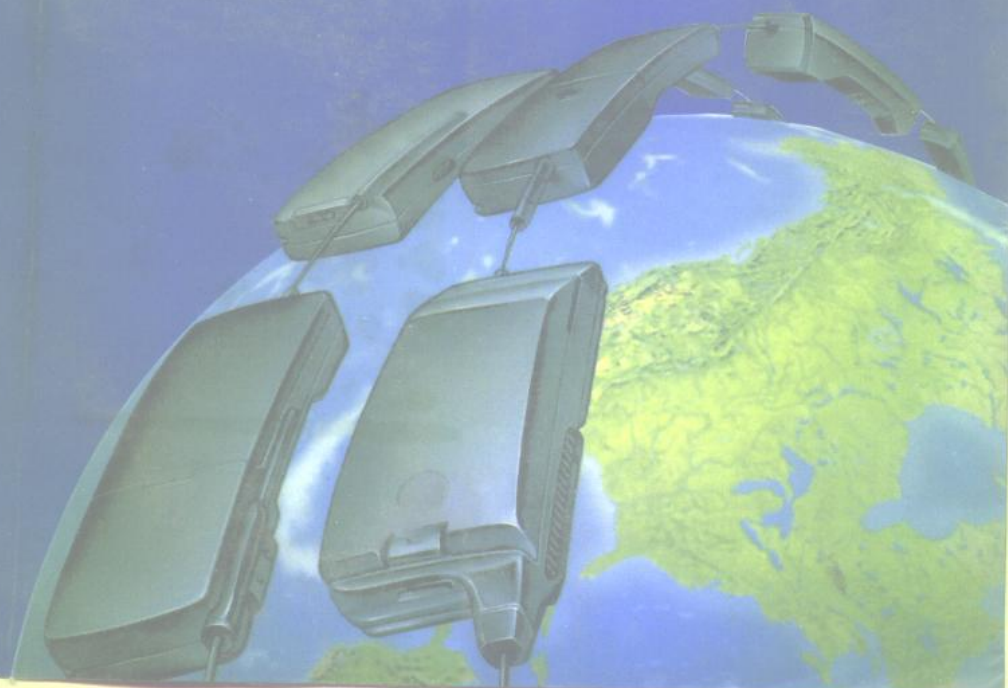


移动通信设备

王世顺 编著

人民邮电出版社



移动通信设备

王世顺 编著

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书专门介绍近些年来发展非常迅速的移动通信技术和设备。主要包括:移动通信概论、移动交换中心、基站、移动台以及天线系统等。所介绍的设备不仅有蜂窝移动电话系统,还有对讲机、无中心多信道自动选址系统、CT-2手机、集群系统等,对于从事移动通信工作的技术人员和管理人员很有参考价值。

本书深入浅出、通俗易懂、实用性强。

移动通信设备

王世顺 编著

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:850×1168 1/32 1995年2月第 一 版

印张:17.375 1995年2月北京第1次印刷

字数:464千字 插页:12 印数:1—6000 册

ISBN 7-115-05573-4/TN·863

定价:22.00 元

前 言

移动通信是一种以移动用户为服务对象的新的通信技术。在国际上移动通信的发展十分迅速,在国内也获得了广泛应用并取得了不少进步。具体表现在用户数的剧增、系统和技术的发展等方面。例如由早期的大区制发展到小区制,由对讲机发展到蜂窝系统,由模拟通信发展到数字通信等等。并且涌现了集群、无中心多信道自动选址、无线寻呼、数字无绳电话、港湾电话、乡村无线电话、模拟蜂窝与数字蜂窝等新系统,技术上的发展主要在分集接收、调制解调、差错编码、多址、拨号、控制、节电、频谱有效利用、组网、跟踪交换、漫游、同步、分组等方面,已经取得了许多成果。随着我国改革开放的深入、商品经济的发展和人民物质、文化生活水平的不断提高,移动通信必将获得更大的进步和更广泛的应用。

本书是根据作者在多年的教学和科研工作中积累的实践经验、编写过的教材和讲稿,并参考了一些必要的资料后整理而成的。

本书的写作目的是向广大读者系统地介绍移动通信设备的原理与结构组成。由于各种移动通信设备的构成有许多共同的地方,某些设备的电路构成甚至是完全相同的,因此,本书中所阐述的内容对于公众网或专用网中的各种移动通信设备基本上都是适用的。同时,对于将来的个人通信所用的设备,本书中的内容也有一定的参考价值。

本书主要介绍了移动通信的基本概念;分析了移动交换中心所用交换机的特点和工作原理,以及限制移动通信交换机用户容量的一些因素。在对基础设备的分析阐述中,重点放在了基站用的晶体振荡器、频率合成器、调制解调器、话音加工电路、混频器、功率放大器、射频放大器、接口电路、基站控制器等部件的工作原理和电路组成上。在移动台一章中,主要是以几种典型的手持机为例,对蜂窝移动

台的构成、工作原理、电路理论和号码分配模块(NAM)的编程方法进行了详细的分析介绍。为了充分介绍各种移动通信设备,本书还专门用一章的篇幅讲述对讲机、CT-2手机、集群、无中心多信道自动选址等系统的设备构成原理及理论。在移动通信天线系统这一章中,则重点介绍了天线多路分配器、天线选择矩阵、移动台天线、基站天线及其共用器的构成和基本原理。

作者在本书的写作中,紧密地联系了我国移动通信的实际情况和特点,努力使本书既有一定的理论深度,又能帮助读者解决一定的实际问题。本书内容力求全面系统、理论结合实际、实用性较强。从事移动通信工作的各类读者在阅读本书后,都能对移动通信的基本概念和系统所用设备有较清楚的了解。

在本书的写作过程中,作者参考了一些有关的中外书刊和资料,并得到同行的大力支持,在此谨表谢意。由于目前国内所使用的移动通信设备基本上是从国外引进的,所以资料不够全面,加上作者在理论水平和知识广度方面还有许多不足,因此,书中错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

1994年11月于南京

目 录

第 1 章 移动通信概论	1
1.1 引言	1
1.2 移动通信技术进展	1
1.3 移动通信系统的发展	7
第 2 章 移动交换中心	64
2.1 AXE—10 交换机	65
2.2 电子移动交换机 EMX 系列	102
2.3 移动交换机用户容量的限制因素	131
第 3 章 基站	136
3.1 分类、组成和作用.....	136
3.2 晶体及晶体振荡器	140
3.3 频率合成器	159
3.4 话音加工电路	170
3.5 静噪电路	183
3.6 调制器与解调器	187
3.7 变频器	226
3.8 射频放大器	247
3.9 功率放大器	268
3.10 基站接口设备.....	280
3.11 基站控制器.....	284
3.12 其它器件与电路.....	288

第 4 章 移动台	337
4.1 蜂窝电话手持机	377
4.2 蜂窝电话车载台	378
4.3 手持机用频率合成器	390
4.4 移动台的控制电路	405
4.5 蜂窝移动台其它电路和号码分配模块(NAM)的编程	413
第 5 章 其它移动通信系统的设备	421
5.1 对讲机	421
5.2 便携式移动电话系统的手持机	429
5.3 无中心多信道自动选址系统的设备	443
5.4 CT-2 手持机	457
5.5 集群系统的设备	463
第 6 章 移动通信天线系统	482
6.1 概述	482
6.2 移动通信天线的基本理论	485
6.3 基站天线	489
6.4 移动台天线	500
6.5 基站天线共用器	508
6.6 移动台收发天线共用器	521
6.7 天线分配网络	527
6.8 天线选择矩阵网络	532
6.9 天线安装与防雷技术	538

第 1 章 移动通信概论

1.1 引言

移动通信是以移动用户为对象的一种通信方式,它是实现将来个人通信的必然发展阶段和过程,因而受到了社会各界的极大重视。由于先进的电子技术、计算机技术和众多通信技术的发展,使移动通信技术和移动通信系统得到了迅速发展和应用。近十多年,涌现了许多新设备和新系统,它们服务于公众网和专用网。预计今后若干年内,移动通信业务将有更大发展,并将在整个通信业务中占据更加重要的地位。

1.2 移动通信技术进展

以船用和警用移动通信系统为开端的移动通信业务,如今已广为人们所接受,并用于各个方面。尤其是近年来,由于各种电子技术的开发,以及计算机技术的发展,更加速了移动通信技术的发展。例如,60 年代的移动通信设备还广泛采用晶体管技术,至今不过才二三十年,已经涌现出了集成电路(IC)、中规模集成电路(MSI)、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)以及特超大规模集成电路(ULSI),从而使移动通信设备实现了小型化、微型化、微小型化,以至于使无线寻呼机体积只有小手表大小,模拟蜂窝电话手机也只有手掌大小。如果仍要缩小其体积,在技术上已无问题,只是如果手持机过份小,拨号键盘将更小,这样就无法用手指操作,因而目前

已不能再过份缩小手机体积。就移动通信的控制技术来看,1980 年以前,还是个别控制的,80 年代就开发了集中控制和分散控制技术,90 年代又开发了智能控制技术。这些技术的研究和开发,促进了设备和电子电路的发展。图 1.1 描述了移动通信基础技术的发展过程。

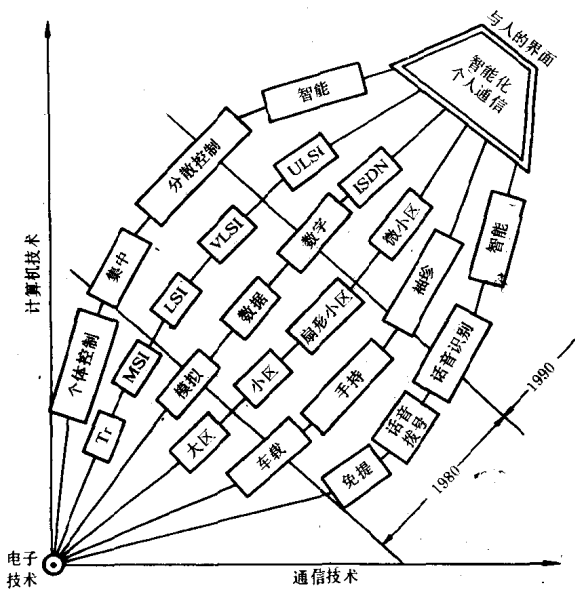


图 1.1 移动通信的基础技术

应该说,图 1.1 并未完全和充分表达移动通信技术的发展。例如,图中并未引入信源编码和信道编码技术、调制和解调技术、信道传输特性改善技术、频谱有效利用技术、保密技术等等。目前,这些技术的发展,同整个系统和设备的发展一样,取得了长足进步。对于这些技术,将在有关章节中介绍。

有一点很明显,移动通信是通信技术、电子技术以及计算机技术的综合产物,因而移动通信设备也是建立在这些技术基础上的高级通信设备。

图 1.1 告诉我们,移动通信的发展目标是个人通信。个人通信将

是智能化、袖珍化的,并且业务全、容量极大。作为其初级代表,CT-2 和 DECT 等系统已经或即将出现。

目前,学术界在进行一场关于“个人通信”定义的争论。一部分人认为个人通信应该定义为:任何时间(When)、任何地点(Where)可以和任何人(Whoever)进行信息交流的通信制式。由于这一定义中使用了三个英文字母 W,故又称三 W 定义。另一部分人认为个人通信应定义成:任何时间(When)、任何地点(Where)、任何人(Whoever)可以和任何人(Whoever)进行任何种(Whatever)信息交流的通信制式。这一定义里使用了五个 W,故又称为五 W 定义。

不管是三 W 还是五 W,这些定义均说明了一旦进入个人通信时代,人类进行信息交流将极其方便、有效和理想。

在描述个人通信时,有人用 PCN(个人通信网络),也有人用 PCS(个人通信系统)。

作为移动通信主流一蜂窝移动电话系统由于方便而且发展迅速,截止到去年底,全世界模拟蜂窝电话用户已有 2400 万用户,其中我国为 67 万。到今年底,我国模拟蜂窝用户将发展到 140 万,可以认为模拟蜂窝电话仍是移动通信的主角。但在实用中,它也暴露出许多弱点或不足之处,现以我国使用的 900MHz 模拟蜂窝电话系统为例,说明它的不足之处。

(1) 容量有限,特别是受移动交换机容量的限制。一些省市因更换或加大交换机有限容量,不得不临时从其它地方将闲置的交换机借来。

(2) 制式太多、互不兼容,不能提供自动漫游。由于制式过多,既限制了漫游业务的发展,也限制了用户覆盖面的增大。

(3) 很难实现保密,也容易被窃听。

(4) 通话质量一般,有时还较差。这是由于模拟信号传输易受干扰和噪声的影响。

(5) 不能提供非话业务。

数字蜂窝系统能克服模拟蜂窝通信系统的弱点,话音质量高、保

密性能好,能提供非话业务,并使系统发展成为多媒体系统。

国际通信网正全面走向数字化,这包括电话通信网、数据通信网、移动通信网…。而在移动通信方面,一些技术先进的国家和地区的动态是:欧洲,主要为解决统一制式、全欧联网、自动漫游而努力;美国,则以其数字化解决频率资源紧张的局面;日本,则试图以其数字化来追赶欧美。

数字蜂窝移动系统最终要达到的目标有:

- (1) 频谱利用率比现有系统更高。
- (2) 除了话音业务外,还可提供多种非话业务和补充业务。
- (3) 能提供移动通信系统特有功能,如自动漫游、快速切换、自动位置登记等。
- (4) 允许用户对移动台进行多种选择,从车载台到手持机,既有话音接口,又有非话音接口。
- (5) 服务质量大大提高,成本较低。
- (6) 采用数字信号处理和特超大规模集成(ULSI)技术,使移动设备和网路设备重量轻、尺寸小、耗电省。
- (7) 安全保密

目前,全球移动系统 GSM 的开发工作进展最快,截止到 1993 年,已有 100 万用户。其型号也很多,如爱立信公司的 CME20、阿尔卡特公司 ECR900 等,CME20 是第一个开通的数字系统。数字—先进的移动电话业务(D-AMPS)是美国电子工业协会(TIA)正式认可的标准。D-AMPS 已经商用。这是一个能和模拟蜂窝电话系统先进的移动电话业务(AMPS)兼容的数字蜂窝通信系统,又称为 ADC 蜂窝系统。它同模拟蜂窝电话系统具有相同的工作频段、信道间隔、信令速率。目前 D-AMPS 只是采用了时分多址(TDMA)技术。码分多址(CDMA)正在发展之中。许多公司估计 1995 年或 1996 年能够实现 CDMA 商用化。据 QUALCOMM 公司介绍,CDMA 能使系统增大容量 10~20 倍。休斯公司提出 E-TDMA 技术,这一技术能使数字蜂窝通信系统话音编码发生革命,即以更低速率话音编码和

话音插空技术取代目前的编码技术,从而使系统总容量提高 15 倍。由日本电报电话公司(NTT)开发的 JDC 数字蜂窝系统已在东京等地建立了商用系统。这些无疑也对数字蜂窝移动通信系统的发展和设备的更新起了巨大的推动作用。

数字蜂窝系统的主要技术在以下几方面与模拟系统有所不同。

(1) 调制技术

数字系统中采用的是数字调制技术。理想的调制技术是使频谱效率和功率效率都有更大的提高,即既要每赫每秒传送的比特多,又要保证一定误码率条件下所需的载噪比低。这二者要求往往互相矛盾,很难兼顾。目前在数字蜂窝系统中使用的调制技术有两类,一类是线性调制,诸如多相相移键控(MPSK)。 $\pi/4$ —四相相移键控($\pi/4$ —QPSK)和多值正交调幅(MQAM)等;另一类是恒定包络调制,诸如频移键控(FSK)、四电平调频(4—Level FM)、最小移频键控(MSK)、高斯滤波最小移频键控(GMSK)和抑频调制(TFM)等。GSM 采用 GMSK,D—AMP 采用 $\pi/4$ —QPSK。

(2) 多址技术

多址技术是指移动台以何种方式占用信道以进入基站和从基站接收信号。目前,已实用的多址技术有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。GSM、ADC 和 JDC 均采用 TDMA,但实际上是 FDMA 和 TDMA 相结合的混合多址。这三种多址技术的基本概念是,FDMA 是不同的移动台占用不同的频率;TDMA 是不同的移动台占用同一频率,但占用的时间不同;CDMA 是不同的移动台占用同一频率,但各移动台都带有不同的随机码序。

上述三种多址方式的电性能比较如表 1.1 所示。

表 1.1 三种多址方式的比较

多址方式 比较项目	FDMA	TDMA	CDMA
鉴别依据	频率	频率和时间	频率和码序

续表

多址方式 比较项目	FDMA	TDMA	CDMA
传输方式	连续	突发	连续
每载波信道数	单路	几路~几十路	几百路
系统容量	n^*	$(2\sim6)\times n$	$(10\sim20)\times n$
信道带宽	窄	窄	宽
频率再用系数	>1	>1	$=1$
传输费用	小	大	最大
抗干扰性	差	好	最好
均衡要求	低	高	低
切换控制	差	好	好
基站收发信机数	多	少	少
移动台复杂性	小	大	中
每信道成本	高	低	低
系统灵活性	小	大	大

* n 为假设

(3) 话音编码技术

为了提高系统容量,数字蜂窝系统采用速率低于 16kbit/s 的先进的数字话音编码技术。例如 GSM 目前采用的速率是 13kbit/s,以后采用的是 6.5kbit/s。此外,还配合采用检错和纠错技术,从而既提高了话音质量又降低了载噪比要求。目前编码分为波形编码、声源编码和混合编码三类。

(4) 信道编码和数字信号处理技术

为了进行差错控制,数字蜂窝系统采用了增加冗余码的信道编码技术,从而使通信质量得到提高。除信道编码以外,自适应均衡、分集接收、跳频和插空等方面也都使用了数字信号处理技术。

(5) 控制信道技术

控制信道数字化以后,有利于引入数据业务和 ISDN 业务。

(6) 保密和确认技术

控制信道和话音信号数字化以后,非常有利于确认和保密。数字话音很容易用数字密码来加密、数字控制信道则便于分配密钥,还可使鉴权中心和归属位置登记器(亦称本地用户位置登记器)对移动用户提供可靠的确认,以确保计费信息无误和能实现广域漫游,也有利于帐号核对和口令审核业务的引入。

还要指出的是,模拟蜂窝电话系统目前仅用于电话传输,但是数字蜂窝系统的业务远超出这一范围。例如全球移动系统除电话业务外,还有数据通信、分组交换、传真、可视图文、短信息传输、寻呼、广播以及 30 余种诸如呼叫转移、记帐业务等辅助业务,从而使其成为名副其实的**数字蜂窝系统**,而不是**数字蜂窝电话系统**。

1.3 移动通信系统的发展

自 1964 年出现改进的移动电话业务(IMTS)系统后,移动通信发展便进入了一个新时期。IMTS 在移动通信方面之所以具有十分重要的意义,是由于它能够进入市话网,用户不仅可在移动通信网中通信,还可以进入市话网、长话网,因而使系统的功能得以完善;它还能实现移动台的多波道自动选择和实现自动拨号交换。这个系统是大区制的,由于它性能先进,频谱利用率高,所以直到今天,世界上有些地方仍在继续使用这个系统或其改进型。也就是在这个系统的基础上,又出现了容量和系统更大,并能实现小区制的新**型模拟蜂窝电话系统**,如 AMPS,北欧移动电话(NMT)450、900,全入网通信系统(TACS)等等系统。AMPS 可译为**先进的移动电话业务**,也可译为**高级的移动电话业务**,1992 年 10 月以后(在 D-AMPS 出现以后)将其译为**自动信息处理业务**。它工作于 800MHz 频段,占用带宽为 20MHz,分为 666 个波道,每波道 30kHz。它符合美国通信联邦委员会(FCC)制订的规范,目前,是世界上**第一大系统**。TACS 系统是英

国在广泛吸收世界各国蜂窝电话规范的基础上,重新制订的蜂窝电话标准,因而其优点较多。TACS 系统工作于 900MHz 频段,占用 25MHz 带宽,共有 1000 对双工波道,这种标准已被我国作为公用网的规范。由于在 TACS 标准中,未规定移动交换中心和基站之间的接口标准,因而各制造厂商开发的许多系统互不兼容,而且某些公司至今未公布其系统内部接口标准,致使这些系统存在价格偏高、货源偏少的缺点。目前这种体制的系统总容量(用户数)在全世界占第三位。而 NMT-900 系统,则是北欧的蜂窝电话系统,该系统先在 450MHz 频段上发展起来,后又扩展到 900MHz 频段。NMT-900 的容量最大,具有 1999 对波道,每波道间隔与 TACS 一样也为 25kHz,但其波道是相互交叉重叠的。NMT-900 系统又称为准 GSM,它是在 NMT-450 系统基础上发展起来的,由于该系统特性公开,这就意味着制造厂可提供设备和部件。由于竞争的结果,使其性能提高,部件价格下降,因而它发展很快,目前,它是世界第二大系统。在英国和美国等国家,同样遇到了用户容量急剧增加和系统容量有限的矛盾,解决这一矛盾的方法之一是增设新频段。例如,英国扩展了 TACS,使其成为扩展的全入网通信系统(E-TACS),其总频带较 TACS 宽 6MHz。因而使系统容量增加了 240 对波道。美国也扩大了 AMPS 频率范围(FCC 标准)。其它技术经济发达国家也同样遇到了这一对矛盾,并采取了相同的解决办法。如马来西亚,引进了英国的 E-TACS 制式标准。

上述三个系统均在我国得到了应用。TACS 的用户容量和系统数量为最多,其次是 AMPS。例如广东、海南、青海等省使用的是爱立信公司生产的 TACS 设备,安徽、山东、河南等省使用的是摩托罗拉公司生产的 TACS 设备,北京、上海、江苏等省市则同时使用上述两个公司生产的 TACS 设备,我国西北地区、台湾用的是 AMPS 设备,辽河油田等地用的是 NMT-450 设备,大连—沈阳用的是 NEC 生产的 TACS 设备。

除蜂窝系统外,还有一些移动通信系统得到应用或者获得发展,

下面分别介绍一下。

1.3.1 无中心多信道自动选址系统

无中心多信道自动选址系统,是1982年由日本发展起来的一种新型系统,在日本被称为个人电台。这种系统的波道间隔有12.5kHz和25kHz两种,目前已发展到900MHz频段(903~905MHz)。以25kHz波道间隔为例,在903~905MHz的2MHz间隔中,可划分为80个信道,因而同一系统中可容纳2000个以上的移动台用户。这种方式具有自由度大,组网灵活,无需设立中心站或基站,也无需设置控制中心,系统由所有的移动台组成,所有的移动台其地位、级别、权利和义务均相等,也都具有连续更换信道的能力。这个系统实际上是由交换控制中心或基站实现的多波道共用中的集中控制转化为由移动台本身完成的分散控制的多信道自动选址系统。

在实际应用中,在半径为几公里到一二十公里的近距离范围内,需要建立经常性的通信联系或者指挥调度,如银行部门需要给各个营业点送发或收缴现金,上级银行对下级银行的资金调度、押送;又如邮电系统在包裹分发、楼上和楼下各个工作间相互间的联系、火车邮件的接收与运送及分发等,都需要经常性的短暂时刻的指挥、调度。无中心多信道自动选址系统就能很好地适应这种需要。这种方式在日本发展很快,在我国,国家无线电管理委员会也开始推荐这种通信制式。

在无中心多信道自动选址通信系统中,由于距离近,常常没有必要多区组网,也无需有/无线转换和中继转发等功能,所以本系统中,没有必要设置控制台、交换机等设备,而且可以将一般移动通信系统中的集中控制改为分散控制。本系统的分散控制,例如移动台的多波道共用,是由各个移动台的单片微机自动处理、自动搜索空闲信道,通过发送数字信令来完成接续的。

无中心多信道自动选址系统的通话方式为单工,可以是同频单工,也可以是异频单工。

由于这一系统使用了单片微机控制技术,使电台实现了自动化、智能化和多功能化。例如,日本建伍(Kenwood)公司的 PRC 个人电台,使用了 4 片微机 μ PD7506 和 1 片 8 位微机 μ PD7801 对电台实行逻辑控制。前者主要用于面板键盘各种工作类别的控制、方式选择和状态显示,配合主控单元,实现个人电台的各种功能。后者则为主控单元,它通过软件对整机实行逻辑控制,频率置定与信道扫描,共用信道的自动接续与识别,收发转换,发信功率自动控制,数字信令的编解码等。由于本系统也是一种地面移动通信系统,其电波传播电平不稳定,有时传输质量很差,因此,本系统内设置了简单而实用的纠错码技术,这个自动纠错功能受控于主控器。此外主控器还兼有整机工作状态调整与保护、双收、重呼、限时以及电台故障自动检测等各种功能。其它公司的个人电台,其基本结构、工作原理与方式等均与建伍公司产品相似。

1. 接续过程

无中心自动选址系统采用控制信道方式。但是它有别于蜂窝电话系统中的专用控制信道方式,因为它不存在交换控制中心,即它是不受控于控制中心的控制信道方式。如同其它移动通信系统一样,本系统也实行呼前拨号。其接续过程是:移动台 A 主呼移动台 B 时,先拨被呼移动台 B 的号码,在拨号以前,移动台 A 是守在控制信道(通常是 1 号信道 ch1)上,如今要主呼时,一经拨号,移动台 A 的设备就自动从控制信道退出,进入自动搜索空闲信道状态。当它找到空闲信道(例如 ch18)后,就自动地将主呼移动台号码、被呼移动台号码、空闲信道号码打入选呼信令,然后又自动返回控制信道(ch1),当主呼用户一摘机,寻呼信令就从控制信道上发出。当然,在控制信道上守候的网内用户都能收到这一选呼信息,但只有地址码(电话号码)相同的移动台 B 才能解释出该选呼信令。移动台 B 译出这一信令后,一面在 ch1 上向移动台 A 发被呼确认信令,一面回退到空闲信道 ch18,并振铃通知等待通话,移动台 A 收到确认信令后,知道已选呼成功,便也退到空闲信道 ch18,并收到回铃音,双方话机在显示屏上