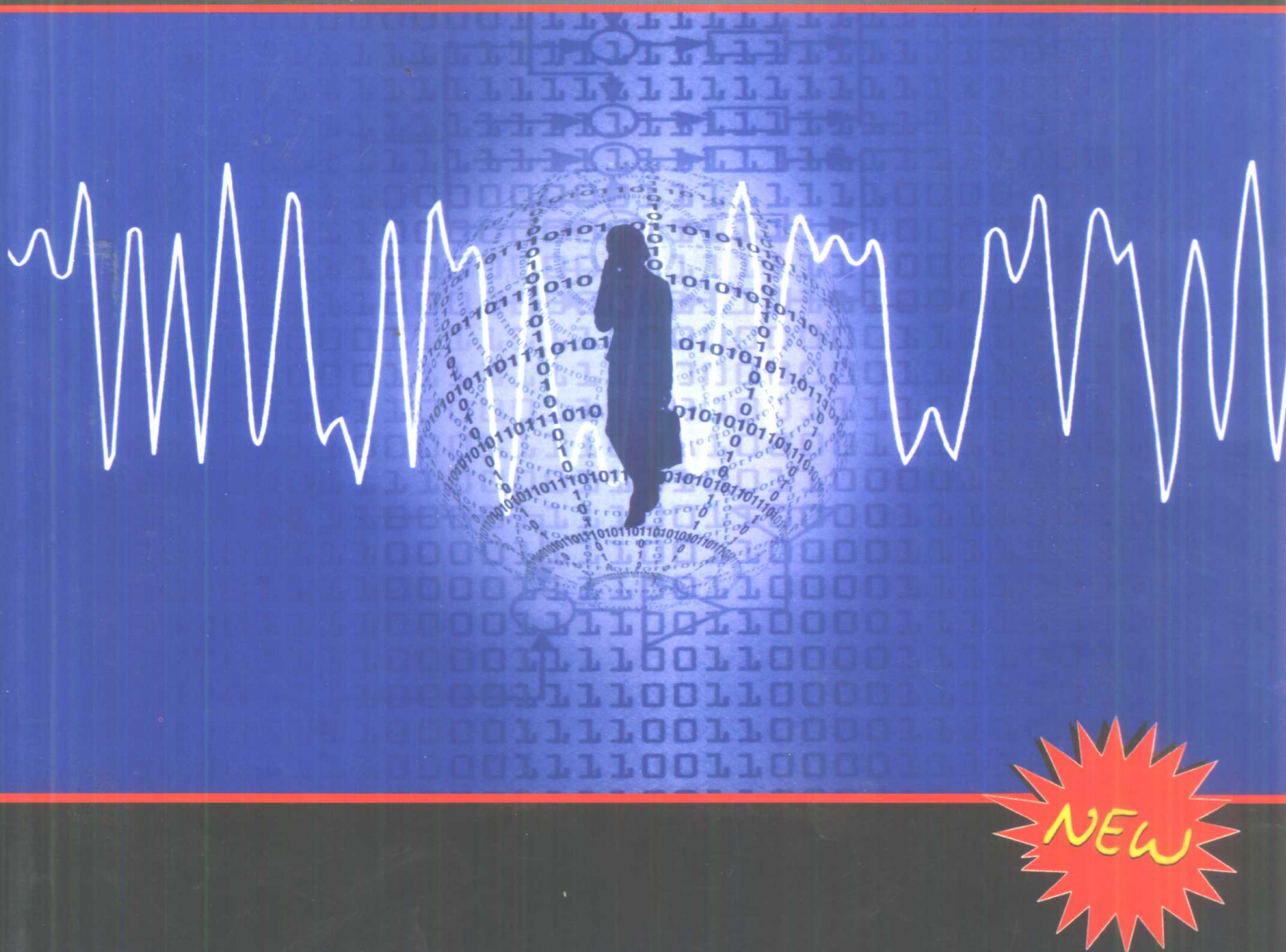


CDMA 系统工程手册

Jhong Sam Lee Leonard E. Miller 著

许希斌 周世东 赵明 李刚 等译 姚彦 审



人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

CDMA 系统工程手册

Jhong Sam Lee Leonard E. Miller 著

许希斌 周世东 等译
赵 明 李 刚
姚 彦 审

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

CDMA 系统工程手册/(美)李(Lee, J.S.), (美)米勒(Miller, L.E.)著;许希斌译. - 北京:人民邮电出版社, 2000.11

ISBN 7-115-08741-5

I .C... II .①李...②米...③许... III .码分多址-移动通信:数字通信-通信网 IV .TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47140 号

内 容 提 要

本书是 CDMA 移动通信领域的重要译著,系统阐述了 CDMA 蜂窝移动通信系统的基本原理、关键技术、体制标准、工程设计和网络优化等方面的知识。

本书取材于美国、韩国的研究所和企业界对技术人员进行培训的内容,实用性强,对从事 CDMA 移动通信领域教学、研究、开发、应用的教师、学生和广大的工程技术人员有很好的参考价值。

CDMA 系统工程手册

-
- ◆ 著 Jhong Sam Lee Leonard E. Miller
译 许希斌 周世东 赵 明 李 刚等
审 姚 彦
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@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:52.75
字数:1 325 千字
印数:5 000 册
- 2001 年 2 月第 1 版
2001 年 2 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字:01-1999-2678 号

ISBN 7-115-08741-5/TN·1630

定价:87.00 元

版权声明

本书为阿尔泰克出版社(ARTECH HOUSE, INC.)出版、J. S. Lee Associates, Inc.独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社。未经原版书所有者和本书出版者的书面许可,任何单位和个人不得擅自复印、复制、摘录本书的部分或全部内容,以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

版权所有,侵权必究。

© 1998 J. S. Lee Associates, Inc.

本书原版版权属 J. S. Lee Associates, Inc.

本书原版书名 CDMA Systems Engineering Handbook

作者 Jhong Sam Lee Leonard E. Miller

中译本序言

蜂窝移动通信是人类在 20 世纪最伟大的科技成果之一。从第一代模拟蜂窝移动通信,到当前遍及全球的第二代数字蜂窝移动通信,无论是技术水平、用户数量、服务范围都取得举世瞩目的进展。以宽带、多媒体业务为标志的第三代蜂窝移动通信也即将问世。

在蜂窝移动通信的各种技术体制中,码分多址(CDMA)技术占有十分重要的地位,它不仅是第二代数字蜂窝移动通信的两大体制(欧洲的 GSM 和北美的 IS-95)之一,而且也是第三代移动通信的主要体制。北美的 IS-95 系统是码分多址蜂窝移动通信的典型代表,这不仅是因为 IS-95 是将码分多址技术引入蜂窝移动通信并形成标准的第一个系统,而且在 IS-95 系统中所采用的一些技术思路具有普遍意义,也是第三代蜂窝移动通信的基础。因此,技术人员往往把 IS-95 作为学习、了解码分多址的入门和必修课,在这个意义上说,本书是满足此要求的一本很好的教材。

本书取材于作者自 1993 年以来在美国、韩国的研究所和企业界对技术人员进行培训的内容,既包括系统分析、无线传播和蜂窝工程方面的基础知识,又全面讨论与码分多址有关的关键技术;既介绍 IS-95 标准的细节,又详细说明码分多址蜂窝系统的设计和优化。这是一本以 IS-95 为背景的系统性强、理论性强及工程性强的好书,对从事这个领域教学、研究、开发、应用的教师、学生和广大的工程技术人员有很好的参考价值。

本书涉及到一些专业名词,我们尽量采用国内较为权威的辞典或专著的译名。在本书的最后给出有关名词的中英文对照索引,供感兴趣的读者查阅。

本书由清华大学微波与数字通信国家重点实验室 931 研究室的几位青年教师许希斌、周世东、赵明、李刚、韩明等翻译,931 研究室的许多研究生和本科生也为本书的翻译作出了贡献。由于译者水平限制,难免会出现一些错误和不妥之处,敬请批评指正。

姚彦

2000 年 5 月

于北京清华大学

前 言

北美第一个数字蜂窝标准于 1989 年推出,这一标准是以 TDMA 技术为基础的。随后,Qualcomm 公司于 1990 年提出了基于 CDMA 技术的扩谱数字蜂窝系统。这一标准于 1993 年成为第二个北美数字蜂窝标准,即 IS-95 标准。随着这一标准的发布,越来越多的人对 IS-95 CDMA 蜂窝系统的设计、实现及与此技术有关的个人通信系统(例如,JSTD-008 标准)产生了浓厚的兴趣。编写本书的目的之一是为有兴趣从事此方面研究的人员提供技术基础。IS-95 CDMA 系统是扩谱系统,并用了许多成熟的现代通信和信息处理技术。本书的主要目标是以手册的形式从最基础的层次对 IS-95 通信系统所用的技术进行解释。为了加强本书的完整性,我们在开始部分提供了系统分析所需的工具,这有助于读者学习后面各章的内容。另外,为了使读者对所涉及的课题有清晰深入的理解,我们提出了许多问题并给出了相应的解答。同时,为了使读者把注意力放在主要的讨论过程上,所涉及的数学推导将在每一章的附录中给出。

本书的资料来源于第一作者自 1993 年起在韩国和美国的技术课程,最初的题目为“CDMA 蜂窝系统设计的技术基础”。在韩国,作者以 CDMA 为主题对不同的组织机构的演讲超过了 1100 小时。这些组织机构主要有:电子与通信研究所(the Electronics and Telecommunications Research Institute, ETRI),大韩移动通信公司研究中心(the Central Research Center of Korea Mobile Telecommunications Coporation——现为 SK 电信),新世纪电信公司(Shinsegi Telecommunications, Inc., STI),汉城通信技术公司(Seoul Communication Technology Co., SCT),现代电子工业有限公司(Hyundai Electronics Industries Co., Ltd., HEI),汉韶个人通信系统(Hansol PCS),以及大韩无线公司(Korea Radio Tower, Inc——KRT)。1997 年 10 月,在汉城举行的第二届 CDMA 国际通信会议上,又给出了此主题的专题讲座。作者根据在工业机构中培训工程技术人员的教学经验,确定了本书的风格和写作方式。本书分为 11 章,下面对主要内容进行介绍。

第 1 章,系统分析的基础知识。首先对扩谱(SS)和 CDMA 系统的基本概念进行了综述。为了便于其他各章的学习,还介绍了有关系统分析方面的知识,主要包括抽样理论、扩谱波形理论和用于系统分析的概率基础理论。

第 2 章,移动环境下的电波传播。概括介绍无线信号传播损耗模型和移动无线信道模型,并给出在蜂窝系统设计中应用这些模型的方法。在此章中,作者给出工程技术人员如何应用这些模型进行蜂窝系统的设计,以及在不同的条件下如何选择具体模型的详细材料。

第 3 章,蜂窝系统工程基础。对有关话务理论、常规蜂窝系统结构和蜂窝工程方案的基础知识进行解释。在工程界,数学公式和图表中所隐含的物理意义对工程技术人员是非常重要的,因此在给出这些公式和图表时,我们力求完整、严格、准确,以使读者能按照自己的方式理解“蜂窝”概念。

第 4 章,IS-95 标准概述。系统总结 CDMA 公共无线空中接口的主要特征,并在附录中有选择地讨论其他几方面的内容。通过对数百页文件的提炼,对系统设计及设计思想进行总结。同时,本章还对交织技术、散列函数等 IS-95 文件中所不包含的内容进行详细解释。

第 5 章,沃尔什函数和循环冗余校验(CRC)编码。从理论和应用两个方面对沃尔什函数进行深入的讨论。在 IS-95 标准中,沃尔什函数应用于前向链路和反向链路中的正交调制过

程。本章给出沃尔什函数、哈达玛函数和莱德马契函数的关系,并且介绍产生和解调沃尔什函数的几种方法。本书用大量的篇幅对沃尔什函数进行介绍,主要目的是为了加深读者对它在 IS-95 CDMA 中应用的理解。另外,由于 IS-95 系统中应用 CRC 技术对错误的帧进行检测,因此本章也用一定的篇幅对此方面的内容进行介绍。

第 6 章,伪噪声(PN)序列理论及应用。首先对应用于 IS-95 的 PN 序列发生器数学模型进行描述。并进一步给出“模板”矢量的推导方法;这种“模板”矢量广泛应用于系统中,用来把 PN 码的不同移位分配给基站、把 PN 码的不同起始位置分配给移动用户。同时讨论了 PN 波形的相关特性和谱特性,以加深对下面章节介绍的跟踪技术的理解。

第 7 章,IS-95 扩谱信号的调制与解调。给出前向链路和反向链路调制信号的性能分析。应用于 IS-95 中的 QPSK 扩谱调制的性能要优于 BFSK 调制的性能,本章对这一结论进行深入分析。同时,本章对 PN 码的捕获和跟踪原理进行解释,并且定量分析成形和未成形 PN 码对系统性能的影响。

第 8 章,卷积码及其在 IS-95 中的应用。首先介绍卷积码的理论和应用,然后进一步讨论卷积码在 CDMA 蜂窝系统中的应用。本章在理论上对应用于 IS-95 的卷积码进行评价。

第 9 章,分集技术和瑞克处理。首先介绍一般的分集技术,例如,选择性分集、等增益分集、最大比合并。然后解释最初的瑞克概念,并介绍瑞克概念在 IS-95 系统中的应用。

第 10 章,CDMA 蜂窝系统设计和厄兰容量。首先详细论证 CDMA 蜂窝系统前向链路和反向链路的功率裕量,全面讨论影响系统运行的信号和干扰参数,例如,载荷。然后描述确定 CDMA 小区尺寸和平衡前向及反向链路覆盖区域的方法,并且总结 CDMA 软越区对链路可靠性的影响。本章还根据厄兰容量评估 CDMA 系统的特性,同时给出分析系统覆盖区域的方法。

第 11 章,CDMA 最优化问题。介绍如何根据选择基站的 PN 码偏移和分配给前向链路的功率进行参数控制,使系统性能达到最优化。本章推导了前向链路可达到的衰落容限和系统参数的函数关系,介绍了关于前向链路和反向链路“容量平衡”的新概念。最后讨论了信令信道的动态前向功率分配的实现方式和闭环前向业务信道功率控制。

致 谢

作者感谢在编写此书期间家人所给予的支持。同时,我们还深切感谢 William A.J 先生和 Soon Young Kwon 博士在沃尔什函数、交织技术、卷积码技术、散列函数和随机数发生器研究中的贡献。

我们还感谢本书的第一作者在韩国进行关于 CDMA 演讲期间所得到的支持。这些支持者有:Jung UckSeo 博士,曾受通信和信息部的委托指导全韩 CDMA 开发计划,现任 SK 电信总裁;Seungtaik Yang 博士,曾任电子与通信研究所所长,现任信息与通信大学校长;Hang Gu Bahk 博士,曾任电子与通信研究所副所长,现任现代电子工业联合有限公司副总裁;Hyuck Cho Kwon 博士,新世纪电信公司创始人;Tai-Ki Chung 先生,新世纪电信公司总裁;Byung Joon Chang 先生,现代电子工业有限公司通信部副总裁;Air Touch 通信的 Limond Grindstaff 先生,新世纪电信公司技术总监。正是以上各位的努力,使得韩国成为世界上首先推广 CDMA 技术的国家,并取得了显著的成就。自 1996 年起,已经有近千万的 CDMA 用户。另外,我们还要感谢以下组织的领导和工程技术人员,这些组织是:电子与通信研究所、现代电子工业有限公司、韩国自由

电信有限公司、LG 信息与通信有限公司、LG 电信有限公司以及三星电子有限公司。他们的努力工作使得 CDMA 技术在韩国走向实用化。

Jhong Sam Lee

Leonard E. Miller

于美国马里兰州罗克威尔

1998 年 9 月

目 录

第 1 章 系统分析的基础知识	1
1.1 概述	1
1.1.1 多址技术	2
1.1.2 扩谱技术	4
1.1.3 IS-95 系统容量问题	6
1.1.4 扩谱系统的分类	8
1.1.5 什么是 CDMA	11
1.1.6 干扰功率与处理增益的矛盾	12
1.2 线性系统分析基础	14
1.2.1 线性系统	14
1.2.2 有限冲激响应滤波器	19
1.2.3 傅里叶级数	21
1.2.3.1 三角型和指数型傅里叶级数	21
1.2.3.2 周期函数的傅里叶变换	22
1.3 抽样定理	24
1.3.1 频域抽样定理	24
1.3.2 时域抽样定理	25
1.3.3 带通波形的抽样定理	28
1.3.4 离散时间滤波	29
1.4 限带传输的基带脉冲成形	31
1.4.1 数字应用的限带波形	31
1.4.2 IS-95 系统的 FIR 脉冲成形	35
1.5 概率函数	38
1.5.1 概率	40
1.5.2 概率分布函数	41
1.5.3 特征函数	50
1.5.4 矩生成函数	52
1.5.5 相关函数和功率谱	56
1.5.6 中心极限定理	63
1.5.7 切尔诺夫界	64
1.5.8 窄带高斯随机过程	67

1.5.8.1 瑞利分布	68
1.5.8.2 瑞利衰落	71
1.5.8.3 正弦波加窄带高斯随机过程	71
1.5.8.4 带通噪声的模型和仿真	75
1.5.9 χ^2 分布	84
1.5.9.1 中心 χ^2 分布	84
1.5.9.2 非中心 χ^2 分布	86
1.5.10 对数正态分布	89
1.5.10.1 对数正态随机变量的概率密度函数	90
1.5.10.2 对数正态随机变量的矩	91
参考文献	92
附录 1A 第 2 类理想滤波器的冲激响应	95
附录 1B sinc 函数的积分	96
附录 1C 升余弦滤波器的冲激响应	96
附录 1D χ^2 随机变量之差的概率	98
第 2 章 移动环境下的电波传播	101
2.1 传播理论及模型的概论	101
2.1.1 自由空间传播	101
2.1.2 无线视距和传播模型	102
2.1.2.1 大气的影响	102
2.1.2.2 地形特性及其影响	104
2.1.2.3 传播模式	106
2.1.3 视距传播和衍射传播的模式	108
2.1.3.1 视距传播	108
2.1.3.2 超越地形和建筑物的衍射传播	112
2.1.4 传播的经验公式	113
2.1.4.1 哈塔公式和 CCIR 公式	113
2.1.4.2 WIM 公式	115
2.1.5 传播损耗的计算机模型	120
2.1.5.1 朗雷—莱斯模型和 TIREM 模型	120
2.1.5.2 WIM 模型和朗雷—莱斯模型的比较	122
2.1.6 传播模型在蜂窝设计中的应用	124
2.1.6.1 传播损耗轮廓的数值例子	126
2.1.6.2 覆盖区域及最大容许传播损耗	128
2.2 无线移动环境	131
2.2.1 信道模型	131
2.2.1.1 延迟扩展函数	131
2.2.1.2 频率传递函数	134
2.2.1.3 多普勒扩展函数	136

2.2.1.4 延迟扩展和多普勒扩展的组合	137
2.2.2 衰落和衰落率	139
2.2.2.1 随机衰落信道的特征	139
2.2.2.2 常用衰落变量	141
2.2.2.3 衰落率和车辆速度	143
2.2.3 对数正态阴影	149
参考文献	150
附录 2A 不规则地形传播损耗的详述	152
2A.1 仰角	152
2A.2 视距路由损耗	154
2A.3 衍射损耗	154
附录 2B 衰落率和持续时间公式的推导	155
第 3 章 蜂窝系统工程基础	161
3.1 话务理论回顾	161
3.1.1 电话接续	161
3.1.2 业务载荷和中继线数	162
3.1.3 厄兰 B 统计量	162
3.2 蜂窝概念	167
3.2.1 通过频率再用增加移动系统容量	167
3.2.2 小区几何学	168
3.2.2.1 蜂窝坐标系统	170
3.2.2.2 六角形小区的簇	172
3.2.2.3 干扰小区的位置	173
3.2.3 簇尺寸的选择	175
3.2.3.1 干扰比及簇尺寸	175
3.2.3.2 干扰比和频谱效率间的折衷	178
3.2.4 小区分裂和基站功率	180
3.2.5 AMPS 参数	182
3.3 蜂窝系统的覆盖和容量	184
3.3.1 覆盖限制	184
3.3.1.1 一般蜂窝系统的链路估算	184
3.3.1.2 接收机噪声计算	185
3.3.1.3 最大容许传播损耗	185
3.3.2 覆盖及容量	185
3.3.2.1 覆盖范围受限时的链路容限	186
3.3.2.2 多小区容限需求的确定	188
3.3.2.3 作为系统载荷函数的反向链路 C/I 和 C/N	192
3.3.2.4 系统覆盖及业务载荷	196
参考文献	200

附录 3A 对满足方程组的 P_k 项的证明	201
附录 3B 厄兰 B 分布的矩	202
附录 3C 阻塞公式的总结	202
第 4 章 IS-95 标准概述	205
4.1 频率与时间的协同	206
4.1.1 蜂窝频段和信道	207
4.1.2 系统时间	209
4.2 前向链路操作	209
4.2.1 前向链路公共空中接口	210
4.2.2 正交复用方案	210
4.2.3 前向链路信道	212
4.2.3.1 导频信道和正交 PN 码	212
4.2.3.2 同步信道	214
4.2.3.3 寻呼信道	216
4.2.3.4 业务信道	218
4.3 反向链路操作	220
4.3.1 反向链路公共空中接口	220
4.3.2 多址接入方案	220
4.3.3 反向链路信道	222
4.3.3.1 接入信道	222
4.3.3.2 反向业务信道	224
4.3.4 前向链路和反向链路的比较	226
4.4 IS-95 系统的特性	227
4.4.1 功率控制	227
4.4.1.1 开环功率控制	228
4.4.1.2 闭环功率控制	229
4.4.1.3 前向链路功率控制	230
4.4.2 交织技术	230
4.4.3 分集与越区	243
参考文献	247
附录 4A 交织理论	248
4A.1 块交织	248
4A.2 卷积交织	248
4A.3 块交织与卷积交织的比较	252
4A.4 交织器设计	253
附录 4B IS-95 中的散列函数	254
4B.1 黄金比和斐波纳契数的介绍	255
4B.2 散列函数的例子	256
4B.3 IS-95 的散列函数	258

4B.4 IS-95 的随机数发生器	260
第 5 章 沃尔什函数和循环冗余校验 (CRC) 编码	265
5.1 沃尔什函数的定义	266
5.2 沃尔什序列的特性	267
5.3 沃尔什函数的产生	271
5.3.1 用莱德马契函数产生沃尔什函数	273
5.3.2 用哈达玛矩阵产生沃尔什函数	276
5.3.3 有限域	281
5.3.4 矢量空间	282
5.3.5 用基本矢量产生沃尔什函数	284
5.4 用于 CDMA 的正交沃尔什函数	287
5.4.1 用于前向链路的沃尔什函数	288
5.4.2 用于反向链路的沃尔什函数	291
5.5 沃尔什函数的译码	292
5.5.1 相关译码	292
5.5.2 快速沃尔什变换译码	295
5.6 IS-95 数据帧	298
5.7 线性分组码	299
5.7.1 奇偶校验矩阵	305
5.7.2 伴随式的概念和检错	310
5.7.3 汉明码	314
5.8 循环码	316
5.8.1 系统循环码	319
5.8.2 循环码编码器	321
5.8.3 用移位寄存器电路计算用于检错的伴随式	327
5.9 二进制 BCH 码	331
5.10 帧和消息结构质量指示器	335
5.10.1 用于前向链路信道的 CRC 计算	335
5.10.2 用于反向链路信道的 CRC 计算	338
参考文献	340
第 6 章 伪噪声序列的理论和应用	343
6.1 伪噪声序列的性质	343
6.2 扩展伽罗瓦域和本原多项式	345
6.2.1 本原多项式的根和最大长度序列	350
6.2.2 反多项式和既约多项式的表	353
6.2.3 二进制既约本原多项式的线性反馈移位寄存器机理	355
6.2.4 相移后的 PN 序列状态矢量变化规律	360
6.3 PN 序列的线性移位寄存器实现	365

6.3.1 特定初始化矢量的移位寄存发生器	366
6.3.2 MSRG 输出序列推导	370
6.3.3 用模板选择序列的相移	373
6.3.4 任意初始状态条件下移位序列和模板之间的关系	376
6.3.4.1 五级 MSRG 的例子	383
6.3.4.2 IS-95 中使用的 PN 序列	387
6.3.4.3 短 PN 码模板的例子	392
6.4 二进制序列的自相关和互相关特性	398
6.4.1 实时信号的相关函数	401
6.4.2 PN 序列的部分相关函数	404
6.4.3 二进制序列波形的谱特性	406
6.5 最大长度序列上的操作	409
6.5.1 正交性	409
6.5.2 PN 序列的分量	411
6.6 戈尔德码	416
6.6.1 互相关问题	418
6.6.2 戈尔德码和 GPS 信号结构	422
参考文献	423
附录 6A 公式 $g(x) = s * (x)$ 的归纳法证明	424
附录 6B 计算程序	425
6B.1 计算移位 K 的程序	425
6B.2 计算 x^K 模 $f(x)$ 的程序	426
6B.3 计算长 PN 码转移矩阵的程序	427
附录 6C 相关函数定理的证明	429
附录 6D 相关函数定理推广到限带脉冲	429
第 7 章 IS-95 扩谱信号的调制与解调	433
7.1 似然函数	433
7.1.1 波形的矢量表示	434
7.1.2 高斯信道中的最佳接收机准则	439
7.1.3 相关接收机	440
7.1.4 匹配滤波器接收机	442
7.1.5 M 进制通信系统在 AWGN 信道上的性能	446
7.1.6 M 进制通信系统差错概率的联合界	449
7.2 IS-95 系统的调制方案	454
7.2.1 前向链路	454
7.2.1.1 AWGN 条件下前向链路信道的符号差错性能	457
7.2.1.2 瑞利衰落条件下前向链路信道的符号差错性能	462
7.2.2 反向链路	463
7.2.2.1 非相干信号处理	463

7.2.2.2 M 进制通信系统的包络检波接收机	467
7.2.2.3 非相干二进制正交系统	470
7.2.2.4 瑞利衰落条件下的非相干二进制正交系统	474
7.2.2.5 IS-95 CDMA 反向链路 M 进制正交调制方案	474
7.2.2.6 IS-95 反向链路波形的最佳解调	477
7.2.2.7 瑞利衰落条件下反向链路的性能	484
7.3 QPSK 及 BPSK	485
7.3.1 BPSK CDMA 系统的分析	485
7.3.2 QPSK CDMA 系统的分析	488
7.3.3 BPSK 和 QPSK 方差之比较	490
7.4 PN 码的捕获与跟踪	491
7.4.1 相关运算的介绍	493
7.4.2 序列初始相位的捕获	495
7.4.3 采用延迟锁定环的码跟踪	500
7.4.3.1 全时间非相干 DLL 跟踪	503
7.4.3.2 全时间相干 DLL 跟踪	506
7.4.4 T 型抖动环(TDL)跟踪	508
7.5 用于解扩的成形和未成形 PN 序列	510
7.5.1 接收机中脉冲形状的影响分析	510
7.5.2 能量累积的仿真比较	512
参考文献	515
附录 7A 格雷姆-施密特正交化过程	517
附录 7B BPSK 平均差错概率	521
附录 7C 白噪声积分参数	521
附录 7D BPSK 和 QPSK 方差的详述	524
附录 7E 捕获判决噪声项	527
第 8 章 卷积码及其在 IS-95 中的应用	531
8.1 引言	531
8.2 卷积码	536
8.2.1 卷积编码器	536
8.2.2 编码器的连接矢量表示	538
8.2.3 编码器的冲激响应表示	540
8.2.4 编码器的多项式表示	542
8.2.5 编码器的状态表示	544
8.2.6 卷积编码器的树状图	545
8.2.7 卷积编码器的网格图	547
8.3 卷积码的最大似然译码	551
8.3.1 最小汉明距译码规则	551
8.3.2 维特比译码算法	553

8.3.3 卷积码的距离特性	558
8.3.4 卷积码的传递函数	559
8.3.4.1 系统卷积码和非系统卷积码	561
8.3.4.2 卷积码的恶性差错传播	561
8.4 卷积码维特比译码的性能界	562
8.4.1 硬判决译码的差错概率界	562
8.4.2 二进制对称信道的比特差错概率	564
8.4.3 软判决译码的差错概率界	565
8.4.4 软判决维特比译码的比特差错概率界	566
8.4.5 卷积码编码增益的估计	569
8.5 IS-95 CDMA 系统中的卷积码	572
8.5.1 IS-95 系统中卷积码的性能	573
8.5.2 编码增益及约束长度	574
8.5.3 接收信号的量化	576
参考文献	581
文献选编	582
附录 8A Q 函数不等式的证明	583
第 9 章 分集技术和瑞克处理	585
9.1 引言	585
9.2 分集技术	585
9.3 分集选择与合并技术	586
9.3.1 选择性分集	586
9.3.1.1 非相干 M 进制移频键控(NCMFSK)	588
9.3.1.2 非相干二进制移频键控(NCBFSK)	589
9.3.1.3 BPSK 调制	589
9.3.1.4 采用差分检测的 $\pi/4$ -DQPSK 调制	590
9.3.2 等增益分集合并	591
9.3.2.1 M 进制非相干正交调制系统	591
9.3.2.2 瑞利衰落下的 MFSK 调制	595
9.3.2.3 L 重分集下等增益合并接收的 BPSK 调制	597
9.3.2.4 L 重分集下等增益合并接收的差分检测 $\pi/4$ DQPSK 调制	603
9.3.2.5 非相干二进制正交系统和最佳分集	603
9.3.3 最大比合并分集接收	604
9.3.3.1 最大比合并分集接收的最佳化证明	605
9.3.3.2 最大比合并的例子	609
9.4 瑞克接收机概念	610
9.4.1 瑞克接收机设计基础	611
9.4.2 Price 和 Green 的瑞克概念本质	612
9.4.3 用于 IS-95 的瑞克概念	616

参考文献	616
文献选编	618
附录 9A M 进制正交分集性能的推导	621
9A.1 选择式分集	621
9A.2 等增益合并(EGC)分集接收	622
附录 9B BPSK 分集性能的推导	624
9B.1 选择式分集	624
9B.2 等增益合并分集接收	625
附录 9C $\pi/4$ DQPSK 分集性能的推导	627
9C.1 选择式分集	627
9C.2 等增益合并分集接收	628
第 10 章 CDMA 蜂窝系统设计与厄兰容量	629
10.1 CDMA 小区	629
10.1.1 前向链路同信道干扰	629
10.1.1.1 相同小区的干扰	629
10.1.1.2 其他小区的干扰	631
10.1.2 反向链路的同信道干扰	635
10.1.2.1 相同小区的干扰	635
10.1.2.2 其他小区的干扰	635
10.1.2.3 CDMA 的再用参数	638
10.1.2.4 CDMA 容量的再讨论	639
10.1.2.5 CDMA 的小区载荷	640
10.1.3 小区尺寸	641
10.1.3.1 最大传播损耗和小区半径	641
10.1.3.2 前向链路的功率估算	648
10.1.3.3 反向链路的功率估算	651
10.1.3.4 链路平衡	654
10.2 CDMA 链路可靠性和厄兰容量	656
10.2.1 链路可靠性与链路容限	656
10.2.1.1 无干扰时的链路容限	657
10.2.1.2 链路容限与功率控制	658
10.2.1.3 有干扰时所需的容限	659
10.2.1.4 分集接收和软越区的容限	659
10.2.1.5 可靠的信号电平	661
10.2.2 厄兰容量	662
10.2.2.1 阻塞概率公式	662
10.2.2.2 Z 的均值和方差	664
10.2.2.3 高斯假设下的 CDMA 阻塞概率公式	665
10.2.2.4 对数正态假设下的 CDMA 阻塞概率公式	668