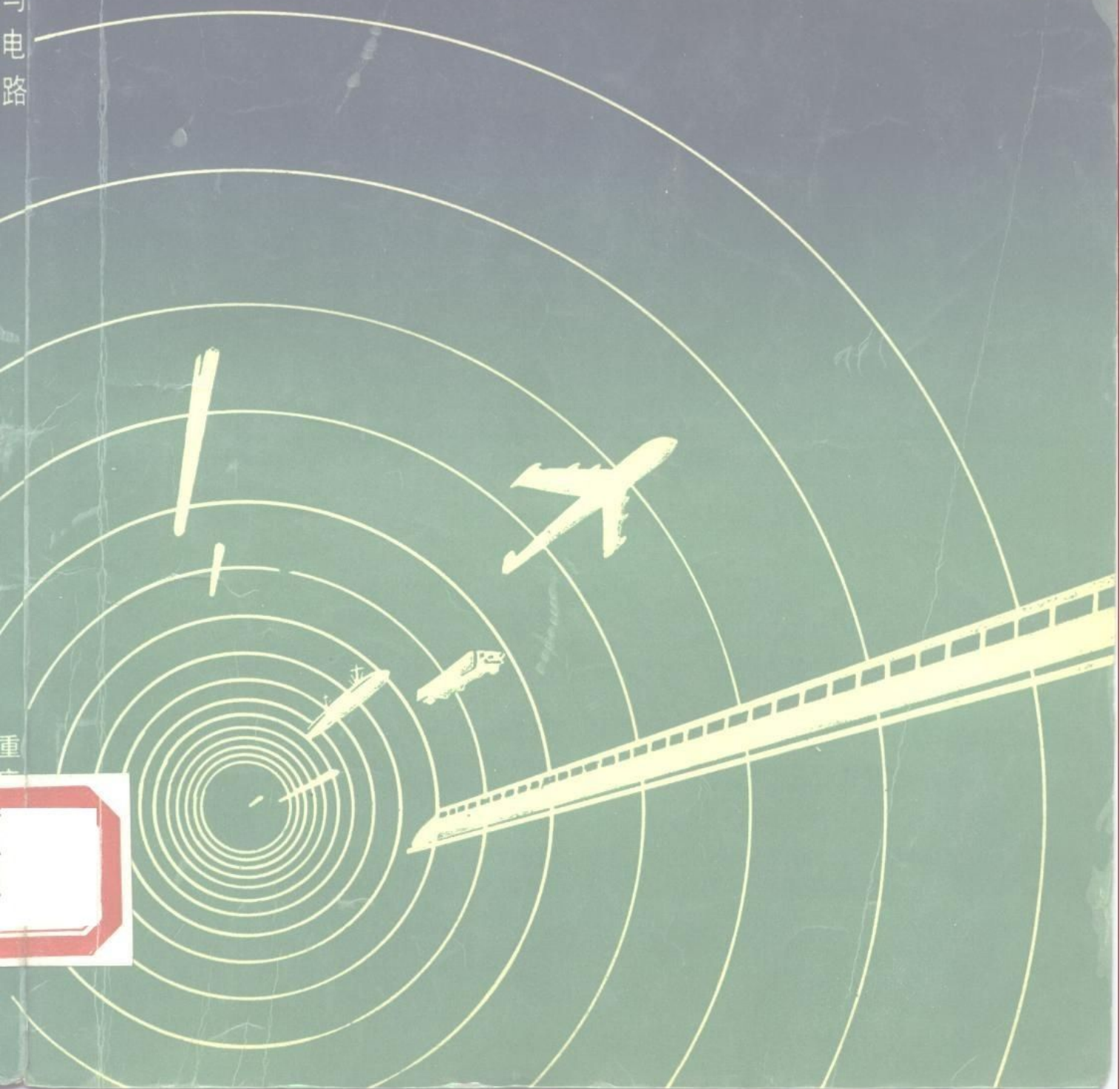


移动通信技术与电路

尹锁柱 郑继禹 编著

重庆大学出版社



移动通信技术与电路

尹锁柱 郑继禹 编著

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书是根据移动通信技术与电路的最新发展及编者教学实践经验的总结编写而成。前二章扼要地介绍了移动通信的网络、传输与调制等方面的内容,后六章着重介绍了系统与设备组成中的典型电路与技术,如收发信机的单元与整机电路、锁相与频率合成技术、微机应用、常用的移动通信天线与天线共用装置等。本书取材新颖,概念明了,涉及面广,理论密切联系实践。

本书可供工科电子类专业大专院校师生作教材或参考书,还可供从事移动通信的工程技术人员参考。

移动通信技术与电路

尹锁柱 郑继禹 编著

责任编辑 曾令维

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆大学出版社印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10 字数: 250 千
1992年1月第1版 1992年1月第1次印刷

印数: 1—4000

标准书号: ISBN 7-5624-0375-9 定价: 3.06元
TN·9

前 言

80年代以来,随着大规模集成电路技术、计算机技术、片状元件及表面安装工艺技术的发展,移动通信技术也获得了迅猛的发展。它是现代社会经济与技术高度发展的产物。

为适应这种发展的需要,目前已有比较多的介绍移动通信的书籍,着重点大都在系统与组网工程等方面。本书偏重于移动通信的技术与电路,它是我们根据多年的教学与科研实践,以及移动通信技术与电路的最新发展编写而成。力求做到理论联系实际,简明扼要地阐述清楚电路与技术的基本原理与概念。本书共八章,第一、二章介绍移动通信系统的组成方式、网络技术、传输信道、调制方式、设备组成等,目的是使读者对移动通信的概貌有所了解;第三、四章着重介绍移动电台收发信机中常用的典型电路与集成电路技术;第五、六章重点介绍锁相与频率合成技术,以及它们在移动通信中的应用;第七章阐述移动通信中常用的线天线,以及多信道天线共用、收发天线共用电路;第八章为整机电路与电指标测试方法,结合整机电路介绍了微机在移动通信中的应用。

由于作者水平有限,书中难免有错误与不妥之处,敬请读者指正。

作 者

1990.6

目 录

第一章 移动通信概论	(1)
第一节 现代移动通信系统.....	(1)
一、公用 移动电话系统.....	(1)
二、专用业务移动通信 系统.....	(2)
三、分散式移动通信 系统.....	(3)
四、无线电寻呼 系统.....	(4)
第二节 移动通信方式的主要技术.....	(4)
一、区域构成方式.....	(4)
二、网络 结构.....	(6)
三、多信道 共用.....	(6)
四、波道自动选择 方式.....	(8)
第三节 信令、信号的控制与交换.....	(9)
一、信 令.....	(9)
二、模拟信令方式的 系统.....	(10)
三、数字信令方式的 系统.....	(11)
第二章 移动通信的信道、调制与设备	(14)
第一节 移动信道的传输特性.....	(14)
一、使用的 频段.....	(14)
二、移动信道的电波传播 特性.....	(14)
三、衰落信道下数字 传输.....	(16)
第二节 调制方式.....	(18)
一、模拟调制 方式.....	(18)
二、数字调制 方式.....	(23)
第三节 移动无线设备.....	(24)
一、馈 线.....	(24)
二、天 线.....	(25)
三、发信机.....	(26)
四、收信机.....	(27)
第三章 发信机电路	(28)
第一节 话音处理电路.....	(28)
一、预加重与去加重 电路.....	(28)
二、IDC 电路.....	(30)
三、压缩与扩展 电路.....	(31)

四、实际电路介绍	(32)
第二节 调制器	(33)
一、直接调频	(33)
二、间接调频	(38)
三、锁相调频器	(40)
第三节 功率放大器及其控制	(42)
一、C类放大器的近似分析	(42)
二、实际电路	(44)
三、功放组件与功率控制	(47)
四、功率合成	(48)
第四章 收信机电路	(51)
第一节 收信机前端电路	(51)
一、天线转换开关	(51)
二、高频放大器	(52)
三、调谐回路	(53)
第二节 混频器	(55)
一、混频原理	(55)
二、晶体管混频电路	(56)
三、场效应管混频电路	(58)
第三节 集成中放与解调电路	(60)
一、MC3359的放大限幅与鉴频原理	(60)
二、中频集中滤波器	(64)
第四节 静噪电路	(66)
一、静噪电路的类型	(66)
二、MC3359内部静噪电路	(68)
三、RAY-66型电台静噪电路	(68)
第五章 锁相环及其集成电路	(69)
第一节 锁相环的基本原理	(69)
一、锁相环的组成	(69)
二、锁相环工作过程	(71)
三、环路性能分析	(74)
第二节 环路线性跟踪状态的分析	(76)
一、传递函数	(76)
二、环路对输入相位谱的响应	(77)
三、环路的调制跟踪与载波跟踪	(79)
第三节 环路噪声性能	(80)
一、环路噪声相位模型	(81)
二、环路对输入相加噪声的滤除能力	(82)
三、环路对压控振荡器噪声的过滤	(85)
四、环路门限	(86)

第四节 集成锁相环电路.....	(87)
一、通用集成锁相环介绍.....	(87)
二、集成锁相环用于FM信号解调.....	(88)
三、集成锁相环用于FSK信号解调.....	(88)
第六章 频率合成器.....	(91)
第一节 锁相式频率合成器的原理.....	(91)
第二节 合成器对杂波和噪声的抑制.....	(93)
一、频率合成器输出信号的频谱.....	(93)
二、寄生边带抑制.....	(94)
三、合成器相位噪声.....	(97)
第三节 频率合成器中几个重要部件.....	(100)
一、鉴相器.....	(100)
二、压控振荡器.....	(103)
三、可变分频器.....	(105)
四、脉冲吞除技术.....	(108)
第四节 通信机中频率合成器例举.....	(109)
一、RAY-66电台频率合成器.....	(109)
二、采用吞脉冲技术的频率合成器.....	(114)
第七章 移动通信天线与共用装置.....	(118)
第一节 移动通信天线.....	(118)
一、垂直天线的基本概念.....	(118)
二、移动台天线.....	(120)
三、基台天线.....	(122)
第二节 基台天线共用.....	(124)
一、基台发信天线共用器.....	(124)
二、基台收信天线共用器.....	(126)
第三节 移动台收发天线共用.....	(127)
一、单工收、发信机的天线共用电路.....	(127)
二、双工收、发信机的天线共用电路.....	(127)
第八章 整机电路与测量.....	(129)
第一节 整机线路分析.....	(129)
一、发信机.....	(129)
二、收信机.....	(133)
三、整机电源.....	(134)
第二节 微机控制电路.....	(135)
一、微机控制电路工作原理.....	(135)
二、微机控制频率合成器的功能.....	(136)
三、微机控制过程的程序流程图.....	(137)
第三节 整机指标.....	(138)

一、移动通信电台技术指标介绍.....	(138)
二、RAY-66电台技术指标.....	(143)
三、整机指标测量.....	(143)
参考文献	(148)

第一章 移动通信概论

移动通信，就是运用无线方式使通信的一方或双方在移动中实现通信。它包括移动用户（例如车辆、船舶、飞机中用户）与固定用户之间通信，移动用户之间相互通信。按照一定规范，充分利用有限的信道频率数目，并在一定服务区域内，实施大量用户之间的通信网络，称为移动通信系统或移动通信网。

移动通信在现代社会中具有广泛的实用价值，因此获得了非常迅速的发展，受到越来越多的重视。首先，移动通信是公用通信的有力补充，例如移动通信网络同公用电话网接续，可以开放公用移动电话业务，扩展服务区域与手段，加速了各种信息的流通与传递。至1985年底，全世界公用汽车电话用户就达50万户，美、日、英、法、意等国都有大的公用移动电话网投入运行。目前，我国一些城市也相继开放公用移动电话或寻呼业务。更重要的是，移动通信作为专用通信手段已普遍应用于社会的各个领域，对社会经济发展已经并正在发挥着日益显著的作用。例如，用于电力、石油、水利等工农业部门的生产调度专用移动网络，可使经济效益倍增；用于商业与财政税收部门的专用网，可有助于资金流转，增加财政收入；用于公共安全方面，包括公安、消防、抢险、救灾等方面专用网络，有助于社会安定与国计民生，作用难以估量。

鉴于此，世界各国都耗费大量人力与经费进行移动通信系统与技术的研究与设备研制。可以说，当前的移动通信技术是集现代通信技术、计算机技术与集成电路技术之大成，取得了非常迅速的发展。本书主要阐述现代移动通信系统与设备涉及的基本电路，同时结合一些典型的移动设备介绍一些实际电路。

第一节 现代移动通信系统

随着移动通信技术的发展，应用范围也随之不断扩大，因而系统的类型也愈来愈多。系统分类方法多种多样，按活动范围划分有陆地、空中、海上三类系统；按工作方式划分，有单工、半双工、准双工与双工等类；按用户性质划分，有军用与民用两大类。其中民用按服务容量分，有大容量、中容量与小容量三类；按技术与业务性质又可分为四类，即：公用移动电话系统（简称公用网），专用业务移动通信系统（简称专用网），分散式移动通信系统，无线电寻呼系统。下面分别对该4类系统的组成特点及工作过程加以简单介绍。

一、公用移动电话系统

公用移动电话系统是公用电话网（市话网）的一个组成部分。公用电话网的有线用户和无线移动用户，以及移动用户之间，均可经过控制交换中心、基站实施无线接续，进行通话。此时，无线用户如同有线用户一样，能同时发送与接收，实行双工电话通信。

一般根据业务区域、用户数量来选用覆盖方式，据此相应的系统又分为小容量的大区制与大容量的小区制两种方式。

所谓大区制是指用一个基地台覆盖整个业务区，业务区半径一般30km左右，亦可大至

60km。这种制式，因覆盖区域大，故而基台天线架设得高，发射功率很大。通常，基台有一个或多个可用的无线信道，用户可选用其中的空闲信道来进行通话。当然，这种空闲信道的选择是经过移动用户电台的空闲频道自动搜索系统与基台控制来自动完成的。显然，要增大通信容量，即业务区内用户数量，必须增加基台可用的信道数，才能保证足够低的电话呼损率。但是，可用信道数增加总是有限的，所以大区制的用户数比较少，约几十至几百户。随着频率合成技术和多信道共用技术的发展，一个大区也可以容纳几千至1万用户。小容量大区制系统结构如图1-1所示。

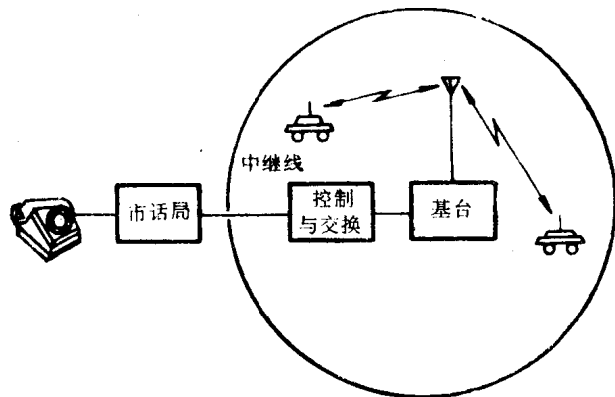


图1-1 小容量大区制系统结构

在业务区半径较大情况下，基台的大发射功率可保证所有移动用户台有足够的接收信号强度，而移动台的发射功率一般较小，地处边缘的台发射的信号很难到达基台。为了消除这种状况，可在业务区内设立若干分集接收点，同基台可用有线相连，把接收到信号传至基台。

大容量小区制是将整个服务区划分成若干无线小区，每一无线小区（又称基台区）设置一个单频道的基地台负责小区内通信与控制。每一基台区服务半径约1.5~15km，一般每隔2~3个基台区，无线信道就可重复使用。同时设置一个移动交换控制中心，统一控制这些基台的工作并与市话局相连，保证移动台只要在服务区内，不论在那个基台区都能正常进行通信。基台与移动交换控制中心一般用有线相连。当移动台在呼叫或通信过程中，从一基台区转移到另一基台区时，根据交换中心指令，可自动转换无线信道。小区制属大容量移动通信系统，用户可在1万户以上。因为

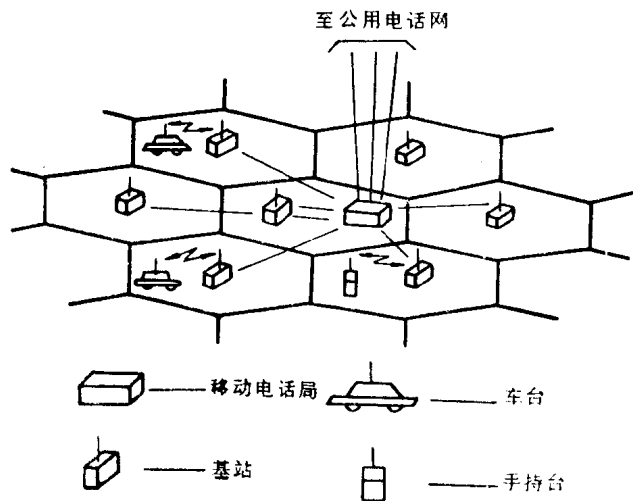


图1-2 蜂房式移动通信系统示意图

小区制的特点是应用了空间域的频率再用，因而解决了信道数有限和用户数大的矛盾。当用户数继续增大时，可进一步划小基台区，就可在不增加可用信道数目情况下增大用户数。因此，移动网络的构成有很大的灵活性。典型的蜂房式移动通信系统就是小区制大容量系统，其构成如图1-2所示。

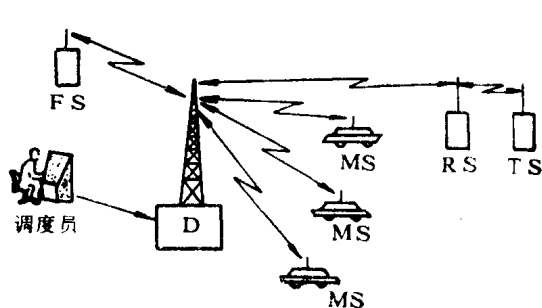
二、专用业务移动通信系统

专用业务移动通信系统（又称专用网）是在给定的业务范围内，为单位服务的专用无线通信系统，典型的如生产调度系统。这种系统一般不要求接入公用电话网，但根据部门需要与批准，也可通过部门的人工交换机或自动交换机接入公用电话网。该系统由生产调度人员直接控制或遥控的中心调度站及外围用户台（包括固定用户与移动用户）组成。通信范围一

一般为20~30km。工作方式一般采用半双工制，通信双方皆可收、发消息，但不能同时进行收与发，收、发分别使用不同信道。一般基台天线共用，可同时收、发，而移动用户平时处于收等待状态，靠按键进行收、发转换。当然，也可象公用移动网一样，采用双工工作。

比较先进的调度系统除通话外，还有信令传输、遥测、遥控等功能。专用移动通信系统用途非常广泛，可用于生产调度、消防、救护、防洪、抢险、出租汽车的指挥、控制与通信。典型的系统组成如图1-3所示。

应当指出，在专用网系统中，基台可使用固定信道（单信道或多信道）。目前比较先进



D—调度站，FS—固定台，MS—移动台，
RS—无人值守远端信令增音站，TS—无人
值守信令终端站

图1-3 典型的无线调度系统

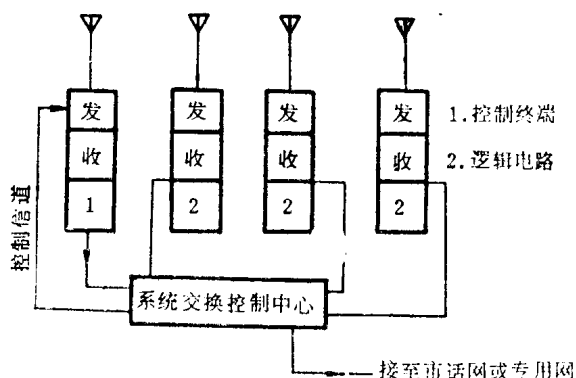


图1-4 集群式系统一个基台安排

的是采用多信道共用，即所谓集群式（Trunking System）系统。其基本思想是让基台有多个共用信道，其中有用于控制与管理的控制信道，通过控制信道，移动交换控制中心可对共用信道及业务实行统一规划与集中管理，达到使用户共享多信道、共用覆盖区、共享通信业务、降低费用的目的。图1-4为一集群式系统中一个基台，有多个共用信道，受控制交换中心控制。基台共有多部收发信机来提供多个信道，其中一个可为控制信道。控制信道用于信令传递，为用户选择空闲业务信道，完成接续任务。通常，移动用户总是在收状态，处在控制信道上等候，一旦接收到信令，就转入指定的空闲信道进行通话。

当然，在集群式多信道共用中，控制信道可是固定的，也可是不固定的。用户选择信道方式也有专用呼叫信道、循环定位、循环不定位、循环分散定位等方式。

三、分散式移动通信系统

分散式移动通信系统的特殊点在于，移动用户在系统中各自独立存在，不受集中调度控制，也就是没有统一的控制系统中心与基台。典型的有无中心控制的无线电话系统，无绳电话系统也可归入此类。

无中心控制的无线电话系统是日本80年代提出的。这种组网方式实际上是把有中心的集中控制转化为各移动台的分散控制，充分发挥单片微机的功能。只要每个进网电台配备有自动信道选择、自动发射识别、选择呼叫与自动接续等功能就可以进网，这些功能用单片微机是容易实现的。例如在5 km半径范围内，80个信道可为2000个用户服务。显然，这种系统多信道共用能力强，省去结构复杂的中心控制台，节省投资。日本多用于个人业务，我国有些单位与地区已引进与试用。

近几年来，在几百米小范围内可以进入公用电话网的无绳电话，由于采用了无中心控制

的多信道选址技术而得日益广泛的应用。无绳电话系统由两部分组成：一个连到普通电话网的固定台和一个或多个便携机。这种便携机就是无绳电话机，在系统中每部无绳电话机都能自己完成搜索空闲信道、检测干扰及通过所选信道建立话音通路的功能。

四、无线电寻呼系统

无线电寻呼系统是一种单向通信系统，是有线电话网呼叫振铃的一种延续。分专用与公用两种。专用系统供一单位内部使用，由小交换机、无线电寻呼控制中心、发射台及外围无

绳电寻呼接收机（BB机）所组成。控制中心可以是人工控制，也可以是自动控制。系统组成如图1-5（a）所示。公用系统由与公用电话网相连接的无线寻呼控制中心、主发射台及若干卫星发射台、BB机等组成，如图1-5（b）所示。

当用户找人时，可打电话给寻呼查询台，发出寻呼信号，它含有被呼叫用户地址码，被呼叫用户BB机核对地址码。如果是呼叫本用户，则BB机发出告警声或嘟嘟声，或同时显示对方电话号码。这样，被呼叫用户可以就近打电话给寻呼查询台，查对方电话号码，然后拨号通话；也可由显示的对方号码直接就近拨号通话。

无线电寻呼系统在日本、美国使用都相当普遍，国内随着有线电话网的发展，许多城市都在逐步开通这种系统。

总之，现代移动通信系统是能无线入网交换、计算机控制、并可与市话网相接的多功能系统，可以说是综合了无线通信、有线通信与计算机技术的高技术密集系统。

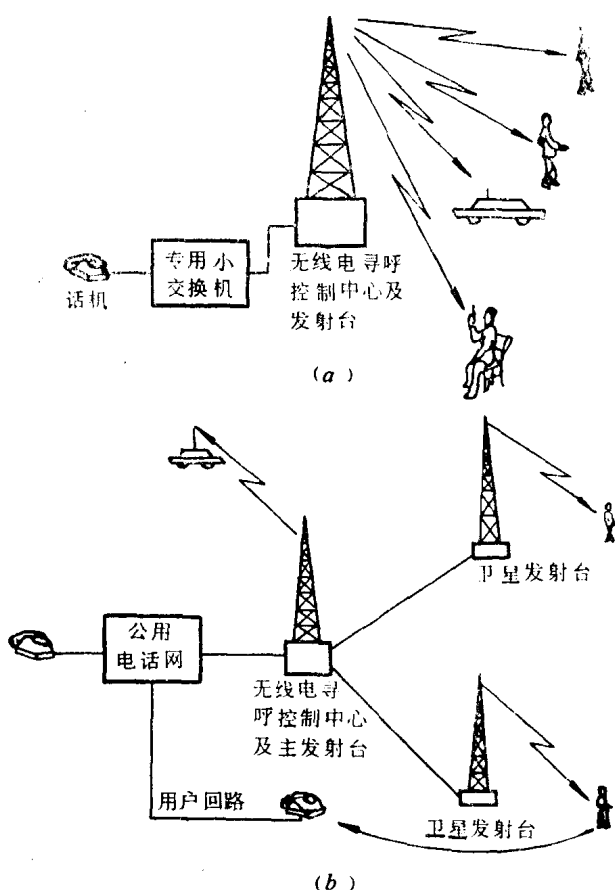


图1-5 （a）专用无线电寻呼系统
（b）公用无线电寻呼系统及信息传输方式示意图

第二节 移动通信方式的主要技术

由前述的现代移动通信系统可知，移动通信方式与固定点通信方式，在技术上有许多不同之处。现代移动通信面临的重大难题是信道拥挤、干扰严重，解决办法除了开拓1000MHz以上新频段外，主要就是充分利用现有的频率资源，合理地组成移动通信网络。它涉及网络区域构成、信道分配、多信道共用与选择呼叫方式等一系列技术，这里扼要地介绍有关的部分内容。

一、区域构成方式

通常，当网络要求的业务覆盖区域很大时，总是将覆盖区域划分成若干无线区。在分割的无线区内，再分别设立基台。这里主要利用了VHF与UHF的电波传播衰减特性，一个基台

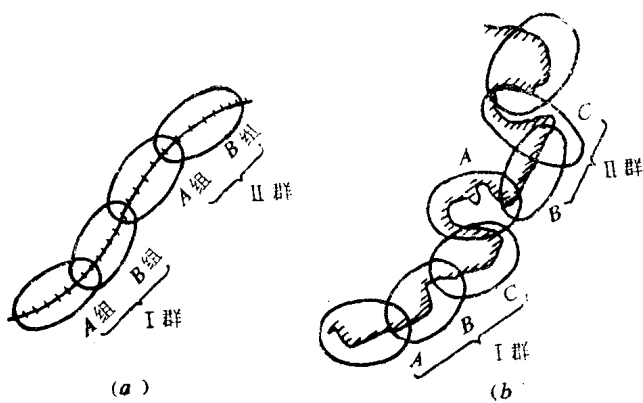


图1-6 带状网络

仅能在其覆盖的无线区内为移动用户提供服务。各无线区之间可通过联络线及交换控制中心的交换控制功能来沟通。分开的各无线区，有可能重复使用相同的信道或信道组，从而提高频率利用率。

区域划分涉及的因素很多，如服务区地形地貌、信道传播特性、用户量及话务量等。通常，根据用户的区域分布，以多个无线区来组成移动通信网来看，网络可分为线状网（如铁路、公路、输电线路的通信）、带状网（如狭长城市、内河、沿海水域上通信）及面状网（典型的如大城市的蜂房状网），分布组成如图1-6所示。

通常，当业务服务区狭长，无线区或线状或带状排列，可以采用双频制或三频制来配置信道或波道组。前者是将使用的波道分成A、B组，后者是分成A、B、C三组，交替配置，如图1-7所示。这样，波道可重复再用，频率利用率高，又可有效地防止同频干扰（相邻无线区使用同一波道造成的相互干扰）。二频制比较好，兼顾了经济性与频率的有效利用，因此使用较多。

当业务区呈面状时，无线区的组成方式可有多种形式，如图1-8所示。若干无线区可按一定图形方案排列组合成整个面状服务区，有正方形、正三角形和正六边形等方式。

在覆盖相同面积要求下，正六边形的组成方式可有最小的区域个数，相邻无线区重叠面积最小。而且，无线区的波道重复再用，在防止同频干扰的前提下，正六边形组成方式所需的波道或波道组数是最少的。所以，公用移动电话网广泛采用正六边形构成的蜂房状网。

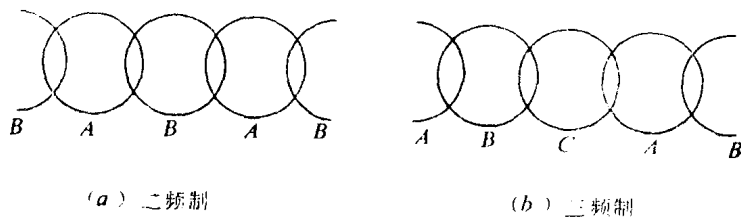


图1-7 线状或带状网频率配置

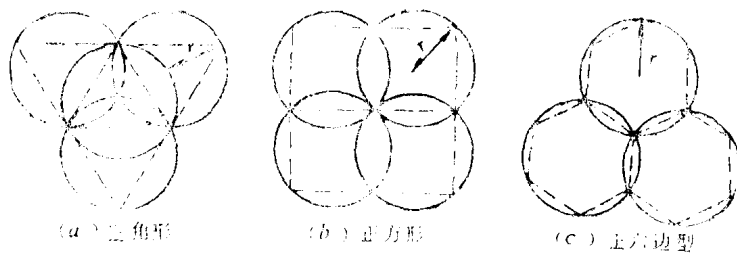


图1-8 各种面状区域组成方式

二、网络结构

如前所述, 为了实现移动用户与移动用户之间, 或移动用户与市话用户之间的通信, 移动通信网必须具有交换控制功能, 并能与市话有线网接续。通信网络的结构不同, 所需的交换控制功能及交换控制区域组成也不同。例如在大区制移动电话网中, 信息的交换控制都通过一个基地台完成, 网络结构简单。而在小区制, 或多个无线区组成的移动电话网中, 基台较多, 移动台没有固定位置, 可在任一无线区出现, 为了便于交换控制, 移动通信网络的控制机构往往是多层次的。通常分为三个控制层次, 图1-9是一个典型的可与市话网接续的移动电话网的结构形式, 它包括移动交换中心 (MTC)、移动控制台 (MCS)、基台 (MBS) 与移动台 (MSS)。图中, 基台与其无线区内移动用户构成基台控制区, 在该区域内建立基台与移动用户之间联络。多个基台又可构成一个单位业务控制区, 通过移动控制台监控基台和无线电通路, 控制无线通路的接通或转接。例如, 属控制区内的移动用户之间, 可控制接通实施通信; 控制区外的用户之间通信, 可转接至移动交换中心。多个移动控制区域组合在一起, 又可构成交换控制区。它通过移动交换控制中心的交换控制功能自动地完成移动用户与移动用户、移动用户与市话用户之间电话业务操作。包括处理与接续用户的呼叫, 用户情况存贮 (如位置登记) 及跟踪交换等。

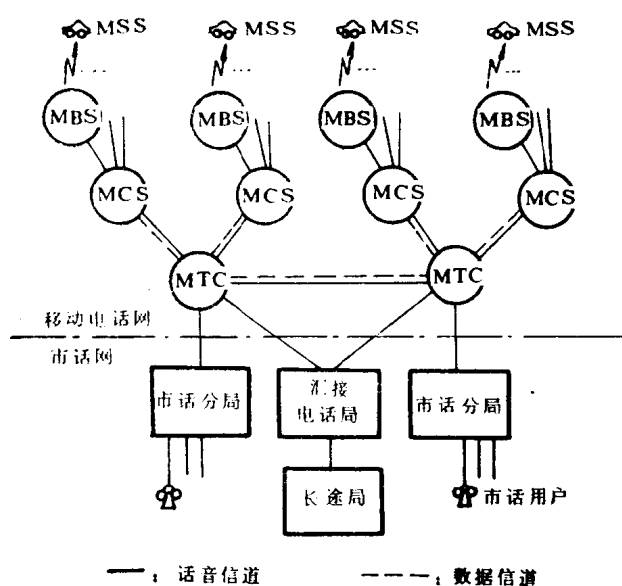


图1-9 移动电话网结构

有些专用业务系统, 只用二个控制层次, 如基台控制区与交换控制区, 而将移动控制 (MCS) 的功能分散给 MBS 和 MTC。

三、多信道共用

前面已经谈到, 一个无线区, 无论大区或小区, 总使用一个有若干波道组成的波道组。这样, 波道组的波道组成应是选用那些无三阶互调干扰的波道组。若设 f_x 为波道频率, f_0 为起始波道频率, B_L 为波道间隔, 则波道频率 f_x 与波道序号 C_x ($x=1, 2, \dots, n$) 之间关系为

$$f_x = f_0 + C_x B_L \quad (1-1)$$

显然, 在已知许用的波道起始频率 f_0 及波道间隔 B_L 情况下, 可用波道序号 C_x 来表示波道。所谓无三阶互调干扰的波道组, 应当是波道组中的每两两波道之间无相同的差值。例如, $C_1, C_2, \dots, C_n$ 为允许使用的波道, 所谓三阶互调是指其中任意三个波道 C_i, C_j, C_k 信号的三阶互调产物落在波道 C_x 上构成的干扰。显然满足

$$C_x = C_i + C_j - C_k \quad (1-2)$$

此即是 $f_x = f_i + f_j - f_k$ 的三信号三阶互调与 $i=j$ 时的 $f_x = 2f_i - f_k$ 或 $f_x = 2f_j - f_k$ 的二信号三阶互调干扰的形式。由 (1-2) 式可有

$$C_x - C_i = C_j - C_k \quad (1-3)$$

用波道差值表示

$$d_{ix} = d_{ki} \quad (1-4)$$

因此可得, 判断无三阶互调干扰波道的原则是波道组中的波道差值互不相等。例如 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 系列中, (C_1, C_2, C_5, C_7) 与 (C_1, C_3, C_6, C_7) 为无三阶互调波道组。

当然, 除了无三阶互调外, 选用波道组时还必须考虑频率利用率。即 n 一定下, 组成无三阶互调的波道数目 N 愈多愈好。例如上例中 $n=7$, 而 $N=4$, 频率利用率为57%。

另一方面, 无线区内的移动用户数一般都较波道数大得多, 为了提高波道利用率, 希望在区内的所有用户都具有选择波道组中空闲波道的能力, 这就是多波道共用。因为任何一个移动用户选取空闲波道和占用波道的时间都是随机的, 因此所有波道同时被占用的概率就非常小, 所以多波道共用可大大提高波道利用率。但是, 波道利用率, 或一个无线区内需配置多少个波道, 与话务量、呼损率和用户量等因素有密切关系。

通常, 移动电话中用户量用话务量来衡量。话务量定义为单位小时内, 用户呼叫占用一个信道的总时间。设单位小时内用户呼叫的平均次数为 C , 每次平均占用时间为 t_0 , 则呼叫话务量为

$$A = C t_0 \quad (1-5)$$

单位用爱尔兰(erlang)——简写e。其中若呼叫接通次数为 C_0 , 则接通话务量(或完成话务量)为

$$A_0 = C_0 t_0 \quad (1-6)$$

显然, 在 C 次呼叫中, 有 C_0 次呼叫成功, 有 $C - C_0$ 次呼叫损失, 损失话务量为

$$A_L = (C - C_0) t_0 = A - A_0 \quad (1-7)$$

呼损率定义

$$B = \frac{A_L}{A} = \frac{C - C_0}{C} \quad (1-8)$$

假定呼叫具有下面性质:

(1) 各次呼叫相互独立, 互不相关。

(2) 每次呼叫在时间上都有相同的概率。

可以推导出, 在波道数 N 一定下, 呼损率 B 为

$$B = \frac{A^N / N!}{\sum_{i=0}^N A^i / i!} \quad (1-9)$$

若要求的呼损率 B 一定, 据上式可推算出 A 与波道数目 N 的关系。目前, 一般国内电话通信的呼损率为10~20%。

工程设计上, 为计算系统容纳的用户数, 必须计算每个移动台的忙时话务量。忙时话务量定义为

$$\alpha = C \cdot T \cdot k \cdot \frac{1}{3600} \quad (1-10)$$

式中, C 为移动台每天呼叫次数; T 为移动台每次呼叫平均占用波道时间(秒/次); k 为最

忙时集中系数,一般10~15%,它表示一天中呼叫最繁忙一小时内的呼叫次数与一天呼叫总次数之比。

例如, $C=3$ 次/天, $T=120$ 秒/次, $k=10\%$, 则每个移动用户的忙时话务量为 $0.01e$ 。统计表明,对于公用移动电话网, α 可按 $0.01e$ 计算;对于专用网,可按 $0.06e$ 计算。

当每用户的忙时话务量确定后,每波道可容纳的用户数 m 可由下式计算

$$m = \frac{A/N}{\alpha} = \frac{A/N}{C \cdot T \cdot k \cdot \frac{1}{3600}} \quad (1-11)$$

式中 A/N 表示在一定呼损率 B 下,平均每波道的话务量。工程设计上,可由(1-9)式算出一定 B 下的 A/N 值,即 N 个波道可承受的话务量。然后代入(1-11)式由假设的忙时话务量 α 算出每波道可容纳的用户数 m 。

例如:设 $B=5\%$, $\alpha=0.01e/\text{用户}$, 试计算 $N=8$ 个波道可容纳的用户数。

由(1-9)式算出,在 $B=5\%$, $N=8$ 下承受的话务量 A 近似为 4.56 。将 A 值代入(1-11)式,在 $\alpha=0.01e/\text{用户}$ 下可算出容纳总用户数为

$$N \cdot m = \frac{A}{\alpha} \approx 456$$

四、波道自动选择方式

当无线区的波道组确定后,就是移动台如何自动选择空闲信道的方式。目前,自动选择方式有如下四种:

1. 专用呼叫波道方式

这种方式是在波道组中设置一个专用呼叫波道,专门用于处理呼叫及指定通话波道。移动台平时都停在呼叫波道上守候。呼叫通过专用呼叫波道发出,控制中心通过专用呼叫波道给主呼和被叫用户指定当用的空闲波道。移动用户根据指令转入指定的空闲波道上通话。采用这种方式的优点是处理呼叫的速度快。但是,当波道数较少时,呼叫波道不能充分利用。因此,它适用于大容量移动电话系统。

2. 循环定位方式

在这种方式中,选呼与通话都在同一波道上进行。基台在一个波道上发出空闲信号,所有未通话的移动台都自动对所有波道扫描搜索,一旦在那个波道上收到空闲信号,就停在该波道上,处于守候状态;一旦该波道被占用,则所有未通话的移动台都将自动地切换至新的空闲信号的波道上去。如果基台全部波道被占用,基台发不出空闲信号,所有未通话的移动台就不停地扫描各个波道,直到收到基台发来的空闲信号为止。

这种方式不设专用呼叫波道,全部波道都可用于通话,因而能充分利用波道。另外,各移动台平时都已停在一个空闲波道上,不论主呼还是被呼都能立即进行,接续快。但是,由于全部未通话的移动台都停在同一空闲波道上,同时起呼的概率较大,容易出现“碰撞”。但如果用户较少,则争用概率就较小,因此这种方式适用于波道数较少的小容量系统。

3. 循环不定位方式

这种方式是基台在所有空闲波道上都发空闲信号,不通话的移动台平时始终处于扫描搜索状态。移动台主呼时先摘机,这时如所处波道是空闲的,则扫描停止,可占用该波道。如所处波道被占用,没有空闲标志,它将继续扫描搜索空闲波道,直至收到空闲信号才停止扫

描。当基台主呼移动台时，由于各移动台所扫到的波道是随机的，故基台不知道被呼叫移动台处在那一个空闲波道上，因此要呼出这个移动台用户，基台必须先在某空闲波道上发一个预备信号。未通话的移动台扫描到有预备信号的波道上，就自动停在该波道上，一直等待到所有未通话的移动台都停在该波道上时，基台才发出选择呼叫信号。这个预备信号的时间长度必须大于 $N \cdot \tau$ ，其中 N 为共用波道数， τ 为移动台扫描一个波道所需时间。显然这种方式的接续时间长，不适用于波道数多的系统。其优点为各移动台的同抢或争用概率低，因为各移动台的扫描和占用波道是互不相关的，可视为等概率地分配在各个波道上。

4. 循环分散定位方式

这是介于循环定位方式与循环不定位方式之间的一种方式。基台用循环不定位方式，即所有空闲波道上都发空闲信号。未通话的移动台用循环不定位方式，即自动扫描停在有空闲信号的波道上。由于未通话的移动台的扫描是随机的，是分散停留在各空闲波道上，故移动台同抢概率低，而且接续快。但是当基台主呼移动台时，必须在所有空闲波道上同时发出选择呼叫信号才能叫出被呼移动台，而且在收到被呼移动台的应答信号后，才能确定那个空闲波道已被占用，故接续控制比较复杂。

第三节 信令、信号的控制与交换

在移动通信网络中，为实现用户间快而准确的接续，网络必须有一定的控制交换功能，通过一些表示控制目标和状态的信号及指令的控制与交换来建立路由。

一、信令

信令也称信号方式，按照信令功能的不同，有下述四种信号方式：

(1) 状态标志信号。标志信道空闲（示闲）或占用（示忙）、以及标志用户摘机或挂机状态的信令。

(2) 操作指令信号。用来进行某些特定的操作。例如，使用户振铃和一方回铃的指令；给用户送拨号音指令以及转频指令等。

(3) 选呼信号。用来识别用户。每个移动台用户都有一个规定的识别号码，用于接收基台的选择性呼叫。

(4) 拨号信令。指主呼用户发出的被呼叫用户的地址码，它在交换控制中心将转换为选呼信号由基台转发给移动用户。

状态标志信号和操作指令信号又可统称为控制信令，所以也可归类为三种信令信号。这些信令信号的形式有模拟与数字两种表示形式。

模拟信令形式是以 $0.3 \sim 3\text{kHz}$ 话音频带内各种单音及单音组合来表示各种信令的信号形式。基本上沿用了有线技术中的一些音频信令，有单音与双音脉冲方式、音频组合方式等。例如，单频码（SFD）信令就是用若干单音来表示选呼、拨号、波道的示闲与示忙、摘机与挂机等信令功能；双音多频（DTMF）信令，则是用两个单音的组合来表示的一种信令，典型的有 4×3 方式。它共7个单音，分成高音群

低 群	高 群	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
	697 Hz	1	2	3
	770 Hz	4	5	6
	852 Hz	7	8	9
	941 Hz	•	0	#

图1-10 DTMF的按键盘