



PH
PTR

网络与通信
译林
精选系列

CDMA

系统设计与 优化

[美] Kyoung Il Kim 编著
刘晓宇 杜志敏 译

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn



网络与通信译林精选系列
CDMA 系统设计与优化

◆ 编 著 [美] Kyoung Il Kim
译 刘晓宇 杜志敏
责任编辑 万东旭

◆ 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@ptph.com.cn
网址 <http://www.ptph.com.cn>
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义向阳胶印厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787 × 1092 1/16
印张: 10.25
字数: 243 千字 2000 年 12 月第 1 版
印数: 3 001 - 6 000 册 2001 年 2 月北京第 2 次印刷
著作权合同登记 图字: 01 - 2000 - 0661 号

ISBN 7-115-08861-6/TP·1881

定价: 33.00 元

内容提要

本书讨论了码分多址(CDMA)移动通信系统设计和优化的各方面问题。内容包括:频谱规划;导频信道模型和导频分配;接入信道和寻呼信道的容量计算;硬切换、软切换和更软切换;链路预算;前向链路和反向链路的容量分析;小区覆盖;天线设计。全书内容丰富,层次分明,叙述清晰,是一本不可多得的综合性专著。

与其他相关的学术著作相比,本书的最大特点是偏重于系统的工程设计与优化问题。作者尽量避免进行艰深的理论分析,简明地阐述了系统设计的基本思想,有助于一般读者建立关于 CDMA 的系统级概念。对于书中所讨论的专题,作者给出了大量的仿真数值结果,工程技术人员可以直接引用,作为 CDMA 系统设计的指南。另外,本书几乎覆盖 CDMA 系统设计的所有问题,对于研究者而言,本书也不失为一本有用的参考书。

本书可以作为工程技术人员和高等院校从事相关课题研究的本科生和研究生的参考材料。



版权声明

Kyoung Il Kim; Handbook of CDMA System Design, Engineering and Optimization.

Authorized translation from the English language edition published by Prentice Hall PTR.

Copyright © 2000 by Prentice Hall PTR.

All rights reserved. No part of the book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Chinese Simplified language edition published by People's Posts & Telecommunications Publishing House.

本书英文版由 Prentice Hall PTR 出版。人民邮电出版社取得授权翻译出版中文简体版。

未经出版者许可,对本书任何部分不得以任何方式或任何手段复制和传播。

版权所有,侵权必究。

无线通信有着悠久的历史,可以上溯到 19 世纪 80 年代赫兹(Heinrich Hertz)所做的基础性实验,以及由马可尼(Guglielmo Marconi)延续到 19 世纪末的研究工作。正是马可尼首先证明在海上轮船之间进行通信的可行性——这是移动通信的始祖。从那时起,革新的浪潮汹涌澎湃,直到 1921 年,美国底特律警察局成功安装了第一套移动无线电发报系统。在此期间,贝尔实验室对无线电传输的许多方面进行了研究,也正是在 20 世纪 20 年代末,由奈奎斯特(Harry Nyquist)提出了他那著名的采样定理,这成为我们通向数字化时代的钥匙。

扩频通信技术历史稍短,但它的发展毫不逊色。尽管最早的扩频技术专利可以回溯到 20 世纪 20 年代,但是将该技术实用化的推动力来自于第二次世界大战期间对于安全通信的需求,使之用于指挥和控制系统。扩频通信的起源在 Robert Scholtz(见参考文献[1]),Robert Price(见参考文献[2])和 William Bennett(见参考文献[3])的文献中做了生动的描述。

贝尔实验室始终处于扩频通信技术领域的前沿。他们在二战期间生产了一套安全电话系统,实验室内部称之为“X 系统”,而在美国信号公司(United States Signal Corps)则称为“Sigsaly”。“Sigsaly”采用了数字化话音编码技术(它是世界上第一个话音编码和脉冲编码调制的应用技术)以及扩频技术和伪随机子载波扰码技术,接收机采用相关技术恢复信号。贝尔实验室的 R.K.Potter 和 R.C.Mathes 在 1941 为该系统注册了最早的专利权(见参考文献[4])。因为该项目的保密性,专利直到 1976 年才公布。战争期间,罗斯福和丘吉尔使用该系统进行秘密会谈。后来,著名的贝尔实验室研究员香农(Claude Shannon)证明了通信信道的容量可以通过一组像噪声波形的信号承载信息,从而达到最大值。

从 D.H.Ring(见参考文献[5])在 1947 年提出蜂窝通信的概念,60 年代的系统实验,1970 年向美国联邦通信委员会(FCC)提出广域蜂窝系统的建议,以及 70 年代蜂窝系统的尝试,直到 80 年代,贝尔实验室领导工业界将第一套蜂窝移动通信系统投入商用,贝尔实验室始终在无线通信领域保持领先。必须指出的是,贝尔实验室在 1988 年首次在一套正在运行的蜂窝系统的现场打通了电话。此后,贝尔实验室在 1993 年完成的 CDMA 无线系统的标准化方面担当领袖重任。

今天,全球移动用户已经超过 3.5 亿,业界正处于第三代无线通信技术的起点,而朗讯科技和贝尔实验室已经在扩频、CDMA 和无线移动系统领域中积累了大量的理论和实践经验,将领导无线通信走向未来。朗讯科技已经在全球为 40 多家运营商开通了 160 多个 CDMA 网络,这些系统为数百万用户提供了优质可靠的服务。我们正是从这些经验中发展出了设计、运营和优化 CDMA 系统的技术和标准。这些技术以及贝尔实验室的优良传统正是我们将与读者分享的宝贵财富。

[参考文献]

- [1] R. A. Scholtz. The origins of spread-spectrum communications, *IEEE Transactions on Commun.*, vol. COM-30, pp. 822–854, May 1982.
- [2] R. Price. Further notes and anecdotes on spread-spectrum origins, *IEEE Transactions on Commun.*, vol. COM-31, pp. 85–97, Jan. 1983.
- [3] W. R. Bennett. Secret telephony as a historical example of spread-spectrum communication, *IEEE Transactions on Commun.*, vol. COM-31, pp. 98–104, Jan. 1983.
- [4] M. D. Fagen, ed. A history of engineering and science in the Bell System—national service in war and peace, Bell Telephone Laboratories, pp. 296–297, 1978.
- [5] D. H. Ring. Mobile telephony—wide area coverage, Bell Telephone Laboratories Technical Memorandum, Dec. 11, 1947.

George I. Zysman, Ph.D.
Chief Technical Officer
Wireless Networks Group
Bell Labs, Lucent Technologies

直到八年前,码分多址(CDMA)在无线通信领域还被认为是一项有争议的技术。但是,当电信工业联盟(TIA)在 1993 年发布 IS-95 标准以后,CDMA 迅速成为工业界首选的技术。本书写作之时,全球已经建立了数百个 CDMA 移动通信网,向 3000 多万用户提供服务。此外,在向下一代系统(IMT-2000)提交的有关无线传输技术(RTT)的建议中,很多建议都选择 CDMA 作为他们的空中接口技术。

获得今天这样的成功以前,CDMA 标准已经做了不止一次修改,而且今天正在运行的 CDMA 系统也已经吸收了许多改进成果。但是,设计和改进一个系统,并使之获得最佳性能,仍然需要研究者不懈的努力以及大量的现场测试。为此我们试图通过总结我们的成果,将有用的信息集中在一本书中,使读者不必费力地阅读所有相关文献以后,再开发自己的一套研究方法。本书是朗讯科技公司贝尔实验室众多研究员的最新成果,是一本关于 CDMA 技术应用于蜂窝或个人通信系统(PCS)的专著。因为我们正走向下一代移动通信系统,所以现在正是一个恰当的时机,让我们很好地总结以前开发和应用 IS-95 CDMA 系统时所做的工作。

我们在书中还对实际应用中存在的大量工程设计问题作了深入探讨,其中包括对 IS-95 CDMA 系统及网络的设计、运营和优化问题。但是,因为市场上已经有大量优秀的著作对 CDMA 技术进行深入的数学分析,所以我们的重点将集中在对书中涉猎的专题进行直观和定性的解释。尽管如此,为了完全理解第 5,9,10 章中的内容,读者还是有必要具备微积分、线性代数和概率论的背景知识。

本书的目的是帮助读者理解:成功设计 CDMA 通信系统需要解决哪些问题;解决这些问题的原则是什么。为使本书对于那些对小区规划(cell planning)感兴趣的读者更有用,我们提供了一个软件(CE4)的演示版,这是一套用于 CDMA 覆盖预测的软件工具,由贝尔实验室开发。利用这套软件,读者可以获得关于 CDMA 中蜂窝设计技术的经验,以及设计和分析 CDMA 网络的经验。尽管我们试图覆盖尽可能多的相关课题,本书还是不可能取代其他关于 CDMA 技术的出版文献。但是,我们认为对于那

些寻求设计和优化 CDMA 网络的读者而言,本书所做的分析和仿真结果是有用的,可以作为相关课题的实践指南。

最后需要指出的是,在许多讨论中,我们都采用北美 PCS CDMA 系统(1800MHz 频段)作为我们数值分析的例子,但是,只要适当修改与频率有关的参数值(例如波长),几乎所有的讨论结果均适用于 1.8GHz 或 850MHz CDMA 系统。另外,本书提供的准则也适用于世界上其他地区采用的系统,尽管在当地法规或实际运营中,某些特定的规程可能做了修改,或者修改了 1.8GHz 和 850MHz 频谱。

致谢

我们首先感谢评阅本书手稿并提出宝贵建议的读者。本书作为备忘录、论文和报告的编纂物,许多人为此做出了贡献。我们要感谢下列贝尔实验室的作者,没有他们的重要贡献本书是不可能完成的:Terry Cheng, Michael Craig, Asif Gandhi, Kelvin Ho, Ching Yao Huang, Raafat Kamel, Terry Lenahan, Allen He, James Lin, Shen - De Lin, Mark Newbury 和 Yuqi Yao。

另外,附录中的材料主要来自下列组织和个人。我们受益于朗讯科技贝尔实验室的无线设计中心的研究成员,他们与我们共同分享了附录 A 中射频设计过程的智慧和经验。我们要感谢:Neil Bernstein, Victor Dasilva, Jim McElroy, Xiao Wang 和 Xiao (Susan) Wu,他们允许我们在附录中使用他们的部分文档。我们还要感谢:Steven Cosmas, Tzong - Yih Li, Jim Pelech, Shaoming Tong 和 Hengxin Weng,他们提供了附录 C 和 CE4 CD - ROM 的演示版。

Qi Bi, Zoran Siveski, Hong Yang 和 Linda Zeger 审阅了本书的早期手稿,并提供了许多改进意见,这些都反映在书中。我们还要感谢 Jacques Beneat, Philip H. Enslow, Jr. 和 Allen H. Levensque,感谢他们建设性的评述。我们还受益于朗讯网络系统客户培训及信息产品部的 Craig Lawson,他细致的编辑工作改善了本书的可读性。

最后,我们向 Sang Bin Rhee 致以诚挚的感谢,他鼓励我们出版了这本书,另外还有 Hank Menkes,对整个出版工作他都给予了巨大的支持。

Kyoung Il Kim
1999.8, Whippany, N.J.

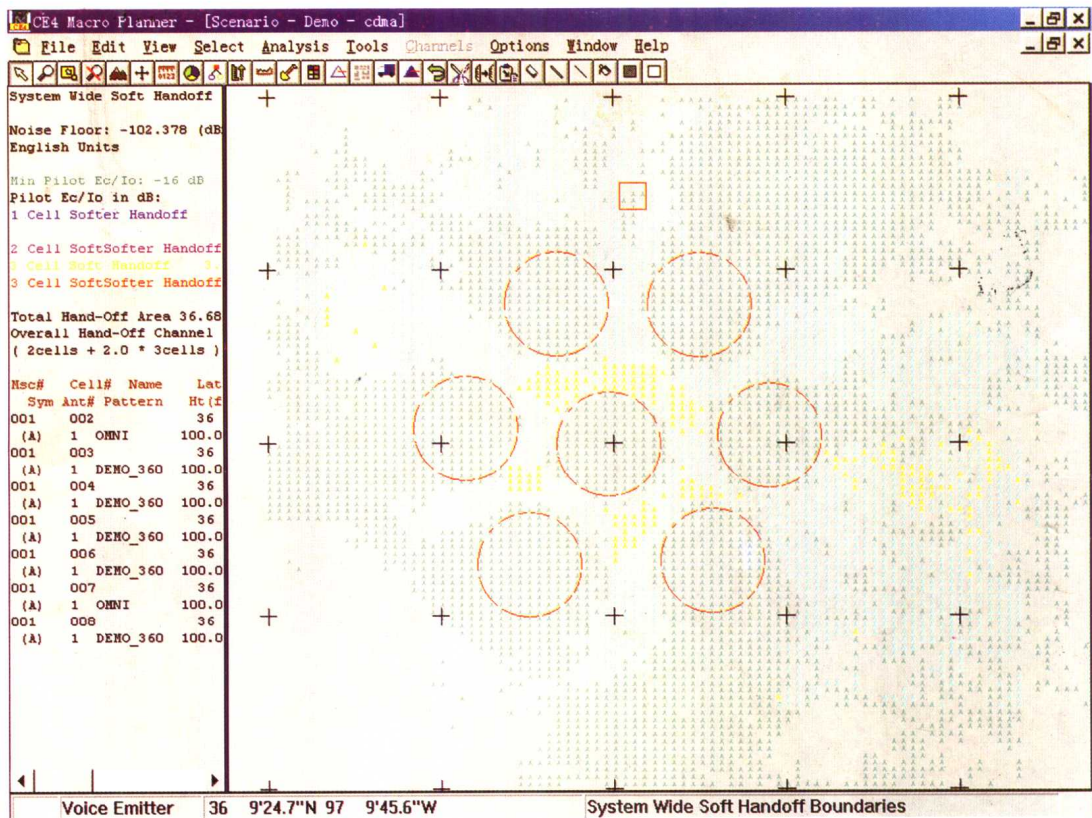


图 C - 1(a) CE4 前向链路分析图: $T_ADD = -12\text{dB}$, $T_DROP = -15\text{dB}$

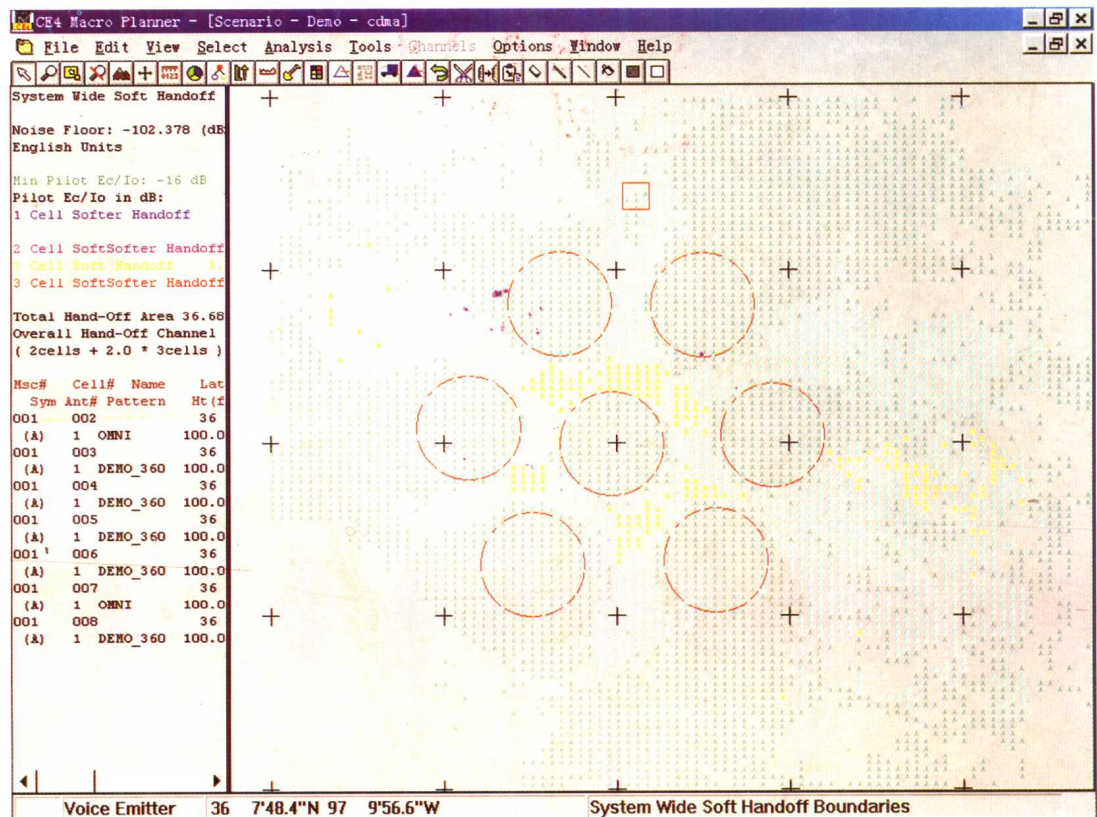


图 C - 1(b) CE4 前向链路分析图: $T_ADD = -15\text{dB}$, $T_DROP = -18\text{dB}$

目 录

第 1 章 简介	1
第 2 章 CDMA 概述	4
2.1 概念	4
2.2 特点	4
2.2.1 容量	5
2.2.2 功率控制	6
2.2.3 软切换	6
2.2.4 话音激活	6
第 3 章 频谱指配	8
3.1 频谱指配与信道编号	8
3.2 信道可用性	9
3.3 优选信道	10
3.4 系统内频率规划	11
3.5 系统间频率规划	11
第 4 章 导频分配	14
4.1 导频信道模型	14
4.2 移动台呼叫处理	16
4.3 PILOT-INC 与相位偏置的重用	16
4.3.1 导频分割及 PILOT-INC 的下界	17
4.3.2 导频复用	20
4.3.3 PILOT-INC 的上界	23
4.4 相位分配过程	24

第5章 移动台接入和寻呼	26
5.1 移动台接入协议	26
5.2 接入请求尝试的平均持续时延(average persistence delay)	31
5.3 接入信道容量	34
5.3.1 接入信道仿真模型	35
5.3.2 接入信道仿真结果	36
5.3.3 接入信道容量分析	37
5.4 寻呼信道容量	40
5.4.1 寻呼信道特性	41
5.4.2 假设	43
5.4.3 寻呼信道容量	44
5.4.1 综述	50
第6章 切换	52
6.1 硬切换	52
6.2 软切换和更软切换	53
6.2.1 定义	53
6.2.2 过程	53
6.2.3 比较	54
6.2.4 性能	55
6.2.5 参数	61
6.3 载波间的切换	64
6.3.1 孤立小块区域系统(pocketed system)	64
6.3.2 非连贯性区域的系统(disjoint system)	66
第7章 链路预算	69
7.1 反向链路预算的推导	69
7.1.1 基站天线输入端所需的功率	69
7.1.2 衰落余量(fading margin)	71
7.1.3 软切换增益(handoff gain)	75
7.1.4 容许的最大空中路径损耗	76
7.2 前向链路	77

第 8 章 容量	81
8.1 反向链路容量	81
8.2 前向链路容量	86
第 9 章 覆盖	88
9.1 反向链路覆盖区域	88
9.2 前向链路覆盖区域	90
9.3 导频信道覆盖概率的推导	102
第 10 章 业务分析	105
10.1 分析	105
10.1.1 两扇区情况	106
10.1.2 三扇区情况	107
10.1.3 K 扇区情况	108
10.2 数值结果	108
第 11 章 天线	111
11.1 天线参数	111
11.2 天线系统和干扰、小区覆盖	112
11.2.1 方向天线和扇化增益	112
11.2.2 天线高度、增益和覆盖区	113
11.2.3 天线下倾以减少干扰	114
11.3 分集天线系统	115
11.3.1 空间分集天线	116
11.3.2 极化分集天线	116
11.3.3 极化分集和空间分集的比较	118
11.4 多个射频站点同置时的天线隔离原则	118
11.4.1 介绍	118
11.4.2 互干扰计算的数学模型	119
11.4.3 天线隔离标准和安全的天线隔离	121
11.4.4 两个同置射频站的天线间隔	123
11.4.5 多个同置射频站间的互干扰	123

11.4.6 站测量	125
附录 A RF 设计流程	128
A.1 目的	128
A.2 流程概述	128
A.3 预设计(preliminary design)阶段	128
A.3.1 步骤 1:项目计划和需求评估	130
A.3.2 步骤 2:数据准备	130
A.3.3 步骤 3:区域勘察	130
A.3.4 步骤 4:地理形态定义,移动测试和修正	131
A.3.5 步骤 5:验证覆盖范围预测所用输入参数	131
A.3.6 步骤 6:容量规划	132
A.3.7 步骤 7:(循环)工程设计	132
A.3.8 步骤 8:确定搜索圈(search rings)	133
A.3.9 步骤 9:预设计(preliminary design)验证	133
A.4 最终设计(Final Design)阶段	133
A.4.1 步骤 1:选择候选基站	133
A.4.2 步骤 2:候选基站覆盖范围的初步评估	135
A.4.3 步骤 3:候选站址的移动测试	135
A.4.4 步骤 4:移动测试数据分析	135
A.4.5 步骤 5:更新覆盖范围预测所需参数	136
A.4.6 步骤 6:容量规划和业务量分析	136
A.4.7 步骤 7:RF 候选站址选择以及草案准备	136
A.4.8 步骤 8:创建小区设备列表数据	138
A.4.9 步骤 9:PN 规划	138
A.4.10 步骤 10:生成覆盖范围预测曲线	138
附录 B 射频优化过程概述	139
B.1 小区分组测试	139
B.1.1 频谱监测	139
B.1.2 基本的呼叫处理测试	140
B.1.3 空载导频测量	140
B.1.4 加载覆盖范围测试	140

B.2 系统范围的优化	141
附录 C 使用 CE4 进行 RF 覆盖预测	142
C.1 蜂窝工程软件工具 CE4 概述	142
C.1.1 工具输入参数和脚本配置	142
C.1.2 基站放置和参数设定	142
C.2 CE4 演示版本的功能特点	143
C.2.1 信号强度分析	143
C.2.2 CDMA 分析	143
C.3 系统要求及安装	144
C.4 CE4 演示版的局限性	144
C.5 使用 CE4 软件包工作	145

第 1 章 简 介

本书为规划和设计码分多址(CDMA)个人通信服务(PCS)系统提供基本的射频(RF)设计指南和建议

这些指南是一般性的,特定的实现可能随系统不同而改变。本书所有的内容均与下列标准保持一致:

CDMA PCS 公共空中接口标准(ANSI J-STD-008)。

CDMA PCS 基站最小性能标准(PN3383)。

蜂窝 CDMA 公共空中接口标准(IS-95A)。

蜂窝 CDMA 基站最小性能标准(IS-97)。

蜂窝 CDMA 移动台最小性能标准(IS-98)。

参考文献[1.1~1.5]列出这些标准。

本书共 11 章,第 1 章提供介绍性的材料,第 2 章概要说明 CDMA 的特点,总结了 CDMA 的概念和运行过程,为理解后续章节打下基础。第 3 章讨论频谱指配问题,尤其是对 CDMA PCS 系统的中心频率分配问题提出建议。

ANSI J-STD-008(参考文献[1.4])定义了一对伪随机序列用于导频信道。基站每个扇区的导频信道可以通过特定的相位偏置将扇区彼此区分开来,第 4 章就是考虑对不同的扇区如何选择合适的相位偏置问题。相位偏置可以被重用,我们的建议包括导频相位偏置增量的下界以及一个相位偏置分配规程。

第 5 章讨论与移动台接入相关的呼叫处理单元。在 ANSI J-STD-008(参考文献[1.4])中,CDMA 移动台按照一个随机接入协议在接入信道上进行传输。这一章针对不同的移动台接入参数对移动台接入协议的数据分组通过量和时延性能进行了分析。

CDMA 系统支持多种类型的切换,包括硬切换、软切换和更软切换。硬切换中,移动台通过业务信道的短暂中断,由一个基站切换到另一个基站。一个例子就是从 一个 CDMA 射频载波切换到另一个 CDMA 射频载波。CDMA 到 CDMA 的硬切换也可能发生在相同 CDMA 载波下不同移动交换中心(MSC)的边界上。

软切换是一项移动台切换技术,是指当移动台由一个小区移动到你相邻小区时,同时从多个基站收发相同的信号。在前向链路上,软切换下的移动台可以采用适当的分集技术合并信号,在反向链路上,由移动交换中心来确定哪一个基站正在接收更强的信号。

在更软切换状态下,由同一小区的多个相邻扇区来支持移动台的呼叫。恰当运用软切换和更软切换可以提高呼叫质量,改善小区的覆盖和容量。在软切换中,移动台连续扫描多个导

频,只要小区(多达三个)的导频功率超过给定门限,即与相应小区建立通信。与此类似,当小区的导频功率降低到一定的门限以下,移动台同小区的通信即告终止。第6章讨论了软切换的操作并对软切换参数值提出建议。

链路预算介绍如何计算比特能量与热噪声加干扰功率谱密度之比,讨论基于不同的小区负载、信道激活因子、要求的发送功率、收发天线的增益、接收机噪声指数、衰落余量以及传播路径损耗。第7章提供了推导前向链路和反向链路预算的方法,并给出了实例。

容量的一个简单定义是系统能够支持的移动台呼叫数量。发射功率的限制和系统自身的干扰最终限制了CDMA的容量。当移动台没有足够的发送功率去克服来自其他移动台的干扰,从而达到基站所要求的比特能量与干扰功率谱密度之比时,反向链路即达到容量极限。与此类似,在前向链路上,为了满足移动台接收机处的比特能量与干扰功率谱密度之比而向小区内所有基站发送的功率之总和超过基站的额定功率时,容量便达到极限。因此,CDMA覆盖所及的范围由能够满足比特能量与干扰功率谱密度比值要求的地区组成。第8章和第9章讨论CDMA系统的容量和覆盖问题。

在CDMA移动台接入之前,必须在不同的CDMA基站之间选出最强的导频。导频信道同时也辅助进行切换操作。因此,CDMA覆盖所及的范围由能够满足导频码片能量与噪声加干扰功率谱密度之和的比值要求的地区组成。第9章针对硬切换和软切换分析了下列问题:覆盖概率、导频信道所占功率的百分比,以及要求的导频码片能量与噪声加干扰功率谱密度之和的比值。

CDMA系统中,信道处理单元(CE)对一个给定信道(导频、同步、寻呼或业务信道)执行基带扩频信号处理。厄朗容量不仅由业务信道可以获得的CE数量的最大值决定,而且还由同时激活的最大用户数目决定。

在一个分为三个扇区的CDMA小区中,基于每个扇区的业务负载来规划每个扇区的信道处理单元(CE)会导致极大的浪费,因为这样不能体现集中使用CE而获得的有效性。当所有CE集中使用时,无论在哪个扇区,小区中的任意用户都可以分配到任意CE。另外一个影响到规划的因素是CDMA系统必须限制一个扇区内同时进行通信的用户数,从而控制使用相同导频的用户之间的干扰。所以仅仅基于总负载来规划CE是不合适的,因为这样做忽略了每个扇区的限制。最佳的方案必须同时考虑到由于扇区用户饱和以及基站中所有的信道处理单元均忙而导致的阻塞。为了适应软切换,我们需要分配更多的CE。我们建议刚开始的时候多分配30%~35%,以后可以根据两个小区中处于软切换状态中的移动台所占的比例,对单个基站进行调整。

第10章发展了一个算法,它可基于要求的阻塞概率、各个扇区的业务负载和CE的总数来计算CDMA基站的厄朗容量,由此可以确定满足阻塞需求的最少信道处理单元数量。为了解释这个算法的用途,第10章给出了每个扇区的厄朗容量的数值计算结果以及需要的CE数量。这些数值结果的条件是10~15用户/扇区/载波,阻塞要求为2%。

第11章提供了同置基站的天线间隔的设计指南,设计标准是两个准则,即由接收机灵敏度降低和接收机过载导致的衰减最小化准则、和由内调制积导致的互干扰最小化准则。

附录A和附录B讨论了一些实际的工程问题,例如采用射频(RF)覆盖预测进行最初的RF设计,以及微调CDMA系统参数来进行RF优化。我们还提供了CE4(Cellular Engineering 4)的演示版,这是一套用于RF覆盖预测的软件工具。附录C说明了这个工具的安装和使用过程。

CDMA 系统的一个重要课题是功率控制。功率控制的基本目的是在保持话音质量的同时增加系统容量。这些目标可以通过控制 CDMA 信号功率来实现,使其以最低的功率电平满足特定的比特能量与干扰功率谱密度之比,从而避免对其他信号不必要的干扰。在前向链路上,功率控制采用一个闭环算法来实现,由移动台基于接收的误帧率(FER)来请求前向链路的功率调整。在反向链路上,功率控制采用开环—闭环算法实现。在开环路径上,移动台通过估计基站到移动台之间的路径损耗来进行功率调整;在闭环路径上,基站通过估计接收的比特能量与干扰功率谱密度之比并发出相应的功率调整命令,以此补偿不相关的路径损耗变化以及附加的干扰源。这两条控制路径合起来决定移动台最终的发射功率。

尽管功率控制的操作细节在相应的标准中进行了说明,但是具体的实现可以随系统的不同而不同,因此我们在本书中不讨论这个与具体实现有关的重要课题。

[参考文献]

- [1.1] TIA/EIA/IS-95A *Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System*, March 1995. (To purchase the complete text of any TIA document, call Global Engineering Documents at 1-800-854-7179 (global@his.com) or send a facsimile to 303-397-2740.)
- [1.2] TIA/EIA/IS-97 *Recommended Minimum Performance Standards for Base Stations Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations*, February 1994.
- [1.3] TIA/EIA/IS-98. *Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations*, February 1994.
- [1.4] ANSI J-STD-008. *Mobile Station - Base Station Compatibility Requirements for 1.8 and 2.0 GHz CDMA PCS*, March 1995.
- [1.5] PN3383. *Recommended Minimum Performance Requirements for Base Stations Supporting 1.8 to 2.0 GHz CDMA Mobile Stations*, March 1995.