

教育部高职高专通信类专业教学指导委员会推荐教材

CDMA Yidong Tongxin Jishu Jianming Jiaocheng

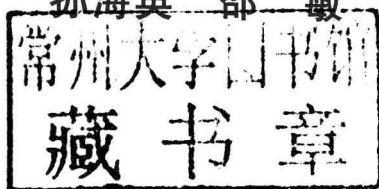
CDMA 移动通信技术 简明教程

主编 周祖荣 姚美菱

教育部高职高专通信类专业教学指导委员会推荐教材

CDMA 移动通信技术 简明教程

主 编 周祖荣 姚美菱
副主编 牛秋娜
参 编 阎春娟 陈 琦 任春年
孙海英 邵 敏 王 帅



 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

移动通信是目前发展最快、应用最广的通信技术之一,而 CDMA 蜂窝移动通信技术又是第三代移动通信发展的方向。本书共分为 8 章,主要介绍蜂窝移动通信的基本概念;CDMA 的基本原理;CDMA 中使用的码序列;移动通信中的关键技术;IS-95 CDMA 移动通信系统;CDMA 2000-1X 系统;第三代移动通信系统的主要标准。

本书融入了近年来的最新科技成果,在内容上反映了当代移动通信技术的最新进展。在讲述上本着循序渐进的原则,采用理论与实践相结合的方式,力争对基本概念讲解清楚。在讲述全面内容的同时,精选一定的例题,便于学生理解。

本书可作为高职高专通信类专业的教材,也可作为通信或信息类本科生掌握 CDMA 技术的选修教材,对于从事移动通信以及相关专业的工程技术人员也是一本很好的参考书。

书中有“*”号的部分为选学内容或自学内容,教师可根据学生情况进行讲解。

图书在版编目(CIP)数据

CDMA 移动通信技术简明教程/周祖荣,姚美菱主编.

—天津:天津大学出版社,2010.7

教育部高职高专通信类专业教学指导委员会推荐教材

ISBN 978-7-5618-3305-6

I. ①C… II. ①周…②姚… III. ①码分多址—移动通信—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 116645 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 肃宁县科发印刷厂

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 15

字 数 374 千

版 次 2010 年 7 月第 1 版

印 次 2010 年 7 月第 1 次

印 数 1—3 000

定 价 29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究



前言

“CDMA 移动通信技术”是通信工程专业的一门主要课程。由于移动通信技术是目前发展最快、应用最广的通信技术之一,而 CDMA 蜂窝移动通信技术又是第三代移动通信发展的方向,所以“CDMA 蜂窝移动通信技术”是通信类专业学生的必修课。

编者从 2002 年开始为本科生讲授“CDMA 移动通信新技术”课程,使用和参考过许多相关书籍,由于多数书中的内容不够全面、系统,只能自己编写讲义。编者在编写的讲义的基础上,经过多年的教学实践,不断进行补充和更新,从而编撰为本教材。本教材力求系统、全面,简明易懂,理论与实践相结合。本教材被列入 2008 年教育部高职高专通信类专业教学指导委员会推荐教材。

本书共分为 8 章。第 1 章为蜂窝移动通信系统概述,主要介绍移动通信的发展史、移动通信系统的工作方式、蜂窝移动通信系统的基本组成和分类等,对蜂窝移动通信的概念、蜂窝移动通信使用 CDMA 的优势、我国移动通信发展状况和移动通信发展的主要技术问题及发展方向也作了简要阐述。第 2 章为码分多址技术基础,主要内容为码分多址技术基本原理、扩展频谱通信、数字信号的检错和纠错编码以及数据扰码的原理。第 3 章为 CDMA 中使用的码序列,介绍了 CDMA 中所使用的各种码序列,包括伪随机噪声序列——PN 序列、m 序列、Gold 序列、Walsh 正交码以及可变扩频比正交码(OVSF 码)。第 4 章为 CDMA 通信基本原理和实例分析,通过建立 CDMA 系统模型,采用发送信息在系统中的传输过程的变化,详细介绍了 CDMA 系统的基本原理。为了对 CDMA 系统更加熟悉,通过 CDMA 蜂窝移动通信实例——IS-95CDMA 系统,进一步阐述了 CDMA 系统原理。第 5 章主要介绍 CDMA 数字蜂窝移动通信关键技术,包括分集技术、越区切换技术、软容量技术、自动功率控制技术、信源编码技术、数字调制与解调技术,同时对第三代移动通信中将采用的新技术(智能天线技术、软件无线电技术和多用户检测技术)也进行了简要介绍。第 6 章详细介绍了 IS-95CDMA 通信系统,主要包括 IS-95 系统总体介绍、IS-95CDMA 逻辑信道、正向信道和反向信道以及 IS-95 系统控制功能。第 7 章主要介绍 CDMA2000-1X 系统,包括 CDMA2000-1X 网络结构、CDMA2000-1X 分组数据业务实现、码字在 CDMA2000-1X 中的应用、CDMA2000-1X 空中接口的物理信道和 CDMA2000-1X 物理信道的接续流程。第 8 章主要介绍第三代移动通信系统,包括第三代移动通信的发展历程、第三代移动通信系统结构、3G 频谱情况和 3G 系统的关键技术,同时对 3G 标准化组织、3G 系统的主要业务进行了说明。

本书的第 2 章由牛秋娜老师编写,第 7 章和第 8 章由姚美菱老师编写,其余各章由周祖荣编写。在编写本书的过程中,阎春娟、陈琦、任春年、孙海英、邵敏、王帅老师绘制了部分图表,在此,对他们的辛勤工作表示感谢。

由于编者水平有限,书中的不妥之处敬请读者指正。

编者
2009 年 2 月

目 录

1

蜂窝移动通信系统概述

1.1 移动通信系统的发展史及其特点	(1)
1.2 蜂窝移动通信系统的发展史	(8)
1.3 蜂窝移动通信系统的概念	(11)
1.4 蜂窝移动通信系统使用 CDMA 的优势	(16)
1.5 我国移动通信发展状况简介	(19)
1.6 移动通信发展的主要技术问题及发展方向	(20)
本章小结	(21)
习题	(21)

2

码分多址技术基础

2.1 码分多址技术基本原理	(23)
2.2 扩展频谱通信	(26)
2.3 数字信号的扩频和码分多址	(32)
2.4 数字信号的检错和纠错编码	(32)
2.5 数据扰码	(41)
本章小结	(41)
习题	(42)

3

CDMA 中使用的码序列

3.1 伪随机噪声序列——PN 序列	(43)
3.2 m 序列	(46)
3.3 Gold 序列	(52)
3.4 Walsh 正交码	(55)
3.5 可变扩频比正交码(OVSF 码)	(58)
本章小结	(60)
习题	(61)

4

CDMA 通信基本原理和实例分析

4.1 CDMA 通信基本原理	(62)
4.2 CDMA 蜂窝移动通信实例简介——IS-95CDMA 系统	(71)

本章小结	(75)
习题	(75)

5

CDMA 数字蜂窝移动通信关键技术介绍

5.1 分集技术	(77)
5.2 越区切换技术	(85)
5.3 软容量技术	(90)
5.4 自动功率控制技术	(95)
5.5 信源编码技术	(100)
5.6 数字调制与解调技术	(110)
5.7 智能天线技术	(116)
5.8 软件无线电技术	(119)
5.9 多用户检测技术	(124)
本章小结	(126)
习题	(127)

6

IS-95CDMA 通信系统

6.1 IS-95 系统总体介绍	(128)
6.2 IS-95CDMA 逻辑信道	(136)
6.3 正向信道	(137)
6.4 反向信道	(153)
6.5 IS-95 CDMA 呼叫处理	(163)
本章小结	(173)
习题	(174)

7

CDMA 2000-1X 系统

7.1 概述	(175)
7.2 CDMA 2000-1X 网络结构	(175)
7.3 CDMA 2000-1X 空中接口的基本概念	(180)
7.4 CDMA 2000-1X 空中接口的物理信道	(184)
7.5 CDMA 2000-1X 物理信道的接续流程	(190)
本章小结	(191)
习题	(191)

8

第三代移动通信系统

8.1 第三代移动通信的发展历程	(192)
------------------------	-------

8.2 第三代移动通信系统结构	(194)
8.3 3G 频谱情况	(195)
8.4 3G 系统的关键技术	(195)
8.5 3G 系统的标准化进程及组网规划	(200)
8.6 3G 演进策略	(210)
8.7 3G 系统的主要技术标准概述	(212)
8.8 三种标准组网性能比较	(219)
8.9 3G 系统的业务	(222)
8.10 WiMAX 介绍	(224)
本章小结	(227)
习题	(227)
附录	(229)
参考文献	(231)

蜂窝移动通信系统概述

1

在人类通信方式发展的进程中,无线通信是一个重要的里程碑。在 20 世纪 30 年代,由于移动通信用于商用,使无线通信得到了快速的发展;更使人们意想不到的是,在 20 世纪 70 年代蜂窝移动通信用于民用,使无线通信得到了更加飞速的发展。至今,蜂窝移动通信已经遍及家家户户,成为人们生活中不可缺少的工具。

1.1 移动通信系统的发展史及其特点

要了解和掌握蜂窝移动通信,首先要了解无线通信的发展过程,本节着重介绍第三代蜂窝移动通信。

1.1.1 无线通信的发展简史

从无线通信到蜂窝移动通信按时间来划分,大致可分为以下 5 个阶段。

1. 第一阶段:专用移动网

从 20 世纪 20 年代至 40 年代初期,首先在短波几个频段上开发出专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为 2 MHz,采用超外差无线接收机。到 20 世纪 40 年代,频率提高到 30 ~ 40 MHz。这个阶段是现代移动通信的起步阶段,特点是容量小,工作频率较低。

2. 第二阶段:公用移动通信业务

从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期,公用移动通信业务开始发展。1946 年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用 3 个频道,间隔为 120 kHz,通信方式为单工,接续电话主要通过话务员来完成。随后,前西德(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等国相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室解决了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工,网络的容量较小。

3. 第三阶段:自动交换式三级结构移动通信网

从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用

150 MHz 和 450 MHz 频段,采用大区制、中小容量,实现了自动选择无线频道并能够自动接续到公用电话网。德国也推出了具有相同技术水平的 B 网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450 MHz 频段,实现了自动选频与“小区制”以及频率再用、自动接续。

4. 第四阶段:第一代移动通信系统(模拟蜂窝移动通信系统)

20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期,这是移动通信蓬勃发展的时期。1978 年底,美国贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,简称蜂窝网,大大提高了系统容量。1983 年,该系统首次在芝加哥投入商用,同年 12 月,在华盛顿也开始启用。之后,服务区域在美国逐渐扩大,到 1985 年 3 月,已扩展到 47 个地区,约 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于 1979 年推出 800 MHz 的汽车电话系统(HAMTS),在东京、大阪、神户等地投入商用。西德于 1984 年完成 C 网,频段为 450 MHz。英国于 1985 年开发出全接入通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,之后覆盖了全国,频段为 900 MHz。瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网,并投入使用,频段为 450 MHz。此外,在这一阶段法国开发出 450 MHz 的系统,加拿大推出 450 MHz 移动电话系统 MTS。

这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统,并在世界各地迅速发展。移动通信大发展的原因,除了用户要求迅猛增加这一主要推动力之外,还有几方面技术进展所提供的条件。

①微电子技术在这一时期得到长足发展,这使得通信设备的小型化、微型化有了可能性,各种轻便电台被不断地推出。

②提出并形成了移动通信新体制。随着用户数量的增加,大区制所能提供的容量很快饱和,这就必须探索新体制。在这方面最重要的突破是贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出的蜂窝网的概念。可以说,蜂窝概念真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾。

③随着大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展,为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

5. 第五阶段:第二代移动通信系统数字(数字蜂窝移动通信系统)

从 20 世纪 80 年代中期开始,以 AMPS 和 TACS 为代表的第二代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题。例如,频谱利用率低、移动设备复杂、费用较贵、业务种类受限制以及通话易被窃听等,最主要的问题是其容量已不能满足日益增长的移动用户的需求。

解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高,这大大提高了系统容量。另外,数字网能提供语音、数据多种业务服务,并与 ISDN 等兼容。实际上,早在 20 世纪 70 年代末期,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时,一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究。到 80 年代中期,欧洲首先推出了 GSM 体系。随后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。欧洲 GSM 系统于 1991 年 7 月开始投入商用,目前已经覆盖欧洲所有城市。

与其他现代技术的发展一样,移动通信技术也得到了快速发展。目前,当数字蜂窝网进入实用阶段,正方兴未艾时,关于未来移动通信的讨论已如火如荼地展开。各种方案纷纷出台,

其中最热门的是个人移动通信网。关于这种系统的概念和结构,各家解释并未一致。但有一点是肯定的,即未来移动通信系统将提供全球性优质服务,真正实现任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)、任何地点(Wherever)、向其他任何人(Whomever)提供任何方式(Whatever)的通信服务这一移动通信的最高目标,即所谓的“5W”通信。

为了比较清晰地对移动通信系统的发展有一个全面的认识,表 1.1 给出了第一代蜂窝移动通信系统及其系统特征。

表 1.1 第一代蜂窝移动通信系统的特征和用户分布

系 统	投入时间 (年)	信道带宽 (kHz)	工作频率 (MHz)	信道数	系统特征	用 户
NAMTS	1978	25	820 ~ 835 (反向) 870 ~ 885 (前向)	600	低容量,覆盖范围较小	日本、科威特
AMPS	1983	30	825 ~ 845 (反向) 870 ~ 890 (前向)	660	以城市为对象,蜂窝较小	澳大利亚、加拿大、新西兰、泰国
NMT-450	1981	25	453 ~ 457.5 (反向) 463 ~ 467.5 (前向)	180	低容量、好而大的覆盖区域,适合人口较少的区域	澳大利亚、比利时、中国、北欧诸 国、法国、东南亚诸国、土耳其、沙特
NMT-900	1986	12.5	870 ~ 915 (反向) 935 ~ 960 (前向)	1 999	覆盖范围小,适合城市 用户	澳大利亚、比利时、中国、北欧诸 国、法国、东南亚诸国、土耳其、沙特
TACS + ETACS	1985	25	870 ~ 915 (反向) 935 ~ 960 (前向) 872 ~ 888 (反向) 917 ~ 933 (前向)	1 000 + 640	比 AMPS 的容量大 50%,但蜂窝更小	中国(包括香港)、阿拉伯联合酋 长国、英国

为了了解移动通信系统发展过程中的主要事件,表 1.2 给出移动通信发展的大事记。

表 1.2 移动通信发展的大事记

时 间	主体及地点	主要内容
1921 年	美国底特律警察局	使用车载无线电通信,2 MHz 频率
1946 年	美国圣路易斯	首先建立人工转接小容量汽车电话系统
1949 年	美国联邦通信委员会(FCC)	创立无线电电信公司,开展移动无线电话业务,所有移动电话使用按键拨号、人工转接
1964 年	美国	改进的移动电话系统投入使用。该系统自动选择频道,是工作于 150 MHz 的中容量系统
1969 年	美国	移动电话扩展到 450 MHz 频段,这种 IMTS(MK 系列)成为美国移动电话的标准
	日本	开始研制 800 MHz 蜂窝网大容量汽车电话系统 HCMTS
1979 年	美国芝加哥	试验蜂窝移动电话系统运行
	日本	研制的 800 MHz 大容量汽车电话系统 HCMTS 在东京使用
1981 年	丹麦、芬兰、挪威、瑞典北欧四国	研制的北欧移动电话系统在瑞典开通。其工作频段为 450 MHz,频道间隔为 25 kHz,基站发射功率为 25 ~ 50 W。利用 180 个双向信道,但容量很快饱和。接着 1986 年末引入 NMT900,工作在 900 MHz 频段,有 1 999 个双向频道,频率间隔为 12.5 kHz
1982 年	欧洲邮电通信管理协会(CEPT)	成立移动通信特别小组(Group Special Mobile, GSM)对第二代蜂窝网移动电话系统进行研究

续表

时 间	主体及地点	主要内容
1983 年	美国芝加哥	建立了大容量的先进移动电话业务系统 (Advanced Mobile Phone System, AMPS), 工作频段为 800 MHz, 频率间隔为 30 kHz, 基站发射功率为 45 W
1985 年	英国	研制的全接入通信系统 (Total Access Communications System, TACS) 开始组建。当年 10 月在英国的用户已达 32 万。其使用频段为 900 MHz, 频道间隔为 25 kHz, 基站发射功率为 40 W
1986 年	欧洲国家厂商	向 GSM 提出了 8 种不同的实验方案, 并在巴黎进行了现场实验和测试
1987 年	德国西门子公司	研制的 C-900 系统开始使用。该系统是新一代的宽带数字化蜂窝移动电话系统, 采用 TDMA 技术, 可容纳 200 万个用户
	GSM	就北欧数字蜂窝移动通信系统采用窄带时分多址 (TDMA)、规则脉冲激励——长期预测编码 (RPE-LTP) 和高斯基带滤波最小移频键控调制方式 (GMSK) 取得一致, 并提出了主要参数
1988 年	18 个欧洲国家邮电部	签署了一项谅解备忘录, 上述国家承诺将 GSM 规范付诸实现
1989 年	欧洲 16 个国家、美国、日本	分别向国际无线电咨询委员会 (CCIR) 第八研究组正式提出了各自的数字蜂窝公众陆地移动通信 (DCPLMTS) 的研究报告
	GSM	系统认证试验内容包括无线、有线接口, 通信规约, 基站间及与交换中心之间的接口漫游模拟实验
1990 年		GSM 系统开始试运行
1991 年		GSM 系统开始使用
1992 年	北美、日本	数字式 DAMPS 投入使用, 日本数字式 DNTP 系统投入使用
1993 年	澳大利亚、奥地利、比利时、丹麦、芬兰、荷兰、瑞典、瑞士、英国、法国、德国、中国香港、希腊、爱尔兰、意大利、卢森堡、新西兰、挪威、葡萄牙、巴基斯坦、西班牙、喀麦隆、塞浦路斯、卡塔尔、新加坡、土耳其、阿拉伯联合酋长国、沙特阿拉伯和中国	全球有 70 多个国家和地区已成为 GSM 系统的成员
1994 年	美国 Qualcomm 公司	CDMA 技术奠定了北美数字蜂窝移动通信标准的基础 (IS-95)
1999 年	ITU	高速电路交换数据 (High Speed Circuit Switched Data, HSCSD)、通用分组无线业务 (GPRS) 等新的高速数据通信技术成为数据应用的新焦点, 并投入商用
		3 月完成了 IMT-2000 无线接口关键参数建议 (1MT. RKEY)
		5 月完成了 IMT-2000 无线接口技术规范建议 (RSPC)
2000 年 5 月		批准通过了 IMT-2000 无线接口技术规范 (M. 1457)
2001 年 3 月		第三代移动通信标准 IMT-2000 基本完善, 所需终端还未推出, 客观上延迟了第三代移动通信系统的商用试验

1.1.2 移动通信系统的分类

为了对移动通信系统有一个全面的了解,下面介绍移动通信系统的分类。

1. 按使用要求和工作场合分类

(1) 集群移动通信。集群移动通信也称大区制移动通信。它的特点是只有一个基站,天线高度为几十米至百余米,覆盖半径为 30 km,发射机功率高达 200 W,用户数约为几十至几百,可以是车载台也可以是手持台。它们可以与基站通信,也可以通过基站与其他移动台及市话用户通信,其中基站与 MCS 用有线网连接。(MCS:移动交换中心)

(2) 蜂窝移动通信。蜂窝移动通信也称小区制移动通信。它的特点是把整个大范围的服务区划分成许多小区,每个小区设置一个基站,负责本小区各个移动台的联络与控制,各个基站通过移动交换中心相互联系,并与市话局连接。利用超短电波传播距离有限的特点,离开一定距离的小区可以重复使用频率,使频率资源可以充分利用。每个小区的用户在 1 000 以上,全部覆盖区最终的容量可达 100 万用户。

(3) 卫星移动通信。它的特点是利用卫星转发信号实现移动通信。对于车载移动通信可采用赤道固定卫星,而对手持终端,采用中低轨道的多颗卫星较为有利。

(4) 无绳电话。对于室内外慢速移动的手持终端的通信,则采用小功率、通信距离近的、轻便的无绳电话机。它们可以经过通信点与市话用户进行单向或双向的通信。

2. 按使用的信号分类

(1) 模拟移动通信。使用模拟识别信号的移动通信,称为模拟移动通信。

(2) 数字移动通信。为了解决容量增加的问题,提高通信质量和增加服务功能,目前大都使用数字识别信号,即数字移动通信。

3. 按多址方式分类

在制式上则有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)三种。

(1) 频分多址系统。该系统主要有 AMPS 系统、TACS 系统等。

(2) 时分多址系统。该系统有欧洲的 GSM 系统(全球移动通信系统)、北美的双模制式标准 IS-54 和日本的 JDC 标准。

(3) 码分多址系统。该系统有美国高通 Qualcomm 公司研制的 IS-95 标准的系统。

4. 按业务类型分类

移动通信系统按业务类型分为电话网、数据网、综合业务网。

5. 按使用环境分类

移动通信系统按使用环境分为陆地通信、海上通信、空中通信。

6. 按工作方式分类

移动通信系统按工作方式分为同频单工、异频双工、半双工。

7. 按服务类型分类

移动通信系统按服务类型分为专用网、公用网。

8. 按传输速率分类

移动通信系统按传输速率分为低速网、宽带网。

1.1.3 移动通信系统的工作方式

移动通信从信号的传输方式来看,可分为单向传输(广播式)和双向传输(应答式)两种方

式。单向传输用于广播式,如无线广播电台、早期使用的 BP 机等,采用的方式为单工制通信方式;双向传输又可分为全双工和半双工两种通信方式,下面分别进行介绍。

1. 单工制

单工通信是指通信的双方一端只能作为发信端,另一端只能作为收信端。这种通信方式只适合于广播通信,如目前人们使用的收音机、无线电视接收机等,如图 1.1 所示。

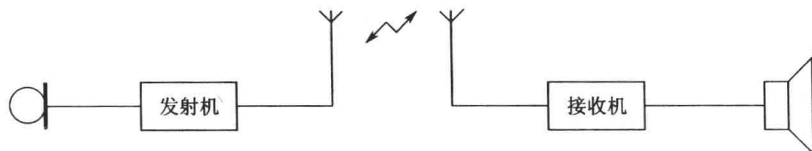


图 1.1 单工通信

2. 半双工制

半双工制是指通信双方使用相同的发送频率(也可使用不同的收发频率)和接收频率,发送时不接收,接收时不发送,也就是说,通信的双方一方发信时,另一方只能收信;反之亦然。

这种通信方式的特点是:由于发送和接收共用一个频率,收发信机轮流工作,故收发天线可共用,收发信机的某些电路也可以共用,因此设备简单,造价低廉,而且省电。但是,由于该方式只允许一方发送时另一方进行接收,故只能在某一时刻一个方向通信,当要改变方向通信时,原发送方要松开按键,而原接收方则要按动发送键,因此在这种通信中,通信双方要密切配合,才能使通信顺畅,否则会使通信困难。半双工制通信系统如图 1.2 所示。

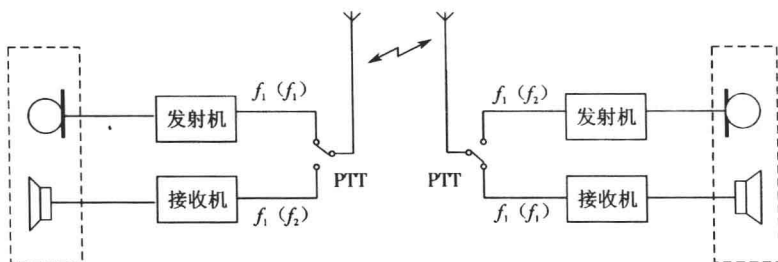


图 1.2 半双工通信

例如,火车站值班人员就经常使用这种通信工具,称其为对讲机。

3. 双工制

双工通信是指通信双方可同时进行信息传递的工作方式,这种通信方式也称为全双工通信,如图 1.3 所示。

这种通信方式可以是基站——移动台方式,也可以是移动台——移动台方式。不管是哪一种方式,通信双方的发射机和接收机可分别使用一副天线,也可通过双工器共用一副天线。一般移动台为了减小体积,大多共用一副天线。

双工通信一般是用一对频道,即一个发射频道和一个接收频道,采用频分双工(FDD)的模式工作。这种通信模式使用方便,同普通有线电话相同,发射和接收可同时进行。由于要占用两个频道,频带使用较宽,同时由于不管是否发话,发射机和接收机总是工作的,故电源消耗较大。

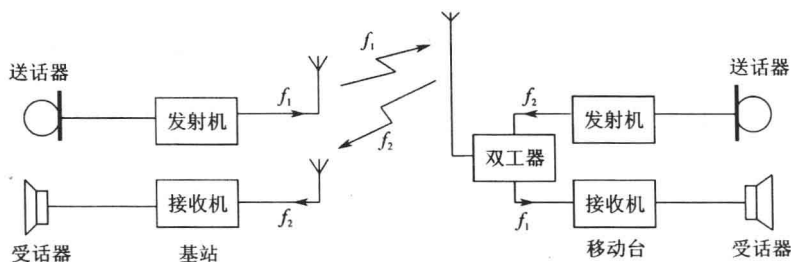


图 1.3 双工通信

1.1.4 移动通信的工作频率

移动通信根据其工作特性,一般都使用甚高频(VHF)、超高频(UHF)频段。早期的移动通信主要使用甚高频(VHF)频段,目前大容量的移动通信系统均使用 900 MHz 频段和 1 800 MHz 频段,第三代移动通信系统将使用 2 GHz 频段。

1. 早期的移动通信使用 VHF/UHF 频段的原因

早期的移动通信主要使用甚高频(VHF)和超高频(UHF)频段,主要有以下几个原因。

(1) 比较适合移动通信。VHF/UHF 频段的电波特性是沿视距方式进行传递的,一般传输的距离较短,为几千米到几十千米,适合短距离的移动通信方式。

(2) VHF/UHF 频段所需天线较短。为了便于携带,移动设备的天线要求要短一些。天线长度是与波长有关的,移动台常用的是一种称为鞭状的天线。例如,当频率为 150 MHz 时,鞭状天线的长度约为 50 cm;当频率为 450 MHz 时,天线长度约为 17 cm,依此类推,频率越高,天线长度越短。因此,频率较高的系统天线较短,便于制作和携带。

(3) 抗干扰能力强。由于天电干扰和工业火花干扰都属于脉冲干扰,随着频率的增高,干扰的幅度减小,从而使工作在 VHF/UHF 频段的设备可以用较小的发射功率,获得较好的信噪比。

2. 使用 900 MHz 频段的主要系统

大容量的移动通信系统大多采用 800 MHz 频段或 900 MHz 频段,这种频率是模拟移动通信和当前移动通信主要使用的频率。其代表产品有 AMPS、TACS、GSM、CDMA。

3. 使用 1 800 MHz 频段的主要系统

随着移动通信容量的不断扩大,900 MHz 频段已满足不了移动通信的需要,因此开始使用 1 800 MHz 频段。该频段主要用于微蜂窝移动通信系统,其代表产品为 DCS1800。

4. 使用 2 GHz 频段的主要系统

2 GHz 频段主要用于第三代移动通信系统,见第三代移动通信频率的配置,即第 8 章图 8.4。

1.2 蜂窝移动通信系统的发展史

1.2.1 第一代蜂窝移动通信系统

1. 第一代蜂窝移动通信系统的产生

1971 年 12 月,美国贝尔公司向美国联邦通信委员会(FCC)提交了蜂窝移动通信系统 HCMTS 的建议,这是第一次正式提出的蜂窝移动通信系统概念。蜂窝的意思就是将一个大区划分为几个小区,相邻的小区使用不同的频率进行传输,避免相互干扰。

蜂窝移动通信系统的提出,主要是解决频率资源紧张、用户容量增加的问题。FCC 接受了该建议,在 850 MHz 频段提供了 40 MHz 的通信资源。

HCMTS 在 1978 年安装,1983 年开始商业运营。特点有:各小区采用频率复用;全自动接入公共电话网;使用多波道共用技术,实现了较大的通信容量。该系统在 20 世纪 80 年代演变成了美国模拟系统的国家标准,即先进的移动电话业务(AMPS)。

2. 第一代蜂窝移动通信系统的主要特点

(1) 采用频分多址(FDMA)接入技术。

(2) 在移动通信信道中传输的都是调制的模拟电话信号,因此第一代蜂窝移动通信系统也称为模拟蜂窝移动通信系统。

(3) 没有一个统一的全球标准。

3. 第一代蜂窝移动通信系统的不足

(1) 由于邻道干扰的存在,蜂窝也就有了一个最小尺寸的限制,它与具体的环境和系统的灵敏度有密切的关系。

(2) 除了容量瓶颈以外,第一代模拟移动通信系统还受限于不同的系统标准,这使得用户不可能在不同国家漫游。例如,800 MHz、900 MHz 等系统分别存在于不同的国家,使得用户不可能在这些国家漫游,甚至有时在同一个国家都不可能漫游,如我国就曾经有 A、B 两种系统。

(3) 容量受到限制,满足不了日益增长的用户需求。

1.2.2 第二代蜂窝移动通信系统

1. 第二代蜂窝移动通信系统产生的原因

自从 1981 年,第一代以 FDMA 技术为基础的模拟移动通信系统建立、使用以来,蜂窝移动通信市场的发展和需求大大超过了人们原有的预测。在短短几年时间内,模拟蜂窝系统就面临着阻塞概率增高、呼叫中断率增高、蜂窝系统的干扰增大、蜂窝系统迫切需要增容等压力。

由于模拟蜂窝系统本身的缺陷(如频谱效率低、保密性能差等),系统的设计容量远远不能满足需求,急需新的蜂窝移动通信系统取代模拟移动通信系统。

2. 第二代数字蜂窝移动通信系统的优势

第二代数字蜂窝移动通信系统出现在 1991 年,它的优势如下。

(1) 第二代数字蜂窝移动通信系统最引人注目的优点之一就是抗干扰能力强和潜在的大容量。也就是说,它可以在环境更为恶劣和需求量更大的地区使用。

(2) 适应数字信号处理和数字通信技术的发展。第二代数字蜂窝移动通信系统促使一些

续表

系统	频率 (Hz)	信道带宽 (MHz)	码速 (kb/s)	调制	多址技术	最少信道数	每信道用户数
GSM	GSM900 890 ~ 915(反向) 935 ~ 960(前向) GSM1800 1805 ~ 1880(反向) 1710 ~ 1785(前向) GSM1900 1930 ~ 1990(反向) 1850 ~ 1910(前向)	200	270.833	GMSK	FDMA/ TDMA	125	8

5. 低轨道卫星通信系统(铱星)

表 1.4 介绍了低轨道卫星通信系统的系统特征。

表 1.4 低轨道卫星通信系统(铱星)

系统特征	IRIDIUM (Motorola)	ODYSSEY (TRW)	GLOBAL STAR (Loral & Qualcomm)	ARIES (Constellation Comm. INC)	TELEDESIC (Microsoft & Boeing)
卫星数量	66	12	24	48	884
寿命(年)	5	10	7.5	5	
类型	LEO	MEO	LEO	LEO	LEO
轨道高度(km)	755	10 600	1 390	1 000	大约 320
覆盖范围	全球	CONUS、美国、 欧洲、亚太沿海	CONUS	CONUS、美国沿海	全球
极化方式	圆	圆	椭圆	圆	
市场服务				类蜂窝声音、定位 ERDSS、传呼、数据	宽带综合业务
用户终端	手持、车载、可移动	手持、车载、可移动	手持、车载、可移动	车载、可移动	手持、车载、可移动
反向	L 波段	L 波段	L 波段	L 波段	
前向	L 波段	S 波段	L 和 C 波段	S 波段	
接入	CDMA				
工程启动(年)	1997	1996	1997	1996	2002

1.2.3 第三代蜂窝移动通信系统

1. 第三代蜂窝移动通信系统的产生

第三代蜂窝移动通信系统最初的研究工作开始于 1985 年,ITU-R(CCITT)成立临时工作组,提出了未来公共陆地移动通信系统(FPLMTS)。1996 年,FPLMTS 被正式更名为 IMT-2000,即国际移动通信系统。