

国家示范性建设院校电子信息类
优质核心及精品课程规划教材

CDMA2000网络规划与 优化案例教程

主 编 龚雄涛 李筱林 苏红富
副主编 宋振云 王子武 雷军丽

国家示范性建设院校电子信息类
优质核心及精品课程规划教材

CDMA2000 网络规划与优化案例教程

主 编	龚雄涛	李筱林	苏红富
副主编	宋振云	王子武	雷军丽

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书较详细地介绍了基于CDMA技术的3G网络规划优化以及无线资源管理的理论 and 应用。全书分为8章:第1章是CDMA2000通信系统概述;第2~5章分别是CDMA基本原理、CDMA2000信道结构、CDMA2000信令流程、CDMA2000天馈系统;第6~7章介绍CDMA2000无线网络规划与优化;第8章介绍CDMA2000系统性能案例分析。

本书力求理论结合实际,既考虑到实际应用,又进行相应的理论分析。全书内容由浅入深,可满足不同层次读者学习的需要,每章开头有学习提示、学习目的和要求,结束有习题。本书可以作为无线网络建设和维护人员的培训教材,也可作为移动通信研究人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

CDMA2000网络规划与优化案例教程 / 龚雄涛, 李筱林, 苏红富主编.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2011.9

国家示范性建设院校电子信息类优质核心及精品课程规划教材

ISBN 978-7-5606-2595-9

I. ① C… II. ① 龚… ② 李… ③ 苏…

III. ① 码分多址—移动通信—通信网—高等学校—教材 IV. ① TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第098664号

策 划 陈 婷

责任编辑 曹媛媛 陈 婷

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子信箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 21

字 数 497千字

印 数 1~3000册

定 价 32.00元

ISBN 978-7-5606-2595-9 / TN·0606

XDUP 2887001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

CDMA 通信技术具有许多技术上的优点：抗多径衰减、软容量、软切换、其系统容量比 GSM 系统大，采用语音激活、分集接收和智能天线技术可以进一步提高系统容量。从 2001 年中国联通开始建设 CDMA 网络，直至中国电信的继续投入与开发，中国电信已经建成全球最大的 CDMA 网络。随着网络的深入建设，运营商和设备供应商关注的问题已经从网络的规模建设转移到网络的性能优化上，即如何进一步提高运营的网络性能，更好地为用户服务。

在移动通信的建设过程中，网络规划是一个重要的环节。合理的无线网络规划可使网络在时间与空间上达到最大程度的覆盖；在满足系统容量和服务质量的前提下，尽量减少系统设备单元，降低成本。随着网络结构、无线环境、用户分布和用户行为的变化，需要不断地监控和优化网络，通过对路测采集数据、系统 OMC 数据、用户投诉信息的综合分析，发现网络存在的问题，提出解决方案，使网络的性能达到最佳状态，从而提高网络的服务质量。

本书以中兴通讯的网络规划与优化软件(即 CNT、CAN 软件)为载体，对实际规划优化问题和具体案例进行了深入的分析和探讨。特别地，对一些个性化的覆盖需求，提供了有针对性的解决方案。

本书以 CDMA2000 移动网络系统建设与运行维护的实际工作环境为依据，按照移动网络的建设与运行维护的实施步骤编写，内容包括 CDMA 基本原理与技术、天馈系统、CDMA2000 无线网络规划、CDMA2000 无线网络优化与案例分析等 4 大部分。书中系统地讲述了 CDMA2000 网络建设维护各环节中的内容，并结合中兴通讯的 CAT 与 CNA 对实际系统测试与分析，可以锻炼学生的网络规划与网络优化技能。通过本书的学习可以使高等职业院校的学生掌握 CDMA2000 3G 网络规划建设、安装调测和运行维护的基本技能，培养移动系统网络规划建设和移动系统运营维护等方面的中级技术人才。

本书针对实际移动网络设备和设备操作流程进行编写，实践操作性强，便于教学和实训练习。为了配合对 CDMA2000 技能的掌握与理解，每章节除了有详细的文字叙述外，还配有大量的图片和分析步骤流程。

本书由龚雄涛、李筱林、苏红富主编。龚雄涛编写第 1、5 章，雷军丽编写第 2、3 章，王子武编写第 4、6 章，李筱林编写第 7 章，苏红富编写第 8 章。在编写过程中，引用了一些公开发表和尚未发表的资料，包括中兴通讯和中国联通网络规划优化工程师的很多经验总结文章，在此对这些资料的作者表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，真诚希望广大读者能够提出宝贵意见，以便进一步修改完善。

编 者

2011 年 2 月

目 录

第 1 章 CDMA2000 通信系统概述	1
1.1 移动通信技术的发展概况	1
1.2 CDMA 的发展历程	3
1.2.1 CDMA 的发展背景	3
1.2.2 CDMA2000 技术标准演进	3
1.2.3 CDMA 国际标准的发展历程	6
1.2.4 我国 CDMA 标准的发展	6
1.3 CDMA 技术的特点及优势	7
1.3.1 CDMA 的特点	7
1.3.2 CDMA 的优势	8
1.4 CDMA 的频率分配	10
1.5 CDMA 的关键技术	12
1.5.1 功率控制	13
1.5.2 软切换	15
1.5.3 软容量	20
1.5.4 RAKE 接收机工作原理	22
1.5.5 多用户检测	24
小结	24
习题 1	24
第 2 章 CDMA 基本原理	26
2.1 CDMA 通信系统	26
2.2 CDMA 的体系结构	27
2.2.1 移动通信网络的结构	27
2.2.2 CDMA 网络参考模型	28
2.2.3 CDMA 网络的功能模块	28
2.2.4 CDMA2000 的网络结构	30
2.3 扩频通信技术	32
2.4 可变速率声码器	36
小结	38
习题 2	38
第 3 章 CDMA2000 信道结构	40
3.1 信道结构	40
3.1.1 基本概念	41
3.1.2 物理信道命名约定	42

3.2 IS-95 系统前向信道的作用与结构	42
3.2.1 前向导频信道	43
3.2.2 前向同步信道	44
3.2.3 前向寻呼信道	44
3.2.4 前向业务信道	45
3.3 IS-95 系统反向信道的作用与结构	46
3.3.1 反向接入信道	46
3.3.2 反向业务信道	47
3.4 1xRTT 新增加的前反向信道	47
3.4.1 CDMA2000-1x 特点	47
3.4.2 CDMA2000-1x 主要设计改进	47
3.4.3 目前商用 1x 系统增加的信道	47
3.5 移动台呼叫处理过程	49
小结	52
习题 3	52
第 4 章 CDMA2000 信令流程	55
4.1 协议模型	55
4.2 基本信令流程	61
4.2.1 语音业务起呼	61
4.2.2 语音业务被呼	62
4.2.3 软/更软切换流程	63
4.2.4 呼叫释放流程	69
4.3 数据业务呼叫流程	71
4.3.1 数据业务基础	71
4.3.2 数据业务呼叫流程	72
小结	77
习题 4	78
第 5 章 CDMA2000 天馈系统	80
5.1 基站天馈系统介绍	80
5.2 天线的基础	81
5.2.1 天线入门	81
5.2.2 电波传播的基本概念	85
5.2.3 传输线的基本概念	86
5.3 天线参数分析	87
5.3.1 天线电性能参数	88
5.3.2 天线机械参数	96
5.3.3 天线选用建议	99
5.4 天线的安装和调整	100
5.4.1 天馈线的安装	100

5.4.2 室内分布系统天线选用	102
5.4.3 天线的调整	103
5.4.4 天馈线常见故障处理	105
小结	105
习题 5	106
第 6 章 CDMA2000 无线网络规划	108
6.1 无线网络规划概述	108
6.1.1 无线网络规划目标	109
6.1.2 无线网络规划的指导原则	111
6.2 无线网络详细规划	111
6.2.1 规划模型	112
6.2.2 站址选择	113
6.2.3 容量规划	117
6.2.4 频率使用规划方案	122
6.2.5 覆盖规划	125
6.2.6 PN 码偏置规划	133
6.2.7 无线资源管理算法规划	135
6.3 无线网络规划实施流程	138
小结	142
习题 6	143
第 7 章 CDMA2000 无线网络优化	145
7.1 CDMA2000 网络优化概述	145
7.1.1 网络优化的概念	145
7.1.2 网络优化的原因	146
7.1.3 网络优化的一般流程	146
7.2 和网络优化相关的参数	152
7.2.1 导频参数	152
7.2.2 搜索窗尺寸	153
7.2.3 切换参数	154
7.2.4 功率控制参数	154
7.2.5 接入参数	154
7.3 网络优化具体步骤	156
7.4 CDMA2000 网络维护优化	160
7.4.1 每日维护优化工作内容	160
7.4.2 每周维护优化工作内容	160
7.4.3 每月维护优化工作内容	161
7.4.4 每季度/年度维护优化工作内容	161
7.5 CDMA2000 网络语音业务的评估指标和测试方法	162
7.5.1 评估过程	162

7.5.2 测试设备	171
7.5.3 测试方法	173
7.5.4 DT 测试	173
7.5.5 CQT 测试	181
小结	187
习题 7	188
第 8 章 CDMA 系统性能案例分析	189
8.1 接入分析	189
8.1.1 接入过程	189
8.1.2 接入参数	192
8.1.3 系统接入状态定时器	197
8.1.4 接入失败的主要原因及相关优化方法	199
8.1.5 接入失败案例分析	204
8.2 切换分析	212
8.2.1 切换分类	212
8.2.2 软切换中的主要概念	214
8.2.3 切换失败分析	221
8.2.4 案例分析	222
8.3 调话分析	228
8.3.1 调话机制	228
8.3.2 调话分析模板	229
8.3.3 调话案例分析	240
小结	252
习题 8	253
附录 A CNT、CNA 软件的安装步骤、基本操作过程及注意事项	256
A.1 CNT、CNA 软件的安装步骤	256
A.2 CNT 的使用方法及注意事项	259
A.3 CNA 的使用方法及注意事项	273
附录 B 鼎利软件的安装步骤、基本操作过程及注意事项	290
B.1 Pilot Pioneer 测试软件使用说明	290
B.2 Pilot Navigator 后台使用说明	304
附录 C 测试分析报告模板	311
**CDMA 网络测试分析报告	311
附录 D 缩略语	319
符号及缩略语	319
参考文献	327

第 1 章 CDMA2000 通信系统概述



学习提示

CDMA(Code Division Multiple Access)是在数字技术的分支——扩频通信技术的基础上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术。第二次世界大战期间因战争的需要而研究开发出 CDMA 技术，后由美国高通公司发展成为商用蜂窝电信技术。1995 年，第一个 CDMA 商用系统运行之后，CDMA 技术理论上的诸多优势在实践中得到了检验，从而在全球许多国家和地区得到了迅速推广和应用。

移动通信技术自从产生以来，其核心技术已经经历了若干阶段，而 CDMA 技术正是目前处于领先地位的通信技术。CDMA 技术的出现源自于人类对更高质量无线通信的需求。



学习目的和要求

- ◇ 了解 CDMA 的发展历程。
- ◇ 掌握 CDMA 技术的特点及优势。
- ◇ 掌握 CDMA 的功率控制、软切换、Rake 接收等关键技术。

1.1 移动通信技术的发展概况

移动通信发展的最终目标是实现任何人可以在任何时间、任何地点与其它任何人进行任何方式的通信(见图 1-1)。移动通信特别是蜂窝小区的迅速发展，使用户彻底摆脱了终端设备的束缚，实现了完整的个人移动性、可靠的传输手段和接续方式。进入 21 世纪，移动通信逐渐演变成为社会发展和进步的必不可少的工具。

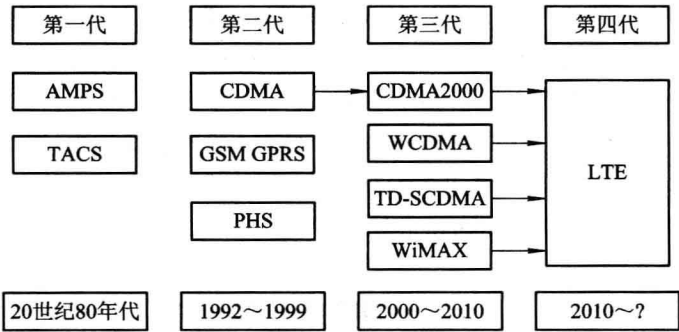


图 1-1 移动通信技术的发展

1. 第一代移动通信系统

第一代移动通信系统(1G)是在 20 世纪 80 年代初提出的,完成于 20 世纪 90 年代初。它采用 FDMA(Frequency Division Multiple Access/Address)通信体制,属于模拟蜂窝系统,如 AMPS、TACS 和 NMT 等,其特点是仅提供话音业务,而且用户的容量较小,覆盖范围有限,质量差,安全性差,没有加密,传输速度低。1G 主要基于蜂窝结构组网,直接使用模拟语音调制技术,传输速率约 2.4 kb/s。不同国家采用不同的工作系统。

2. 第二代移动通信系统

第二代移动通信系统(2G)起源于 20 世纪 90 年代初期,它采用 TDMA 或 CDMA 通信体制,属于数字式蜂窝系统,如 GSM/DCS1800、IS-136、IS-95 等。欧洲电信标准协会在 1996 年提出了 GSM Phase 2+,其目的在于扩展和改进 GSM Phase 1 及 Phase 2 中原定的业务和性能。它主要包括 CMAEL(客户化应用移动网络增强逻辑)、SO(支持最佳路由)、立即计费、GSM 900/1800 双频段工作等内容,也包含了与全速率完全兼容的增强型话音编解码技术,使得话音质量得到了质的改进,半速率编解码器可使 GSM 系统的容量提高近一倍。在 GSM Phase 2+ 阶段中,采用更密集的频率复用、多重复用结构技术,引入智能天线技术,双频段等技术,有效地克服了随着业务量剧增而引发的 GSM 系统容量不足的缺陷;自适应语音编码(AMR)技术的应用,极大地提高了系统通话质量;GPRS/EDGE 技术的引入,使 GSM 与计算机通信/Internet 有机相结合,数据传送速率可达 384 kb/s,从而使 GSM 功能不断得到增强,初步具备了支持多媒体业务的能力。

尽管 2G 技术在发展中不断得到完善,其容量和功能都比第一代模拟系统有了很大提高,但仍主要局限于话音和低速率数据(低于 9.6 kb/s)的业务应用,且不能支持全球漫游通信。随着用户规模和网络规模的不断扩大,频率资源已接近枯竭,语音质量不能达到用户满意的标准,数据通信速率太低,无法在真正意义上满足移动多媒体业务的需求。

第三代移动通信系统(3G)也称 IMT 2000,是正在全力开发的系统,其最基本的特征是采用智能信号处理技术,智能信号处理单元将成为基本功能模块,支持话音和多媒体数据通信,它可以提供前两代产品不能提供的各种宽带信息业务,如高速数据、慢速图像与电视图像等。例如,WCDMA 的传输速率在用户静止时最大为 2 Mb/s,在用户高速移动时最大支持 144 kb/s,所占频率带宽为 5 MHz 左右。

3. 第三代移动通信系统

第三代移动通信系统的通信标准共有 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三大分支,它们共同组成一个 IMT 2000 家庭,但成员间存在相互兼容的问题,因此,已有的移动通信系统不是真正意义上的个人通信和全球通信;再者,3G 的频谱利用率还比较低,不能充分地利用宝贵的频谱资源;3G 支持的速率也不够高,如单载波只支持最大 2 Mb/s 的业务;等等。这些不足,使之远远不能适应未来移动通信发展的需要,因此,寻求一种既能解决现有问题,又能适应未来移动通信需求的新技术(即新一代移动通信, next generation mobile communication)是必要的。

3G 的长期演进技术(LTE 和 AIE)是以 OFDM/FDMA 为核心的技术,与其说是 3G 技术的“演进”(Evolution),不如说是“革命”(Revolution)。这种技术和 WiMAX 等由于已经具

有某些“4G”的特征，可以被看做“准4G”技术。

4. 第四代移动通信系统

第四代移动通信系统(4G)可称为宽带接入和分布网络。其具有静态传输速率达到1 Gb/s、高速移动状态下达到100 Mb/s的非对称数据传输能力。它包括宽带无线固定接入、宽带无线局域网(WLAN)、移动宽带系统和互操作的广播网络。第四代移动通信可以在不同的固定的和无线平台及跨越不同频带的网络中提供无线服务，可以在任何地方宽带接入互联网，包括卫星通信和平流层通信，能够实现定位定时、数据采集、远程控制等综合功能。

4G技术不再局限于电信行业，而将广泛应用于汽车通信、民航、广播电视实现、国防工业、政府信息化系统、教育系统、医疗系统和金融系统等领域，传统的电信设备商、网络设备商、软件商、运输设备商、汽车商等都将介入。因此，4G将是多功能集成的宽带移动通信系统，也是宽带接入IP系统，即4G将是多种无线技术的综合系统。它融合了现有3G的增强技术，集3G网络技术和无线LAN系统为一体。

1.2 CDMA 的发展历程

CDMA技术早已在军用抗干扰通信研究中得到了广泛应用。1989年11月，Qualcomm在美国的现场试验证明CDMA用于蜂窝移动通信的容量大，并经理论推导证明其为AMPS容量的20倍。这一振奋人心的结果很快使CDMA成为全球的热门课题。

1.2.1 CDMA 的发展背景

1995年香港和美国的CDMA公用网开始投入商用。1996年韩国用自己的CDMA系统开展大规模商用，最初12个月发展了150万用户。1998年全球CDMA用户已达500多万，CDMA的研究和商用进入高潮，因此，有人说1997年是CDMA年。美国已拍卖的2958个PCS经营许可证中，CDMA占51%，GSM占28%。1999年CDMA在日本和美国形成增长的高峰期，全球的增长率高达250%，用户已达2000万。

中国CDMA的发展并不迟，也有长期军用研究的技术积累。1993年国家863计划已开展CDMA蜂窝技术研究。1994年Qualcomm首先在天津搭建技术试验网。1998年具有14万用户容量的长城CDMA商用试验网在北京、广州、上海及西安建成，并开始小部分商用。联通也计划在广东、北京、天津、上海等地搭建CDMA商用试验网。

韩国CDMA数字蜂窝移动通信在政府强有力的组织下，得到了迅猛的发展。CDMA网络运营仅一年多便发展到400万用户，其用户密度远高于我国用户密度最大的珠江三角洲地区。韩国CDMA的运营情况充分证明了CDMA技术是成熟的，其系统容量和话音质量较目前其它蜂窝系统(GSM、TDMA、PDC、TACS、AMPS)是最优的。

1.2.2 CDMA2000 技术标准演进

IS-95向CDMA2000的技术演进路线如图1-2所示，其中空中接口系列标准包括

CDMA2000 1x、1x EV-DO 和 1x EV-DV，核心网与无线接入网独立向前发展。

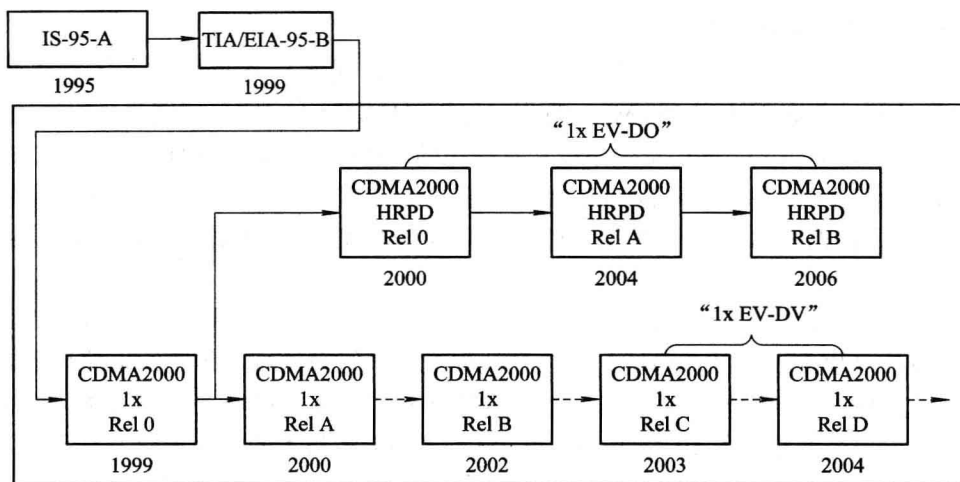


图 1-2 IS-95 向 CDMA2000 技术演进路线

CDMA2000 1x 完全后向兼容 IS-95。核心网部分增加了分组域以支持较高速率的分组数据业务；空中接口使用了前向快速功率控制、反向信道相干解调、快速寻呼、Turbo 码等关键技术，目的是改善无线传送的质量，提高频谱效率及系统容量。CDMA2000 1x 具有 3G 系统的部分功能，可以从 IS-95 进行平滑升级，两者商用时间之间的间隔不太长，业界有时也将 CDMA2000 1x 作为 2.5G 系统看待。由于 CDMA2000 1x 完全兼容 IS-95 系统功能，所以本节仅介绍 CDMA2000 1x 的演进，而不再赘述 IS-95 向 CDMA2000 的演进情况。

目前 CDMA2000 1x 已经发展出 CDMA2000 Release 0、Release A、Release B、Release C 和 Release D 等 5 个版本，商用较多的是 Release 0 版本，部分运营网络引入了 Release A 的一些功能特性，Release B 作为中间版本被跨越，1x EV-DV 对应于 CDMA2000 Release C 和 Release D。其中，Release C 增加了前向高速分组传送功能，Release D 增加了反向高速分组传送功能。

1x EV-DO 是一种专为高速分组数据传送而优化设计的 CDMA2000 空中接口技术，已经发展出 Release 0 和 Release A 两个版本。其中，Release 0 版本可以支持非实时、非对称的高速分组数据业务；Release A 版本可以同时支持实时、对称的高速分组数据业务传送。

1. 从 CDMA2000 1x 向 1x EV-DO 演进

1x EV-DO 利用独立的载波提供高速分组数据业务，它可以单独组网，也可以与 CDMA2000 1x 混合组网，以弥补后者在高速分组数据业务提供能力上的不足。下面以 1x EV-DO Release 0 为例，简单介绍其特点。

从技术特点上看，1x EV-DO 前向链路采用了多种优化措施以提高前向数据吞吐量和频谱利用率，前向链路峰值速率可以达到 2.4 Mb/s；反向链路设计与 CDMA2000 1x 有许多共同点，反向链路速率与 CDMA2000 1x 相同。

从网络结构上看，1x EV-DO 与 CDMA2000 1x 的无线接入网在逻辑功能上是相互独立的，分组核心网可以共用，这样既实现了高速分组数据业务的重点覆盖，又不会对 CDMA2000 1x 网络和业务造成明显影响。

从系统覆盖上看, CDMA2000 1x 前反向链路是对称的, 1x EV-DO 虽然前反向速率不对称, 但是, 其前反向链路预算与 CDMA2000 1x 相差不多, CDMA2000 1x 系统覆盖的许多特性可以作为 1x EV-DO 网络规划优化的参考。

从网络规划上看, 1x EV-DO 与 CDMA2000 1x 可以共站址、天线和天馈系统; 在天馈设计、PN 规划、邻区规划方面, 1x EV-DO 与 CDMA2000 1x 基本一致; 1x EV-DO 利用独立的载频提供高速分组数据业务, 有助于降低与 CDMA2000 1x 网络之间的相互干扰。

从业务互补性看, 1x EV-DO 可以作为高速分组数据业务的专用网, 1x 提供语音和中低速分组数据业务, 同时利用 CDMA2000 1x 网络的广域覆盖特性以弥补 1x EV-DO 网络建设初期在覆盖上的不足。

由于存在技术特点、网络结构、网络规划、业务互补性等多方面的相容性, 因此从 CDMA2000 1x 向 1x EV-DO 演进, 有利于快速部署网络, 降低设备投资和网络运行维护成本。

2. 从 CDMA2000 1x 向 1x EV-DV 演进

1x EV-DV 是对 CDMA2000 1x 技术标准的继承和发展, 它继承了 CDMA2000 1x 的网络架构, 使用与 CDMA2000 1x 相同的频段。其主导思想是在 CDMA2000 1x 载波基础上提升前向和反向分组传送的速率, 提供业务 QoS 保证。1x EV-DV 的物理层采用重传机制、时分与码分相结合及自适应调制编码等先进技术实现高效传输; 其 MAC 层采用灵活的资源调度机制以提高系统资源的利用效率; 此外, 它还增加了用户分类和业务流分类机制, 以保障业务的 QoS。

1x EV-DV 把语音和分组数据业务放在同一个载波中传送, 并且要求提供更高速率的数据业务服务, 在技术实现和实际组网上都存在一定的困难。在 2004 年 10 月的 ITU 日内瓦国际通信展上, 三星电子公司率先向世界展示了基于 Release C 版本的 1x EV-DV 系统设备, 同时推出了世界上第一款 1x EV-DV 与 WCDMA 的双模终端。2004 年 11 月, 爱立信公司宣布完成了从 CDMA2000 1x 到 1x EV-DV 的升级实验方案, 虽然这一演示还仅局限于实验室范围, 但却是 Release D 版本的首次演示。

尽管如此, 1x EV-DV 距离真正商用还有很长一段距离, 最重要的因素在于市场对这一技术的需求和接受程度。全球主要的 CDMA2000 运营商普遍认为 1x EV-DO 能够对高速无线数据及其应用提供良好的支持; 在 1x EV-DO 的 Release A 版本上能够保证高效的 QoS, 并在此基础上提供诸如 VoIP 之类的实时业务。也就是说, 1x EV-DV 并不具备明显的技术优势。同时, 由于 1x EV-DV 标准较 1x EV-DO 复杂, 因此在技术实现和开发进度上明显滞后于 1x EV-DO。所以, 出于对以上原因的考虑, 国际上越来越多的主流 CDMA2000 运营商对 1x EV-DV 的需求明显降低, 而纷纷选择 1x EV-DO。

由此可以看出, 一方面, 1x EV-DO 的市场份额在不断扩大; 另一方面, 1x EV-DV 的发展前途越发不明朗。可以认为, 1x EV-DO 作为 CDMA2000 1x 的比较现实的演进技术, 在 CDMA2000 1x 的进一步发展中将占据重要的地位。

CDMA2000 1x EV-DV 是 CDMA2000 的另一种扩展, 在一个载频同时支持语音和高速分组数据业务。其语音容量和数据容量较 1x 和 1x EV-DO 都高。目前, 它是所有 3G 标准中, 在单位带宽之内所支持数据速率最高的一种。

1.2.3 CDMA 国际标准的发展历程

目前,国际通用的 CDMA 标准主要是由美国国家标准委员会 ANSI TIA 开发颁布的。ANSI(American National Standard Institute)作为美国国家标准制定单位,负责授权其它美国标准制定实体,其中包括电信工业解决方案联盟 ATIS、电子工业委员会 EIA 以及电信工业委员会 TIA。TIA 主要开发 IS(Interim Standards, 暂定标准)系列标准,如 CDMA 系列标准 IS-95、IS-634、IS-41 等。IS 系列标准之所以被列为暂定标准,是因为它的时限性,最初定义的标准有效期限是 5 年,现在是 3 年。除了 IS 系列标准之外,TIA 还颁布其它类型的规范,如电信系统公告 TSB(Telecommunications Service Bulletin)文件。TSB 不是标准,但可以提供与现存标准相关的信息或对工业界非常重要的其它事宜。TIA 开发出的标准在经 ANSI 所有成员同意之后即可成为 ANSI 的正式标准。TIA 目前由 9 个 TR 委员会组成,即 TR8、TR14、TR29、TR30、TR32、TR34、TR41、TR45、TR46,其中与 CDMA 标准关系最为密切的是 TR45(移动和个人通信公用标准),它的下面包括 7 个子委员会,分别负责不同接口标准的制定,如 TR45.2 负责网络部分,TR45.4 负责 A 接口部分,TR45.5 负责空中接口等。

除了 ANSI TIA 之外,其它一些标准化组织和生产厂商对 CDMA 标准的制定也起到了积极作用。例如,CDG(CDMA 发展小组)和 3GPP2(负责第三代 CDMA 移动通信标准的制定)先后推出了有关 A 接口的 IOS 系列标准;一批知名的通信公司如 MOTOROLA、LUCENT、NORTEL、QUALCOMM 等首先提出了有关 CDMA 标准的方案和建议,经过多次协商讨论,最终修改成为目前被普遍接受的通用标准。

1.2.4 我国 CDMA 标准的发展

我国目前采用的 CDMA 标准主要是向美国标准靠拢,同时结合我国的实际情况。例如,空中接口在美国的标准中注重 CDMA 与 AMPS 双模兼容,而在我国则没有这种需求,因此其频率、基本频道的设置及 IMSI 等方面都需要进行修改;在 A 接口上,美国的标准兼容了多种制式,而在我国只需要其中的 CDMA 一种;网络接口 IS-41 系列标准也需要进行必要的修改。

我国在 1999 年 4 月成立了中国无线通信标准研究组 CWTS,其主要目的是加强我国的标准制定工作。CWTS 下面分了五个工作组 WG,其中 WG1 为 IMT-2000 工作组,WG2 为 GSM 工作组,WG3 为寻呼工作组,WG4 为 CDMA 工作组,此外还有一个知识产权组。CDMA 工作组的主要任务就是制定适合我国具体情况的 CDMA 标准,反映网络运营者的要求,鼓励生产厂商参与标准化工作,加强中国对国际标准制定的影响力。到目前为止,WG4 已拥有 26 个成员单位,成功地组织了多次标准化会议。

按照 WG4 的工作计划,我国 CDMA 标准的制定主要分为三个阶段。

第一阶段主要是建立起我国标准体系的基本框架。这一阶段主要以引进国际标准为主,如 IS-95、IS-634、IOS-2.X、IS-41 等系列标准,并根据我国网络的具体情况进行相应的修改。主要包括:接口标准,如空中接口、A 接口、移动应用部分(即网络接口);设备标准,如基站、移动台和交换机;其它,如 ISUP 等。

目前第一阶段的工作已基本完成。第二阶段的主要任务是在第一阶段工作成果的基础上,充分发挥已建立的基本框架功能,提供更多的功能和业务,可能包含的内容有:UIM、无线智能网、低速数据(14.4 kb/s)、短消息及其它一些必要的业务。

第三阶段是从 2000 年年底到 2001 年,面向第三代移动通信,积极开展预研,参考国际上已有的标准,如 IS-95B、IS-2000、IS-2000A 等,加强对分组数据网、无线智能网标准的研究,并积极介入国际标准的制定工作。

在吸收和引进国外各项标准的同时,我国也正在积极开发满足我国电信网络的 CDMA 标准,并且已经向国际电信联盟递交了第三代移动通信技术规范 TD-CDMA 标准,该标准在 1999 年 11 月结束的有关世界第三代移动通信标准制定会上被最终确定为第三代移动通信技术规范的系列标准之一。这是中国提出的电信技术标准第一次被国际电信联盟所采用,同时也证明了我国的通信技术水平已逐渐与世界同步,我们的民族产业也日益引起世界的瞩目。

1.3 CDMA 技术的特点及优势

CDMA 是近年来在数字移动通信进程中出现的一种先进的无线扩频通信技术,它能够满足市场对移动通信容量和品质的高要求,具有频谱利用率高、话音质量好、保密性强、掉话率低、电磁辐射小、容量大、覆盖广等特点,可以大量减少投资和降低运营成本。

1.3.1 CDMA 的特点

与频分多址和时分多址系统相比,码分多址(CDMA)系统具有很多优点,这些优点一部分是由于扩频系统,另一部分则是因为 CDMA 采用的关键技术(如功率控制、软切换等技术)所带来的。CDMA 移动通信网是由扩频、多址接入、蜂窝组网和频率再用等几种技术结合而成,含有频域、时域和码域三维信号处理的一种协作,因此它具有抗干扰性好,抗多径衰落,保密安全性高,同频率可在多个小区内重复使用,所要求的载干比(C/I)小于 1,容量和质量之间可做权衡取舍等属性。这些属性使 CDMA 比其它系统有非常重要的优势。

(1) 系统容量的灵活配置。这与 CDMA 的机理有关。CDMA 是一个自扰系统,所有移动用户都占用相同带宽和频率。打个比方,将带宽想象成一个大房子,所有的人将进入唯一的大房子,如果他们使用完全不同的语言,他们就可以清楚地听到同伴的声音而只受到一些来自别人谈话的干扰。在这里,屋里的空气可以被想像成宽带的载波,而不同的语言即被当作编码,我们可以不断地增加用户直到整个背景噪声限制住了我们。如果能控制住用户的信号强度,则在保持高质量通话的同时,我们就可以容纳更多的用户。

(2) 通话质量好。CDMA 系统话音质量很高,声码器可以动态地调整数据传输速率,并根据适当的门限值选择不同的电平级发射。同时,门限值根据背景噪声的改变而改变,这样即使在背景噪声较大的情况下,也可以得到较好的通话质量。另外,CDMA 系统采用软切换技术,“先连接再断开”,这样完全克服了硬切换容易掉话的缺点。

(3) 频率规划简单。用户按不同的序列码区分,所以不相同的 CDMA 载波可在相邻的小区内使用,网络规划灵活,扩展简单。

CDMA 是扩频通信的一种,它具有扩频通信的以下特点:

(1) 抗干扰能力强。这是扩频通信的基本特点,是所有通信方式无法比拟的。

(2) 宽带传输,抗衰落能力强。

(3) 由于采用宽带传输,在信道中传输的有用信号的功率比干扰信号的功率低得多,因此信号好像隐蔽在噪声中,即功率谱密度比较低,有利于信号隐蔽。

(4) 利用扩频码的相关性来获取用户的信息,抗截获的能力强。

(5) 多个用户同时接收,同时发送。

扩频 CDMA 通信系统由于采用了新的关键技术而具有以下新的特点:

(1) 采用了多种分集方式,除了传统的空间分集外。由于宽带传输起到了频率分集的作用,同时在基站和移动台采用了 RAKE 接收机技术,相当于时间分集的作用。

(2) 采用了话音激活技术和扇区化技术。因为 CDMA 系统的容量直接与所受的干扰有关,采用话音激活和扇区化技术可以减少干扰,可以使整个系统的容量增大。

(3) 采用了移动台辅助的软切换。通过它可以实现无缝切换,保证了通话的连续性,减少了掉话的可能性。处于切换区域的移动台通过分集接收多个基站的信号,可以减低自身的发射功率,从而减少了对周围基站的干扰,这样有利于提高反向联路的容量和覆盖范围。

(4) 采用了功率控制技术,降低了平准发射功率。

(5) 具有软容量特性。可以在话务量高峰期通过提高误帧率来增加可以用的信道数。当相邻小区的负荷一轻一重时,负荷重的小区可以通过减少导频的发射功率,使本小区的边缘用户由于导频强度的不足而切换到相邻小区,使负担分担。

(6) 兼容性好。由于 CDMA 的带宽很大,功率分布在广阔的频谱上,功率话密度低,对窄带模拟系统的干扰小,因此两者可以共存,即兼容性好。

(7) CDMA 的频率利用率高,不需频率规划,这也是 CDMA 的特点之一。

(8) CDMA 高效率的 OCELP 话音编码。话音编码技术是数字通信中的一个重要课题。OCELP 是利用码表矢量量化差值的信号,并可根据语音激活的程度产生一个输出速率可变的信号。这种编码方式被认为是目前效率最高的编码技术,在保证有较好话音质量的前提下,大大提高了系统的容量。这种声码器具有 8 kb/s 和 13 kb/s 两种速率的序列。8 kb/s 序列从 1.2 kb/s 到 9.6 kb/s 可变,13 kb/s 序列则从 1.8 kb/s 到 14.4 kb/s 可变。最近,又有一种 8 kb/s EVRC 型编码器问世,也具有 8 kb/s 声码器容量大的特点,话音质量也有了明显的提高。

1.3.2 CDMA 的优势

1. 系统容量大

根据理论计算及现场试验表明,在使用相同频率资源的情况下,CDMA 移动网比模拟网容量大 20 倍,是 TDMA 系统的 4 倍,实际使用中比模拟网大 10 倍,比 GSM 要大 4~5 倍。CDMA 系统的高容量很大一部分是因为它的频率复用系数远远超过其它制式的蜂窝系统,同时 CDMA 使用了话音激活和扇区化、快速功率控制等技术。

按照香农定理,各种多址方式(FDMA、TDMA 和 CDMA)都应有相同的容量。但这种

考虑有几种欠缺:

(1) 假设所有的用户在同一时间内连续不断地传送消息, 这对话音通信来说是不符合实际的。

(2) 没有考虑在地理上重新分配频率的问题。

(3) 没有考虑信号传输中的多径衰落。

决定 CDMA 数字蜂窝系统容量的主要参数是: 处理增益、 E_b/N_0 、话音负载周期、频率复用效率和基站天线扇区数。

2. 功率发射低

众所周知, 由于 CDMA(IS-95)系统中采用快速的反向功率控制、软切换、语音激活等技术, 以及 IS-95 规范对手机最大发射功率的限制, 使 CDMA 手机在通信过程中辐射功率很小而享有“绿色手机”的美誉, 这是与 GSM 相比, CDMA 的重要优点之一。

从手机发射功率限制的角度来比较:

目前普遍使用的 GSM 手机 900 MHz 频段最大发射功率为 2 W(33 dBm), 1800 MHz 频段最大发射功率为 1 W(30 dBm), 同时规范要求, 对于 GSM900 和 1800 频段, 通信过程中手机最小发射功率分别不能低于 5 dBm 和 0 dBm; CDMA IS-95A 规范对手机最大发射功率要求为 0.2~1 W(23~30 dBm), 实际上目前网络上允许手机的最大发射功率为 23 dBm (0.2 W), 规范对 CDMA 手机最小发射功率没有要求。

在实际通信过程中, 在某个时刻某个地点, 手机的实际发射功率取决于环境、系统对通信质量的要求、语音激活等诸多因素, 实际上就是取决于系统的链路预算。在通常的网络设计和规划中, 对于基本相同的误帧率要求, GSM 系统要求到达基站的手机信号的载干比通常为 9 dB 左右, 由于 CDMA 系统采用扩频技术, 扩频增益对全速率编码的增益为 21 dB, (对其它低速率编码的增益更大), 所以对解扩前信号的等效载干比的要求为 -14 dB(CDMA 系统通常要求解扩后信号的 E_b/N_0 值为 7 dB 左右)。

从手机发射功率的初始值的取定及功率控制机制的角度来进行比较:

手机与系统的通信可分为两个阶段: 一是接入阶段, 二是通话阶段。对于 GSM 系统, 手机在随机接入阶段没有进入专用模式以前, 是没有功率控制的, 为保证接入成功, 手机以系统允许的最大功率发射(通常是手机的最大发射功率)。在分配专用信道(SDCCH或TCH)后, 手机会根据基站的指令调整手机的发射功率, 调整的步长通常为 2 dB, 调整的频率为 60 ms 一次。

对于 CDMA 系统, 在随机接入状态下, 手机会根据接收到的基站信号电平估计一个较小的值作为手机的初始发射功率, 发送第一个接入试探, 如果在规定的时间内没有得到基站的应答信息, 手机会加大发射功率, 发送第二个接入试探, 如果在规定时间内还没有得到基站的应答信息, 手机会再加大发射功率。这个过程重复下去, 直到收到基站的应答或者到达设定的最多尝试次数为止。在通话状态下, 每 1.25 ms 基站会向手机发送一个功率控制命令信息, 命令手机增大或减少发射功率, 步长通常为 1 dB。

由上面的比较可以看出, 总体而言, 考虑到 CDMA 系统其它独有的技术, CDMA 系统对手机发射功率的要求比 GSM 系统对手机发射功率的要求要小得多, 而且 GSM 手机在接入过程中以最大的功率发射, 在通话过程中功率控制速度较慢, 所以手机以大功率发射的