼”。2009 年 1 月,中国电信正式获得 cdma2000 的 3G 运营牌照。同年 4 月 16 日,在获得 3G 牌照 100 天时,中国电信率先在全国 122 个大中城市推出 3G 服务,到 2009 年 7 月底,中国电信即实现了在全国所有 342 个地级市、2000 多个县城和 60%以上乡镇的 3G 覆盖。在网络建设快速推进的同时,中国电信的移动用户在不足 3 年时间内已由接手时的不到 3000 万用户,快速增长到逾 1 亿用户(据 2011 年一季度的统计结果),中国电信也由此成为全球最大的 CDMA 网络运营商。中国电信的网络建设、运营实践,有力地推动了 CDMA 产业链的发展,使 CDMA 发展获得了新的动力。

我们在编撰此书时,着重关注 CDMA 1X 和 EV-DO Release A 核心技术知识,同时也详细介绍了优化工作中必备的对网络优化有很大影响的 CDMA 网络配套产品的技术知识。本书的撰写思路是先概括性地引入 CDMA 系统架构,再详细阐述 CDMA 1X 原理及关键优化技术。对 EV-DO Release A 原理及优化技术,由于其工作原理和优化的特殊性,本书单独成章加以详细阐述。最后介绍无线配套产品的技术知识。

本书的作者都是长期工作在移动通信领域的专家,参与了 CDMA 网络规划、建设、优化的全过程,本书汇集了各位专家对 CDMA 原理及优化技术的总结及深刻理解。

本书内容覆盖面广,在成书的过程中既考虑了专业性、理论性,又考虑了实用性、可读性。本书将有助于从事 CDMA 技术研究、网络建设、网络优化、网络运营维护的技术人员对相关技术的深入了解,对于从事 CDMA 系统设备和业务开发的技术人员也有参考价值。

最后特别感谢芒戈、陆茂诣、王新、董文斌、吴炜、陈晓华、杨军会、陈冯奇、林学进、黄景民等业内专家在本书编写过程中给予的巨大帮助,他们为本书作出了很大的贡献。

由于作者学识有限,加之写作时间仓促,书中谬误之处在所难免,敬请读者不吝赐教。编辑电子邮箱:liuyang@ptpress.com.cn。

作 者

2011 年 7 月于北京

目 录

第 1 章 CDMA 系统简介	1
1.1 CDMA 技术介绍	1
1.1.1 CDMA 介绍	1
1.1.2 CDMA 频谱划分	5
1.1.3 cdma 2000 标准化组织 3GPP2	8
1.2 CDMA 系统理论基础	10
1.2.1 CDMA 系统优点	10
1.2.2 CDMA 系统关键技术	11
1.3 CDMA 组网架构	24
1.3.1 CDMA 系统架构	24
1.3.2 CDMA 1X 网络接口	27
1.3.3 EV-DO 网络接口	28
第 2 章 CDMA 物理层关键技术介绍	30
2.1 CDMA 系统通信模型	30
2.2 调制技术	31
2.2.1 数字调制技术简介	31
2.2.2 CDMA 系统数字调制技术	32
2.2.3 小结	36
2.3 编码技术	36
2.3.1 编码技术介绍	36
2.3.2 CDMA 语音编码	37
2.3.3 CDMA 信道编码	38
2.3.4 小结	39
2.4 Rake 接收技术	39
2.4.1 Rake 接收基本原理	40
2.4.2 Rake 接收实现方法	41
2.4.3 小结	42
2.5 cdma 2000 物理信道概述	42
2.5.1 PN 码与掩码	42
2.5.2 cdma 2000 1x 物理信道	44
2.5.3 随机接入信道控制	52
2.5.4 功率控制信道	54
第 3 章 cdma 2000 关键信令流程	60
3.1 cdma 2000 关键信令流程概述	60
3.2 终端初始状态	61

3.2.1 系统确定子状态	61
3.2.2 导频获取子状态	62
3.2.3 同步信道获取子状态	62
3.2.4 定时改变子状态	62
3.3 终端空闲状态	62
3.3.1 监听寻呼信道	63
3.3.2 登记	65
3.3.3 空闲切换	66
3.4 终端接入状态	67
3.4.1 接入参数	67
3.4.2 接入过程	68
3.5 业务信道配置和协商	70
3.5.1 主叫接入流程	70
3.5.2 被叫接入流程	70
3.6 业务信道分配	72
3.6.1 前反向 FCH 信令类型相关字段	73
3.6.2 前反向 SCH 信令类型相关字段	74
3.7 业务信道软切换	77
3.7.1 业务信道软切换	78
3.7.2 动态软切换门限	84
3.7.3 补充业务信道的软切换	86
3.8 CDMA 关键信令流程	86
3.8.1 主叫、被叫流程	86
3.8.2 切换流程	89
3.8.3 数据业务流程	93
第 4 章 CDMA 覆盖与容量规划	102
4.1 容量概述	102
4.1.1 信道容量	102
4.1.2 CDMA 处理增益及容量分析	102
4.2 覆盖容量主要相关因素	103
4.2.1 阴影衰落余量以及覆盖概率	103
4.2.2 软切换增益	106
4.2.3 解调门限	107
4.2.4 反向负荷	109
4.2.5 噪声系数	109
4.2.6 灵敏度	111
4.3 链路预算模型	111
4.3.1 前向链路预算	111
4.3.2 反向链路预算	117

4.4 容量规划	119
4.4.1 前向容量规划	119
4.4.2 反向容量规划	126
4.5 前反向链路平衡	133
4.5.1 前反向容量平衡	133
4.5.2 前反向覆盖平衡	134
4.6 蒙特卡罗仿真	135
4.6.1 仿真原理	135
4.6.2 利用仿真手段辅助网络规划优化	136
4.6.3 仿真分析方法举例	138
4.6.4 ACP 功能介绍	143
第 5 章 CDMA 无线网络优化	147
5.1 无线网络优化流程简介	147
5.1.1 无线网络优化定义	147
5.1.2 无线网络优化目标	147
5.1.3 无线网络优化步骤以及工作流程	148
5.2 CDMA 覆盖优化	149
5.2.1 无线覆盖优化流程	149
5.2.2 弱覆盖问题优化	150
5.2.3 越区覆盖问题优化	150
5.2.4 前反向链路不平衡问题优化	151
5.2.5 导频污染问题优化	152
5.3 切换及邻区优化	153
5.3.1 搜索窗优化	153
5.3.2 邻区优化	155
5.4 硬切换优化	156
5.4.1 硬切换流程	156
5.4.2 硬切换算法的选择	157
5.5 多载波优化	159
5.5.1 多载频组网的需求	159
5.5.2 多载波组网需要解决的问题	160
5.5.3 多载波组网的关键技术	160
5.6 掉话性能优化	162
5.6.1 掉话控制机制	162
5.6.2 掉话思路分析	163
5.6.3 常见掉话问题分析	167
5.7 接入性能优化	172
5.7.1 移动台接入协议	172
5.7.2 接入信令流程	175

5.7.3 接入失败原因及优化	178
5.8 直放站应用优化	182
5.8.1 直放站种类及指标	182
5.8.2 直放站主要应用场景	186
5.8.3 直放站干扰分析	186
5.8.4 直放站常见问题分析	188
第 6 章 干扰	192
6.1 干扰的分类	192
6.1.1 CDMA 系统外部干扰	193
6.1.2 CDMA 系统内部干扰	193
6.2 干扰对覆盖的影响	197
6.2.1 外部干扰的等效计算	197
6.2.2 等效噪声系数的计算	198
6.2.3 噪声系数抬升对覆盖半径、覆盖面积的影响	199
6.2.4 等效干扰对覆盖半径、覆盖面积的影响	200
6.3 干扰对容量的影响	200
6.3.1 没有外来干扰时的容量分析	201
6.3.2 存在外来干扰时的容量分析	203
6.3.3 补充说明	205
6.4 不同系统之间的干扰分析	206
6.4.1 互干扰计算数学模型	206
6.4.2 C 网和 G 网的干扰分析	209
6.4.3 C 网和其他系统间的干扰	210
6.5 干扰排查	210
第 7 章 EV-DO (HRPD) 空中接口	213
7.1 概述	213
7.2 空中协议层	213
7.2.1 OSI 参考模型	213
7.2.2 AT 协议栈	214
7.2.3 Release 0 协议栈	216
7.2.4 Release A 增强型协议栈	220
7.3 物理和逻辑信道	224
7.4 下行物理信道结构	225
7.4.1 概述	225
7.4.2 导频信道、MAC 信道及控制信道	227
7.4.3 前向业务信道	230
7.5 上行物理信道结构	235
7.5.1 概述	235
7.5.2 接入信道	235

7.5.3 上行业务信道	237
7.6 下行业务信道的数据传输	243
7.6.1 数据传输因素	243
7.6.2 Release A 调度算法	247
7.7 上行业务信道的数据传输	248
7.7.1 概述	248
7.7.2 控制信道 MAC	248
7.7.3 接入信道 MAC	250
7.7.4 反向业务信道 MAC	250
7.8 Release 0 关键技术	254
7.8.1 时分复用	254
7.8.2 自适应调制编码	254
7.8.3 HARQ	254
7.8.4 多用户调度	256
7.8.5 速率控制	256
7.8.6 功率控制	258
7.8.7 虚拟软切换	262
7.9 EV-DO Release A 增强	264
7.9.1 1x EV-DO Release A 特点	264
7.9.2 EV-DO Release A 信道结构	265
7.9.3 cdma 2000 1x EV-DO Release A 关键技术	268
7.9.4 数据与话音业务并发能力的支持	279
7.9.5 对 IOS 的影响	281
第 8 章 EV-DO Release A 的关键信令流程和 EV-DO Release A 与 cdma 2000 互操作	
流程	282
8.1 EV-DO 呼叫信令流程	282
8.1.1 会话与连接	282
8.1.2 会话配置协商流程	282
8.1.3 会话保活	284
8.1.4 会话释放	284
8.1.5 建立连接	287
8.1.6 连接释放	289
8.1.7 软切换	290
8.1.8 硬切换	292
8.1.9 接入鉴权	295
8.1.10 位置更新	296
8.2 EV-DO 和 cdma 2000 互操作	297
8.2.1 1x DO 互操作原则	297
8.2.2 混合终端开机选网	297

8.2.3 双模终端开机选网	298
8.2.4 互操作流程	299
第9章 EV-DO 无线网络优化	302
9.1 概述	302
9.2 EV-DO 无线网络优化流程	303
9.2.1 第一阶段——基础优化阶段	304
9.2.2 第二阶段——数据分析及专题优化方案制定阶段	305
9.2.3 第三阶段——专题优化与问题排查阶段	306
9.2.4 第四阶段——项目总结及汇报阶段	306
9.3 EV-DO 连接建立成功率优化	306
9.3.1 EV-DO 无线连接建立失败分析要点	306
9.3.2 无线连接建立失败排查分析流程	307
9.4 EV-DO 掉线率优化	309
9.4.1 EV-DO 无线侧掉话机制	309
9.4.2 EV-DO 掉话问题分析流程	312
9.4.3 EV-DO 掉话优化案例	316
9.4.4 小结	318
9.5 EV-DO 时延指标优化	319
9.5.1 空口建链时长优化	319
9.5.2 PPP 建链时长优化	321
9.5.3 用户面数据分组传送时长优化	322
9.6 EV-DO 吞吐量优化	323
9.6.1 故障排查	323
9.6.2 前向速率优化	326
9.6.3 反向速率优化	330
9.7 EV-DO 多载波优化	334
9.7.1 双载波网络中心小区负荷均衡	335
9.7.2 双载波临界小区换频切换成功率优化	335
9.7.3 双载波临界小区呼叫建立成功率优化	337
第10章 天馈系统技术及应用	339
10.1 基站天线技术及应用	339
10.1.1 基站天线的主要参数及其对网络性能的影响分析	339
10.1.2 基站天线的分类与选用	349
10.1.3 基站天线问题的定位与影响	353
10.2 特型天线的使用（双向可调天线）	355
10.2.1 二维可调天线	355
10.2.2 一体化隐蔽天线	357
10.2.3 一体化耦合辐射单元	358
10.3 无源器件	360

10.3.1 无源器件的分类	360
10.3.2 无源器件的主要参数指标	363
10.3.3 无源器件问题的定位与影响	364
第 11 章 无线延伸覆盖增强系统技术及应用	366
11.1 直放站	366
11.1.1 直放站在现网中的作用	366
11.1.2 直放站类型及应用	367
11.1.3 直放站远程监控系统	375
11.1.4 直放站的应用场景	376
11.1.5 直放站应用原则	377
11.2 数字射频拉远技术	377
11.2.1 数字射频拉远系统原理	377
11.2.2 数字射频拉远系统特点	379
11.2.3 数字射频拉远系统应用场景及解决方案	380
11.3 塔顶放大器	386
11.3.1 塔顶放大器原理	386
11.3.2 塔顶放大器的特点	387
11.3.3 塔顶放大器的应用价值	387
11.3.4 塔顶放大器的应用原则与应用场景	387
11.4 TBS 多载波基站延伸系统	388
11.4.1 TBS 的技术原理	388
11.4.2 MCPA 技术介绍	389
11.4.3 TBS 的特点	392
11.4.4 TBS 的应用原则与应用场景	393
11.5 微波拉远系统	394
11.5.1 微波拉远系统原理	395
11.5.2 微波拉远系统的特点	396
11.5.3 微波拉远系统的应用价值	396
11.5.4 微波拉远系统的应用原则与应用场景	397
11.6 无线延伸覆盖应用优化	398
11.6.1 功率预留	398
11.6.2 直放站噪声优化	400
11.6.3 搜索窗口参数的优化	401
11.6.4 直放站邻区列表的优化	403
11.6.5 PN 规划	403
第 12 章 室分系统	404
12.1 室内分布系统概述	404
12.1.1 室内分布系统的概念和作用	404
12.1.2 室内分布系统的组成	404

12.2 室分系统设计原则	405
12.2.1 CDMA 1X/EV-DO 室内分布系统建设原则	405
12.2.2 CDMA 1X/EV-DO 室内分布系统设计原则	405
12.2.3 系统设计指标要求	406
12.3 室分系统的信号分布方式	407
12.4 室分系统器件的使用	409
12.4.1 无源器件的使用和改造原则	409
12.4.2 天线类型	410
12.4.3 其他	411
12.5 室内覆盖规划设计	411
12.5.1 室内覆盖规划设计总体思路	411
12.5.2 天线口功率设计	412
12.5.3 容量规划	413
12.5.4 电梯覆盖设计	414
12.5.5 地下室覆盖设计	416
12.5.6 室内分布系统切换区设置及泄漏控制	417
12.5.7 室内分布系统设计实例	417
12.6 室分系统与宏基站的干扰协调	419
12.6.1 室内外协同覆盖思路	419
12.6.2 优化方案设计原则	420
12.6.3 分区和 PN 码规划	421
12.6.4 频率规划	421
12.6.5 容量规划	421
12.6.6 室内外协同覆盖模型	422
12.6.7 切换分析	423
12.6.8 基站参数优化	423
12.7 多系统室内分布共建共享	424
12.7.1 多系统室内分布共建共享定义和优势	424
12.7.2 多系统合路的电磁干扰对共建的影响	425
12.7.3 室内分布天馈系统器件对共建的影响	429
12.8 室分系统中 WLAN 的优化	430
12.8.1 无线覆盖	430
12.8.2 容量规划	432
缩略语	434
参考文献	440

第 1 章 CDMA 系统简介

1.1 CDMA 技术介绍

1.1.1 CDMA 介绍

1. 移动通信的发展

移动通信的历史可以追溯到 20 世纪初，但在近 20 年才得到飞速发展。移动通信技术基本上以开辟新的移动通信频段、有效利用频率和移动台的小型化、轻便化为中心，其中有效利用频率技术是移动通信的核心。

20 世纪 40 年代，第一个移动电话系统在美国开通。20 世纪 70 年代初，美国贝尔实验室提出了蜂窝系统的概念和理论。此后，蜂窝移动通信系统经历多次演变。

(1) 第一代蜂窝移动通信系统

第一代蜂窝移动通信系统主要指模拟话音通信系统，如 AMP、TACS、NMT、NTT 等系统。

20 世纪 70 年代末，第一代蜂窝移动通信系统诞生于美国贝尔实验室，即著名的先进移动电话系统 AMPS。其后，北欧（丹麦、挪威、瑞典、芬兰）和英国相继研制和开发了类似的 NMTS 和 TACS 移动通信系统。中国在 1987 年开始使用模拟制式蜂窝电话通信。1987 年 11 月，第一个移动电话局在广州开通。仅仅几年后，采用模拟制式的第一代蜂窝移动通信系统就暴露出了容量不足、业务形式单一及话音质量不高等严重弊端，这促使了对第二代蜂窝移动通信系统的研发。

(2) 第二代蜂窝移动通信系统

第二代蜂窝移动通信系统主要指以传送话音和低速数据为主的窄带数字通信系统，如 GSM、PDC、D-AMPS、CDMA (IS-95) 等。

第二代蜂窝移动通信系统 (2G) 采用数字制式，提供了更高的频谱利用率、更好的数据业务和通信质量以及比第一代系统更先进的漫游功能。典型的第二代蜂窝移动通信系统包括：居于主导地位的 GSM 系统（全球移动通信系统）、美国 IS-54/IS-136 与 IS-95 系统、日本 PDC 系统。其中 IS-95 是美国电信工业协会于 1993 年确定的美国蜂窝移动通信标准，它采用了 Qualcomm 公司推出的 CDMA 技术规范。

(3) 第三代蜂窝移动通信系统及 CDMA 标准

第三代蜂窝移动通信系统具有提供多种类型、高质量多媒体业务的能力，能实现全球无缝覆盖，具有全球漫游能力，可与固定网络相兼容，并便于携带，可以在任何时间、任何地

点进行任何种类的通信。

1985 年, 国际电信联盟 (ITU) 提出未来公共陆地移动通信系统 (FPLMTS), 即第三代移动通信系统。FPLMTS 后来被更名为 IMT-2000。欧洲电信标准组织 (ETSI) 也提出了通用移动通信系统 (UMTS)。IMT-2000 和 UMTS 的概念和目的非常相似, 均致力于在全球统一频段, 按统一标准, 提供功能、质量与固定有线通信系统相当的多种服务。

第三代蜂窝移动通信和个人通信系统提供更大的系统容量、更高速的数据传输能力。国际上 3G 标准为 WCDMA、cdma 2000 以及 TD-SCDMA。3G 服务包括视频流、音频流、移动互联、移动商务及电子邮件, 并且最终发展到视频邮件和文件传输, 真正实现“任何人, 在任何地点、任何时间, 与任何人”都能便利通信的目标。

(4) LTE 技术

LTE, 即 3GPP 长期演进 (Long Term Evolution) 技术, 2010 年 12 月 6 日国际电信联盟把 LTE 正式称为 4G。LTE 核心技术为 OFDM 技术和 MIMO 技术, 支持两种制式, 分别是 FDD (频分双工) 和 TDD (时分双工)。

LTE 与 WiMAX 以及 3GPP2 提出的超移动宽带 (Ultra Mobile Broadband, UMB) 技术一起被称为 4G 技术, 4G 时代为全数据网络, LTE 下行速率为 100Mbit/s, 上行速率在 50Mbit/s 以上, 核心算法是 DFT, 实现中采用快速傅里叶变换算法。

相对于 WiMAX 的固定无线网络技术, LTE 采用正交频分复用 (OFDM), 但这两种制式都采用 Viterbi 和 Turbo 加速器。但 WiMAX 是源于 IP 技术, 而 LTE 是从 GSM/UMTS 的移动无线通信技术演进而来。

2008 年 11 月 19 日美国高通 (Qualcomm) 公司首席执行官 Paul E.Jacobs 宣布放弃 UMB, 朝 LTE 和 LTE-Advanced 方向发展。

LTE 系统的特点如下。

- ① 支持灵活的信道带宽;
- ② 更低的无线网络时延: 单向用户面小于 5ms, 控制面小于 100ms;
- ③ 更高的频谱效率: 下行频谱效率比 WCDMA R6 提高 3~4 倍, 上行频谱效率比 WCDMA R6 提高 2~3 倍;
- ④ 全分组域业务: 为传统的电信业务提供 QoS 传输, 不支持电路域业务;
- ⑤ 峰值速率更高: 在 20MHz 带宽下, 下行 100Mbit/s, 上行 50Mbit/s;
- ⑥ 全 IP 扁平化网络架构, 系统架构由 EPC 与 E-UTRAN 构成, 而 E-UTRAN 系统只由 eNB 组成, 去掉了 RNC 网元。eNB 集成了更多的功能块 (RNC): 物理层 (PHY), 媒体接入层 (MAC), 无线链路控制 (RLC), 分组数据会聚协议 (PDCP), 无线资源控制 (RRC), 无线资源分配和调度, 小区间无线资源管理 (RRM)。eNB 之间通过 X2 接口进行通信, 以实现小区间优化的无线资源管理, eNB 与 EPC 之间接口为 S1 接口。

2. CDMA 基本原理

CDMA 是 Code Division Multiple Access (码分多址) 的缩写, 该技术所有用户占用相同的频段, 通过使用不同相位的长短码加密来区分用户和基站, 这种特点使 CDMA 技术具有良好的保密性能; 由于所有用户占用相同频段, 该技术具有自干扰特性, 随着用户的增加, 用户之间的干扰也增加, 系统的解调受到影响, 限制了系统的反向容量。

多址方式是多用户共用同一资源（频段）相互通信的方式。这些用户位于不同的地方并可能处于运动状态。例如：多个卫星通信地球站使用同一卫星转发器相互通信、多个移动台通过基站相互通信等均属于多址通信方式。由于使用共同的传输频段，各用户系统之间可能会产生相互干扰，即多址干扰，同时也称为自干扰。为了消除或减少多址干扰，不同用户的信号必须具有某种特征以便接收机能够将不同用户信号区分开，这一过程称做信号分割。

多址接入方式的数学基础是信号的正交分割原理。传输信号可以表达为时间、频率和码型的函数。根据传输信号的不同特性来区分信道的多址接入方式。

(1) 频分方式 (FDMA)：在同一时间内不同用户使用不同频带。

(2) 时分方式 (TDMA)：在同一频带内不同用户使用不同时间隙。

(3) 码分方式 (CDMA)：所有用户使用同一频带在同一时间传送信号，它利用不同用户信号地址码波形之间的正交性或准正交性来实现信号分割。

图 1-1 所示为 3 种多址接入方式的对比。

CDMA 技术的初衷是防止敌方对己方通信的干扰和监听，最初应用于军事抗干扰保密通信。由于存在一些技术难题没有解决，CDMA 一直没有得到大规模商用，直到 20 世纪 80 年代 Qualcomm 公司解决了软切换、功控等技术难题，CDMA 才开始进入民用市场。自 1993 年 Qualcomm 公司提出的 CDMA 技术正式成为技术标准后，以 IS-95 和 1x 为基础的 CDMA 商用系统在世界各地得到广泛的应用。

3. CDMA 标准演进

cdma 2000 是由 IS-95A/B 标准演进而来的第三代移动通信标准，由 3GPP2 负责具体标准化工作。目前 cdma 2000 具有由 3GPP2 制定的 Release 0、A、B、C 和 D 5 个支持 cdma 2000 1x 及其增强型技术的版本，由 TTA/EIA 发布的支持 cdma 2000 1x EV-DO 的 IS-856 和 IS-856A 标准，以及 cdma 2000 1x EV-DV。cdma 2000 1x 采用直接序列扩频码分多址 DS-SS、频分双工 FDD 方式，码片速率为 1.228 8Mchip/s，载波带宽为 1.25MHz。

cdma 2000 1x EV-DO（也称为 HRPD）技术，主要对数据业务进行了增强，不支持语音。DO Release 0 版本在 1.25MHz 的带宽内可提供最高 2.4Mbit/s 的下行数据传输速率，DO Release A 版本在 1.25MHz 的带宽内可提供最高 3.1Mbit/s 的下行数据传输速率，目前中国电信高速分组数据移动网络即是 DO Release A 版本。在 DO Release A 的基础上，采用多载波捆绑的方式进一步提高数据速率，形成了 DO Release B 标准，也称为空中接口演进 AIE Phase 1，该版本在国际已有商用。AIE Release B 标准在 2007 年底完成制定。cdma 2000 1x EV-DV，即 1x 演进数据语音业务，

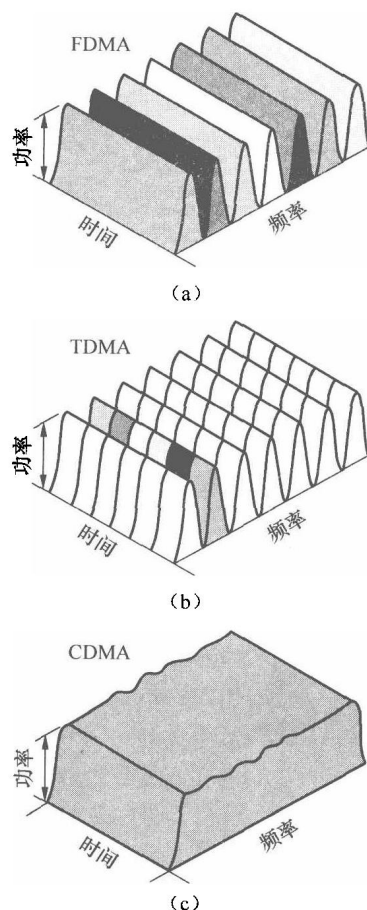


图 1-1 多址接入方式对比

通过引入一系列新技术，提高了数据业务和话音业务的性能。

cdma 2000 1x 的无线 IP 网络接口采用已应用成熟的、开放的 IETF 协议，支持 SimpleIP 和 MobileIP 的 Internet/Intranet 的接入方式，实现了真正的 Internet 接入的移动性。

cdma 2000 标准是一个体系结构，称为 cdma 2000 Family，它包含一系列子标准。

空中接口标准演进路径如图 1-2 所示。

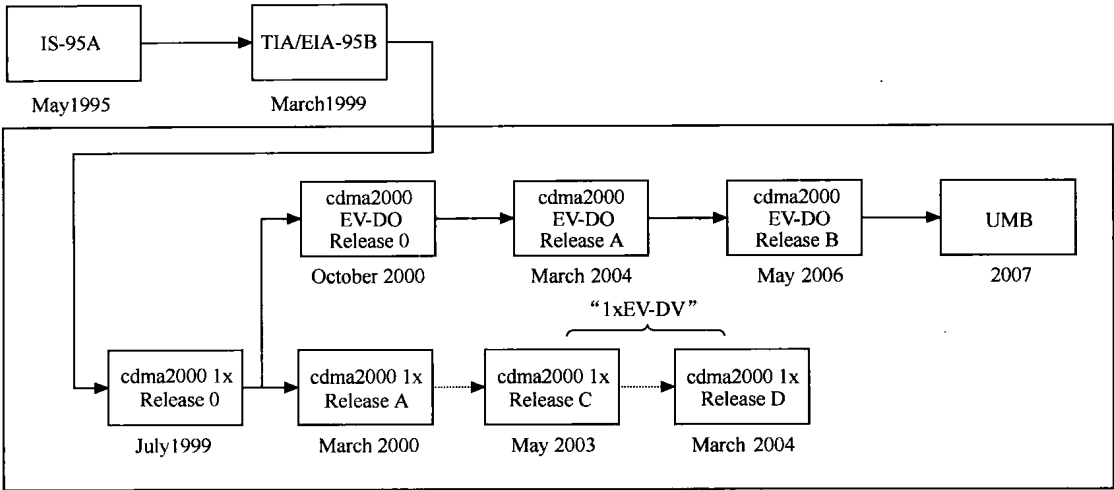


图 1-2 CDMA 演进路线

(1) EV-DO Release 0，空口标准协议第一版本的发布时间为 2000 年 10 月；

(2) EV-DO Release A，空口标准协议第一版本的发布时间为 2004 年 3 月；

(3) EV-DO Release B，空口标准协议第一版本的发布时间为 2006 年 5 月。

cdma 2000 1x：目前包含 Release 0 和 Release A 两个版本。其区别主要在于是否支持 307.2kbit/s 和并发业务。

cdma 2000 1x 之后，有两个方向，一个是 DO，一个是 DV。DV 目前已经出了 Release C (2002 年 5 月发布 v1.0，2004 年 8 月发布 v2.0，主要是前向链路的标准化)、Release D 版本 (2004 年 3 月发布，主要是反向链路的标准化)。

与 DV 相比较，目前 DO 已经逐渐占了优势。随着 2005 年 Sprint 转向部署 EV-DO，EV-DV 的后续进程基本上停了下来。

EV-DO Release A 之后，首先有 Release B，在 2006 年完成标准化。它的主要特点是 Scalable Bandwidth，可以把多个 Release A 载波捆绑在一块，最多可以捆绑 15 个载波，占用 20MHz 带宽，提供 46.5Mbit/s 的前向吞吐量 (如果使用 64QAM，则可以提供 73.5Mbit/s 的前向吞吐量)。

EV-DO Release B 之后是 EV-DO Release C，现在已经被更名为 UMB。UMB 标准化工作在 2007 年已经完成。

cdma 2000 标准家族演进，最显著的特点就是平滑：从 IS-95 (2G) 到 cdma 2000 1x (3G) 仅仅是更换一块信道板，并升级软件而已。从 1x 到 DO，动作稍微大一些，因为 DO 跟 1x 不兼容，但是由于射频上的一致，所以系统设备的升级、终端的双模都比较容易。从 DO Release 0 到 DO Release A，仍然是更换信道板，升级软件而已。所有的标准

都使用相同的 1.25MHz 带宽。

与 3GPP 相比, 阶段上相当于: WCDMA-1x, HSDPA-DO Release 0, HSUPA-DO Release A。

从传输速率来看, IS-95 标准的速率集是 cdma 2000 1x 速率集的一个子集 (RC1, RC2)。同时, cdma 2000 提供增强速率集: 前向 RC3~RC9, 反向 RC3~RC6, 从而在满足第三代移动通信高速分组数据业务的同时实现了从 IS-95 的平滑过渡。cdma 2000 1x 能实现对 CDMA (IS-95) 系统的完全兼容, 技术延续性好, 可靠性较高。同时也使 cdma 2000 成为从第二代向第三代移动通信过渡最平滑的选择。

1.1.2 CDMA 频谱划分

3GPP2 对 CDMA 频谱进行了详细的划分, 共有 7 个类别, 分别是类别 0 至类别 6, 频段分布在 450MHz、800MHz、1.8GHz、1.9GHz、2.1GHz, 详细见表 1-1 至表 1-13。

表 1-1 800MHz 频段类别 0 系统的频率

系 统	发射频段 (MHz)	
	移动台	基站
A	824.025~835.005	869.025~880.005
	844.995~846.495	889.995~891.495
B	835.005~844.995	880.005~889.995
	846.495~848.985	891.495~893.985

表 1-2 800MHz 频段类别 0 的 CDMA 信道号和频率

发 射 机	CDMA 信道号	CDMA 信道的中心频率
移动台	$1 \leq N \leq 799$	$0.030N + 825.000$
	$991 \leq N \leq 1\,023$	$0.030(N - 1\,023) + 870.000$
基站	$1 \leq N \leq 799$	$0.030N + 825.000$
	$991 \leq N \leq 1\,023$	$0.030(N - 1\,023) + 870.000$

表 1-3 1.9GHz 频段类别 1 系统的频率

系 统	发射频段 (MHz)	
	移动台	基站
A	1 850~1 865	1 930~1 945
D	1 865~1 870	1 945~1 950
B	1 870~1 885	1 950~1 965
E	1 885~1 890	1 965~1 970
F	1 890~1 895	1 970~1 975
C	1 895~1 910	1 975~1 990