

现代移动通信应用技术丛书

cdma 2000 技术

cdma 2000 JISHU

杨大成 / 等编著



北京邮电大学出版社

[http:// www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

◇ 现代移动通信应用技术丛书 ◇

cdma2000 技术

杨大成 啜 钢 杨鸿文
常永宇 张 欣 杨 光 编 著
李 璐 古 建 左 丽

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

cdma 2000 是第三代移动通信系统的主要技术标准之一,其技术特点是反向信道连续导频、相干接收,前向发送分集,电磁干扰影响小;与 IS-95 CDMA 的兼容性好,综合经济技术性能较好,是未来最主要和最有可能得到广泛应用的标准之一。

本书针对当前对第三代移动通信技术了解的迫切需要,对 cdma 2000 这一技术做了详细深入的描述。

本书分为 5 个部分,分别介绍了移动通信的发展历史和移动通信的技术基础及未来移动通信业务的发展预测;cdma 2000 演进过程中的技术标准;IS-2000 标准的具体内容;3G 中的关键技术:Turbo 码的编码技术和多用户检测技术。

本书内容翔实,是针对 cdma 2000 技术所做的专门介绍。在技术上有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

cdma 2000 技术/杨大成等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2000.11

(现代移动通信应用技术丛书)

ISBN 7-5635-0443-5

I . c . . . II . 杨 . . . 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 57503 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真:010-62282185(发行部)/010-62283578(FAX)

E-MAIL : publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市源海印刷厂

开 本:787 mm × 960 mm 1/16

印 张:17.75

字 数:289 千字

印 数:1—5 000 册

版 次:2000 年 11 月第一版 2000 年 11 月第一次印刷

ISBN 7-5635-0443-5/TN·196

定 价:32.00 元

现代移动通信应用技术丛书

编委会

主 任：林金桐 李默芳

副主任：真才基 胡健栋 张学红

编 委：(按姓氏笔划排序)

王晓云 刘元安 刘 平 全庆一

李 华 李华彬 李秀川 闵有黎

杨大成 张 平 吴伟陵 陈素贤

周 正 姚世宏 徐 龙 董会义

詹舒波 廖建新

序

2000年5月17日,全球以移动通信为主题迎接新世纪第一个世界电信日,意义深远而又令人激动。在过去约10年的时间里,移动业务以空前的速度奇迹般地增长了40多倍。人们对这种业务的强烈需求造就了一个占目前电话用户总数1/3以上的新产业,并有望在新世纪中继续保持高速发展。我国从1987年开始提供蜂窝移动通信业务,到1999年底,移动电话用户已超过4 000万户,从而使我国成为世界上移动通信发展最快的国家之一。

在过去的十几年里,移动通信技术获得了很大的进步,从传统的单基站大功率系统到蜂窝移动系统,从本地覆盖到区域、全国覆盖,并实现了国内甚至国际漫游,从提供话音业务到提供包括低速数据的综合业务,从模拟移动通信系

统到数字移动通信系统……今后移动通信技术还会进一步的发展和演进,随着第三代移动通信技术的实现和移动通信与互联网的融合,未来无线数据传输速率将高达 2 Mbit/s,全球正在迅速向着移动信息时代迈进。未来移动通信将为无处不在的互联网提供全方位的、无缝的移动性接入。在此过程中,GSM 技术经过 GPRS 技术逐渐向第三代移动通信技术推进,从而实现广域覆盖,无线局域网(蓝牙产品)也将成为现实。正是移动通信技术令人眩目的革新速度,推动着移动信息时代的发展,改善着人类社会活动的质量,最终实现任何人在任何地方任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。

这一宏大的事业呼唤着一大批赋有才智而又充满激情的中青年科技专家。作为通信领域人才摇篮之一的北京邮电大学正活跃着移动通信技术研究开发与教学的中坚人物。他们跟踪和推动着移动通信技术的最新进展,同时又整理和传播着移动通信的最新知识。他们把自己的睿智和研究成果汇集在《现代移动通信应用技术丛书》之中,向每位处在或即将处在移动通信迅猛发展大潮中的人们展示出绚丽多姿的画卷。

中国移动通信集团总公司 李默芳总工程师

2000 年 10 月

目 录

1 绪 论

1.1	移动通信的发展史	1
1.2	移动通信在整个通信网中的位置	3
1.3	移动通信的传播环境	4
1.4	移动通信网和固定通信网的比较	9
1.5	码分多址(CDMA)技术	10
1.5.1	什么是码分多址	10
1.5.2	扩谱技术	10
1.5.3	多址技术	13
1.5.4	码分多址和其他多址方式的 比较	16
1.6	未来移动通信业务的发展预测	19
1.6.1	未来移动通信系统的发展进程	19
1.6.2	未来移动通信业务	21

2 CDMA 技术标准的发展历史

2.1	cdmaOne	24
2.1.1	cdmaOne 技术的由来	24
2.1.2	cdmaOne 技术的主要内容	26

2.1.3	cdmaOne 技术的发展	28
2.2	cdma2000	29
2.2.1	cdma2000 的目标是什么	29
2.2.2	cdma2000 的主要内容	31
2.2.3	cdma2000 的主要技术特点	31
2.2.4	cdma2000 系统主要的新增服务 功能	32
2.2.5	其他宽带技术标准	32
2.3	IS-95A 标准	34
2.3.1	IS-95A 标准的基本内容	34
2.3.2	IS-95A 系统的基本业务	42
2.3.3	IS-95 标准的发展过程	43
2.4	IS-95B 标准	44
2.4.1	IS-95B 标准的基本特点	44
2.4.2	IS-95B 标准和 IS-95A 标准的主要 差别	47

3 IS-2000 标准

3.1	IS-2000 的标准介绍	48
3.1.1	IS-2000 标准概况	48
3.1.2	IS-2000 中的物理信道	56
3.1.3	IS-2000 中的逻辑信道及其与物理 信道的映射	72
3.1.4	关于 IS-2000 3 层所提供的业务	82
3.2	IS-2000 的物理层	83
3.2.1	物理层概述	83
3.2.2	信道调制参数和技术	92

3.2.3	cdma2000 的物理信道	115
3.3	IS-2000 的接入过程	131
3.3.1	IS-2000 MAC 子层协议介绍	131
3.3.2	IS-95 接入控制过程简介	142
3.3.3	IS-2000 的接入控制过程	145
3.4	IS-2000 的无线资源控制机制	157
3.4.1	CDMA 系统中的底层无线资源控制 机制	158
3.4.2	CDMA 系统中的高层无线资源控制 机制	164
3.4.3	网络规划中的无线资源管理与 分配	173
3.5	IS-2000 的业务质量控制	178
3.5.1	业务分类	179
3.5.2	物理层(L1)中的质量控制机制 ...	180
3.5.3	第二层(L2)中的质量控制机制 ...	182
3.5.4	第三层(L3)中的质量控制机制 ...	186
3.6	IS-2000 的协议结构	188
3.6.1	IS-2000 协议中各层的结构及 功能	190
3.6.2	IS-2000 协议中 3 层信令的结构 ...	191
3.6.3	IS-2000 协议中的 3 层信令协议 ...	193
3.6.4	IS-2000 所支持的模拟操作	220

4 3G 主要关键技术-1: Turbo 码

4.1	引 言	221
4.1.1	差错控制编码	221

4.1.2	好码	222
4.1.3	信道容量与仙农极限	225
4.1.4	重复码、线性分组码、卷积码及 Turbo 码	226
4.1.5	Turbo 码在 cdma2000 中的应用	227
4.2	Turbo 码的编码	227
4.2.1	Turbo 码的结构	227
4.2.2	RSC	228
4.2.3	交织器	229
4.2.4	删除与复用	230
4.2.5	cdma2000 中的 Turbo 码编码器	230
4.3	Turbo 码的译码	236
4.3.1	迭代译码	236
4.3.2	译码算法	237

5 3G 主要关键技术-2: 多用户检测

5.1	多用户检测技术	242
5.1.1	多用户检测技术的发展	244
5.1.2	多用户检测技术的用途	245
5.2	多用户检测技术的分类和性能指标	246
5.3	多用户检测技术的研究基础	247
5.3.1	系统模型	247
5.3.2	传统信号检测器	252
5.3.3	最佳多用户检测器	253
5.4	线性多用户检测器	254
5.4.1	解相关多用户检测器 (DECMUD)	254

5.4.2 最小均方误差检测器 (MMSEMUD)	256
5.4.3 性能比较与分析	257
5.5 非线性多用户检测器	259
5.5.1 连续干扰抵消器(SIC)	260
5.5.2 平行干扰抵消器(PIC)	262
5.6 多径衰落信道下的多用户检测器	263
英文缩写对照	266
参考文献	270

1

绪 论

1.1 移动通信的发展史

移动通信是当今通信领域内最为活跃和发展最为迅速的领域之一,也是将在 21 世纪对人类的生活和社会发展有重大影响的科学技术领域之一。

简要地回顾一下移动通信的发展历史,可以看到现代移动通信飞跃发展的历程。

1946 年 AT&T 推出了第一个移动电话系统,采用的是 FM 调制方式,120 kHz 带宽传输一路话音信号。

60 年代中期,Bell System 推出了 IMTS(Improved Mobile Telecommunication Service),采用 FM 调制,25 ~ 30 kHz 带宽传输一路话音。

60 年代末、70 年代初开始出现了第一个蜂窝(cellular)电话系统,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进行传输,以免产生相互干扰。

70 年代末,由于半导体技术的发展和微处理器的出现,使蜂窝系统可以实现的复杂度大大提高,从而进一步推动了蜂窝移动通信技术的迅速发展。在这期间,美国推出了 AMPS(Advanced Mobile Phone System)系统、欧洲推出了 TACS(Total Access Communication System)系统等可向用户提供商业服务的

模拟系统。

80年代初蜂窝移动通信系统已开始了真正的运营实验,实现真正意义上的蜂窝移动通信功能;在此基础上,90年代初,各国又相继推出了今天称为第二代数字移动通信系统的 DAMPS, GSM, IS-95 CDMA 系统。

90年代中期以后,随着移动通信系统技术的成熟和运营实践的成功,以及计算机技术的飞速发展和迅速普及,对移动通信系统的业务功能又有了更高的要求,世界上许多国家相继开始研究第三代移动通信系统。

自从1981年第一代的以FDMA技术为基础的模拟移动通信系统(AMPS, TACS, NMT等)建立使用以来,蜂窝移动通信市场的发展和需求大大超过了任何乐观人士原有的预测。在短短几年时间内,模拟蜂窝系统就面临着阻塞概率增高、呼叫中断率增高、蜂窝系统的干扰增大、蜂窝系统迫切需要增容的压力。但由于模拟蜂窝系统本身的缺陷(例如,频谱效率低、保密性能差等),系统的设计容量远远不能满足需求。紧接着,1992年以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:频谱效率提高,系统容量增大,保密性能好,标准化程度提高等等。但是在美国,已批准的TDMA标准并没有完全满足美国CTIA(蜂窝通信工业协会)对下一代数字蜂窝技术所设想的要求,这些要求包括:(1)能充分引入新的服务特点;(2)比模拟系统容量大大增加;(3)保密性能提高;(4)更加适于未来长期发展;(5)开放式蜂窝系统结构,为厂家之间的竞争提供了基础;(6)通信质量提高,使得用户更加信赖和乐于使用移动通信系统;(7)易于向未来发展和过渡,并能与现有系统兼容;(8)能尽早以双模式方式和合理的成本提供使用。而尤其在容量上,TDMA系统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CDMA具有许多TDMA技术所没有的独特的属性,并认为CDMA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Qualcomm公司提出的CDMA技术正式成为技术标准(IS-95标准),并且以IS-95为标准的CDMA商用系统已分别在香港、韩国等地区

国家投入使用,取得了良好的用户反映。目前世界上许多大公司都投巨资进行 CDMA 系统的研究、开发和生产。

从历史的角度来看,第一、第二代蜂窝移动通信系统是针对传统的话音和低速率数据业务的系统。而未来的“信息社会”,图像、话音、数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务将成为必不可少的服务内容,它们的业务量将有可能远远超过传统的话音业务的业务量。所以目前的第一、第二代蜂窝移动通信系统不仅远远不能满足未来用户对数据的业务需求,而且随着用户数量迅猛增加,现有的系统也将远远不能满足用户容量的发展需要。另外,随着“信息高速公路”的建成,公共陆地网传输的许多业务,也必将与移动通信系统接口。宽带分组数据将成为陆地公共网的主干网的重要业务方式,成为“信息高速公路”的重要载体。美国学者认为,在美国“信息高速公路”的建成,其影响和效益也远远超过美国 50 年代建成的“汽车高速公路”。所以新一代的移动和个人通信系统(即第三代移动通信和个人通信系统)的研究和发展已经成为电信领域的一个新的热点。

第三代移动通信和个人通信系统需要有更大的系统容量和更灵活的高速率、多速率数据传输的能力,除了话音和数据传输外,还能传送高达 2Mbit/s 的高质量的活动图像,真正实现“任何人,在任何地点,任何时间,与任何人”都能便利地通信这样一个目标。

1.2 移动通信在整个通信网中的位置

一个完整的电信网可以分为核心网部分和接入网部分。电信网的用户是通过接入网部分进入电信网接受服务的。两者的关系如下图 1.1 所示。

电信业务的用户接入电信网接受服务的方式基本有三种:光纤接入,电缆接入,无线接入。其中,无线接入中最主要的就是以移动通信方式接入。移动通信的接入网向用户提供的重要特征是通信方式的可移动性。提供这种可移动性的基本方法是利用一切可以实现的技术手段克服无线传播带来的干扰和衰落,在保证通信的可靠性和有效性的同时,向用户提供固定网无法提供的便利性。一般而言,移动通信网的接入网部分不仅包括无线空中

接口,而且还有相当多的地面有线电路。

核心网部分由以下内容构成:交换、传输和网络管理。移动通信网的核心网有别于固定网的核心网,主要在于它能向移动通信用户提供漫游管理。

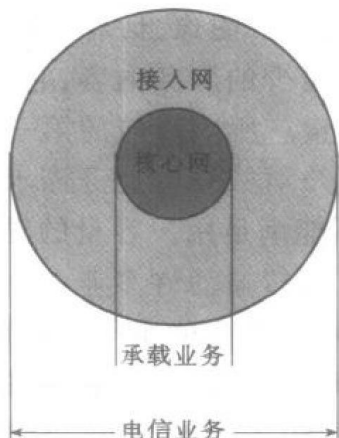


图 1.1 通信网中接入网和核心网的关系

随着移动通信技术的不断发展,移动通信网的核心网和接入网已经成为两个可以独立发展的部分。

移动通信网的发展始终是围绕着如何向广大用户提供服务时除了要满足可靠性和有效性外,还必须满足尽可能高的便利性要求。

对于话音业务,移动通信网除了保证良好的移动性能外,还必须保证良好的普遍连续覆盖;而对于未

来的数据业务,在保证基本的移动性能外,还必须保证良好的热点覆盖。

1.3 移动通信的传播环境

移动通信的无线传播环境是影响蜂窝无线通信系统性能的一个基本因素。发射机与接收机之间的无线传播路径非常复杂,从简单的视距传播到各种复杂的具有各种各样障碍物的反射、绕射和散射路径,无线信道的传播特性具有极度的随机性,况且,移动台相对于发射台移动的方向和速度,甚至收发双方附近的移动物体也对接收的信号有很大的影响。因此,可以认为无线传播环境是一种随时间、环境和其他外部因素而变化的传播环境。

蜂窝无线移动通信系统中,电磁波传播的机理是多种多样的,但总体上可归结为视距传播、反射传播、绕射传播和散射传播,图 1.2 表示了基本的视距传播和反射传播两种情况。

为了从部署蜂窝移动通信系统中获得效益,蜂窝无线移动通信系统主要的用户分布在人口稠密的城市和市郊区。由于建筑物的阻挡,蜂窝移动

通信应用环境下的发射机和接收机之间一般不存在直射路径,而高层建筑产生了强烈的绕射损耗。此外,由于不同物体的多路径反射,经过不同长度路径的电磁波相互作用引起多径损耗,同时,随着发射机和接收机之间距离

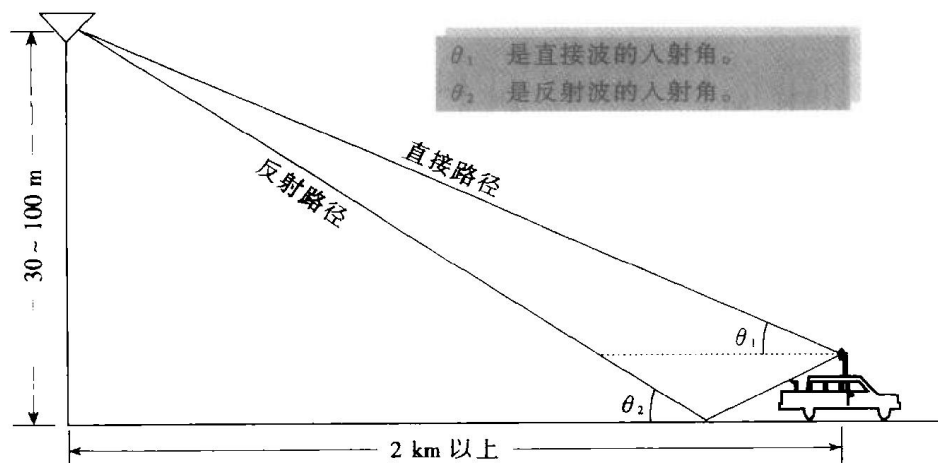


图 1.2 电磁波的直射和反射传播

的不断增加而引起电磁波强度的衰减。通常,无线信道的传播模型可分为大尺度(Large-Scale)传播模型和小尺度(Small-Scale)传播模型两种。大尺度模型主要用于描述发射机与接收机(T-R)之间长距离(几百或几千米)上的信号强度变化。小尺度模型用于描述短距离(几个波长)或短时间(秒级)内接收信号强度的快速变化。但两种模型并不是相互独立的,在同一个无线信道中,既存在大尺度衰减,也存在小尺度衰落。一般而言,大尺度表征了接收信号在一定时间内的均值随传播距离和环境的变化而呈现的缓慢变化,小尺度表征了接收信号短时间内的快速波动。实际的无线信道衰落因子可表示为

$$\eta(t) = \xi(t) \times \zeta(t) \quad (1.3.1)$$

式中, $\eta(t)$ 表示信道的衰落因子, $\xi(t)$ 表示小尺度衰落, $\zeta(t)$ 表示大尺度衰落,如图 1.3 所示。

陆地移动信道的主要特征是多径传播。传播过程中会遇到很多建筑物、树木以及起伏的地形,会引起能量的吸收和穿透以及电波的反射、散射及绕射等,这样,移动信道是充满了反射波的传播环境。

在移动传播环境中,到达移动台天线的信号不是单一路径来的,而是许多路径众多反射波的合成。由于电波通过各个路径的距离不同,因而个路径

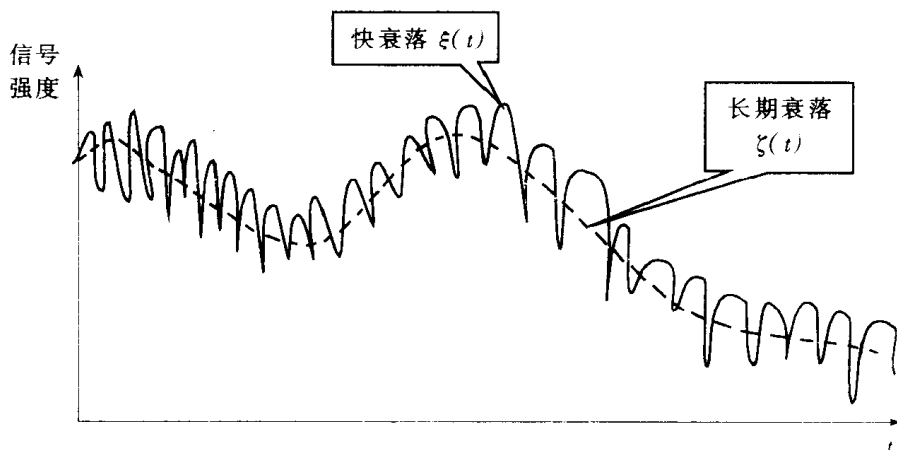


图 1.3 无线信道衰落举例

来的反射波到达时间不同,相位也就不同。不同相位的多个信号在接收端迭加,有时同相迭加而加强,有时反向迭加而减弱。这样,接收信号的幅度将急剧变化,即产生了衰落。这种衰落是由多径引起的,所以称为多径衰落。下面图 1.4 和图 1.5 是在不同车速下的衰落波形。

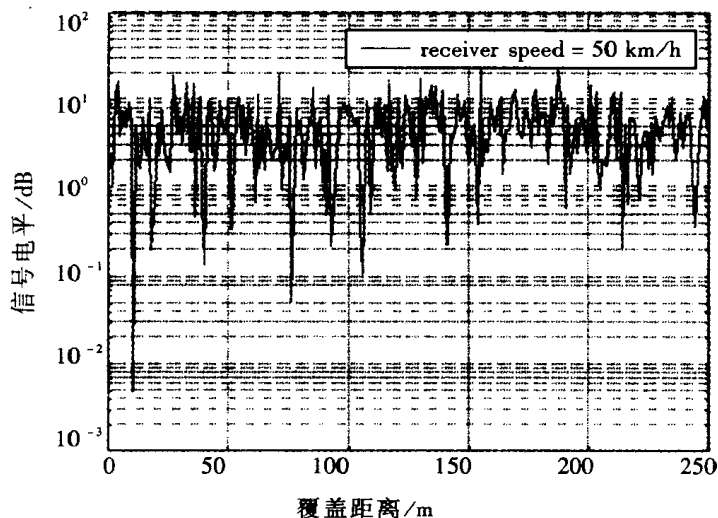


图 1.4 接收机移动速度为 50 km/h 时的典型快衰落仿真图