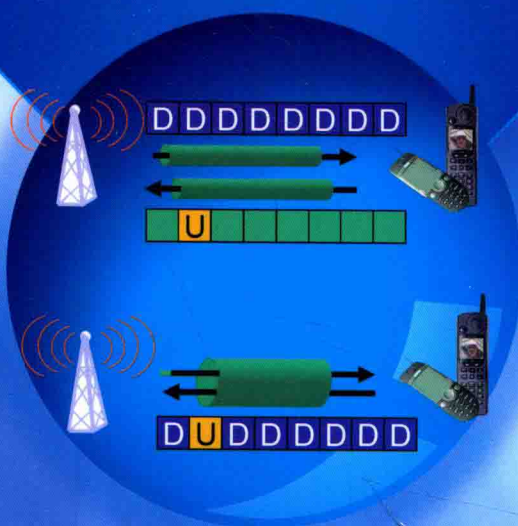


高职高专“十三五”规划教材

YIDONG TONGXIN JISHU

移动通信技术

姚美菱 李博 主编



化学工业出版社

高职高专“十三五”规划教材

移动通信技术

姚美菱 李 博 主 编
庞瑞霞 李 莉 李 明 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书根据职业教育的教学特点,用通俗易懂的语言,主要讲解现代移动通信的基本原理和基本技术,通过讲解典型的移动通信系统,让读者对移动通信技术有一个全面的了解。

本书主要内容包括:移动通信的定义、发展、特点、组网、调制、信源编码、信道编码、交换等移动通信技术;GSM和GPRS通信系统的构成、空中接口特征、呼叫流程;码分多址及扩频的原理、特点及使用的码序列;窄带CDMA系统使用的码分多址的2G、2.5G系统;WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA第三代移动通信系统;4G和LTE的构成、空中接口特征、关键技术等。

本书可作为高等院校移动通信、无线通信、通信技术等相关专业的教材或教学参考书,也可供从事通信工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/姚美菱,李博主编. —北京:化学工业出版社, 2016.6

高职高专“十三五”规划教材

ISBN 978-7-122-26980-5

I. ①移… II. ①姚…②李… III. ①移动通信-通信技术-高等教育-教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第094264号

责任编辑:王听讲

装帧设计:韩飞

责任校对:边涛

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张9 字数219千字 2016年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

前言

移动通信技术作为当今社会信息化革命的先锋,已经成为最受瞩目的通信技术。近年来移动通信技术的发展十分迅猛,各种新技术、新标准相继问世,2G、3G、4G 移动通信技术全面普及,5G 的标准也正在酝酿。为了让学生全面学习了解移动通信技术,本书用简单实用、通俗易懂的语言,从移动通信的理论基础到关键技术,从 1G 到 4G 移动通信技术,将复杂的移动通信知识进行通俗解读,让读者对第一代移动通信到第四代移动通信技术有一个全面的了解。

与同类书籍相比,本书内容选编与写作特色如下。

(1) 涉及技术全面,讲解通俗易懂。本书涉及的技术面很广,不但对移动通信的前世今生做了回顾,更是从移动通信的基本理论与基本原理一直讲到常用的 GSM、IS95 的 2G、3G 和 4G 等技术。

(2) 跟踪技术前沿,内容上与时俱进。书中 3G 与 4G 的内容占较大篇幅,读者通过学习本书,可以了解当今世界最先进、最前沿的移动通信技术,也可以了解移动通信标准的制定过程。

(3) 立足学生本位,力争易教易学。本书立足于学生角度进行编写,让师生易教易学。本书中的许多内容都是各位专业教师在平时教学中所积累的东西,在内容的表述上尽可能避免使用生硬的论述,大量采用图片、实物照片、表格,使学生在学的过程中不至于产生厌烦心情,从而提高学习的兴趣。

本书主要内容包括:移动通信的定义、发展、特点、组网、调制、信源编码、信道编码、交换等移动通信技术;GSM 和 GPRS 通信系统的构成、空中接口特征、呼叫流程;码分多址及扩频的原理、特点及使用的码序列;窄带 CDMA 系统使用的码分多址的 2G、2.5G 系统;WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 第三代移动通信系统;4G 和 LTE 的构成、空中接口特征、关键技术等。各章后都有习题与思考题,便于学生巩固所学知识。

本书可作为高等院校移动通信、无线通信、通信技术等相关专业的教材或教学参考书,也可供从事通信工作的工程技术人员参考。

我们将为使用本书的教师免费提供电子教案等教学资源,需要者可以到化学工业出版社教学资源网站 <http://www.cipedu.com.cn> 免费下载使用。

本书由石家庄邮电职业技术学院的姚美菱和郑州城市职业学院电子信息工程系李博担任主编,河北省城乡规划设计研究院的高级工程师李明和石家庄邮电职业技术学院庞瑞霞、李莉担任副主编,石家庄邮电职业技术学院的刘正波和韩静也参加了本书编写工作。

由于编写时间仓促及学识所限,书中内容难免会有欠妥之处,恳请读者批评指正。在使用本书的过程中,如有什么疑问与建议,可以与我们联系。

编者

目 录

第 1 章 移动通信概述	1
1.1 移动通信的分类	1
1.2 移动通信的发展	1
1.2.1 第一代——模拟蜂窝通信系统	1
1.2.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统	2
1.2.3 第三代——IMT-2000	2
1.2.4 第四代移动通信系统	3
1.3 移动通信的构成和特点	3
1.4 移动通信的特点	4
1.5 移动通信的工作方式	5
1.6 移动通信的频率分配	7
1.7 移动通信中的基本技术	7
1.7.1 移动通信网的组网技术	7
1.7.2 编码技术	23
1.7.3 数字调制技术	26
1.7.4 抗衰落技术	28
1.7.5 移动数据交换技术	33
习题与思考题	33
第 2 章 GSM 和 GPRS 通信系统	36
2.1 GSM 系统构成	36
2.2 GSM 系统的无线接口	38
2.2.1 工作频段的分配	38
2.2.2 多址方式	39
2.2.3 GSM 中的信道	39
2.2.4 GSM 中的 TDMA 帧	41
2.2.5 突发脉冲序列 (Burst)	41
2.2.6 逻辑信道与物理信道之间的对应关系	43
2.2.7 GSM 的无线接口上的数字传输技术	45
2.3 GSM 的编号计划	48
2.4 GSM 的通信事件	50
2.4.1 小区选择和重选	50

2.4.2	位置更新	51
2.4.3	切换	53
2.4.4	手机主叫	53
2.4.5	寻呼	54
2.4.6	手机被叫	54
2.4.7	释放	55
2.5	GSM 系统的安全性管理	55
2.6	通用分组无线业务	56
	习题与思考题	57
第 3 章	码分多址技术基础	61
3.1	码分多址的基本原理	61
3.2	扩频通信系统	62
3.3	CDMA 的地址码和扩频码	64
3.3.1	相关性原理	65
3.3.2	Walsh 码	66
3.3.3	变长的沃尔什码	67
3.3.4	m 序列	69
3.3.5	Gold 序列	70
3.4	CDMA 技术的特点	70
3.5	CDMA 系统的关键技术	72
3.5.1	功率控制	72
3.5.2	软切换	75
3.5.3	RAKE 接收	76
	习题与思考题	77
第 4 章	窄带 CDMA 系统	79
4.1	无线接口	79
4.1.1	N-CDMA 工作频率	79
4.1.2	IS-95A 无线接口信道	80
4.1.3	CDMA2000-1X 信道类型	85
4.2	IS-95A 和 CDMA2000-1X 系统结构	88
4.3	CDMA 系统基本信令流程	89
	习题与思考题	92
第 5 章	第三代移动通信系统	94
5.1	概述	94
5.1.1	第三代移动通信系统的目标和要求	94
5.1.2	2G 系统向 3G 的演进路线	94
5.1.3	3G 的三种主要技术体制对比	95

5.1.4	3G 系统结构	95
5.1.5	3G 频谱情况	97
5.1.6	3G 系统的业务	97
5.2	WCDMA	98
5.2.1	WCDMA 标准历程	98
5.2.2	WCDMA 无线接口关键技术	103
5.2.3	高速下行分组接入技术	107
5.2.4	高速上行分组接入技术	109
5.3	TD-SCDMA	109
5.3.1	TD-SCDMA 网络结构	109
5.3.2	TD-SCDMA 空中接口物理层	110
5.3.3	TD-SCDMA 关键技术	114
5.4	CDMA2000	119
5.4.1	CDMA2000 标准历程	119
5.4.2	CDMA2000-1x EV-DO 概述	120
5.4.3	CDMA2000-1x EV-DO Rev A 物理信道的结构	122
	习题与思考题	123
第 6 章	4G 和 LTE 系统	126
6.1	概述	126
6.1.1	第四代移动通信系统的特征	126
6.1.2	LTE (Long Term Evolution——3GPP 长期演进)	127
6.2	LTE 系统结构	127
6.3	LTE 空中接口信道和映射关系	129
6.3.1	空中接口协议栈	129
6.3.2	空中接口信道的定义和映射关系	130
6.4	LTE 系统空中接口物理层的关键技术	133
6.4.1	频域多址技术	133
6.4.2	多天线技术	135
	习题与思考题	136
参考文献		137

移动通信概述

所谓移动通信，指移动体之间或移动体与固定体之间的通信，即通信中至少有一方可移动的。

移动通信网可以看成是有线通信网的延伸，它由无线和有线两部分组成。无线部分提供用户终端的接入，利用有限的频率资源在空中可靠地传送话音和数据；有线部分完成网络功能，包括交换、用户管理、漫游、鉴权等，构成公众陆地移动通信网（PLMN）。

1.1 移动通信的分类

移动通信的分类标准有很多，按照不同的标准有不同的分类方法。

① 按服务对象分：可分为专用移动系统和公用移动系统。公用移动通信是目前我国由中国移动、中国联通、中国电信经营的移动通信业务，由于它是面向社会各阶层人士的，所以称为公用网。专用移动通信是为了保证某些特殊部门的通信所建立的通信系统，由于各个部门的性质和环境有很大区别，因而各个部门使用的移动通信网的技术要求有很大差异。例如，工业企业中的无线电调度网、公安指挥、交通管理、海关缉私、医疗救护等部门使用的无线电话网。

② 按无线信道上传输的信号是模拟信号还是数字信号分：可分为模拟移动通信系统和数字移动通信系统，除第一代是模拟移动通信外，目前的移动通信系统均是数字的。

③ 按覆盖范围分：可分为城域、局域、全国、全球移动通信网。例如卫星移动网即是全球移动通信网。

④ 按移动通信设备分：蜂窝状移动通信系统、专用调度电话、集群调度移动电话、无中心个人无线电话系统、公用无绳电话系统、移动卫星通信系统。

本教材主要讲述蜂窝状移动通信系统。

1.2 移动通信的发展

移动通信系统从 20 世纪 80 年代发展成为大容量的实用系统至今，根据其发展历程和发展方向，可以划分为四代。

1.2.1 第一代——模拟蜂窝通信系统

第一代移动电话系统是 20 世纪 80 年代广泛使用的模拟蜂窝通信系统，采用了蜂窝组网

技术, 基站和移动台直接传输的是模拟信号。

模拟蜂窝通信系统的标准很多, 很多国家制定了自己的标准, 属于容量较大的系统。

尽管模拟蜂窝移动通信系统在 20 世纪 80 年代得到了大规模的发展, 但是它有着下列致命的弱点:

- ① 制式太多、互不兼容、妨碍漫游、限制了用户覆盖面;
- ② 无法与固定网迅速向数字化推进相适应, 数字承载业务很难开展;
- ③ 频率利用率低, 无法适应大容量的要求;
- ④ 安全, 利用率低, 易于被窃听, 易做“假机”。

这些致命的弱点将妨碍其进一步发展, 因此模拟蜂窝移动通信在 20 世纪 90 年代逐步被数字蜂窝移动通信所替代。

我国的一代系统主要采用的是 TACS, 始建于 1987 年, 2001 年年底全面关闭。

1.2.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统

由于模拟制式存在的各种缺点, 20 世纪 90 年代开发出了以数字传输、时分多址和窄带码分多址为主体的移动电话系统, 称之为第二代移动电话系统。代表产品分为以下两类。

(1) TDMA 系统

TDMA 系列中比较成熟和最有代表性的制式有: 泛欧 GSM、美国 D-AMPS 和日本 PDC。

其中 GSM 系统, 技术成熟、管理灵活、有完善的技术规范, 在泛欧取得很大的成功之后, 在世界许多国家更是得到广泛的应用, 是第二代数字蜂窝移动通信系统最主流的标准, 市场的占有率最高达 70%, 具有漫游范围最为广泛的特点, 因而被称为“全球通”。

(2) N-CDMA 系统

N-CDMA (码分多址) 系列主要是以高通公司为首研制的基于 IS-95 的 N-CDMA (窄带 CDMA)。北美数字蜂窝系统的规范是由美国电信工业协会制定的, 1987 年开始系统研究, 1990 年被美国电子工业协会接受。

我国的二代系统始于 1994 年建设的 GSM 系统, 大家常称之为 G 网, G 网工作于 900MHz 频段, 频带比较窄, 随着移动电话用户迅猛增长, 许多地区的 G 网已出现因容量不足而达到饱和的状态。为了满足广大用户的需求, 将 GSM 的工作频段扩展至 1800MHz, 大家常称之为 DCS1800 系统 (Digital Cellular system at 1800MHz), 或简称“D”网。DCS1800 系统的基本体制和 GSM900 系统完全一致, 只是工作于 1800MHz 频段, 现在大部分城市都是 DCS1800 系统和 GSM900 系统同时覆盖, 即双频网。目前 GSM 网在中国有两张, 分别由中国移动和中国联通经营。

我国的二代系统还包括原来联通 1998 年建设的 N-CDMA, 目前该网由中国电信经营。

1.2.3 第三代——IMT-2000

与第二代移动通信系统相比, 其主要特点可以概括为: 全球普及和全球无缝漫游; 具有支持多媒体业务的能力, 特别是支持 Internet 的能力; 便于从第二代移动通信系统过渡和演进; 高频谱利用率; 能够传送高达 2Mbps 的高质量图像。

3G 的主流技术有 W-CDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三种。

CDMA2000 由美国、韩国提出,技术成熟性高,有着明确的提高频谱利用率的演进路线,可从 2G 的 N-CDMA 平滑演进。但由于 N-CDMA 的市场占有率不高,其全球漫游能力一般。

WCDMA 由欧洲和日本提出,基于 2G 的 GSM 演进,故受到 GSM 运营商的支持,鉴于 GSM 的市场占有率,其全球漫游能力最强。

TD-SCDMA 是中国提出的,也是中国在通信领域的第一个全球标准,受到中国政府的大力支持,由于空中接口采用了一系列的先进技术,其频谱利用率最高,

在中国,中国移动通信集团公司经营 TD-SCDMA,中国电信集团公司经营 CDMA2000,中国联合网络通信集团公司经营 WCDMA。

1.2.4 第四代移动通信系统

由于 3G 核心网还没有完全脱离 2G 的核心网结构,所以普遍认为 3G 是一个从窄带向未来宽带移动通信系统的过渡。很多国家都在运营四代移动通信系统。

目前,对第四代移动通信系统主要有以下几方面的描述。

① 建立在新的频段(比如 5~8GHz 乃至更高)上的无线通信系统。

② 基于分组数据的高速率传输,可实现三维图像高质量传输。在静止条件下,传输数据速率应为 1Gbps。在运动条件下,传输数据速率应为 100Mbps。

③ 真正的“全球统一”(包括卫星部分)系统。

④ 基于全新网络体制的系统,或者说其无线部分将是对新网络(智能的、支持多业务的、可进行移动管理)的“无线接入”。

⑤ 不再是单纯的(传统意义上)的“通信”系统,而是融合了数字通信、数字音/视频接收和因特网接入的崭新的系统。

用户将使用各种各样的移动设备接入到 4G 系统中,各种不同的接入系统结合成一个公共的平台,它们互相补充、互相协作,以满足不同的业务的要求,移动网络服务趋于多样化,最终将演变为社会上多行业、多部门、多系统与人们沟通的桥梁。

1.3 移动通信的构成和特点

蜂窝移动通信系统主要是由移动台(MS, Mobile Station)、无线基站子系统(BSS, Base Station Subsystem)和交换网络子系统(NSS, Network Switching Subsystem)三大部分组成,如图 1-1 所示。

(1) 移动台

移动台就是移动客户设备部分,目前的数字移动通信系统中移动台都由两部分组成,移动终端(MS)和客户识别卡(SIM)。

移动终端就是大家买的终端设备,它可完成话音编码、信道编码、信息加密、信息的调制和解调、信息发射和接收。移动终端可以分为车载台、便携台和手持台。

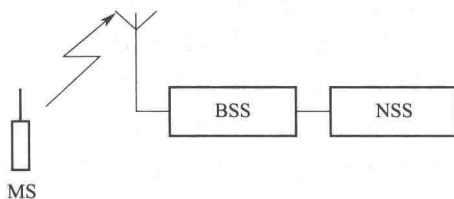


图 1-1 蜂窝移动通信系统的组成

SIM 卡就是“身份卡”，它类似于我们现在所用的 IC 卡，因此也称作智能卡，存有认证客户身份所需的所有信息，并能执行一些与安全保密有关的重要信息，以防止非法客户进入网路，用户与 SIM 卡有对应关系。

(2) 无线基站子系统

无线基站子系统是在一定的无线覆盖区中，由移动交换中心（MSC，Mobile Telephone Switching Center or Mobile Services Switching Center）控制，与 MS 进行通信的系统设备，目前的数字移动系统中，基站子系统功能实体可分为基站控制器（BSC）和基站收发信台（BTS）。

BTS 是基站子系统的无线部分，受基站控制器（BSC）控制，为某个小区的无线收发设备服务。完成 BSC 与无线信道之间有线和无线之间的转换，通过空中接口，实现 BTS 与移动台（MS）之间的无线传输及天线分集、信道加密、跳频等相关功能。

BSC 负责无线网络资源管理、小区配置、数据管理、功率控制、定位和切换等功能，是基站子系统的智能部分。具有对一个甚至数十个 BTS 进行控制的功能。

(3) 交换网络子系统

由于用户的可移动性，交换网络子系统除了具备基本的交换和客户数据管理功能外，还必须具有如位置登记、越区切换等移动性管理功能，为了信息传输的安全，当然还需具备安全性管理功能。

交换网络子系统构成包括：移动交换中心（或称为移动交换机）、存储移动台所在区域的数据库、安全性管理所需的数据库。

当移动台移动时，通知数据库改变其所在区；根据数据库存储的移动台所在区域，将线路接续到区域的路由选择等。当移动台入网时，安全性管理数据库对用户进行鉴权；信息传输时，安全性管理数据库对信息进行加密。

1.4 移动通信的特点

移动通信与有线通信相比具有以下特点。

(1) 移动性导致网络管理复杂

移动通信最异于固定通信之处在于用户的移动性，由于用户的移动，网络需要随时知道用户当前位置，以完成呼叫接续等功能，用户的移动性导致网络管理复杂、移动通信位置登记、漫游等管理问题。在蜂窝网中，用户在通话时的移动性，还涉及跨越小区时信道的切换等问题。

(2) 无线通信环境相对于有线的通信线路而言比较恶劣

由于用户的移动，用户必须用无线方式接入网络，而无线通信环境相对于有线的通信线路而言比较恶劣，存在阴影效应、多径效应、远近效应、多普勒效应，还存在各种噪声和干扰的影响，而且频谱资源有限。

① 阴影效应引起慢衰落。电磁波在传播路径上遇到建筑物、树林等障碍物的阻挡时，会产生电磁场的阴影。移动台在运动中通过不同障碍物的阴影时，就构成接收天线处场强中值的变化，这叫做阴影效应。场强中值的变化一般称之为衰落，由阴影效应引起的其场强中值变化速率较为缓慢，又叫慢衰落。

② 多径效应引起快衰落。电磁波传播过程中会遇到各种建筑物、树木、植被以及起伏的地形，会引起电波的反射、绕射、散射等，这样，到达移动台天线的信号不是单一路径来的，而是许多路径来的众多反射波的合成，这称为多径传播。由于电波通过各个路径的距离不同，因而各条波到达时间不同，相位也就不同。不同相位的多个信号在接收端叠加，有时同相叠加而增强，有时反相叠加而减弱。这样，接收信号的幅度将急剧变化，即产生了多径效应。由多径效应引起的其场强中值变化速率较快，称之为快衰落。

为了保证信号质量的平稳性，在进行移动通信系统的设计时，必须具有一定的抗衰落的能力和储备。

③ 远近效应引起干扰。是指当基站同时接收两个距离不同的移动台发来的信号时，如果两个移动台功率相同，则距离基站近的移动台将对另一移动台信号产生严重的干扰。远近效应在同时同频工作的 CDMA 系统中非常明显。

为了保证信号质量，在进行移动通信系统的设计时，一般采取功率控制技术对抗远近效应，当移动台距基站近时，低功率发送信号，随着远离基站，发送功率逐渐加大。

④ 多普勒效应引起频移。所谓多普勒效应指的是当移动台（MS）具有一定速度 v 的时候，基站（BS）接收到移动台的载波频率将随 v 的不同，产生不同的频移。反之也如此。移动产生的多普勒频率为

$$f_a = \frac{v}{\lambda \cos \theta} \quad (1.1)$$

式中， v 为移动体速度， λ 为工作波长， θ 为电波入射角（如图 1-2 所示）。此式表明，移动速度越快，入射角越小，则多普勒效应就越严重。

多普勒频移与移动台的运动方向有关；若移动台朝向信号源方向运动，则多普勒频移为正（即接收频率上升）；若移动台背向信号源方向运动，则多普勒频移为负（即接收频率下降）。为了对抗多普勒效应，移动设备采用锁相技术跟踪频率的变化。

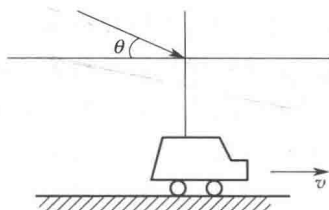


图 1-2 多普勒效应示意图

⑤ 强干扰环境下工作。移动通信其通信质量的优劣，不仅取决于设备本身的性能，还与外界的噪声及干扰有着密切的关系，发射机的发射功率再高，当噪声和干扰很大时，移动通信也不能正常工作。对于移动通信来说，其主要噪声来源是人为噪声，如汽车的点火系统就是一种噪声源。移动通信的主要干扰是：互调干扰、邻道干扰和同频干扰等。噪声、干扰均对有用信号的传输造成了负面影响，在进行移动通信系统的设计时，应根据不同的外界环境、不同的干扰形式，采取不同的抗干扰措施。

⑥ 频谱资源有限。可供使用的无线频谱资源有限，固定通信几乎可以铺设无限多的线路，而移动通信中适用于某种通信方式的频谱肯定是有限的，但是移动通信业务量却在迅速增长，因此，如何有效利用有限的无线频谱资源，一直是移动通信中研究的重点。

1.5 移动通信的工作方式

从传输方式的角度来看，无线通信分为单向传输（广播式）和双向传输（应答式）。单

向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工。

(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，通信的任何一方发送时不接收，接收时不发送，即收发不能同时进行。单工通信常用于点到点的通信，如图 1-3 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。

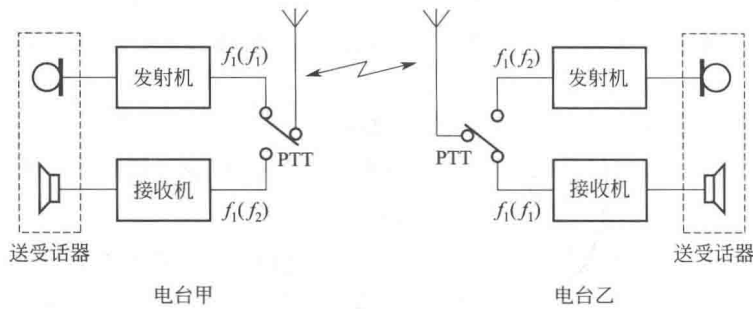


图 1-3 单工通信

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。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。例如电台甲以 f_1 发射，电台乙以 f_1 接收，而电台甲以 f_2 发射，电台乙以 f_2 接收。

单工通信时，平时双方的接收机均处于收听状态，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收听状态，故可实现通信。这种操作通常称为“按-讲”方式。

单工的优点是：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，通话不流畅，如果配合不好，双方的通话就会出现断断续续的现象。

(2) 双工通信

双工通信指通信的任何一方，收发信机均同时工作，即任一方在发话的同时，也能收到对方的语音，无需“按-讲”开关，操作方便，如图 1-4 所示。但是采用这种方式，在使用过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，故电能消耗大。这一点对以电池为能源的移动台是很不利的。双工通信的特点是使用方便，所以大容量的固定电话网、移动通信网都是双工通信的。

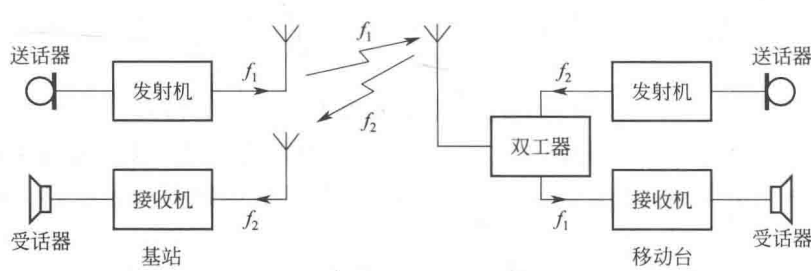


图 1-4 双工通信

在双工通信中，需要有一定的技术来区分双向的信道，也就是说，凡是双向通信，总需要一定的双工制式。蜂窝网使用的有两种双工制式，即频分双工（FDD，Frequency Division

Duplex) 和时分双工 (TDD, Time Division Duplex)。

FDD 中利用两个不同的频率来区分收发信道。即对于发送和接收两种信号, 采用不同的频率。如移动台发信到基站采用一种频率 (称为上行信道), 基站发信到移动台采用另一种频率 (称为下行信道)。上下行频率间隔叫做双工间隔。

TDD 中利用同一频率但两个不同的时间段来区分收发信道。即对于发送和接收两种信号, 采用不同的时间。

1.6 移动通信的频率分配

为了有效地使用有限的频率资源及全球漫游, 频率的分配和使用必须服从国际和国内的统一管理, 否则会造成相互干扰或资源的浪费。

国际上, 由国际电信联盟 (ITU) 召开世界无线电管理大会, 制定无线电规则, 包括各种无线电系统的定义、国际频率分配表和使用频率的原则、频率的分配和登记等。

国内, 国家统一管理频率的机构是国家无线电管理委员会, 移动通信组网必须遵守国家有关规定, 并接受当地无线电管理委员会的具体管理。

目前, 大容量移动通信系统均使用特高频 UHF (频率为 $300\sim 3000\text{MHz}$) 频段。

规定 GSM 的基本频段为 900MHz 频段, 上行: $890\sim 915\text{MHz}$; 下行: $935\sim 960\text{MHz}$ 。随着用户数量的增长, 目前已经扩展使用 1800MHz 频段, 上行: $1710\sim 1785\text{MHz}$; 下行: $1805\sim 1880\text{MHz}$ 。GSM 900MHz 与 DCS 1800 相同频道间隔为 200kHz 。

规定 N-CDMA 的基本频段为 800MHz 频段, 上行: $824\sim 849\text{MHz}$; 下行: $869\sim 894\text{MHz}$ 。CDMA 800MHz 频道间隔为 1.25MHz 。

3G 主要工作频段, 1992 在世界无线电大会上划分了 230MHz 频率, 其中陆地部分 170MHz , 卫星部分 60MHz 。

① 频分双工 (FDD) 方式: $1920\sim 1980\text{MHz}$ 、 $2110\sim 2170\text{MHz}$, 共 $60\times 2=120\text{MHz}$;

② 时分双工 (TDD) 方式: $1885\sim 1920\text{MHz}$ 、 $2010\sim 2025\text{MHz}$, 共计 50MHz ;

③ 卫星移动通信系统工作频段: $1980\sim 2010\text{MHz}$ 、 $2170\sim 2200\text{MHz}$, 共 $30\times 2=60\text{MHz}$ 。

在 2000 年的 WRC2000 大会上, 在 WRC-92 基础上又批准了新的附加频段: $806\sim 960\text{MHz}$ 、 $1710\sim 1885\text{MHz}$ 、 $2500\sim 2690\text{MHz}$ 。

1.7 移动通信中的基本技术

本节讲述移动通信的基本技术, 包括组网技术、编码技术、数字调制技术、抗衰落技术、移动数据交换技术等。

1.7.1 移动通信网的组网技术

移动通信组网的技术, 包括体制、小区制中服务区域的划分, 移动通信网的网络结构、多址技术, 组网中出现的干扰及消除方法, 多信道共用技术, 信道分配策略。

1.7.1.1 移动通信网的体制

移动通信网的体制按照区域覆盖方式分为两类：一类是小容量的大区制；另一类是大容量的小区制。

(1) 小容量的大区制

大区制是指在一个较大的服务区域（比如一个城市）内只设一个基站，由它控制、联络接通区域内的各个移动台。一个基站覆盖很大的服务区，半径约 30~50km。这使得基站、手机的发射功率要很大，基站的发射功率高达几十瓦到几百瓦，而且要很高的天线塔。

大区制的缺点是：在这样大的区域中，不能频率重复使用，所以一个基站所能提供的信道数有限，系统容量不高，不能满足用户数目日益增加的需要，这是此制式本身决定的，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）的通信就无法保证了，为此，常采用中继技术，即在服务区内设置若干个中继点 R_d 对移动台来的信号进行放大，然后再传给基站（如图 1-5 所示），以保证上行链路的通信质量。

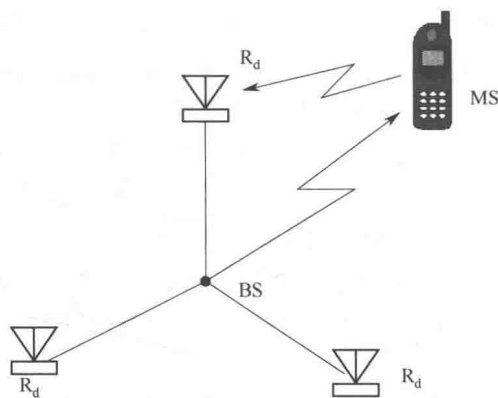


图 1-5 中继点对移动台来的信号放大并传给基站

大区制只适合于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) 大容量的小区制

小区制是指把整个通信服务区域分为若干个无线小区，每个小区的半径根据话务的密集度及通信环境差异，可以在几十米到几公里，甚至几十公里，每个小区分别设置一个基站，负责本区移动台的联系和控制，在移动业务交换中心的统一控制下，实现小区内、小区间，以及移动网和其他网络用户之间的通信。

其特点是：小区覆盖半径小，所以可用较小的发射功率实现双向通信。若干个小区构成大面积的覆盖，可以采用频率复用（或信道复用）提高频率利用率，增加系统容量。所谓频率复用（或信道复用）技术指的是：相邻小区不使用相同的频率（信道）组，但相隔几个小区间隔的不相邻小区可以重复使用同一组频率（信道），以充分利用频率资源。不使用同一组频率（信道）的若干个相邻小区就组成了一个区群（图中的阴影区域即为一个区群），即整个通信服务区也可看成是由若干个区群构成的。采用这种方法，可以用有限的频率资源实现对无限广大的地域进行覆盖，从而提高了频谱的利用率。

小区制蜂窝系统的最大优点是频率复用，它有效地利用了频率资源，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，使系统容量大大提高。现

代大容量的移动通信多采用小区制。但伴随而来的是技术实现上的复杂性，主要包括以下几个方面。

① 小区如何划分。

② 越区切换。移动台从一个基站覆盖的小区进入到另一个基站覆盖的小区的情况下，为了保持通信的连续性，如何将移动台与当前基站之间的通信链路转移到移动台与新基站之间的通信链路。

③ 移动性管理。非通信状态下，移动台位置移动了，如何寻找移动台。

1.7.1.2 小区的划分

按照地形不同，服务区有线状服务区和面状服务区之分。线状服务区用户的分布呈条状或带状，如河流、铁路、公路、狭长城市等；面状服务区的用户的分布呈一个宽广的平面，如广大城市与农村，陆上移动通信的大部分服务区是宽广的面状服务区。

(1) 小区形状

面状服务区的用户的分布呈一个宽广的平面，其服务区内小区的划分，取决于地形、地物的分布（它影响电波传播）和天线的方向性。为研究方便，假定整个服务区的地形地物相同，基站采用全向天线，它的覆盖区大体上是一个圆，即无线小区是圆形的。为了不留空隙地覆盖整个面状服务区，各个圆形覆盖小区之间一定存在很多重叠区。将重叠区一分为二到相邻的两个小区，每个小区的有效覆盖区域是圆的内接正多边形。

可以证明，由正多边形彼此邻接构成平面时，正多边形只能是正三角形、正方形和正六边形，如图 1-6 所示。分别称为正三角形小区、正方形小区和正六边形小区。

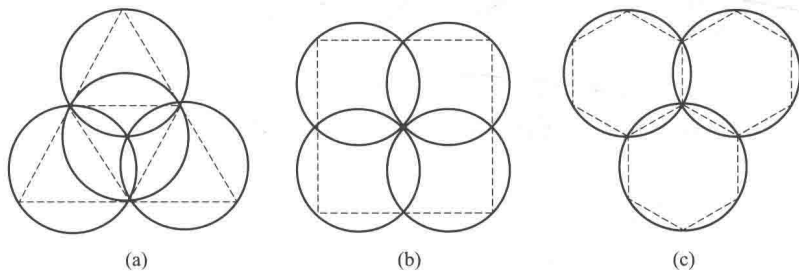


图 1-6 小区构成的几何图形

比较三种圆内接正多边形，正六边形小区的中心间隔最大，各基站间的干扰最小；交叠区面积最小，同频干扰最小，乒乓切换的概率最小；交叠距离最小，便于实现跟踪交换；覆盖面积最大，对于同样大小的服务区域，采用正六边形构成小区制所需的小区数最少，即所需基站数少，最经济；所需的频率个数最少，频率利用率高。因此面状服务区最佳的小区形状是正六边形。

正六边形构成的网络形状酷似蜂窝，因此将小区形状为六边形的小区制移动通信网称为蜂窝移动通信网。蜂窝结构示意图如图 1-7 所示。

(2) 无线区群（簇，cluster）

小区制的最大优点是可以进行频率复用，以提高频率利用率。但频率复用后要保证每个小区受到的干扰程度相同，为此引入了区群的概念。

所谓区群，就是一群相邻小区，当给每个无线小区分配信道组时，全部频谱在区群内分配使用，覆盖由 N 个小区组成的区群，频道总数被分成 N 组，每个小区分给一个频道组，

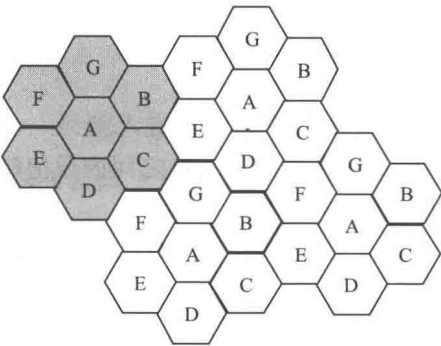


图 1-7 蜂窝结构示意图

区群内的每个小区配置不同的频率，全部频道分给区群。区群获得全部频率，相邻的区群重复使用相同的频率分配模式。

不同区群中的相同频率的小区之间将产生同频干扰。为此，划分区群时考虑频率利用率时也要考虑通信质量，使同频复用距离大于或等于同频复用保护距离，不能产生严重的同频干扰；且每个小区受到的干扰程度相同，保证网络质量的一致性。

划分区群的条件：区群由一群载波频率配置不同的相邻小区组成；区群之间可以邻接，且无空隙无重叠地覆盖更大的区域，以至无限扩展；邻接之后的区群应保证各个相邻同信频小区之间的距离相等。

满足划分区群的条件后，区群内小区数目 N 不是任意的， N 满足关系式： $N=a^2+ab+b^2$ (N 为区群中的小区个数， a 、 b 为相邻区群的同频小区间的间隔小区数， a 、 b 取正整数且不同时为零)。

N 的典型值为 3、4、7、9、12，其中 $N=4$ 就是 $a=0$ ， $b=2$ 得到的。

不同的 N 值得到各不相同的无线区群形状，如图 1-8 所示。

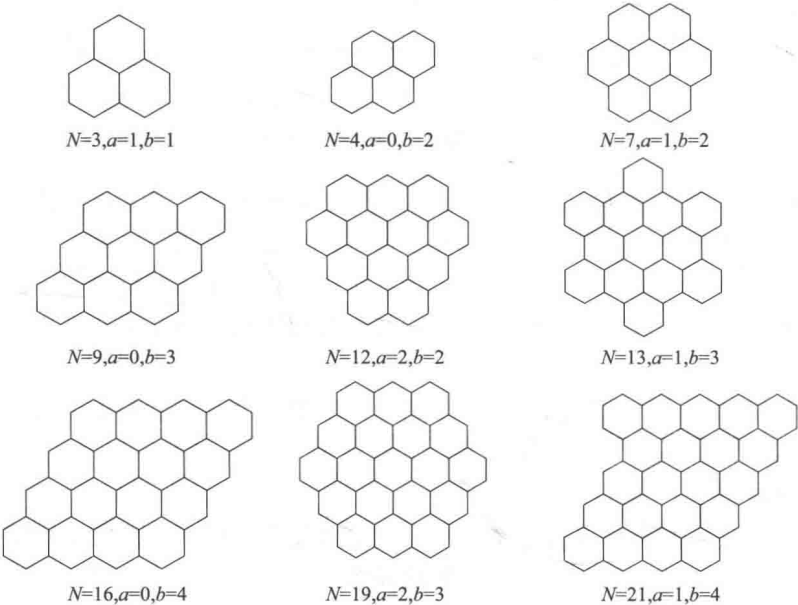


图 1-8 无线区群形状