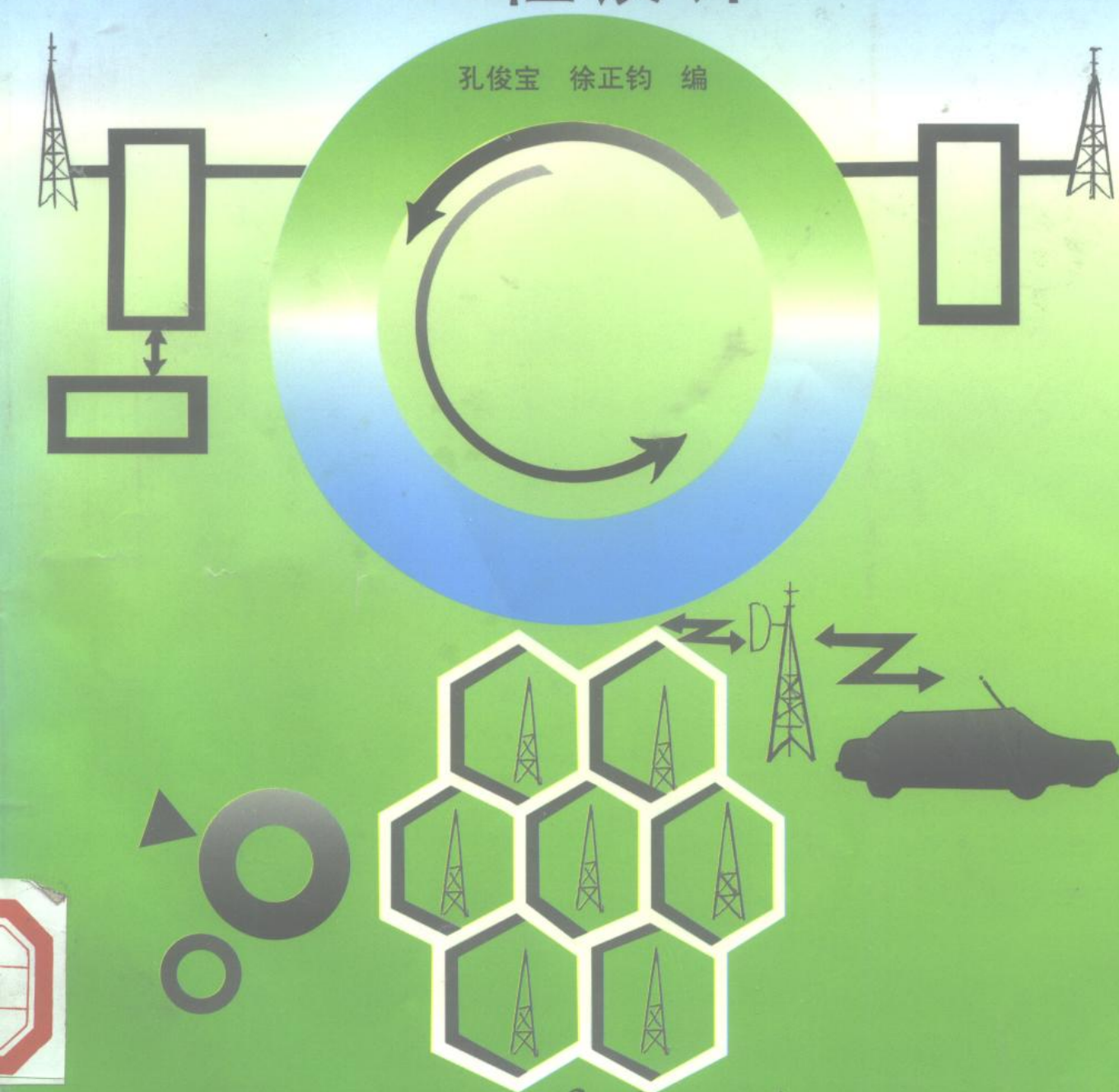


移动电话 与寻呼系统的 工程设计

孔俊宝 徐正钧 编



國防工業出版社

159292

208353

移动电话与寻呼系统的工程设计

孔俊宝 徐正钧 编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

移动电话与寻呼系统的工程设计/孔俊宝,徐正钧编.
—北京:国防工业出版社,1997.4
ISBN 7-118-01610-1

I. 移… II. ①孔…②徐… III. ①无线电-电话通信
系统-设计②便携式-通信接收机-通信系统-设计 IV. ①T
N916.9②TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 05190 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25 584 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:30.70 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

科学技术是第一生产力。在通信技术上也是如此。随着人们社会活动的频繁,迫切要求实现信息的快速及时传递,而且要求不受时间和空间的限制,随时随地都能交换信息。这就是移动通信发展的主要推动力之一。由此也可看出移动通信是一项很有发展前途的通信业务。

我和颜永庆同志于 1993 年根据我们多年来教学和科学研究的经验总结,以及企业中建立寻呼站台的实际经验,参考了国内外的有关文献资料,曾写成并出版了《移动电话与寻呼系统》一书,深受广大从事移动通信专业工作者的欢迎。

由此,我们这次是在《移动电话与寻呼系统》一书的基础上,增加了大量新的内容,尤其是一些设计资料,力求解决工程中的实际问题,而编写了这本《移动电话与寻呼系统的工程设计》。本书既有基础理论知识又有丰富的实际经验,且对于进行工程设计有极大的指导意义。书中内容丰富、新颖、具体,有各种表格和参数可查阅、有各种工程图表及工程设计实例、有解决问题的有效措施及具体方法、有例题有解答、有具体电路、有维护知识,和一些设备的性能指标。是一本从事本专业的工程设计人员的必备书籍,也是本专业的大专院校师生的一本极好的参考书。

本书共分十二章。第一章概述,叙述了移动通信的组成、特点、信道划分及其发展简况;第二章是有关的基础知识,包括调频、调相、单边带及微机控制技术,还有频谱管理和有效利用频率技术;第三章是电波的传播特性,叙述了电波的传播特性及场强的测试等内容;第四章是移动通信中的信令和交换技术,较全面地分析了模拟信令和数字信令,交换技术和联网方式;第五章是移动电话系统的联网,介绍了 900MHz 蜂窝式小区联网及其接口,还介绍了全自动漫游;第六章是移动通信设备,介绍了 450MHz 和 900MHz 的设备及 CT2、CT3 无绳系统和集群系统;第七章是工程设计,介绍了四个典型的工程设计,并给出了一些设计表格及参数供读者参阅;第八章是系统的软硬件,除介绍了程控交换的基本原理外,还介绍了系统的软硬件结构,并给出两个典型的系统;第九章是寻呼系统,介绍了寻呼的信号、控制中心、发射机、接收机及其电路与维护等。第十章是噪声与干扰,分析了噪声和主要干扰及其计算和防止的方法;第十一章是设备的测试,介绍了设备技术指标的测试方法及测量仪器,还介绍了基地台与移动台的主要设计参数;第十二章是移动通信技术的发展趋势,介绍了数字和卫星移动通信及主要技术今后发展的趋势。

本书由南京邮电学院孔俊宝教授主编,并编写了第一、二、三、四、八、九、十、十一及十二章;中国人民解放军张家口通信学院的徐正钧同志编写了第五、六、七章。

在本书编写过程中,得到了颜永庆同志及王世顺副教授提供一些资料,得到了钟英同志的大力支持,在此一并致谢!

由于我们的水平有限,书中难免有不当之处,谨请读者批评指正。

孔俊宝 谨识

1994 年 12 月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 移动通信的发展简况.....	(1)
第二节 移动通信的组成和特点.....	(2)
第三节 移动通信的信道划分.....	(7)
第二章 移动通信中的基础知识	(10)
第一节 调频与调相技术	(10)
第二节 在移动通信中调制与衰落和噪声的关系	(21)
第三节 微机控制技术	(32)
第四节 频谱管理技术	(39)
第五节 有效利用频率技术	(40)
第三章 移动通信电波的传播特性	(42)
第一节 电波的传播特性	(42)
第二节 地面移动通信的电波传播	(48)
第三节 场强的测试和数据处理	(62)
第四章 移动通信中的信令和交换技术	(68)
第一节 信令方式	(68)
第二节 模拟式信令	(69)
第三节 数字式信令	(78)
第四节 移动通信的交换技术	(88)
第五节 微处理机在交换系统中的应用	(92)
第六节 移动电话网和市话网的连接方式	(93)
第五章 移动电话系统组网	(95)
第一节 移动电话系统的组网结构	(95)
第二节 移动电话网与公用通信网的连接	(98)
第三节 陆地移动通信网接入公用通信网的接口参数	(99)
第四节 频道转换的控制操作过程及全自动漫游.....	(101)
第六章 移动通信设备	(104)
第一节 450MHz 大区制自动拨号移动电话系统	(104)
第二节 900MHz 蜂窝式小区制移动电话设备	(106)
第三节 900MHz 蜂窝式移动电话交换机设备的基本进网要求	(118)
第四节 无线设备基本进网要求.....	(120)
第五节 移动通信系统设备选型、主要型号、系统设备中各主要设备的 投资比例(估算).....	(123)

第六节 CT2、CT3 无绳电话系统	(127)
第七节 集群移动通信系统	(145)
第七章 移动电话系统工程设计	(150)
第一节 概述	(150)
第二节 大区制移动电话网系统设计	(152)
第三节 大容量蜂窝小区移动电话网系统设计	(189)
第四节 CT2 公用无绳移动电话系统工程设计	(222)
第五节 集群移动通信系统设计	(235)
第八章 移动电话系统的硬件及软件	(240)
第一节 程控交换的基本原理	(240)
第二节 移动通信交换设备的硬件结构	(251)
第三节 移动通信交换设备的软件结构及文件	(257)
第四节 移动通信系统的收发信机及基站设备	(260)
第五节 两个典型的移动电话系统	(273)
第九章 无线寻呼系统	(289)
第一节 无线寻呼系统设计要点	(290)
第二节 寻呼信号方式	(291)
第三节 寻呼控制中心	(300)
第四节 寻呼发射机及接收机	(301)
第五节 寻呼接收机的电路分析与调试维护	(310)
第六节 寻呼系统的组网	(327)
第七节 寻呼技术的发展	(328)
第十章 噪声与干扰	(330)
第一节 噪声	(330)
第二节 干扰	(332)
第十一章 移动通信设备的测试	(354)
第一节 测试条件	(354)
第二节 发信机的测量	(354)
第三节 收信机的测量	(360)
第四节 天线的测量	(366)
第五节 测量仪器	(368)
第六节 基地台与移动台的主要设计参数	(373)
第十二章 移动通信技术的发展趋势	(380)
第一节 数字移动通信	(380)
第二节 卫星移动通信	(382)
第三节 移动通信及其主要技术的发展趋势	(383)
参考文献	(385)

第一章 概 述

移动通信是在运动中的通信,也就是沟通移动用户与固定点用户之间或移动用户之间的通信方式。通信的双方或某一方处在运动状态的通信,都可称为移动通信。构成这种通信的系统,则称为移动通信系统。

移动通信具有与一般通信不同的特点,如由于在迅速运动之中,所收到的电波随时间和地点而迅速变化;由于移动很可能有很高的干扰电平;陆上车载和航空机载的移动通信,就是在强噪声环境中工作;由于移动,通信双方相对距离变化很大,因此,接受电场强度相差也很大,接收电场强度相差也很大,故必须采取各种不同的通信技术,以解决之。

移动通信依其业务性质分为电话业务和数据、传真等非话业务;依服务对象分为公用移动通信、专用移动通信;依移动台活动范围分为陆地移动通信、海上移动通信和航空移动通信;依使用场合分为常用的移动电话、无线寻呼、集群调动系统、漏泄电缆通信系统、无绳电话、无中心选址移动通信系统、卫星移动通信系统和个人通信;依通信系统的工作方式可分为单向系统、半双工系统和双工系统等。

移动通信不受时间、空间的限制,具有很大的机动性、灵活性,且成本低廉。随着我国国民经济的发展,通信事业日趋重要,移动通信已成为无线通信中应用最为广泛的一类通信方式。

第一节 移动通信的发展简况

移动通信涉及面广,既包含各种复杂环境中无线电波的传播问题,还有社会和经济效益等各种因素。因此,移动通信的发展经历了很长的里程。

1899年,船舶上用无线电报传递保障船舶运行和海上人员安全的有关信息,其后开放有旅客与陆地公用电信网之间的通信业务。20世纪20年代初,美国底特律警察局将2MHz频段的无线电台安装在警车上作调度通信使用。1922年船舶上使用了无线电话。第二次世界大战后期,出现了将超短波电台装在指挥车上的单工通信系统。1946年,美国在圣路易斯建立了公用汽车电话网。接着,前联邦德国、法国、英国等国家都相继研制了公用移动电话系统。五六十年代,我国主要在航空、海上、军事、铁路列车无线调度等领域使用短波波段开展专用移动通信。60年代美国开始应用改进型移动电话系统(Improvement Mobile Telephone System 即 IMTS),可以直接拨号,自动选择无线信道,并自动接入公用电信网。70年代美国开始使用第一代无绳电话系统。1976年美国发射了MARISAT海事卫星,海上移动通信开始使用微波波段和卫星通信技术。70年代末,美国、日本研制了服务范围划分为若干基站覆盖区的模拟蜂窝式移动电话通信系统。1979年成立国际海事卫星组织,该组织的全球卫星系统于1982年开始向船舶、海上石油钻台等水上目标与岸站间提供通信业务。七八十年代初,我国各种专用移动通信系统相继投入使用。我国自行设

计的八频道公用移动电话系统于1982年在上海投入运营。80年代初,日本提出900MHz无中心选址系统。80年代中期以后,移动通信得到了飞速发展。80年代末,数字式无绳电话(CT2)系统在英国投入商用。接着,瑞典的CT3相继问世,甚致可以提供双向呼叫和越区切换。专用调度系统也向公用方向发展,在美国、日本、前苏联、法国、加拿大、瑞典等国家出现了集群式调度网。西欧国家组成的移动通信特别小组(Groap Special Mobile 即 GSM)提出了窄带时分多址(TDMA)数字移动电话系统的标准,泛欧国家于90年代初开通数字蜂窝式移动电话通信系统。1991年美国提出了用几十颗低轨卫星覆盖全球的卫星移动通信系统。1991年我国开始使用北京海事卫星通信岸站。1992年数字式无绳电话在深圳开通。集群调度系统也在北京、上海等城市投入运营。

移动电话系统的广泛应用,也日益发现了一些矛盾,尤其是用户数目与可用信道数目之间的矛盾。随着用户数目的增加,呼叫极为困难。解决这一矛盾的自然途径是开拓新的频段和研究并实现新的体制,这种新体制就是工作在800MHz频段上的区域式移动电话系统,现已投入商业使用,其商业型号为MT-800-M。随着民用移动通信的发展,军用地域的移动通信系统也已得到了相应的发展。

移动通信正朝着数字化、小型化和综合化方向发展。为能与综合业务数字网(Integrated Service Digital Network 即 ISDN)兼容,提供多种服务,各种移动通信设备必须数字化,并采用多址技术如时分多址(Time Division Multiple Access 即 TDM A)技术、码分多址(CDMA)技术、话音低码率编码(LRE),数字窄带调制技术如高斯最小频移键控(Gauss Minimum Frequency Shift 即 GMFSK)、平滑调频(TFM)以及信道编码和分集接收技术等,使通信质量稳定可靠、保密性能好、抗干扰性强、可显著提高频谱利用率。为了使移动通信设备小型化和便于携带,必须广泛使用大规模集成电路、微型计算机和微处理机等。

移动通信的最终目标是与其他通信手段一起,共同实现任何用户在任何时间、任何地点与任何人通信的目的。为此需要有一个统一规范的全球兼容系统。自1988年起,CCIR和CCITT有关研究组就着手制定公用陆地移动通信系统的规范,将各种移动通信系统,包括:无绳电话系统、无线寻呼系统、模拟/数字蜂窝式移动电话通信系统和卫星移动通信系统等联网成一个综合移动通信系统,除有电话业务外,还扩展到数据、传真和图象等各种非话业务,最终成为综合业务数字网(ISDN)的一部分。

第二节 移动通信的组成和特点

移动通信的媒介是无线电波,移动台是在不断地运动,因此,系统的组成必须考虑到这些因素。

一、移动通信系统的组成

移动通信具有不同的工作方式,如单工制、双工制和半双工制等,目前广泛应用的是加有发射开关的准双工制。

移动通信系统以无线电话系统组成为例,如图1-1所示。

在图1-1中,MCS为移动台(用户)、MBS为基地台,而MTC则为移动电话中心。该中心相当于一般电话网的分区中心局,由它来控制各无线区的基地台,它与基地台之间是

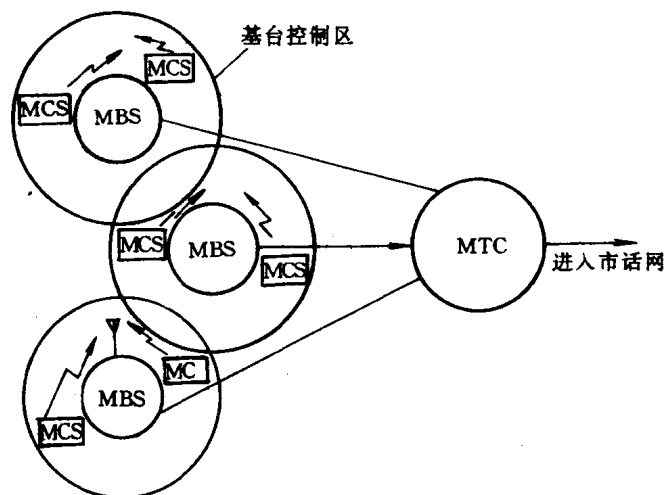


图 1-1 无线电话移动通信网的组成

以有线方式连接；它又是与市话网连接的接口系统。

基地台（MBS）向移动台（MCS）及移动电话中心（MTC）提供双向的各种通道，通过基地台的无线信道向移动台传送各种语言和信令，并将移动台的信令和语言经 MBS 送到 MTC。基地台以无线形式与移动台连接，基地台作用的范围称为无线区。

移动通信网的简化模型示于图 1-2。

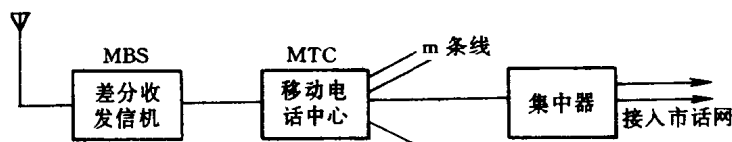


图 1-2 移动通信网的简化模型

在图 1-2 中通过基地台的信道将双工话路传入网内的有线系统。图中的集中器可以是交换机的一部分。如果其入端为 m 条线束，且 $m > n$ ，则称之为近端集中器，出端为 n 条线束。它可将远端用户接入网内。

MTC、MBS 和 MCS 均各成系统又互相连接，这些系统的主要设备都可使用微处理机来构成。

移动通信的组网方式是按有无中心分为有中心网和无中心网两种方式。无中心网是在移动台间建立直接链路，以实现移动用户间的通信。如对讲电话系统的同频单工网、无中心选址系统的同频单工网等。有中心网在移动台与控制中心建有链路，移动用户间的通信必须经过控制中心才能实现。如第二代无绳电话网、蜂窝移动电话网和集群调度系统等。按服务对象分为公用移动通信网和专用移动通信网。公用移动通信网是公用电话网的一部分。移动通信网有通过用户线入公用市话网的，也有通过中继线以端局方式入自动电话网的。

移动通信中的信令，是指在移动通信网中，与通信的接续和控制以及管理有关的电信信息（非语言），具有信号和指令的双重含义。按信号形式分为模拟信令和数字信令；按传输媒介分为无线信令和有线信令；按传输方式分为随路信令方式和共路信令方式。80 年代，

小容量移动通信网的无线信令多采用模拟随路信令方式,即以多音频(或脉冲)方式与话音共用一个信道,在传递话音信号前后传送信令。大、中容量移动通信网的无线信令多采用数字共路信令方式,即在多信道共用的移动通信系统中,设立专用信令信道或称控制信道。

以若干个相邻的六边形蜂房式小区覆盖范围组成服务区的大、中容量移动电话通信系统,称为蜂窝式移动电话通信系统(Cellular Mobile Telephone System)。公用陆地蜂窝式移动电话通信系统是由移动业务交换中心、基地台(或称基台)、包括手持机、便携台、车载台等在内的移动台(也称移动终端)及传输电路所组成。移动台能自动选择信道进行转换和接续;基站的收、发信设备是用来建立基站与其覆盖区内移动台之间的通信联系,而基站的控制设备则具有通话保持、信道转换等多种无线管理功能。基站是设在六边形蜂房式小区的**中心或六边形的顶角,基站区半径一般为1.5~15km。移动业务交换中心的核心设备是移动电话交换机,其功能是处理呼叫、漫游、无线信道的控制,实现无线系统与市话网、长途网的接续。通过有线或无线中继电路将各基站和移动业务交换中心的交换机相连,同样,也用中继电路将移动业务交换中心之间以及移动业务交换中心与市话局、长途局相连接。

用模拟调制方式传输信息的蜂窝式移动电话通信系统称为模拟蜂窝式移动电话通信系统(Analogue Cellular Mobile Telephone System)。该移动通信系统有以下几种主要制式:改进型移动电话(Advanced Mobile Phone Service 即 AMPS 制)、全地址通信系统(Total Access Communication System 即 TACS 制)、北欧电话(Nordic Telephone 即 NMT 制)等,这几种制式的模拟蜂窝式移动电话系统的技术性能如表 1-1 所示。

表 1-1 几种制式的模拟系统的技术性能

制 式		AMPS	TACS	C450	NAMTS	NMT-900
发射频段 (MHz)	基站	870~890	935~960	461.3~465.75	870~885	935~960
	移动台	825~845	890~915	451.3~455.75	925~940	890~915
发射间隔(MHz)		45	45	10	55	45
频道间隔(kHz)		30	25	20	25/12.5	25/12.5
频道数		666	1000	222	600/1200	1000/1999
话音信号的调制方式		PM	PM	PM	PM	PM
频偏峰值(kHz)		±12	±9.5	±4	±5	±5
处理方式(音节压扩)		2:1	2:1	2:1	2:1	2:1
控制信号的调制方式		FSK	FSK	FSK	FSK	FFSK
峰值频偏(kHz)		±8	±6.4	±2.5	±4.5	
码 型		曼彻斯特码	曼彻斯特码	NRZ	曼彻斯特码	NRZ
传输速率(kbit/s)		10	8	5.28	0.3	1.2
有效信息传输速率 (kbit/s)		0.27~1.2	0.22~0.96	1.82	0.12~0.18	约 0.46

模拟蜂窝式移动电话通信系统的容量有限,不便于保密,且制式不统一,互不兼容,妨碍漫游,限制了服务覆盖面。因而,欧美等国研制了数字蜂窝式移动电话通信系统。

用数字调制方式传输信息的蜂窝式移动电话通信系统称为数字蜂窝式移动电话通信

系统。该系统的组成基本上与模拟蜂窝式移动电话通信系统相同,只是在射频调制、多址方式、语音编码、信道编码和数字信号处理、控制和数据信道、保密及识别等几方面采用了数字技术。几种制式的主要技术性能如表 1-2 所示。

表 1-2 几种制式的数字系统的主要技术性能

制 式		GSM	AMPS—D		JDC
			IS—54	E—TDMA	
工作频段 (MHz)	基站发	935~960	869~894		810~826 1429~1453
	移动台发	890~915	824~849		940~956 1477~1501
收发频率间隔(MHz)		45	45		130.48
载频间隔(kHz)		200	30(60 交错)		25(50 交错)
小区半径(km)		0.5~35	0.5~20		0.5~20
选址方式		FDMA/TDMA	FDMA/TDMA		FDMA/TDMA
调制方式		GMSK	$\pi/4$ 差分编码		$\pi/4$ 差分编码
		(BT=0.3)	QPSK (R.O=0.25)		QPSK (R.O=0.25)
传输速率(kbit/s)		270.833	48.6		42
全速率语音 信道结构	话音编码速率 (kbit/s)	13.0	8.0		6.7
		9.8 kbit/s	5kbit/s		4.5kbit/s
	编码算法	FEC+语音处理 RPE—LTP	FEC VSELP CELP		FEC VSELP
信道编码		带有交织加差 错检测的 1/2 卷积码	1/2 卷积码		带有 2 时隙交 织、差错检测的 9/17 卷积码
时延扩散均衡 能力(μ s)		20	60		任选
其他		跳频 分集	分集	数字语音 插空(DSI)	分集

蜂窝式移动电话通信系统的设计要点有:

1) 选定频段:根据不同的使用频段,确定其频段。我国确定需要全国联网的区域一般使用 900MHz;如不需要联网的区域,可使用 160MHz 和 450MHz 等频段。

2) 选定制式:各个国家各有不同的制式。我国确定的公用移动电话通信网一般采用“全地址通信系统(TACS(E—TACS))制式”,选用的各种设备其指标均应符合进网规定。

3) 确定本系统总的覆盖面积,以及了解此面积内各不同地区的无线电波传播损耗特性。传播损耗值与基地台和移动台之间的地形、地貌、距离以及天线高度等因素有关。无线电波在进入建筑物时,将对无线电波附加新的损耗,传播受限的效应更为明显,可通距

离大为缩短。移动通信使用的频段在 VHF、UHF 范围内,无线电波主要靠直线传播,由于地球曲率的限制,可通距离不能超过视距。

4)提出通话质量要求。应符合无线覆盖区内公用网的服务质量,信噪比 $\geq 29\text{dB}$,无线信道呼损为 5%,覆盖区边缘无线可通率为 50%~90%;全程传输衰耗分配满足规定的标准。

5)确定系统容量。根据用户平均话务量(Erl)和忙时试呼次数(BHCA), $M \rightarrow L$ 、 $L \rightarrow M$ 、 $M \rightarrow M$ 的通话比例,用户发展预测确定移动电话交换机等级(BHCA 值、物理端口容量)以及不同地区需要的无线信道数。一个系统可以使用的无线信道数与频率复用次数 N 有关,N 值越大,可用的无线信道数越多。但 N 值越大,系统内同频干扰越大。

6)确定频率复用模型。根据每个用户的话务量及其分布密度,可供利用的频道数以及相邻地区协调干扰的可能性来确定频率的复用模型。

7)设计基站的基本结构。根据实际需要及厂家设备的特点而定。

8)确定信令方式。采用的信令方式应符合公用网的各项规定。

9)最后,还需要考虑一些特殊要求。如自动漫游、三方会谈、恶意呼叫跟踪等。

移动通信系统尚有:无绳电话系统、个人通信、特种移动通信系统、调度专用系统、集群调度系统、无中心选址移动通信系统、漏泄电缆通信系统和无线寻呼系统。

二、移动通信的特点

(一)在移动通信中,电波传播条件十分恶劣,这是由于移动台的不断运动而导致接收信号强度和相位随时间、地点而不断变化。地形、地物的影响会使电波多径传播而造成多径衰落、阴影效应,运动又使电波传播产生多普勒(Doppler)效应,这些都使信号接收大幅度变化。

(二)在移动通信中,基地台往往设置若干收、发信机,移动台的位置和地区分布密度也随时变化。这些因素往往会使通信中的干扰变得很严重。最常见的干扰有互调干扰、邻道干扰、同波道干扰等。此外,城市中各类脉冲干扰也比较大。因此,在系统设计时,应根据不同形式的干扰,采取不同的抗干扰措施。

(三)移动通信的用户量扩大与可利用波道数有限的矛盾。为了缓解此项矛盾,除去开发新频段之外,还应采取各种有效利用频率的措施,如压缩带宽、缩小波道间隔、多波道共用等,即采用频谱和无线频道有效利用技术。频谱拥挤问题是影响移动通信发展的最关键问题之一。

(四)由于在广大区域内的移动台是不规则的运动,而且不通话的移动台发射机是关闭的,它与交换中心没有固定的联系。因此,要实现通信和保证质量,移动通信必须发展自己的交换技术,例如,位置登记技术、波道切换技术等。

(五)移动台需体积小、重量轻、功耗低和操作方便等特点。在有振动和高温等恶劣环境条件下,要求移动台能稳定和可靠地工作。

(六)移动电话交换机与市话程控交换机有所不同。前者的处理能力,可用忙时呼叫次数(BHCA)表示;而後者的处理能力的含义则不同,后者仅处理被叫用户号码,且接续完成后不监测;前者除处理被叫号码外,还要处理更多的内容,如处理移动台的系列号和移动台的识别号,处理越区切换的各种信息和命令,且在整个通话过程连续进行监测。

第三节 移动通信的信道划分

由于移动通信是在移动用户与基地台之间建立通信,通信距离一般为数十公里左右,因此,除海上和航空移动通信外,通常都用超短波波段,即 30MHz 以上的频段。

移动通信的信道是根据其特殊的通信方式而划分的。大多数移动通信系统都有一个或几个基地台,每个基地台又要和许多个移动台同时通信,所以基地台经常是多路的,具有若干个信道。这就是移动通信方式的一大特点。

一般来说,被传输的信号分为模拟信号和数字信号两种。模拟信号的信道一般可分为频分和码分两种;数字信号的信道一般可分为频分、时分和码分三种。

一、频分多路

模拟信号和数字信号均可采用频分多路。所谓频分,就是每一信道各使用不同载波频率,载波频率的间隔应能容纳每路的信息而又不会产生串话,即信道的间隔应不大于传送信息的调制宽度。调制信息的带宽决定于所采取的调频制度。最常用的调频制度的带宽 B 为:

$$B = 2(m_f + 1)F + 2\Delta F + F_{\max}$$

上式中, B ——调制信息的带宽;

$m_f = \frac{\Delta F}{F}$ ——调制指数;

ΔF ——调制频偏;

F ——调制信号频率。

通常,移动电台传输的音频范围 $F = 300 \sim 3400\text{Hz}$,最大频偏 $\Delta F = 5\text{kHz}$,因此, $B = 16\text{kHz}$ 。一般情况下,取信道间隔为 25kHz 。因分配给移动通信的信道频率有限,所以,应尽量压缩所占用的带宽。这样,单边带调制就又受到了人们的注意,并被人们设法用到移动通信上。

对于数字信号,每路需一副载波频率,而数字信号所占带宽要比模拟信号宽得多,因此,信道间隔也要宽得多。如果所传送的数字信号速率为 16kbit/s ,采用 2DPSK(差分相移键控)调制,则带宽至少为 32kHz 。我们也可以采用其他调制方式,如 4DPSK,则信号带宽可压缩一半,这时就可采用 25kHz 的信道间隔。

频分信道的产生方法有多种,如基地台采用几部发射机,每个发射机产生一个信道,然后合并到一副天线上发射出去。也可以采用传统的两调制的频分多路的办法。

二、码分多路

码分多路是一种宽带技术,它和频分技术完全不同。频分技术是一种窄带技术,它的每一路只占用较窄的频带,因此,在有限的工作频段内,容纳的路数较多,即频段的利用率较高。从抗干扰的角度出发,也是每路带宽越窄越好。而码分技术是与频分技术截然相反的,它的各路都工作在同样的频谱范围内,从理论上讲,频谱越扩展越好,故是一种共用相同频谱的宽带技术。它是以不同的码来区分各路,不同路的编码不同,收端通过编码识别

来接收信息,所以,它们都具有同样的载波和带宽,因此,同一频带中可容纳许多不同路,并以其编码不同来区分。初看好像只要编码不同,一个频带中能容纳的路数可为无穷。但实际上,随着路数的增加,话音质量将受到影响,影响到一定程度时,我们就认为能容纳的路数到了极限。所以,这种宽带技术的频谱利用率是以每兆赫带宽能容纳的通话人数目来表征。这和频分制中以每路占多少千赫带宽来衡量频谱利用率的方法不同。此外,这种扩频技术具有抗干扰能力,频谱扩展的愈宽,其抗干扰能力也愈强。由于扩频技术有许多优点,所以它将被应用于移动通信中来。

码分多路原理是:将信息先进行一次基础调制,如果是模拟信号,可采用调频或脉位调制,如果是数字信号,可采用 2PSK 或 2DPSK 调制。然后再进行一次多路调制,即扩频调制,其任务是在公共信道中区别各路信号。多路调制的方法是用一组编码对各路信号调制,所以,它的频谱就扩展了。由于给每路信号赋予了特定的码字,这样采用码字就可以识别信号是哪一路的,所以码分多路特别适宜于数字信号。不同码字代表不同的信道,也就是代表不同用户的地址,所以,有人称这种码字为地址码。多路调制和基础调制有时也可改变先后次序。

地址码的编码方法很多,可用时频编码,也可用伪随机码或其他编码方法。

三、时分多路

时分多路就是在每个不同的时隙传输不同路的话音信息。由于时分多路只能传输数字信息,因此,话音信息必须先进行模数转换,然后按照一定的顺序,每一时隙传送一路信息。如每路是 16kbit/s 的信号,现在要同时传送 8 路,则总共的数码率为 $16 \times 8 = 128 \text{ kbit/s}$ 。为了区别各路信号,还必须加入帧同步信号。

时分多路在陆地移动通信中应用时,受到特殊的限制。因时分多路的各路信号是按一定时隙顺序排列的,因此,不能弄错。当基地台发出时分信号给各移动台时,各移动台可从信号中接收到发给自己的信号;但当各移动台发给基地台信号时,由于各移动台是移动的,距离基地台的远近是随机的,因而,到达基地台的信号传播时延是不固定的,所以,基地台难于按时隙顺序来接收各移动台的信号。所以,时分多路只能用于基地台发给移动台的下行信号。

以上三种方式的性能比较,如表 1-3 所示。

表 1-3 三种方式的比较

特 性 方 式	适用信号	系统带宽	抗干扰能力	设备复杂性
频分多路	模拟数字	窄带	弱	简单
时分多路	数字	较宽的窄带	中	中等
码分多路	模拟数字	宽带	强	较复杂

在移动通信中,目前有两种频段,如瑞典、科威特、德国和法国都采用 450MHz 频段。为适应今后移动通信不断增长的需要,美、日两国对此进行了探讨,开拓出 900MHz 频段。我国个别城市开发较早的,采用了 450MHz 频段。国家考虑到今后的发展,决定全国联网采用 900MHz 频段。与此同时,国外还研制了高增益天线和高效率高频部件与线路,

为建立大容量移动通信系统奠定了基础。

随着大规模集成电路的出现,微处理器在移动通信设备中的应用正在与日俱增,现已成为工程设计和应用的主要部件。因微处理器体积小、成本低、应用范围不受限制,目前移动通信设备中的逻辑单元已有以微处理器为基础进行设计的。移动通信设备中的逻辑单元起主控作用,它用来发送和接收数据。

第二章 移动通信中的基础知识

移动通信系统具有与一般通信系统不同之处,因此,所采用的通信手段也有所不同,但其毕竟是通信系统。因此,有必要将通信系统中的基础知识,其中与移动通信直接有关部分在此作些介绍,以便于读者学习后续各章的内容。

第一节 调频与调相技术

调制是使信息载体的某些特性随信息变化的过程,并能使所要传送的信息适合于信道的特性,达到最有效和最可靠的传输。

调制是一种非线性过程,其种类很多,这里所讨论的内容,限于模拟信号和数字信号对正弦波的调制,包括幅度调制、频率调制和相位调制。由于移动通信的电波传播条件恶劣,特别是快衰落的影响使接收信号幅度急剧变化,因而,需要采用抗干扰能力强的调制方式。显然,幅度调制在抗干扰和抗衰落方面都较逊色。因而,移动通信中大量采用频率调制和相位调制。

正弦波的瞬时频率或瞬时相位随调制信号而变化的调制,统称为角度调制。如果是瞬时频率随调制信号线性变化称为频率调制。瞬时相位随调制信号线性变化,则称为相位调制。

一、调频与调相的基本概念

调频与调相的基本概念包括:瞬时频率和瞬时相位;角度调制的瞬时频率和瞬时相位的关系;频率调制与相位调制的数学表达式及其两者之间的关系。

(一) 瞬时频率和瞬时相位:一个余弦信号可以表示成

$$\begin{aligned}v_i(t) &= V_{cm} \cos(\omega_c t + \theta) \\ &= V_{cm} \cos \varphi(t)\end{aligned}\quad (2-1)$$

上式中, $\varphi(t) = \omega_c t + \theta$ 称为该余弦信号的相角。

在频率调制时,是使余弦信号的角频率与调制信号 $v_f(t)$ 成线性关系变化,而初始相位不变。因此,调频波的角频率 $\omega_F(t)$ 可表示为

$$\omega_F(t) = \omega_c + K_F v_f(t) \quad (2-2)$$

上式中, ω_c 为调频波的中心角频率,也称载波角频率; K_F 为比例常数。式(2-2)表明,在不同时刻 t , 调频波的角频率是不同的,称在某一时刻的角频率为该时刻的瞬时角频率。图2-1中示出了调制信号为正弦波时,瞬时角频率随时间变化的曲线和 $v_{FM}(t)$ 的波形图。

在相位调制时,是保持余弦信号的角频率 ω_c 不变,而使其初始相位与调制信号 $v_f(t)$ 成线性关系变化。因此调相波的相角 $\varphi_p(t)$ 可表示为

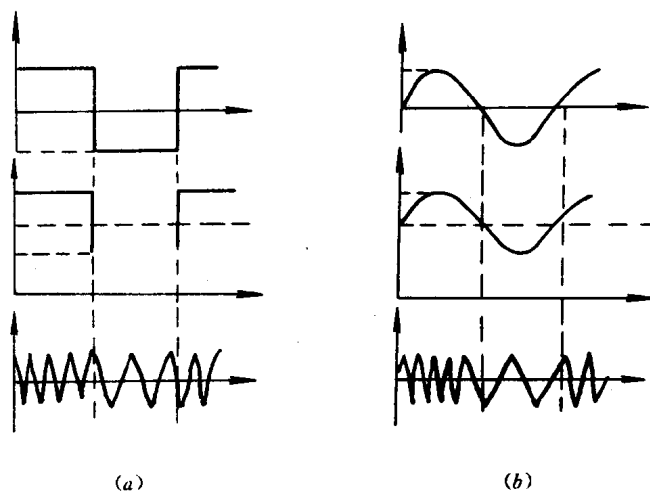


图 2-1 调频波的瞬时角频率与波形图

(a) 数字信号; (b) 模拟信号。

$$\varphi_F(t) = \omega_c(t) + K_F v_f(t) + \theta_0 \quad (2-3)$$

称 $\varphi_F(t)$ 为调相波的瞬时相位。该式表示, 如果以 $\omega_c t$ 为参考相位, 那么, 所谓调相波, 就是在不同时刻, 在 $(\omega_c t + \theta_0)$ 上附加了不同的相位 $\theta(t)$, 且 $\theta(t)$ 与 $v_f(t)$ 成正比, 即

$$\theta(t) = K_F v_f(t) \quad (2-4)$$

上式中, K_F 为比例常数。

(二) 角度调制的瞬时频率和瞬时相位的关系: 对于调频波和调相波, 可用旋转矢量在横轴上的投影来表示。表示调频波或调相波的矢量长度是不变的, 而矢量的旋转角频率或附加相位是时间的函数。在已知矢量长度的情况下, 为了求得 t 时刻矢量在横轴上的投影, 就必须知道此时时刻矢量与横轴的夹角 $\varphi(t)$ 。这个夹角不仅与矢量在 $t = 0$ 时的起始位置有关, 也与 t 时刻以前矢量的旋转过程有关, 故称其为全相角。它在 t 时刻的值, 就是瞬时相位。通常, $t = 0$ 时的初始相位是给定的。下面讨论确定的两种调制全相角的方法。

由于调频波在不同时刻的旋转角频率不同, 那么, 从 $t = 0$ 到 t 时刻所旋转的全相角应当是瞬时角频率在这个时间间隔内的积分, 即

$$\varphi_F(t) = \int_0^t \omega_F(t) dt + \theta_0 \quad (2-5)$$

上式中, $\omega_F(t)$ 为瞬时角频率; θ_0 为 $t = 0$ 时的初始相位。式(2-5)也可表示成

$$\omega_F(t) = \frac{d\varphi_F(t)}{dt} \quad (2-6)$$

式(2-5)和式(2-6)说明了调频波的瞬时角频率和全相角的关系。

当对载波进行相位调制时, 描述调相波的矢量是以不变的角频率 ω_c 旋转的, 并在调制信号控制下, 不同时刻将附加不同的相位。在图 2-2 中所示为调相波矢量旋转过程的示意图。

在图 2-2 中, V_1 表示 $t = t_1$ 时刻的矢量, 它与横轴的夹角为 θ_1 , 其瞬时角频率为 ω_1 。如果没有相位调制, 再经 dt 时间, 矢量应旋转到 V_2 所处的位置, 旋转的角度为 $\omega_1 dt$ 。当存在相位调制时, 由于在 t_1 时刻附加了相位, 使矢量旋转到 V_3 的位置, 在 dt 时间里旋转了 $d\varphi$ 角