



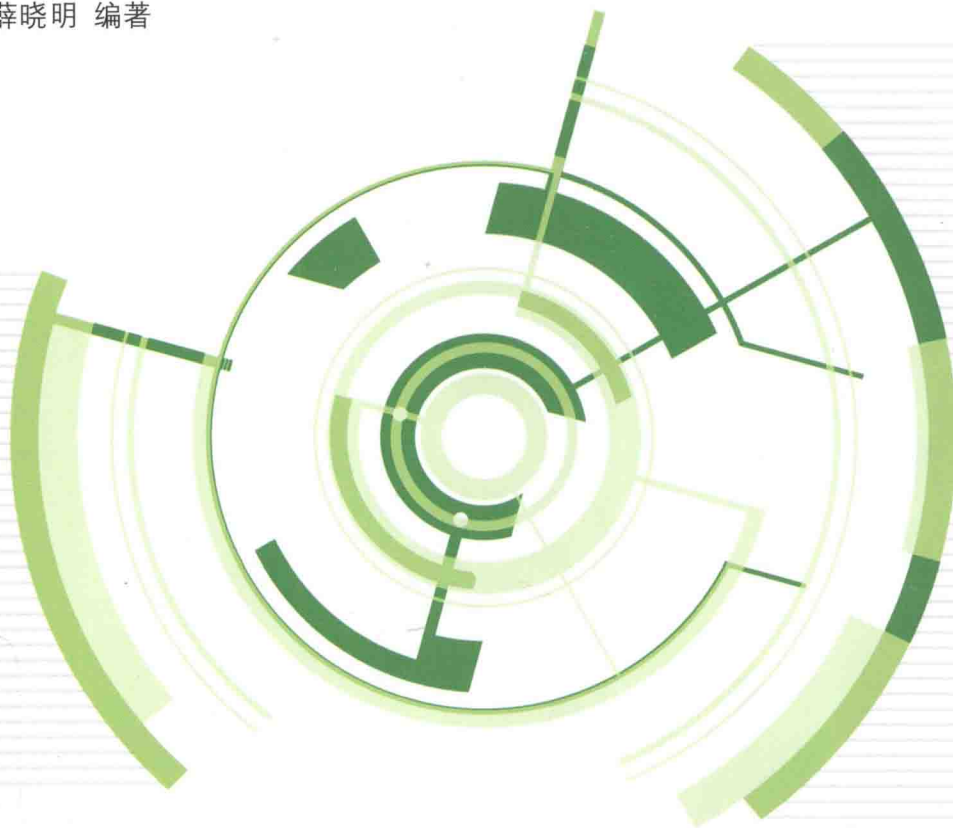
面向“十二五”高等学校精品规划教材·电子信息类
高等教育课程改革项目研究成果

移动通信技术

(第2版)

YIDONG TONGXIN JISHU

薛晓明 编著



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

面向“十二五”高等学校精品规划教材·电子信息类
高等教育课程改革项目研究成果

YIDONGTONGXINJISHU

移动通信技术

(第2版)

■ 薛晓明 编著

 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,详细地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、未来的移动通信系统。

本书适合于作为通信专业本科学生的教材,也可以作为其他相关专业的教材,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施工的技术参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/薛晓明编著. —2 版. —北京:北京理工大学出版社, 2010. 1

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1135 - 2

I. ①移… II. ①薛… III. ①移动通信-通信技术 IV. ①TN929. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 013682 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/北京国马印刷厂

开 本/787 毫米×960 毫米 1/16

印 张/14

字 数/283 千字

版 次/2010 年 1 月第 2 版 2010 年 1 月第 5 次印刷

印 数/8001~9000 册

定 价/29.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

移动通信技术的发展日新月异，是当今世界上发展最快的领域之一。这种快速的变化给我们的教学带来了越来越大的难度，如何编写一本理论与实践相融合的适应快变的教材，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，因为知识在不断的更新，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，其主要目的让学生一开始就能知晓学习这本书的目的，以至激发学生的学习兴趣。

全书共分5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（2G）数字蜂窝移动通信系统：GSM移动通信系统和CDMA移动通信系统；第3章简介了第三代（3G）数字蜂窝移动通信系统的基本原理；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章展望了未来的移动通信系统，主要内容包括4G移动通信系统的简介，4G的网络架构，4G的关键技术等。

本书第1、第2、第3章由薛晓明副教授编写，第4章由王世鹤老师编写，全书由薛晓明副教授负责统稿。

张立中副教授、陈震老师审阅了本教材。

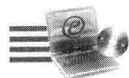
鉴于编者水平有限，难免有不妥之处，欢迎广大读者对本书提出宝贵的意见和建议。

编者

目录 >>>>

Contents

本门课程对应岗位	(1)
岗位需求知识点	(1)
第1章 移动通信概述	(2)
1.1 移动通信的特点	(3)
1.2 移动通信的工作方式	(5)
1.3 移动通信系统的基本组成	(7)
1.4 移动通信系统的发展历程	(8)
1.5 移动通信的基本技术	(10)
1.5.1 移动通信的信号处理技术	(10)
1.5.2 移动通信的组网技术	(17)
1.6 移动通信的产业链	(31)
实践活动	(33)
思考与练习	(34)
第2章 第2代移动通信系统 (2G)	(35)
2.1 GSM 数字蜂窝移动通信系统	(37)
2.1.1 GSM 移动通信系统技术标准规范	(37)
2.1.2 GSM 移动通信系统的组成	(37)
2.1.3 GSM 系统的无线传输特征	(42)
2.1.4 GSM 系统信号传输与处理的基本原理	(45)
2.1.5 GSM 移动通信的网络结构	(50)
2.1.6 GSM 移动通信网络的管理	(55)
2.2 窄带 CDMA 系统	(62)
2.2.1 CDMA 移动通信产生的背景	(62)
2.2.2 IS-95 CDMA 移动通信系统的组成与特点	(62)
2.2.3 IS-95 CDMA 移动通信系统信号传输与处理的基本原理	(64)
2.2.4 IS-95 CDMA 系统的信道	(75)



2.2.5 IS-95 CDMA 移动通信的网络结构	(78)
2.2.6 IS-95 CDMA 移动通信网络的管理	(79)
实践活动	(84)
思考与练习	(84)
第3章 第3代移动通信系统 (3G)	(86)
3.1 概述	(87)
3.1.1 3G 的主要目标	(87)
3.1.2 3G 的组成	(87)
3.1.3 3G 的频段划分	(88)
3.1.4 3G 的标准及其比较	(88)
3.1.5 3G 的关键技术	(92)
3.2 WCDMA 移动通信系统	(96)
3.2.1 WCDMA 移动通信系统的结构	(96)
3.2.2 WCDMA 系统无线接口 Uu 的协议结构	(100)
3.2.3 WCDMA 系统的物理层	(101)
3.3 CDMA2000 移动通信系统	(128)
3.3.1 CDMA2000 1X 系统的结构	(128)
3.3.2 CDMA2000 1X 系统无线接口 Um 的协议结构	(129)
3.3.3 CDMA2000 1X 系统的物理层	(131)
3.3.4 CDMA2000 1X 系统数据处理的关键技术	(141)
3.4 TD-SCDMA 移动通信系统	(144)
3.4.1 TD-SCDMA 系统的结构	(144)
3.4.2 TD-SCDMA 系统的无线接口协议结构	(145)
3.4.3 TD-SCDMA 系统的物理层	(145)
3.4.4 TD-SCDMA 系统的关键技术	(152)
实践活动	(157)
思考与练习	(157)
第4章 移动通信设备	(159)
4.1 基站子系统设备	(160)
4.1.1 基站控制器 (BSC)	(160)



4.1.2 无线基站 (RBS)	(161)
4.2 天馈线系统	(177)
4.2.1 天线辐射电磁波的基本原理	(177)
4.2.2 天线的主要性能参数	(178)
4.2.3 天线的分类与选择	(180)
4.2.4 天线的安装规范	(183)
4.3 直放站	(183)
4.3.1 直放站概述	(183)
4.3.2 直放站的主要性能指标	(185)
4.3.3 直放站的安装要求	(187)
4.4 数字蜂窝系统移动台	(187)
4.4.1 GSM 数字蜂窝系统移动台	(187)
4.4.2 CDMA 移动台	(195)
4.5 移动通信的电源系统	(198)
4.5.1 基站电源系统的工作原理	(198)
4.5.2 移动交换局电源的工作原理	(201)
4.5.3 我国通信电源的发展方向	(202)
实践活动	(203)
思考与练习	(203)
第5章 未来的移动通信系统	(204)
5.1 4G 移动通信系统的简介	(205)
5.1.1 4G 的定义	(205)
5.1.2 4G 的主要技术指标	(205)
5.1.3 4G 较之于3G 的优点	(205)
5.2 4G 的网络架构	(206)
5.2.1 4G 的网络体系结构	(206)
5.2.2 4G 移动通信的接入系统	(207)
5.2.3 4G 移动通信的软件系统	(208)
5.3 4G 的关键技术	(208)
5.3.1 OFDM 调制技术	(208)
5.3.2 软件无线电	(209)



5.3.3 网络结构与协议	(209)
5.3.4 定位技术	(209)
5.3.5 切换技术	(209)
5.3.6 MIMO 技术	(210)
实践活动	(210)
思考与练习	(210)
 附录 爱尔兰损失概率表	 (211)
 参考文献	 (213)

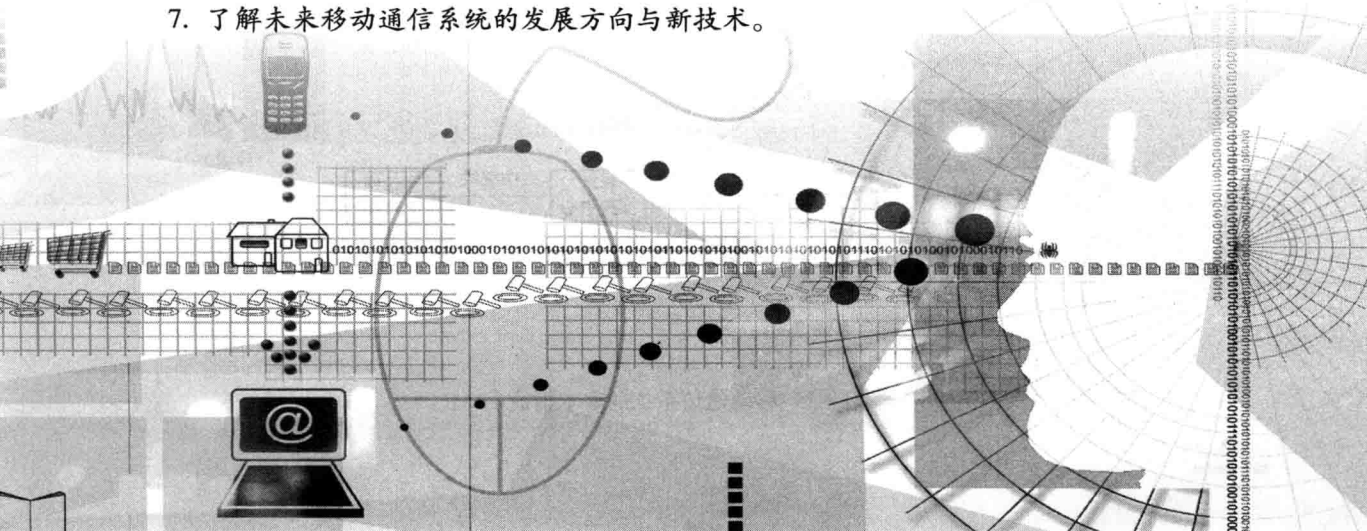
◆ 本门课程对应岗位

本课程为培养移动通信领域高技能人才提供了必要的理论知识和职业技能，通过学习移动通信及组网方面的专业知识，以及移动通信系统与工程实践的基本训练，可从事以下岗位的工作。

1. 移动通信终端设备的生产、检测与调试岗位。
2. 移动通信终端售后服务的技术主管岗位。
3. 移动基站设备的生产、检测与维护岗位。
4. 移动通信的工程安装、调试、维护岗位。
5. 移动通信业公司的网络运营岗位。
6. 移动通信相关产品的生产、检修、测试、营销岗位。

◆ 岗位需求知识点

1. 掌握移动通信的基本概念、基本组成、基本原理。
2. 掌握移动通信信息传输的发送与接收的基本技术。
3. 掌握蜂窝移动通信系统的组网技术。
4. 掌握第二代移动通信系统的组成、信号传输与处理的基本原理。
5. 掌握第三代移动通信系统的结构与基本工作原理。
6. 掌握移动通信设备的基本结构和工作原理。
7. 了解未来移动通信系统的发展方向与新技术。



第 1 章 移动通信概述

本章知识点

1. 掌握移动通信的概念、特点。
2. 掌握移动通信的三种工作方式。
3. 掌握移动通信系统的基本组成。
4. 掌握移动通信的信号处理技术。
5. 掌握移动通信的组网技术。
6. 理解移动通信的发展历程及发展趋势。
7. 了解移动通信的产业链。

先导案例

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，实现这种方式的通信系统称为移动通信系统，系统的基本构成如图 1-1 所示，系统内的数据传输和处理流程如图 1-2 所示。

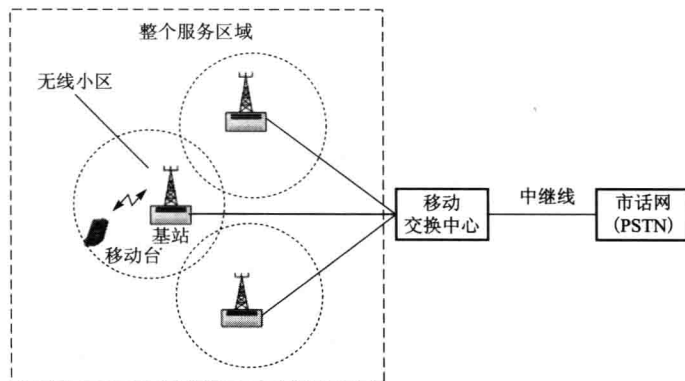


图 1-1 移动通信系统的基本构成

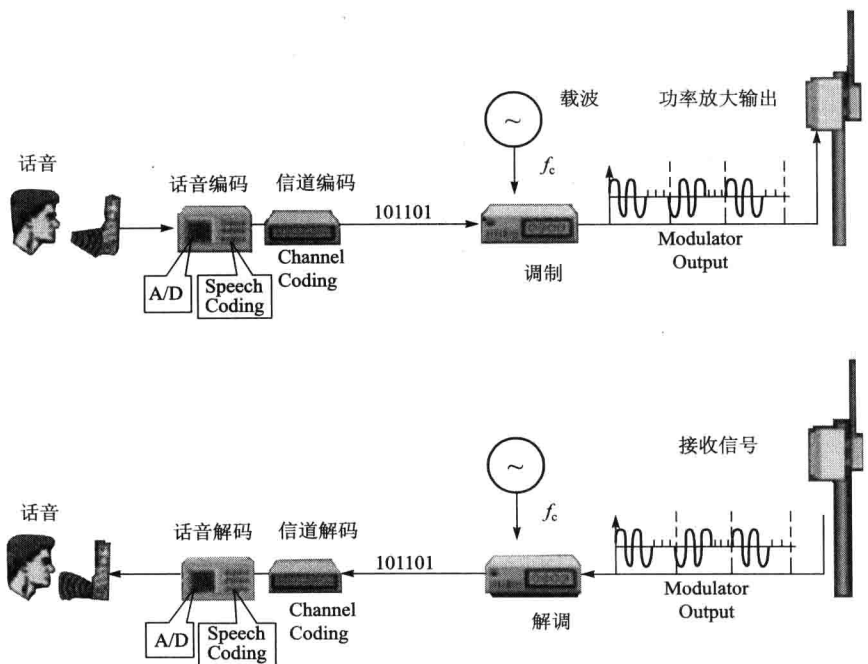


图 1-2 移动通信系统的数据传输和处理流程

与有线通信系统相比，移动通信系统有什么特点？采用什么方式？信号处理采用哪些技术？如何组网？掌握这些概念对于了解移动通信有十分重要的意义。

1.1 移动通信的特点

移动通信属于无线通信，通信终端设备是可移动的，传输信号以电磁波的形式在空间进行传输，传输线路不再固定。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，其通信质量也不断提高，手机已成为人们生活的一部分。我国目前拥有全世界最多的移动用户，拥有覆盖范围广、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。与其他通信方式相比，移动通信具有自身的特点。

1. 电波传输条件恶劣，存在严重的多径衰落现象

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,从而严重影响通信的质量。这就是所谓的多径衰落现象,如图1-3所示。在移动通信系统中,采用分集接收技术抗多径衰落。

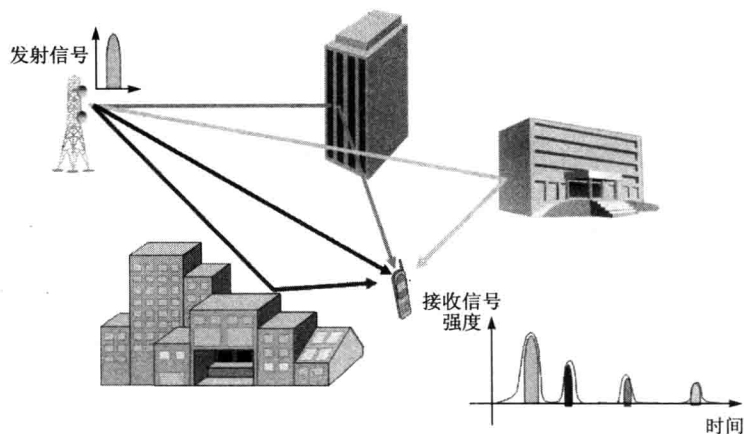


图1-3 多径衰落现象

2. 具有多普勒效应

由于移动用户可能在高速车载的运动中进行,当运动速度达到70 km/h,接收信号的频率随着速度和入射角而变化,使接收信号的电平起伏变化,即出现多普勒效应。在移动通信系统中,使用锁相环技术可以降低多普勒效应带来的信号不稳定的影响。

3. 存在远近效应

由于移动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变化;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。

4. 用户经常移动

由于移动用户在通信区域内是随机运动的,为了实现实时可靠的通信,要求移动通信系统必须具有位置登记、越区切换及漫游访问等跟踪交换技术。

5. 组网方式灵活

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和面状服务区。



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. 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。

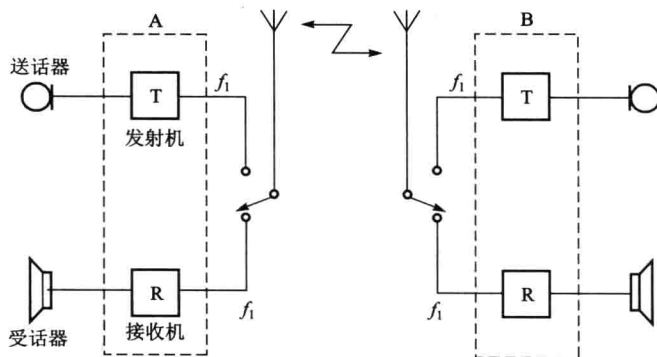


图 1-4 单工通信方式

(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。

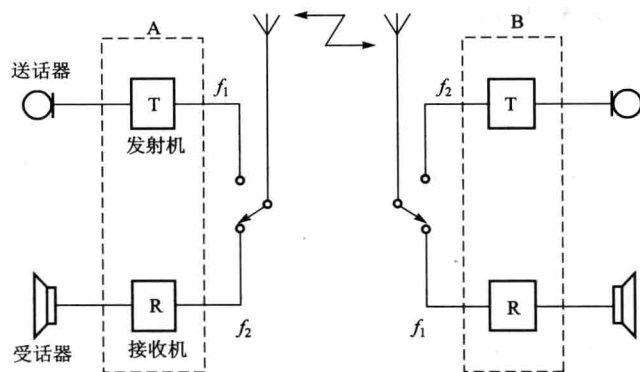


图 1-5 双频单工通信方式

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，切断收音机使发信机工作。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。

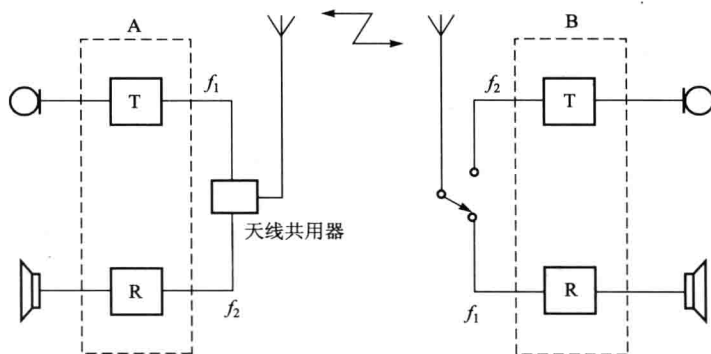
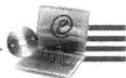


图 1-6 半双工通信方式

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-讲”开关, 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。

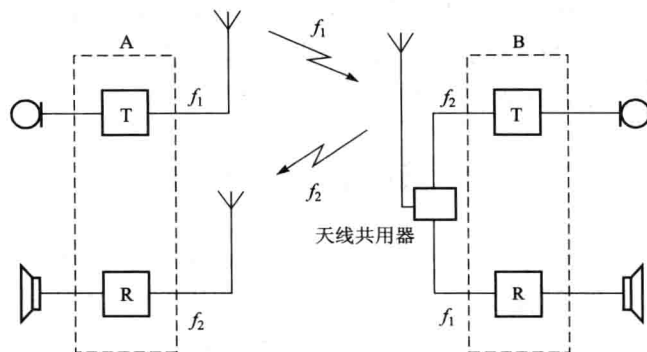


图 1-7 双工通信方式

1.3 移动通信系统的基本组成

1. 移动通信系统的基本组成

移动通信网络一般由移动台 (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 1-1 所示。

(1) 移动台。

移动台 (MS) 是公用移动通信网中移动用户使用的设备, 也是用户能够接触的系统中的唯一设备, 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, 另一个是使用者之间的接口, 对于手机用户来讲用户接口指的是按键和显示屏。

(2) 基站。

基站 (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定网用户间的通信连接。基站本身只起转发作用, 如何移动用户 (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用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(上行通道); 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(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。

1.4 移动通信系统的发展历程

现代通信技术的发展始于20世纪20年代, 是20世纪的重大成就之一。在不到100年的时间中, 随着计算机和通信技术的发展, 移动通信也得到了巨大的发展, 其发展速度令人惊叹。移动通信已成为人们生活的一部分, 移动用户的数量与日俱增。移动通信系统的发展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, 其发展历程如图1-8所示。

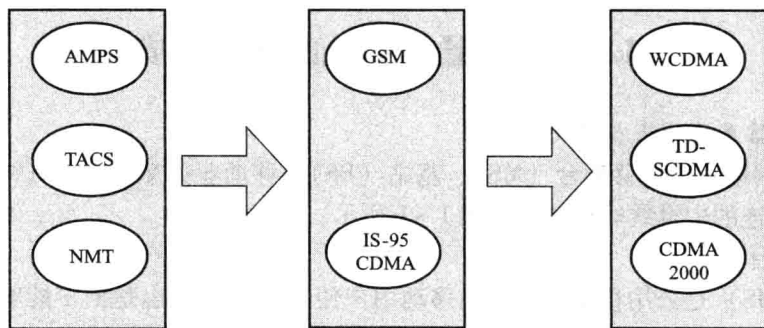


图1-8 移动通信系统的发展历程

1. 第一代模拟蜂窝移动通信系统(1G)

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20世纪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通信系统, 统称为第一代(1G)移动通信系统。1G系统的主要缺点是: 频谱利用率低, 容量有限, 系统扩容困难; 制式太多, 互不兼容, 不利于用户实现国际漫游, 限制了用户覆盖面; 不能与ISDN兼容, 提供的业务种类受限制, 不能传输数据信息; 保密性差, 以及移动终端要进一步实现小型化、低功耗、低价格的难度都较大。

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



900 MHz TACS 标准的模拟蜂窝移动通信系统 (A 网) 和瑞典 ERICSSON 的公司 900 MHz 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 网的互联自动漫游。2001 年, 我国模拟网关闭。

2. 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-95CDMA 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 900 MHz 和 1 800 MHz, 分别称作 GSM900 和 DCS1800, 一般在 900 MHz 频段无法满足用户容量需求时, 会启用 1 800 MHz 频段。IS-95 系统的使用频段主要为 800 MHz。

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 9.6 kbit/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 171.2 kbit/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 900 MHz, 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 1 800 MHz, 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。

3. 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 2 Mbit/s 数据、图像业务, 同时支持多媒体业务; 能够全球无线漫游。