

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 Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuà Jiāocái

移动通信 技术与设备 (第2版)

解文博 解相吾 主编

*Electronic
Information*



中国工信出版集团



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 Gaozhuān Diānzi Xīnxīlei Guīhuà Jiāocái

移动通信 技术与设备 (第2版)

解文博 解相吾 主编

*Electronic
Information*

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 / 解文博, 解相吾主编. -- 2
版. -- 北京: 人民邮电出版社, 2015.9
21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-39795-9

I. ①移… II. ①解… ②解… III. ①移动通信—通
信技术—高等教育—教材②移动通信—通信设备—高
等职业教育—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第146785号

内 容 提 要

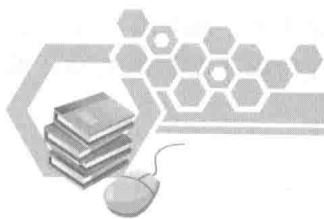
本书从实际应用出发,深入浅出地介绍了移动通信技术的基本理论知识和相关设备的基本原理。全书共12章,主要内容有:移动通信的基本概念,移动通信的编码与调制,移动通信的关键技术,移动通信的网络结构,移动通信的电波传播与干扰,GSM移动通信系统,CDMA移动通信系统,通用分组无线业务(GPRS),第三代移动通信系统,第四代移动通信系统,基站(BS)设备与管理,终端设备。

本书适应对象为高职高专通信类、电子信息类等专业的学生,以及普通高校独立办学的二级学院和成人高校中相关专业的学生,也可作为通信工程技术人员的培训教材。

-
- ◆ 主 编 解文博 解相吾
责任编辑 张孟玮
执行编辑 李 召
责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京圣夫亚美印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.25 2015年9月第2版
字数: 432千字 2015年9月北京第1次印刷
-

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315



第 2 版前言

通信技术日新月异,给人们带来不少享受。移动通信已经基本实现了人与人的互联,并正在实现人与互联网的互联。移动通信正向数据化、高速化、宽带化、频段更高化方向发展,移动数据、移动 IP 预计将成为未来移动业务的主流。

承蒙读者厚爱,本书自 2009 年出版以来,已经多次重印。由于移动通信技术的快速发展,原书中的内容有些已经过时,同时又有很多新的技术问世。为适应当今移动通信技术、数字多媒体通信、宽带无线传输、移动互联网技术的发展及需要,这次修订在原书的基础上做了精心改编。重点介绍移动通信的基本理论、基本概念和基本技术,以及移动通信领域最新技术的发展。这次修订的主要内容如下。

- 对本书第 1 版中部分项目存在的一些问题进行了校正和修改。
- 对移动通信技术的发展前景补充了新的内容。
- 增加了 Turbo 码、低密度奇偶校验码 (LDPC)、空时编码 (STC)、预编码技术等相关内容。
- 增补了 OFDM、WiMAX 等相关内容。
- 重点介绍了 LTE,对第四代移动通信系统做了详细说明。

修订后的本书更加注重基础性,突出通用性,强化实用性。将进一步紧跟移动通信领域的发展步伐,更适合于高校的教学。

全书参考教学学时数为 64 学时,各校可根据自身专业特点、课程设置的实际情况和教学要求进行适当调整。各章节的学时分配见下表。

章 节	名 称	学 时 数
第 1 章	移动通信的基本概念	2
第 2 章	移动通信的编码与调制	6
第 3 章	移动通信的关键技术	6
第 4 章	移动通信的网络结构	4
第 5 章	移动通信的电波传播与干扰	4
第 6 章	GSM 移动通信系统	4
第 7 章	CDMA 移动通信系统	6
第 8 章	通用分组无线业务 (GPRS)	4
第 9 章	第三代移动通信系统	6
第 10 章	第四代移动通信系统	6
第 11 章	基站 (BS) 设备与管理	8
第 12 章	终端设备	8
总计		64

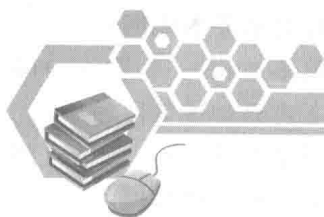


本书第2版由解文博、解相吾共同主编。参加本书编写的还有徐小英、陆华春、李安、关天军、陈炯光、陈杰辉、王永豪等，他们为本书的资料收集和整理付出了辛勤的劳动，编者在此表示衷心的感谢。

本书难免会有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编者
2015年5月





第 1 章 移动通信的基本概念 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 17
- 习题 17

第 2 章 移动通信的编码与调制 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 39
 - 2.2.3 纠错编码的基本原理 43
 - 2.2.4 交织技术 45
 - 2.2.5 网格编码调制 46
 - 2.2.6 空时编码 (STC) 46
 - 2.2.7 预编码技术 50
- 小结 52

习题 53

第 3 章 移动通信的关键技术 54

- 3.1 基带传输 54
 - 3.1.1 数字基带信号的常用码型 54
 - 3.1.2 码型变换的基本方法 56
 - 3.1.3 数字基带系统的组成 58
- 3.2 多址技术 60
 - 3.2.1 频分多址 60
 - 3.2.2 时分多址 61
 - 3.2.3 码分多址 62
 - 3.2.4 空分多址 63
- 3.3 跳频扩频技术 63
 - 3.3.1 伪随机序列 64
 - 3.3.2 直接序列扩频 68
 - 3.3.3 跳变频率扩频 69
- 3.4 分集接收技术 70
 - 3.4.1 分集接收原理 70
 - 3.4.2 分集接收方式 71
 - 3.4.3 Rake 接收 72
- 3.5 OFDM 技术 75
 - 3.5.1 OFDM 的传输原理 75
 - 3.5.2 OFDM 的调制与解调 77
- 小结 79
- 习题 79

第 4 章 移动通信的网络结构 81

- 4.1 网络结构 81
 - 4.1.1 基本结构 81



4.1.2 区域覆盖方式.....	83	6.3.1 移动业务本地网的	
4.1.3 服务区形状.....	84	网络结构.....	114
4.2 信令.....	85	6.3.2 省内移动通信网的	
4.2.1 信令的类型.....	85	网络结构.....	115
4.2.2 数字信令.....	86	6.3.3 全国移动通信网的	
4.2.3 信令的应用.....	86	网络结构.....	115
4.3 越区切换与位置管理.....	87	6.3.4 GSM 的网络接口.....	116
4.3.1 越区切换.....	87	6.4 GSM 网络的编号与业务.....	118
4.3.2 位置管理.....	89	6.4.1 编号.....	118
小结.....	92	6.4.2 主要业务.....	120
习题.....	92	6.5 GSM 信道配置.....	123
第5章 移动通信的电波传播与		6.5.1 帧结构.....	124
 干扰.....	93	6.5.2 时隙结构.....	125
5.1 无线电波的传播.....	93	6.5.3 信道及其组合.....	127
5.1.1 无线电波.....	93	6.6 接续流程与管理.....	130
5.1.2 无线电波的波段		6.6.1 位置更新流程.....	130
划分.....	93	6.6.2 移动用户至固定	
5.1.3 无线电波的传播		用户出局呼叫流程... 130	
方式.....	94	6.6.3 固定用户至移动	
5.2 移动通信中电波传播特性.....	95	用户入局呼叫流程... 131	
5.2.1 传播损耗.....	96	6.6.4 切换流程.....	132
5.2.2 信号衰落.....	96	6.6.5 鉴权与加密.....	133
5.3 信道的结构.....	97	小结.....	135
5.3.1 信道的定义.....	97	习题.....	135
5.3.2 信道的类型.....	98	第7章 CDMA 移动通信系统.....	136
5.3.3 信道的结构组成.....	99	7.1 概述.....	136
5.4 信道内的噪声与干扰.....	101	7.1.1 扩频通信的基本	
5.4.1 噪声.....	101	概念.....	136
5.4.2 信道内的干扰.....	102	7.1.2 CDMA 系统的	
小结.....	107	基本特点.....	140
习题.....	108	7.1.3 CDMA 系统的	
第6章 GSM 移动通信系统.....	109	基本特性.....	143
6.1 GSM 移动通信系统综述.....	109	7.2 CDMA 系统信道组成.....	145
6.2 GSM 的系统结构.....	110	7.2.1 前向传输信道.....	145
6.2.1 交换网络子系统.....	111	7.2.2 反向传输信道.....	147
6.2.2 无线基站子系统.....	113	7.3 CDMA 移动通信系统组成... 148	
6.2.3 移动台.....	113	7.3.1 网络子系统.....	149
6.3 GSM 的网络结构.....	113	7.3.2 基站子系统.....	150
		7.3.3 移动台子系统.....	152

7.4 IS-95CDMA 系统简介	153	9.4 第三代移动通信系统的	
小结	154	关键技术	187
习题	154	9.4.1 新型调制技术	187
第 8 章 通用分组无线业务		9.4.2 智能天线技术	189
(GPRS)	156	9.4.3 多用户检测技术	190
8.1 概述	156	9.4.4 多径分集接收技术	191
8.2 GPRS 的体系结构	157	9.4.5 多层网络结构	192
8.2.1 GPRS 逻辑结构	157	9.4.6 功率控制技术	192
8.2.2 GPRS 物理结构	160	9.4.7 软件无线电技术	194
8.2.3 GPRS 网络结构	161	小结	195
8.3 GPRS 的协议	163	习题	195
8.3.1 GPRS 协议基础	164	第 10 章 第四代移动通信系统	197
8.3.2 GPRS 协议模型	166	10.1 LTE	197
8.3.3 GPRS 参考模型与		10.1.1 LTE 的问世	197
移动台	166	10.1.2 LTE 的主要特点	198
8.4 GPRS 的特点与业务应用	167	10.1.3 LTE 网络架构	199
8.4.1 GPRS 的特点	167	10.1.4 LTE 的关键技术	201
8.4.2 业务应用	169	10.1.5 LTE 物理层的技术	
小结	171	演进	203
习题	171	10.1.6 LTE 链路层的技术	
第 9 章 第三代移动通信系统	172	演进	205
9.1 概述	172	10.2 4G 通信系统	206
9.1.1 第三代移动通信		10.2.1 4G 移动通信系统	
系统的标准	172	功能特点	206
9.1.2 第三代移动通信		10.2.2 4G 移动通信系统	
系统的特点	173	体系结构	209
9.1.3 3G 的目标与要求	174	10.2.3 4G 移动通信系统	
9.1.4 3G 的发展趋势	175	标准体系	209
9.2 第三代移动通信系统的		10.2.4 4G 移动通信系统	
组成	175	关键技术	211
9.2.1 WCDMA	176	10.2.5 全 IP 网络	217
9.2.2 cdma2000	177	10.2.6 多模终端的应用	218
9.2.3 TD-SCDMA	179	10.2.7 4G 的未来	218
9.2.4 WiMAX	181	小结	218
9.2.5 4 种主要技术制式的		习题	219
比较	185	第 11 章 基站 (BS) 设备与管理	220
9.3 第三代移动通信系统提供的		11.1 基站的组成	220
业务	186	11.1.1 射频部分	221



11.1.2 控制部分 224

11.2 选址与安装 226

11.2.1 机房选址 226

11.2.2 天线馈线系统安装 227

11.2.3 基站整体安装 234

11.2.4 防雷与接地 235

11.2.5 供电系统 236

11.2.6 空调系统 239

11.3 日常维护 239

小结 241

习题 241

第12章 终端设备 242

12.1 GSM手机 242

12.1.1 射频部分 243

12.1.2 逻辑/音频部分 249

12.1.3 电源部分 252

12.1.4 其他电路 253

12.2 CDMA手机 254

12.2.1 概述 254

12.2.2 收发部分 257

12.2.3 逻辑/音频部分 262

12.2.4 电源部分 265

小结 267

习题 267

参考文献 268

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。随着人类社会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）无论在什么地方（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，就是指进行信息交换的双方至少有一方处于运动状态中。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甚高频（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。

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,这样就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。

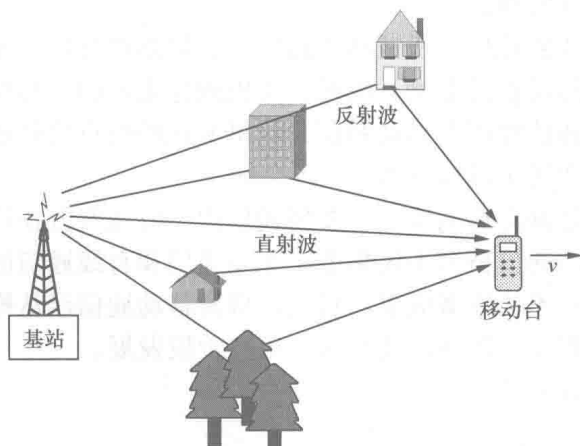


图 1-1 电波的多径传播

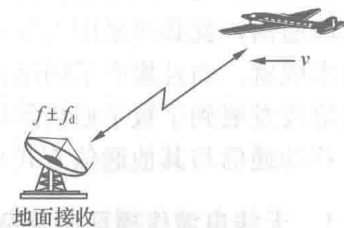


图 1-2 多普勒效应

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 λ 、电波到达的入射角 θ 有关,即

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



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。因此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扩容的规划，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、联邦德国、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應用。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。这个阶段的特征是系统容量和载频利用率得到了较大提高。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,欧洲邮电主管部门大会(CEPT)于 1982 年成立了一个被称为移动特别小组(Group Special Mobile, GSM)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学会组织成员。在欧洲电信标准学会的领导下, GSM 改为用于指称全球移动通信系统(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(称作 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(称作 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,我国移动用户数总规模已接近13亿,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,与接收的带宽信号做相关处理,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。“第二次世界大战”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。

1.3 移动通信的分类

移动通信按用途、制式、频段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做出了限制，通常可在 50~200 m 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，可以随时使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。

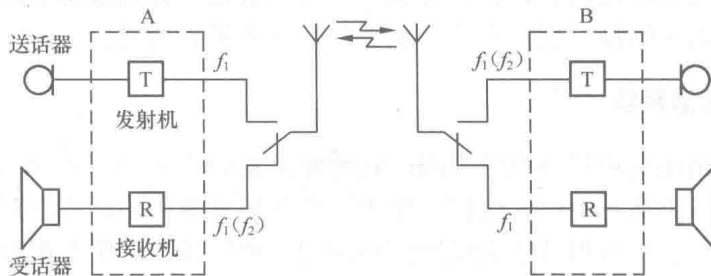


图 1-3 单工通信方式

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，使用者不太习惯。

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