



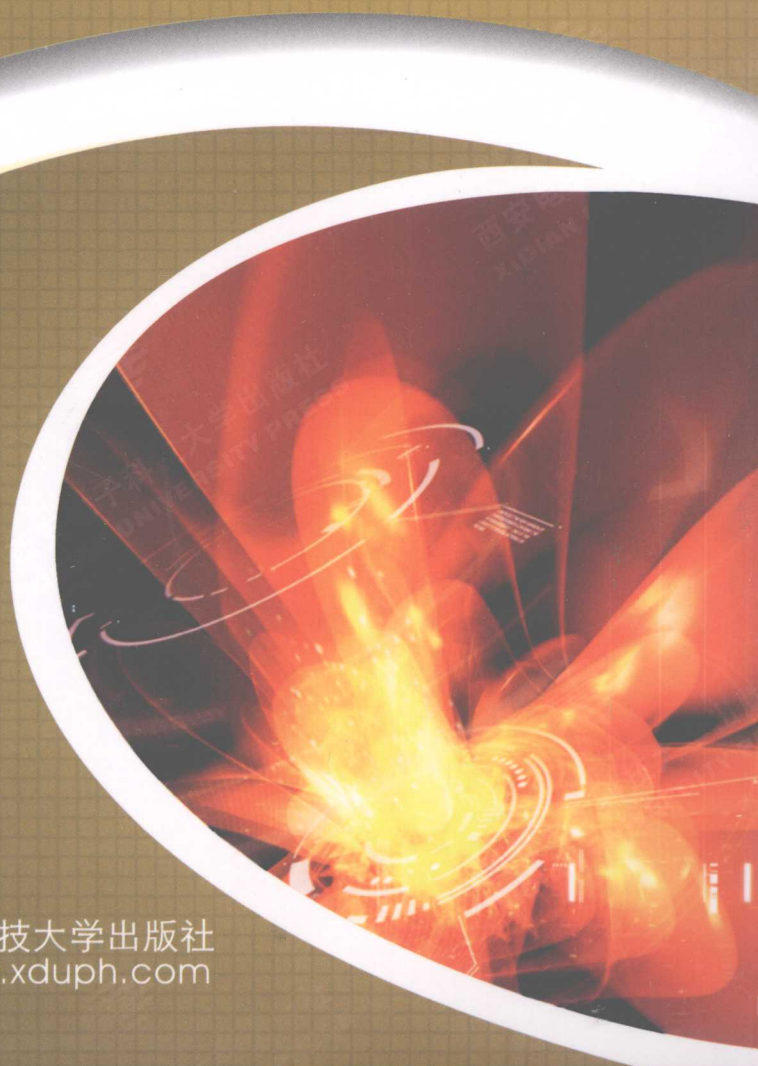
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

移动通信

主编 庞宝茂
主审 章坚武



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

移动通信

主 编 庞宝茂

主 审 章坚武

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了现代移动通信的基本原理、基本技术以及当前广泛应用的典型的移动通信系统(GSM、IS-95),对第三代移动通信的主要标准(WCDMA、CDMA 2000、TD-SCDMA、WiMAX)做了较为全面的介绍,最后介绍了移动通信的最新技术。本书比较全面地反映了当代数字移动通信的理论和技術。

本书既可作为高等学校通信工程、电子工程、信息工程专业高年级本科生教材和研究生教材,也可作为通信工程技术人员和科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信/庞宝茂主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.8

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2278-1

I. 移… II. 庞… III. 移动通信—高等学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 090190 号

策 划 寇向宏

责任编辑 段 蕾 寇向宏

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 20.875

字 数 488千字

印 数 1~4000册

定 价 30.00元

ISBN 978-7-5606-2278-1/TN·0517

XDUP 2570001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任：杨 震（南京邮电大学校长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电大学通信与信息工程学院副院长、教授）

秦会斌（杭州电子科技大学电子信息学院院长、教授）

通信工程组

组 长：张德民（兼）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

王 晖（深圳大学信息工程学院副院长、教授）

巨永锋（长安大学信息工程学院副院长、教授）

成际镇（南京邮电大学通信与信息工程学院副院长、副教授）

刘顺兰（杭州电子科技大学通信工程学院副院长、教授）

李白萍（西安科技大学通信与信息工程学院副院长、教授）

张邦宁（解放军理工大学通信工程学院卫星系系主任、教授）

张瑞林（浙江理工大学信息电子学院院长、教授）

张常年（北方工业大学信息工程学院院长、教授）

范九伦（西安邮电学院信息与控制系系主任、教授）

姜 兴（桂林电子科技大学信息与通信学院副院长、教授）

姚远程（西南科技大学信息工程学院副院长、教授）

康 健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）

葛利嘉（中国人民解放军重庆通信学院军事信息工程系系主任、教授）

电子信息工程组

组 长：秦会斌（兼）

成 员：（成员按姓氏笔画排列）

王 荣（解放军理工大学通信工程学院电信工程系系主任、教授）

朱宁一（解放军理工大学理学院基础电子学系系主任、工程师）

李国民（西安科技大学通信与信息工程学院院长、教授）

李邓化（北京信息工程学院信息与通信工程系系主任、教授）

吴 谨（武汉科技大学信息科学与工程学院电子系系主任、教授）

杨马英（浙江工业大学信息工程学院副院长、教授）

杨瑞霞（河北工业大学信息工程学院院长、教授）

张雪英（太原理工大学信息工程学院副院长、教授）

张 彤（吉林大学电子科学与工程学院副院长、教授）

张焕君（沈阳理工大学信息科学与工程学院副院长、副教授）

陈鹤鸣（南京邮电大学光电学院院长、教授）

周 杰（南京信息工程大学电子与信息工程学院副院长、教授）

欧阳征标（深圳大学电子科学与技术学院副院长、教授）

雷 加（桂林电子科技大学电子工程学院副院长、教授）

项目策划：毛红兵

策 划：曹 映 寇向宏 杨 英 郭 景

前 言

我国信息产业中发展最为迅猛的是通信业，而首当其冲的是移动通信。截至 2009 年 3 月，全球移动用户数已达 40 亿。这一数字在未来数年中还将继续保持强劲的增长趋势，预计 2013 年前会突破 60 亿。我国电话用户总数超过 10 亿户，累计达到 10.05 亿户。其中固定电话用户总数为 3.35 亿户，移动用户总数合计达 6.7 亿户。

移动通信的发展经历了从模拟网到数字网，从频分多址(FDMA)到时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)，从本地覆盖到区域、全国覆盖及国内甚至国际漫游，从提供语音业务到提供包括低速数据的综合业务的过程。移动通信系统已从第一代(1G)模拟方式的 TACS 系统(在我国已停止运营)，发展到全面应用第二代(2G)数字方式的 GSM(TDMA)和 IS-95(CDMA)，以及以它们为基础的第二代半(2.5G)的 GPRS、EDGE 等系统，而支持宽带多媒体业务的第三代(3G)系统也已经商用。产业的发展、社会的需求是大学人才培养的导向，而教材又是人才培养的主要基础，其重要性不言而喻。

本书是以作者十几年来为本科生、研究生讲授移动通信课程的讲稿为基础，参考国内外最新的专著、教材和文献资料，并经过多次修改写成的。全书共分 9 章，主要讲述现代移动通信的基本概念、基本组成、基本原理、基本技术和典型系统。第 1 章全面阐述了移动通信的概念、特点、类型、使用频率与发展历程。第 2 章对移动信道的特性以及常用的抗衰落措施做了较为详细的介绍。第 3、4 章主要讲述数字移动通信中的调制技术和语音编码技术。第 5 章为移动通信网络技术基础，主要包括区域覆盖方式、多信道共用、频率分配方案、信令系统及网络控制方面的问题。第 6 章和第 7 章分别对目前应用最广泛的第二代数字移动通信系统(GSM 系统和 CDMA 系统)进行了阐述。第 8 章介绍了第三代移动通信技术及其演进方案。第 9 章介绍移动通信领域涉及的关键和热点技术。

本书力求内容的系统性、先进性和实用性。它以系统和技术为中心介绍移动通信的基本原理和基本技术，从我国的实际出发，密切结合当前通信工程和未来发展的需要，着重介绍新技术，对专业技术的发展有一定的预见性。力求做到资料丰富完备，深浅适宜，条理清楚，论证简明扼要，尽量避免繁琐的数学推导，着重引导读者把基本概念和原理应用于实际。

本书适合作为高等学校通信工程、电子工程、信息工程专业高年级本科生和研究生教材，也可作为通信工程技术人员和科研人员的参考书。

由于移动通信是迅速发展中的新技术，有些技术与系统尚处在研究、试验和投入试运营阶段，因此，作者只能对目前的情况进行介绍。随着时间的推移，系统和技术可能会有新的变化，书中有些提法也可能会不够恰当。另外，由于作者水平所限，书中难免有不当及错误之处，热切希望读者多提宝贵意见，以便进一步修改完善。

编 者

2009 年 5 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~ “十一五” 国家级规划教材 ~~~~~		数控机床故障分析与维修(高职)(第二版)	25.00
计算机系统结构(第四版)(李学干)	25.00	液压与气动技术(第二版)(朱梅)(高职)	23.00
计算机系统安全(第二版)(马建峰)	30.00	~~~~~计算机提高普及类~~~~~	
计算机网络(第三版)(蔡皖东)	27.00	计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)(高职)	22.00
计算机应用基础教程(第四版)(陈建铎)		计算机文化基础(高职)(游鑫)	27.00
(for Windows XP/Office XP)	30.00	计算机文化基础上机实训及案例(高职)	15.00
计算机应用基础(冉崇善)(高职)		计算机科学与技术导论(吕辉)	22.00
(Windows XP & Office 2003 版)	23.00	计算机应用基础(高职)(赵钢)	29.00
《计算机应用基础》实践技能训练		计算机应用基础——信息处理技术教程	31.00
与案例分析(高职)(冉崇善)	18.00	《计算机应用基础——信息处理技术教程》	
微型计算机原理(第二版)(王忠民)	27.00	习题集与上机指导(张郭军)	14.00
微型计算机原理及接口技术(第二版)(裘雪红)	36.00	计算机组装与维修(中职)(董小莉)	23.00
微型计算机组成与接口技术(第二版)(高职)	28.00	微型机组装与维护实训教程(高职)(杨文诚)	22.00
微机原理与接口技术(第二版)(龚尚福)	37.00	~~~~~计 算 机 网 络 类 ~~~~~	
单片机原理及应用(第二版)(李建忠)	32.00	计算机网络技术基础教程(高职)(董武)	18.00
单片机应用技术(第二版)(高职)(刘守义)	30.00	计算机网络管理(雷震甲)	20.00
Java程序设计(第二版)(高职)(陈圣国)	26.00	网络设备配置与管理(李飞)	23.00
编译原理基础(第二版)(刘坚)	29.00	网络安全与管理实验教程(谢晓燕)	35.00
人工智能技术导论(第三版)(廉师友)	24.00	网络安全技术(高职)(廖兴)	19.00
多媒体软件设计技术(第三版)(陈启安)	23.00	网络信息安全技术(周明全)	17.00
信息系统分析与设计(第二版)(卫红春)	25.00	动态网页设计实用教程(蒋理)	30.00
信息系统分析与设计(第三版)(陈圣国)(高职)	20.00	ASP动态网页制作基础教程(中职)(苏玉雄)	20.00
传感器原理及工程应用(第三版)	28.00	局域网组建实例教程(高职)(尹建璋)	20.00
数字图像处理(第二版)(何东健)	30.00	Windows Server 2003组网技术(高职)(陈伟达)	30.00
电路基础(第三版)(王松林)	39.00	组网技术(中职)(俞海英)	19.00
模拟电子电路及技术基础(第二版)(孙肖子)	35.00	综合布线技术(高职)(王趾成)	18.00
模拟电子技术(第三版)(江晓安)	25.00	计算机网络应用基础(武新华)	28.00
数字电子技术(第三版)(江晓安)	23.00	计算机网络基础及应用(高职)(向隅)	22.00
数字电路与系统设计(第二版)(邓元庆)	35.00	~~~~~计 算 机 技 术 类 ~~~~~	
数字信号处理(第三版)(高西全)	29.00	计算机系统结构与组成(吕辉)	26.00
电磁场与电磁波(第二版)(郭辉萍)	28.00	电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00
现代通信原理与技术(第二版)(张辉)	39.00	数据结构——使用 C++语言(第二版)(朱战立)	23.00
移动通信(第四版)(李建东)	30.00	数据结构(高职)(周岳山)	15.00
移动通信(第二版)(章坚武)	24.00	数据结构教程——Java 语言描述(朱振元)	29.00
物理光学与应用光学(第二版)(石顺祥)	42.00	离散数学(武波)	24.00

软件工程(第二版)(邓良松)	22.00	微机装配调试与维护教程(王忠民)	25.00
软件技术基础(高职)(鲍有文)	23.00	《微机装配调试与维护教程》实训指导	22.00
软件技术基础(周大为)	30.00	~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~	
嵌入式软件开发(高职)(张京)	23.00	C程序设计与实例教程(曾令明)	21.00
~~~计算机辅助技术及图形处理类~~~		程序设计与C语言(第二版)(马鸣远)	32.00
电子工程制图(第二版)(高职)(童幸生)	40.00	C语言程序设计课程与考试辅导(王晓丹)	25.00
电子工程制图(含习题集)(高职)(郑芙蓉)	35.00	Visual Basic.NET程序设计(高职)(马宏锋)	24.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	40.00	Visual C#.NET程序设计基础(高职)(曾文权)	39.00
电子线路CAD实用教程(潘永雄)(第三版)	27.00	Visual FoxPro数据库程序设计教程(康贤)	24.00
AutoCAD实用教程(高职)(丁爱萍)	24.00	数据库基础与Visual FoxPro9.0程序设计	31.00
中文版AutoCAD 2008精编基础教程(高职)	22.00	Oracle数据库实用技术(高职)(费雅洁)	26.00
电子CAD(Protel 99 SE)实训指导书(高职)	12.00	Delphi程序设计实训教程(高职)(占跃华)	24.00
计算机辅助电路设计Protel 2004(高职)	24.00	SQL Server 2000应用基础与实训教程(高职)	22.00
EDA技术及应用(第二版)(谭会生)	27.00	Visual C++基础教程(郭文平)	29.00
数字电路EDA设计(高职)(顾斌)	19.00	面向对象程序设计与VC++实践(揣锦华)	22.00
多媒体软件开发(高职)(含盘)(牟奇春)	35.00	面向对象程序设计与C++语言(第二版)	18.00
多媒体技术基础与应用(曾广雄)(高职)	20.00	面向对象程序设计——JAVA(第二版)	32.00
三维动画案例教程(含光盘)(高职)	25.00	Java程序设计教程(曾令明)	23.00
图形图像处理案例教程(含光盘)(中职)	23.00	JavaWeb程序设计基础教程(高职)(李绪成)	25.00
平面设计(高职)(李卓玲)	32.00	Access数据库应用技术(高职)(王趾成)	21.00
~~~~~操作系统类~~~~~		ASP.NET程序设计与开发(高职)(睦碧霞)	23.00
计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	19.00	XML案例教程(高职)(睦碧霞)	24.00
计算机操作系统(修订版)(汤子瀛)	24.00	JSP程序设计实用案例教程(高职)(翁健红)	22.00
计算机操作系统(第三版)(汤小丹)	30.00	Web应用开发技术: JSP(含光盘)	33.00
计算机操作系统原理——Linux实例分析	25.00	~~~~~电子、电气工程及自动化类~~~~~	
Linux网络操作系统应用教程(高职)(王和平)	25.00	电路(高贇)	26.00
Linux操作系统实用教程(高职)(梁广民)	20.00	电路分析基础(第三版)(张永瑞)	28.00
~~~~~微机与控制类~~~~~		电路基础(高职)(孔凡东)	13.00
微机接口技术及其应用(李育贤)	19.00	电子技术基础(中职)(蔡宪承)	24.00
单片机原理与应用实例教程(高职)(李珍)	15.00	模拟电子技术(高职)(郑学峰)	23.00
单片机原理与应用技术(黄惟公)	22.00	模拟电子技术(高职)(张凌云)	17.00
单片机原理与程序设计实验教程(于殿泓)	18.00	数字电子技术(高职)(江力)	22.00
单片机实验与实训指导(高职)(王曙霞)	19.00	数字电子技术(高职)(肖志锋)	13.00
单片机原理及接口技术(第二版)(余锡存)	19.00	数字电子技术(高职)(蒋卓勤)	15.00
新编单片机原理与应用(第二版)(潘永雄)	24.00	数字电子技术及应用(高职)(张双琦)	21.00
MCS-51单片机原理及嵌入式系统应用	26.00	高频电子技术(高职)(钟苏)	21.00
微机外围设备的使用与维护(高职)(王伟)	19.00	现代电子装联工艺基础(余国兴)	20.00
		微电子制造工艺技术(高职)(肖国玲)	18.00

现代控制理论基础(舒欣梅)	14.00	数控加工与编程(第二版)(高职)(詹华西)	23.00
过程控制系统及工程(杨为民)	25.00	数控加工工艺学(任同)	29.00
控制系统仿真(党宏社)	21.00	数控加工工艺(高职)(赵长旭)	24.00
模糊控制技术(席爱民)	24.00	数控加工工艺课程设计指导书(赵长旭)	12.00
工程电动力学(修订版)(王一平)(研究生)	32.00	数控加工编程与操作(高职)(刘虹)	15.00
工程力学(张光伟)	21.00	数控机床与编程(高职)(饶军)	24.00
工程力学(皮智谋)(高职)	12.00	数控机床电气控制(高职)(姚勇刚)	21.00
理论力学(张功学)	26.00	数控应用专业英语(高职)(黄海)	17.00
材料力学(张功学)	27.00	机床电器与 PLC(高职)(李伟)	14.00
材料成型工艺基础(刘建华)	25.00	电机及拖动基础(高职)(孟宪芳)	17.00
工程材料及应用(汪传生)	31.00	电机与电气控制(高职)(冉文)	23.00
工程材料与应用(戈晓岚)	19.00	电机原理与维修(高职)(解建军)	20.00
工程实践训练(周桂莲)	16.00	供配电技术(高职)(杨洋)	25.00
工程实践训练基础(周桂莲)	18.00	金属切削与机床(高职)(聂建武)	22.00
工程制图(含习题集)(高职)(白福民)	33.00	模具制造技术(高职)(刘航)	24.00
工程制图(含习题集)(周明贵)	36.00	模具设计(高职)(曾霞文)	18.00
工程图学简明教程(含习题集)(尉朝闻)	28.00	冷冲压模具设计(高职)(刘庚武)	21.00
现代设计方法(李思益)	21.00	塑料成型模具设计(高职)(单小根)	37.00
液压与气压传动(刘军营)	34.00	液压传动技术(高职)(简引霞)	23.00
先进制造技术(高职)(孙燕华)	16.00	发动机构造与维修(高职)(王正键)	29.00
机械原理多媒体教学系统(资料)(书配盘)	120.00	机动车辆保险与理赔实务(高职)	23.00
机械工程科技英语(程安宁)	15.00	汽车典型电控系统结构与维修(李美娟)	31.00
机械设计基础(郑甲红)	27.00	汽车机械基础(高职)(娄万军)	29.00
机械设计基础(岳大鑫)	33.00	汽车底盘结构与维修(高职)(张红伟)	28.00
机械设计(王宁侠)	36.00	汽车车身电气设备系统及附属电气设备(高职)	23.00
机械设计基础(张京辉)(高职)	24.00	汽车单片机与车载网络技术(于万海)	20.00
机械基础(安美玲)(高职)	20.00	汽车故障诊断技术(高职)(王秀贞)	19.00
机械 CAD/CAM(葛友华)	20.00	汽车营销技术(高职)(孙华宪)	15.00
机械 CAD/CAM(欧长劲)	21.00	汽车使用性能与检测技术(高职)(郭彬)	22.00
机械 CAD/CAM 上机指导及练习教程(欧)	20.00	汽车电工电子技术(高职)(黄建华)	22.00
画法几何与机械制图(叶琳)	35.00	汽车电气设备与维修(高职)(李春明)	25.00
《画法几何与机械制图》习题集(邱龙辉)	22.00	汽车使用与技术管理(高职)(边伟)	25.00
机械制图(含习题集)(高职)(孙建东)	29.00	汽车空调(高职)(李祥峰)	16.00
机械设备制造技术(高职)(柳青松)	33.00	汽车概论(高职)(邓书涛)	20.00
机械制造基础(高职)(郑广花)	21.00	现代汽车典型电控系统结构原理与故障诊断	25.00

欢迎来函索取本社书目和教材介绍! 通信地址: 西安市太白南路 2 号 西安电子科技大学出版社发行部
 邮政编码: 710071 邮购业务电话: (029)88201467 传真电话: (029)88213675。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 移动通信及其发展	1
1.1.1 移动通信的概念	1
1.1.2 移动通信的发展历程	1
1.2 移动通信的特点	4
1.3 移动通信的工作方式	5
1.4 移动通信系统的使用频率	6
1.5 常见移动通信系统	8
1.5.1 公共陆地移动通信网络 (PLMN)	8
1.5.2 无线市话系统 (WUTS)	10
1.5.3 集群移动无线系统 (TMRS)	12
1.5.4 卫星移动通信系统 (SMCS)	15
1.5.5 无线局域网 (WLAN)	17
1.5.6 无线个人域网 (WPAN)	17
1.6 移动通信的主要技术及其发展趋势	17
复习思考题 1	19
第 2 章 移动信道特性与抗衰落技术	20
2.1 移动信道的电波传播特性	20
2.1.1 直射波	21
2.1.2 反射波——多径传播理论模型	22
2.2 移动信道的衰落特性	23
2.2.1 快衰落	23
2.2.2 慢衰落	27
2.3 数字信号的多径传播特性	29
2.3.1 时延扩展	29
2.3.2 相关带宽	31
2.4 电波传播路径损耗的预测	32
2.4.1 地形、地物的分类	32
2.4.2 移动信道上传播损耗估算的经验模型	34
2.4.3 其他传播环境上的传播损耗	41
2.5 抗衰落技术	43
2.5.1 分集技术	43
2.5.2 Turbo 码	46
2.5.3 交织编码	49
2.5.4 自适应均衡技术	51
2.5.5 多径信号的分离与合并	54

复习思考题 2	56
第 3 章 数字调制解调技术	58
3.1 概述	58
3.2 数字频率调制	60
3.2.1 二进制数字频移键控(2FSK)	60
3.2.2 最小频移键控(MSK)	62
3.2.3 高斯滤波的最小频移键控(GMSK)	64
3.3 数字相位调制	66
3.3.1 二相相移键控调制(PSK)	66
3.3.2 QPSK 和 OQPSK 调制	67
3.3.3 $\pi/4$ -QPSK 调制	68
3.3.4 复四相扩频调制(CQPSK)	71
3.4 正交振幅调制(QAM)	72
复习思考题 3	75
第 4 章 语音编码技术	76
4.1 概述	76
4.1.1 引言	76
4.1.2 语音信号的特性	76
4.1.3 语音编码的分类	78
4.2 移动通信中常用的语音编码技术	80
4.2.1 线性预测编码	80
4.2.2 GSM 系统中的 RPE-LPC 语音编码原理	82
4.2.3 IS-95(IS-96)系统中的 QCELP 语音编码原理	84
4.2.4 DAMPS 和 PDC 系统中的 VSELP 语音编码原理	87
4.2.5 3G 系统中的自适应多速率语音编码原理	88
4.3 图像压缩编码简介	92
复习思考题 4	94
第 5 章 移动通信网络技术基础	95
5.1 移动通信网络的构成	95
5.1.1 大区制移动通信网	95
5.1.2 小区制蜂窝移动通信网络的构成	96
5.1.3 小区频率配置	102
5.1.4 基本网络结构	104
5.2 多址接入技术	105
5.2.1 频分多址(FDMA)	106
5.2.2 时分多址(TDMA)	107
5.2.3 码分多址(CDMA)	110
5.2.4 FDMA、TDMA 与 CDMA 系统容量的比较	112
5.3 多信道共用技术	116
5.3.1 话务理论	116
5.3.2 空闲信道的选取	118
5.4 移动通信中的信令	120

5.4.1 数字信令的格式与传输	120
5.4.2 信令协议的分层结构	122
5.4.3 SS7 信令	122
5.5 移动管理技术	125
5.5.1 位置登记与漫游	125
5.5.2 越区信道切换	126
复习思考题 5	129
第 6 章 GSM 数字蜂窝移动通信系统	130
6.1 概述	130
6.2 GSM 系统的组成及相关的接口	131
6.2.1 GSM 系统的结构	131
6.2.2 GSM 系统的接口	135
6.2.3 GSM 系统的业务	136
6.3 GSM 系统的网络结构与编号计划	138
6.3.1 无线覆盖的区域划分	138
6.3.2 GSM 系统的网络结构	138
6.3.3 编号计划	140
6.4 GSM 系统的无线信道与信号传输	142
6.4.1 频率配置	142
6.4.2 GSM 系统的无线信道	143
6.4.3 GSM 系统中的信号处理与发送	149
6.5 GSM 系统的安全性管理	150
6.5.1 GSM 系统中用户三参数组的产生	151
6.5.2 安全管理措施	151
6.6 GSM 系统的移动性管理	153
6.6.1 位置管理	153
6.6.2 越区切换	154
6.6.3 呼叫处理	156
6.7 GPRS 技术	157
6.7.1 GPRS 概况	158
6.7.2 GPRS 系统的结构与功能	159
6.7.3 GPRS 系统的安全性管理	162
6.7.4 GPRS 系统的移动性管理	162
6.7.5 GPRS 的局限性	165
6.8 EDGE 技术	166
6.8.1 EDGE 技术简介	166
6.8.2 EDGE 承载的业务和 EDGE 的特点	167
复习思考题 6	169
第 7 章 IS-95 数字蜂窝移动通信系统	170
7.1 CDMA 技术概况	170
7.1.1 CDMA 技术基本原理	170
7.1.2 CDMA 技术标准化的发展	171
7.2 扩频通信与码分多址系统	172

7.2.1 扩频通信基础	172
7.2.2 扩频方式	174
7.2.3 扩频通信系统抗干扰能力的分析	176
7.2.4 直扩码分多址(DS-CDMA)系统的特点	178
7.3 CDMA 技术中的多址码	179
7.3.1 多址码的分类与设计	179
7.3.2 伪随机序列(PN 码)	180
7.3.3 Walsh 函数与 Walsh 正交码	183
7.3.4 可变扩频正交码(OVSF 码)	184
7.3.5 IS-95 中的多址码设计	185
7.4 IS-95 系统的无线信道	188
7.4.1 正向信道与正向链路	188
7.4.2 反向信道与反向链路	193
7.5 CDMA 系统的功率控制	199
7.6 CDMA 系统的基本组成	201
7.7 CDMA 系统的控制管理	206
7.7.1 登记注册	206
7.7.2 鉴权与加密	207
7.7.3 越区切换	209
7.7.4 漫游	211
7.7.5 CDMA 系统的呼叫处理	212
复习思考题 7	212
第 8 章 第三代移动通信系统及其演进	215
8.1 概述	215
8.1.1 第三代移动通信的发展	215
8.1.2 第三代移动通信的目标	216
8.1.3 IMT-2000 的频谱安排	217
8.1.4 第三代移动通信的标准	217
8.2 WCDMA 系统	220
8.2.1 WCDMA 的基本特征	220
8.2.2 WCDMA 系统的信道结构	222
8.2.3 WCDMA 的信道编码和业务复用	231
8.2.4 WCDMA 的扩展和调制技术	234
8.2.5 WCDMA 的网络结构	236
8.2.6 WCDMA 接入控制的基本通信流程	238
8.2.7 从 2G 网络向 WCDMA 网络的平滑过渡方案	242
8.3 CDMA 2000 系统	245
8.3.1 CDMA One 与 CDMA 2000	245
8.3.2 CDMA 2000 的物理信道结构	249
8.3.3 CDMA 2000 的扩频调制与发射分集	258
8.3.4 CDMA 2000 系统的网络结构	260
8.3.5 CDMA 2000 1x 物理层信道接续流程	261
8.4 TD-SCDMA 系统	263

8.4.1 TD-SCDMA 移动通信网络系统的特点	263
8.4.2 TD-SCDMA 物理层的主要技术	265
8.4.3 TD-SCDMA 网络层的主要技术	273
8.5 3G 新成员——WiMAX	276
8.5.1 WiMAX 的概念及特点	276
8.5.2 WiMAX 网络体系结构及网络接口	276
8.5.3 WiMAX 的应用模式	280
8.6 三大 CDMA 标准比较	283
8.7 3G 的演进及 4G(后 3G)的研究	284
8.7.1 WCDMA、TD-SCDMA、CDMA 2000 的演进发展	284
8.7.2 4G(B3G)的研究	287
复习思考题 8	288
第 9 章 移动通信新技术	289
9.1 智能天线技术	289
9.1.1 智能天线的基本原理和组成	289
9.1.2 常用智能算法及其性能	292
9.1.3 智能天线在移动通信中的应用	293
9.2 软件无线电技术	295
9.2.1 概述	295
9.2.2 体系结构	296
9.2.3 软件无线电中的关键技术	297
9.2.4 第三代移动通信系统中的软件无线电技术	298
9.3 多用户检测技术	300
9.3.1 多用户检测技术概述	300
9.3.2 CDMA 信号检测原理	301
9.3.3 多用户检测技术方案	302
9.3.4 多用户检测的局限性	305
9.4 正交频分复用(OFDM)技术	306
9.4.1 OFDM 技术概述	306
9.4.2 OFDM 技术的基本原理	307
9.4.3 OFDM 技术的特点	309
9.4.4 OFDM 系统的关键技术	310
9.4.5 OFDM 与 CDMA 技术	311
9.5 多入多出(MIMO)与空时处理技术	313
9.5.1 MIMO 技术概述	313
9.5.2 MIMO 技术的基本原理	314
9.5.3 OFDM-MIMO 技术原理	318
9.5.4 MIMO 技术的应用及发展前景	319
复习思考题 9	319
参考文献	321

第1章

绪 论

1.1 移动通信及其发展

1.1.1 移动通信的概念

移动通信是通信领域中最有活力、最具发展前途的一种通信方式，是当今信息社会中最具个性化特征的通信手段。移动通信的发展与普及改变了整个社会的面貌和人们的生活方式，它已成为现代通信领域中的一大支柱产业。移动通信是通向人类的通信梦想——一个人通信的必经阶段。

移动通信是指通信的一方或双方在移动状态中或临时停留在某一非预定位置上进行信息传递和交换的方式。这里所说的“信息传递和交换”，不仅指语音，还包括数据、传真和图像等通信业务。移动通信不受时间和空间的限制，其信息交流机动、灵活、迅速、可靠，是实现通信理想目标的重要手段。

移动通信技术是一门融合了当代微电子技术、计算机技术、无线通信技术、有线通信技术以及交换和网络技术的综合性技术。近年来，大规模集成电路、微处理器、声表面波器件以及数字信号处理、程控交换技术的进步，使移动通信技术越来越完善。

移动通信按使用环境、多址方式、服务范围、工作方式及信号形式等的不同，有不同的分类方法。按使用环境可分为陆上、海上和空中移动通信；按多址方式可分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)；按服务范围可分为专用网和公众网；按工作方式可分为同频单工、异频单工、半双工和全双工；按信号形式可分为模拟网和数字网；等等。

移动通信涉及的范围很广，凡是固定体与移动体，或移动体之间通过无线电波进行的通信，都属于移动通信的范畴。移动通信系统形式多样，如无线寻呼系统、无绳电话系统、蜂窝移动通信系统、集群系统、卫星移动通信系统等。

1.1.2 移动通信的发展历程

移动通信，确切地说蜂窝式移动通信，从正式进入商业运营开始，至今只有 30 年的历史，就其发展历程看，大约每 10 年就会更新一代。

1. 第一代移动通信系统(1G)

第一代移动通信系统(1G)是以模拟蜂窝为主要特征的模拟蜂窝移动通信系统。20 世纪 70 年代至 80 年代，随着集成电路技术、微型计算机和微处理器的发展，以及由美国贝尔实验室推出的蜂窝系统的概念和理论的应用，美国和日本等国家纷纷研制出陆地移动电话系统，具有代表性的有美国的 AMPS 系统、英国的 TACS 系统、北欧的 NMT 系统、德

国的 C 系统以及日本的 HCMTS 和 NTT 系统等。这个时期系统的主要技术是模拟调频 (FM) 和频分多址 (FDMA), 使用的频段为 800/900 MHz (早期曾使用 450 MHz), 称为第一代移动通信系统。这一阶段是使移动通信系统不断完善和成熟的阶段, 进入 20 世纪 80 年代后, 许多无线系统已经在全世界范围内发展起来, 寻呼系统和无绳电话系统不断扩大服务范围, 很多相应的标准应运而生。

1G 系统的主要缺点是频谱利用率低, 系统容量有限, 抗干扰能力差, 业务质量比有线电话差, 而且当时国际标准化落后, 有多种系统标准, 跨国漫游很难, 不能发送数字信息, 不能与综合业务数字网 (ISDN) 兼容等。目前 1G 已逐步被各国淘汰。

2. 第二代移动通信系统 (2G)

第二代移动通信系统 (2G) 是以数字化为特征的数字蜂窝移动通信系统。20 世纪 80 年代至 90 年代, 随着数字技术的发展, 通信、信息领域的很多方面都面临着向数字化、综合化、宽带化方向发展的问題。第二代移动通信系统以数字传输 (低比特率语音编码, 采用 GMSK/QPSK 数字调制技术以及自适应均衡技术)、时分多址和码分多址为主体技术, 主要业务包括电话和数据等窄带综合数字业务, 可与窄带综合业务数字网 (N-ISDN) 相兼容。

时分多址 (TDMA) 体制主要有三种: 欧洲的全球移动通信系统 (GSM)、美国的数模兼容系统 (D-AMPS, 又称 ADC) 和日本的 PDC (或称 JDC)。码分多址 (CDMA) 体制主要指美国的 CDMA 标准 IS-95, 又称 CDMA One。

2G 系统的主要缺点是系统带宽有限, 限制了数据业务的发展, 也无法实现移动多媒体业务, 而且由于各国的标准不统一, 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 (3G)

第三代移动通信系统 (3G) 以多媒体业务为主要特征。20 世纪 90 年代中期, 随着社会经济的发展以及信息的个人化、业务的多样化和综合化, 移动通信的第三代系统进入了研制阶段。国际电联 (ITU) 提出第三代移动通信系统 IMT-2000 的目的是克服第二代系统因技术局限而无法提供宽带移动通信业务的缺陷。IMT-2000 的目标是全球统一频段, 统一标准, 全球无缝覆盖; 实现高服务质量、高保密性能、高频谱效率; 提供从低速率的语音到高达 2 Mb/s 的多媒体业务。世界各地在开发第三代移动通信的进程中形成了北美、欧洲和日本三大区域性集团, 它们分别推出了 WCDMA、UTRA TDD 和宽带 CDMA One 的技术方案。3G 系统于本世纪初投入商业运营。

我国积极参与了 3G 标准化工作, 并于 1998 年 6 月向国际电联 (ITU) 提出了中国的 RTT 建议, 即 TD-SCDMA 方案, 并被国际电联吸纳, 成为目前国际上的三个 RTT 建议之一。

2007 年 10 月, ITU 批准 WiMAX 无线宽带接入技术以 OFDMA WMAN TDD 的名义成为继 WCDMA、CDMA 2000、TD-SCDMA 后的第四个 3G 标准。WiMAX 全称为 World Interoperability for Microwave Access (全球微波接入互操作性)。WiMAX 的另一个名字是 802.16, 是一项无线城域网 (WMAN) 技术, 是针对微波和毫米波频段提出的一种新的空中接口标准。它用于将 802.11a 无线接入点连接到互联网, 也可将公司、家庭等环境连至有线骨干线路。它可作为线缆和 DSL 的无线扩展技术。该标准大体可以分为两种: 一种是 IEEE 802.16d 标准, 支持固定宽带无线接入系统空中接口; 另外一种是 IEEE 802.

16e 标准,支持固定和移动性的宽带无线接入系统空中接口标准。

WiMAX 是一项新兴的功能强大的无线接入技术,能提供面向互联网的高速连接。WiMAX 用户可以在 50 km 以内的范围以非常快的速度进行数据通信。尽管 3G 网络的速度已经有了大幅度的提高,但是比起 WiMAX 来,仍然较低,大概为 WiMAX 的 1/30,3G 发射塔的覆盖面积也仅为 WiMAX 的 1/10。尽管如此,与 3G 其他系统相比,目前 WiMAX 在自身技术、实时业务和语音业务支持能力、标准成熟度、产业规模以及技术和设备成熟性等方面还难以与 3G 抗衡。

3G 标准的局限性主要是 IMT-2000 中最关键的无线传输技术(RTT)以及核心网制式均未统一,因此很难达到原 IMT-2000 全球通用的标准。此外,3G 系统带宽对宽带多媒体业务的传输而言仍然不够宽,不适应互联网发展的要求,因此世界各国已经开始了后 3G(4G)的研究计划。

未来通信技术的发展方向是个人通信,即在全球范围内逐步实现全球一网(统一的网络结构),每人一号,在任何时间、任何地点、可以以任何方式、与任何对象进行任何业务的无缝隙、不间断的通信,这是人类为未来通信绘制的理想蓝图。

4. 我国移动通信的发展

我国移动通信的发展始于 1987 年,当时在上海首次开通了 900 MHz 频段、TACS 制式的模拟蜂窝移动通信系统,到 1995 年,TACS 网实现全国联网。1994 年广东省首先建成 GSM 数字移动通信网,到 2002 年年底我国 GSM 网已成为世界第一大移动通信网。另外,1996 年 12 月在广州建起第一个 CDMA 试验网,至 2002 年,我国 CDMA 网已覆盖全国各大、中城市,用户数超过 5000 万。经过二十多年的发展,我国的移动通信网已成为世界第一大移动通信网,是拥有移动通信用户数最多的国家。移动通信业务从初期的单纯语音业务开始逐步发展成包括短消息业务、数据业务(含 GPRS 业务)、预付费和 VPN 等智能业务在内的多元化结构。2001 年 8 月,模拟蜂窝网在我国停止运营。

在发展 3G 之前,我国拥有三大蜂窝移动通信网络:由中国移动通信公司运营的 GSM 网络以及由中国联合通信公司经营的 GSM 网络和 CDMA 2000 1x 网络。

为了以 3G 的发展为契机,合理配置我国现有的电信网络资源,实现全业务经营,形成适度、健康的市场竞争格局,既防止垄断,又避免过度竞争和重复建设,2008 年 5 月 24 日,工业和信息化部、国家发展和改革委员会、财政部联合发布《关于深化电信体制改革的通告》,对中国电信、中国网通、中国移动、中国联通、中国卫通、中国铁通六家基础电信运营企业进行重组:中国电信收购中国联通 CDMA 网(包括资产和用户),中国联通与中国网通合并,中国卫通的基础电信业务并入中国电信,中国铁通并入中国移动。重组后的中国联通、中国移动以及南方的中国电信将形成三大全业务运营商全面竞争的格局。在电信改革重组完成后,国家发放了三张 3G 牌照:TD-SCDMA 牌照发放给此前已经试商用多半年的中国移动;中国联通获得 WCDMA 牌照;中国电信由从联通购买的 CDMA 网向 CDMA 2000 演进。3G 牌照的发放形成了三家拥有全国性网络资源、实力与规模相对接近、具有全业务经营能力和较强竞争力的市场竞争主体,使电信资源配置进一步优化,竞争架构得到完善。

随着电信重组方案的尘埃落定,运营商及电信制造业的格局都将发生重大变化,中国电信业将进入一个崭新的时代,3G 的发展也呈现出良好的势头。

1.2 移动通信的特点

与其他通信方式相比较,移动通信有以下几方面的特点。

(1) 移动通信的电波传播环境恶劣。移动台处在快速运动中,多径传播会造成瑞利衰落(又称快衰落),接收场强的振幅和相位会快速变化。移动台还经常处于建筑物与障碍物之间,局部场强中值随地形环境而变动,气象条件的变化同样会使场强中值随时间变动,这将导致接收信号的阴影衰落(又称慢衰落)。另外,多径传播产生的多径时延扩展,等效为移动信道传输特性的畸变,对数字移动通信影响较大。移动通信电波传播的理论基本模型是超短波在平面大地上的直射波与反射波的矢量合成。

(2) 多普勒频移会产生附加调制。由于移动台处于运动状态中,因此接收信号有附加频率变化,即多普勒频移 f_D 。 f_D 与移动体的移动速度有关。若电波方向与移动方向之间的夹角为 θ ,则有

$$f_D = \frac{v}{\lambda} \cos\theta \quad (1.1)$$

其中, v 为移动台的运动速度, λ 为波长。运动方向面向基站时, f_D 为正值;反之, f_D 为负值。当运动速度较高时,多普勒频移的影响必须考虑,而且工作频率越高,频移越大。

多普勒频移产生的附加调频或寄生调相均为随机变量,对信号会产生干扰,在高速移动的电话系统中,多普勒频移影响 300 Hz 左右的语音,足以产生令人不适的失真;多普勒频移对低速数字信号的传输不利,对高速数字信号的传输则影响不大。一般在地面接收设备中采用锁相技术,以防止多普勒效应。

(3) 移动通信受干扰和噪声的影响。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。同时,还可能受到天电干扰、工业干扰和各种噪声的影响。

基站通常有多部收发信机同时工作,服务区内的移动台分布不均匀,且位置随时在变化,干扰信号的场强可能比有用信号高几十十分贝(如 70~80 dB)。通常将近处无用信号压制远处有用信号的现象称为远近效应,这是移动通信系统中的一种特殊干扰。

在多频道工作的网络中,由于收发信机的频率稳定度、准确度以及采用的调制方式等因素,使相邻或邻近频道的能量部分地落入本频道而产生邻道干扰。在组网过程中,为提高频率利用率,在相隔一定距离后,要重复使用相同的频率,这种同频道再用技术将带来同频干扰,同频干扰是决定同频道再用距离的主要因素。移动通信系统中,还存在互调干扰问题,当两个或多个不同频率的信号同时进入非线性器件时,器件的非线性作用将产生许多谐波和组合频率分量,其中与所需频率相同或相近的组合频率分量会顺利地通过接收机而形成干扰。鉴于上述各种干扰的存在,在设计移动通信系统时,对于不同形式的干扰,应采取相应的抗干扰措施。

移动信道中噪声的来源是多方面的,有大气噪声、太阳噪声、银河系噪声以及人为噪声。在 30~1000 MHz 的频率范围内,大气噪声、太阳噪声等都很小,可忽略,主要考虑的是人为噪声(各种电气装置中的电流或电压发生急剧变化而形成的电磁辐射)。移动信道中,人为噪声主要是车辆的点火噪声,其大小不仅与频率有关,而且与交通流量有关,交通流量越大,噪声电平越高。