



普通高等教育规划教材

数字移动通信技术

何林娜 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

数字移动通信技术

主 编 何林娜
副主编 邓 琛
参 编 王永琦
主 审 罗汉文



机械工业出版社

本书系统地阐述了现代数字移动通信的基本原理、基本技术和当前广泛应用的典型数字移动通信系统,较充分地反映了当代数字移动通信发展的新技术。

全书共5章,主要内容有:移动通信概述,移动通信组网技术,TD-MA数字蜂窝移动通信系统,CDMA数字蜂窝移动通信系统和第三代数字蜂窝移动通信技术的综述。全书每章均附有习题。

本书可作为高等院校通信工程、电子信息工程、电子信息科学与技术和其他相近专业的本科教材,也可作为通信工程以及相关专业的技术人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数字移动通信技术/何林娜主编. —北京:机械工业出版社,2004.8
普通高等教育规划教材
ISBN 7-111-14842-8

I. 数… II. 何… III. 数字通信:移动通信-通信技术-高等学校-教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第065259号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王保家 闫晓宇

责任编辑:张文平 版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:石冉

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年8月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·13.5印张·329千字

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材 编 审 委 员 会

主 任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学 (威海)
童幸生 江汉大学

电子与通信类专业分委员会

- 主任：鲍 泓 北京联合大学
副主任：张立臣 常州工学院
李国洪 华北航天工业学院
委员：(按姓氏笔画排序)
邓 琛 上海工程技术大学
叶树江 黑龙江工程学院
李金平 北京联合大学
沈其聪 总参通信指挥学院
杨学敏 成都理工大学
秘书长：何希才 北京联合大学

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并作出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息学科的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人才,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础, 确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些内容按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是要注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此深表衷心感谢!

编委会主任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

本书是普通高等教育应用型人才培养电子与通信类规划教材之一。

针对应用型本科电子与通信类专业的教学特点，在内容的选取上，本书注重基础性、实用性、系统性以及现代移动通信技术的最新发展；在文字上力求条理清晰、通俗易懂；对于需要的数学公式，除简单的数学分析外，尽量避免繁琐的数学推导，以突出重点。

本书系统地阐述了现代数字移动通信的基本原理、基本技术和当前广泛应用的典型数字移动通信系统，较充分地反映了当代数字移动通信发展的新技术。主要内容有：移动通信概述、移动通信的电波传播、移动信道中的干扰和场强估算，移动通信组网技术，TDMA 数字蜂窝移动通信系统，CDMA 数字蜂窝移动通信系统，第三代数字蜂窝移动通信技术的综述。全书每章均附有思考题与习题。

本书的参考学时数为 60 学时，可根据教学要求、专业特点和课程设置等具体情况进行适当的取舍，灵活掌握。

本书由上海工程技术大学的何林娜老师主编，邓琛老师任副主编，由上海交通大学罗汉文教授主审。在编写过程中，得到了罗汉文教授的多方关怀和指导，并提出了许多建设性的意见和建议，在此表示感谢。

全书共分五章，上海工程技术大学的何林娜老师编写第一、二、三、四章，邓琛老师编写第五章，王永琦老师进行了部分文字输入和绘图工作。

本书在编写过程中，得到了上海市教委和上海工程技术大学的大力支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

序

前言

第一章 移动通信概述	1
第一节 引言	1
第二节 移动通信的发展历程	1
一、第一代模拟蜂窝移动通信系统	1
二、第二代数字蜂窝移动通信系统	2
三、第三代数字蜂窝移动通信系统	3
四、第四代数字移动通信系统	4
第三节 移动通信的电波传播	4
一、直射波	5
二、视距传播的极限距离	5
三、绕射损耗	5
四、反射波	7
五、多径效应与瑞利损耗	7
第四节 移动信道中的干扰	8
一、邻道干扰	8
二、同信道干扰	10
三、互调干扰	12
四、近端对远端的干扰	14
第五节 移动信道的场强估算	14
一、奥村 (Okumura) 模型	15
二、Okumura - Hata 方法	26
三、微蜂窝系统的覆盖区预测模式	26
习 题	28
第二章 移动通信组网技术	29
第一节 移动通信网的体制	29
一、大区制移动通信网	29
二、小区制 (蜂窝) 移动通信网	30
第二节 GSM 数字蜂窝移动通信系统 结构	33
一、移动台 (MS)	34
二、基站子系统 (BSS)	34
三、网络子系统 (NSS)	36
第三节 GSM 数字蜂窝通信系统的网络 接口	39
一、主要接口	39

二、网络子系统内部接口	41
三、GSM 系统与其它公用电信网的 接口	43
四、各接口协议	43
第四节 移动通信的信道结构和频率资源的 有效利用技术	44
一、移动通信的信道结构	44
二、频率资源的管理	45
三、频率的有效利用技术	46
四、多信道共用技术	47
第五节 蜂窝移动通信的多址接入技术	53
一、概述	53
二、多址方式与系统容量	56
第六节 数字蜂窝移动通信的交换技术	59
一、数字蜂窝移动通信呼叫建立过程	60
二、越区切换	61
习 题	62
第三章 TDMA 数字蜂窝移动通信 系统	63
第一节 GSM 数字蜂窝移动通信系统的 电信业务	63
一、承载业务	64
二、电信业务	64
三、补充业务	65
第二节 GSM 数字蜂窝通信系统的无线 传输方式	66
一、TDMA/FDMA 接入方式	66
二、信道及其组合	68
三、时隙的格式	71
四、信道的组合方式	74
第三节 GSM 数字蜂窝通信系统的主要 技术	77
一、语音和信道编码技术	77
二、跳频和间断传输技术	78
三、调制与解调技术	80
四、鉴权与加密技术	80
五、位置登记	84

六、GSM 的区域与号码	86	一、正向信道组成	115
第四节 GSM 数字蜂窝通信系统的接续		二、正向 CDMA 的控制信道	119
流程	89	三、正向 CDMA 的业务信道	123
一、移动台开机后的工作	89	第四节 CDMA 反向信道	129
二、小区选择 (Cell Selection)	89	一、反向信道组成及特点	129
三、位置登记和位置更新 (Location		二、接入信道	134
Registration and Location Updating)	90	三、反向业务信道	139
四、建立通信链路 (Establishing		第五节 CDMA 蜂窝网的关键技术	141
Communication Link)	90	一、CDMA 系统的分集技术	141
五、起初信息过程 (Initial Message		二、CDMA 系统的正交调制与正交扩频	147
Procedure)	91	三、CDMA 系统的语音编码技术	149
六、鉴权 (Authentication)	91	第六节 CDMA 系统控制功能	150
七、加密 (Ciphering)	91	一、正向链路的功率控制	151
八、位置更新过程 (Location Updating		二、反向链路的功率控制	151
Procedure)	91	第七节 CDMA 系统的切换技术	153
九、通信链路的释放 (Release of		一、CDMA 三种切换方式	153
Communication Link)	92	二、CDMA 的软切换过程	153
十、移动台主叫 (Mobile Origination)	92	第八节 CDMA 位置登记和呼叫处理	155
十一、移动台被呼 (Mobile		一、登记注册	155
Termination)	93	二、呼叫处理	157
十二、切换 (Handover)	95	三、呼叫流程图	160
第五节 三种 TDMA 数字蜂窝移动通信		习 题	162
系统的比较	97	第五章 第三代数字蜂窝移动通信	
一、三种 TDMA 数字蜂窝移动通信		系统	164
系统的主要性能	97	第一节 第三代数字蜂窝移动通信系统	
二、美国数字蜂窝移动通信系统		综述	164
(D-AMPS) 的特征	97	一、第三代移动通信系统的主要特点	164
三、日本数字蜂窝移动通信系统		二、第三代移动通信的发展	164
(JDC) 的特征	99	三、第三代移动通信标准的融合	165
习 题	100	四、第二代移动通信系统向第三代的	
第四章 CDMA 数字蜂窝移动通信		过渡	165
系统	101	五、未来移动通信业务	166
第一节 扩频通信的基本概念	101	第二节 IMT-2000 标准介绍	167
一、扩频通信的理论基础	101	一、cdma2000	167
二、处理增益和抗干扰容限	102	二、WCDMA 系统	168
三、直接序列扩频	102	三、TD-SCDMA	169
第二节 CDMA 数字蜂窝移动通信系统	104	第三节 宽带 CDMA 通信系统的反向	
一、CDMA 数字蜂窝移动通信系统的		信道	171
网络结构与组成	104	一、反向业务信道	171
二、系统参数与使用频段	109	二、反向信息信道	172
三、CDMA 系统的特点	109	三、反向信令信道	174
四、CDMA 系统的逻辑信道	113	四、反向导频信道	175
第三节 CDMA 正向信道	115		

五、接入信道	175	二、智能天线	188
第四节 宽带 CDMA 通信系统的正向		三、软件无线电	189
信道	177	四、多用户信号检测	190
一、导频信道	177	五、无线 ATM	191
二、同步信道	178	六、多层网络结构	192
三、寻呼信道	180	七、位置区和寻呼区的管理	193
四、正向业务信道	182	习 题	194
第五节 第三代移动通信的新技术	187	附录 缩略词	195
一、调制和扩频技术	188	参考文献	203

第一章 移动通信概述

第一节 引言

移动通信是指通信的双方或至少有一方是在移动中进行信息传输和交换。随着社会的发展和科学技术的进步,人们希望能随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交流。这里所说的“信息交流”,不仅指双方的通话,还包括数据、传真和图像等通信业务。例如固定点与移动体(如汽车、轮船、飞机)之间、移动体与移动体之间、人与运动中的人或人与移动体之间的信息传递,都属于移动通信。

由于移动通信是移动体在运动中进行通信联系的,信号的传输必须依靠无线电波,因此无线电通信是移动通信的基础。移动体与固定体之间通信联系时,除了要依靠无线通信技术之外,还要依赖于有线通信网络技术,例如公众电话网(PSTN, Public Services Telephone Network)、公众数据网(PDN, Public Digital Network)、综合业务数字网(ISDN, Integrated Services Digital Network)。

通信系统是指包括双方通信设备在内的整体。移动通信系统包括公用陆地蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统和无中心移动通信系统等。目前应用最广泛的是公用蜂窝移动通信系统,它具有涉及的技术领域广、技术新、网络能力强等特点,它的发展代表着整个移动通信未来的方向。

随着电子技术,特别是半导体、集成电路和计算机技术的发展,移动通信技术得到了迅速发展。随着其应用领域的扩大和对性能要求的提高,促使移动通信在技术上和理论上向更高水平发展。20世纪80年代以来,移动通信已成为现代通信网中不可缺少并发展最快的通信方式之一。

第二节 移动通信的发展历程

1897年意大利科学家M.G.马可尼在赫兹实验的基础上成功实现了陆地和一只拖船之间利用无线电波进行信息传输,证明了在移动体之间以无线方式进行通信的可行性。但在此后相当长的一段时间内,移动通信的发展一直相当缓慢,只在短波的几个频段上开发出了专用移动通信系统,而且一般只用于军队和政府部门。但在近十几年以来,移动通信的发展极为迅速,已广泛应用于国民经济的各个领域和人民的日常生活中。移动通信的发展大致经历了以下几个发展阶段。

一、第一代模拟蜂窝移动通信系统

20世纪80年代发展起来的模拟蜂窝移动电话系统,人们把它称为第一代移动通信系统。这是一种以微型计算机和移动通信相结合,以频率复用、多信道共用技术和全自动地接

入公共电话网的小区制、大容量蜂窝式移动通信系统，在美国、日本和瑞典等国家先后投入使用。其主要技术是模拟调频、频分多址，主要业务是电话。代表这一系统的有：

AMPS (Advanced Mobile Phone Service) 系统称为先进的移动电话系统，是美国贝尔实验室于 1969 年开始研究，1978 年研制结束，1979 年在芝加哥城组网试用，1983 年投入使用。其工作频段为 800MHz，频率间隔为 30kHz，基站发射功率为 45W。

TACS (Total Access Communications System) 系统称为全向接续通信系统，是英国研制的通信系统，属 AMPS 系统的改进型。1982 年底开始研究，1985 年研制成功。其使用频段为 900MHz，信道间隔为 25kHz，基站发射功率为 40W。

NMT (Nordic Mobile Telephone) 系统称为北欧移动电话，该系统由丹麦、芬兰、挪威、瑞典于 1970 年开始研究，1981 年研制成功并投入使用，其工作频段为 450MHz，信道间隔为 25kHz，基站发射功率为 25~50W。利用 180 个双向信道，但容量很快饱和。接着 1986 年末引入 NMT900，工作在 900MHz 频段，有 1999 个双向信道，频率间隔为 12.5kHz。

模拟系统的主要缺点是：频谱利用率低，容量有限，系统扩容困难；制式太多，互不兼容，不利于用户实现国际漫游，限制了用户覆盖面；不能与 ISDN 兼容，提供的业务种类受限制，不能传输数据信息；保密性差，以及移动终端要进一步实现小型化、低功耗、低价格的难度都较大。

二、第二代数字蜂窝移动通信系统

第二代移动通信系统是以数字信号传输、时分多址 (TDMA, Time Division Multiple Access)、码分多址 (CDMA, Code Division Multiple Access) 为主体技术，频谱效率提高，系统容量增大，易于实现数字保密、通信设备的小型化和智能化，标准化程度大大提高等。制定了更加完善的呼叫处理和网络管理功能，克服了第一代移动通信系统的不足之处，可与窄带综合业务数字网相兼容，除了传送语音外，还可传送数据业务，如传真和分组的数据业务等。

(一) 数字蜂窝移动通信系统

为了克服第一代模拟蜂窝移动通信系统的局限性，北美、欧洲和日本自 20 世纪 80 年代中期起相继开发第二代全数字蜂窝移动通信系统。各国根据自己的技术条件和特点确定了各自的开发目标和任务，制定了各自不同的标准，有欧洲的全球移动通信系统 (GSM, Global System for Mobile Communication)，北美的 D-AMPS 和日本的个人数字蜂窝系统 JDC。由于各国采用的制式不同，所以网络不能相互兼容，从而限制了国际联网和漫游的范围。

对欧洲来说首要问题是要统一制式，建立一个全欧统一的数字蜂窝移动通信系统，新的数字蜂窝系统均采用统一的 GSM 体制。GSM 系统的主要目标是与迅速发展的 ISDN 网实现兼容，具有 ISDN 的一切功能改善了网络结构，提高了用户的保密性。

美国由于已建有大量的 AMPS 模拟系统，从美国的用户发展趋势分析，用户数急剧增长主要集中在纽约和洛杉矶等一些大城市，这些城市模拟移动通信系统面临容量饱和，而美国广大的中小城市并不存在这个问题。为此美国开发数字蜂窝移动通信系统的主要任务是：解决一些大城市移动通信发展的需求而采用数模兼容的方案，可以在不需要另辟新的频段的情况下解决扩容的问题。双模式的移动台需要在数模两种信道上进行通信的能力，提供双模

式业务。

日本开发数字蜂窝系统的背景是本国现有模拟系统容量接近饱和，并考虑今后产品向国际市场开拓。因此它的开发方案是在西欧和北美数字移动通信技术迅速发展的形势下提出的。日本的调制、编码等制式向北美靠拢，但数模不能兼容，只是并存互通。

(二) 码分多址 (CDMA) 数字蜂窝移动通信系统

美国在数字蜂窝移动通信的起步较欧洲迟缓，但是在美国发展数字蜂窝移动通信时，却形成了一种多元化的倾向。除了制订了与欧洲类似的基于 TDMA 的 IS-54、IS-136 标准的数字网络，美国一些公司还在研究其它技术方案，Qualcomm (高通) 公司提出了一种采用码分多址 (CDMA) 方式的数字蜂窝系统的技术方案。1992 年 Qualcomm (高通) 公司向 CTIA 提出了码分多址的数字蜂窝通信系统的建议和标准。该建议于 1993 年被 CTIA 和 TIA 批准为中期标准 IS-95。IS-95 也是兼容 AMPS 模拟制式的双模标准。1996 年，CDMA 系统投入运营。

与其它蜂窝系统比较，码分多址 (CDMA) 数字蜂窝移动通信系统具有以下特点：

- 1) 系统容量大：为 GSM 的 5.6 倍，TACS 的 11.2 倍；
- 2) 抗衰落能力及抗干扰性能强；
- 3) 语音质量高；
- 4) 保密性及安全性优于 GSM 系统；
- 5) 移动台发射功率低 (约 10mW)；
- 6) 具有软切换和软容量特性；
- 7) 频率复用模式可达到 1，本区和邻区可共用同一信道，因而不需要频率动态分配；
- 8) 可实现宽带数据传输。

四种数字移动通信系统的主要技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 四种数字移动通信系统的主要技术参数

参 数	欧洲 GSM/DCS	美 国		日本 JDC
		D-AMPS	CDMA	
工作频段/kHz	890~915	824~849	824~849	810~826
	935~960	869~894	869~894	940~956
	1710~1785	1900		1429~1453
	1805~1880			1477~1501
射频间隔/kHz	200	30	1250	50
接入方式	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	CDMA/FDMA	TDMA/FDMA
与现有模拟系统的 兼容能力	无	有	有	有
每频道业务信道数	8	3	61	3
	16	6		6

三、第三代数字蜂窝移动通信系统

第二代数字蜂窝移动通信系统只能提供语音和低速数据 ($\leq 9.6\text{ kbit/s}$) 业务的服务。但是在信息时代，图像、语音和数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务的业务量将会大大

增加。

为了满足更多更高速率的业务以及更高频谱效率的要求，同时减少目前存在的各大网络之间的不兼容性，一个世界性的标准——未来公用陆地移动电话系统 FPLMTS (Future Public Land Mobile Telephone System) 应运而生，1995 年，又更名为国际移动通信 2000 (IMT-2000)。IMT-2000 支持的网络被称为第三代移动通信系统，简称 3G。第三代移动通信系统 IMT-2000 为多功能、多业务和多用途的数字移动通信系统，是在全球范围内覆盖和使用的。它根据特定的环境提供从 144kbit/s 到 2Mbit/s 的个人通信业务，支持全球无缝漫游和提供宽带多媒体业务。为了在未来的全球化标准中占据一席之地，各个国家、组织和公司纷纷提出自己的建议和标准，被 ITU 接受的候选标准多达 10 种之多。其中欧洲提出的 WCDMA 和北美提出的 cdma2000 最为大家看好；中国提出的 TD-SCDMA 由于得到了中国政府和产业界的支持，加之中国巨大的市场潜力，因此也格外引人注目。十种第三代移动通信系统的无线传输技术方案的主要技术参数如表 1-2 所示。

表 1-2 十种第三代数字移动通信系统的无线传输技术方案的主要技术参数

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: TIA
4	WCDMA/NA	FDD	所有环境	CDMA	美国: TIPI
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: TIA
8	Global CDMA I	FDD	所有环境	CDMA	韩国: TTA
9	UWC-136	FDD	所有环境	CDMA	美国: TIA
10	EP-DECT	TDD	所有环境	CDMA	欧洲: ETSI

四、第四代数字移动通信系统

第四代移动通信系统 (4G) 标准比第三代标准具有更多的功能。第四代移动通信系统可以在不同的固定、无线平台和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)，能够提供除信息通信之外的定位定时、数据采集、远程控制等综合功能，是多功能集成的宽带移动通信系统或多媒体移动通信系统。第四代移动通信系统应该比第三代移动通信系统更接近个人通信。

第三节 移动通信的电波传播

任何一个通信系统，信道是必不可少的组成部分。信道按传输介质分为有线信道和无线信道。有线信道包括架空明线、电缆和光纤；无线信道中有中、长地表面波传播，短波电离层反射传播，超短波和微波直射传播以及各种散射传播。根据信道特性参数随外界各种因素的影响而变化的快慢，通常分为“恒参信道”和“变参信道”。所谓“恒参信道”是指其传

特性的变化量极微且变化速度极慢。“变参信道”与此相反，其传输特性随时间的变化较快。移动信道为典型的“变参信道”。

移动通信中的传播方式主要有直射波、反射波和地表面波等传播方式。移动台接收点的场强，一般是直射波、反射波和地表面波的合成，但由于地表面波的传播损耗随着频率的增高而增大，传播距离有限，所以在分析移动通信信道时，主要考虑直射波和反射波的影响。典型的移动信道电波传播路径如图 1-1 所示。

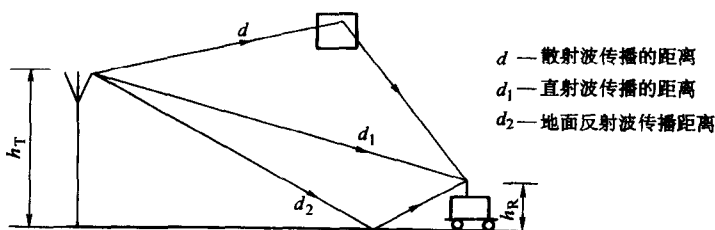


图 1-1 典型的移动信道电波传播路径

一、直射波

在自由空间中，电波沿直线传播而不被吸收，也不发生反射、折射和散射等现象而直接到达接收点的传播方式称为直射波传播。直射波传播损耗可看成自由空间的电波传播损耗 L_{bs} (单位为 dB)， L_{bs} 的表示式为

$$L_{bs} = 32.45 + 20\lg d + 20\lg f \quad (1-1)$$

式中， d 为距离 (km)； f 为工作频率 (MHz)。

由上式可见，自由空间中电波传播损耗 (亦称衰减) 只与工作频率 f 和传播距离 d 有关。当 f 或 d 增大一倍时， L_{bs} 将分别增加 6dB。

二、视距传播的极限距离

由于地球是球形的，凸起的地表面会挡住视线。视线所能到达的最远距离称为视线距离，简称视距，用 d_0 表示 (如图 1-2 所示)。已知地球半径为 $R = 6370\text{km}$ ，设发射天线和接收天线高度分别为 h_T 和 h_R (单位为 m)，理论上可得视距传播的极限距离 d_0 (单位为 km) 为

$$d_0 = 3.57(\sqrt{h_R} + \sqrt{h_T}) \quad (1-2)$$

由此可见，视距决定于收、发天线的高度。天线架设越高，视线距离越远。

实际上当考虑了空气的不均匀性对电波传播轨迹的影响后，在标准大气折射情况下，等效地球半径为 $R = 8500\text{km}$ ，可得修正后的视距传播的极限距离 d_0 (单位为 km) 为

$$d_0 = 4.12(\sqrt{h_R} + \sqrt{h_T}) \quad (1-3)$$

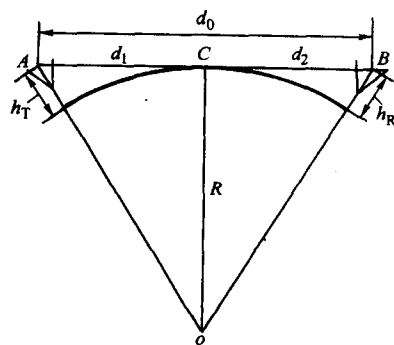


图 1-2 视距传播的极限距离

三、绕射损耗

在实际情况下，电波的直射路径上存在各种障碍物，除了考虑在自由空间中的视距传输损耗外，还应考虑各种障碍物对电波传输所引起的损耗，通常将这种由障碍物引起的附加传播损耗称为绕射损耗。

设障碍物与发射点和接收点的相对位置如图 1-3 所示，图中 x 表示障碍物顶点 P 至直射线 TR 的距离，称为菲涅尔余隙。规定阻挡时余隙为负，如图 1-3a 所示；无阻挡时余隙为正，如图 1-3b 所示。由障碍物引起的绕射损耗与菲涅尔余隙的关系如图 1-4 所示。图中纵坐标为绕射引起的附加损耗，即相对于自由空间传播损耗的分贝数。横坐标为 x/x_1 ，其中 x_1 是第一菲涅尔区在 P 点横截面的半径，它由下列关系式可求得

$$x_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1-4)$$

由图 1-4 可见，当 $x/x_1 > 0.5$ 时，附加损耗约为 0dB，即障碍物对直射波传播基本上没有影响。为此在选择天线高度时，根据地形尽可能使服务区内各处的菲涅尔余隙 $x > 0.5x_1$ ；当 $x < 0$ ，即直射波低于障碍物顶点时，损耗急剧增加；当 $x = 0$ 时，即 TR 直射波从障碍物顶点擦过时，附加损耗约为 6dB。

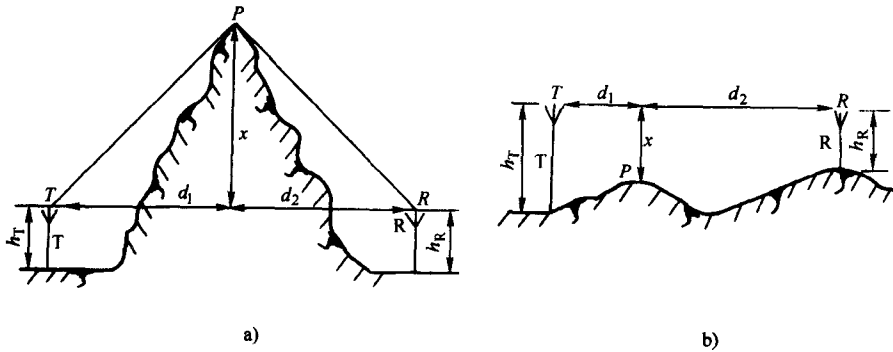


图 1-3 菲涅尔余隙

a) 负余隙 b) 正余隙

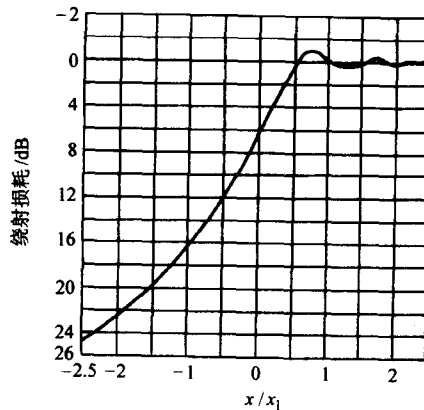


图 1-4 由障碍物引起的绕射损耗与菲涅尔余隙之间的关系