

现代  通信技术丛书

CDMA

移动通信网络优化

万晓榆 万 敏 李怡滨 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代移动通信技术丛书

CDMA 移动通信网络优化

万晓榆 万 敏 李怡滨 编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

CDMA 移动通信网络优化 / 万晓榆, 万敏, 李怡滨编著. —北京: 人民邮电出版社, 2003.8
(现代移动通信技术丛书)

ISBN 7-115-11444-7

I. C... II. ①万... ②万... ③李... III. 码分多址—移动通信—通信网
IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 054482 号

内 容 提 要

本书从 CDMA 原理出发, 全面介绍了 CDMA 移动通信的相关技术, 提出了 CDMA 移动通信网络优化工程的总体思路, 其中重点讲解了 CDMA 网络优化中涉及到的各类参数, 并在此基础上详细分析了网络优化过程中的常见问题, 对部分案例作了深入分析和探讨。

本书着眼于 CDMA 网络优化的实用性——从原理到工程实践, 内容由浅入深, 可供移动通信运营管理者、CDMA 网络优化工程师作技术参考, 同时也适合于大专院校移动通信专业本科生及研究生使用。

现代移动通信技术丛书

CDMA 移动通信网络优化

- ◆ 编 著 万晓榆 万 敏 李怡滨
责任编辑 陈万寿
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 10.75
字数: 256 千字 2003 年 8 月北京第 1 版
印数: 1—4 000 册 2003 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11444-7/TN · 2110

定价: 20.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

序

我国从 1987 年开始提供蜂窝移动通信业务，现在已经成为世界上移动通信发展最快、用户最多的国家。随着无线技术的新发展和用户对新技术、新业务的强烈需求，各种移动通信技术在我国还会有进一步的发展和演进，我们期待着第三代移动通信系统的实现和全球移动通信新时代的早日到来。

CDMA 是移动通信领域中发展最快的数字无线技术之一，近 10 年来在全球将近 50 个国家中得到了迅速的应用推广并成功实现商用化。中国联通在我国率先开发了 CDMA 移动通信市场，它所提供的各类移动业务在信号质量、安全性、功耗和可靠性等方面都表现出很强的技术优势。中国联通从建设 IS-95 窄带 CDMA 网络开始，由于市场反响热烈、用户数迅速增长，到今年初开始在全国范围内部署向 cdma2000 1x 宽带网络的升级。目前，CDMA 网络升级已全面完成，吸引的国内用户已经超过了 1 000 万，其目标是在 CDMA 技术和市场支持下逐步向第三代移动通信系统平滑过渡，为用户提供 3G 高速多媒体无线业务，实现真正意义上的全球无缝漫游。在这个潜力巨大的市场基础上，CDMA 网络的用户对网络的竞争力、网络运行的质量提出了越来越高的要求。从目前 CDMA 网络在我国的运营状况来看，单纯排除网络运行中出现的问题，以及提供基本的业务质量是远远不能满足用户需求的，CDMA 网络的运营商要获得更大的市场和用户满意度，必须将网络优化提到日常工作的议程上来。另一方面，CDMA 是一种先进的数字通信技术，其标准还在不断发展演进，CDMA 网络的运营商和工程建设单位必须及时采用新技术、新标准，以适应技术的不断发展。我们的网络维护工作者也必须将工作重心从以前单纯的设备维护提升到更高层次的网络优化上来。CDMA 网络优化是今后 CDMA 网络工程师们面临的新课题和新挑战。

作为我国通信领域人才摇篮之一的重庆邮电学院，在全面跟踪世界移动通信技术发展的同时，也一直在关注我国 CDMA 移动通信事业的发展，并不断地从各个方面积累 CDMA 技术的最新知识，把握其最新发展动向，现在将这些成果整理、编写成书，希望能对我国的 CDMA 网络建设和优化有所贡献。

重庆邮电学院院长，教授
聂 能

前 言

CDMA 是一种以宽带扩频技术为基础的多址接入技术，在一定的带宽内能支持比 GSM 更多的移动用户。在我国，CDMA 网络的发展虽然晚于 GSM 网络，目前的规模也小于 GSM 网络，但 CDMA 网络发展迅猛，呈节节上升之势。CDMA 网络运营商——中国联通公司的 CDMA 网络已经完成一期工程，并开始进入网络优化期，二期工程以后 CDMA 网络则开始从 CDMA IS-95 向 cdma2000 1x 过渡，因此，无论是在初期建设阶段，还是过渡阶段或未来稳定的运营阶段，网络优化工程都会一直贯穿于其中。网络优化是一项长期的持续性的系统工程，它贯穿于整个网络的发展过程。如何实现网络资源的合理配置，提高网络的服务质量，如何解决网络中出现的各种问题，改善网络的运行环境，使网络运行在最佳状态，是 CDMA 网络优化工程师和网络运营商极其关心的问题。

网络优化工作是一项技术含量很高的日常维护工作，经验的积累显得尤为重要。本书在编写过程中，得到了重庆联通 CDMA 网络优化工程部的重要支持，在金勇等工程师的大力帮助之下，作者有机会参与重庆联通 CDMA 网络优化工作，并获得了相当宝贵的工程业务知识和经验。本书的特色之处在于除了全面介绍 CDMA 优化工程中所涉及到的各个方面之外，还对大量实际优化问题和具体案例作了深入的分析和探讨，希望给各地的 CDMA 优化工程师们的日常工作带来有效的技术支持和帮助，为我国 CDMA 网络建设贡献出一份力量。

本书主要由万晓榆、万敏、李怡滨等编写。作者在这里要特别感谢重庆联通 CDMA 网络优化工程师们的热情帮助，是他们的大力支持使得本书得以顺利完成。作者还得到了上海贝尔阿尔卡特大学王建华校长、杨浩老师，重庆邮电学院李方伟教授，重邮信科股份有限公司通信建设部付友学、肖寒春、黄明华工程师所提供的宝贵经验，另外樊自甫、管文明、姚平香、王仕奎也参与了本书的部分编写工作，在此一并表示感谢。

作 者

目 录

第 1 章	CDMA 移动通信系统简介	1
1.1	CDMA 通信系统概述	1
1.1.1	CDMA 系统的发展历程	1
1.1.2	CDMA 系统原理及特点	3
1.2	基于 IS-95 标准的 CDMA 系统	5
1.2.1	CDMA IS-95 系统指标	5
1.2.2	系统网络结构及接口	6
1.3	基于 cdma2000 1x 标准的 CDMA 系统	9
1.3.1	cdma2000 1x 系统指标	11
1.3.2	系统网络结构及接口	12
第 2 章	CDMA 关键技术及网络特征	14
2.1	CDMA 关键技术	14
2.1.1	应用于 CDMA IS-95 系统的关键技术	14
2.1.2	应用于 cdma2000 1x 系统的关键技术	25
2.2	CDMA 系统的无线链路特征	29
2.2.1	CDMA IS-95 的无线链路	29
2.2.2	cdma2000 1x 多载波方式下的无线链路	31
2.3	CDMA 网络特征	34
2.3.1	频谱指配	34
2.3.2	相位分配	35
2.3.3	陆地移动信道的场强估算	36
2.3.4	无线覆盖	38
2.3.5	CDMA 网络的容量	39
2.3.6	CDMA 系统中的干扰及对策	42
第 3 章	CDMA 呼叫处理	44
3.1	移动台的呼叫处理分析	44
3.1.1	移动台在初始状态下的呼叫处理	44
3.1.2	移动台在空闲状态下的呼叫处理	46
3.1.3	移动台在系统接入状态下的呼叫处理	50
3.1.4	移动台在控制业务信道状态下的呼叫处理	56
3.2	基站的呼叫处理分析	65

3.2.1	导频和同步信道的处理	65
3.2.2	寻呼信道的处理	65
3.2.3	接入信道的处理	68
3.2.4	业务信道的处理	68
3.3	注册	72
3.4	越区切换	72
第 4 章	CDMA 网络优化	74
4.1	网络优化的概念	74
4.2	网络优化的步骤	74
4.3	网络优化的内容	75
4.3.1	呼叫接入优化	76
4.3.2	容量优化	77
4.3.3	覆盖优化	78
4.3.4	切换优化	78
4.3.5	呼叫质量优化	79
4.4	路测	79
4.4.1	路测概述	79
4.4.2	路测步骤及内容	80
4.5	CQT 测试	81
第 5 章	参数分析	82
5.1	接入参数分析	82
5.1.1	最大请求试探序列数 (MAX_REQ_SEQ)	82
5.1.2	最大响应试探序列数 (MAX_RSP_SEQ)	82
5.1.3	回执确认超时定时值 (ACC_TMO)	83
5.1.4	接入信道试探滞后范围 (PREBE_BKOFF)	84
5.1.5	接入信道试探序列滞后范围 (BKOFF)	84
5.1.6	接入信道试探的时间随机化 (Probe_pn_random)	85
5.1.7	接入试探前缀最大量 (PAM_SZ)	86
5.1.8	接入试探消息实体最大量 (MAX_CAP_SZ)	87
5.1.9	移动台过荷级别 0~9 的信道测试参数 (PSIST0-9)	87
5.1.10	移动台过荷级别 10~15 的信道测试参数 (PSIST10-15)	88
5.1.11	移动台主动登记时信道测试参量 (REG-PSIST)	89
5.1.12	移动台信息传输时信道测试参量 (MSG_PSIST)	90
5.1.13	接入信道个数 (ACC_CHAN)	91
5.1.14	标称功率扩展 (NOM_PWR_EXT)	91
5.2	切换参数分析	92
5.2.1	导频增加门限 (T_ADD)	93

5.2.2	导频去掉门限 (T_DROP)	94
5.2.3	导频去掉计时器满值 (T_TDROP)	95
5.2.4	激活集与候选集强度比较门限 (T_COMP)	96
5.2.5	激活集和候选集的搜索窗口 (SRCH_WIN_A)	96
5.2.6	相邻导频集的搜索窗口 (SRCH_WIN_N)	97
5.2.7	剩余导频集的搜索窗口 (SRCH_WIN_R)	98
5.2.8	导频偏置指数增量 (PILOT_INC)	99
5.2.9	相邻导频集最大保留时间 (NGHBR_MAX_AGE)	100
5.2.10	切换斜率 (SOFT_SLOPE)	101
5.2.11	加入截距 (ADD_INTERCEPT)	101
5.2.12	去掉截距 (DROP_INTERCEPT)	101
5.3	功率控制参数分析	102
5.3.1	初始发射功率偏移 (INIT_PWR)	102
5.3.2	标称发射功率偏移 (NOM_PWR)	102
5.3.3	接入试探序列发射功率的增加步长 (PWR_STEP)	103
5.3.4	接入试探序列的试探次数 (NUM_STEP)	104
5.3.5	周期功率报告使能 (PWR_PERIOD_ENABLE)	104
5.3.6	门限功率报告使能 (PWR_THRESH_ENABLE)	105
5.3.7	功率控制报告帧数 (PWR_REP_FRAMES)	105
5.3.8	功率控制报告门限 (PWR_REP_THRESH)	106
5.3.9	功率报告时延 (PWR_REP_DELAY)	106
5.3.10	导频信道增益 (PILOT_GAIN)	107
5.3.11	导频强度 (PILOT_STRENGTH)	108
5.3.12	同步信道增益 (SYNC_GAIN)	108
5.3.13	寻呼信道增益 (PAGING_GAIN)	109
5.4	网络识别参数分析	109
5.4.1	SID	109
5.4.2	NID	109
5.4.3	MCC	110
5.4.4	MNC	110
5.4.5	ESN	110
5.4.6	BSID	110
5.4.7	REG_ZONE	110
5.4.8	HOME_SID	110
5.4.9	IMSI	110
5.4.10	MIN	110
5.4.11	MSIN	110
5.4.12	TLDN	111
5.4.13	DN	111

5.5	系统参数分析	111
5.5.1	寻呼信道数据比特率 (PART)	111
5.5.2	系统时间 (SYS_TIME)	111
5.5.3	基站标识 (BASE_ID)	112
5.5.4	基站级别码 (BASE_CLASS)	112
5.5.5	基站纬度 (BASE_LAT)	112
5.5.6	基站经度 (BASE_LONG)	112
5.5.7	寻呼信道数 (PAGE_CHAN)	112
5.5.8	逝去的时间 (LP_SEC)	112
5.5.9	本地时间偏移 (LTM_OFF)	112
5.5.10	登记距离 (REG_DIST)	112
5.5.11	多 SID 存储指示 (MULT_SIDS)	113
5.5.12	多 NID 存储指示 (MULT_NIDS)	113
5.5.13	本地登记允许标志位 (HOME_REG)	113
5.5.14	外部网络用户允许标志位 (FOR_SID_REG)	113
5.5.15	上电登记允许标志位 (POWER_UP_REG)	113
5.5.16	掉电登记允许标志位 (POWER_DOWN_REG)	113
5.5.17	登记周期 (REG_PRD)	113
5.6	基站天线的优化	114
5.6.1	天线的基本参数	114
5.6.2	不同环境的天线优化	117
第 6 章	直放站在 CDMA 网络中的应用及其优化	119
6.1	直放站概述	119
6.1.1	直放站系统结构	119
6.1.2	CDMA 直放站采用的关键技术	120
6.1.3	CDMA 直放站的应用范围	120
6.2	直放站的解决方案	121
6.2.1	信号的引入	121
6.2.2	不同的系统解决方案	122
6.3	直放站的主要指标及调测	123
6.3.1	底部噪声	124
6.3.2	收发隔离度	124
6.3.3	线性	125
6.3.4	带内平坦度	125
6.3.5	增益平衡	125
6.3.6	监控单元的作用	125
6.4	直放站应用的优化	126
6.4.1	常见问题	126

6.4.2	产生的干扰	127
6.4.3	如何判定直放站的应用效果	128
第7章	典型故障及案例分析	129
7.1	掉话分析	129
7.1.1	问题描述	129
7.1.2	由于前向干扰引起的掉话	130
7.1.3	由于前反向链路不平衡的掉话	132
7.1.4	由于覆盖不足引起的掉话	133
7.1.5	由于业务信道功率受限的掉话	135
7.2	接入失败分析	136
7.2.1	问题描述	136
7.2.2	移动台没有接收到基站呼叫请求确认的接入失败	138
7.2.3	移动台没有接收到信道指配消息的接入失败	141
7.2.4	移动台没有成功获得前向业务信道的接入失败	142
7.2.5	移动台没有收到反向业务信道确认消息的接入失败	142
7.2.6	其他原因引起的接入失败	142
7.3	切换失败分析	143
7.3.1	问题描述	143
7.3.2	资源分配引起的软切换失败	143
7.3.3	切换信令引起的软切换失败	145
7.3.4	硬切换失败	145
7.4	误帧率分析	146
7.4.1	问题描述	146
7.4.2	前向高误帧率	146
7.4.3	反向高误帧率	147
7.5	案例分析	147
7.5.1	案例一	147
7.5.2	案例二	148
7.5.3	案例三	148
7.5.4	案例四	149
7.5.5	案例五	149
7.5.6	案例六	150
7.5.7	案例七	151
7.5.8	案例八	152
7.5.9	案例九	153
缩略语		154
参考文献		162

第 1 章 CDMA 移动通信系统简介

1.1 CDMA 通信系统概述

1.1.1 CDMA 系统的发展历程

自从 20 世纪 70 年代末出现蜂窝通信以来,世界各地的移动通信业得到了迅猛的发展,蜂窝通信的技术本身也有了长足的进步,移动通信网络已经从模拟蜂窝网发展到数字蜂窝网。在多址接入技术方面,第一代模拟蜂窝网采用频分多址(FDMA)方式,在 20 世纪 80 年代初使用;80 年代后期开发了时分多址(TDMA)体制;进入 90 年代以后,以 GSM 为代表的 TDMA 数字蜂窝网在国内外获得了广泛应用。90 年代后半期,在频分多址(FDMA)和时分多址(TDMA)数字蜂窝网的基础上,码分多址(CDMA)蜂窝网系统,包括窄带和宽带两类系统,又渐露头角。

蜂窝(cellular)电话系统是在 20 世纪 60 年代末 70 年代初开始出现的,Cellular 的意思是将一个大区域划分为几个小区(cell),相邻的蜂窝区使用不同的频率,以免产生相互干扰。在 70 年代末,半导体技术的发展和微处理器的出现,进一步推动了蜂窝移动通信系统的发展。在这期间,美国推出了先进移动电话系统(AMPS),欧洲推出了全地址通信系统(TACS),它们都是向用户提供商业服务的模拟系统。以 AMPS、TACS 为代表的蜂窝式模拟移动通信系统,称为第一代移动通信系统。在 20 世纪 80 年代初,蜂窝移动通信系统开始投入运营。在短短几年内,在世界各地都得到迅速发展,用户数量迅猛增加,移动通信网也极具规模。但是,以 FDMA 技术为基础的模拟蜂窝移动通信系统(AMPS、TACS 等)存在下述缺陷:频谱利用率低,容量有限;制式太多,互不兼容,不利于用户漫游,限制了用户覆盖面;提供的业务种类受限制,不能传送数据信息;保密性差;不能与 ISDN 兼容。因此,在 20 世纪 80 年代中期,不少国家都在探索蜂窝网通信系统如何从模拟向数字方向转变的方法。1988 年 9 月,美国蜂窝通信工业协会(CTIA)发布了一个称为《用户的性能要求(UPR)》的文件,提出了对下一代蜂窝网的技术要求。这些要求主要包括:

- 系统的容量至少是 AMPS 的 10 倍;
- 通信质量等于或优于现有的 AMPS 系统;
- 易于过渡并和现有的模拟蜂窝系统兼容(双模式);
- 具有保密性;
- 有先进的特征;
- 较低的成本;
- 使用开放的网络结构(ONA)等。

20 世纪 90 年代起,以 TDMA 技术为基础的第二代数字蜂窝移动通信系统(GSM、DAMPS、JDC 等)相继投入使用。TDMA 蜂窝系统较 FDMA 蜂窝系统有许多优势:频谱利用率提高、系统容量增大、保密性能好、标准化程度提高等。但是在美国,已批准的 TDMA

标准并没有完全满足美国 CTIA 提出的上述要求,尤其在容量上,TDMA 离上述要求还相差很远。

在这种情况下,以美国 Qualcomm 公司为首的倡导者提出了在蜂窝移动通信系统中采用 CDMA 技术的系统实现方案。他们通过理论分析和不断的现场实验,证明这种蜂窝系统已能全面满足 CTIA 提出的标准。该系统不仅容量大,而且具有软容量、软切换等突出的优点,被认为是移动通信环境下获得大容量和高质量的一种灵活有利的技术,它既能解决近期模拟系统容量不足的问题,也是一种通往个人通信的长远解决办法。1993 年 7 月,Qualcomm 公司提出了正式的 CDMA 技术,1995 年 TIA (通信工业协会)出台了正式的 IS-95A 标准,即 N-CDMA 标准,为了适应更高比特率业务的需求,TIA 开始对 IS-95A 进行了进一步的研究,于 1998 年又制定了 IS-95B 的标准。IS-95A 标准在一个业务信道上只能使用一个扩频码,而 IS-95B 为了获得更高的比特率可以使用 8 个码字,这样可提供的最大比特率为 115.2kbit/s。1998 年以后,以 IS-95 为标准的 CDMA 商用系统已分别在中国香港、韩国等地区和国家投入使用,用户反映良好。IS-95 的载波频带宽度为 1.25MHz,信道承载能力有限,仅能支持声码器话音和话带内的数据的传输,属于窄带码分多址 (N-CDMA) 蜂窝通信系统。与此相对应,SCS Moblicom 公司 (后与美国 IMM 公司合并成 Interdigital 公司) 提出一种宽带码分多址 (B-CDMA) 蜂窝通信系统,载波宽度为 5MHz、10MHz 和 15MHz 三种方案,信息速率可达 144kbit/s,并于 1995 年 9 月将名称 B-CDMA (Broadband CDMA) 改为 W-CDMA (Wideband CDMA)。从概念讲,IS-95 是 cdmaOne 技术的核心,还属于第二代移动通信系统。

以 GSM 系统和基于 IS-95 的窄带 CDMA 系统为代表的第二代移动通信系统,所提供的业务还是传统的话音和低速率数据业务。随着用户对高速率的多媒体数据业务的迫切要求及用户数量的迅猛增加,第二代移动系统已远远不能满足发展的需要,所以新一代移动通信系统的研究和发展就成为移动通信领域中的一个新热点。在 20 世纪 90 年代,以实现全球无缝覆盖和提供宽带业务为基本出发点,国际电信联盟 (ITU) 开始组织开发作为第三代的未来公众陆地移动通信系统 (FPLMTS),后改为 IMT-2000,即“国际移动通信-2000”系统,也就是第三代移动通信系统。IMT-2000 系统可以支持高达 2Mbit/s 的传输速率,因而可提供多媒体业务和高速数据业务。第三代移动通信的目标是最终实现世界范围的个人通信,而在当前的发展目标是:

- 能提供高质量业务,包括话音、低速和高速数据,并具有多媒体接口;
- 能支持面向电路和面向分组业务,工作在各种类型的地区,包括城市和乡村、丘陵和山地、空中和海上以及室内场所;
- 具有更高的频谱效率,能提供更大的通信容量,能与固定网络兼容,和现有移动通信网互联互通并实现全球漫游;
- 网络结构可配置成不同形式,以适应各种服务需要,如公用、专用、商用和家用;
- 具有高级的移动性管理,能保证大量用户数据的存储、更新、交换和实时处理等。

近年来,世界上许多大公司都投入巨资进行 CDMA 系统的研究、开发和生产。1998 年 3 月,在美国负责 IS-95 标准化的 TIA TR45.5 委员会采用了一种后向兼容 IS-95 的宽带 CDMA 框架,称为 cdma2000。2000 年 3 月,cdma2000 的最终正式标准通过。cdma2000 的目标是提供较高的数据速率以满足 IMT-2000 的性能需求,即车辆环境下至少 144kbit/s,步行环境下 384kbit/s,室内办公室环境下 2048kbit/s。所以,IS-95 为核心的 cdmaOne 系统能很好地向满

足第三代移动通信系统 IMT-2000 要求的 cdma2000 过渡。

目前，第三代移动通信系统标准化工作已接近尾声，共提出了 16 种候选无线传输技术，其中宽带 CDMA 是主要的候选多址技术，共有 8 种，参见表 1-1，并形成了 WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 三大主流技术。

表 1-1 第三代移动通信的无线传输方案

序 号	提 交 技 术	双 工 方 式	应 用 环 境	多 址 技 术	提 交 者
1	J: WCDMA	FDD、TDD	所有环境	CDMA	日本: ARTB
2	ETSI-UTRA-UMTS	FDD、TDD	所有环境	CDMA	欧洲: ETSI
3	WIMS WCDMA	FDD	所有环境	CDMA	美国: TTA
4	WCDMA/NA	FDD	所有环境	CDMA	美国: TTP1
5	Global CDMA II	FDD	所有环境	CDMA	韩国: TTA
6	TD-SCDMA	TDD	所有环境	CDMA	中国: CATI
7	cdma2000	FDD、TDD	所有环境	CDMA	美国: TTA
8	Global CDMA I	FDD	所有环境	CDMA	韩国: TTA
9	UWC-136	FDD	所有环境	CDMA	美国: TTA
10	EP-DECT	TDD	所有环境	CDMA	欧洲: ETSI

其中，TD-SCDMA 标准是大唐电信代表中国提出来的，它采用 TDD 模式，支持不对称业务，是未来移动通信市场上的一个新亮点。

CDMA 在我们国家的发展历史也比较长，1993 年，国家 863 计划就开始了对 CDMA 蜂窝技术的研究。1994 年，我国开始引进 CDMA 实验网，1998 年，具有 14 万容量的长城 CDMA 商用试验网在北京、广州、上海和西安建成，并开始部分商用。随后，中国联通首期 CDMA IS-95 网络在全国各大中城市建立。到目前为止，部分城市已建立了 cdma2000 1x 网络，或正在由 IS-95 向 cdma2000 1x 过渡。全国 CDMA 用户总数到 2002 年底已经超过 700 万，预计到 2003 年底，CDMA 用户将达到 1300 多万。

1.1.2 CDMA 系统原理及特点

CDMA 蜂窝移动通信系统是在频分多址（FDMA）模拟蜂窝网和时分多址（TDMA）数字蜂窝网的基础上发展起来的。这三类通信系统有继承性因素，因而有很多共同点，但三者又各有独特之处。从技术角度来看，CDMA 蜂窝通信系统的技术最先进，也最复杂。可以说，在一定的范围内，它反映了现代通信的技术水平。

CDMA 通信，是利用相互正交（或尽可能正交）的不同编码分配给不同用户调制信号，实现多用户同时使用同一频率接入系统和网络的通信。在 CDMA 通信系统中，不同用户传输信息所用的信号不是靠频率不同或时隙不同来区分的，而是用各不相同的编码序列来区分。如果从频域和时域来观察，多个 CDMA 信号是相互重叠的，或者说它们均占有相同的频段和时间，接收机用相关器可以在多个 CDMA 信号中选出其中使用预定码型的信号。由于利用相互正交（或尽可能正交）的编码去调制信号，会将原信号的信号频谱带宽扩展，因此又称这种方式的通信为扩展频谱通信（spread spectrum communication）。扩展频谱通信是将待传送的

信息数据用伪随机编码（扩频序列，spreading sequence）调制，实现频谱扩展后再传输，接收端则采用同样的编码进行解调及相关处理，恢复原始信息数据。因此 CDMA 通信就有伪随机编码调制和信号相关处理两大特点。正是这两大特点，使 CDMA 通信具有许多优点：抗干扰、抗噪音、抗多径衰落、能在低功率下工作、保密性强、可多址复用和任意选址、可高精度测量等。

在 CDMA 通信系统中，用户之间的信息传输也是由基站进行转发和控制的。为了实现双工通信，正向传输和反向传输除了传输业务信息外，还必须传送相应的控制信息。为了传送不同的信息，需要设置不同的信道。但是，CDMA 通信系统既不分频道又不分时隙，无论传送何种信息的信道都靠采用不同的码型来区分，类似的信道属于逻辑信道。图 1.1 为 CDMA 系统的工作示意图。

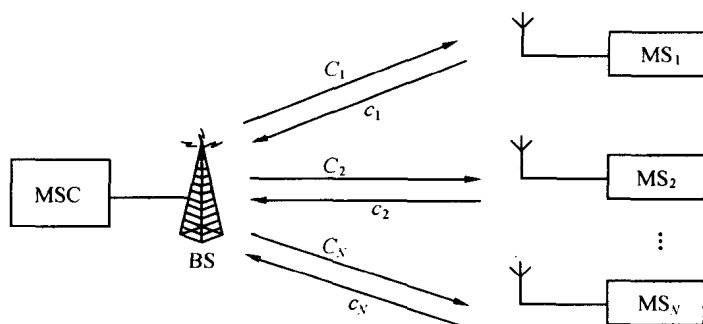


图 1.1 CDMA 系统的工作示意图

IS-95 的 CDMA 系统采用了许多关键技术，如功率控制、软切换技术、分集技术等。而 cdma2000 1x 则采用了前向快速功率控制技术、前向快速寻呼信道技术、前向链路发射分集技术、反向相干解调、Turbo 码等关键技术，这些内容将在下一章中详细介绍。总的来说，CDMA 系统通常具有以下一些特点：

1. CDMA 系统的许多用户共享同一频率。

2. 通信容量大。理论上讲，信道容量完全由信道特性决定，但实际的系统很难达到理想的情况，因而不同的多址方式可能有不同的信道容量。CDMA 是干扰限制性系统，任何干扰的减少都直接转化为系统容量的提高。因此一些能降低干扰功率的技术，如话音激活技术等，可以自然地用于提高系统容量。

3. 容量的软特性。TDMA 系统中同时可接入的用户数是固定的，无法再多接入任何一个用户，而 DS-CDMA 系统中，多增加一个用户只会使通信质量略有下降，不会出现硬阻塞现象。

4. 由于信号被扩展在一较宽频谱上而可以减小多径衰落。如果频谱带宽比信道的相关带宽大，那么固有的频率分集将具有减少小尺度衰落的作用。

5. 在 CDMA 系统中，信道数据速率很高，因此码片（chip）时长很短，通常比信道的时延扩展小得多。因为 PN 序列有低的自相关性，所以大于一个码片宽度的时延扩展部分，可受到接收机的自然抑制；另一方面，如果采用分集接收最大合并比技术，可获得最佳的抗多径衰落效果。而在 TDMA 系统中，为克服多径造成的码间干扰，需要用复杂的自适应均衡，但均衡器的使用增加了接收机的复杂度，同时也影响到越区切换的平滑性。

6. 平滑的软切换和有效的宏分集。DS-CDMA 系统中所有小区使用相同的频率，这不仅简化了频率规划，也使越区切换得以完成。每当移动台处于小区边缘时，同时有两个或两个以上的基站向该移动台发送相同的信号，移动台的分集接收机能同时接收合并这些信号，此时处于宏分集状态。当某一基站的信号强于当前基站信号且稳定后，移动台才切换到该基站的控制上去，这种切换可以在通信的过程中平滑完成，称为软切换。

7. 低信号功率谱密度。在 DS-CDMA 系统中，信号功率被扩展到比自身频带宽度宽百倍以上频带范围内，因而其功率谱密度大大降低。由此可得到两方面的好处：其一，具有较强的抗窄带干扰能力；其二，对窄带系统的干扰很小，有可能与其他系统共用频段，使有限的频谱资源得到更充分的使用。

由此可见，CDMA 系统以其独有的技术特点和优势，将在未来的移动通信中能发挥主导作用，其发展前景是非常广阔的。

1.2 基于 IS-95 标准的 CDMA 系统

IS-95 标准是第二代 CDMA 系统 cdmaOne 技术的核心，它是 N-CDMA 无线空中接口标准，定义了 CDMA 空中接口的物理层、第二层和第三层的规范。

IS-95 包括 IS-95A 和 IS-95B 两个标准。IS-95A 标准主要描述了 CDMA 到模拟系统双模手机的操作需求、基站模拟操作需求、CDMA-模拟双模移动台的选择方式和协议、CDMA-模拟基站的选择方式和协议、CDMA-模拟双模移动台以及 CDMA 模式工作的需求、CDMA-模拟基站以及 CDMA 模式工作的需求。在此基础上的 CDMA 系统可以向用户提供各种电信业务，包括电话业务、紧急呼叫业务、短消息业务、语音信箱业务、传真业务、可视图文业务、智能电报业务、交替语音与传真等，同时提供 14.4kbit/s 的数据业务，除此之外，还提供呼叫前转、呼叫转移、呼叫等待、三方通话、会议电话等附加业务。

IS-95B 则是对 IS-95A 标准的加强。IS-95B 在 IS-95A 的基础上，完全兼容 IS-95A 配置（包括基站硬件），通过对物理信道捆绑应用，实现比 IS-95A 更高比特率的数据业务。这一业务的实现是通过码聚集（code aggregation）实现的。在数据突发期间，可以指配 8 个码分信道给高速包数据业务移动台，在同时存在语音和数据业务的情况下，语音业务有较高的优先级，因此对于一个激活的高速分组数据业务移动台，至少总有一个基本码分信道可供使用，当需要更高的数据传输率时，移动台可以被指配最多 8 个补充码分信道，新的业务选择可以是异步的，即在前反向上可以占用不同的带宽。所以 IS-95B 通过编码或信道集合可以向用户提供 64kbit/s 的数据业务，同时又改善了软切换和频率间硬切换的性能。IS-95B 支持这样的数据业务的优点在于它能够与 cdma2000 1x 系统业务相互配合，即在部署了 cdma2000 1x 系统以后，用户从提供 1x 的高速数据业务的覆盖区进入 IS-95B 覆盖的中低速覆盖区时，用户的数据业务不会中断，但在 IS-95A 的覆盖区中部署 1x 系统则没有这样的服务效果。

1.2.1 CDMA IS-95 系统指标

IS-95 是 N-CDMA 无线空中接口标准，基于 IS-95 的 CDMA 系统的主要优势在于频谱利用率高，容量明显大于 GSM，覆盖范围大，链路预算比 GSM 高出 3~6dB；语音品质明显优于 GSM 和模拟系统，特别是在强背景噪音环境下语音质量不亚于固定电话；由于采用了软

切换技术,越区切换掉话率大大降低;在数据通信方面,可提供高速移动数据业务,而且手机符合环保要求;从网络建设上讲成本比较低。IS-95 的主要技术参数如下:

1. 工作频带

下行: 869~894MHz (基站发射); 824~849MHz (基站接收)。

上行: 824~849MHz (移动台发射); 869~894MHz (移动台接收)。

双工间隔为 45MHz。

2. 信道数

64 (码分信道) /载频。

每一小区可分为 3 个扇区,可共用一个载频。

每一网络分为 9 个载频,其中收发各占 12.5MHz,共占 25MHz 带宽。

3. 射频带宽

第一频道: $2 \times 1.77\text{MHz}$ 。

其他频道: $2 \times 1.23\text{MHz}$ 。

4. 调制方式

基站: QPSK。

移动台: OQPSK。

5. 扩频方式

DS (直接序列扩频)。

6. 语音编码

可变速率 CELP,最大速率为 8kbit/s,最大数据速率为 9.6kbit/s,每帧时间为 20ms。

7. 信道编码

卷积编码: 下行 码率 $R=1/2$, 约束长度 $K=9$ 。

上行 码率 $R=1/3$, 约束长度 $K=9$ 。

交织编码: 交织间距 20ms。

PN 码: 码片的速率为 1.2288Mchip/s (兆码片每秒)。

基站识别码为 m 序列,周期为 $2^{15}-1$ 。

64 个正交沃尔什函数组成 64 个码分信道。

导频、同步信道: 供移动台作载频和时间同步。

8. 多径利用

采用 Rake 接收方式,移动台为 3 个,基站为 4 个。

1.2.2 系统网络结构及接口

基于 IS-95 标准的 CDMA 系统网络结构与典型的数字蜂窝移动通信的网络结构基本相同,其功能单元主要由以下几部分组成,如图 1.2 所示。

- 移动台 (MS): 包括车载台和手机。

- 基站子系统 (BSS): 是网络的无线接入部分,连接到移动通信交换中心。BSS 包括基站收发信机 (BTS) 和基站控制器 (BSC)。BSC 的功能是对 BTS 进行控制,每个 BSC 控制和管理多个 BTS。BTS 的功能是完成无线信号的接收和发送。

- 移动业务交换中心 (MSC): MSC 是对于它所覆盖的区域的移动台进行控制、交换

的功能实体，也是移动通信系统与其他公用通信网之间的接口。

- 访问位置寄存器 (VLR)：连接于一个或多个 MSC。VLR 是动态存储用户信息的单元，用户的信息是由用户的 HLR 得到的。当用户位于此 VLR 覆盖的服务区时，VLR 就存储该用户的信息。当一个漫游移动台进入一个 MSC 覆盖的新服务区时，MS 首先进行注册，然后通知相关的 VLR 和它的 HLR。

- 本地位置寄存器 (HLR)：用于移动用户的管理，维护所有用户的信息，如电子序列号 (ESN)、电话号码、国际移动用户识别号 (IMSI)、用户文件和当前位置等。HLR 可以和 MSC 合成在一块，作为 MSC 整体的一部分，也可独立于 MSC。一个 HLR 可以服务于几个 MSC。同时，一个 HLR 可以分布在不同的地方。

- 鉴权中心 (AUC)：用来鉴定移动用户的身份并产生相应鉴权参数的功能实体。

- 设备识别寄存器 (EIR)：存储有关移动台设备参数的数据库。主要完成对移动设备的识别、监视、闭锁等功能。AUC 属于 HLR 的一个功能单元。

- 操作维护中心 (OMC)：负责整个无线网络的管理。

- 短消息中心 (MC)：存储和转发短消息的功能实体。

- 短消息实体 (SME)：合成和分解消息的实体，它位于 MSC、HLR 和 MS 内。

其中，移动交换机的网络子系统 (NSS) 由 MSC、VLR、HLR、AUC、OMC、EIR、MC、PSTN 等功能实体构成。一个集中的基站控制器 (BSC) 和若干个基站收发信机 (BTS) 组成基站子系统。

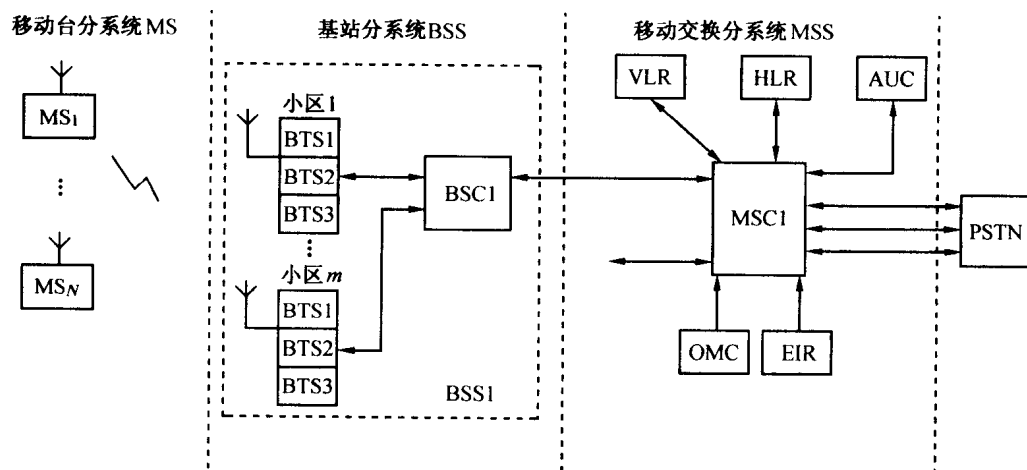


图 1.2 IS-95CDMA 系统网络结构

在以上的系统结构中，各单元之间的通信依赖于定义的接口，包括：

- 移动台 (MS) 与基站 (BS) 之间的接口，Um 接口；
- BSS 与 MSC 之间的接口，A 接口；
- MSC 与 VLR 之间的接口，B 接口；
- MSC 与 HLR 之间的接口，C 接口；
- HLR 与 VLR 之间的接口，D 接口；
- MSC 与 MSC 之间的接口，E 接口；