

移动通信设备

赵长奎 尤 克 马芳芳 编著

北京邮电学院出版社

73.458
780

移动通信设备

赵长奎 尤 克 马芳芳 编著

北京邮电学院出版社

(京)新登字162号

D-163/13

移动通信设备

编 著 赵长奎
尤 克
马芳芳
责任编辑 时友芬

*

北京邮电学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

通县向阳印刷厂印刷

*

850×1168毫米 1/32 印张 7.625 插图 3 页

1993年1月第一版 1993年1月第一次印刷

字数 214 千字 印数,0001—8000册

ISBN 7-5635-0112-6/TN·35 定价,6.50元

3019153

前 言

移动通信所包含的知识面很宽,包括有线通信和无线通信。电波传播条件苛刻、组网方式和信号接续过程复杂,初学者不易掌握。本书力图从庞杂的内容中找出一条捷径,使读者便于学习,因此在编写过程中避免了多方面、多方位介绍移动通信的所有知识和各种移动通信方式,而是单刀直入地讲述设备、信令、信道分配与信号接续,使读者有一个完整的移动通信概念。

本书以自动拨号移动设备为例,对设备的具体电路进行分析,讲述了与信号流程有关的基础知识,实用性强,针对性强,条理清楚,概念明确,易于学习。

本书包括下述几方面内容:

基础知识: 调频工作原理;噪声系数与等效噪声温度;接收机输出信噪比;预加重与去加重概念;移动通信中的邻道干扰与互调干扰;信道分配方式;话务理论等。

无线设备: 具体分析了无线收发信设备的实际电路,讲述了各电路在设备中的作用,阐述了数字频率合成器的工作原理,介绍了各种脉冲可变分频器的工作过程,还讲述了移动通信特有的控制单元电路。

控制终端: 较详细介绍了分布式控制方式的硬件电路和软件流程,讲述了无线用户与有线用户各种呼叫接续过程,给出了主要软件流程图。

无线设备测量: 讲述了主要技术指标及其测量方法。

在本书的编写过程中得到了相关同志的帮助,在此表示感谢。

本书可作为通信类大学本科的教科书,对有一定通信经验而要从事移动通信的工程技术人员是一部速成好教材,可作为各种

移动通信培训班的教材，也可作为从事移动通信的工程技术人员
的参考书。由于编著者水平有限，错误之处难免，敬请读者批评指
正。

编著者

1992年6月

目 录

第一章 移动通信与无线通信	(1)
§1-1 移动通信概述.....	(1)
1-1-1 移动通信的定义和分类	(1)
1-1-2 移动无线电电话系统的构成	(2)
1-1-3 移动通信的特点与要求	(3)
§1-2 无线通信简介.....	(4)
1-2-1 什么是无线通信	(5)
1-2-2 一般超外差无线通信系统	(5)
1-2-3 介绍一种调频无线系统	(7)
第二章 噪声与干扰	(10)
§2-1 噪声.....	(10)
2-1-1 噪声的种类	(10)
2-1-2 起伏噪声的描述方法	(11)
2-1-3 信号噪声比和噪声系数	(12)
§2-2 干扰.....	(19)
2-2-1 同频干扰与邻道干扰	(19)
2-2-2 互调干扰	(23)
2-2-3 收信机的寄生灵敏度	(33)
第三章 调频制移动通信基础理论	(38)
§3-1 调制与解调.....	(38)
3-1-1 角调系统	(38)
3-1-2 窄带调频	(42)
3-1-3 相干解调	(44)
3-1-4 正交型调频解调	(46)

3-1-5 宽带调频	(47)
§3-2 调频接收机的信噪比	(51)
3-2-1 调频接收机输出端的噪声分布	(51)
3-2-2 鉴频后的信噪比	(54)
3-2-3 调频增益(改善系数)	(54)
§3-3 门限效应与加重技术	(55)
3-3-1 门限效应	(55)
3-3-2 加重技术	(58)
§3-4 无线电电话的工作方式	(60)
3-4-1 单频单工制	(60)
3-4-2 双频双工制	(61)
3-4-3 双频单工制	(62)
§3-5 多频道共用	(63)
3-5-1 话务量	(64)
3-5-2 多频道共用无线电电话系统的计算	(67)
§3-6 频道选择方式	(70)
3-6-1 专用呼叫通道方式	(71)
3-6-2 循环定位方式	(71)
3-6-3 循环不定位方式	(72)
3-6-4 循环分散定位方式	(73)
第四章 移动无线通信设备	(74)
§4-1 概述	(74)
4-1-1 控制终端的功能	(75)
4-1-2 控制信号	(75)
§4-2 基地无线通信设备总述	(78)
4-2-1 天线耦合单元	(78)
4-2-2 端子板	(80)
4-2-3 维护板	(80)
4-2-4 收发信机中的监测板	(82)

4-2-5	收发信机的输入输出信号	(85)
§4-3	发信机电路	(87)
4-3-1	发信机的方框图及其指标	(87)
4-3-2	合成网络	(89)
4-3-3	晶体调频与倍频电路	(97)
4-3-4	混频与放大	(102)
4-3-5	3W 功率放大器	(108)
4-3-6	功率提升电路	(114)
§4-4	接收机电路	(119)
4-4-1	接收机概述	(119)
4-4-2	场效应管高频放大器	(123)
4-4-3	第一混频器	(124)
4-4-4	第二本振电路与第二混频器	(127)
4-4-5	第二中频放大器	(129)
§4-5	频率合成器	(135)
4-5-1	概述	(135)
4-5-2	锁相环路简介	(136)
4-5-3	数字式合成器锁相环路	(141)
4-5-4	EA-3598EC 移动通信设备中的频率合成器	(142)
§4-6	控制单元	(152)
4-6-1	信道数据的产生	(153)
4-6-2	失锁检测电路	(155)
4-6-3	DL 线的控制	(155)
4-6-4	RG 线的控制	(157)
§4-7	移动台设备	(158)
4-7-1	无线收发信机	(159)
4-7-2	控制单元	(161)
4-7-3	手机与手机座	(167)
第五章	移动通信控制终端	(172)

§5-1 控制终端的组成	(172)
5-1-1 控制终端的各部分功能	(172)
5-1-2 控制终端的分类	(173)
§5-2 控制终端的接口信号与指标	(177)
5-2-1 控制终端与市话交换机间的接口信号	(177)
5-2-2 控制终端与基地台间的接口信号	(179)
5-2-3 控制终端与移动台间的接口信号	(180)
§5-3 在CT 控制下系统的工作过程	(181)
5-3-1 空闲信道控制	(181)
5-3-2 无线用户主呼无线用户	(183)
5-3-3 无线用户主呼有线用户	(185)
5-3-4 有线用户主呼无线用户	(186)
5-3-5 无线广播	(188)
5-3-6 控制过程的软件流程	(189)
§5-4 控制终端电路	(194)
5-4-1 控制终端电路组成	(194)
5-4-2 常用典型电路介绍	(196)
第六章 移动通信设备的测量	(202)
§6-1 测试条件	(202)
6-1-1 正常测试条件	(202)
6-1-2 极限测试条件	(203)
6-1-3 其它测试条件及规定	(204)
§6-2 发信机电气性能及其测试方法	(204)
6-2-1 载波额定功率	(204)
6-2-2 载波频率容限	(205)
6-2-3 调制频偏及其限制	(206)
6-2-4 音频响应	(209)
6-2-5 音频非线性失真系数	(210)
6-2-6 寄生调幅	(211)

5-2-7	邻道辐射功率	(211)
6-2-8	杂散辐射	(214)
6-2-9	互调衰耗	(215)
§6-3	接收机电气性能及其测量方法	(218)
6-3-1	噪声系数与灵敏度	(218)
6-3-2	音频输出功率和谐波失真	(223)
6-3-3	音频响应	(223)
6-3-4	调制接收带宽	(224)
6-3-5	杂散辐射	(225)
6-3-6	邻道选择性	(226)
6-3-7	杂散响应抑制	(227)
6-3-8	抗互调干扰性能	(228)
6-3-9	同频道抑制	(230)
6-3-10	音频灵敏度	(231)

参考文献

第一章 移动通信与无线通信

§ 1-1 移动通信概述

1-1-1 移动通信的定义和分类

移动通信是指移动体(或称运载工具如飞机、轮船、车辆等等)与固定、或另一移动体之间通过无线电波进行的通信联系。随着人们生活水平的提高以及社会活动的日益频繁,个人活动的范围变得相当的广泛和丰富,因此对通信也提出相应的要求。人们已不能满足在固定点之间的通信,希望在任何时间、任何地点都能使用通信手段,也就是说人们的通信活动已经不限于家庭或办公室内,而是希望在乘车、乘船外出时也能获得和室内一样方便的通信联系。据统计,在美国,人们平均约有20%的时间是在汽车或其他交通工具中度过,因此希望在交通工具中也能随时打电话进行各种业务与生活联系,这样就促使了移动通信在近年来有了很大的发展,特别是汽车无线电话发展更为迅速。

移动通信分类的方法很多,如按其系统构成说可分为两大类。一类称为移动无线通信(Mobile Radio Communication)。一般的专业移动通信网大都属于此类,其系统组成较为简单,仅用一般的无线电通信技术就可以组网。另一类称为移动无线电话(Mobile Radio Telephone),这类系统在陆地上又称公众汽车电话系统,此类系统可以纳入国家通信网实现有线与无线转接,换句话说,可以通过该系统与市话网络中任一用户通话,甚至还能与国内和国际长途通信网联接,用自动拨号形式打国内或国际的长途电

9310144

话。这种通信网络结构复杂,要应用许多的先进技术才能实现,这种用户随机接入通信网并与有线通信网之间进行相互交换,这是近20年来迅速发展起来的重要通信系统,也是本书需要介绍的重点内容。当然按其活动范围来分,可以分为航空移动通信、海上移动通信、陆上移动通信三大类。由于航空移动通信、海上移动通信所处的空域和海域的电波传播条件优越,沟通通信比较容易,而陆上则由于地形地物的影响,电波传播条件比较困难,因而需要考虑的因素及应用的技术比较复杂,本书以陆上移动通信为讨论的重点。其他如按工作性质可分军用、民用、警察消防等移动通信方式;按通信体制可分为频分多址、时分多址和码分多址三类;按频率划分,中短波在30MHz以下,甚高频(VHF)以150~165MHz为主,特高频(UHF)主要频段为450~470MHz和806~950MHz。有些国家用330MHz(如苏联及东欧国家)本教材以UHF为主。其他分类方法这里就不一一赘述。

1-1-2 移动无线电话系统的构成

本教材的重点是讲述陆地上电话系统,其方框图示于图1-1。

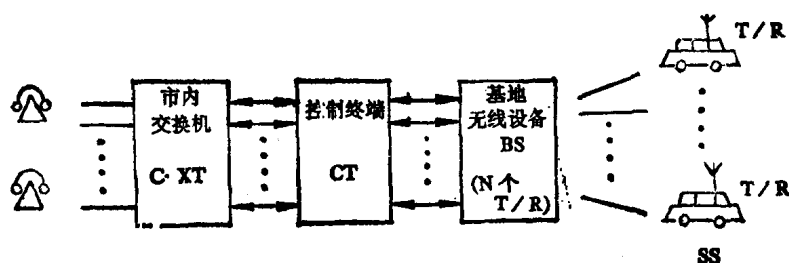


图1-1 陆地移动无线电话系统方框图

移动电话的一个任务是移动体与市内电话用户的通信,所以必须将无线信道与市内交换机连接起来,此功能由控制终端(CT)来完成,即完成有线与无线的转换。在基地站(固定点)要设置多部无线收发信机 T/R,每部 T/R 对市内交换机就相当于中继

线。基地站的 T/R 与移动体的 T/R 进行双工通信,为了节省信道,移动体的个数要大于基地站 T/R 的数量。移动电话的另一个任务是指移动体之间的通信,它们除经过各自的 T/R 外,还要经过 CT,将多个无线信道连接起来。

因为移动通信的频率范围有限,若想让更多的用户使用这有限的频率,就必须将大量用户组织起来共用有限频道,这就是移动通信的频道分配技术。

总体说来,移动电话系统的设备有:基地站的 T/R 设备,移动站的 T/R 设备,控制终端和无线通信的频道分配设备。

1-1-3 移动通信的特点与要求

移动通信在陆地上受地形、高楼、环境干扰等影响,通信条件比较差,故这里研究移动通信特点时,以陆上为主。现将移动通信的主要特点与要求概述于下:

1. 移动通信的特点

(1) 移动通信是一个无线通信网或严格说是一个无线与有线相结合的通信网。故对移动电台的要求为体积小,重量轻,成本低。另外移动电台往往是用户(不是技术人员)直接操纵,从人类工程学的角度考虑,外形要美观、操作使用要简便、安全、可靠。

(2) 电波传播有严重的衰落现象:移动台因受到城市高大建筑物的反射、阻挡,电离层的散射,移动台收到的信号往往不是直接波,而是从各种途径来的散射波(称为多径效应),这种合成信号的幅度与相位都是随机的,其幅度是瑞利(Rayleigh)分布,而相位在 $[0, 2\pi]$ 内为均匀分布,因此出现严重的衰落现象。当移动台处于高速运动状态时,加快了衰落现象。据分析,移动通信的最大衰落可达 30dB 左右。这就要求移动台具有良好的抗衰落能力。

(3) 远近效应:移动通信是在运动过程中进行通信,则大量移动台之间会出现近处移动台干扰远距离移动台的通信。一般要求用中继站进行功率平衡,并对移动台的发信机进行功率调整,同

时因通信距离迅速改变，则移动台的收信机应有良好的自动增益控制。

(4) 在强干扰条件下工作：移动台通信环境变化很大，很可能进入强干扰区进行通信。例如，移动台附近的发射机就可能对正在通信的移动台形成强干扰。又如，汽车在公路上行驶，该车和其他车辆的噪声干扰也相当严重。这就要求移动通信应具有很强的抗干扰能力。

(5) 有阴影区(盲区)：移动台进入某些特定区域，因电波被吸收或反射而收不到信号。

(6) 有多卜勒效应：当频率增高，移动速度加快时，多卜勒效应就格外明显，多卜勒频偏的最大值可用下式计算：

$$\Delta f_{\max} = \pm \frac{v}{\lambda}$$

其中： λ 是载波波长；

v 是运载工具的速度。

2. 移动通信的要求：

(1) 在给定的频段上，希望有尽可能多的同时通话数(信道数尽可能多)。能容纳的用户数尽可能多，换句话说，希望频率利用率尽可能高，亦即信道利用率尽可能高。

(2) 要求各用户能方便、灵活且在很短时间内接入信道与通信对象建立通信。对于呼叫、信令、交换、分配系统尽可能简便、迅速。

(3) 要求多功能，如模拟、数据、警报、指挥、会议电话、广播等业务。并在紧急情况下有强拆功能等。

§ 1-2 无线通信简介

由前述可知，移动通信是无线与有线通信的组合，因此了解无线通信的一些基本知识是必要的。无线通信的面非常宽，我们只

集中研究超高频波段的调频制式,它与移动通信联系密切。

1-2-1 什么是无线通信

根据电波传输的特点可知:通信频率愈高,则使用的天线尺寸愈小,而且有用信号频带也愈宽,即能同时传输更多的信息,所以无线通信的频率都较高,而有用信息(电话、图像等)的频率较低。将有用信号附加到高频上,用高频将信息传输到对方,这就是无线通信的核心问题。将有用信号加到高频上的过程叫调制,相反,从高频信号中取出有用信号的过程叫解调。高频信号一般称作载波。研究调制与解调技术是研究无线通信的核心,下面简单说明常用的调制解调方式。

调幅制 多用在中短波广播上,电视信号的传输是利用残留边带调幅方式。其它通信也有用调幅制的情况。如单边带通信就属调幅方式。

调频制 目前移动通信多用调频制,在特高频范围内调频制用得广泛。模拟微波与卫星通信也广泛使用调频制。

数字调制方式 无论有线与无线通信,在数据通信方式中,多用频移键控 FSK 和相移键控 PSK。

1-2-2 一般超外差无线通信系统

简单说,在发送端,将已调的中频经混频将中心频率提高再发射;在接收端,将接收到的高频已调波经混频变为中频,再进行解调,发、收端的方框图示于图1-2。

下面以调频制为例来说明各部件的工作,

1. 发送端

(1) 信号处理单元:在调制前对有用信号作些处理,例如,为了防止过频偏,加有限幅电路;为了改善接收的信噪比,加有预加重网络等等。

(2) 调制器:有用信号对一个载频进行调频,希望载频的中

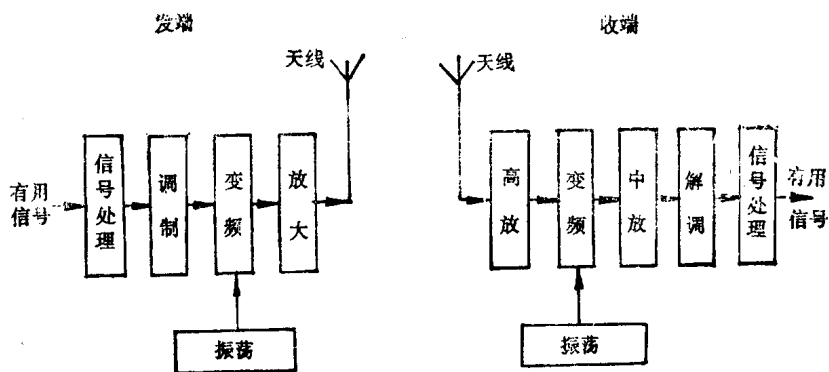


图 1-2 无线外差式通信系统方框图

心频率要稳定,而且希望只有已调信号输出,要抑制不需要的载波与其它杂波,调制应为线性,调制灵敏度要高等。

(3) 混频器: 已调中频信号与本地高频载波混频, 输出高频已调波。高频振荡的频率要稳, 这样输出频率才能稳定。应该注意, 高频振荡本身有噪声, 它构成发射机噪声, 这个噪声以载波为中心, 占有相当宽的频域, 会对相邻频道造成影响。混频是非线性部件, 会产生各种干扰, 若滤波不好, 会影响通信质量。

(4) 高频功放: 发信机的输出功率有一定要求, 因此混频后的信号要放大, 为了提高效率, 一般功放工作于 C 类, 所以要注意各种干扰问题。

(5) 衡量发信机好坏的基本指标:

- ① 载波输出功率;
- ② 发信频率稳定度;
- ③ 发信的有效带宽;
- ④ 杂散辐射: 是指发信机在所需信号带外的某个或某些个频率点上的辐射, 包括谐波辐射, 寄生辐射和互调产物;
- ⑤ 互调干扰;
- ⑥ 调制灵敏度和调制线性。

2. 接收端

(1) 高频放大器：低噪声放大，可压低后面的噪声，同时能滤除中频干扰等。

(2) 混频器：与发送端情况相同，也需要一个高频振荡，频率要稳定。不同的是接收信号到达混频前较弱，因此要考虑噪声问题。

(3) 中频放大器：它承担了收信机的主要放大量，收信机的通频带与选择性也主要由它来完成，通常收信机的自动增益控制功能也在中放实现。

(4) 鉴频器：它将有用信号还原，主要要求是线性解调。

(5) 信号处理单元：它的功能与发端基本相反，最后给出符合指标要求的信号。

(6) 衡量收信机好坏的指标：

① 灵敏度：在保证一定输出信噪比条件下的最小高频信号输入；

② 选择性；

③ 频率稳定度；

④ 输出信噪比 S/N ；

⑤ 互调抑制比；

⑥ 有用信号的频响；

⑦ 有用信号的非线性失真。

1-2 3 介绍一种调频无线系统

图1-2所示方框图是一般形式，随着技术的发展，为了达到更好的指标，收发信机的方框图有相当大的变化。下面就美国 TFT 公司的8300和8301收发信机来作介绍。它可传输一路立体声广播信号，还能同时传输两路副载频，工作频率为 950MHz，方框图示于图1-3。

1. 发信机

发信机左端的锁相环实际上是一个频率合成器，它的基准晶