



21世纪高职高专规划教材
电子信息/通信类

- 借鉴国外高职教材的先进教学模式，顺应现代职业教育制度的改革趋势
- 以能力为主、应用为本的职业导向的内容体系
- 基于岗位技能，面向操作过程的编写思路
- 应用类课程与国家职业认证挂钩

YIDONG TONGXIN
JISHU

移动通信 技术

主 编 薛晓明



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



21世纪高职高专规划教材
电子信息/通信类

移动通信技术



北京理工大学出版社

21 世纪高职高专规划教材·电子信息/通信类

移动通信技术

主编 薛晓明

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书简要介绍了移动通信的基本原理,重点介绍了 GSM、CDMA、WCDMA 三种数字蜂窝移动通信系统,详细阐述了移动通信设备及其维护的相关知识。

全书共五章:移动通信的基本原理、第二代移动通信系统(2G)、第三代移动通信系统(3G)、移动通信设备、未来的通信系统。

本书可作为高职高专院校电子信息技术专业、通信技术专业及相近专业学生的教材,也可作为移动通信技术培训班的教材,还可作为通信工程技术人员的参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/薛晓明主编. —北京:北京理工大学出版社, 2007. 6
(2007. 7 重印)

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1135 - 2

I. 移… II. 薛… III. 移动通信 - 通信技术 - 高等学校 - 教材
IV. TN929. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 085595 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 960 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 194 千字

版 次 / 2007 年 6 月第 1 版 2007 年 7 月第 2 次印刷

印 数 / 2001 ~ 4000 册

定 价 / 18.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

编写委员会



主任委员：刘向东 教授

教育部高职高专通信类

教学指导委员会委员

廊坊职业技术学院院长

委 员（按姓氏笔画排名）：

马才根 高级讲师

南京技师学院

于宝明 副教授

南京信息职业技术学院

任 淑 高级讲师

南京技师学院

李伟民 副教授/高级工程师

九江职业技术学院

张建国 副教授

漳州职业技术学院

张新成 教授

新乡机电高等专科学校

范次猛 副教授

无锡交通职业技术学院

郑春华 副教授

湄洲湾职业技术学院

姚旭东 副教授

洛阳大学

钱金法 副教授

常州机电职业技术学院

黄一平 副教授

北京信息职业技术学院

蔡建军 工程师

无锡职业技术学院

薛晓明 副教授/高级工程师

常州信息职业技术学院

出版说明

由于我国在电子信息产业的长足发展，对电子信息、通信类专业的人才需求日益增多，电子信息类人才被国家有关部门列为紧缺人才，这直接推动了电子信息类专业的招生人数增长，在全国高职类热门专业排行中，电子信息类专业排行前几位。

电子技术的快速发展对教材的要求越来越高，编写出理论与实践相融合的与时俱进的教材，是所有高职院校的迫切需要。

为适应这种需求，更好地培养出应用型、技能型的技术人才，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与电子信息、通信类企业的技术人员反复研讨岗位技能需求，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“面向职业需求，零距离上岗”的思路，编写了这套教材。

这套教材的主要特色是：

- (1) 借鉴国外高职教材的先进教学模式，顺应现代职业教育制度的改革趋势。
- (2) 以能力为主、应用为本的职业导向的内容体系。
- (3) 基于岗位技能，面向操作过程的编写思路。
- (4) 应用类课程与国家职业认证挂钩。
- (5) 提供教学软件包，可在北京理工大学出版社网站 www.bitpress.com.cn 下载。

本套教材可作为高职高专院校电子信息工程技术、应用电子技术、通信技术等专业课程教学和技能培训用书。

前 言

移动通信技术是当今世界上发展最快的科学技术领域之一。这种快速的变化给我们的教学带来了越来越大的难度。编写一本理论与实践相融合的、适应技术快速变化的教材,是所有高职院校的迫切需要。我们的指导思想是“以不变应万变”,即教会学生获取知识的方法比知识本身更加重要。因为知识在不断地更新,而获取知识的方法并没有太大的变化。为此,本教材以介绍移动通信的概念、组成、原理、发展为主线,以介绍通信系统的设备为特色。此外,开篇着重介绍所学知识的应用场合,是一个新颖的亮点,其主要目的是让学生一开始就能知晓学习这本书的目的,以此激发学生的学习兴趣。

全书共分五章,第1章概述了移动通信收/发的基本原理、移动通信的工作方式、数字移动通信系统的基本组成、用户容量、网络结构及其产业链等;第2章介绍了当前广泛使用的第二代数字蜂窝移动通信系统(2G): GSM 移动通信系统和 CDMA 移动通信系统;第3章介绍了第三代数字蜂窝移动通信系统(3G)的基本原理;第4章讲述了移动通信设备,主要内容包括基站子系统设备、天馈线系统、直放站、移动台、电源系统等;第5章讲述了未来的移动通信系统。

本书第1、2、3、5章由常州信息职业技术学院薛晓明副教授编写,第4章由王世鹤老师编写,全书由薛晓明副教授负责统稿。

常州信息职业技术学院张立中副教授、泰州职业技术学院陈震老师审阅了本教材。

鉴于编者水平有限,难免有不妥之处,欢迎广大读者对本书提出宝贵的意见和建议。

编 者



第1章 数字移动通信的基本原理	(1)
1.1 数字移动通信信息收/发的基本原理	(1)
1.2 移动通信的工作方式	(4)
1.2.1 单工通信方式	(4)
1.2.2 半双工通信方式	(5)
1.2.3 双工通信方式	(6)
1.3 数字移动通信系统的基本组成	(7)
1.4 数字移动通信系统的用户容量	(7)
1.4.1 多址技术	(8)
1.4.2 服务区规划	(12)
1.5 移动通信的网络结构	(15)
1.6 移动通信的发展历程	(17)
1.6.1 国外移动通信的发展历程	(17)
1.6.2 我国移动通信的发展状况	(20)
1.7 移动通信的产业链	(21)
实践活动 了解身边的移动通信网络	(23)
思考与练习	(23)
第2章 第二代移动通信系统 (2G)	(24)
2.1 GSM 数字蜂窝移动通信系统	(24)
2.1.1 GSM 移动通信系统技术标准规范	(24)
2.1.2 GSM 移动通信系统的组成	(25)
2.1.3 GSM 系统的无线传输特征	(30)
2.1.4 GSM 系统信号传输与处理的基本原理	(33)
2.1.5 GSM 移动通信的网络结构	(39)
2.1.6 GSM 移动通信网络的管理	(44)
实践活动 GSM 市场调研	(50)
思考与练习	(50)
2.2 窄带 CDMA 系统	(51)

2.2.1	CDMA 移动通信产生的背景	(51)
2.2.2	IS-95 CDMA 移动通信系统的组成与特点	(51)
2.2.3	IS-95 CDMA 移动通信系统信号传输与处理的基本原理	(53)
2.2.4	IS-95 CDMA 系统的信道	(59)
2.2.5	IS-95 CDMA 移动通信的网络结构	(62)
2.2.6	IS-95 CDMA 移动通信网络的管理	(63)
	实践活动 CDMA 市场调研	(68)
	思考与练习	(68)
第3章	第三代移动通信系统 (3G)	(69)
3.1	概述	(69)
3.1.1	3G 的主要目标	(69)
3.1.2	3G 的组成	(70)
3.1.3	3G 的频段划分	(71)
3.1.4	3G 的主要标准	(71)
3.1.5	3G 的关键技术	(72)
3.2	3G 的三种主要系统	(74)
3.2.1	WCDMA	(74)
3.2.2	CDMA 2000	(79)
3.2.3	TD-SCDMA	(80)
3.2.4	三种主流技术的比较	(81)
3.3	2G 向 3G 的过渡系统	(83)
3.3.1	核心网的过渡方案	(83)
3.3.2	第一阶段过渡系统——第二代半系统 (2.5G)	(83)
3.3.3	第二阶段过渡系统	(88)
3.3.4	第三阶段 3G 系统——实现全 IP 网络的结构	(89)
	实践活动	(90)
	思考与练习	(91)
第4章	移动通信设备	(92)
4.1	基站子系统设备	(92)
4.1.1	基站控制器 (BSC)	(92)
4.1.2	无线基站 (RBS)	(93)
4.2	天馈线系统	(109)
4.2.1	天线辐射电磁波的基本原理	(109)

4.2.2	天线的主要性能参数	(110)
4.2.3	天线的分类与选择	(112)
4.2.4	天线的安装规范	(115)
4.3	直放站	(115)
4.3.1	直放站概述	(115)
4.3.2	直放站的主要性能指标	(117)
4.3.3	直放站的安装要求	(119)
4.4	数字蜂窝系统移动台	(119)
4.4.1	GSM 数字蜂窝系统移动台	(119)
4.4.2	CDMA 移动台	(127)
4.5	移动通信的电源系统	(129)
4.5.1	基站电源系统的工作原理	(129)
4.5.2	移动交换局电源的工作原理	(132)
4.5.3	我国通信电源的发展方向	(133)
	实践活动	(134)
	思考与练习	(134)

第5章	未来的移动通信系统	(135)
5.1	4G 移动通信系统的简介	(135)
5.1.1	4G 的定义	(135)
5.1.2	4G 的主要技术指标	(136)
5.1.3	4G 较之于3G 的优点	(136)
5.2	4G 的网络架构	(137)
5.2.1	4G 的网络体系结构	(137)
5.2.2	4G 移动通信的接入系统	(138)
5.2.3	4G 移动通信的软件系统	(139)
5.3	4G 的关键技术	(139)
5.3.1	OFDM 调制技术	(139)
5.3.2	软件无线电	(139)
5.3.3	网络结构与协议	(140)
5.3.4	定位技术	(140)
5.3.5	切换技术	(140)
5.3.6	MIMO 技术	(140)
	实践活动 上网搜索有关未来移动通信的发展	(141)
	思考与练习	(141)

第 1 章 数字移动通信的基本原理

随着社会的快速发展，人们要求在移动中与别人进行语音、视频、图像、数据等信息的有效、可靠和安全地通信。所谓有效是指占用尽可能少的信道资源（如频段、时隙和功率）传送尽可能多的信源信息，它是通信的数量指标；所谓可靠，主要是指在传输中，抵抗各类客观、自然干扰的能力，但是在军事通信中它也包含电子对抗，即抵抗人为设置干扰的能力；所谓安全，主要是指在传输中的安全保密性能，即收端防窃听、发端防伪造和篡改的能力等。如何实现上述目标是本门课程讨论的重点问题，主要包括采用什么通信系统，通信信息如何处理。

1.1 数字移动通信信息收/发的基本原理

数字移动通信信息收/发主要由发射部分、移动信道、接收部分三部分组成，通常把构成发送部分的物理设备称为发射机，而把构成接收部分的物理设备称为接收机，方框图构成如图 1-1 所示。

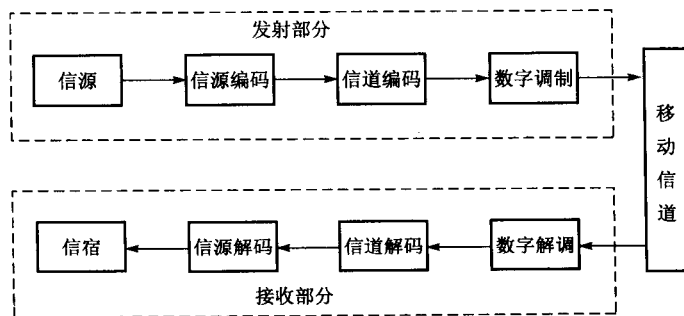
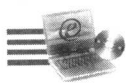


图 1-1 数字移动通信信息收/发方框图

1. 移动信道

移动信道属于无线信道，对信息的传输采用电磁波在空间进行传播。由于通信用户处于



随机移动的过程中,因此移动信道具有许多新特点。

(1) 多径衰落现象。

由于移动用户的通信地点可能处在高楼林立的城市中心繁华区、以一般性建筑物为主的近郊小城镇区和以山丘、湖泊、平原为主的农村及远郊区三类典型区域,这会导致电磁波的传播由于受到地形、各种地物的影响而产生绕射、发射和散射,使得到达接收端的信号是多路的合成,合成信号的幅度、相位和到达时间随机变化,从而严重影响通信质量。这就是所谓的多径衰落现象,如图1-2所示。

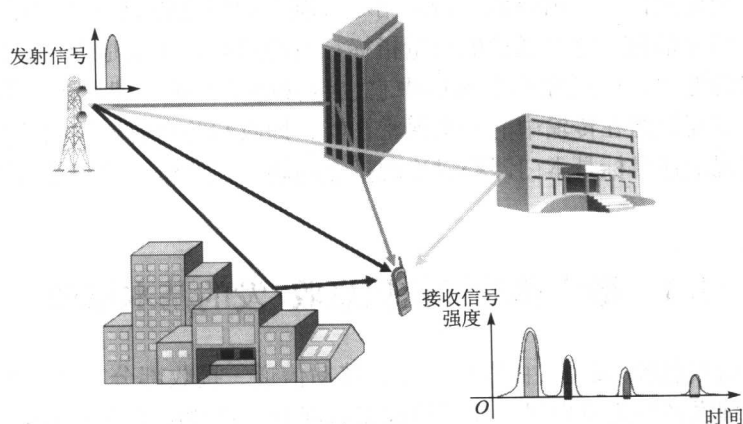


图1-2 多径衰落现象

(2) 多普勒效应。

由于移动用户可能处于慢速步行或高速车载的运动状态,这些都会导致电磁波的传播受到各种因素的影响。这将导致移动台的工作频率随着载体的运动速度而改变,产生不同的频移,进而影响通信的质量,通常把这种现象称为多普勒效应。

(3) 运行在复杂的干扰环境中。

在移动通信中,同时通信者成千上万,他们之间会产生许多干扰信号,还有各种工业干扰、人为干扰和天气变化产生的干扰,这些干扰也将严重影响通信的质量。

(4) 频谱资源有限。

移动通信可以利用的频谱资源非常有限,但移动通信的用户数量却不断扩大,这就必须要提高频谱的利用率。

既然移动通信的无线信道环境较为复杂,那么需要传输的信息必须要经过各种处理变换成适合在无线信道中进行传输的信号才行。下面讨论信息是如何处理和为什么要这样处理。



移动信息的处理包括发送和接收两个部分，主要由基带处理电路和频带处理电路两部分构成。方框图基本组成如图 1-1 所示。

2. 发送/接收部分

(1) 信源与信宿。

信源是信息发射源，主要有语音信息、图像和视频信息等。信宿是信息的归宿，是通过移动台对信源信息的再现。

(2) 信源编码与信源解码。

信源编码的主要作用是将信源送出的模拟信号取样、量化、编码，并对编码后的信号去掉冗余信息，以达到压缩信源信息率，降低信号的传输速率、缩小信号带宽，从而提高通信的有效性的作用。常用的信源编码方法有波形编码、声源编码和混合编码三种方式。

波形编码技术是以再现原始语音波形为目的的技术。当编码速率在 $16\text{ Kb/s} \sim 64\text{ Kb/s}$ 范围内时，可获得较好的语音质量；在 64 Kb/s 以上时可以无失真地再现原语音波形；编码速率在 16 Kb/s 以下时，将使语音质量迅速下降。

声源编码技术是以发生机制的模型为基础的，如线性预测编码（LPC）等，它可以在低于 16 Kb/s 以下的情况下获得较好的语音质量。

混合编码是以波形编码技术和声源编码技术结合在一起的混合编码技术。它兼有波形编码和声源编码的优点，在 $8\text{ Kb/s} \sim 16\text{ Kb/s}$ 范围内，具有良好的语音质量。

信源解码是信源编码的逆过程。

(3) 信道编码与信道解码。

信道编码主要包括纠错编码和交织技术。主要目的是提高通信的可靠性。纠错编码的作用是通过向信源编码的数据增加一些冗余数据从而对信源编码的数据进行监督，以使在接收时能从接收的数据中检出由于传送过程中引起的差错从而进行纠正。交织技术的作用是通过在纠错编码后进行分散，对付在传输过程中产生的各种连续干扰。

信道解码是信道编码的逆过程。

(4) 数字调制与解调。

数字调制的主要作用：一是为了将传送信息的基带信号搬移至相应频段的信道上进行传输，以使信源信号通过天线转化为电磁波发送到自由空间；二是为了进一步提高通信的有效性和可靠性。常用的基本数字调制方式如图 1-3 所示。数字调制在实现时可分为两步：首先是将含有信息的基带信号载荷（调制）至某一载波上，再通过上变频搬移至适合某信道传输的射频段。上述两步亦可一步完成。

数字解调是数字调制的逆过程。

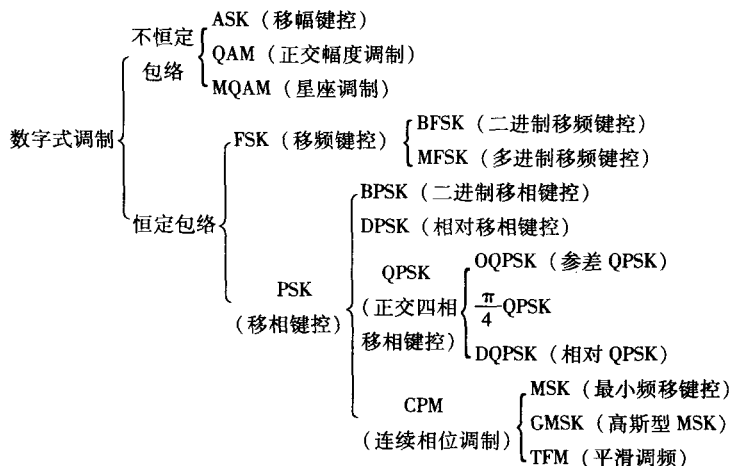


图 1-3 数字调制的分类

1.2 移动通信的工作方式

按照通话的状态和频率使用的方法，移动通信可分为三种工作方式：单工、双工和半双工三种通信方式。

1.2.1 单工通信方式

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 1-4 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。

1. 同频单工

同频单工是指通信的双方在相同频率 f_1 上由收/发信机轮流工作。通话的操作采用“按-讲”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，可按压“按-讲”开关，关掉自己的接收机，使其发射机工作，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，也可实现由 B 至 A 的通话。在该方式中，同一部电台（如 A 方）的收发信机是交替工作的，故收发信机可使用同一副天线，而不需要使用天线共用器。

这种工作方式设备简单，功耗小，但操作不便，如果配合不好，双方的通话就会出现断断续续的现象。此外，若在同一地区多部电台使用相邻的频率，相距较近的电台间将产生严重的干扰。

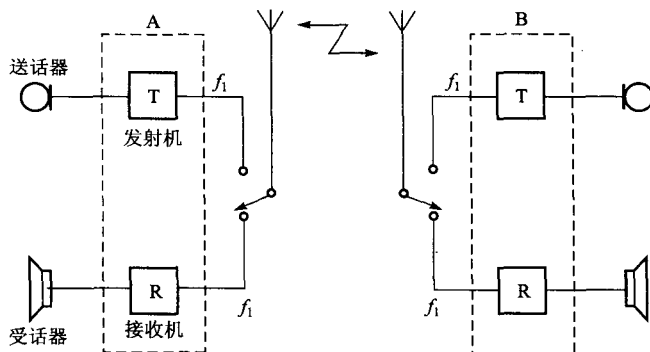


图 1-4 同频单工通信方式

2. 异频单工

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。而操作仍采用“按-讲”方式。如图1-5所示。在移动通信中，基地站和移动台收、发使用两个频率实现双向通信，这两个频率通常称为一个信道。若基地站设置多部发射机和多部接收机且同时工作，则可将接收机设在某一频率上，而将发射机设置在另一频率上，只要这两个频率有足够频差（或者称频距），借助于滤波器等选频器件就能排除发射机对接收机的干扰。

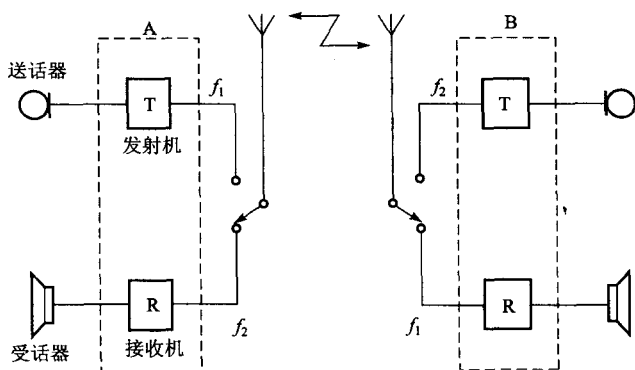


图 1-5 异频单工通信方式

1.2.2 半双工通信方式

半双工通信方式是指通信的双方有一方（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 f_1 和 f_2 ；而另一方（如B方）则采用双频单工方式，即收发信



机交替工作，如图 1-6 所示。平时，B 方是处于守听状态，仅在发话时才按压“按-讲”开关，切断收信机使发信机工作。其优点是设备简单、功耗小，克服了通话断断续续的现象，但操作仍不太方便。所以半双工通信方式主要用于专业移动通信系统中，如汽车调度等。

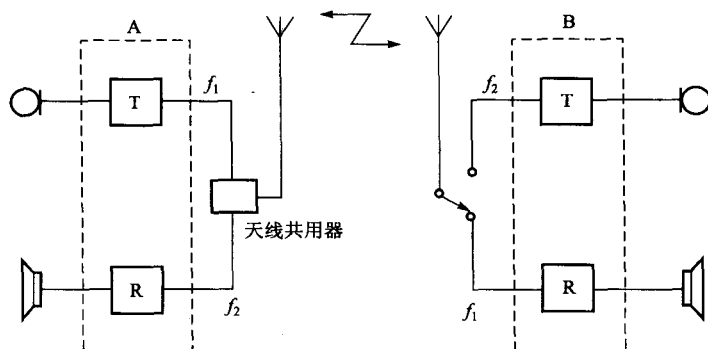


图 1-6 半双工通信方式

1.2.3 双工通信方式

双工通信方式指通信的双方，收发信机均同时工作，即任一方在发话的同时，也能收听到对方的话音，无需按“按-讲”开关。这与普通市内电话的使用情况类似，操作方便，如图 1-7 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。为此，在某些系统中，移动台的发射机仅在发话时才工作，而移动台接收机总是工作的，通常称这种系统为准双工系统，它可以和双工系统相兼容。目前，这种工作方式在移动通信系统中获得了广泛的应用。

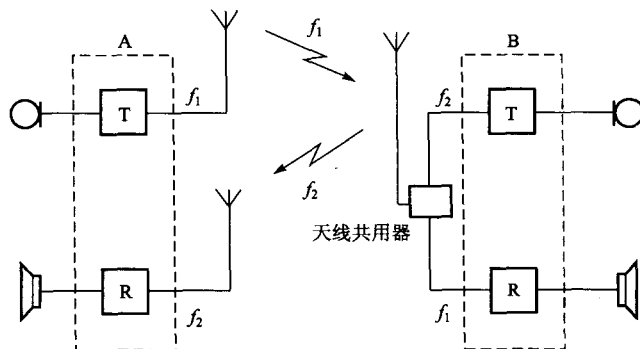


图 1-7 双工通信方式



1.3 数字移动通信系统的基本组成

数字移动通信系统是一种双向双工通信系统。该系统一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动业务交换中心（MSC）及与市话网（PSTN）相连的中继线等组成，如图1-8所示。

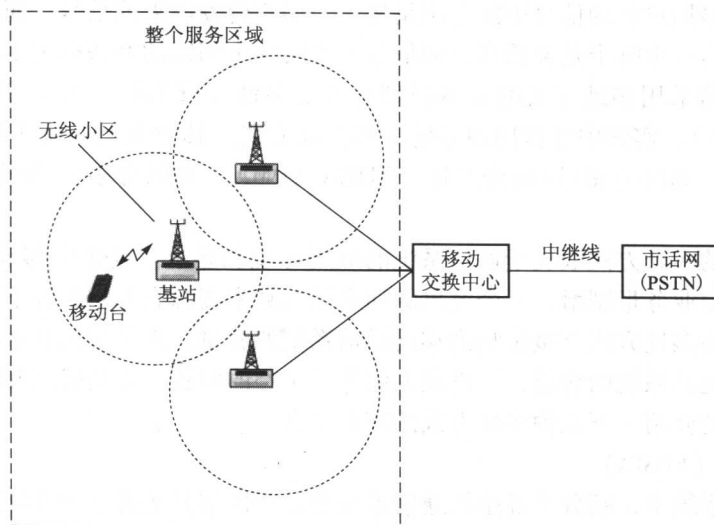


图1-8 数字移动通信系统的组成

基站和移动台设有收/发信机和天馈线等设备。基站的主要作用是为移动台提供一个双向的无线链路。每个基站都有一个可靠的通信服务范围，称为无线小区，无线小区的大小主要由发射机功率和基站天线的有效高度等因素决定。整个系统的服务区域可由一个或若干个无线小区组成。移动业务交换中心主要用来处理信息的交换和整个系统的集中控制管理。从图中我们不难看出，通过基地站、移动业务交换中心就可以实现在整个服务区内任意两个移动用户之间的通信；也可以经过中继线与市话局连接，实现移动用户和市话用户之间的通信，从而构成一个有线、无线相结合的移动通信系统。

1.4 数字移动通信系统的用户容量

我们知道，移动通信系统由于要使用无线电波，而无线电波的频率资源是有限的，结果移动通信就会受到频率资源的限制。事实上，无线电波的资源有限并不是说无线电波会被用掉、花掉等等，而是指一定时间、空间、频率上的占用，因此必须分配使用。无线电波频率



资源有限就意味着系统容量的有限,从而无法容纳更多的用户。为了提高移动通信系统的容量,就要根据无线电波的时间、空间、频率的三维占用性,从这三个角度上想办法。常用的提高系统容量的方法主要有多址技术、蜂窝技术等等。

1.4.1 多址技术

在一个无线小区中,如何使一个基站能容纳更多的用户同时和其他用户进行通信?又 how 使基站能从众多用户台的信号中区分出是哪一个用户台发出来的信号,而各用户台又能识别出基站发出的信号中哪个是发给自己的信号?解决这个问题的办法称为多址技术。

目前移动通信采用多址方式的基本类型有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。实际中也常用到其他一些多址方式,其中也包括这3种基本多址方式的混合多址方式,如时分多址/频分多址(TDMA/FDMA)和码分多址/频分多址(CDMA/FDMA)等。

选择什么样的多址方式取决于通信系统的应用环境和要求。就数字移动通信网络而言,由于用户数和通信业务量剧增,一个突出的问题是在频率资源有限的条件下,如何提高通信系统的容量。因为多址方式直接影响到移动通信系统的容量,因而采用什么样的多址方式更有利于提高这种通信系统的容量,一直是人们非常关心的问题,也是研究和开发移动通信的热门课题。下面就介绍一下几种多址方式的基本概念。

1. 频分多址(FDMA)

在移动通信系统中,频分多址是把通信系统的总频段划分成若干个等间隔的互不重叠的频道,分配给不同的用户使用。这些频道互不重叠,其宽度能传输一路话音信息,而在相邻频道之间无明显的干扰。

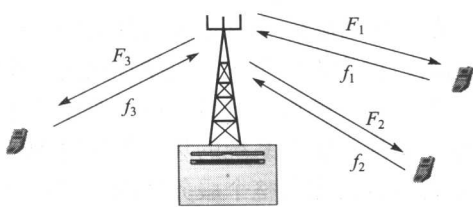


图 1-9 FDMA 系统的收发工作示意图

频分多址系统的工作示意图如图 1-9 所示。由图可见,系统的基站必须同时发射和接收多个不同频率的信号。任意两个移动用户之间进行通信时都必须经过基站中转,因而要占用两个信道(4个频道)才能实现双工通信。不过,移动台在通信时所占用的信道并不是固定的,通常是在通信建立阶段由系统控制中心

临时分配的,通信结束后移动台将退回占用的信道,这些信道又可以重新分配给其他用户使用。

这种多址方式的特点是多个移动台进行通信时占用数量众多的频点,浪费频率资源,频带利用率不高,容量有限。

2. 时分多址(TDMA)

时分多址(TDMA)是在一个载波频率上把时间分割成周期性的帧,每一帧再分割成若