



北京市高等教育精品教材立项项目

21世纪高职高专电子信息类规划教材  
21 Shiji Gaozhi Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuà Jiāocái

# 移动通信 技术

杨秀清 主编 裴春梅 廉诗阳 副主编

- 基于移动通信特点讲解移动通信技术的发展
- 突出实用性剖析GSM/CDMA(3G)移动通信网络
- 立足行业岗位需求介绍移动终端与基站设备



 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS





北京市高等教育精品教材立项项目

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuān Dianzi Xinxilei Guihua Jiocai

# 移动通信 技术

杨秀清 主编 裴春梅 廉诗阳 副主编



人民邮电出版社

北京

人民邮电出版社

样书

专用章

## 图书在版编目 (CIP) 数据

移动通信技术 / 杨秀清主编. —北京: 人民邮电出版社,  
2008. 12  
21世纪高职高专电子信息类规划教材  
ISBN 978-7-115-18962-2

I. 移… II. 杨… III. 移动通信—通信技术—高等学校:  
技术学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第157053号

## 内 容 提 要

本书重点介绍了我国所使用的 2G 移动通信系统 (GSM 数字蜂窝移动通信系统、CDMA 数字蜂窝移动通信系统) 和技术, 3G 移动通信系统和技术, 重点介绍了移动通信终端设备 (手机) 的性能测试、维修以及移动通信系统的操作、维护、建设等实际技能方面的知识, 同时在教材中适当引入移动通信的新技术和新内容。

本书由高职院校教学一线教师和通信企业一线工程技术人员共同编写, 突出理论与实践相结合的特点。本书可作为高职高专通信专业“移动通信技术”课程的教材, 也可作为移动通信行业相关人员的培训用书。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

## 移动通信技术

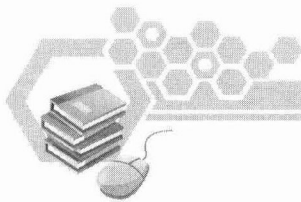
- 
- ◆ 主 编 杨秀清  
副 主 编 裴春梅 廉诗阳  
责任编辑 蒋 亮
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京楠萍印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 13.75  
字数: 346 千字  
印数: 1—3 000 册
- 2008 年 12 月第 1 版  
2008 年 12 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-18962-2/TN

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154



自 20 世纪 80 年代我国引入模拟移动通信网以来,经过 20 多年的发展,目前已拥有全世界最多的移动用户和覆盖范围最广的移动通信网,手机产量约占全球的 1/3,已成为名副其实的手机生产大国。

与此同时,随着 3G 网络的建设,移动通信市场的人才需求量将继续增加,移动通信专业也将具有良好的发展前景。为了适应移动通信技术的发展,培养移动通信生产和服务一线的技能型人才,许多高职高专院校建立了通信专业,开设了移动通信技术课程。该课程是一门应用范围广,具有基础作用的通信专业必修课程。

本书的编写是为了适应高等职业教育的需要,结合移动通信行业的特点和移动通信高等职业教育的培养目标,为高职高专广大师生提供一本移动通信教学的教材。本书也可用作移动通信行业相关人员的培训用书。

本书由高职院校教学一线教师和通信企业一线工程技术人员共同编写。教材的编写侧重于对高职学生动手实践能力的培养,专业知识以“必须、够用”为度,突出理论与实践相结合的特点。本书重点介绍了我国所使用的 2G 移动通信系统(GSM 数字蜂窝移动通信系统、CDMA 数字蜂窝移动通信系统)和技术,3G 移动通信系统和技术,同时对移动通信终端设备(手机)的功能电路及移动通信系统基站天馈线设备的结构、维护操作等实际技能方面的知识进行介绍,同时在教材中适当引入移动通信的新技术和新内容,并留好“接口”,便于修改和重新组合内容。

本书共分 12 章。第 1 章为概述;第 2 章介绍了移动通信的基本技术;第 3 章介绍 GSM 数字蜂窝移动通信系统;第 4 章介绍 GPRS 移动通信技术;第 5 章介绍了 CDMA 数字蜂窝移动通信系统;第 6 章简单介绍第三代移动通信系统;第 7 章重点讲解基站子系统;第 8 章介绍天线系统;第 9 章介绍其他移动通信技术;第 10 章介绍了手机的功能电路;第 11 章介绍手机电路识图;第 12 章为选学内容,简单介绍蓝牙技术。

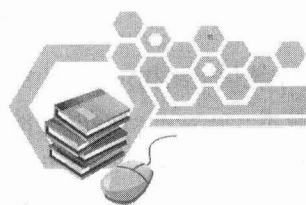
本书第 1、2、3、5 章由杨秀清编写,第 4、6、9、12 章由裴春梅编写,第 10、11 章由廉诗阳编写,第 7、8 章由孙轩编写。

本书的参考学时数为 84 学时。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者  
2008 年 9 月





<b>第 1 章 概述</b> .....	1	2.6.1 移动通信网的制式	23
1.1 移动通信的主要特点	1	2.6.2 无线区群的组成	24
1.2 移动通信系统组成	2	2.6.3 不同情况下无线小区的划分	26
1.3 移动通信系统的分类	3	2.6.4 数字蜂窝移动通信的基本网络结构	27
1.4 移动通信的发展	6	2.7 用户占用信道的方式	29
1.5 我国民用移动通信的频段分配方案	7	习题	31
习题	8	<b>第 3 章 GSM 数字蜂窝移动通信系统</b>	32
<b>第 2 章 移动通信的基本技术</b>	9	3.1 GSM 数字蜂窝移动通信系统的结构	32
2.1 语音压缩编码技术	9	3.1.1 GSM 系统的组成	32
2.1.1 模拟信号数字传输系统	10	3.1.2 GSM 网络接口	35
2.1.2 语音编码技术的分类	10	3.1.3 号码识别与编号	36
2.2 信道编码技术	11	3.1.4 GSM 系统的业务	39
2.2.1 信道编码技术的分类	11	3.2 GSM 系统的多址方式与频率配置	40
2.2.2 移动通信系统中的信道编码	12	3.2.1 多址方式	40
2.3 数字调制技术	12	3.2.2 频率配置	40
2.3.1 数字调制/解调的分类	13	3.3 GSM 系统的信道类型	42
2.3.2 最小移频键控和高斯滤波最小移频键控	15	3.3.1 信道类型	42
2.3.3 正交相移键控调制 (QPSK)	15	3.3.2 GSM 的帧结构	43
2.3.4 交错正交 (或四相) 相移键控 (OQPSK)	16	3.4 GSM 系统采用的有关技术和措施	45
2.3.5 $\pi/4$ -DQPSK 调制	17	3.4.1 数字移动通信的信道技术	45
2.3.6 正交复四相相移键控调制	17	3.4.2 交织技术	46
2.4 多址技术	17	3.4.3 跳频技术	46
2.4.1 频分多址	18	3.4.4 同步与定时	48
2.4.2 时分多址	19	3.4.5 鉴权和加密技术	48
2.4.3 码分多址	20	3.5 GSM 系统的运行与管理	49
2.4.4 空分多址	20	3.5.1 位置登记与更新	49
2.5 分集接收技术	21	3.5.2 呼叫接续	51
2.5.1 分集接收技术的概念	21	3.5.3 越区切换	52
2.5.2 分集技术	21	习题	54
2.5.3 合并技术	22	<b>第 4 章 GPRS 移动通信技术</b>	56
2.6 组网技术	23	4.1 GPRS 概述	56



4.1.1 GPRS 系统定义及构成方法	56	结构	84
4.1.2 GPRS 的特点	57	6.2.5 WCDMA 系统信道结构	85
4.2 GPRS 的网络结构	57	6.3 TD-SCDMA 技术	87
4.2.1 GPRS 网络总体结构	57	6.3.1 TD-SCDMA 系统特点	87
4.2.2 GPRS 网络的主要实体	58	6.3.2 TD-SCDMA 系统结构	88
4.3 GPRS 的业务	59	6.3.3 TD-SCDMA 系统信道结构	88
4.3.1 GPRS 业务概述	59	6.4 CDMA2000 系统	90
4.3.2 GPRS 无线业务的应用特征	60	6.4.1 概述	90
习题	61	6.4.2 CDMA2000 系统网络结构	91
<b>第 5 章 CDMA 数字蜂窝移动通信系统</b>	<b>62</b>	6.4.3 CDMA2000 系统信道	92
5.1 CDMA 系统的特点	63	习题	94
5.1.1 扩频通信技术	63	<b>第 7 章 基站子系统</b>	<b>95</b>
5.1.2 码分多址技术	65	7.1 基站系统的组成	95
5.1.3 CDMA 系统的特点	65	7.1.1 传输设备	95
5.2 CDMA 系统采用的有关技术和措施	67	7.1.2 动力设备	96
5.2.1 功率控制技术	67	7.1.3 天馈线系统	97
5.2.2 RAKE 接收技术	69	7.1.4 环境设备	98
5.2.3 语音编码技术	70	7.1.5 监测设备及走线架	98
5.2.4 CDMA 系统容量	70	7.1.6 基站收发信台 (BTS)	98
5.3 CDMA 系统的频率配置与信道划分	70	7.2 基站子系统的维护	102
5.3.1 前向逻辑信道	71	习题	103
5.3.2 反向逻辑信道	72	<b>第 8 章 天线系统</b>	<b>104</b>
5.4 CDMA 系统的网络结构	73	8.1 天线辐射电磁波的基本原理	104
5.5 CDMA 系统的控制和管理功能	73	8.2 天线的性能指标	105
5.5.1 登记注册	74	8.2.1 电性能参数	105
5.5.2 漫游管理	75	8.2.2 机械参数	107
习题	75	8.3 天线的类型	108
<b>第 6 章 第三代移动通信系统</b>	<b>76</b>	8.4 天线的选型	109
6.1 第三代移动通信系统概述	76	8.5 天线的安装	110
6.1.1 概述	76	习题	112
6.1.2 第三代移动通信的标准	78	<b>第 9 章 其他移动通信技术</b>	<b>113</b>
6.1.3 IMT-2000 频谱情况	80	9.1 PAS 系统	113
6.2 WCDMA 技术	81	9.1.1 个人通信接入系统的概念	113
6.2.1 WCDMA 技术概述	81	9.1.2 系统的组成	115
6.2.2 WCDMA 系统结构	82	9.1.3 PAS 系统发展	116
6.2.3 系统接口	84	9.2 无线局域网技术	117
6.2.4 WCDMA 无线网络的小区		9.2.1 无线局域网技术的概念	118
		9.2.2 无线局域网的结构	118
		9.2.3 无线局域网的主要协议标准	119



9.2.4 无线局域网技术的发展前景	120	11.4.5 三极管	172
9.3 卫星移动通信系统	121	11.4.6 开关与按键	175
9.3.1 卫星移动通信系统的概念及 主要特点	121	11.4.7 干簧管和霍尔元件	176
9.3.2 卫星移动通信系统组成	122	11.4.8 接插件	177
9.3.3 个人移动通信主要卫星移动 通信系统的简介	122	11.4.9 振压器	178
习题	124	11.4.10 电声器件	178
<b>第 10 章 手机的功能电路</b>	125	11.4.11 送话器	179
10.1 射频系统	125	11.4.12 显示器	179
10.1.1 接收机的电路结构	126	11.4.13 新型背景灯	180
10.1.2 接收机的功能电路	129	11.4.14 电源	180
10.1.3 发射机的电路结构	144	11.4.15 天线、地线与屏蔽	181
10.1.4 发射机的功能电路	145	11.4.16 基准频率时钟的识别	182
10.2 逻辑控制电路	152	11.4.17 滤波器的识别	183
10.2.1 控制器的组成	153	11.4.18 功率放大器的识别	186
10.2.2 逻辑音频电路	155	11.4.19 实时时钟晶体的识别	186
10.3 电源系统	158	11.4.20 VCO 组件的识别	187
10.3.1 开机信号电压	158	11.4.21 集成电路的识别	187
10.3.2 逻辑电路供电电压	158	11.4.22 SIM 卡卡座	188
10.3.3 射频电路供电电压	158	习题	189
10.3.4 SIM 卡电路供电电压	159	<b>第 12 章 蓝牙技术*</b>	190
10.3.5 显示电路供电电压	159	12.1 概述	190
10.3.6 其他电路供电电压	159	12.1.1 蓝牙技术特点	190
习题	160	12.1.2 蓝牙系统的功能单元	192
<b>第 11 章 手机常用无器件识别</b>	161	12.2 蓝牙网络	194
11.1 方框图	161	12.2.1 蓝牙网络的拓扑结构	195
11.1.1 方框图种类	161	12.2.2 蓝牙微微网	195
11.1.2 方框图功能	162	12.2.3 蓝牙散射网	199
11.1.3 方框图的特点	162	12.3 蓝牙系统的应用	200
11.1.4 方框图的识图方法	163	12.3.1 蓝牙可以为局域设备提供互连	200
11.1.5 方框图识图注意事项	163	12.3.2 支持多媒体终端	200
11.2 电原理图	163	12.3.3 家庭网络	200
11.3 印制板图	164	12.3.4 带有蓝牙功能的自动售货机	200
11.4 手机常用元器件识别	164	12.4 蓝牙发展的未来趋势	201
11.4.1 电阻	165	12.4.1 实践 3 阶段	201
11.4.2 电容	166	12.4.2 未来发展趋势	201
11.4.3 电感	168	12.4.3 进一步研究的问题	201
11.4.4 二极管	169	习题	202
		附录 中英文对照表	203
		参考文献	210



# 第 1 章

## 概述

1877 年,第一份用电话发出的新闻电讯稿被发送到波士顿《世界报》,这标志着电话为公众所采用,这也意味着人类揭开了一页崭新的交往史。

传统的固定通信使人类能够远距离、快速地传送信息,但通信中的电信号是通过基本固定不动的全封闭的线路,如双绞线、电缆、光缆传送的,所以固定通信也称为有线通信,在实际线路架设过程中,由于自然环境的影响,通信线路不可能无限制地敷设到人们所要求的地方,同时由于通信终端设备(电话机)是固定在某一个地方,是不可移动的,这在一定程度上限制了信息传播的范围,人们也日益觉得固定通信在某些方面已不适应现代生活快速、随时随地通信的需求。移动通信就是在这种需求背景下应运而生。

### 1.1 移动通信的主要特点

移动通信属于无线通信,通信终端设备是移动的,至少打电话或接电话的一方是在移动中的,传输信号以电磁波的形式在空中传输,传输线路也不再固定。因为传输线路的开放性,移动通信的通话质量不如有线通信好,但移动通信带给人们生产和生活上的方便足以弥补其缺陷,加之随着移动通信技术的发展,其通信质量也日益提高,手机已成为人们生活的一部分。自 20 世纪 80 年代我国引入模拟移动通信网以来,短短 20 几年,我国的移动电话用户已达 6 亿,按照我国 15 亿人口计算,平均每 2.3 个人就拥有一部手机。我国目前拥有全世界最多的移动用户,拥有覆盖范围最广、最大的移动通信网,手机产量约占全球的 1/3,是名副其实的手机生产大国。

和其通信方式相比,移动通信具有自身的特点,下面逐一进行介绍。

#### 1. 信号的传输环境恶劣

##### (1) 多径效应

由于传输信号是以电磁波的形式在空中传输,其传播特性与外界环境有很大关系。



在同一个接收地点，所收到的信号是由主径信号直射波和从建筑物或山丘反射、绕射过来的各种路径信号叠加而成的，如图 1-1 所示。各路径信号到达接收点时强度和相位都不一样，之间存在自干扰，导致叠加后的信号电平起伏变化，严重时信号电平起伏约 30dB，这就是所谓的多径效应或多径干扰。在移动通信系统中，采用分集接收技术抗多径干扰。

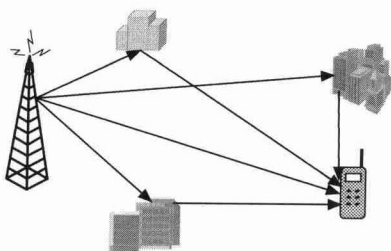


图 1-1 多径效应

关于移动通信系统中的基本技术，将在第 2 章中介绍。

### (2) 阴影效应

类似于阳光受到建筑物的阻挡产生阴影一样，电磁波在传输过程中，受到建筑物的阻挡，信号只有少部分传送到接收地点，使接收信号的电平起伏变化，即产生阴影效应。

## 2. 通信用户的移动性

### (1) 多卜勒效应

由于移动通信常常在快速移动中进行，当移动速度达到 70km/h 以上时，接收信号的频率随着速度和信号入射角而变化，使接收信号的电平起伏变化，即出现多卜勒效应。在移动通信系统中，使用锁相技术可以降低多卜勒效应带来的信号不稳定的影响。

### (2) 远近效应

由于通信用户和接收设备的距离是随机变化的，当距离近时接收信号强，当距离远时接收信号弱，距离的变化会使接收信号的电平起伏；另外，由于通信系统是在强干扰下工作的，如果距离近处的信号是干扰信号，则在接收端会发生强干扰信号压制远处弱有用信号的现象。上述的两种情况统称为远近效应。解决远近效应的技术是功率控制技术。

### (3) 移动性管理技术

通信用户经常漫游移动，为了实现实时可靠的通信，移动通信要求采用移动性管理技术，如位置登记、越区切换等。

### (4) 对移动通信终端设备要求高

要求手机携带方便、省电，目前手机制造在突出功能多样的同时，更注重外观的艺术设计，超薄超轻是制造商追求的目标之一。对于车载型和机载型终端设备，要求操作简单、维护方便、抗震，能在气温变化剧烈的情况下工作。

## 3. 组网方式灵活多样

由于通信环境的复杂，信号接收地点可能是繁华的市区，也可能是空旷的郊外或海域，所以移动通信的组网方式根据地形地貌而灵活多样，如在用户密度不大的地区采用大区制，在繁华的市区采用小区制，而小区制移动通信网又分为带状服务区（铁路、公路等狭长地区）和面状服务区。有关大区制和小区制将在后续章节中详细介绍。

## 1.2 移动通信系统组成

电信网基本上可以分为两个平行发展的网络：移动通信网（移动网）和固定通信网（固网）。

移动网（PLMN）有自己的专用设备和组网方式，并提供和固网（公用电话网——PSTN、综



合业务数字网——ISDN、分组交换公用数据网——PSPDN、电路交换公用数据网——CSPDN) 相连的接口,把移动用户与移动用户、移动用户与固定网用户互相连接起来。

一个移动通信系统主要的组成部分是:移动台(MS)、基站(BS)、移动业务交换中心(MSC)和与固网相连的接口设备。图 1-2 所示为一个基本的移动通信系统组成框图。

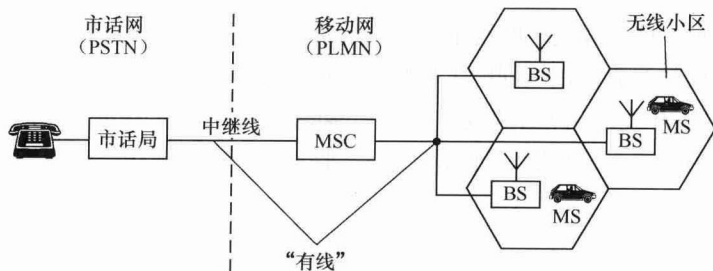


图 1-2 移动通信系统组成框图

### 1. 移动台

移动台(Mobile Station, MS)是公用移动通信网中移动用户使用的设备,也是用户能够直接接触的整个系统中的唯一设备,它可以为车载型、便携型和手持型。移动台提供两个接口,一个是接入系统的无线接口,另一个是与使用者之间的接口,对于手机来讲用户接口指的是按键和显示屏。

### 2. 基站

基站(Base Station, BS)通过无线接口直接与移动台相连,在移动台和网络之间提供一个双向的无线链路(信道),负责无线信号的收发与无线资源管理,实现移动用户间或移动用户与固网用户间的通信连接。基站本身只是起转发作用,任何移动用户(移动台)要通信,需将信息发给基站,再由基站转发给另一移动台。每个基站都有一个服务区,即无线电波的覆盖范围,服务区的大小是由基站的天线高度和发射功率决定。下面我们来对移动通信中常提到的无线信道进行定义。

信道是通信网络传递信息的通道。移动通信网的无线信道是指移动台与基站间的一条双向传输通道。如果信号是移动台发,基站收,移动台到基站的无线链路称为上行链路(上行信道);如果信号是基站发,移动台收,基站到移动台的无线链路称为下行链路(下行信道)。

### 3. 移动业务交换中心

移动业务交换中心(Mobile Service Switching Centre, MSC)是整个系统的核心,提供交换功能及面向系统其他功能实体和固定网的接口功能,它对移动用户与移动用户之间通信、移动用户与固定网络用户之间通信起着交换、连接与集中控制管理的作用。

## 1.3 移动通信系统的分类

移动通信系统可以按工作方式、多址方式、用途等分类,下面分别介绍。







## 1. 按工作方式分

按通信状态和频率使用方法划分,移动通信系统有单工制、半双工制和双工制 3 种工作方式。

### (1) 单工方式

单工方式是指通信的双方同时只能有一方发送信号,而另一方接收信号,发信时需“按-讲”操作,如图 1-3 所示。单工方式一般用于交通调度系统,单工方式又分为同频单工和异频单工两种。同频单工指通信的双方使用相同的工作频率( $f_1$ ),平时双方处于守听状态,当一方(A)发送时,按下“按-讲”开关,就可以发送,但不能接收对方(B)的信号,对方(B)此时只能接收,不能发送。同频单工方式收发信机轮流工作,收发天线可以共用,设备简单、省电,收发信机不存在相互干扰。

异频单工指通信双方使用两个频率 $f_1$ 和 $f_2$ ,当一方(A)发话时,按下“按-讲”开关,以 $f_1$ 发射信号,对方(B)以 $f_1$ 接收信号;B发话时,按下“按-讲”开关,以 $f_2$ 发射信号,对方(A)以 $f_2$ 接收信号,和同频单工一样,收发信机轮流工作,仅是收发频率不同。

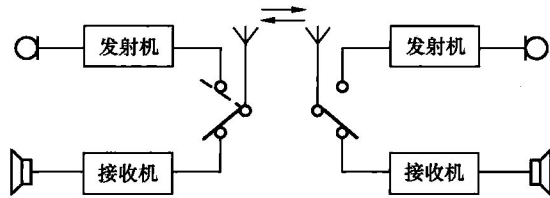


图 1-3 单工方式

### (2) 半双工方式

半双工方式指通信的双方有一方收发信机同时工作(双工工作),在通信的过程中既能发射信号也能接收信号,而另一方只能是单工工作。如图 1-4 所示,基站双工方式工作,同时收发信号,移动台采用“按-讲”的单工方式工作。由于基站占用两个频率,需要有天线共用器。

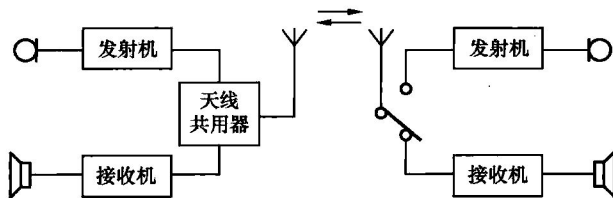


图 1-4 半双工方式

## 2. 双工方式

双工方式指通信的双方收发信机同时工作,通信的任一方在发话的同时也能收听到对方讲话,如图 1-5 所示。双工方式在实际应用中分为频分双工(FDD)和时分双工(TDD)。频分双工收发双方使用一对频率 $f_1$ 和 $f_2$ ,基站以 $f_1$ 发射信号,移动台以 $f_1$ 接收信号;移动台以 $f_2$ 发射信号,基站以 $f_2$ 接受信号。由于无论是否发话,发信机总是处在开启状态,电能消耗大。时分双工方式由于通信的双方都采用相同的频率,但在不同的时隙收发,如第 1 个时隙基站发射信号,第 2 个时隙移动台发射信号,实现双工通信。时分双工方式较频分双工省电,占用频率少,不需要有天线



共用器。

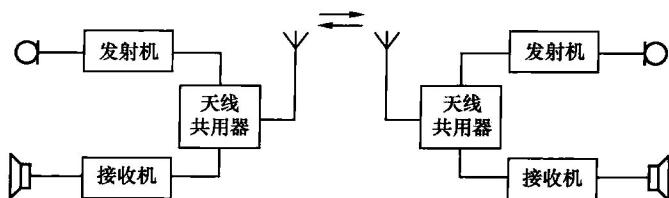


图 1-5 双工方式

### 3. 按信号性质及多址方式分

移动通信系统按传输信号性质及多址方式分为如下两种。即采用频分多址技术 (FDMA) 模拟蜂窝移动通信系统, 其传输信号是模拟信号; 采用时分多址技术 (TDMA) 或码分多址技术 (CDMA) 数字蜂窝移动通信系统, 其传输信号是数字信号。

#### (1) 模拟蜂窝移动通信系统

模拟蜂窝移动通信系统, 是在 20 世纪 70 末 80 年代初开始商用的, 称为第一代 (1G) 移动通信系统, 其主要技术是模拟调频和频分多址技术 (FDMA), 以单一的模拟语音业务为主, 其中以北美的 AMPS 和欧洲的 TACS 等几种典型的模拟蜂窝移动电话系统为代表。这几种模拟蜂窝移动电话系统之间互不兼容, 移动用户无法在各系统之间实现漫游, 由于传输信号是模拟信号, 所以频率利用率不高, 其容量不能满足日益增长的移动用户的需求; 抗干扰能力较差; 不易保密通信。目前, 模拟蜂窝移动通信系统已不再使用。

#### (2) 数字蜂窝移动通信系统

鉴于模拟蜂窝移动通信系统的不足, 第二代 (2G) 数字蜂窝移动通信系统, 在 20 世纪末应运而生, 数字蜂窝移动通信是在模拟蜂窝移动通信的基础之上发展起来的, 在网络组成和功能、设备配置等方面两者有相同的地方, 但数字蜂窝移动通信系统的传输信号是数字信号, 采用数字通信方式, 应用数字加密技术, 保证了用户信息的保密。所以, 在实现技术和管理控制方面和模拟蜂窝移动通信系统有很多不同, 也更为先进, 如采用了诸如语音编码, 数字调制等数字信号处理技术, 提高了频率利用率, 增大系统通信容量。同时, 第二代数字移动通信系统所采用的信道编码技术及分集、交织、均衡、扩频等数字传输技术, 提高了通信信号的传输质量, 有较强的抗干扰能力, 使网络管理和信道配置更为灵活。

目前使用的数字蜂窝移动通信系统以采用时分多址技术 (TDMA) 的欧洲的 GSM 系统和采用码分多址技术 (CDMA) 的北美的 CDMA 系统为代表, 两者均采用频分双工方式。时分多址技术和码分多址技术的应用, 将使系统容量大为增加, 使网络管理和信道配置更为灵活, 并且, 第二代数字蜂窝移动通信系统提供了一种公共标准, 可以提供在同一制式覆盖地区的全自动漫游服务, 使信道切换更加可靠。但不同的制式覆盖的地区无法进行漫游。虽然第二代数字移动通信系统和第一代模拟蜂窝移动通信系统相比也可以提供低速的数据业务, 但仍以语音业务为主, 为了满足人们对高速数据和多媒体业务的需求, 数字蜂窝移动通信系统已发展到第三代 (3G), 其代表是 CDMA2000、WCDMA 及我国提出的 TD-SCDMA。系统第三代数字蜂窝移动通信系统采用了先进的无线传送技术, 如快速功率控制、智能天线等, 可以提供高速数据和多媒体业务, 实现统一标准的全球无缝覆盖, 并可与第二代系统共存和互通。



#### 4. 移动通信系统其他分类方式

按使用对象来分：军用通信和民用通信。

按用途和区域分：陆地通信、水上通信和空中通信。

按服务范围和经营方式分：专用网、公用网。

按系统类型分：除了蜂窝移动通信系统外，还有其他移动通信系统，如无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统等。

## 1.4 移动通信的发展

移动通信技术主要是围绕如何解决有限的频率资源与不断增长的通信容量和业务范围之间的矛盾而发展的。

移动通信大致可分为以下几个发展阶段。

### 1. 初期阶段

从 20 世纪 20 年代起至 70 年代，移动通信的发展完成了从专用军事通信向民用（商业化）方向发展的过程，移动通信系统主要使用工作频率也从 2MHz 发展到 150MHz 和 450MHz，接续方式也从人工交换方式发展到自动交换方式。

### 2. 第一代（1G）移动通信系统

1978 年贝尔实验室研制成功采用频分多址技术的模拟蜂窝移动通信系统，从此以后至 80 年代中期，逐渐形成了以北欧的 NMT、北美的 AMPS、英国的 TACS 等几种典型的模拟蜂窝移动电话系统，统称为第一代（1G）移动通信系统。1G 系统的工作频率采用 400~900MHz 频段不等。模拟蜂窝移动通信系统的主要缺点是频率利用率低，保密性差，通信容量小，以单一的模拟语音业务为主。

我国在 1986 年投资建设模拟蜂窝式公用移动通信网，引进了美国 MOTOROLA 公司的 900MHz TACS 标准的模拟蜂窝移动通信系统（A 网）和瑞典 ERICSSON 的公司 900MHz TACS 标准的模拟蜂窝移动通信系统（B 网），1987 年 11 月，广东正式开通了移动电话业务，移动电话用户实现了“零”的突破。1996 年实现了 A 网、B 网的互连自动漫游。2001 年，我国模拟网关闭。

### 3. 第二代（2G）移动通信系统

20 世纪 80 年代中期至 20 世纪末，是第二代（2G）移动通信系统——数字式蜂窝移动通信系统发展和成熟阶段，推出了以欧洲的时分多址 GSM 系统和北美的码分多址 IS-95 系统为代表的数字式蜂窝移动通信系统，GSM 系统的主要使用频段为 900MHz 和 1800MHz，分别称作 GSM900 和 DCS1800，一般在 900MHz 频段无法满足用户容量需求时，会启用 1800MHz 频段。IS-95 系统的使用频段主要为 800MHz。

数字式蜂窝移动通信不但能克服模拟通信的一些弱点，还能提供数字语音业务和最高速率为 9.6kbit/s 的电路交换数据业务，并与综合业务数字网（ISDN）相兼容。





20世纪末欧洲电信标准协会(ETSI)推出了GPRS通用分组无线业务,GPRS是在现有第二代移动通信GSM系统上发展出来的分组交换系统,是GSM系统的升级版,GPRS系统与GSM系统工作频率是一样的,充分利用了GSM系统中的设备,只是在GSM系统的基础之上增加了一些硬件设备和软件升级,为GSM系统向第三代(3G)移动通信系统提供了过渡性的网络平台,所以GPRS系统被称作2.5G移动通信系统。GPRS可以提供最高速率为171.2kbit/s的分组交换数据业务。

我国的数字蜂窝移动通信网的大力发展是从20世纪末开始的。1994年,中国联通率先开始建设数字蜂窝移动通信网,1994年底,广东首先开通GSM数字移动电话网(俗称G网)。G网工作频率是900MHz,为了满足不断增长的通信容量,后来又建设了DCS1800移动通信系统的网(即D网),D网采用的是GSM900标准,不同的是工作频率为1800MHz,使用双频手机就可以在G网和D网中漫游通话。在2000年中国联通启动了CDMA移动电话网(即C网)建设。2004年出现了GSM/CDMA双模手机,双模手机用户可以自由选择使用G网和C网进行通信。目前我国应用的移动通信网主要是G网(主要运营商是中国移动与中国联通)和C网(主要由中国联通运营)。2001年,中国移动开通GPRS业务,标志着中国无线通信进入2.5G时代。经过短短20年的发展,我国已成为全球移动通信用户最多的国家,中国移动不仅是中国规模最大的移动通信运营商,也是拥有全球最大网络规模和用户规模的移动通信运营商。

#### 4. 第三代(3G)移动通信系统

由于第二代(2G)移动通信系统难以提供高速数据业务,无法实现全球覆盖和国际漫游,所以第三代(3G)移动通信系统从20世纪80年代开始研发时就成为通信技术的一大亮点。第三代(3G)移动通信系统可同时提供高质量的语音业务,最高传输速率为2Mbit/s数据、图像业务,同时支持多媒体业务;能够全球无缝漫游。

到了21世纪,第三代(3G)移动通信系统进入快速发展时期,其中最具有代表性的是基于GSM技术的欧洲与日本提出的WCDMA、北美提出的基于IS-95CDMA技术的CDMA2000和我国提出的TD-SCDMA。2001年我国启动了3G技术的试验,在2006年我国将CDMA2000、WCDMA及TD-SCDMA颁布为中国通信行业标准,并进行了大规模的3G网络试验,专家预计从2007年开始我国真正踏上3G建设与成熟的征程。

在3G技术之后,人们又开始研发4G、5G技术。固定网、移动网、计算机网络、广播电视网的融合成为发展的大趋势,以IP为基础的移动互联网业务将是未来的主流业务。

## 1.5 我国民用移动通信的频段分配方案

使用频段需遵守国际电信联盟(ITU)的管理,在我国,国家无线电管理委员会管理着频段的使用。目前使用频段越来越高,已发展到了2000MHz,现在移动通信使用的频段主要在150MHz、450MHz、900MHz和2000MHz频段。

根据国际电信联盟划分给移动通信使用的频段,国家无线电管理委员会制定了我国的民用移动通信的频段分配方案(单位为MHz):29.7~48.5、64.5~72.5(与广播共用)、72.5~74.6、75.4~76、138~149.9、150.05~156.725、156.875~167、223~235、335.4~399.9、406~420、450~470、550~606、798~960(与广播共用)、1427~1535、1668.4~2690、4400~4990。



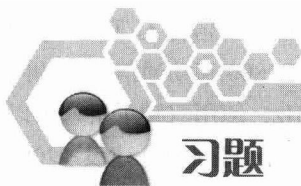
我国移动通信网络所使用的频段如下：

GSM900MHz：上行频率（移动台到基站）890 ~ 915MHz；下行频率（基站到移动台）935 ~ 960MHz。

DCS1 800MHz：上行频率 1 710 ~ 1 785MHz；下行频率 1 805 ~ 1 880MHz。

CDMA 网络所使用的频段如下：

CDMA800MHz：上行频率 825 ~ 835MHz；下行频率 870 ~ 880MHz。



## 习题

1. 简述移动通信的特点。
2. 移动通信按用户的通话状态和频率使用的方法分可分为哪 3 种工作方式？
3. 什么是多卜勒效应？有何影响？
4. 什么是远近效应？
5. 简述移动通信的发展历程。

# 第2章

## 移动通信的基本技术

在移动通信中，由于传输信道和通信用户是动态的，不固定的，所以，各种移动通信技术是围绕着如何适应信道和用户的动态特性而发展的，主要的数字移动通信技术包括以下几个方面。

- (1) 信道技术：语音压缩编码技术、信道编码技术、数字调制技术等。
- (2) 数字传输技术：分集接收技术、扩频技术、均衡技术、交织编码技术等。
- (3) 网络技术：多址技术、功率控制技术、组网技术、越区与漫游等。

本章重点介绍语音压缩编码、信道编码、数字调制这些可以提高移动通信系统有效性和可靠性的数字移动通信技术，同时介绍基本网络技术，如多址技术、组网技术等，其他的技术将结合具体的移动通信系统在后续章节中陆续介绍。

### 2.1 语音压缩编码技术

移动通信系统的重要性能指标之一就是有效性。有效性指通信系统传输消息的“速率”问题，即快慢问题。提高有效性的手段之一是通信系统的信源编码技术，在数字移动通信中信源编码技术是语音数字化的重要技术之一。

信源编码技术的主要任务是通过降低数字信号的码元速率，压缩频带，达到提高信号传输有效性的目的。第二代（2G）数字蜂窝移动通信系统以语音业务为主，所以信源编码主要是指语音压缩编码，第三代（3G）数字蜂窝移动通信系统不仅提供语音业务，还提供高速数据、图像业务，同时支持多媒体业务，所以信源编码除了语音编码外还有图像压缩编码、多媒体数据压缩编码等。数字移动通信中，语音的数字化是其重要标志，所以本书主要介绍第二代（2G）和第三代（3G）数字蜂窝移动通信系统都应用的语音压缩编码技术。

由于数字蜂窝移动通信系统传输信号是数字信号，在通信系统的发送端必须将信源发出的模拟语音信号，转换成有规律的、适应信道传输的数字信号，这就是语音编码技术。





## 2.1.1 模拟信号数字传输系统

图 2-1 所示为模拟信号数字传输系统组成框图。信源编码器用于将模拟信号源输出的模拟信号变换为数字随机序列。信源解码器用来将经过数字通信系统传输后的数字随机序列再还原为模拟信号。

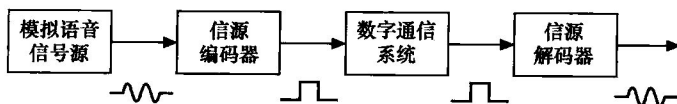


图 2-1 模拟信号数字传输系统

## 2.1.2 语音编码技术的分类

语音编码技术可分为波形编码技术、参量编码技术、混合编码技术 3 类。对移动通信系统而言，衡量一种编码技术的好坏主要从信号的数码率、语音质量、数字语音编码的处理时延等方面考虑。信号的数码率越低，通信系统的有效性越高，误码率越小，语音质量越好。另外，数字语音编码技术中要求语音编码的处理时延应尽量小，要求在 40ms 以内。波形编码的处理时延几乎为 0，是这 3 类编码技术最少的。

### 1. 波形编码技术

波形编码是利用 A/D 变换技术，通过对模拟语音波形进行采样、量化，然后用二进制码表示出来的编码方式。因为波形编码能够在接收端精确再现模拟语音波形，得到语音质量较好的信号，因而被经常采用。这种技术包括脉冲编码调制 (PCM)、脉码增量调制 (DPCM) 和自适应增量调制 (ADPCM)。PCM 是基本的波形编码方法，一路语音信号经过抽样、量化、编码，输出的 PCM 信号的数码率为 64kbit/s。DPCM 是对相邻抽样值的差值序列进行量化编码的方法，DPCM 是在 PCM 的基础上发展起来的，但和 PCM 相比，因为是对较小的差值序列进行量化编码，所以每秒传输的码元数（或数码率）即可降低，从而提高了传输效率。

ADPCM 是在 DPCM 的基础上，再采用自适应预测功能和自适应量化功能，把自适应技术和差分脉冲编码调制结合起来的波形编码技术，可在保证通信质量的基础上，进一步压缩数码率。ADPCM 技术使信号数码率降为 32kbit/s，传输效率提高了一倍。

### 2. 参量编码技术

参量编码不是直接对语音波形进行编码，而是在发送端直接提取模拟语音信号的一些特征参量，并对这些参量进行编码的一种方式。参量编码的数码率比波形编码低，数码率常在 4.8kbit/s 以下，但接收端重建的信号质量不好，有明显的失真，因为在接收端收到的语音信号是根据发送的特征参量人工合成得到的，实现参量编量的系统称为声码器。

### 3. 混合编码技术

混合编码是波形编码和参量编码方式的混合，在参量编码技术的基础上附有一些波形编码的特征，吸取波形编码的高质量与参量编码的低速率的优点。混合编码是移动通信系统使用最多的