

现代移动通信系统

现代移动通信系统

蒋同泽 著



电子工业出版社

现代移动通信系统

蒋同泽 著

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书全面地、系统地叙述和研究了现代移动通信系统。共分四篇,即概述与基础,模拟移动通信,数字移动通信,发展与未来。分在十八章内叙述了各种现代的移动通信系统,包括大区制、蜂窝小区制移动电话(大哥大)系统,无线电集群系统,无中心通信系统,无线电寻呼系统(BP机),无绳电话系统直到第二代数字蜂窝电话(GSM及IS-54)系统,以及美国Gualcomm公司将要推出的码分多址系统和包括低轨道卫星通信在内的个人通信系统。

本书是一本内容最新而又最完整的移动通信专著。著者有多年教学和研究经验,撰文以概念为重点,尽量少用繁杂的数字,对各种移动通信网的组网设计、容量计算等予以较详细的讨论和举例。叙述深入浅出,还注意了最新学术资料的引用和研究,兼顾可读性与学术性。既可作为高等学校移动通信的教材或参考书,也可作为工程技术人员的参考用书,对于有一定无线电知识的广大读者,还可作为研究移动通信的入门用书。

现代移动通信系统

蒋同泽 著

责任编辑 徐德霆

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16印张: 20.75 字数: 462千字

1994年7月第1版 1994年7月第1次印刷

印数: 0001—6000册 定价: 21.50元

ISBN 7-5053-2406-3/TN·698

前 言

移动通信可以说是目前通信中发展最快的一个部分。从大区制到小区制(即蜂窝网),从模拟到数字,进展非常迅速。从1979年第一代模拟制蜂窝电话系统出现后,不过十年,第二代全数字蜂窝电话系统就已诞生。现在,第三代的个人通信系统的方案和实验均已开始,在2000年人们将可望实现“在任何时间、任何地点与任何地方的个人进行通信”。这将是一种全时空通信。人们普遍认为,它将是21世纪的主要通信方式。

移动通信包含的范围很广。简单的无线对讲机通信,无绳电话,无线电寻呼(俗称BP机),汽车电话系统,集群通信系统,蜂窝网电话系统(包括手持机,即俗称“大哥大”在内)……等,均属于移动通信范围。我国移动通信虽然起步较晚,但发展的速度却是很快的。无线电寻呼网在全国各城市几乎都已建立,模拟制蜂窝网在不少大中城市也已建立,集群通信系统也已建立不少。数以百万计的人已经拥有BP机、大哥大等现代通信工具,他们深切体会到这些现代化通信工具所带来的便利与效益。

从90年代开始,我国的移动通信更上一层楼。1992年已在浙江嘉兴市安装了第二代的全数字蜂窝移动电话,在深圳和番禺引入了第二代全数字无绳电话。因此,可以说我国已开始进入了数字移动通信领域。

由于人们对移动通信的兴趣大为增加,从事这方面工作的同志迫切希望有一本适合自己的需要的书。现在移动通信的书讨论的多是模拟制的,即使对于BP机和手持机,也很少涉及。本书将弥补这些。从第一代到第三代的移动通信系统,本书都将进行系统的介绍和研究,并对当代最新的数字移动通信着重予以研究,对模拟移动系统也给以适当的篇幅,故本书名为“现代移动通信系统”。是一本有关移动通信的最新而又最完整内容的书。

本书共十八章分为四篇,即①概述及基础,②模拟移动通信,③数字移动通信,④移动通信的发展和未来。几乎移动通信所有的问题都涉及到。第一、二篇虽然现在出版的移动通信的书籍中均有所讨论,但本书注意补充它们的不足,读者阅后当会有不同的感受与收获。

本书注意从整体上系统地叙述和研究移动通信系统,并对其组网的设计予以较详细的讨论,对于从事组网工作的同志将会有所裨益;本书还注意到兼顾可读性与学术性,全书以概念为重点,深入浅出,尽量少用繁杂的数学,将必要的数学推导等置于附录中;书中并注意到最新学术资料的引用。因此,本书既可作为高等学校移动通信课程的教材或参考书,也可以作为工程技术人员的参考用书。对于有一定电子学或无线电通信知识的读者,也可作为研究移动通信的入门用书。

本书虽然是根据个人多年来从事移动通信教学和科研工作的经验,并搜集了国内外许多资料而编写的,然而限于时间及水平,难免有错误及遗漏,希读者不吝指正,至为感谢。

蒋同泽

1993年12月

目 录

前 言

第一篇 概述与基础

第1章 概述	2
§ 1.1 什么是移动通信及其发展简史.....	2
§ 1.2 移动通信的应用.....	3
§ 1.3 我国移动通信的发展.....	4
第2章 移动环境中的电波传播	6
§ 2.1 移动环境中电波传播的特点.....	6
§ 2.2 多径衰落.....	8
一、瑞利衰落的特性.....	8
二、衰落深度与衰落速率.....	10
三、电平通过率与衰落持续时间.....	11
四、关于多径衰落分布的讨论.....	12
§ 2.3 阴影衰落(慢衰落).....	13
§ 2.4 传播损耗的预测.....	15
一、基本概念.....	15
二、路径传播损耗 L_p 的预测.....	16
§ 2.5 多径时延与多径时延扩展.....	22
§ 2.6 相关带宽.....	23
§ 2.7 在隧道中的电波传播.....	24
§ 2.8 建筑物内的电波传播.....	25
§ 2.9 微小区中的传播.....	26
附录一、移动环境中信号为瑞利分布的推导.....	30
二、平均衰落持续时间的推导.....	30
三、相关带宽的推导.....	31
第3章 移动通信的系统方程	33
§ 3.1 移动通信系统设计的概念.....	33
§ 3.2 接收机的最低必需电平.....	33
§ 3.3 系统方程.....	36
§ 3.4 系统余量与通信概率.....	37
第4章 移动通信的组网方法	40
§ 4.1 大区制.....	40
§ 4.2 多信道共用概念、信道数、业务量与阻塞率.....	41
§ 4.3 大区制的设计.....	44

§ 4.4 覆盖范围的研究	25
§ 4.5 大区制中的干扰	47
一、互调干扰	47
二、邻道干扰	50
§ 4.6 小区制	51
一、小区制(蜂窝制)的概念和特点	51
二、小区制的频率分配图案	53
三、小区的分裂扩容	56
四、频谱利用率	57
§ 4.7 小区制中的干扰	58
§ 4.8 小区制(蜂窝网)的设计	60
附录一、爱兰 B 公式的推导	61
二、互调频率关系的推导	63
第 5 章 移动通信网的信令与控制	65
§ 5.1 概述	65
§ 5.2 模拟信令	66
一、音序编码制	66
二、连续单音制 (CTCSS)	67
三、同时单音顺序制	69
四、双音多频 (DTMF)	69
五、脉冲单音制	70
六、其它控制信令	70
§ 5.3 大区制的无线信道指配方式	71
§ 5.4 大区制移动电话连接方式及控制	72
§ 5.5 数字信令	75
§ 5.6 蜂窝移动电话网的结构、信令与控制	76
一、结构	76
二、TACS (或 AMPS) 制的信令	78
三、TACS 制的通话过程及控制	83
§ 5.7 蜂窝网中的过区切换和漫游	85
一、过区切换	85
二、漫游	87
附录 先创 145 的性能及有线/无线转接与中继方式操作	88

第二篇 模拟移动通信系统

第 6 章 模拟制移动通信设备和天线	92
§ 6.1 概述	92
§ 6.2 移动用的调频通信设备	92
一、为什么用调频制	92
二、移动通信调频设备的特点	93
§ 6.3 蜂窝制设备	101

§ 6.4 移动通信用天线	105
一、天线的基本概念和定义	105
二、移动台天线	109
三、基站天线	111
四、基站天线的安装	118
§ 6.5 天线共用器	119
一、发射天线共用器	119
二、接、收天线共用器	123
三、收、发天线共用问题	123
附录一、调频信号解调后的信噪比改善	124
二、解调器噪声输出特性	125
第 7 章 无线电集群系统	127
§ 7.1 集群系统及其分类、优点	127
§ 7.2 集群系统的组成	129
§ 7.3 集群系统的通信过程和控制信令	130
一、专用控制信道的系统	130
二、分布式控制的系统	133
§ 7.4 集群系统的容量	139
§ 7.5 集群系统和市话网的连接	140
§ 7.6 集群系统的频率安排及性能	141
§ 7.7 国外集群系统简介	143
第 8 章 无中心移动通信系统	147
§ 8.1 什么是无中心移动通信系统	147
§ 8.2 无中心移动通信系统	148
§ 8.3 无中心多信道选址通信系统	149
§ 8.4 900 兆赫无中心多信道选址电台性能	151
§ 8.5 无中心多信道选址系统的容量	153
§ 8.6 无中心多信道选址系统的组网设计	153
第 9 章 无线电寻呼系统	155
§ 9.1 寻呼系统及其发展	155
§ 9.2 寻呼系统的结构	155
§ 9.3 寻呼信号的格式与内容	159
§ 9.4 寻呼发射机和接收机	162
§ 9.5 寻呼系统的设计	164
一、寻呼系统的容量	164
二、寻呼系统的覆盖设计	165
三、操作员座席数的确定	167
§ 9.6 自动寻呼系统	168
第 10 章 模拟移动信道上的数据传输	170
§ 10.1 概述	170
§ 10.2 数据传输的基本原理	170

§ 10.3 协议(规约)	172
一、CDLC-BCH 型	173
二、CDLC-RS 型	174
§ 10.4 CDLC 的调制解调器	174
§ 10.5 传真在移动信道上的传输	177

第三篇 数字移动通信

第 11 章 数字移动通信的话音编码与信道编码	182
§ 11.1 概述	182
§ 11.2 增量调制 (ΔM)	133
§ 11.3 线性预测编码原理	188
§ 11.4 RPE-LTP 编码	191
§ 11.5 CELP 编码	194
§ 11.6 矢量量化语音编码	196
§ 11.7 VSELP 编码	197
§ 11.8 信道编码	199
§ 11.9 线性分组码	200
一、循环码	201
二、BCH 码	202
三、R-S 码	203
§ 11.10 交错(交织)编码	204
§ 11.11 卷积码	204
第 12 章 数字移动通信系统的调制	207
§ 12.1 概述	207
§ 12.2 BPSK 和 DPSK	207
§ 12.3 QPSK(4PSK), OQPSK 与 $\pi/4$ -QPSK	210
§ 12.4 FSK, MSK 和 GMSK	213
§ 12.5 TFM 与 GTFM	218
§ 12.6 QAM	222
§ 12.7 各种数字调制的比较	224
第 13 章 移动环境下数字信号的接收	226
§ 13.1 概述	226
§ 13.2 载波提取	226
§ 13.3 位同步(定时提取)	228
§ 13.4 帧同步	229
§ 13.5 数字移动通信接收用的均衡器	230
一、数字移动通信中的码间干扰	230
二、数字均衡器的基本原理	231
三、两种自适应均衡器	232
§ 13.6 分集接收	234

第 14 章 数字移动通信系统	237
§ 14.1 数字移动通信系统的发展	237
§ 14.2 数字移动通信系统的三种多址方式	238
一、频分多址	238
二、时分多址	239
三、码分多址	240
§ 14.3 FDMA、TDMA、CDMA 容量的比较	241
§ 14.4 GSM 数字移动通信系统	244
§ 14.5 北美双模蜂窝系统 IS-54	249
§ 14.6 日本数字公众陆地移动通信系统	251
§ 14.7 系统的比较	252
§ 14.8 IS-54 的改进型——GMH2000	253
§ 14.9 扩频时分蜂窝系统 CD-900	255
§ 14.10 扩频码分数字蜂窝系统	257
一、扩频码分多址原理	258
二、Qualcomm 的 CDMA 移动通信系统	262
第 15 章 数字无绳电话	268
§ 15.1 无绳电话的发展	268
§ 15.2 数字无绳电话 CT-2 系统	270
§ 15.3 CT-2 的公共空中接口	272
一、无线电接口	273
二、信令和复接	273
三、传输方案和编解码	278
§ 15.4 DECT 系统	280
§ 15.5 CT-3 系统	280
§ 15.6 无绳电话网的容量	281
第四篇 移动通信的发展与未来	
第 16 章 卫星移动通信	286
§ 16.1 移动卫星通信从海事通信开始	286
§ 16.2 陆上移动卫星通信	289
§ 16.3 同步卫星的陆地移动通信系统	291
§ 16.4 低地轨道卫星的陆上移动通信系统	296
§ 16.5 移动卫星通信与蜂窝网系统的结合	300
第 17 章 蜂窝网的未来——微小区化	302
§ 17.1 蜂窝网的微小区化	302
§ 17.2 微小区中的电波传播(街道上)	302
§ 17.3 微小区的同信道干扰和频率再用距离	305
§ 17.4 微微小区	307
附录 微小区传播中损耗的拐点	308
第 18 章 个人通信网	311

§ 18.1	什么叫个人通信	311
§ 18.2	个人通信网的基础	311
§ 18.3	未来的公共陆上移动通信系统 (FPLMTS).....	314
§ 18.4	个人的移动性	316

第一篇 概述与基础

本篇是移动通信的概论与基础部分,共分五章。除第1章为概述外,第2、3、4、5章均是移动通信的基础。其中移动环境下的电波传播是最基础的部分,因为移动通信与固定无线通信根本的不同之处正在于此。只有了解和掌握移动环境下电波传播的特点和规律,才能真正掌握移动通信,否则很难透彻理解,这是读者必须注意的。关于移动通信的系统方程、组网、信令等也都是不论何种移动通信系统都必须用到的基础。

第 1 章 概 述

§ 1.1 什么是移动通信及其发展简史

移动通信就是通信的双方或至少一方处在运动中所进行的通信。因为至少有一方处于运动之中,所以它只能使用无线电通信,是一种处于特殊环境——移动环境下的无线电通信。

最早的陆上移动通信始于 1921 年,美国底特律警察局首先将无线电台装于汽车上开创了移动通信的先河。在那时要笨重、庞大、耗电厉害的电台装于车上,并架有较长的天线并非易事,因而最初的车辆通信是困难的。当时距无线电发明才二十六年,使用的波段是 2 MHz 的短波,车台实际上只是接收机,通信是单向的。直到 1930 年,车台才装有发射机,才真正有双向的移动通信^[1]。此后相当长的时间,所谓移动通信只是车载无线电台之间或与固定无线电台的通信,并主要为警察所用。直到 1946 年,才有以基地台为中心,覆盖 70~80 公里半径的区域并与市话网相连的大区制移动电话网^[2],电台也用更适合移动环境的调频制代替原来的调幅制,频率为 150MHz 的波段单工工作。此后虽在从单工到双工、频率从 150MHz 到 450MHz、人工转接到自动转接方面有所发展,但容量受分配的有限频率所限制,一个大区系统至多只有数百个用户的容量,远不能适应汽车用户迅速增多的需求。直至 1979 年蜂窝网汽车电话的实现,矛盾才有所突破。蜂窝的概念即将所要覆盖的地域划分为若干个六角形的小区,每个小区各有一个基地台为该小区内的汽车用户服务。而相隔 2~3 个小区的基地台可以使用相同的频率工作,称为频率再用 (frequency reuse)。这样就突破了有限频率对用户数的限制,因而系统的用户总数可以得到显著的增加。这种系统称为小区制或以其分区图形似蜂窝而称为蜂窝系统。它是模拟制,全自动、双工工作于 800~900MHz 频段,是第一代蜂窝系统,是在 80 年代中迅速发展起来的并已成为世界上公用移动电话网的主要模式。它可与市话网和长话网相连接,能拨通国内、国际电话。由于需求的急速发展,容量仍嫌不够,因此第二代蜂窝网,即全数字蜂窝移动通信网发展起来。在组网结构上仍和第一代相同,采用蜂窝小区,但信号改用数字信号,由于数字信号可以有更好的抗干扰能力,它所要求的信号/干扰比值较模拟信号的低,因而可以缩短频率再用的距离,使容量增大 5~20 倍。欧洲已于 1987 年制定了 GSM (移动通信专门小组)标准,并在 1991 年在欧洲开始实用。对于移动通信,由模拟到数字是又一次技术突破,因为在移动环境中,随机的多径时延限制着数字信号的传输速率(见第 2 章)。到了 90 年代,由于信息社会发展的需要,人们渴望能实现“在任何时间与任何地点的任何人进行通信”的个人通信,有关个人通信的设想方案已有多种,(见第 18 章),成为现代移动通信的热门话题,其中有一种是微小区蜂窝通信,被称为第三代移动通信。这种个人通信摆脱通信靠拨设备号码来呼叫的模式(即电话拨电话号码、传真拨传真号码等),而用个人号码来进行呼叫,不论被呼者在家或在办公室或在外地均可接通。

综观移动通信发展的历史,表明它是在需求的牵引推动下不断发展的,每一代的跃进又总是与技术上的突破密切相关的。这是生产发展的一般规律,移动通信的发展也证明了它。

§ 1.2 移动通信的应用

在现代,人们的活动范围很广,可以说是生活在一个活动社会之中。如果只能依靠固定的通信工具,那么在移动时就将成为被隔绝信息的人了。今日的社会又是一个信息的社会,信息的中断,即使是短时的,也可能对某些人或某些情况造成无可估量的损失。因此,移动通信的需求是广泛而迫切的。

目前已有的移动通信业务主要如下:

(1) 汽车调度通信 这是应用较早的一种。出租汽车公司或大型车队建有汽车调度台,车上则有汽车电台,可以随时在调度员与司机之间保持通话联系,通常是单工工作。

(2) 公用移动电话 这是与公用市话网相连的公用移动电话网,它由电信部门建设,大中城市一般为蜂窝小区制,小城市或业务量不大的中等城市常采取大区制。用户有车台和手持台两类。手持台即俗称“大哥大”,我国用户以手持台占多数,在基台的覆盖范围内均可与网内任一移动用户或任何地方的电话用户相通,是使用最广的一种移动电话,至1993年1月止,全世界蜂窝电话用户已达2300万,并还在迅速增加,年增长率在20~30%左右。

(3) 无绳电话 是一种接入市话网的无线话机,它将普通话机上的机座与手持送收话器之间的连接导线绳取消,使二者分离,而代之以用电磁波在二者之间的无线连接,即须在座机和手机上各装上微型无线收发话机,故称无绳电话。座机部分也称为基台(或叫主机),手持部分称为手持台(或叫手机)。它的辐射功率很小,一般只有数个毫瓦(10毫瓦以内),在指定的几个频率之一上工作。这种话机解除了导线绳的束缚,一般可在50~200米的范围内接收或拨发电话。它实际上是市话网用户线的无线延伸,所以也有人称之为无线话机,但此名称范围过于广泛,应称无绳电话机为妥。这种无绳电话在国外应用很广,有可能是个人电话发展的基础(见第18章)。

(4) 无线电寻呼 它是一种单向无线电通信,主要起寻人呼叫的作用,佩有寻呼接收机(或简称寻呼机)的个人,当有人寻他时,可用电话通过寻呼中心台的操作员将被寻呼人的寻呼机号码由中心台的无线电寻呼发射机发出,只要被呼人在该中心台的覆盖范围之内,其所佩的寻呼机接收到信号即发出Bi-Bi响声(因此俗称BB机或BP机)。此机一般均有液晶显示器,可以显示简短信息;如回电话号码……等,也有的可发出简短语音语句。此种单向通信,只能通知被寻呼人有人找他,速回电话或速去某处等简单信息。虽只是单向信息,但它的价格较为低廉,找人方便,不受地点限制,是市话网的一种很好的补充,因此发展很快,许多寻呼网还增加了天气预报、股市信息……等特种服务。

(5) 集群无线电话 这实际上是把若干个调度系统,原各用单独的频率单工工作,集合到一个基台工作。这样原来一个系统独用的频率现在可以为几个系统共用,故称为集群系统。它可以提高频率的利用效率,若容量不变,则可节约频率;若频率数不变则可增大用户数量,即容量增大。这种电话网虽然数个系统合用,但各个系统仍可有各自的调度控制台,工作起来和单独的系统一样,还可系统之间互通。它一般为单工工作。

(6) 卫星移动通信业务 把卫星作为中心转发台,各移动台通过卫星转发通信。这特别适合海上移动的船舶通信,也适合航空通信。这种应用,最早的就是海事卫星通信。现在也将卫星用于陆上移动通信,因它覆盖面广,特别适用于地广人稀地区的稀路由通信。

(7) 个人移动通信或个人通信 即个人可在任何时间与任何地点的人相通信,而不受通信设备的限制。现在拨打电话,如对方在家中必须拨他家的电话号码,如在办公室则须拨办公

室的电话号码。欲与之通话必须判定他在何处,或经多次尝试才可能拨通。个人电话则只有一个个人号码,不论他在何处,均可通过这个个人号码而拨通。个人电话是 21 世纪的通信,目前已有许多国家在研制。

(8) 无中心通信系统 这是一种无中心(即基地台)的移动通信系统。首先由日本开发,它是源起于 CB 波段的个人通信,但应用了近代的信道扫描技术和自动测量信号技术通过公共控制信道达到双方自动选定频道的一种个人通信系统,频率也改到 900MHz 的波段。它无需中心台的控制和指配信道,因此用户只需购买移动台便可入网通信,价格便宜是它的特点,工作于 915~917MHz 范围(共 80 个频点),但由于无中心,所以通信距离近,也无法与市话相通。我国引进后,针对上述问题开发了中继机和与市话网的转接设备,但这样它又变成有中心的通信系统了。

本书将在以后各章中对以上的各种应用予以详细的叙述和讨论。

§ 1.3 我国移动通信的发展

我国移动通信起步较晚。当然,把无线电台用于舰船、飞机之上进行通信则早已有之,但那时都是在短波波段工作的普通调幅电台。至于陆上移动通信,除了军队的坦克通信从建立坦克部队起就有无线通信以外,民用的陆上通信是专用的早于公用的,如 60 年代起我国列车上开始有第一台机车调度无线电话^[3]。汽车调度电话则到 70 年代才随出租汽车的发展而出现。公用的移动通信系统建立较晚,第一个大区制公用移动通信系统(150MHz 频段)由邮电部第一研究所研制,于 1980 年在上海建立试用^[4]。我国蜂窝制移动网则到 1987 年冬,广州市第一个开通蜂窝移动电话业务^[5]。随后,北京、重庆及珠江三角洲、上海、海南、武汉等地陆续建起蜂窝网,均是引进国外设备安装的。其中以广东珠江三角洲地区的蜂窝网为最大,覆盖广州、深圳、珠海等地,采用瑞典爱立信(Ericsson)公司的 CMS88 移动通信系统,于 1988 年开通^[6]。

我国的移动通信虽然起步晚,但发展却很快。我国邮电部已制定“25~1000MHz 陆地公众移动通信网技术体制(暂行规定)”,其中规定我国模拟制蜂窝网采用 TACS 体制,1989 年国家科委决定由我国自己开发生产模拟制蜂窝移动电话系统,以适应各地不断增长的需要。

截止到 1991 年 6 月止,我国的蜂窝网用户已有三万六千余个,在世界上排名第 25 位^[7]。我国的蜂窝网用户有一特点,即手持台(俗称“大哥大”)用户明显多于汽车用户,约占全系统的 70~80%,这一方面是表明我国现阶段的汽车尚不够普及,也反映手持台的经济性和人们对个人通信的需求。最近我国加速开放的决定,明显地激发了对通信的需求,特别是对移动通信的需求。据报载^[8],上海在 1991 年 11 月,“大哥大”用户已达 4200 户,上海市将 900MHz 蜂窝网从原 16 个信道扩至 80 个信道,以适应迅速发展的需要。至 1993 年 6 月底,全国蜂窝电话用户已有 35.9 万,开办城市达 320 个,年增长率竟高达 263%^[12]。

我国发展更快的是无线电寻呼业务,因它价格远较双工移动电话便宜,又可在一定意义上缓解对移动通信的需求,适合我国当前人民及单位的经济情况,所以发展也快也早。在 70 年代末期,少数单位已有建立。公共无线电寻呼网则在 1984 年于上海、广州、深圳三市先后开通。此后各大、中城市均纷纷开办此项寻呼业务,据不完全统计,至 1992 年 6 月,全国已有 1075 个城镇有此项业务,用户超过 220 万^[11],到 1993 年 6 月则增至 1476 个城镇开通,用户达 394.9 万^[12],年增率达 79.5%。广东还在 1990 年第一个将广州、佛山、东莞、惠州等 11 个县市的寻呼网联网,共有寻呼中心 37 个,用户 10 万^[9]。无绳电话在我国发展较晚,在 1990 年仅有

千余用户。但由于无绳电话价格便宜,其性能又不断地改进,预计将有飞跃的增长。据报道^[1],自深圳于1992年8月引进先进的第二代全数字无绳电话CT-2后,已建立500余个基站,用户1万多个。上海也计划建立CT-2无绳电话的公共入网点(Telepoint),届时上海闹市区,外滩、南京路上及车站、码头等地,可用无绳电话随处入网拨通电话。其它已建或已开始筹建的还有番禺,温州,宁波,绍兴、沈阳等地^[13]。

集群移动电话系统由于其价格较蜂窝网低,频谱利用率较高,适于容量不太大的专用系统使用,在我国也有发展,第一个集群电话网在广州引进(摩托罗拉产品)于1990年7月开通,随后北京也于1990年9月开通。

近年来,由于第二代数字式蜂窝移动电话的崛起,我国也开始研究开发数字移动电话,并于1992年在嘉兴地区引入第二代数字蜂窝网GSM系统,开始试运转。这不仅是世界技术发展形势所趋,而且也是我国军民对移动电话的要求。

总的看来,移动通信的需求日益增长,特别是改革开放以来,移动通信已成为通信的热门。腰佩“BP”机或手持“大哥大”已成为许多人的时尚。

本书将讨论移动通信的基本原理,系统设计,并将由模拟制到新的全数字系统,以及最新的个人通信系统的成就予以较详细的介绍。

参 考 文 献

- [1] George Calhoun: "Digital Cellular Radio", Artech House, 1988, P. 26.
- [2] 同上书, P. 30.
- [3] 北方交通大学: "移动通信"讲义(油印本), 1982, P. 1—15.
- [4] 陆法良: "移动通信"(油印本), 1988年9月, P. 83.
- [5] 吴富荣: "公用蜂窝移动通信网", 《移动通信》, 1989年第5期.
- [6] 梅加珍: "珠江三角洲蜂窝式公用移动电话系统简介", 《移动通信》, 1991年第3期.
- [7] "蜂窝移动用户数最多的国家", 《现代电信科技》, 1992年第5期.
- [8] 1991年11月15日新民晚报.
- [9] 高新华: "移动通信发展状况和趋向", 《通信技术与发展》, 1991年第6期.
- [10] "新型的通信工具 CT-2 在上海起步", 1992年7月27日《国际电子报》.
- [11] 据1993年7月29日新华社电讯(记者李安定)报道.
- [12] 据国际电子报1993年10月18日消息(记者: 文斌).
- [13] 蒋同泽: "无绳电话及其发展与市场了望"《中国通信工业简讯》第1期, 中国通信工业协会出版, 1993年11月.

第 2 章 移动环境中的电波传播

§ 2.1 移动环境中电波传播的特点

移动通信与固定通信的不同即在于通信时电台所处的环境是移动的，这时电台天线所收到的电波场强有着严重的衰落和相当大的多径时延以及多卜勒频移。它对移动通信影响很大，分别叙述如下：

1. 电波信号的衰落 通过实际测量，可以发现所收到的场强振幅有着迅速的随机变化，它的变化速率与车速及电波波长有关，其变化范围可以达到数十分贝，如图 2-1 所示。

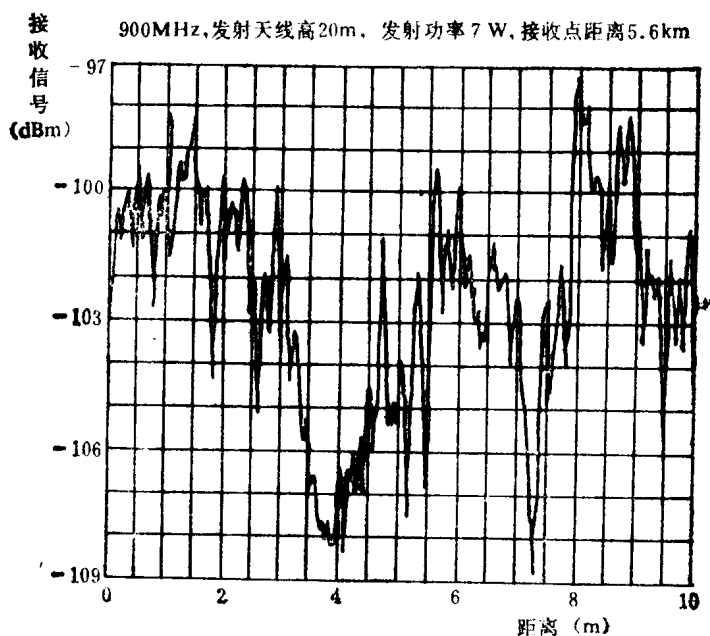


图 2-1 移动台天线所收的信号振幅

图上的信号是移动台工作于 900MHz，在 1 秒内行进 10.7 米(车速为 38.5 千米/小时)时所收到的情况。这种起伏称为信号的衰落。振幅每起伏一次称为衰落一次，衰落的平均速率为 $\frac{2v}{\lambda}$ ，(v 为车速(米/秒)， λ 为波长(米))，衰落一次的平均距离为 $\lambda/2$ 。这种衰落称为快衰落。从图 2-1 中可以看出衰落的幅度(起伏的差值)可达 10 分贝以上，在某些环境甚至可高达 30 分贝。

快衰落是由于接收天线收到来自同一发射源，但经周围地形地物的反射或散射而从各方向来的不同路径的电波，当天线移动时，这些电波之间的相对相位(即相位差)要发生变化，因而总合成的振幅就发生了起伏，所以也称为多径衰落。

在车辆行进时，还会发现信号的振幅除了快衰落以外，还有一种较缓慢的起伏，即慢衰落

叠加于这一缓慢起伏之上。这慢起伏称为慢衰落。它是由于地形地物的沿途变化，车行到某处，电波的一部分受到遮挡，或由于某些强烈的反射出现或消失而产生的。因此这种慢衰落又称为阴影衰落。它们对移动通信的影响是很大的，不论模拟信号或数字信号都必须考虑这两种衰落的影响。

2. 电波信号的多径时延 移动台所收到的是多径信号，它是同一信号通过不同路径而到达接收天线的，因而它到达的时间先后和强度会有所不同(电波走的路程长短不同，所以到达时间有先后，遭到的衰减也不同)。当发射台发送一个脉冲信号时，收到的可以是多个脉冲的综合结果，如图 2-2 所示。不同路径传来的脉冲到达接收天线时，相对于路径最短的那个脉冲(往往也是最强的)有着不同的时间差，这个差值称为多径时延，或叫差分时延。多个不同的时延构成了多径时延的扩展 Δ ，如图 2-2(b) 所示。这里的多径时延扩展只是从概念上说的，后面还将讨论它的严格定义。时延扩展 Δ 的数值在陆地环境下约为数微秒，随环境地形地物的状况而不同，一般它与频率无关，它对数字移动通信有着极其重要的影响。

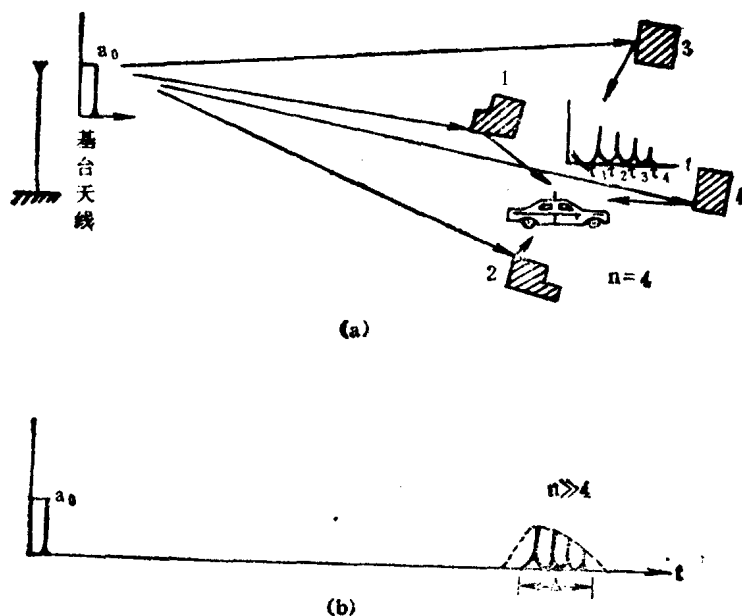


图 2-2 多径时延示意图
(a) 4 径情况 (b) 接收到的脉冲展宽

3. 多卜勒效应 当移动台对基台有相对运动时，收到的电波将发生频率的变化，此变化称为多卜勒频移。频移之值 $\Delta f = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$ ，它与车速 v 成正比，与波长 λ 成反比， θ 为车运动的方向与指向基台的直线所成之夹角。当运动方向朝向基台时， Δf 为正；反之为负。 Δf 的最大值为 v/λ ，记为 f_m ，称为最大多卜勒频偏。如果车速不高，则此值不大，一般小于设备的频率稳定度，影响可以忽略。但对于一些高速的移动体，例如在航空移动通信中，由于飞机速度很高，必须考虑它的影响。

需指出的是：以上叙述虽是基台发射、移动台接收的情况，但根据互易原理，当移动台发射、基台接收时，所讨论的结果是一样的。

还需指出的是：当固定通信时(或移动台静止时通信)，虽然多径传播仍然存在，但由于静止，所收到的信号没有快衰落的现象，只有由于大气参数(如温度、湿度、压力等)的缓慢变化而