



高等职业技术教育“十二五”规划教材
高等职业技术教育校企合作教材

移动通信设备 与实训

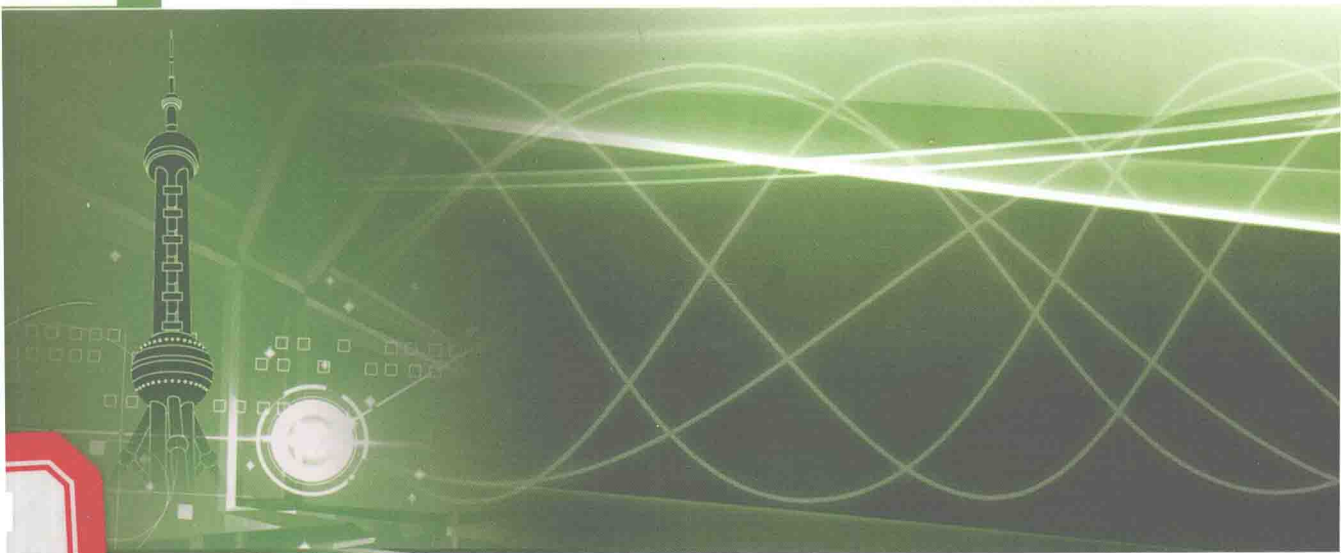
YIDONG TONGXIN SHEBEI YU SHIXUN

主 编 梁卫华

副主编 陈 畅 彭小春 邹绍华

郑 和 田绍川

主 审 何开国



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

高等职业技术教育“十二五”规划教材

移动通信设备与实训

主 编 梁卫华

副主编 陈 畅 彭小春 邹绍华

郑 和 田绍川

主 审 何开国

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内容简介

本书主要包括 9 章、6 个实训项目。首先简单介绍了移动通信系统的组成、特点等基本技术。然后以中兴 GSM、TD-SCDMA 设备为例重点介绍了系统硬件结构、单板配置、基本原理及仿真实训,重点讲解了移动通信基站的安装与维护。最后介绍了 LTE 的关键技术和传输技术。

本书可作为高等职业院校通信相关专业教材,也可作为通信专业相关方向的培训教材,还可供从事通信行业的工程技术人员自学阅读。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信设备与实训 / 梁卫华主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.2
高等职业技术教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5643-2916-7

I. ①移… II. ①梁… III. ①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 (2014) 第 027338 号

高等职业技术教育“十二五”规划教材

移动通信设备与实训

主编 梁卫华

*

责任编辑 黄淑文

助理编辑 宋彦博

特邀编辑 黄庆斌

封面设计 黑创文化

西南交通大学出版社出版发行

四川省成都市金牛区交大路 146 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 15

字数: 373 千字

2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-2916-7

定价: 32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

随着移动通信的飞速发展,第三代移动通信系统得到了广泛应用和普及,第四代移动通信系统的电信业务日新月异,对网络宽带化、网络融合提出了更高要求。

本书本着教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的精神并按照教育部《关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》的要求,全面落实了教育规划纲要,以服务为宗旨,以就业为导向,遵循技能型人才成长规律,能适应经济发展方式、产业发展水平、岗位对技能型人才的要求;坚持行业指导、企业参与、校企合作的教材开发机制,特别邀请了重庆移动无线中心基站部陈畅主任参与教材的开发和编写,由中国通信产业服务公司重庆移动通信服务分公司何开国总经理担任主审。本教材切实反映了职业岗位能力要求,对接企业用人需求。

全书共分为9章,三大模块,具体为:基本技术模块(第1~3、9章);设备及应用模块(第4~5章);安装与维护模块(第6~8章)。根据理论和实训相结合的方式,在介绍了移动通信技术基本概念以及移动通信设备系统的基础上,以中兴公司的ZXG10 B8018和TD NodeB B328设备为例,详细介绍了设备的系统结构、特点、系统功能、系统配置、安装与维护。

本书由梁卫华担任主编,负责全书的统稿工作。由陈畅、彭小春、邹绍华、郑和、田绍川担任副主编。由中国通信产业服务公司重庆移动通信服务分公司何开国总经理担任主审,并为本书的编写提出了很多指导性意见。

本书在编写过程中参考了众多专家学者的研究成果,在此,向所有作者表示深深的谢意。由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不妥之处,诚望读者批评指正。

编 者

2013年4月于重庆

目 录

第 1 章 移动通信概述	1
1.1 移动通信的发展	1
1.2 移动通信的主要特点	3
1.3 移动通信的分类	4
1.4 移动通信中的多址技术	5
本章小结	6
习 题	7
第 2 章 GSM 系统原理	8
2.1 GSM 系统结构	8
2.2 GSM 网络服务区	12
2.3 GSM 系统编号计划	13
2.4 GSM 系统语音处理过程	17
2.5 GSM 系统关键技术	22
2.6 GSM 无线信道和帧结构	27
2.7 GSM 系统接口与协议	35
2.8 GSM 业务流程	44
本章小结	51
习 题	51
第 3 章 第三代移动通信系统	53
3.1 3G 技术概述	53
3.2 TD-SCDMA 系统概述及网络结构	57
3.3 TD-SCDMA 系统物理层结构	67
3.4 TD-SCDMA 系统关键技术	82
本章小结	91
习 题	91
第 4 章 GSM 系统设备	93
4.1 GSM 基站控制器设备	93
4.2 ZXG10 B8018 设备	122
本章小结	141
习 题	141
实训一 GSM 基站系统设备安装检查	142
第 5 章 TD-SCDMA 系统设备	143
5.1 TD-SCDMA 系统 RNC 设备	143

5.2	TD Node B B328 设备	158
5.3	TD B328 系统配置	166
5.4	TD Node B R04 设备	169
	本章小结	173
	习 题	173
	实训二 TD-SCDMA 硬件配置	174
第 6 章	移动通信基站安装	179
6.1	基站工程概述	179
6.2	移动通信基站勘察与设计	179
6.3	基站设备及天馈安装	183
6.4	基站配套安装	187
6.5	基站防雷与接地	191
	本章小结	195
	习 题	196
	实训三 基站勘测设计	196
	实训四 移动通信基站安装质量检查	197
第 7 章	移动通信基站维护	205
7.1	基站维护概述	205
7.2	基站设备的维护与抢修	205
7.3	动力及环境监控系统	211
	本章小结	214
	习 题	215
	实训五 基站运行维护	215
第 8 章	TD-SCDMA 仿真系统实训	219
8.1	实训目的及要求	219
8.2	实训内容	219
8.3	实训仪器	219
8.4	实训步骤	219
8.5	上机实训操作	222
第 9 章	LTE 简介	224
9.1	3GPP LTE 简介	224
9.2	3GPP 至 LTE 演进的关键技术	225
9.3	LTE 无线传输技术	228
	本章小结	232
	习 题	232
	参考文献	233

第1章 移动通信概述

随着社会的发展,人们对通信需求日益迫切,对通信要求也越来越高。理想的通信目标是任何人能在任何时候、任何地方与任何人都能及时沟通联系、交流信息。显然,没有移动通信,这种愿望是无法实现的。

所谓移动通信是指通信双方或一方在移动中(或者临时停留在某一非预定位置上)进行信息的传递和交换。它包括移动体(车辆、船舶、飞机或行人)和移动体之间的通信,移动体和固定点(固定无线电台或有线用户)之间的通信。通信信息除了话音外,还可以是数据、传真、图像等。

由于移动通信不受时间和空间的限制,其信息传递机动灵活、迅速可靠,因此它是一种在人们生活和工作中经常使用且十分方便的通信方式。同时,移动通信也是军事通信的重要手段之一,广泛应用于军队平时与战时的陆上、地空、岸舰、空空、舰舰之间,用以保障指挥所、单兵以及各种武器平台的通信。

1.1 移动通信的发展

1897年意大利人G·马克尼在岸舰之间进行的海上无线电通信试验,是最早的移动通信实践。进入20世纪后,移动通信进入快速发展轨道。1934年,美国开发的短波频段车载无线电系统用于底特律警务移动通信,是最早的专用移动通信系统。该系统工作频率为2 MHz,到40年代提高到30~40 MHz。1946年,贝尔在美国圣路易斯城开通了第一个公用汽车电话网,实现了以基地台为中心,覆盖70~80 km、能与市话网相连的大区制移动通信。20世纪60年代中期到70年代中期,是移动通信系统的改进与完善阶段,其代表为美国推出的改进型移动电话系统(IMTS)。其特点为采用大区制、中小容量,使用450 MHz频段,实现了自动选频与自动接续。1976年,美国在太平洋、大西洋、印度洋上空发射3颗海事通信卫星,实现了部分地区的海上和航空救险移动通信。

移动通信的类型和工作方式很多,应用范围很广,这里所要讨论的是公用陆地蜂窝移动通信系统(PLMN),在其发展历程中主要经历了三代,并将继续朝第四代的目标发展。20世纪70年代末,采用小区制和频率复用等模拟技术体制的蜂窝网、无线寻呼、无绳电话和集群等移动通信系统,一般称为第一代移动通信(1G)。20世纪80年代末,相继开发出高速无线寻呼、数字无绳电话、数字集群和数字蜂窝等移动通信系统,使蜂窝网由频分多址走向时分多址和码分多址,开拓了移动通信的新领域。在同样的频谱条件下,数字式蜂窝网的容量比模拟式蜂窝网扩大10倍左右。典型的数字式蜂窝有欧洲的GSM数字蜂窝系统、美国的IS-95CDMA、D-AMPS数字蜂窝系统等,一般称为第二代移动通信系统(2G)。20世纪90年代中期,世界各国开始积极研发第三代移动通信。1996年,国际电信联盟确定以IMT-2000为第三代移动

通信系统工程的基本标准,后向各国征集具体技术标准时,全球共有 10 个组织提交了候选方案,其中比较典型的是欧洲提出的 WCDMA 标准方案、美国提出的 CDMA-2000 标准方案和中国提出的 TD-SCDMA 标准方案。1998 年 11 月,美国推出由 66 颗卫星组成的移动通信“铱”系统投入运营,实现了全球卫星移动通信。

1. 第一代移动通信系统

20 世纪 70 年代末、80 年代初,第一代蜂窝移动通信系统(1G)发展起来并大规模投入商用。第一代移动通信最重要的技术特征是传输模拟的话音信息,采用了频分多址(FDMA)和模拟调制(FM)方式,第一次在全双工公用移动电话中实现了蜂窝小区的网络结构(同频复用、小区切换等),提高了频率资源的利用率,达成了具有一定漫游功能的移动通信系统。具有代表性的系统美国的 AMPS、英国的 TACS、北欧的 NMT 等。

1G 系统的主要缺点是频谱利用率较低,系统容量有限,抗干扰能力差,通信业务质量比有线电话差。但由于当时移动通信的国际标准化落后于应用,因而有多个互不兼容的系统标准,因此跨国漫游无法实现。而且由于 1G 系统只能完成模拟话音通信,不能发送数字信息,不能与综合业务数字网(ISDN)兼容,因此已逐步被各国淘汰。

2. 第二代移动通信系统

第二代移动通信系统(2G)出现在 20 世纪 80 年代末 90 年代初,采用了当时条件下最新的数字通信技术,这些主要技术特征包括:

(1) 信息内容全部数字化。采用了话音编码、数字调制、自适应均衡等技术,实现了从信号采集到传输的全过程数字通信。

(2) 采用了更好的多址方式。时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA);双工方式仍为频分双工(FDD)。

(3) 能传送其他数据业务信息,并可与综合业务数字网(ISDN)兼容。

2G 系统包含了 TDMA 和 CDMA 两种体制。应用最广泛的 TDMA 系统主要有三种:欧洲的泛欧移动通信系统 GSM、美国的数-模兼容系统 D-AMPS 以及日本的 PDC 系统。CDMA 体制只有一种,即美国的 IS-95CDMA 系统。

2G 系统除了传统的语音通信外,还可以传送低速率的数据业务,如传真和分组数据业务等,因此其应用功能得到了极大扩展。其主要缺点是系统工作频带有限,限制了高速数据业务的发展,还无法实现移动多媒体业务。并且由于各国标准仍不统一,也无法实现各种体制之间的全球漫游。

3. 第三代移动通信系统

1985 年国际电信联盟(ITU)提出了三代移动通信的概念,在当时被称为未来公众陆地移动通信系统,简称 3G。1996 年正式定名为 IMT-2000(国际移动通信-2000),包含三层含义:系统工作在 2 000 MHz 频段,最高业务数据速率可达 2 000 kbit/s,预期在 2000 年左右得到商用。

由于第二代移动通信系统的巨大成功,导致用户数量的高速增长与有限的系统容量和单一的业务功能之间的矛盾渐趋明显,因此对第三代移动通信系统的需求也更加迫切。在 3G 商业化到来之前,各运营商也提出了过渡性的 2.5G 移动通信系统解决方案。例如:在 GSM 系

统基础上实现的通用分组无线数据业务 (GPRS) 和 GSM 增强型数据业务 (EDGE); CDMA 运营商也开发了 2.5G 系统, 被称为 CDMA-1X。从 1997 年开始, 3G 系统的标准制定工作逐渐进入实质阶段, 到 2001 年, 3G 的系统标准和框架结构已基本确定。

3G 系统的局限性主要在于: IMT-2000 标准中最关键的无线传输技术 (RTT) 以及核心网制式并未统一, 因此很难达到原 IMT-2000 系统的全球通用、自动漫游的要求。此外, 3G 系统带宽对宽带多媒体业务的传输而言仍不够宽, 不足以适应宽带互联网飞速发展的要求。因此, 世界各国又继续开始了新的第四代、第五代移动通信系统的框架、标准及关键技术的研究。

4. 我国移动通信的发展

我国的公用移动通信发展始于 1987 年, 在上海首次开通了 900 MHz 模拟蜂窝移动电话系统, 属 TACS 制式。同年 11 月广东省珠江三角洲地区也建成并开通了该制式的移动电话网, 而后全国各大城市都陆续建立了 TACS 制式的第一代模拟蜂窝移动电话系统。在运行十多年后, 到 2001 年底, 我国的 1G 模拟蜂窝网已经全部停止了运营。

1994 年 10 月, 邮电部公布了我国数字蜂窝移动电话的标准 (暂行) 为 GSM 制式。同年广东首先建成 GSM 制式的移动电话网络, 初期容量 5 万用户, 于 10 月试运营。1996 年, 我国研制出自己的 GSM 数字蜂窝移动通信系统全套样机并完成了公众网的运行试验, 而后逐步实现了产业化开发。

另外, 1996 年 12 月在广州建立了我国第一个 CDMA 试验网。1997 年 10 月, 广州、北京、上海、西安四个城市的 CDMA 实验网通过了漫游测试。同年 11 月, 北京试验点向社会开放, 并逐渐推广到全国。

2009 年 1 月 7 日, 工业和信息化部正式向 3 大运营商颁发了 3G 牌照, 这意味着我国正式迈进 3G 时代。中国移动将使用我国具有自主知识产权的 3G 标准 TD-SCDMA, 中国电信采用 CDMA-2000, 中国联通采用 WCDMA 标准。

经过十几年的发展, 我国已建成了覆盖全国的移动通信网络。到 2002 年底, 我国的 GSM 网用户超过 1.6 亿, 成为世界第一大移动通信网; CDMA 网也覆盖全国各大、中以上城市, 其用户数超过 5000 万户。2002 年底, 国内移动总用户数已超过 2 亿。2003 年 10 月, 中国移动电话用户数首次超越固定电话用户。截止 2009 年 1 月 31 日, 我国移动用户数量增至 6.2693 亿户 (其中中国移动为 4.64 亿户, 中国联通为 1.34 亿户, 中国电信为 2893 万户), 而固定电话用户为 3.16 亿户, 全国电话用户总数已经超过 9 亿户, 其中移动电话用户是固定电话的 2 倍。

随着信息技术和通信技术的发展, 我国通信行业业务结构正在也并将继续发生重大变化, 即从过去的以语音业务为主导迅速转变为以互联网为基础的数据业务。随着移动通信业的发展, 移动短信业务量继续快速增长。

1.2 移动通信的主要特点

与其他通信方式相比, 移动通信有如下特点:

(1) 移动通信必须利用无线电波进行信息传输。

这种传播媒质允许通信中的用户可以在一定范围内自由活动, 其位置不受束缚, 不过无线电波的传播特性一般都很差。首先, 移动通信的运行环境十分复杂, 电波不仅会随着传播

距离的增加而变弱,而且会受到地形、地物的遮蔽而发生“阴影效应”,信号经过多点反射,会从多条路径到达接收地点,这种多径信号的幅度、相位和到达时间都不一样,它们相互叠加会产生电平衰落和时延扩展;其次,移动通信常常在快速移动中进行,这不仅会引起多普勒频移,产生随机调频,而且会使得电波传播特性发生快速的随机起伏,这会严重影响通信质量。因此,移动通信系统必须根据移动信道的特征进行合理设计。

(2) 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的。

除去一些常见的外部干扰(如天电干扰、工业干扰和信道噪声)外,在系统本身与不同系统之间还会产生这样或那样的干扰。因为在移动通信系统中,常常有多部用户电台在同一地区工作,基站还会有多部收发信机在同一地点工作,这些电台之间会产生干扰。由于移动通信网采用的制式不同,因此所产生的干扰也会有所不同(有的干扰在某一制式中容易产生,而在另一制式中不会产生)。归纳起来,这些干扰有邻道干扰、互调干扰、共道干扰、多址干扰以及近地无用强信号压制远地有用弱信号的现象(称为远近效应)等。因此,在移动通信系统中,如何对抗和减少这些有害干扰的影响是至关重要的。

(3) 移动通信可以利用的频谱资源非常有限,而移动通信业务量的需求却与日俱增。

如何提高通信系统的通信容量,始终是移动通信发展中的焦点。为了解决此矛盾,一方面要开辟和启用新的频段;另一方面要研究各种新技术和新措施,以压缩信号所占的频带宽度和提高频谱利用率。可以说,移动通信无论是从模拟向数字过渡,还是再向新一代发展,都离不开这些新技术和新措施的支撑。此外,有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱资源的前提,这是国际上和各国频谱管理机构和组织的重要职责。

(4) 移动通信系统的网络结构多种多样,网络管理和控制必须有效。

根据通信地区的不同需要,移动通信网络可以组成带状(如铁路、公路沿线)、面状(如覆盖城市或地区)或立体状(如地面通信设施与中、低轨道卫星通信网络的综合系统)等。可以单网运行,也可以多网并行并实现互联互通。为此,移动通信网络必须具备很强的管理和控制功能,如用户登记和定位,通信(呼叫)链路建立和拆除,信道分配和管理,通信计费、鉴权、安全和保密管理以及用户过境切换和漫游控制等。

(5) 移动通信设备(主要是移动台)必须适宜在移动环境中使用。

对手机的主要要求是体积小、重量轻、省电操作简单和携带方便。而对车载台和机载台除要求操作简单和维修方便外,还要求其保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中正常工作。

1.3 移动通信的分类

移动通信按不同方法可以进行多种分类:

(1) 按使用地域移动通信可分为陆地移动通信、海上移动通信和空中移动通信,或分为线状移动通信、块状移动通信和线块混合结构移动通信。

(2) 按使用性质移动通信可分为公用移动通信、专用移动通信和特种移动通信,也可分为民用移动通信和军用移动通信。

(3) 按工作方式移动通信可分为单工制、半双工制和全双工制移动通信。

(4) 按技术体制移动通信可分为模拟移动通信和数字移动通信。

(5) 按多址方式移动通信可分为频分多址 FDMA、时分多址 TDMA、码分多址 CDMA、空分多址 SDMA 以及混合多址。

(6) 按系统规模(用户数量)移动通信可分为大容量、中容量、小容量移动通信。

(7) 按控制方式移动通信可分为集中式控制和分散式控制移动通信。

(8) 按业务方式移动通信可分为对讲机通信、大区制移动通信、小区制移动通信(包括蜂窝移动通信)、集群移动通信、无中心移动通信、无线电寻呼通信、无绳电话通信、双工无线电移动通信和卫星移动通信等。

1.4 移动通信中的多址技术

多址技术是学习移动通信的基础。所谓多址技术就是为了使众多用户能够共用无线信道,将无线信道划分成无数小段所采用的一种技术。目前常用的多址技术主要有 3 种:频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。

1. FDMA

在 FDMA 中,把可以使用的总频段划分为若干占用较小带宽的频道,这些频道在频域上互不重叠,每个频道就是一个通信信道,分配给一个用户。

在接收设备中采用带通滤波器,它允许指定频道里的能量通过,而滤除其他频率的信号,从而限制邻近信道之间的相互干扰。FDMA 通信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都必须经过基站的中转,因而必须占用 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频道并不是固定指配的,它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,移动台将退出它占用的频道,这些频道又可以重新分配给别的用户使用。

这种方式的特点:技术成熟,易于与模拟系统兼容,对信号功率控制要求不严格,但是在系统设计中需要周密的频率规划,基站需要多部不同载波频率发射机同时工作,设备多且容易产生信道间的互调干扰。

2. TDMA

在 TDMA 中,把时间分成周期性的帧,每一帧再分割成若干时隙,每一个时隙就是一个通信信道,指配给一个用户,然后根据一定的时隙分配原则,使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发射信号。在满足定时和同步的条件下,基站就可以在各时隙中接收到各移动台的信号而互不干扰。同时,基站发向各个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输,各移动台只要在指定的时隙内接收,就能从合路的信号中将发给它的信号区分出来。

与 FDMA 通信系统比较,TDMA 通信系统的特点如下:

(1) TDMA 系统的基站只需要一部发射机,可以避免像 FDMA 系统那样因多部不同频率的发射机同时工作而产生互调干扰。

(2) 频率规划简单。TDMA 系统不存在频率分配问题,对时隙的管理和分配通常比对频率的管理与分配容易而且经济,便于动态分配信道。如果采用语音检测技术,实现有语音时分配时隙,无语音时不分配时隙,就有利于提高系统容量。

(3) 移动台只在指定的时隙中接收基站发给它的信号,因而在一帧的其他时隙可以测量其他基站发射的信号强度,或检测网络系统发射的广播信息和控制信息,这对于加强通信网络的控制功能和保证移动台的越区切换都是有利的。

(4) TDMA 系统设备必须有精确的定时和同步,以保证各移动台发送的信号不会在基站发生重叠或混淆,并且能准确地指定的时隙中接收基站发给它的信号。因此,同步技术是 TDMA 系统正常工作的重要保证。

有些系统综合采用 FDMA 和 TDMA 技术,例如 GSM 数字蜂窝系统采用 200 kHz FDMA 信道,并将其再分割成 8 个时隙,用于 TDMA 传输。

3. CDMA

在 CDMA 通信系统中,不同用户传输信息所用的信号用各自不同的编码序列来区分,或者说,靠信号的不同波形来区分。如果从频域或时域来观察,多个 CDMA 信号是互相重叠的,接收机的相关器可以从多个 CDMA 信号中选出使用预定码型的信号,其他使用不同码型的信号因为与接收机本地产生的码型不同而不能被解调。它们的存在类似于在信道中引入了噪声或干扰,通常称之为多址干扰。

在 CDMA 蜂窝通信系统中,为了实现双工通信,正向传输和反向传输各使用一个频率,即通常所谓的频分双工。无论正向或反向,除去传输业务信息外,还必须传送相应的控制信息。为了传送不同的信息,需要设置相应的信道,但是 CDMA 通信系统既不分频道又不分时隙,无论传送何种信息的信道都靠采用不同的码型来区分。类似的信道属于逻辑信道。这些逻辑信道无论从频域或者时域来看都是相互重叠的,或者说它们均占用相同的频段和时间。

与 FDMA 模拟蜂窝通信系统或 TDMA 数字蜂窝移动通信系统相比,CDMA 蜂窝移动通信系统具有更大的系统容量、更高的语音质量以及抗干扰、保密等优点。

本章小结

本章首先介绍了移动通信的概念。所谓移动通信是指通信双方或一方在移动中(或者临时停留在某一非预定位置上)进行信息的传递和交换。同时还介绍了移动通信的发展历程和代表制式,其中发展历程主要经历了三代,并将继续朝第四代的目标发展。20 世纪 70 年代末、80 年代初,第一代蜂窝移动通信系统(1G)发展起来并大规模投入商用,具有代表性的有美国的 AMPS、英国的 TACS、北欧的 NMT 等系统。第二代移动通信系统(2G)出现在 20 世纪 80 年代末 90 年代初,采用了当时条件下最新的数字通信技术,2G 系统包含了 TDMA 和 CDMA 两种体制。应用最广泛的 TDMA 系统主要有三种:欧洲的泛欧移动通信系统 GSM、美国的数-模兼容系统 D-AMPS 以及日本的 PDC 系统。CDMA 体制只有一种,即美国的 IS-95CDMA 系统。1985 年国际电信联盟(ITU)提出第三代移动通信的概念,当时称为未来公众陆地移动通信系统,简称 3G,其代表制式有 WCDMA、CDMA 2000、TD-SCDMA。

本章还叙述了移动通信的主要特点:移动通信必须利用无线电波进行信息传输;移动通信是在复杂的干扰环境中运行的;移动通信可以利用的频谱资源非常有限,而移动通信业务量的需求却与日俱增;移动通信系统的网络结构多种多样,网络管理和控制必须有效;移动通信设备(主要是移动台)必须适宜在移动环境中使用。

接着简单介绍了移动通信按照不同方式的分类。

最后介绍了移动通信中的多址技术。首先说明了什么是多址技术，然后重点介绍了移动通信中的几种多址方式，包括 FDMA、TDMA、CDMA 方式。

习 题

1. 什么是移动通信？其主要特点有哪些？
2. 移动通信经历了哪几个阶段，每个阶段主要有哪些代表制式？
3. 什么是多址技术？
4. 什么是 FDMA、TDMA、CDMA？

第 2 章 GSM 系统原理

2.1 GSM 系统结构

系统结构是指系统内部各组成要素之间的相互联系、相互作用的方式或秩序，即各要素在时间或空间上排列和组合的具体形式。这里提到的 GSM 系统结构就是为了实现 GSM 所提供的功能而服务的设备集合，大家通过对它的学习，可以掌握 GSM 系统的基本构成和各部分设备或者部件的功能。

2.1.1 GSM 系统的结构

GSM 系统的逻辑结构如图 2.1 所示。

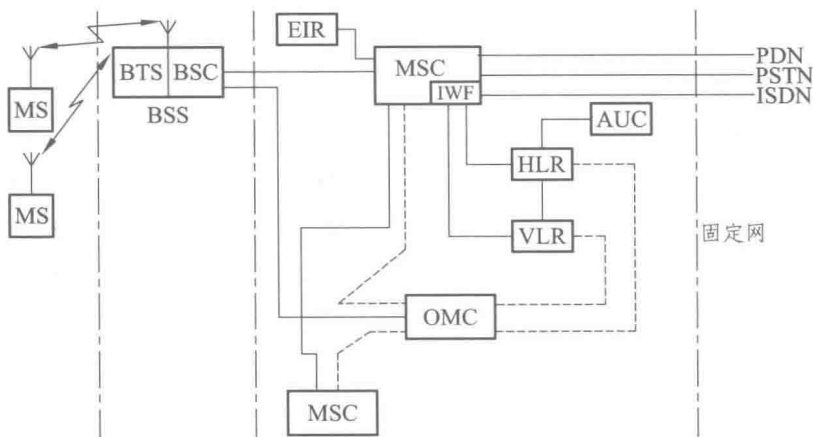


图 2.1 GSM 系统的逻辑结构

图 2.1 各名称含义如下：

- MS (Mobile Station): 移动台；
- BSS (Base Station Subsystem): 基站子系统；
- BTS (Base Transceiver Station): 基站收发信台；
- BSC (Base Station Controller): 基站控制器；
- IWF (Interworking Function): 交互功能；
- EIR (Equipment Identity Register): 设备识别寄存器；
- MSC (Mobile Switching Center): 移动交换中心；
- NMS (Network Management System): 操作维护子系统；

- NSS (Network Subsystem): 移动交换系统;
- VLR (Visitor Location Register): 拜访位置寄存器;
- HLR (HOME Location Register): 归属位置寄存器;
- AUC (Authentication Center): 鉴权中心;
- PSTN (Public Switched Telephone Network): 公用电话网;
- ISDN (Integrated Services Digital Network): 综合业务数字网;
- PDN (Public Data Networks): 公用数据网。

GSM 数字移动通信系统主要由移动交换系统 (NSS)、基站子系统 (BSS)、操作维护子系统 (NMS) 和移动台 MS (Mobile Station) 构成。下面就具体描述各部分的功能。

2.1.2 移动交换子系统 (NSS)

NSS 由移动交换中心 (MSC)、归属位置寄存器 (HLR)、拜访位置寄存器 (VLR)、设备识别寄存器 (EIR) 和鉴权中心 (AUC) 等功能实体构成, 主要用于完成交换功能以及用户数据管理、移动性管理、安全性管理所需的数据库功能。

1. MSC

MSC 是 GSM 网络系统的核心部分, 是 GSM 网络系统所覆盖区域中的移动台进行控制和完成话路交换的功能实体, 也是移动通信系统与其他公用通信系统网络之间的接口。由此可知, MSC 除提供交换功能, 完成移动用户寻呼接入、信道分配、呼叫接续、话务量控制、计费、基站管理等外, 还可以完成 BSS 与 MSC 之间的切换和辅助性的无线资源管理、移动性管理等, 并提供面向系统其他功能实体和固定网的接口。作为网络的核心 MSC 通过与网络其他部件协同工作, 完成了移动用户位置登记、越区切换和自动漫游、合法性检查及频道转换等功能。

MSC 处理用户呼叫所需的数据与后面介绍的 3 个数据库有关, 分别是 HLR、VLR、AUC。MSC 会根据用户当前位置和状态信息更新数据库或是从上述 3 种数据库中提取信息。

2. HLR

HLR 是一个静态数据库, 用来存储本地用户的数据信息。一个 HLR 能控制若干个移动交换区域或者整个移动通信网, 所有用户的重要静态数据都存储在 HLR 中。在 GSM 通信网中, 通常设置若干个 HLR, 每个用户都必须在某个 HLR 中登记。登记的内容分为两类: 一种是永久性的参数, 如用户号码、移动设备识别码、接入的优先登记、预定的业务类别以及保密参数等; 另一种是暂时性的、需要随时更新的参数, 即用户当前所处位置的有关参数, 即使用户漫游到 HLR 所服务的区域外, HLR 也能登记用户目前所在地的位置信息。这样做的目的是保证当呼叫任一个不知处于哪一个地区的移动用户时, 均可以由该移动用户的原籍位置寄存器获知它当时处在哪一个地区, 进而建立起通信链路。

3. VLR

VLR 是一种用于存储来访用户位置信息的数据库。一个 VLR 通常为一个 MSC 控制区服务而且与此 MSC 合置, 也可以为几个相邻的 MSC 控制区服务。当移动用户漫游到新的 MSC 控制区后, 必须向该地区的 VLR 申请登记。VLR 要从该用户的 HLR 查询有关的参数, 给该

用户分配一个新的漫游号码,并通知其 HLR 修改用户的位置信息,准备为其他用户呼叫此移动用户提供路由信息。如果移动用户由一个 VLR 服务区移动到另一个 VLR 服务区时,HLR 在修改该用户的位置信息后,还要通知原来的 VLR 删除该用户的位置信息,因此 VLR 可以被看做是一个动态的数据库。由于 VLR 用于存储所有进入本交换机服务区域内用户的信息,因此它堪称是分布不同区域的 HLR。VLR 也存储两类信息:第一种是本交换区内登记的用户参数,该参数是从 HLR 中获得的;第二种是交换区位置区号。

4. AUC

AUC 是一个受到严格保护的数据库,它用于存储用户的鉴权信息和加密参数。在物理实体上,AUC 一般与 HLR 合置在一起。它为鉴权和加密流程提供三参数组,以保证非授权的用户不能使用相应业务。三参数组包含的参数有:随机数(Random Number, RAND)、符号响应(Sign Response, SRES)、加密密钥(Key Cipherring, KC)。其中,SRES 由 RAND 和 Ki(鉴权密钥)通过 A3 算法计算得到,KC 由 RAND 和 Ki 通过 A8 算法计算得到,Ki 存储在 HLR 和用户 SIM 卡中。认证中心(AUC)的功能是认证各个 SIM 卡以连接到 GSM 核心网络(典型的如通话过程的情况)。一旦认证成功,即允许 HLR 管理 SIM 卡和以上所述服务,并生成一个加密密钥,用于加密随后的位于移动电话和 GSM 核心网络间的所有无线通信(语音、SMS 等)。

5. EIR

EIR 也是一种数据库,存储有关移动台设备参数。它主要完成对移动设备的识别、监视、闭锁等,以防止非法移动台的使用。EIR 存储移动设备的国际移动设备识别码(IMEI),用户可通过核查白色清单、黑色清单、灰色清单这 3 种表格,分别列出准许使用、出现故障需监视、失窃不准使用的移动设备识别号。运营部分可据此确定被盗移动台的位置并将其阻断,对故障移动台采取及时的防范措施。目前在我国没有采用 EIR 进行设备识别。

2.1.3 基站子系统(BSS)

基站子系统包含 GSM 系统中用于完成无线通信部分的所有基础设施,它通过无线接口直接与 MS 实现通信连接,同时又连接到网络端的交换机,为 MS 和交换子系统提供传输通道。BSS 又分为 BSC 和 BTS 两部分。从功能上说,BSC 主要负责控制管理;BTS 主要负责无线传输。同时 BSS 还包括 16 kbit/s RPE-LTP 和 64 kbit/s A 律 PCM 之间的码型转换。

1. BSC

BSC 位于 MSC 与 BTS 之间,用于控制一组基站,其任务是管理无线网络,即管理无线小区及其无线信道、无线设备的操作和维护、移动台的业务过程,并提供基站至 MSC 之间的接口。将有关无线控制的功能尽量集中到 BSC 上来,以简化基站的设备。其功能如下:

(1) 无线基站的监视与管理由 BSC 控制,同时通过在语音信道上的内部软件测试及环路测试来监控基站的工作。

(2) 无线资源的管理。BSC 为每个小区配置业务及控制信道。为了能够准确地进行重新配置,BSC 收集各种统计数据,比如损失呼叫的数量、成功与不成功的切换、各小区的业务量、无线环境等。另外特殊记录功能可以跟踪呼叫过程的所有事件,可检测网络故障和故障

设备。

(3) 处理与移动台的连接。负责与移动台连接的建立和释放,给每一路语音分配一个逻辑信道。在呼叫期间,BSC 对连接进行监视,移动台及收发信机测量信号强度及语音质量,并将测量结果传回 BSC,由 BSC 决定移动台及收发信机的发射功率。这样做既能保证好的连接质量,又能确保网络内的干扰降低到最小。

(4) 定位和切换。切换是由 BSC 控制的,定位功能不断地分析语音接续的质量,由此可做出是否切换的决定。切换可以分为 BSC 内切换、MSC 内 BSC 间的切换、MSC 之间的切换。一种特殊切换称为小区内切换,即当 BSC 发现某连接的语音质量太低,而测量结果中又找不到更好的小区时,BSC 就将连接切换到本小区内另外一个逻辑信道上,希望通话质量有所改善。切换同时可以用于平衡小区间的负载,如果一个小区内的话务量太高,而相邻小区话务量较低,信号质量也可以接收,则会将部分通话强行切换到其他小区上去。

(5) 寻呼管理。BSC 负责分配从 MSC 来的寻呼消息。

(6) 码型变换功能。将无线传输的 16 kbit/s 的数据转化成适合于 64 kbit/s 的 PCM 线路传输的信号,由于这个转化过程并不是一个简单的填充过程,因此需要单独的硬件支持。

(7) BSS 的操作和维护。BSC 负责整个 BSS 的操作与维护,如系统数据管理、软件安装、设备闭塞与解闭、告警处理、测试数据的采集以及收发信机的测试等。

2. BTS

基站收发信台包括无线传输所需要的各种硬件和软件,如发射机、接收机、支持各种小区结构所需要的天线、连接基站控制器的接口电路以及收发信台本身所需要的监测和控制装置等。BTS 完全由 BSC 控制,主要附着无线传输,完成无线与有线的转换、无线分集、无线信道加密、跳频等功能。BTS 硬件本身包括无线收发信机和天线,此外还有与无线接口相关的信号处理电路。信号处理电路将实现多址复用所需帧和时隙的形成和管理,以及为改善无线传输所需的信道编码和加密、解密等。

2.1.4 移动台 (MS)

移动台就是移动客户设备部分,它由移动终端和客户识别卡 (SIM) 两部分组成。

SIM 卡是“身份卡”,它类似于现在所用的 IC 卡,因此也称作智能卡。它存有认证客户身份所需的所有信息,并能执行一些与安全保密有关功能,以防止非法客户进入网络。SIM 卡还存储与网络和客户有关的管理数据,只有插入 SIM 后移动终端才能接入网络,但 SIM 卡本身不是代金卡。任何一个移动用户只要拥有自己的用户识别卡,就可以使用终端设备。SIM 卡是一张符合 ISO 标准的“智慧”卡,它包含与用户有关的被储存用户无线接口一侧的信息,包括鉴权和加密信息等。使用 GSM 标准的移动台都需要插入 SIM 卡,只有在处理异常的紧急呼叫时,可以在不用 SIM 卡的情况下操作移动台。SIM 卡通过 PIN 码来保护存储在上面的信息的安全。同时每个用户都拥有一个全球唯一的国际移动用户识别号 IMSI,它存储在 SIM 卡上。

移动设备是 GSM 系统的用户设备,可以是车载台、便携台或手持机。它可完成语音编码、信道编码、信息加密、信息的调制和解调、信息发射和接收。

通过上面的学习,我们可以把移动设备理解为加入了语音编解码能力的超小型 BTS。每一个移动设备都有一个自己的识别码,即国际移动用户识别号 IMEI,IMEI 主要由型号许可代