

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

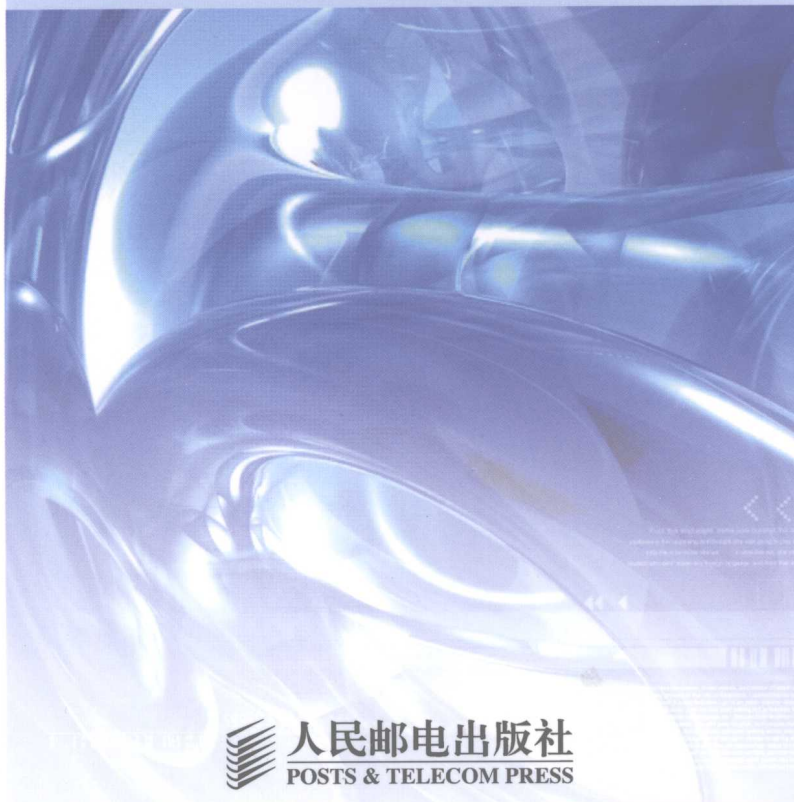
21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

# 移动通信 技术与设备

解相吾 主编 吴涛 解文博 刘杰 编

- 适应高职教育要求，突出工学结合
- 理论与应用相配合，培养实践能力
- 技术与设备相呼应，零距离衔接岗位



 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

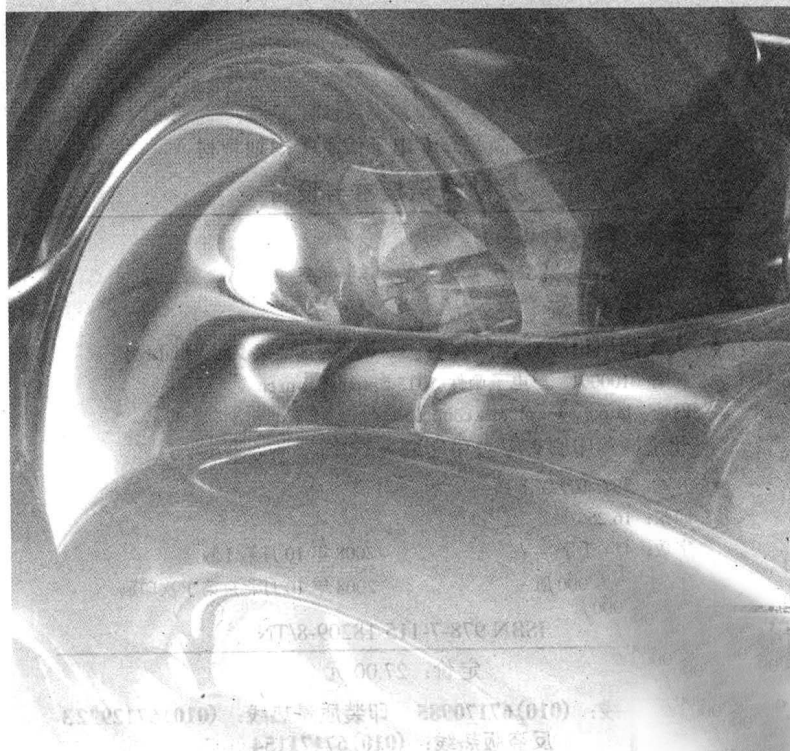
21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuhan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

张洪 (910) 吕海斌 (910)

# 移动通信 技术与设备

解相吾 主编 吴涛 解文博 刘杰 编



人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

移动通信技术与设备 / 解相吾主编; 吴涛, 解文博, 刘杰编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.10  
21 世纪高职高专电子信息类规划教材  
ISBN 978-7-115-18209-8

I. 移… II. ①解…②吴…③解…④刘… III. ①移动通信—通信技术—高等学校: 技术学校—教材②移动通信—通信设备—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 077104 号

## 内 容 提 要

本书从实际应用出发, 深入浅出地介绍了移动通信技术的基本理论知识和相关设备的基本原理。全书共 11 章, 主要内容包括移动通信的基本概念、移动通信的主要技术、移动通信的网络结构、移动通信的电波传播与干扰、GSM 移动通信系统、CDMA 移动通信系统、通用分组无线业务 (GPRS)、小灵通 (PAS) 系统和第三代移动通信系统, 最后介绍了基站 (BS) 设备及其管理和终端设备等。

本书概念清晰, 层次清楚, 图文并茂, 通俗易懂, 既可作为高职高专通信类、电子信息类专业移动通信相关课程的教材, 也可作为普通高校独立学院相关课程的教学用书。此外, 本书也可作为通信工程技术人员的培训教材使用。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

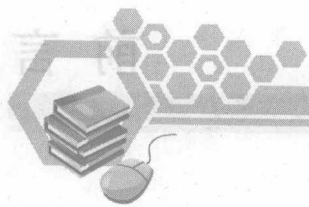
## 移动通信技术与设备

- 
- ◆ 主 编 解相吾  
编 吴涛 解文博 刘杰  
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: 16.25  
字数: 414 千字  
印数: 1—3 000 册

ISBN 978-7-115-18209-8/TN

定价: 27.00 元

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

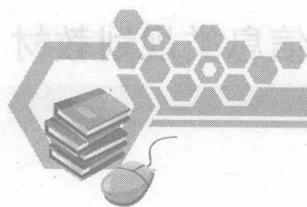


## 编 委 会

(按姓氏笔画排序)

马晓明	王钧铭	韦泽训	刘建成
孙社文	孙青华	朱祥贤	严晓华
吴柏钦	张立科	李斯伟	周训斌
武凤翔	宫锦文	黄柏江	惠亚爱
滑 玉	蒋青泉	谭中华	

执行编委：蒋 亮



随着科学技术的进步,我国通信产业得到了空前规模的发展。在移动通信领域,由于移动通信相关技术的迅猛发展和移动通信各类业务的广泛应用,移动通信整体产业规模越来越大。与此同时,对于人才的要求也越来越高、越来越迫切。

目前,移动通信领域的相关企业,包括移动通信运营企业和移动设备设计制造企业,迫切要求本专业的师生和工程技术人员既要掌握移动通信基础理论,同时又熟悉相关设备,并熟练掌握实际应用的能力。为此,许多高职高专院校相继开设了通信工程、移动通信、通信网络等专业,且招生规模呈现不断扩大的趋势。但是,对于高职高专院校来说,移动通信等相关课程是一门新兴的课程,许多学校不得不用本科教材代替,而本科教材理论偏深偏难,很多高职学生难以接受。为此,根据高等职业教育和高职学生的特点,结合多年来的实践教学经验,我们编写了这本书。

本书将移动通信技术理论与实际应用相结合,从移动通信的基本概念、基本组成、基本技术到设备的基本原理进行了全面介绍,力求反映最新的移动通信技术,使广大师生和读者通过本书的学习,了解通信技术与设备的基本概念和运行机制,提高专业实践综合应用能力,把握未来的发展趋势,为今后的工作和发展打下坚实的基础。

全书共 11 章,主要内容包括移动通信的基本概念、移动通信的主要技术、移动通信的网络结构、移动通信的电波传播与干扰、GSM 移动通信系统、CDMA 移动通信系统、通用分组无线业务(GPRS)、小灵通(PAS)系统、第三代移动通信系统、基站(BS)设备与管理与终端设备。

本书紧密结合高职高专的教育特点,突出通用性和实用性,注重实践能力的培养。在编写中本着“够用、必需”的精神,省略了繁锁的理论推导,遵循循序渐进的原则,内容编排力求由浅入深、通俗易懂,对移动通信领域中所涉及的各种技术和设备进行了较为详尽的阐述,并配以丰富的图表和图片,以利于学生形象地掌握最基本的原理。

本书可作为高职高专通信类、电子信息类专业移动通信相关课程的教材。

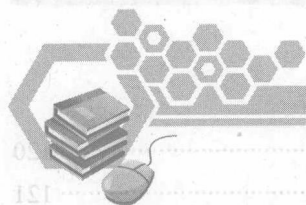
本书由解相吾主编,解相吾、吴涛、解文博、刘杰共同编写。其中吴涛编写第 8、9 章,解文博编写第 11 章,刘杰编写第 7 章,解相吾编写了其他章节。参与本书资料收集和文字校正的有徐小英、陆华春、李安、关天军、陈炯光、陈杰辉、王永豪等,编者在此表示衷心的感谢!

由于作者水平和经验有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请广大读者批评指正。

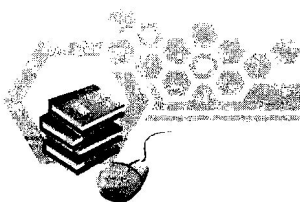
编者

2008 年 9 月

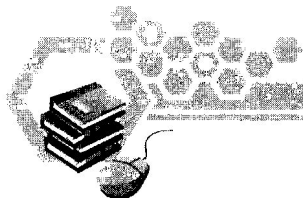




<b>第 1 章 移动通信的基本概念</b> ..... 1	
1.1 移动通信的定义..... 1	
1.2 移动通信的发展概况..... 4	
1.2.1 GSM 发展历程..... 5	
1.2.2 CDMA 的发展..... 6	
1.3 移动通信的分类..... 6	
1.4 移动通信的工作方式..... 8	
1.4.1 单工通信..... 8	
1.4.2 半双工通信..... 9	
1.4.3 全双工通信..... 9	
1.5 移动通信网络的频率配置..... 10	
1.6 移动通信技术的发展趋势..... 12	
小结..... 16	
习题..... 16	
<b>第 2 章 移动通信的主要技术</b> ..... 18	
2.1 数字调制技术..... 18	
2.1.1 数字调制技术的分类..... 19	
2.1.2 线性调制技术..... 20	
2.1.3 恒包络调制技术..... 25	
2.1.4 正交振幅调制技术..... 32	
2.2 编码技术..... 34	
2.2.1 信源编码..... 34	
2.2.2 信道编码..... 38	
2.2.3 纠错编码的基本原理..... 41	
2.2.4 交织技术..... 42	
2.2.5 网格编码调制..... 43	
2.3 基带传输..... 44	
2.3.1 数字基带信号的常用码型..... 44	
2.3.2 码型变换的基本方法..... 45	
2.3.3 数字基带系统的组成..... 48	
2.4 多址技术..... 49	
2.4.1 频分多址..... 50	
2.4.2 时分多址..... 50	
2.4.3 码分多址..... 52	
2.4.4 空分多址..... 53	
2.5 跳频扩频技术..... 53	
2.5.1 伪随机序列..... 54	
2.5.2 直接序列扩频..... 57	
2.5.3 跳变频率扩频..... 58	
2.6 分集接收技术..... 60	
2.6.1 分集接收原理..... 60	
2.6.2 分集接收方式..... 60	
2.6.3 Rake 接收..... 62	
小结..... 64	
习题..... 65	
<b>第 3 章 移动通信的网络结构</b> ..... 66	
3.1 网络结构..... 66	
3.1.1 基本结构..... 66	
3.1.2 区域覆盖方式..... 68	
3.1.3 服务区形状..... 69	
3.2 信令..... 70	
3.2.1 信令的类型..... 70	
3.2.2 数字信令..... 71	
3.2.3 信令的应用..... 71	
3.3 越区切换与位置管理..... 73	
3.3.1 越区切换..... 73	
3.3.2 位置管理..... 74	
小结..... 77	
习题..... 77	
<b>第 4 章 移动通信的电波传播与干扰</b> ..... 79	
4.1 无线电波的传播..... 79	
4.1.1 无线电波..... 79	
4.1.2 无线电波的波段划分..... 80	
4.1.3 无线电波的传播方式..... 80	
4.2 移动通信中电波传播特性..... 81	
4.2.1 传播损耗..... 82	



4.2.2 信号衰落	82	小结	120
4.3 信道的结构	83	习题	121
4.3.1 信道的定义	83	<b>第6章 CDMA 移动通信系统</b>	<b>122</b>
4.3.2 信道的类型	84	6.1 概述	122
4.3.3 信道的结构组成	85	6.1.1 扩频通信的基本概念	123
4.4 信道内的噪声与干扰	87	6.1.2 CDMA 系统的基本特点	126
4.4.1 噪声	87	6.1.3 CDMA 系统的基本特性	129
4.4.2 信道内的干扰	88	6.2 CDMA 系统信道组成	131
小结	93	6.2.1 前向传输信道	131
习题	94	6.2.2 反向传输信道	133
<b>第5章 GSM 移动通信系统</b>	<b>95</b>	6.3 CDMA 移动通信系统组成	134
5.1 GSM 移动通信系统综述	95	6.3.1 网络子系统	135
5.2 GSM 的系统结构	97	6.3.2 基站子系统	136
5.2.1 交换网络子系统	97	6.3.3 移动台	138
5.2.2 无线基站子系统	99	6.4 IS-95CDMA 系统简介	139
5.2.3 移动台	99	小结	140
5.3 GSM 的网络结构	100	习题	141
5.3.1 移动业务本地网的网络结构	100	<b>第7章 通用分组无线业务 (GPRS)</b>	<b>142</b>
5.3.2 省内移动通信网的网络结构	101	7.1 概述	142
5.3.3 全国移动通信网的网络结构	101	7.2 GPRS 的体系结构	143
5.3.4 GSM 的网络接口	102	7.2.1 GPRS 逻辑结构	143
5.4 GSM 网络的编号与业务	104	7.2.2 GPRS 物理结构	146
5.4.1 编号	104	7.2.3 GPRS 的网络结构	147
5.4.2 主要业务	106	7.3 GPRS 的协议	149
5.5 GSM 信道配置	109	7.3.1 GPRS 协议基础	150
5.5.1 帧结构	110	7.3.2 GPRS 协议模型	152
5.5.2 GSM 的时隙结构	111	7.3.3 GPRS 参考模型与移动台	153
5.5.3 信道及其组合	113	7.4 GPRS 的特点与业务应用	153
5.6 接续流程与管理	115	7.4.1 GPRS 的特点	153
5.6.1 位置更新流程	116	7.4.2 业务应用	155
5.6.2 移动用户至固定用户出局呼叫 流程	116	小结	157
5.6.3 固定用户至移动用户入局呼叫 流程	117	习题	158
5.6.4 切换流程	118	<b>第8章 小灵通 (PAS) 系统</b>	<b>159</b>
5.6.5 鉴权与加密	118	8.1 概述	159
		8.2 小灵通 (PAS) 系统组成	162
		8.2.1 本地市话网	163



8.2.2 无线接入设备	165	10.1 基站的组成	199
8.2.3 无线电话	168	10.1.1 射频部分	200
8.3 PAS 的关键技术	169	10.1.2 控制部分	203
8.3.1 PAS 的频率	169	10.2 选址与安装	205
8.3.2 PAS 系统的信道和帧结构	170	10.2.1 机房选址	205
8.3.3 微蜂窝与信道动态分配	172	10.2.2 天线馈线系统安装	206
8.3.4 切换技术	174	10.2.3 基站整体安装	213
小结	178	10.2.4 防雷与接地	214
习题	178	10.2.5 供电系统	215
<b>第 9 章 第三代移动通信系统</b>	<b>179</b>	10.2.6 空调系统	217
9.1 概述	179	10.3 日常维护	218
9.1.1 第三代移动通信系统的标准	179	小结	220
9.1.2 第三代移动通信系统的特点	180	习题	220
9.1.3 3G 的目标与要求	181	<b>第 11 章 终端设备</b>	<b>222</b>
9.1.4 3G 的发展趋势	182	11.1 GSM 手机	222
9.2 第三代移动通信系统的组成	183	11.1.1 射频部分	223
9.2.1 WCDMA	183	11.1.2 逻辑/音频部分	229
9.2.2 CDMA2000	184	11.1.3 电源部分	232
9.2.3 TD-SCDMA	186	11.1.4 其他电路	233
9.2.4 3 种主要技术制式的比较	188	11.2 CDMA 手机	234
9.3 第三代移动通信系统提供的业务	189	11.2.1 概述	234
9.4 第三代移动通信系统的关键技术	190	11.2.2 收发部分	237
9.4.1 新型调制技术	190	11.2.3 逻辑/音频部分	242
9.4.2 智能天线技术	192	11.2.4 电源部分	244
9.4.3 多用户检测技术	193	11.3 小灵通 (PAS)	246
9.4.4 多径分集接收技术	194	11.3.1 射频电路	248
9.4.5 多层网络结构	195	11.3.2 逻辑控制电路 (IC801)	249
9.4.6 功率控制技术	195	11.3.3 电源管理系统 (IC901)	250
9.4.7 软件无线电技术	197	小结	251
小结	197	习题	251
习题	198	<b>参考文献</b>	<b>252</b>
<b>第 10 章 基站 (BS) 设备与管理</b>	<b>199</b>		



# 第1章

## 移动通信的基本概念

**【本章内容简介】** 本章主要介绍了移动通信的基本原理及其应用方面的基本概念，对移动通信的特点、分类、工作方式和网络的频率配置等进行了详尽的说明，概述了移动通信的发展历程，同时展望了未来的发展趋势。

**【学习重点与要求】** 重点掌握移动通信的定义、特点、分类和工作方式，了解无线频谱的规划及移动通信的工作频段。

### 1.1 移动通信的定义

在人类社会的发展进程中，通信始终与人类社会的各种活动密切相关。无论是古代的“烽火台”，还是现代的移动电话，都属于通信的范畴。

现代通信系统是信息时代的生命线，以信息为主导的信息化社会又促进通信新技术的大力发展，传统的通信网已不能满足现代通信的要求，移动通信已成为现代通信中发展最为迅速的一种通信手段。随着人类对信息需求的不断提高，通信技术正在逐步走向智能化和网络化。人们对通信的理想要求是：任何人（Whoever）在任何时候（Whenever）无论在任何地方（Wherever）能够同任何人（Whoever）进行任何方式（Whatever）的交流。很明显，如果没有移动通信，上述愿望将永远无法实现。

移动通信在现代通信领域中占有十分重要的地位。所谓移动通信，就是指通信双方至少有一方处于运动状态中进行信息交换。例如，运动着的车辆、船舶、飞机或行走着的人与固定点之间进行信息交换，或者移动物体之间的通信都属于移动通信。这里所说的信息交换，不仅指双方的通话，同时也包括数据、传真、图像等多媒体业务。

移动通信是一门复杂的高新技术，尤其是蜂窝移动通信。要使通信的一方或双方在移动中实现通信，就必须采用无线通信方式。移动通信技术不仅集中了无线通信和有线通信的最新技术成就，而且集中了网络技术和计算机技术的许多成果。目前，蜂窝移动通信已从模拟通信阶段发展到了数字通信阶段，并且正朝着第三代移动通信这一更高阶段发展。



移动通信与其他通信方式相比，主要具有以下特点。

### 1. 无线电波传播环境复杂

在移动通信中，基站至用户间靠无线电波来传送信息。当前，移动通信的频率范围在其高频（VHF，30~300 MHz）和特高频（UHF，300~3 000 MHz）内。这个频段的特点是：传播距离在视距范围内，通常为几十千米；天线短，抗干扰能力强；以地表面波、电离层反射波、直射波和散射波等方式传播，受地形地物影响很大，如移动通信系统多建于市区内，城市中的高楼林立、高低不平、疏密不同、形状各异，这些都使移动通信传播路径进一步复杂化，并导致其传输特性变化十分剧烈，如图 1-1 所示。由于以上原因，移动台接收到的电波一般是直射波和随时变化的绕射波、反射波、散射波的叠加，这样就造成所接收信号的电场强度起伏不定，最大可相差 20~30 dB，这种现象称为衰落。在衰落现象中，既有长期（慢）衰落，也有十分严重和频繁的短期（快）衰落。

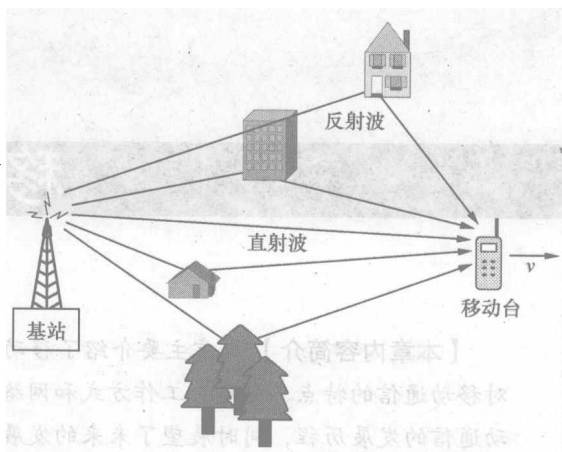


图 1-1 电波的多径传播

慢衰落是由于电波传播路径上遇到建筑物、树林等障碍物阻挡，在阻挡物的后面形成了电波阴影区。阴影区的信号电场强度较弱，

当移动台在穿过阴影区时，就会造成接收信号电场强度中值的缓慢变化，发生阴影效应。阴影效应引起的衰落一般服从正态分布，这种衰落有时又称为正态（高斯）衰落。陆地移动信道的主要特征是多径传播。传播过程中会遇到很多建筑物、树木以及起伏的地形，引起能量的吸收和穿透以及电波的反射、散射及绕射等，这样，使移动传播环境中充满了反射波。

在移动传播环境中，到达移动台天线的信号不是来自于单一路径的，而是来自于许多路径的众多反射波的合成。由于电波通过各个路径的距离不同，因而来自于各个路径的反射波到达的时间不同，相位也就不同。不同相位的多个信号在接收端叠加，有时同相叠加而加强；有时反相叠加而减弱。这样，接收信号的幅度会产生急剧变化，即产生了衰落。这种衰落是由多径引起的，所以称为多径衰落。多径衰落信号的振幅服从瑞利分布，所以多径衰落又称为瑞利衰落。多径衰落使信号电平起伏不定，严重时将影响通话质量。

衰落的现象很容易理解，但由于移动用户的移动具有随机性，所以要解决这种现象是非常复杂的，这就要求在设计移动通信系统时，必须使其具有抗衰落性能和一定的储备。

### 2. 多普勒频移产生调制噪声

移动台经常处在运动之中（如超音速飞机），当达到一定速度时，固定点接收到的载波频率将随运动速度  $v$  的不同，产生不同的频移，即产生多普勒效应，使接收点的信号场强振幅、相位随时间、地点的变化而不断地变化，如图 1-2 所示。

多普勒频移  $f_d$  与移动物体的运动速度  $v$ 、接收信号载波的波长  $\lambda$ 、电波到达的人射角  $\theta$  有关，即

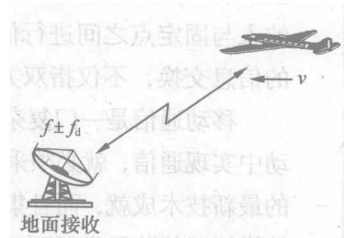


图 1-2 多普勒效应



$$f_d = (v/\lambda)\cos\theta$$

运动方向面向地面接收站,  $f_d$  为正值; 反之,  $f_d$  为负值。并且, 工作频率越高, 频移越大, 对信号传输的影响越大。在高速移动电话系统中, 多普勒频移可对语音有 300 Hz 左右的影响, 产生地面接收附加调频噪声, 出现失真。为防止多普勒效应对通信系统的影响, 通常地面设备的接收机需要采用锁相技术, 加入自动频率跟踪系统, 即接收机在捕捉到高速移动物体发来的载频信号之后, 当发来的载频信号随速度  $v$  变化时, 地面接收机本振信号频率随之变化, 这样就可以不使信号丢失; 另外, 还可以利用其窄带性能, 把淹没在噪声中的微弱信号提取出来, 这也是一般接收机做不到的。所以移动通信设备都毫无例外地采用锁相技术。

### 3. 移动台工作时经常受到各种干扰

移动台所受到的噪声影响主要来自于城市噪声、各种车辆发动机点火噪声、微波炉干扰噪声等; 对于自然界中如风、雨、雪等的自然噪声, 由于频率较低, 可忽略其影响。

移动通信网是多频道、多电台同时工作的通信系统。当移动台工作时, 往往受到来自其他电台的干扰, 主要的干扰有互调干扰、邻道干扰及同频干扰等。因此, 无论在系统设计中, 还是在组网时, 都必须对各种干扰问题予以充分的考虑。

#### (1) 互调干扰

互调干扰是指两个或多个信号作用在通信设备的“非线性器件”上, 产生同有用信号频率相近的组合频率, 从而对通信系统构成干扰的现象。互调干扰是由于在接收机中使用“非线性器件”而引起的。如接收机的混频, 当输入回路的选择性不好时, 就会使不少干扰信号随着有用信号一起进入混频级, 最终形成对有用信号的干扰。

#### (2) 邻道干扰

邻道干扰是指相邻或邻近的信道(或频道)之间的干扰, 是由于一个强信号串扰弱信号而造成的干扰。如当两个用户距离基站位置差异较大, 且这两个用户所占用的信道为相邻或邻近信道时, 距离基站近的用户信号较强, 而远的用户信号较弱, 因此, 距离基站近的用户有可能对距离基站远的用户造成干扰。为解决这个问题, 在移动通信设备中, 采用了自动功率控制电路, 以调节发射功率。

#### (3) 同频干扰

同频干扰是指相同载频电台之间的干扰。由于蜂窝式移动通信采用同频复用来规划小区, 这就使系统中相同频率电台之间的同频干扰成为其特有的干扰。这种干扰主要与组网方式有关, 在设计和规划移动通信网时必须予以充分的重视。

### 4. 对移动台的要求高

移动台长期处于不固定位置状态, 外界的影响很难预料, 如尘土、振动、碰撞、日晒、雨淋等, 这就要求移动台具有很强的适应能力; 此外, 还要求性能稳定可靠, 携带方便, 小巧, 低功耗以及能耐高、低温等; 同时, 要尽量使用户操作方便, 适应新业务、新技术的发展, 以满足不同人群的使用。这就给移动台的设计和制造带来了很大困难。

### 5. 通道容量有限

频率是一种有限的资源。由于适于移动通信的频段仅限于 UHF 和 VHF, 所以可用的通道容



量也是极其有限的。为满足用户需求量的增加，只能在有限的已有频段中采取有效利用频率的措施，如采取窄带化、缩小频带间隔、频道重复利用等方法来解决。目前常使用频道重复利用的方法来扩容，增加用户容量。但除此之外，每个城市在通信建设中要做出长期增容的规划，以利于今后发展需要。

## 6. 通信系统复杂

由于移动台在通信区域内随时运动，需要随机选用无线信道进行频率和功率控制，以及选用地址登记、越区切换及漫游存取等跟踪技术，这就使其信令种类比固定网要复杂得多。此外，在入网和计费方式上也有特殊的要求，所以移动通信系统是比较复杂的。

# 1.2 移动通信的发展概况

移动通信产生的历史较早，可以追溯到 20 世纪初，自 1896 年 G·马可尼成功地发明了无线电报后，莫尔斯电报就用于船舶通信。随着电子管、晶体管的发明和应用，实现了把微弱的电信号进行放大，把电报、电话传送到更为遥远的地方。1921 年美国底特律和密执安警察厅开始使用工作在 2 MHz 频段的采用调幅方式的车载无线电。从 20 世纪 40 年代中期到 60 年代中期，美国、加拿大、荷兰、原西德、法国等国家陆续开设了公用汽车电话业务。但是，此时的通话接续主要是通过话务员人工完成的，采用大区制，可用频道很少，设备使用电子管，较为笨重，使用不方便，不保密，发展缓慢，用户总数也只有几百人。

现代移动通信技术始于 20 世纪 20 年代，发展到现在大约经历了 6 个发展阶段。

第一阶段的标志是早期专用移动通信系统的应用，20 世纪 20 年代至 40 年代是移动通信的早期发展阶段。

从 20 世纪 40 年代中期到 60 年代初期，早期的公用移动通信系统开始应用，这是现代移动通信技术的第二阶段。这个阶段移动通信技术逐渐应用到大众通信中，系统采用人工接续方式，网络容量较小。

第三阶段从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期。在此期间，美国推出了改进型移动电话系统 (IMTS)，德国推出了 B 网。这个阶段的系统采用大区制，容量有了较大的提高。由于出现了自动交换式的三级结构及频率合成技术，可用频道数目增加，又使用了大、中区制，使频谱利用率有了较大的增加，用户使用更加方便，保密性也有所增强，因此，用户日益增多。但由于这种系统的频谱利用率仍不高，许多用户的装机申请难以得到满足。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期到 80 年代中期。这个阶段小区制的蜂窝移动通信系统得到了大规模应用，采用的是模拟技术，其代表技术是美国的 AMPS 系统和欧洲的 TACS 系统。

第五阶段从 20 世纪 80 年代中期到 21 世纪初。这个阶段的特点是数字移动通信系统得到了大规模应用，其代表技术是欧洲的 GSM 和美国的 CDMA，也就是通常所说的第二代移动通信技术 (2G)。数字蜂窝网络相对于模拟蜂窝网，其频谱利用率和系统容量得到了很大的提高。这个阶段的移动通信系统已经可以提供数据业务，业务类型大大丰富。

第六个阶段从 20 世纪 90 年代末开始，其标志是第三代移动通信系统技术的发展和应。1999 年 11 月 5 日在芬兰赫尔辛基召开的 ITUTG8/1 第 18 次会议上，最终确定了 3 类 (TDMA、CDMA-FDD、CDMA-TDD) 共 5 种技术作为第三代移动通信的基础，其中 WCDMA、CDMA2000



和 TD-SCDMA 是 3G 的 3 个主流标准。目前, WCDMA 和 CDMA2000 在部分地区已经正式商用。这个阶段的特征是系统容量和载频利用率得到了较大的提高。第三代移动通信系统可以提供高速数据业务, 承载的业务类型得到了极大的丰富。

### 1.2.1 GSM 发展历程

自 20 世纪 70 年代中期开始到现在, 人们主要研究解决在频道有限的情况下, 如何进一步提高频谱利用率以增大系统容量。由此而提出了小区制大容量系统, 这种系统是美国贝尔实验室最早提出来的。它是一种蜂窝状移动通信系统, 是一种全新的更有效的信道频率复用系统。其结构特点是: 减少基站的覆盖区, 同时用大量的无线基站小区来覆盖原来一个基站所覆盖的区域。在蜂窝移动电话系统中, 每一个无线基站小区称为小区。不同的小区使用不同的信道组。例如, A、B、C、D、E、F、G 7 个小区为一簇的频率复用结构, 每一个这样的 7 个小区使用全部可用信道。这样, 频率的复用与单基站系统相比, 容量可以大大增加。频率复用是指在不同的地理区域上用相同的载波频率进行覆盖, 是蜂窝移动通信系统的核心概念, 可以极大地提高频谱效率。

从 20 世纪 70 年代后期第一代蜂窝网 (1G) 在美国、日本和欧洲国家为公众开放使用以来, 其他工业化国家也相继开发出蜂窝状公用移动通信网。其中以美国开发的先进移动电话系统 (AMPS) 和英国开发的地址通信系统 (TACS) 两个系统为主要代表, 这些系统都是属于模拟移动通信系统。

在 20 世纪 80 年代初期, 针对当时欧洲模拟移动制式四分五裂的状态, 欧洲邮电协会 (CEPT) 于 1982 年成立了一个被称为移动特别小组 (Group Special Mobile) 的专题小组, 开始制定适用于欧洲各国的一种数字移动通信系统的技术规范。经过几年的研究、实验和比较, 于 1988 年确定了包括 TDMA 技术在内的主要技术规范并制定了实施计划。1989 年, GSM 工作组被接纳为欧洲电信标准协会组织成员。在欧洲电信标准协会的领导下, GSM 被更名为全球移动通信系统 (Global System for Mobile Communications), 相应的工作小组也从 GSM 更名为 SMG (Special Mobile Group)。于 1990 年完成了 GSM900 的规范并开始在欧洲投入试运行, 1991 年, 移动特别小组还制定了 1 800 MHz 频段的规范, 命名为 DCS 1800 系统。该系统与 GSM900 具有同样的基本功能特性, 因而该规范只占 GSM 建议的很小一部分, 仅将 GSM900 和 DCS 1800 之间的差别加以描述, 绝大部分二者是通用的, 这两个系统都泛称为 GSM 系统。

我国的移动通信发展迅速。自 20 世纪 80 年代中期开始, 随着国家对外开放、对内搞活的经济政策的实施, 移动通信事业有了蓬勃的发展。1987 年 11 月, 广州开通了第一个模拟蜂窝移动通信系统, 紧接着, 深圳、珠海、上海、北京、沈阳、天津等地陆续建成了移动通信网。1994 年初, GSM 数字蜂窝移动通信系统在广州开通运营, 随后深圳、上海、北京等大城市也相继开通了 GSM 数字移动通信系统。1995 年 9 月, 邮电部决定在全国范围内迅速扩大 GSM 系统的建设。至此, 我国的移动电话网已基本覆盖了全国。

在模拟移动通信方面, 我国引进的是 900 MHz 频段的 TACS 制。当时共引进了两种 TACS 制式的移动电话系统: 一种是美国的摩托罗拉公司生产的 TACS 制式的移动电话系统 (称做 A 网), 其交换机使用的是 EMX-250 交换机; 另一种是爱立信公司生产的 TACS 制式的移动电话系统 (称做 B 网), 其交换机使用的是 AXE-10 数字程控交换机。1995 年元旦实现了 A 网和 B 网两系统内的分别联网自动漫游。1996 年 1 月 1 日又实现了 A 网、B 网两系统的互联自动漫游, 从而真正实现



了“一机在手，信步神州”。随着数字移动通信系统的发展与普及，模拟蜂窝移动通信系统于2000年起开始封网，并逐步退出中国电信发展的历史舞台，将频段让给数字蜂窝移动通信系统。目前，我国GSM移动用户已接近5亿，成为世界第一手机大国。

## 1.2.2 CDMA的发展

CDMA (Code Division Multiple Access) 是码分多址的英文缩写，它是在扩频通信技术的基础上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术。所谓扩频，就是把需要传送的具有一定信号带宽的信息数据，用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制，使原数据信号的带宽被扩展，再经载波调制并发送出去。接收端也使用完全相同的伪随机码，与接收的带宽信号作相关处理，把宽带信号转换成原信息数据的窄带信号，即解扩，以实现信息通信。

CDMA技术的出现源于人们对更高质量无线通信的需求。二战期间因战争的需要而研究开发出CDMA技术，在战争时期广泛用于军事抗干扰通信。1989年11月，美国Qualcomm（高通）公司在美国的现场试验证明CDMA用于蜂窝移动通信的容量大。CDMA技术理论上的许多优势在实践中得到了证实，从而在北美、南美和亚洲等地得到了迅速推广和应用。1995年，中国香港和美国的CDMA公用网开始投入商用。1996年，韩国从美国购买了Q-CDMA生产许可证，开始生产CDMA系统设备，组建商用网络。1998年，全球CDMA用户已达500多万，CDMA的研究和商用进入高潮，有人说1997年是CDMA年。1999年，CDMA在日本和美国形成增长的高峰期，全球的增长率高达250%，用户已达2000万。在美国，有70%的移动通信营运公司选用CDMA；在韩国，有60%的人口成为CDMA用户。2003年底，中国大陆的CDMA用户数量已经超过5000万。CDMA技术已成为第三代蜂窝移动通信标准的无线接入技术。

在我国，CDMA技术也有长期军用研究的经验积累。1993年国家863计划已经开展商业领域CDMA蜂窝技术研究。1994年美国高通公司首先在天津建立技术试验网。1998年具有14万户容量的800MHz长城CDMA商用试验网在北京、广州、上海、西安建成，并开始商用。1999年4月，国务院批准中国联通统一负责中国CDMA网络的建设、经营和管理。2001年底，CDMA网络一期工程容量达1515万用户，覆盖面包括西藏在内的全国31个省、自治区、直辖市的300个以上地级市。2002年，中国联通“新时空”CDMA网络正式开通。目前，中国联通的CDMA用户已经超过5000万。

## 1.3 移动通信的分类

移动通信按用途、制式、频段以及入网方式等的不同，可以有不同的分类方法。常见的一些分类方法如下：

- (1) 按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信；
- (2) 按使用对象可分为民用设备和军用设备；
- (3) 按多址方式可分为频分多址 (FDMA)、时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA) 等；
- (4) 按接入方式可分为频分双工 (FDD) 和时分双工 (TDD)；
- (5) 按覆盖范围可分为宽域网和局域网；
- (6) 按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网；





- (7) 按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工；
- (8) 按服务范围可分为专用网和公用网；
- (9) 按信号形式可分为模拟网和数字网。

随着移动通信应用范围的扩大，移动通信系统的类型也越来越多。常用的移动通信系统有蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统和卫星通信系统等。下面对这几种典型的移动通信系统进行简要介绍。

### 1. 蜂窝移动通信

这是与公用市话网相连的公众移动电话网。大中城市一般为蜂窝小区制，村镇或业务量不大的小城市常采用大区制。用户有车台和手持台（手机）两类。

### 2. 集群移动通信系统

集群移动通信系统又称集群调度系统。它实际上是把若干个原各自用单独频率的单工工作调度系统集成到一个基台工作，这样，原来一个系统单独用的频率现在可以为几个系统共用，故称集群系统。它是专用调度无线通信系统的一种新体制，是专用移动通信系统的高级发展阶段。

### 3. 无绳电话系统

这是一种接入市话网的无线话机。它将普通话机的机座与手持收发话器之间的连接导线取消，而代之以用电磁波的无线信道在两者之间进行连接，故称之为无绳电话。为了控制无线电频率的相互干扰，它对无线电信道的发射功率作出了限制，通常可在 50 ~ 200m 的范围内接收或拨打电话。

### 4. 无线寻呼系统

寻呼系统是一种单信道的单向无线通信，主要起寻人呼叫的作用。当有人寻找配有寻呼机的个人时，可用一般电话拨通寻呼中心，中心的操作员将被寻呼人的寻呼机号码由中心台的无线寻呼发射机发出，只要被寻呼人在该中心台的覆盖范围之内，其所配的寻呼机（俗称 BP 机）收到信号立即发出 Bi-Bi 响声。由于蜂窝移动通信的快速发展，该系统现已停用。

### 5. 汽车调度通信

出租汽车公司或大型车队建有汽车调度台，车上有汽车电台，可以随时在调度员与司机之间保持通信联系。

### 6. 卫星移动通信

这是把卫星作为中心转发台，各移动台通过卫星转发通信。它特别适合于海上移动的船舶通信和地形复杂而人口稀疏的地区通信，也适合航空通信。

### 7. 个人通信

个人在任何时候、任何地点与其他人通信，只要有一个个人号码，不管其身在哪里，都可以通过这个个人号码与其通信。



## 1.4 移动通信的工作方式

将移动通信按照用户的通话状态和频率使用的方法来分,有3种工作方式:单工制、半双工制和双工制。

### 1.4.1 单工通信

单工制分单频(同频)单工和双频(异频)单工两种,如图1-3所示。

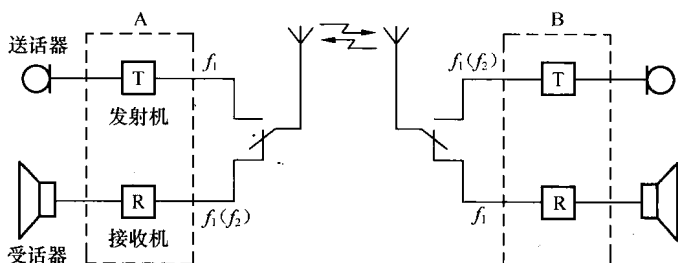


图 1-3 单工通信方式

#### 1. 同频单工

同频是指通信的双方使用相同工作频率( $f_1$ ),单工是指通信双方的操作采用“按-讲”(Push To Talk, PTT)方式。平时,双方的接收机均处于守听状态。如果A方需要发话,可按下PTT开关,发射机工作,并使A方接收机关闭,这时,由于B方接收机处于守听状态,即可实现由A至B的通话;同理,也可实现B至A的通话。在该方式中,电台的收发信机是交替工作的,故收发信机不需要使用天线共用器,而是使用同一副天线。

同频单工的优点是:

- (1) 设备简单;
- (2) 移动台之间可直接通话,不需基站转接;
- (3) 不按键时发射机不工作,因此功耗小。

它的缺点是:

- (1) 只适用于组建简单和甚小容量的通信网;
- (2) 当有两个以上移动台同时发射时就会出现同频干扰;
- (3) 当附近有邻近频率的电台发射时,容易造成强干扰。为了避免干扰,要求相邻频率的间隔大于4 MHz,因而频谱利用率低;
- (4) 按键发话、松键受话,使用者不很习惯。

#### 2. 异频单工

异频单工是指通信的双方使用两个不同频率( $f_1$ 和 $f_2$ ),而操作仍采用“按-讲”方式。由于收发使用不同的频率,同一部电台的收发信机可以交替工作,也可以收常开,只控制发,即按下PTT发射。其优缺点与同频单工基本相同。在无中心台转发的情况下,电台需配对使用,否则通信双



方无法通话。故这种方式主要用于有中心台转发（单工转发或双工转发）的情况。所谓单工转发，即中心转信台使用一组频率（如收用 $f_1$ ，发用 $f_2$ ），一旦接收有载波信号即转去发送。所谓双工转发，即中心转信台使用组频率（一组收用 $f_1$ ，发用 $f_2$ ；另一组收用 $f_3$ ，发用 $f_4$ ），任一路一旦接收有载波信号即转去发送。

由于使用收发频率有一定保护间隔的异频工作，提高了抗干扰能力，从而可用于组建有几个频道同时工作的通信网。

## 1.4.2 半双工通信

半双工制是指在通信的双方当中，有一方（如A方）使用双工方式，即收发信机同时工作且使用两个不同的频率，另一方（如B方）则采用双频单工方式，即收发信机交替工作，如图1-4所示。半双工制主要用于有中心转信台的无线调度系统。

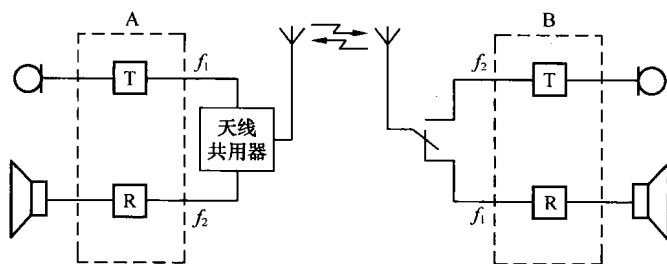


图 1-4 半双工通信

半双工制的优点是：

- (1) 移动台设备简单、价格低、耗电少；
- (2) 收发采用不同频率，提高了频谱利用率；
- (3) 移动台受邻近电台干扰小。

它的缺点是移动台仍需按键发话、松键受话，使用不方便。

由于收发使用不同的频率，同一部电台的收发信机可以交替工作，也可以收常开，只控制发，即按下 PTT 发射。在中心台转发的系统中，移动台必须使用该方式。

## 1.4.3 全双工通信

双工制的形式如图 1-5 所示，是指通信的双方收发信机均同时工作，即任意一方在发话的同时也能收听到对方的话音，无需按 PTT 开关，类似于平时打市话，使用自然、操作方便、双工制也可分为异频双工和同频双工两种。

异频双工制的优点是：

- (1) 收发频率分开可大大减小干扰；
- (2) 用户使用方便。

它的缺点是：

- (1) 移动台在通话过程中总是处于发射状态，因而功耗大；
- (2) 移动台之间通话需占用两个频道；