

移动电话与寻呼系统

孔俊宝 颜永庆 编著

929.11
98K
1

新 时 代 出 版 社

TN929.11
498K
1

移动电话与寻呼系统

孔俊宝 颜永庆 编著

新时代出版社

(京) 新登字105号

内 容 简 介

本书对有关移动通信的基本原理及基本知识,作了详尽的阐述,如调制技术、频谱管理、电波传播及其测试、信令及交换、噪声与干扰等内容,为读者打下一个坚实的基础。书中又以实际移动电话与寻呼系统的设备及系统设计的方法加以阐述,该设备是经过实现通信后达到可靠的优良设备;设计是通过实践取得良好效果的方案和方法,书中都给予了较详细的论述,以利于读者阅读并实现之。

本书可供从事移动通信的工程技术人员及通信专业的院校师生阅读。

移动电话与寻呼系统

孔俊宝 颜永庆 编著

*

新 时 代 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)

新华书店经售

北京大兴兴达印刷厂印装

*

850×1168毫米 32开本 4¹/₈印张 106千字

1993年5月第一版 1993年5月第一次印刷 印数: 0001—5000册

ISBN 7-5042-0745-6/TN·18 定价: 3.90元

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。

随着移动通信的迅速发展，近年来在全国许多大中城市都已开展了这方面的业务；另外，在国防、交通、公安、石油等许多部门也都已经或正在组网建设，或已经投入生产。因此，从事移动通信的工作者，也越来越多，都迫切的需要这方面的理论和实际经验的指导。为此，我们根据近年来教学和科研的经验总结，以及在企业中建立寻呼站台的实际经验，再加上参考了大量国内外的有关文献资料，编写成《移动电话与寻呼系统》一书，这是一本既有基础理论知识又有丰富的实际经验的书。

本书共分九章。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；第五章是噪声与干扰，分析了噪声和各种主要干扰及其计算方法或防止的方法；第六章是移动通信设备，介绍了450MHz和900MHz两个系统及其主要设备；第七章是移动电话系统工程设计，介绍了大区制和蜂窝小区制系统的工程设计；第八章是无线寻呼系统，结合实际地叙述了无线寻呼系统的编码、设备及联网等内容；第九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

IV

要技术今后发展的趋势。

本书由南京邮电学院孔俊宝教授任主编，并编写了第一、二、三、四、五、九章；南京电信局颜永庆同志编写了等六、七、八章。

在本书的编写过程中，得到了萨本驂和王世顺二位副教授的支持，并提供了有益资料，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。

编 者

1991年10月

目 录

第一章 概述	F
第一节 移动通信的发展简况	F
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	4
第二章 移动通信中的基础知识	9
第一节 调频与调相技术	9
第二节 单边带调制	26
第三节 微机控制技术	29
第四节 频谱管理技术	34
第五节 有效利用频率技术	36
第三章 移动通信电波的传播特性	38
第一节 电波的传播特性	38
第二节 地面移动通信的电波传播	43
第三节 场强的测试和数据处理	45
第四章 移动通信中的信令和交换技术	49
第一节 信令方式	49
第二节 模拟式信令	50
第三节 数字式信令	52
第四节 移动通信的交换技术	54
第五节 移动电话网和市话网的连接方式	61
第五章 噪声与干扰	63
第一节 噪声	63
第二节 邻频道干扰	65
第三节 同波道干扰	68
第四节 交调干扰	69
第五节 码间干扰	73
第六章 移动通信设备	75

V

第一节	450MHz 大区制自动拨号无线电话系统	75
第二节	900MHz 蜂窝状小区制移动电话系统	85
第七章	移动电话系统工程设计	96
第一节	大区制移动电话网系统工程设计	96
第二节	蜂窝小区制移动电话系统的工程设计	97
第八章	无线寻呼系统	106
第一节	无线寻呼系统设计要点	106
第二节	寻呼编码	108
第三节	寻呼控制中心	110
第四节	寻呼发射机	112
第五节	寻呼接收机	113
第六节	寻呼系统区域联网	114
第七节	寻呼技术的发展	116
第九章	移动通信技术发展趋势	118
第一节	数字移动通信	118
第二节	卫星移动通信	121
第三节	移动通信及其主要技术的发展趋势	123
参考文献	126

第一章 概 述

移动通信就是在运动中的通信。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，所以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。

移动通信依其服务区域可分为陆上、海上和航空移动通信等几大类。按其使用场合可分汽车、铁路、公路和个人携带式陆上移动通信；按使用范围可分为民用、军用、警用、商用等；按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，通信事业的日趋重要的情况下，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。

移动通信的发展大致可分为以下三个阶段。第一阶段为早期发展阶段，即从本世纪 20 年代到 40 年代。在此阶段中，进行了一些传播性的测试，在短波的几个频段上进行了一些通信试验。

建立的都是专用系统，并未进网。第二阶段是移动通信发展较为明显的阶段，即从40年代到60年代。在此阶段，为了适应各行各业对移动通信的需要不断增长，出现了新的移动通信业务和系统；这些新系统的使用，又暴露出不少矛盾，促使对更新的体制的探索。50年代中期，移动电话进网；60年代中期就进入了自动交换系统，到60年代后期，除民用外，广泛用于救灾、交通、工矿企业等特别业务中。可见移动通信在此阶段发展速度之快。

移动电话系统的广泛使用，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。随着用户数量的增加，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。

从目前世界上移动通信发展趋势来看，正朝着综合化（即进入综合业务数字网ISDN，成为ISDN的组成部分）、集群化（专用移动通信的频率共用、交换控制统一的发展趋势）、数字化（为实现电话与非电话业务的综合化所必须）及微型化（集成电路化以使其体积和重量大幅度的降低）方向发展。

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，它与基地台之间是以有线方

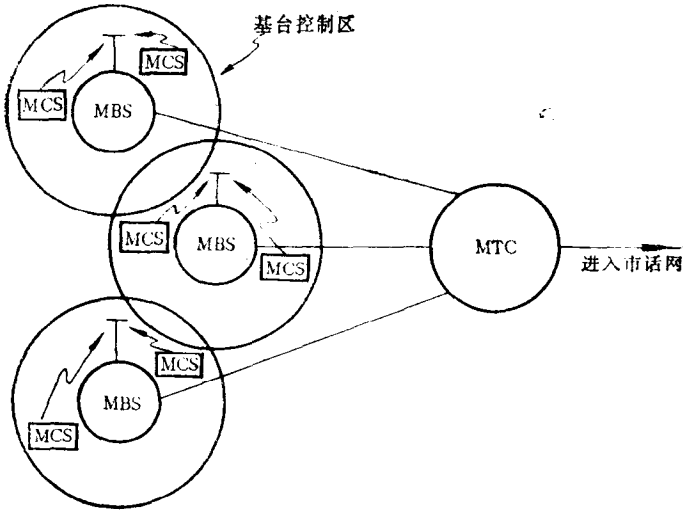


图1-1 无线电话移动通信网的组成

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。

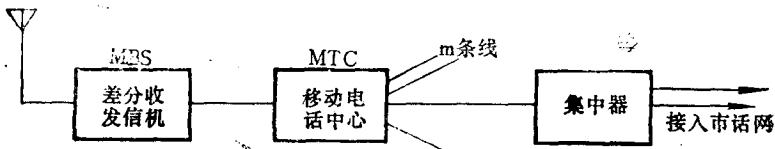


图1-2 移动通信网的简化模型

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构成。

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、功耗低和操作方便的特点。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。

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，载频的间隔应能容纳每路的信息而又不会产生串话，即信道的间隔应大于传送信息的调制带宽。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：

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

上式中

B 为调制信息的带宽；

$m = \frac{\Delta F}{F}$ 为调制指数；

ΔF 为调制频偏；

F 为调制信号频率。

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 。我们也可以采用其它调制方式，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次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，也是每路带宽愈窄愈好。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，影响到一定程度后，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它编码方法。

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。

时分多路在陆上移动通信中应用时，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1-1所示。

表1-1 三种方式的比较

方式	特性	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，决定全国连网采用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，包括有幅度调制、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

$$\begin{aligned}v_c(t) &= V_{em} \cos(\omega_c t + \theta) \\ &= V_{em} \cos \varphi(t)\end{aligned}\quad (2.1)$$

其中， $\varphi(t) = \omega_c t + \theta$ 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 $v_i(t)$ 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

$$\omega_F(t) = \omega_c + K_F \cdot v_i(t) \quad (2.2)$$

其中， 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。

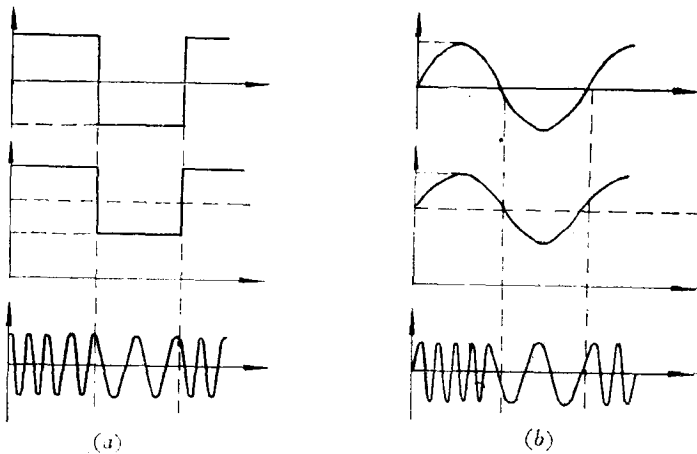


图2-1 调频波的瞬时角频率与波形图

(a) 数字信号；(b) 模拟信号。

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 $v_i(t)$ 成线性关系变化。因此，调相波的相角 $\varphi_p(t)$ 可表示为

$$\varphi_p(t) = \omega_c t + K_F v_i(t) + \theta_0 \quad (2.3)$$

称 $\varphi_p(t)$ 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 $v_i(t)$ 成正比，即