



面向

21 世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐
高职高专系列规划教材

移动通信技术（第二版）

崔雁松 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专“十二五”规划教材

移动通信技术

(第二版)

崔雁松 主编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍了各种现代移动通信技术,既包括电波传播、网络组建、调制与解调等移动通信基本技术,也包括 3G 系统中最新采用的多载波调制、智能天线、软切换等新技术。全书主要内容包括:概述、移动通信中的基本技术、GSM 移动通信系统、CDMA 技术基础及 IS-95 移动通信系统、3G 移动通信系统等。

全书在构建上遵循移动通信的发展历程,内容安排以基本概念和基本理论起始,以现代实际应用的几种典型移动通信系统为主体,以移动通信的最新发展和最新应用收尾,整体逻辑严谨,前后联系紧密。在论述上尽量避免抽象的理论表述和复杂的公式推导,力求做到由浅入深、由易到难、深入浅出、言简意赅。

本书主要针对高职、高专院校相关专业的学生编写,同时也适用于各种更高层次的非相关专业人员,亦可作为相关理论研究人员和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术 / 崔雁松主编. —2 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012. 4

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2758 - 8

I. ① 移… II. ① 崔… III. ① 移动通信—通信技术—高等学校—教材 IV. ① TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 021530 号

策 划 马乐惠

责任编辑 曹媛媛 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012 年 4 月第 2 版 2012 年 4 月第 4 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15

字 数 353 千字

印 数 18 001~22 000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2758 - 8/TN · 0645

XDUP 3050002 - 4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

移动通信技术(第一版)于 2005 年 1 月出版并于当年二次重印,至今已历时 7 年多。在此期间,承蒙各地院校广大师生的使用才能够获得较好的销量。在受到肯定的同时,也从不少热心的同行处获得了很多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢!为了适应 3G 移动通信技术研究、3G 系统商用和 3G 业务推广的迅猛发展,满足通信类专业人才培养的教学需求,培养更多的通信技术人才,作者在近几年教学实践的基础上,特此修订了本教材。

相比于第一版,第二版无论在结构框架上还是在内容上都做了很大的调整:原属于第 1 章的移动通信基本技术单独形成第 2 章,以体现其重要性;第一版第 4 章移动数据通信内容删减后纳入到第二版第 3 章 GSM 移动通信系统中;第一版第 3 章 CDMA 数字蜂窝移动通信更名为 CDMA 技术基础以及 IS-95 移动通信系统,以使其概念更加明确;第一版第 5 章第三代移动通信中尚未成熟或计划在 4G 系统中使用的关键技术删除,以保证其准确性和严谨性。同时,为了方便读者使用,增加了“爱尔兰呼损表”和“英文缩写名词对照表”两个附录。

修订后,全书仍分 5 章。第 1 章概述,是全书的引言,是基础中的基础;第 2 章移动通信中的基本技术,是全书的基础,为后面章节的学习做铺垫;第 3、4、5 章按照移动通信发展的历史时间顺序,依次主要介绍了 2G 的 GSM、IS-95 CDMA 系统和各种 3G 系统(WCDMA、TD-SCDMA 和 CDMA 2000)的结构组成、技术指标和关键技术。每章后都附有若干思考与练习题。

由于移动通信技术发展非常迅猛,加上作者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请广大读者来函赐教。作者 E-mail: yansong.cui@126.com。

作 者
2012 年 2 月

第一版前言

近年来,移动通信技术的发展可谓日新月异,新标准、新技术的出现周期越来越短,因而,急需一批介绍现代移动通信新知识和新技术的教材,以培养适应现代化要求的通信技术人员。本书主要面向广大的在校师生及工程技术人员,介绍了正在应用和发展的移动通信新技术,使读者对现代移动通信领域中的关键技术、发展概貌及趋势有一个基本的了解。

本书共分5章。第1章移动通信综述,主要介绍移动通信的发展历程、移动通信的分类、移动通信系统的组成及特点和移动通信中的基本技术;第2章GSM数字蜂窝移动通信系统,主要介绍GSM的系统组成、主要业务、编号计划、接续和移动性管理以及体制的优缺点等;第3章CDMA数字蜂窝移动通信,主要介绍码分多址的基本原理、扩频通信系统、CDMA的系统规划、CDMA的地址码和扩频码、CDMA技术的优缺点和主要业务;第4章移动数据通信,主要介绍移动数据通信的基本概念、各种典型的承载技术(如CDPD、MMS、GPRS、EDGE等)以及两种典型的应用开发平台(SAT和WAP);第5章第三代移动通信,主要介绍IMT-2000组成、三大技术标准(WCDMA、CDMA 2000和TD-SCDMA)以及各种3G关键技术(高效率编译码技术、功率控制、多用户检测、多载波调制、智能天线、软件无线电等)。为了巩固所学知,本书在每章后还附有若干思考与练习题。

本书在编写过程中得到了张乃栋工程师的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于移动通信技术发展非常迅猛,加上作者水平有限,书中难免存在不当之处,敬请广大读者来函赐教,联系E-mail: lys-cys@vip.sina.com。

作者
2004年11月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 定义	1
1.2 系统组成	1
1.3 特点	2
1.4 发展历程及未来趋势	4
1.4.1 简史回顾	4
1.4.2 现状及未来	5
1.5 分类	6
1.5.1 移动通信的服务区域	6
1.5.2 移动通信的传输方式	9
1.5.3 移动通信系统的分类	10
1.6 频谱划分	14
思考与练习题	16
第 2 章 移动通信中的基本技术	18
2.1 电波传播	18
2.1.1 电波传播方式	18
2.1.2 电波传播现象	19
2.1.3 电波传播的分类	22
2.1.4 典型电波传播的分析	23
2.1.5 电波传播模型	23
2.2 网络组建	24
2.2.1 区域覆盖和网络结构	24
2.2.2 多址接入技术	26
2.2.3 越区切换	30
2.2.4 位置管理	31
2.2.5 鉴权与加密	39
2.2.6 信令系统	40
2.2.7 技术指标	49
2.3 调制与解调	56
2.3.1 高斯最小频移键控	57
2.3.2 四相相移键控及其改进型	58
2.3.3 正交振幅调制	63
2.4 信源编解码	66
2.5 信道编、解码与交织	69

2.5.1 差错控制编码	69
2.5.2 交织	70
2.5.3 差错控制编码与交织举例	71
2.6 分集接收	73
2.6.1 分集技术	74
2.6.2 合并技术	77
2.7 自适应均衡	79
思考与练习题	81
第3章 GSM 移动通信系统	83
3.1 概述	83
3.2 系统组成	83
3.2.1 结构组成	83
3.2.2 接口	94
3.2.3 信道	97
3.2.4 帧和时隙	100
3.3 系统编号	104
3.4 移动网络功能	108
3.4.1 呼叫处理	108
3.4.2 安全性管理	111
3.4.3 移动性管理	116
3.5 GPRS 系统	123
3.5.1 系统结构组成	123
3.5.2 控制与管理	127
3.5.3 功能与业务	128
思考与练习题	132
第4章 CDMA 技术基础及 IS-95 移动通信系统	133
4.1 CDMA 技术发展历程	133
4.2 扩频调制技术	134
4.2.1 基本概念	134
4.2.2 工作原理	135
4.2.3 理论基础	136
4.2.4 性能指标	137
4.2.5 实现方法	138
4.2.6 扩频码设计	151
4.2.7 性能特点	158
4.3 IS-95 移动通信系统	159
4.3.1 系统结构组成	159
4.3.2 主要技术参数	162
4.3.3 编号计划	162

4.3.4 传输信道	163
4.3.5 关键技术	164
思考与练习题	175
第 5 章 3G 移动通信系统	177
5.1 IMT-2000	177
5.1.1 概述	177
5.1.2 系统结构组成	178
5.1.3 主要无线接口技术标准	181
5.2 三种主流技术标准	182
5.2.1 WCDMA	182
5.2.2 TD-SCDMA	186
5.2.3 CDMA 2000	190
5.2.4 三种主要技术标准的比较	192
5.3 关键技术	195
5.3.1 多载波调制	195
5.3.2 智能天线	199
5.3.3 多用户检测	204
5.3.4 切换技术	207
5.3.5 动态信道分配	210
5.3.6 同步技术	212
思考与练习题	216
附录 A 爱尔兰呼损表	217
附录 B 英文缩写名词对照表	220
参考文献	232



第1章

概 述

1.1 定 义

现代社会已步入信息时代，信息在经济发展、社会进步乃至人民生活等各个方面都起着日益重要的作用。人们对于信息的充裕性、及时性和便捷性的要求也越来越高。能够随时随地、方便而及时地获取所需要的信息是人们一直以来都在追求的梦想。电报、电话、广播、电视、人造卫星、国际互联网带领着人们一步步向这个梦想飞近，然而最终能够使人们美梦成真的却是移动通信。

移动通信指的是通信双方至少有一方处在运动状态中所进行的信息交换。移动体与固定点之间、移动体相互之间信息的交换都可以称为移动通信。其中移动体可以是人，也可以是车、船、飞机等处处在移动状态中的物体。图 1-1 所示为城市公众通信网示意图。

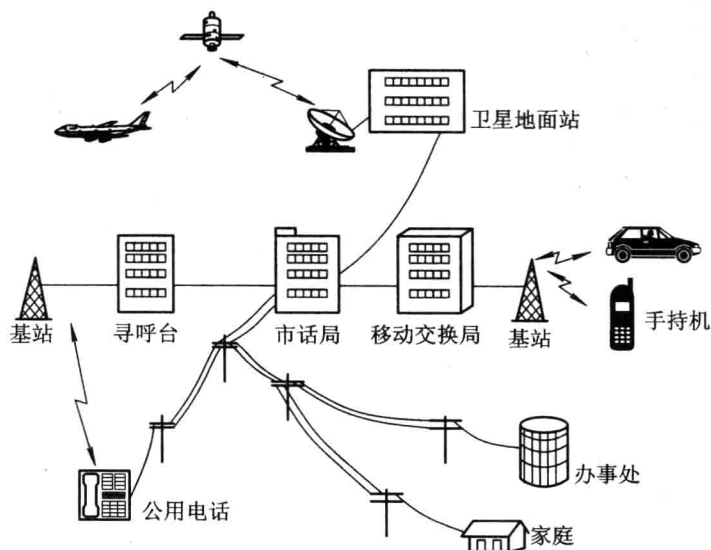


图 1-1 公众通信网

1.2 系 统 组 成

各种移动通信系统的组成及名称各有不同。陆地移动通信系统主要由四个部分组成：



移动台(Mobile Station, 简称 MS)、基站(Base Station, 简称 BS)、移动交换中心(Mobile Switching Center, 简称 MSC)和传输线路, 如图 1-2 所示。移动台通过无线方式接入基站, 基站通过有线(也可以是无无线)传输连接移动交换中心。这三个部分就是公共陆地移动网(Public Land Mobile Network, 简称 PLMN)的主要组成部分。通过 PLMN 就能实现较近区域移动台之间的通信。为了实现不同长途区域中移动台之间的通信以及移动台同固定电话及其他通信终端之间的通信, PLMN 还要连接公共交换电话网(Public Switched Telephone Network, 简称 PSTN)。

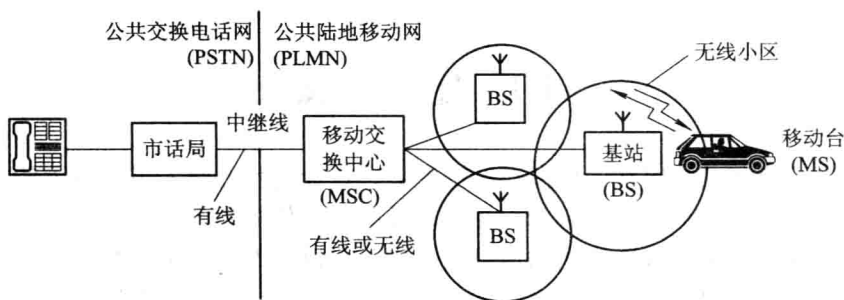


图 1-2 移动通信系统的组成

陆地移动通信系统中的移动台有便携式、手提式、车载式三种。所以说移动台不单指手机, 手机只是便携式移动台的一种。手提式移动台如具有无线上网功能的笔记本电脑, 车载式移动台如安装在一些出租车上的集群对讲系统。

基站是陆地移动通信系统中用来连接有线部分与移动部分, 即移动台无线接入网络的关键设备, 通常由基站控制器和无线收发信机两部分组成。

移动交换中心除具有一般市话交换机的功能之外, 还有移动业务所需的越区切换控制、无线信道管理、漫游处理等功能, 同时也是移动网与公共电话交换网、综合业务数字网(Integrated Services Digital Network, 简称 ISDN)等固定网的接口设备。

传输线路部分主要是指连接各设备之间的中继线。目前通信系统中的主干传输线路都已采用光缆, BS 与 MS 之间的无线传输主要采用微波方式。

1.3 特 点

相比于其他通信方式, 移动通信系统的实现更加困难, 这是由其特点所决定的。

1. 电波传播条件复杂

移动通信系统的实现离不开无线通信, 即无线电电磁波的传播。各种移动终端可能在各种环境中不断运动, 建筑群或障碍物对其的影响也不断变化。移动终端发出的无线电波在传播过程中除了有不可避免的衰减外, 还会发生反射、折射、绕射、散射等, 产生多径干扰、信号传播延迟和展宽及多普勒效应等, 从而导致接收信号的强度和相位随时间和地点不断变化。图 1-3 所示为地面上的无线电波传播情况示意图。只有充分研究无线电波传播的规律, 才能进行合理的系统设计。本书将在 2.1 节对无线电波传播技术进行详细的讲述。

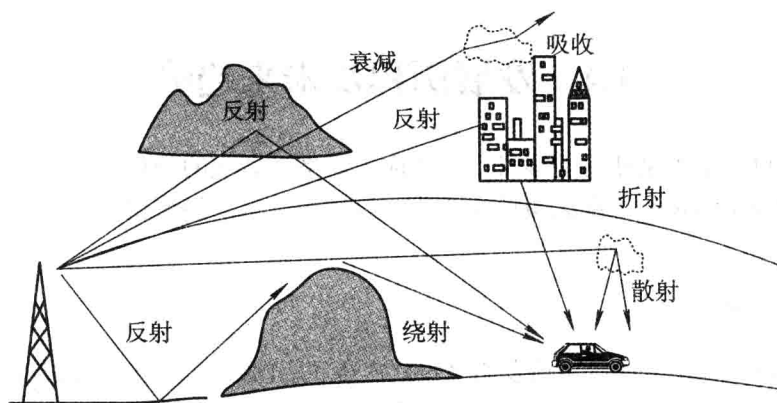


图 1-3 地面无线电波传播情况

2. 噪声和干扰严重

噪声和干扰直接影响着通信质量的好坏,即通信系统的可靠性指标。相比于有线通信,移动通信采用无线电波作为传播信号且移动环境复杂,更易受到噪声的干扰。噪声包括来源于城市环境中交通工具的噪声、房屋装修过程中的噪声及各种工业噪声等。干扰主要包括由设备中器件的非线性特性引起的互调干扰、由移动台“远近效应”引起的邻道干扰、同频复用所引起的同频干扰、CDMA 系统中的多址干扰等。我们必须充分了解各种噪声和干扰的特性,才能采取更加有效的抵抗措施。关于通信系统中的各类噪声和干扰的介绍请参阅有关通信原理的相关书籍,本书不再赘述。

3. 频带利用率要求高

移动通信系统的用户数量日益增多,为了缓和用户数量与可利用的频率资源有限的矛盾,除了开发新频段之外,还要采取各种措施以便更加有效地利用现有频率资源,如压缩频带、缩小频道间隔、多频道共用等,即采用各种频谱和无线频道有效利用技术。本书 2.2.2 节介绍的多址接入技术和 4.2 节介绍的扩频调制技术都是目前提高频带利用率的有效方法。

4. 移动台的移动性强

由于移动台的移动是在广大区域内的不规则运动,而且大部分的移动台都会有关闭不用的时候,它们与通信系统中的交换中心没有固定的联系,因此,要实现通信并保证质量,移动通信必须是无线通信与有线通信的结合,而且必须要发展自己的跟踪、定位、交换技术,如位置登记技术、信道切换技术、漫游技术等。

5. 通信设备的性能要好

不同的移动通信系统有不同的特点,这也是对通信设备性能要求的依据。在陆地移动通信系统中,要求移动台体积小、重量轻、功耗低、操作方便。同时,在有振动和高、低温等恶劣的环境条件下,要求移动台依然能够稳定、可靠地工作。

6. 系统和网络结构复杂

移动通信系统是一个多用户的通信系统,必须使同样处于无线连接条件下的用户之间互不干扰,且必须保证系统各部分之间能够协调一致地工作。此外,移动通信系统还要与公共电话网、综合业务数字网等实现互连。

1.4 发展历程及未来趋势

移动通信自产生以来便备受瞩目，它适应了经济全球化的趋势和信息技术迅猛发展的需求，给人们的生活带来了翻天覆地的变化。反过来，这一切变化又促进了移动通信技术的不断更新换代。

1.4.1 简史回顾

移动通信可以说从无线电通信发明之日就产生了。1897 年，G.W.Marconi 马可尼完成的无线通信实验就是在固定站与一艘拖船之间进行的，距离为 18 海里(注：1 海里 = 1852 米)。

现代移动通信技术的发展历史可以追溯到 20 世纪 20 年代，到目前为止，大致经历了以下六个发展阶段。

第一阶段从 20 世纪 20 年代至 40 年代，为现代移动通信的起步阶段。在此期间，主要完成了通信实验和电波传播实验，在短波频段(3 MHz~30 MHz)上实现了小容量专用移动通信系统，其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。这种系统话音质量差，自动化程度低，仅限于专用，不能与公众网相连。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期。在此期间，各种公共移动通信系统相继建立。首先是 1946 年，美国贝尔实验室在圣路易斯城建立了称为“城市系统”的公共汽车电话网，这是世界上第一个公共移动通信系统。继而，前联邦德国、法国、英国等国也陆续研制出了公共移动电话系统。这一阶段的特点是开始从专用移动网向公用移动网过渡，自动化程度有所提高。

第三阶段从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期。这一阶段是移动通信系统改进和完善的阶段。在此期间，各国陆续推出了改进的移动通信系统，其代表为美国的改进型移动电话系统(Improved Mobile Telephone System，简称 IMTS)。这一阶段的特点是使用了新频段，采用大区制，实现了系统的中小容量，自动化程度进一步提高。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期至 80 年代初期。在此期间，由于微电子技术及计算机技术的长足发展和移动用户数量的急剧增加，促使移动通信得到了蓬勃发展。首先是美国贝尔实验室研制成功了基于频分多址(Frequency Division Multiple Access，简称 FDMA)技术的先进移动电话系统(Advanced Mobile Phone Service，简称 AMPS)，这是世界第一个模拟蜂窝移动通信系统，从而建立了小区制蜂窝网理论。继而，各种体制的蜂窝式公共移动通信网不断被推出并逐渐得到广泛的应用。其他典型的系统包括日本的汽车电话系统(High Capacity Mobile Telephone System，简称 HCMTS)、英国的全接入通信系统(Total Access Communication System，简称 TACS)和北欧移动电话(Nordic Mobile Telephone，简称 NMT)。这一阶段的特点是用户量增加，业务范围扩大，出现了多种新体制，开发出了新频段，频率资源得到了有效利用。

第五阶段从 20 世纪 80 年代中期到 21 世纪初期。这是数字移动通信发展和成熟的时期。在此期间，用户数量急剧增加，频率资源相对紧缺，第一代模拟蜂窝移动通信系统的缺陷日益暴露出来。针对这些问题，新一代(即第二代)的数字蜂窝移动通信系统被开发出来并得



以广泛应用。事实上,早在 20 世纪 70 年代末,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段之时,一些发达国家就已着手数字蜂窝移动通信系统的研究。最典型的数字蜂窝移动通信系统是欧洲基于时分多址(Time Division Multiple Access,简称 TDMA)技术的全球移动通信系统(Global System for Mobile Communication,简称 GSM)。另外还有北美的 DAMPS(Digital AMPS)(IS-54)和日本的 PDC(Personal Digital Cellular)等。这一阶段的特点是用户数量急剧增加,频率资源日益紧缺,新体制、新技术、新业务层出不穷。

第六阶段从 21 世纪初期到现在。这是数字移动通信向高速化、宽带化发展的阶段。在此期间,基于码分多址(Code Division Multiple Access,简称 CDMA)技术的第三代移动通信系统(3rd Generation,简称 3G)开始投入商用。与以往的各国家各地区的各自为政不同,3G 在国际标准化组织的统一规范下,最终形成了三个主要标准:WCDMA(Wideband CDMA)、CDMA2000 和 TD-SCDMA(Time Division-Synchronous CDMA)。相比于第二代数字移动通信系统,3G 以扩频通信作为技术基础,能够实现更高的速率、更宽的带宽、更加丰富的多媒体业务。事实上,在 2G 以 TDMA 技术为主的同时,基于扩频通信的 CDMA 技术已经得以发展和商用,其典型代表是美国高通公司的 CDMA IS95,它可以看成是 CDMA2000 的最初阶段。与 3G 的高带宽不同,这时的 CDMA 只能算是窄带通信,因此也可称为窄带 CDMA(简称 N-CDMA)。

1.4.2 现状及未来

就目前来看,世界各国都在大力推行 3G 移动通信标准。三个 3G 标准中由欧洲和日本主推的 WCDMA 系统发展态势最佳,世界上大约 80%的国家和地区都在使用该标准。CDMA2000 技术大都掌控在美国高通公司手中,受到美国的推崇。我国掌握着 TD-SCDMA 系统的大部分知识产权,是我国主推的技术标准,由于相比于另两个标准起步较晚,因此存在较多缺陷。

就国内情况来看,2008 年电信重组后的三大移动运营商分别经营三个标准:TD-SCDMA 交给实力最强的中国移动,中国联通和中国电信分别经营 WCDMA 和 CDMA2000。由于资费过高、内容建设不足等问题,3G 的普及还尚待时日。

就在 3G 还没有完全铺开,距离完全实用化还有一段时间的时候,已经有不少国家开始了对下一代移动通信系统(4G)的研究。关于 4G 的定义目前还没有统一的标准。但是 4G 应具有的几点特性应包括:最低 100 Mb/s 的传输速率,高达 100 MHz 的通信带宽,集各种广播、通信制式和标准于一身的更加灵活多样的业务方式。

在 4G 之后,个人通信系统将成为未来移动通信乃至整个通信的大势所趋。“个人通信系统”的概念在 20 世纪 80 年代后期就已出现,当时便引起了世界范围内的广泛关注。个人通信系统是指任何用户在任何时间、任何地方与任何人进行任何方式和内容(如语音、数据、图像)的通信,可以用 5 个 W 来概括,即 Whoever、Whenever、Wherever、However 和 Whatever。个人通信系统是在宽带综合业务数字网的基础上,以无线移动通信网为主要接入手段,以智能网为核心的最高层次的通信网,它将一步步演进形成为所有个人提供多媒体业务的智能型宽带全球性的信息系统。从某种意义上来说,这种通信可以实现真正意义上的自由通信,它是人类的理想通信,是通信发展的最高目标。

总之, 当今世界的通信向着更加宽带化、多媒体化、多技术并存和融合的方向不断发展。

1.5 分 类

在移动通信中有多种的分类, 主要包括:

- (1) 按信号形式, 通信网络可分为模拟网和数字网;
- (2) 按服务范围, 通信网络可分为专用网和公用网;
- (3) 按区域规划, 通信系统可分为大区制和小区制;
- (4) 按数据传输方式可分为单工、双工和半双工;
- (5) 按移动台的使用形式可分为便携式、手提式和车载式;
- (6) 按多址方式可分为频分多址 FDMA、时分多址 TDMA 和码分多址 CDMA;
- (7) 按实际应用可分为集群移动通信系统、陆地蜂窝移动通信系统、移动卫星通信系统 and 无绳电话系统等。

1.5.1 移动通信的服务区域

在公共移动通信系统中, 大部分服务区域是宽阔的面状区域。根据服务区域的规划及用户数目的不同, 移动通信可分为大区制和小区制两种制式。

1. 大区制

大区制概念的提出早于小区制, 主要为早期的通信系统所采用, 满足了当时系统中小容量的需求。

大区制是指把一个通信服务区域仅规划为一个或少数几个无线覆盖区, 简称无线区。所谓无线区, 是指当基站采用全向天线时, 在无障碍物的开阔地, 以通信距离为半径所形成的圆形覆盖区。每个无线区的半径为 25 km~45 km, 用户容量为几十个至数百个。每个无线区仅为一个基站所覆盖, 基站基本上是相互独立的。

大区制的特点是: 网络结构简单, 设备少, 成本低, 可借助市话交换局设备, 为了保证大的区域覆盖范围, 基站天线架设很高, 可达几十米至百余米; 基站天线发射功率也很大, 一般为 50 W~200 W。借助市话交换局的大区制移动通信示意图如图 1-4 所示。

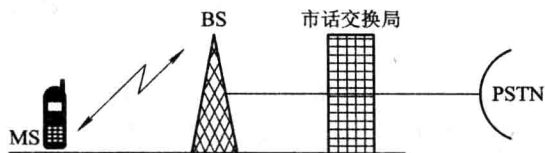


图 1-4 借助市话交换局的大区制移动通信示意图

大区制的缺点是: 由于一个基站所能提供的信道数有限, 因而系统容量不高, 不能满足用户数目日益增加的需要, 这是由制式本身决定的, 无法克服; 移动台的天线低, 发射功率受限, 在大的覆盖区内, 上行链路(由移动台到基站)的通信就无法保证, 为此, 常采用分集接收技术, 即在服务区内设置若干个分集接收台 R_d 与基站相连, 以保证上行链路的通

信质量, 如图 1-5 所示。

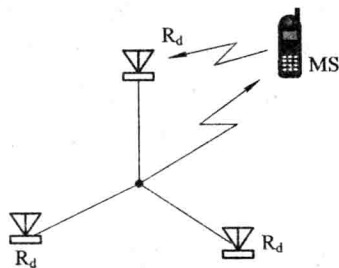


图 1-5 采用分集接收台的大区制移动通信

大区制只适合于在中小城市或专用移动网等业务量不大的情况下使用。为了适应大城市或更大区域的服务要求, 必须采用小区制组网方式, 以在有限的频谱条件下, 达到扩大容量的目的。

2. 小区制

小区制是指把一个通信服务区域划分为若干个小的无线覆盖区, 每个小区的半径为 $2\text{ km} \sim 20\text{ km}$, 用户容量可达上千个。每个小区设置一个基站, 负责本区移动台的联系和控制, 各个基站通过移动交换中心相互联系, 多个基站在移动交换中心的统一管理和控制下, 实现对整个服务区的无缝覆盖。

小区制采用信道复用技术, 即每个小区只需提供较少的几个无线电信道(一个信道组)就可满足通信的要求, 相邻小区不使用相同的信道组, 但相隔几个小区的不相邻小区可以重复使用同一组信道, 以充分利用频率资源。

在理想情况下, 基站的覆盖面积可视为一个以基站为中心, 以最大可通信距离为半径的圆。为了不留空隙地覆盖整个面状服务区, 各个圆形覆盖区之间一定存在很多重叠区。通过理论分析, 通信系统现在大都采用与圆形较接近的正六边形作为小区的形状结构, 因为这种结构既避免了相邻覆盖区间的重叠, 又不会产生空隙, 区域衔接更紧密, 产生的相互干扰更小。又由于该结构看上去像是蜂窝, 所以称为蜂窝式移动通信系统, 如图 1-6 所示。根据覆盖范围的不同, 这种移动通信系统又可分为宏蜂窝、微蜂窝以及微微蜂窝三种。

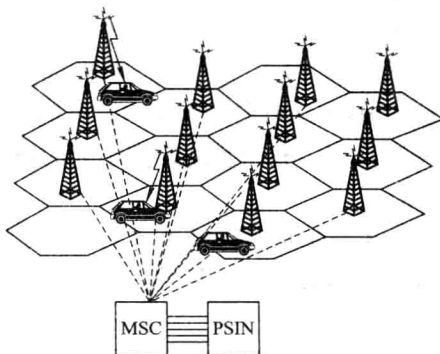


图 1-6 蜂窝式移动通信系统

1) 宏蜂窝(Macro Cell)

宏蜂窝每小区的覆盖半径大多为 $1\text{ km} \sim 25\text{ km}$, 基站天线尽可能做得很高。在实际的宏



蜂窝中,通常存在着两种特殊的微小区域:一是“盲点”,即由于电波在传播过程中遇到障碍物而造成的阴影区域,该区域通信质量严重低劣;二是“热点”,即由于空间业务负荷的不均匀分布而形成的业务繁忙区域,它支持宏蜂窝中的大部分业务。以上两“点”问题的解决,往往依靠设置直放站、分裂小区等办法。除了经济方面的原因外,从原理上讲,这两种方法也不能无限制地使用,因为扩大了系统覆盖,通信质量要下降,提高了通信质量,往往又要牺牲容量。

2) 微蜂窝(Micro Cell)

微蜂窝是在宏蜂窝的基础上发展起来的一门技术。与宏蜂窝相比,它的发射功率较小,一般在2W左右;覆盖半径大约为100m~1km;基站天线置于相对低的地方,如屋顶下方,高于地面5m~10m,无线波束折射、反射、散射于建筑物间或建筑物内,限制在街道内部。微蜂窝最初被用来加大无线覆盖,消除宏蜂窝中的“盲点”。同时由于低发射功率的微蜂窝基站允许较小的频率复用距离,每个单元区域的信道数量较多,因此业务密度得到了巨大的增长,将它安置在宏蜂窝的“热点”上,可同时满足该微小区域质量与容量两方面的要求。

3) 微微蜂窝(Pico Cell)

微微蜂窝是指地理上的一个区域被分割成很小的小区域,其覆盖半径通常为百米数量级以下,天线高度低于屋顶,其基站发射功率小。微微蜂窝还具有以下特点:

- (1) 吞吐量大,每个蜂窝中的用户相对较少。
- (2) 频率再利用率高。相邻蜂窝使用不同的频率,不相邻的蜂窝可以采用相同频率。
- (3) 移动台的移动会导致更快的路由、跟踪和越区切换等问题。

最初,微微蜂窝一般只是零散地分布在热点地区,话务量比较集中,覆盖面积较小,对容量的提高有限。随着用户的发展,当热点地区已由点逐渐连接成片时,微微蜂窝就形成了一个独立的层,各个微微蜂窝相连,在一定范围内连续覆盖,这时可以使网络容量有很大的提高。一般对于半径在1km左右的小区,若在每个扇区的热点地区采用6~8个半径在0.1km左右的微微蜂窝组成微微蜂窝层,则可以使网络容量提高3~4倍。

近年来,随着智能天线技术的提出和研究,人们又提出了智能蜂窝的概念。智能蜂窝是指基站采用具有高分辨信号处理能力的自适应天线系统,智能地监测移动台所处的位置,并使覆盖范围随着移动台的移动而变化。对于上行链路而言,采用自适应天线阵接收技术,可以极大地降低多址干扰,增加系统容量;对于下行链路而言,则可以将信号的有效区域控制在移动台附近半径为波长的100~200倍的范围内,使同频干扰大为减小。智能蜂窝小区既可以是宏蜂窝,也可以是微蜂窝。利用智能蜂窝小区的概念进行组网设计,能够显著地提高系统容量,改善系统性能。

小区制结构的最大特点是:采用信道复用技术大大缓解了频率资源紧缺的问题,提高了频率利用率,增加了用户数目和系统容量。其另一特点是:信道距离缩短了,发射机功率降低了,于是互调干扰亦减小了。

小区制结构也存在着一些问题:由于信道复用,可能产生同频道干扰。这就要采用一些相关的抗干扰技术:分集接收技术、功率控制技术、小区半径最优化技术等。信道复用带来的另一问题是:当移动台从一个小区驶入另一个小区时,即越区过程中必须进行信道的自动切换,以保证移动台越区时通话不间断,这就涉及到了越区切换技术。为此,还要



及时掌握移动台动态的位置信息,这属于呼叫接续和移动性管理问题。另外,为进一步提高信道的利用率和通信的质量,可以采用码分多址 CDMA 方式和信道动态分配技术等。这些技术在本书后续章节中都会有所讲述。

1.5.2 移动通信的传输方式

移动通信的传输方式分单向传输(广播式)和双向传输(应答式)两种。单向传输是指信息的流动方向始终固定为一个方向,它只用于无线寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工三种工作方式,能够应用于更多的移动通信系统。

1. 单工通信

所谓单工通信,是指通信双方交替进行收信和发信的通信方式,发送时不接收,接收时不发送。单工通信常用于点到点的通信,如图 1-7 所示。根据收发频率的异同,单工通信可分为同频单工和异频单工。

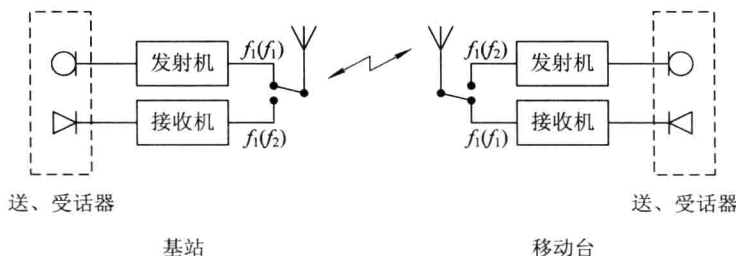


图 1-7 单工通信

同频单工是指通信双方在相同的频率 f_1 上由收发信机轮流工作。平时双方的接收机均处于守听状态,当某方需要发话时,即按下发话按钮,关掉自己的接收机而使发射机工作,此时由于对方的接收机仍处于守听状态,故可实现通信。这种操作通常称为“按一讲”方式。同频单工的优点是:仅使用一个频率工作,能够最有效地使用频率资源;由于是收发信机间断工作,线路设计相对简单,价格也便宜。其缺点是:通信双方要轮流说话,即对方讲完后我方才能讲话,使用不方便。

异频单工是指通信双方的收发信机轮流工作,且工作在两个不同的频率 f_1 和 f_2 上。例如基站以 f_1 发射,移动台以 f_1 接收,而移动台以 f_2 发射,基站以 f_2 接收。异频单工只有在有中转台的无线电通信系统中才使用。

2. 双工通信

所谓双工通信,是指通信双方可同时向对方传输信息的通信方式,即发送和接收可同时进行,故亦称全双工通信。如图 1-8 所示,基站的发射机和接收机分别使用一副天线,而移动台通过双工器共用同一副天线。

双工通信同普通有线电话很相似,使用方便,其缺点是在使用过程中,不管是否发话,发射机总是工作的,故电能消耗很大,这对以电池为能源的移动台是很不利的。针对此问题的解决办法是:保持移动台接收机的始终工作状态,而令发射机仅在发话时才工作。这样构成的系统称为准双工系统,可以和双工系统兼容。这种准双工系统目前在移动通信系统中获得了广泛的应用。