

王世顺 编著

移动通信 | 原理与应用

电信职工培训丛书
DIAN XIN ZHI GONG
PEI XUN CONG SHU

人民邮电出版社



73.458
121

电信职工培训丛书

移动通信

——原理与应用

王世顺 编著



人民邮电出版社

9410058

登记证号(京)143 号

D037/26
12
内 容 提 要

本书系统地介绍了移动通信的基本原理和应用技术。全书共分八章, 内容包括: 概述、电波传播、外部噪声和干扰、调制技术、移动通信工程、有效利用频率技术、移动通信系统、移动通信设备的主要性能测试。

全书资料丰富、内容全面、条理清晰、论述简明扼要、深入浅出、理论联系实际。

本书可作为高等院校通信专业教材或工程技术人员的培训教材, 也可供从事移动通信的科技人员阅读和参考。

电信职工培训丛书

移动通信

——原理与应用

王世顺 编著

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京广益印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 850×1168 1/32 1992年11月 第一版

印张: 9⁴/32 页数: 146 1993年12月北京第2次印刷

字数: 236千字 印数: 6 001—14 000册

ISBN 7-115-04849-5/TN·538

定价: 9.40元

8600140

丛 书 前 言

当今世界通信技术已成为发展最活跃的科技领域之一。今后十年是我国建设社会主义现代化邮电通信网的十分重要的时期。实现邮电通信现代化，一是要依靠科技进步，二是要提高职工素质。现代通信的发展对职工素质和技能的要求越来越高。邮电职工一旦掌握了新的科技知识，其自身的素质和技能就会发生根本性的变化，劳动操作能力必将大大提高。为此，我社组织编写这套“电信职工培训丛书”，陆续出版。

这套丛书紧密结合电信部门的实际，重点介绍近些年来迅速出现、发展起来的新技术、新设备。丛书的特点是结合通信引进、应用、推广和创新的实际，突出实用性，深浅适宜，条理清楚。丛书的主要读者对象是各通信部门的工程技术人员，也可作为相关院校通信专业教学参考用书。

殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议，以便这套丛书日臻完善。

人民邮电出版社

目 录

第1章 移动通信概述	1
1.1 引言	1
1.2 移动通信的发展概况	2
1.3 移动通信系统的工作方式、组成和特点	5
1.3.1 移动通信系统的工作方式	5
1.3.2 移动通信系统的组成	8
1.3.3 移动通信系统的特点	9
1.4 主要技术动向和发展趋势	11
复习题	12
第2章 移动通信的电波传播	14
2.1 引言	14
2.2 地面移动通信的电波传播	15
2.2.1 地面移动通信电波传播的基本特点	15
2.2.2 准平滑地形上的传播特性	21
2.2.3 不规则地形上的传播特性	29
2.2.4 传播特性的其它预测法	35
2.2.5 大楼穿透损耗的预测	41
2.3 限定空间的电波传播	43
2.4 海上移动通信的电波传播	45
2.5 航空(航天)移动通信的电波传播	47
2.6 计算机场强预测法	49
2.6.1 地形地物数据库	49

2.6.2 场强预测	54
2.6.3 爱立信公司的场强预测技术	55
复习题	58

第3章 外部噪声和干扰.....60

3.1 人为噪声	60
3.1.1 均值和标准方差	60
3.1.2 机动车平均交通噪声	61
3.2 干扰	62
3.2.1 交调干扰	63
3.2.2 邻波道干扰	75
3.2.3 同波道干扰	81
3.2.4 近端对远端比干扰	82
3.2.5 码间干扰	83
复习题	86

第4章 调制技术.....88

4.1 移动通信中的调频理论	88
4.1.1 无衰落情况	90
4.1.2 瑞利衰落情况	97
4.2 数字调制及其窄带应用	104
4.2.1 数字调制的一般理论	104
4.2.2 窄带应用	114
复习题	122

第5章 移动通信工程123

5.1 在移动无线电环境中的独立电磁场	123
5.2 无线电波极化影响	125
5.3 移动通信网的构成	129

5.3.1	服务区形状	129
5.3.2	蜂窝状移动通信网	133
5.3.3	小区分裂	149
5.3.4	入网方式	152
5.3.5	移动通信的联网结构	156
5.4	信令	158
5.4.1	信令方式	158
5.4.2	信令系统	169
5.4.3	呼叫过程	173
5.5	移动通信的交换技术	176
5.5.1	空分交换	176
5.5.2	时分交换	177
5.5.3	二维交换	177
5.5.4	移动通信特有的交换技术	181
5.6	系统设计	186
5.6.1	合格信息标准和系统输出信噪比 S_o/N_o	187
5.6.2	移动通信系统基本公式	188
5.6.3	性能余量 PM	191
5.6.4	通信概率	192
5.6.5	通信范围	193
5.6.6	所需天线高度	194
5.6.7	提高抗干扰能力的措施	194
	复习题	198
第 6 章	有效利用频率技术	200
6.1	无线电频谱的性质	200
6.2	有效利用频率技术	200
6.2.1	多波道选址方式	201
6.2.2	波道指配	205

6.2.3 波道的自动选择方式·····	208
复习题·····	211
第7章 移动通信系统 ·····	213
7.1 无线呼叫系统·····	213
7.1.1 概述·····	213
7.1.2 信号及编码方式·····	214
7.1.3 寻呼接收机·····	218
7.1.4 无线寻呼系统电波传播特点·····	220
7.1.5 无线寻呼系统中的干扰及其改善措施·····	221
7.2 手持式移动电话系统·····	223
7.2.1 概述·····	223
7.2.2 人体的影响·····	223
7.2.3 系统控制考虑·····	224
7.3 限定空间的移动通信系统·····	225
7.3.1 概述·····	225
7.3.2 导引辐射·····	225
7.3.3 利用泄漏同轴电缆的隧道通信系统·····	227
7.4 地面移动通信系统·····	228
7.4.1 概述·····	229
7.4.2 控制系统·····	230
7.4.3 无线传输的数据格式·····	233
7.4.4 有线传输的数据格式·····	236
7.4.5 TACS 系统·····	237
7.4.6 新一代数字移动电话系统 GSM·····	238
7.5 无绳电话系统·····	240
7.5.1 系统构成·····	240
7.5.2 CT-3·····	241
7.5.3 CT-2·····	244

7.6 码分多址 (CDMA) 移动通信系统	249
7.6.1 CDMA 移动通信的特点	249
7.6.2 用直接序列扩频系统 (DS) 实现 CDMA 移动通信的优越性	250
7.6.3 用 DS 实现 CDMA 通信的基本原理	250
7.7 集群通信调度系统	252
7.7.1 基本结构	252
7.7.2 通信方式	253
7.7.3 工作过程	254
7.7.4 信道管理	254
7.7.5 信令方式	254
7.7.6 多址协议	255
7.7.7 集群技术	256
7.7.8 各国的集群系统	257
7.8 无中心多信道自动选址移动通信系统	258
7.8.1 接续过程	258
7.8.2 空闲信道检测	259
7.8.3 选呼信令	259
7.8.4 差错控制技术	259
7.8.5 组网特点	260
复习题	260

第 8 章 移动通信设备的主要性能测试261

8.1 测试方法	261
8.1.1 发信机部分	261
8.1.2 收信机部分	266
8.2 测试仪表	272
8.3 智能化测试系统	275
8.3.1 系统硬件结构	276

8.3.2 系统软件.....	276
复习题	278
参考文献	279

第1章 移动通信概述

1.1 引言

通信就是信息交流。随着社会的发展,人们期望着早日实现通信的理想目标,即无论何时何地都能及时可靠地实现与任何人的任何种类的信息交换(个人通信)。为此,在大力发展固定通信的同时,需要积极发展移动通信。

移动通信就是处于移动状态的通信对象之间的通信。它包括移动用户之间的通信,以及固定用户与移动用户之间的通信。可以认为,移动通信是固定通信的延伸,也是实现人类理想通信的不可缺少的手段。旨在实现移动通信的技术系统称为移动通信系统。

移动通信必须采用无线方式,因而具有机动、灵活的特点,在军事和人们的生产实践以及社会活动中得到日益广泛的应用。

近年来,移动通信技术发展很快。由于大规模集成电路、计算机和微处理器的应用,大大促进了移动通信设备的小型化、自动化,并使系统向大容量和多功能方向发展。同时也说明,移动通信是先进的电子技术、计算机技术和众多通信技术的综合。

目前,移动通信按活动范围可分为航空移动通信、海上移动通信和陆上移动通信;按服务对象可分为公共移动通信和专用移动通信。陆上移动通信的需求量大,用户多,应用广,技术也较复杂。现在,我国许多城市和部门都在积极发展无线电话系统、无线寻呼系统、集群调度系统、CT-2系统,以及其它形式的移动通信系统。预计今后若干年内,移动通信业务将有更大的发展,并将在整个通信业务中占据重要的地位。

9410050

1.2 移动通信的发展概况

19 世纪末发明无线电不久,就认识到用无线电可以实现与地平面上移动体的通信,而这种可能性主要用于海上。至今,移动通信在技术、设备和服务规模等方面都取得了巨大的进展。移动通信的发展进程大致可分为三个阶段。第一阶段是本世纪 40 年代中期以前,这是移动通信的早期发展阶段。在此期间,初步进行了一些传播特性的测试,在短波的几个频段上进行了一些通信应用,例如 1921 年出现了有效的警车移动通信系统——最早的 2 MHz 系统。第二阶段是 40 年代后期到 60 年代后期。在此期间,美国、荷兰、西德、日本以及英、法等国相继建立了各种用途的移动通信系统,例如船舶、飞机、汽车等各个专用系统,并于 1946 年在圣路易市出现了第一个公用通信系统。从技术上看,50 年代中期,实现了移动电话系统和公共电话网的连接,但接续是由话务员完成的。1964 年,出现了用户能直接拨号自动交换的 MJ 系统。MJ 系统是 IMTS 系统的一部分。从 60 年代至今,可视为第三阶段,即新体制的论证、研制和应用阶段。随着移动通信系统的广泛使用,用户不断增加与可用波道数目有限之间的矛盾越来越尖锐。显然,解决这一矛盾的自然途径是开发新频段和研究频率有效利用的技术以及体制。在此期间,日本、美国均开发了 800 MHz 频段,并研制了蜂窝式移动电话系统。例如,1976 年日本研制了“陆上移动电话系统”(LMTS),1979 年美国研制成功了“高级移动电话系统”AMPS (Advance Mobile Phone System),又称为先进的移动电话系统。这两个系统均采用了先进的移动通信技术和交换技术,其主要性能如表 1.1 所示。

英国在对各国移动通信体制作了详尽研究后,于 1983 年在美国 FCC 标准基础上,制订了自己的体制为全入网通信系统 TACS

表 1.1 美国 AMPS 和日本 LMTS 系统的主要性能指标

性能指标		AMPS	LMTS
通信系统	话音接续	全双工	全双工
	话音质量	在 90% 以上业务区内, 射频 $S/N > 18 \text{ dB}$, 与公共电话质量基本相同	在 76% 的业务区内可懂度 $> 80\%$
	呼损率	2%	3%
	交换	按钮拨号, 全自动交换	按钮拨号, 全自动交换
射频系统	无线区	城市: 大区半径 3~10 英里, 小区极限半径 1 英里	城市: 小区半径 5 km 郊区: 大区半径 10 km
	射频频段	移动台发: 825~845 MHz 基站站发: 870~890 MHz	800 MHz 频段
	用户数	几十万	10 万
	带宽	20 MHz $\times 2$ (收、发)	25 MHz $\times 2$ (收、发)
	波道间隔	30 kHz	25 kHz
	波道数	666	500 $\times 2$
	调制	窄带调相	窄带调相
	频率稳定度	基站站: $\pm 1 \times 10^{-6}$ 移动台: $\pm 2.5 \times 10^{-6}$	2×10^{-6}
交换和控制系统	发射机输出功率	基站站: 45 W 移动台: 12 W	25 W 5 W
	跟踪交换	基站站接收信号电平和监测音延时测量启动话音波道交换	基站站 S/N 监测启动话音波道交换
	无线信令方式	建立波道中用数字信号, 话音波道中用数字信号和单音信号	建立波道中用数字信号, 话音波道中用数字和单音信号
	寻呼的选择	移动台扫描控制波道	等待呼叫波道
	话音波道选择	由移动交换中心分配	由移动控制台分配

(Total Access Communication System), 也称为全存取通信系

统。由于这种系统具有相当多的优点，我国也将 TACS 作为自己的标准。表 1.2 给出了 FCC 和 TACS 标准的简要比较。

表 1.2 **FCC 和 TACS 标准比较**

标 准	FCC	TACS
频 带 (MHz)	800	900
信道容量 (信道数)	666/832	1000/1320
信道间隔 (kHz)	30	25
带 宽 (MHz)	20/25	25/33
双工间隔 (MHz)	45	45
数据速率 (kb/s)	10	8
话音调制频偏(kHz)	-8~+8	-6.4~+6.4
产品举例	CMS 8800	CMS 8810

如表 1.1 所示，美国联邦通信委员会 (FCC) 在其标准中，规定公众移动通信频率为 825—845 兆赫（移动台发，基地站收）和 870—890 兆赫（基地站发，移动台收），共 666 对信道频率，且收发频率间隔（即双工间隔）为 45 兆赫。

为了鼓励竞争，FCC 还将 825—835 和 835—845 各 10 兆赫的两组频率分别规定为 A 系统和 B 系统，可见 A 系统工作频率低，B 系统工作频率高。FCC 还在 835 和 880 兆赫上下各划出 21 个信道，作为各自系统的控制信道，例如将第 313~333 信道定为 A 系统的控制信道。

在有些国家和地区不存在蜂窝网业务的竞争问题，即只有一个经营者，此时信道数可以加倍，而且其中一套控制信道可用作话音信道。

在 TACS 技术规范中，也存在上述相同问题。所不同的是，它是将 890—915 兆赫（移动台发，基地站收）和 935~960 兆赫（基

地站发,移动台收)两个频段均从中间分开为两个频率组,且低频率组仍为A系统,高频组仍为B系统。TACS标准还规定了各个系统的21个控制信道,例如,系统A的控制信道为第23到43信道。

在我国有些省市,有时从两个公司引进TACS设备。由于这两个公司的设备组成、接口等有差异,互不兼容,因而需采用A系统和B系统的规定;如果设备是从一个公司引进的,就不存在A、B系统问题,于是使系统信道扩展到1000个。

除以上制式外,还有NMT 450、NMT 900系统等。以上均是模拟蜂窝系统。目前,数字蜂窝系统GSM已正式商用。专用网系统则以集群系统发展尤为迅速,无绳电话系统则以CT-2发展最快,而CT-3和全欧数字无绳电话DECT也在开发之中。

网的组成已从小区制的实际应用向移动分组交换网的研究过渡。后者的优点是控制时间短,线路效率高,较易实现设备小型化。这个特点在期望移动通信系统的多功能化方面,更具有积极意义。

最近几年来,移动通信的发展在我国十分迅速。全国已有很多城市和部门建立了众多的公用网和专用网。仅蜂窝系统用户,到1990年10月已达36000余户,而专用网用户则更多。

1.3 移动通信系统的工作

方式、组成和特点

1.3.1 移动通信系统的工作方式

移动通信的工作方式按通话状态和频率使用方法可分为单工制、半双工制和双工制等三类。

1. 单工制

单工制通信系统根据使用频率的情况分为同频单工和双频单工两种,如图1.1(a)所示。同频单工是指基地站(或移动台)使用相同的工作频率,它的操作采用“按-讲”开关方式。通常双方的接

收机均处于守听状态，如果基站 A 需要发话，则可按发话按钮，即关掉接收机 A 而使发射机 A 工作。这时，因 B 方接收机 B 处于守听状态，因而可实现 A 至 B 的通话。同理，也可实现由 B 至 A 的通话。由于该方式中同一部电台的收发信机是交替工作的，故收发信机可使用同一副天线，而无需天线共用器。这种通信方式设备简单、功耗小，但操作不方便，因为发话时必须按“按-讲”按钮，发话完毕又应立即放开按钮。双频单工是指通信双方使用两个频率 f_1 、 f_2 [图 1.1(a)]。在移动通信中，基站和移动台收、发使用两个频率实现双向通信，这两个频率通常称为一个波道。若基站设置多部发射机和多部接收机且同时工作，则可将接收机设置在某一频率上，而将发射机设置在另一频率上。只要这两个频率有足够频差（或称频距），借助于滤波器等选频器件就能排除发射机对收信机的干扰。

2. 半双工制

目前，集群移动通信系统 (Trunking System) 大多采用半双工方式工作。

在这种方式中，基站双工工作，移动台单工工作，信息的双方向传输使用的两个频率 f_1 、 f_2 ，如图 1.1(b) 所示。基站 A 的收发信机同时工作，收发信机可以各用一副天线，也可通过天线共用器合用一副天线。移动台 B 的工作方式是双频单工，即它通常处于守听状态，仅在发话时才按发话按钮使发信机 B 工作。这种方式的特点是，只要 f_1 、 f_2 有足够的频距，并采用一定的收发隔离措施，能够避免发射机对接收机的干扰，故基站可以多波道工作。此外，移动台的功耗小，设备简单。这种方式的缺点是操作不方便。

3. 双工制

蜂窝电话系统无论是模拟还是数字的都采用双工制工作。

典型的双工制是指基站、移动台都能双工工作 [图 1.1(c)]，即任一方在发话的同时也能收听对方的话音，操作方便。但是，采用这种方式需采用天线共用器，才能使收发共用同一副天线，而且

在使用电台的过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，故这种经典式双工系统电能消耗大，这对以电池为电源的移动台很不利。为此，在某些系统中，移动台发射机仍采用“按-讲”开关，而移动台接收机总是工作的，这种方式称准双工，显然它能获得广泛的应用。

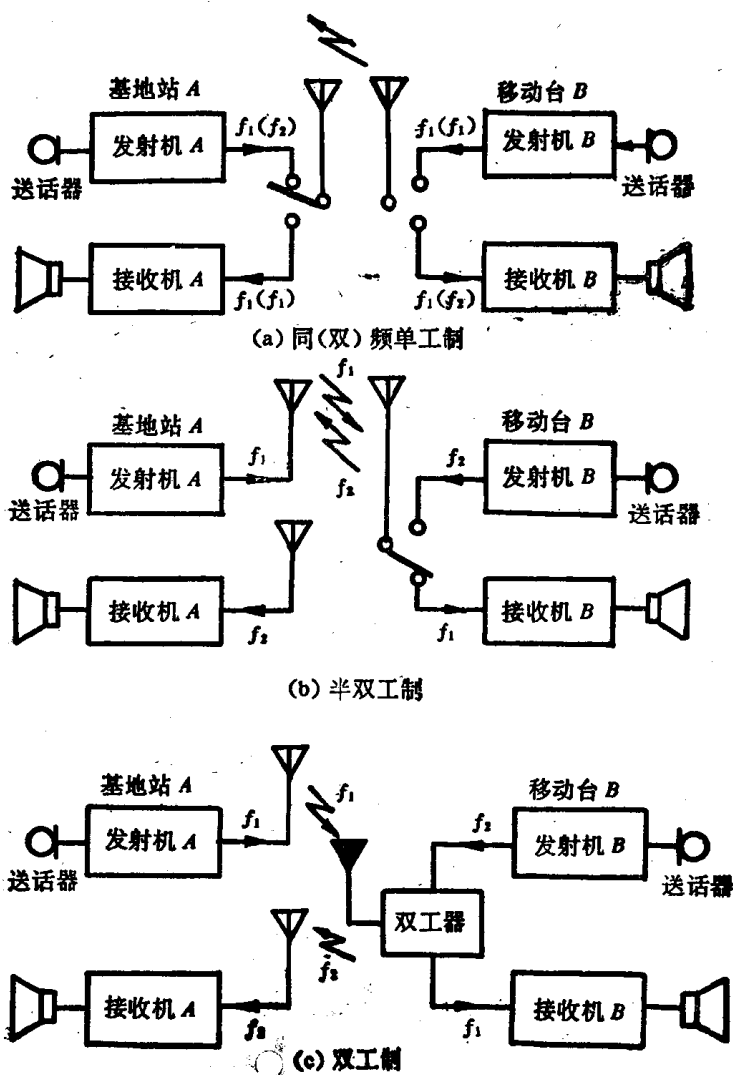


图 1.1 移动通信的工作方式