

人 事 部 信 息 产 业 部
信息专业技术人才知识更新工程指定教材

3G E3G B3G
LTE AIE
IMT-2000 IMT-Advanced

第三代移动通信网络系统

Technology and Application Foundation

技术与应用基础教程

for 3G Mobile Communication Network Systems

廖晓滨 赵 熙 编著

WCDMA TD-SCDMA cdma2000



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

TN929.5

51

人 事 部
信息产业部 信息专业技术人才知识更新工程指定教材

第三代移动通信 网络系统技术与应用基础教程

Technology and Application Foundation for
3G Mobile Communication Network Systems

廖晓滨 赵 熙 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教程分为 3G 必需的基础技术部分和不同网络系统的专用技术部分。基础部分包括:第 1 章移动通信的全面概述,第 2 章扩频通信系统技术基础和第 3 章 CDMA 蜂窝移动通信网络系统组网的基本理论和关键技术;专用技术部分介绍 3G 的三大主流技术 WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 网络系统所使用的各项主要技术和组网技术,其中第 4 章是 WCDMA (UMTS)移动通信网络系统,第 5 章是 cdma2000 移动通信网络系统,第 6 章是 TD-SCDMA 移动通信网络系统。

本教程内容重视基本理论和原理,重视理论和实际应用的接轨。适合 3G 网络系统的规划、建设、运营、维护和管理人员阅读,也可供高等院校通信专业师生阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

第三代移动通信网络系统技术与应用基础教程/廖晓滨,赵熙编著. —北京:电子工业出版社,2006.4
ISBN 7-121-02363-6

I.第… II.①廖…②赵… III.移动通信—通信系统—教材 IV.TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 017770 号

责任编辑:竺南直

印 刷:北京东光印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:21.50 字数:550 千字

印 次:2006 年 4 月第 1 次印刷

印 数:6000 册 定价:36.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

3G 时代终于来临了。

回顾过去,我国移动通信的发展经历了近 20 年的风风雨雨。20 世纪 80 年代末,我国开始引进第一代模拟移动通信系统,但规模非常小,当时就有我国用不用移动通信的争论。90 年代中,我国开始使用第二代移动通信,但此时的争论仅限于从欧洲还是从美国引进的问题。近几年围绕 3G 的这个话题,学术界、新闻界、工程界、经济界,从制造商、运营商、政府官员到大学教授,反对之声不断,诸如“中国上 3G 会导致经济崩溃”,“中国上 TD-SCDMA 会导致巨大经济损失”,“不用上 3G,等待 4G”,等等。这使我国对 3G 移动通信的发展一度跌入迷惑、彷徨。

历史证明,科学技术总是一步步向前发展的,人们不可能随便“超越”其中某个阶段。移动通信一代代进步,3G 作为其中的一代,是世界通信技术发展的必然,是十余年全人类技术进步的结晶。3G 必将快步走进我国移动通信市场,并在未来 10 年内扮演主角。这不仅不会使中国经济“崩溃”,反而会成为推动国民经济发展的一支主要力量。据有关专家分析,今后 10 年,3G 每年的市场规模达数千亿元,将使我国 GDP 增长 3 至 5 个百分点。3G 在我国的重要性,还在于其中有了我国自己发明的技术,有国人以自己发明的技术为基础所提出,并被国际电联所接受的国际标准——TD-SCDMA。TD-SCDMA 以其突出的技术优势雄踞国际 3G 的 3 大主流技术之中,这些技术优势以及所带来的经济优势,将在 3G 网络的建设和运营中逐渐体现出来。

从国际电联征求 3G 技术标准的建议至今,差不多 10 年了。在这 10 年间,数以万计的科学家和工程师完成了标准制定和完善、产品开发、现场试验等大量的工作。根据信息产业部主持的多年测试,证明 3G 产品已经可以大规模商用,但还需要数以万计的工程师和技术人员在应用上继续进行创造性的工作,此时,对这些技术人员的培训就成了当务之急。

目前,介绍 3G 的书籍比比皆是,但从基本原理起,进行比较系统、全面的介绍,以培训技术人员为主要目的书籍则很难看到,这对 3G 建设和应用是一个急需解决的问题。由于 3G 技术所涉及的技术领域非常宽,要写这样一本以培训为主要目的的书籍就非常困难。这,可以说是本书籍的意义所在。本书籍作者在通信行业具有多年院校教学、研究所科研、移动运营商高层技术和运营管理、全面咨询服务的丰富实际经验,所以有能力开创一条基础技术和专门技术相结合、理论和实际应用相结合编著培训教程的新思路。我赞成本书籍提出的通信人不要浮躁、扎扎实实打好基础的观点,就本书籍针对运营商培训的内容选择来看,可以达到全面、经典和实用的目的,有利于运营商和相关的技术人员在较短的时间内加强基础,培养自学能力,了解 3G 网络系统的新技术。我希望本书在出版后,在培训使用过程中不断丰富、完善和修订,达到高质、高效的培训目的,为广大技术人员接受和认可。



2006 年元旦于北京

前 言

2005 年底, 中国大陆移动用户总数约 3.9343 亿户, 移动电话普及率为每百人 30.3 部左右, 其中 GSM 用户约 3.6071 亿户, CDMA 用户约 3272 万户, 移动电话交换机总容量超过 4.8282 亿户, 其中 CDMA 交换容量为 7000 万户左右, 两大移动运营商中国移动和中国联通的用户数比例约为 2:1, 这些令全世界都感到震撼的数字说明中国是世界移动通信大国。

早在 2002 年底, 中国大陆移动用户总数就超过 2 亿户, 成为世界上移动电话用户最多的国家, 当时移动电话普及率达到每百人 16 部左右, 但是每用户平均收益 (Average Revenue Per User, ARPU) 仅接近全球平均水平的 50%, 而且下降幅度超过全球平均水平, 几年来, ARPU 仍然以较高的幅度继续下降。中国是世界移动通信大国, 但还不是世界移动通信强国。

目前, 中国移动用户数还在以每月 400 万到 500 万的速度增加, 按照国际发展规律, 移动电话普及率达每百人 40 部左右, 就进入缓慢发展的饱和期, 中国移动用户快速发展期还有不多的空间。在中国大陆, 由于移动通信语音业务大众化和数据业务种类与消费不足, 移动通信业务 ARPU 仍然在继续下降。如何充分利用资源和降低成本, 使用先进的网络和技术手段, 通过提供更新、更多、更好的业务来启动和引导新的市场消费, 使中国成为移动通信强国是当前的主要任务。

不论在中国电信改革过程中, 机构如何重组、牌照如何发放、人事怎么变动、市场竞争格局和形式如何变化, 通信人使中国成为世界电信强国的奋斗目标不变; 中国现存的 GSM 和 CDMA 两张大网系统交换总容量接近 5 亿用户的事实不变; 中国移动通信要和世界先进的技术和业务水平接轨不变; 要成功地把 2008 年北京奥运会办成“数字奥运”的任务不变; 中国的 GSM 和 CDMA 两大网络系统向第三代移动通信(3G)演进和平滑过渡已经铁板定钉、迫在眉睫。

在我国 3G 进入规模发展的前夕, 为适应通信技术换代革命的需要, 为成功地实现第二代移动通信(2G)网络系统向 3G 网络系统的平稳演进, 为提高企业的竞争力, 迫切地需要进行大量有关 3G 的培训, 同时急切需要一本适用于移动通信行业运营服务商、工程技术人员和管理人员使用的 3G 技术培训教程。

面对 3G 网络的规划、建设、运营、维护和管理的双重重任, 对移动运营商和工程技术人员培训提出了新技术先进性、基础技术扎实性、网络技术全面性和工程应用实用性的综合要求。为此, 作者根据 30 多年在通信行业的学习、教学、科研、运营服务、工程建设、运维、技术管理和全方位咨询服务的经验, 参考了 3GPP 和 3GPP2 的有关标准、十几本有关 3G 的出版书籍和在互联网上查阅了大量资料, 编著了这本《第三代移动通信网络系统技术与应用基础教程》。

在以往 3G 在职的系列培训中往往遇到下列问题:

(1) 通信专业毕业的人员离校多年, 忘掉了某些通信的基础知识; 非通信专业毕业人员, 缺乏通信的基础知识; 面对在庞大、全新的网络系统中应用的具体技术, 由于涉及到通信的基础课、专业基础课、专业课的知识和最新发展的技术, 他们在培训中, 一时找不到系列的

教科书、有关资料及具体有关章节的论述。

(2) 市面上很难找到适用于运营商和工程技术人员的 3G 培训教材。院校和科研单位的教材,可能过于全面化、理论化或局部深度化,设备供应商的培训教材可能过于实用化、局部化、简单化。在短期培训中使用和消化多本教材极为困难。

(3) 由于缺乏基础技术、新技术和应用三结合的教材,加上不同目的、级别各类短期培训,缺乏基础性、连贯性、统一性和系统性,给组织培训的单位造成高费用、高费时、低效率的结果。往往经过多次培训,被培训者仍缺乏对 3G 网络系统全貌和基本技术的理解,既影响实际应用,又缺乏自我提高的能力。

本教程以 3G 的三大主流技术 WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 网络系统所使用的各项主要技术为内容选择线索;以系统概貌——系统单元技术——系统技术——组网技术——网络应用为教学步骤;以基本理论够用、加强应用原理为尺度;从小到大、从简到繁、从易到难、从理论到实际,循序渐进地展开内容。本教程内容重视基本理论,重视基本原理,重视理论和实际应用的接轨。

本教程分为 3G 必需的基础技术部分和不同网络系统的专用技术部分,章节采用模块化设计,各章节内容有相对的独立性,可以根据不同培训目的、对象和时间安排进行取舍,不同的培训课程可分别在 24~96 学时内完成,专题培训和讲座可在数学学时内完成。

为了教学形象化,本教程含有 300 多幅图形和图表。为了查阅方便,本教程附有英语缩略语表和参考文献表。为了复习和巩固,每章附有习题和思考题,还附有教学大纲和细致内容安排的学时分配表。

本教程力图做到全面、经典、实用,以达到高质、高效和低耗时、低成本的培训效果。本教程的培训目标是:使读者对 3G 技术有 70%~80% 的了解和理解,培养自学能力和明确学习目标,为进一步深入学习和应用 3G 技术打下基础。

通信行业发展日新月异、气象万千,一直在面对着激烈的通信技术革命挑战 and 市场竞争。然而,万丈高楼平地起。任何新技术,不管是改进性的,还是革命取代性的,一定要依靠或参照原有的理论和技术基础,例如,从 1948 年到现在,一直在沿用香农在信息理论中提出的系统容量公式。历史证明,凡是新技术在商业上得到了规模应用,一定是在原有的基础上,政治、经济和技术平衡发展的结果。网络更新换代正是如此,比如,2G 的 GSM 向 3G 的 WCDMA 发展过程,就是充分平衡各方面的利益,在技术、网络和业务上逐步演进和平滑过渡的。总之,技术发展可以是革命性 (Revolution) 的,而网络发展总是演进性 (Evolution) 的。

从技术角度上,作为通信人要以不变应万变,牢牢掌握通信的基础理论和技术,以这个不变去应对通信技术快速发展的万变,去迎接 3G、E3G (Enhanced 3G, 增强型 3G) 和 B3G (Beyond 3G, 后 3G, 即 IMT-Advanced) 的未来。3G 的生存期大约在 10~15 年,在此阶段,所使用的基本技术基础并没有大的变化。作为通信人,要静下心来,花并不多的时间,把技术基础扎扎实实地打好,为这 10~15 年的工作服务。

要想真正地理解 3G 蜂窝移动通信网络系统技术,首先,要掌握好数字通信的基本理论和技术;然后要掌握好扩频通信的基本理论和技术;要掌握好 CDMA 蜂窝移动通信组网的基本理论和关键技术;最后,才是学习 3G 蜂窝移动通信网络系统的专用新技术和组网技术,研究网络系统的演进及应用。

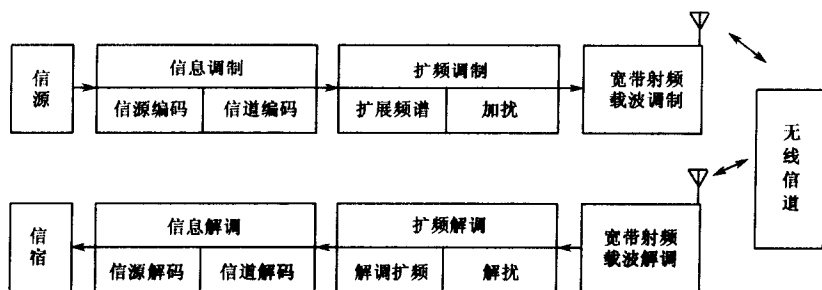
本教程共分 6 章，其内容安排如下。

第 1 章是移动通信的全面概述。

主要介绍：移动通信概念，发展历史，市场发展和预测，3G 技术标准与标准化组织，移动通信频率资源划分，移动通信的发展趋势和 3G 的新发展。

第 2 章是扩频通信系统技术。

扩频通信技术，实际上是 CDMA 系统的重要基本理论和技术基础。因为 3G 的 CDMA 网络系统实际是一个直接序列扩频的码分多址的通信网络系统，而扩频通信系统又是在传统数字通信系统增加了扩频与解扩而来的。所以，第 2 章中在介绍扩频通信系统技术的同时包括了对数字通信系统技术内容的复习，下图是一个典型的应用在 3G 的扩频通信系统示意图，由 5 大系统单元组成。



各系统单元的基本理论和技术及应用将在第 2 章中按序介绍。

(1) 信源和信宿：信源是原始信息的发出地，信宿是原始信息的到达地。

(2) 无线信道：主要介绍移动通信的工作环境和信道特点。

(3) 信息调制和解调，包括信源编解码和信道编解码。

① 信源编码和解码简要介绍脉冲编码调制 (PCM) 技术、数字移动通信语音编码技术、语音评价等级和数字基带信号常用码型。

② 信道编码 (差错控制) 和解码主要介绍信道编码的目的、在 3G 中主要使用的卷积码、Turbo 码和交织技术。

(4) 扩频调制和扩频解调 (扩频和解扩)：主要介绍扩频通信系统概述；码函数和 CDMA 地址码及扩频码的概念；3G 主要使用的信道化码和扰码系列，包括：沃尔什 (Walsh) 函数序列码，m 序列伪噪声 (PN) 序列码，戈尔德 (Gold) 序列码，正交可变速率扩频增益 (OVSF) 序列码；并给出信道化码和扰码在 3G 应用的例子；扩频通信理论基础，包括重要的香农 (Shannon) 公式和信息传输差错概率公式；扩频通信的主要技术指标；重点介绍直接序列扩频码分多址 (DS-SS) 通信系统。

(5) 射频载波调制和解调 (调制解调)：主要介绍在移动通信主要使用的数字调制技术，包括二相移相键控 (BPSK)，差分二相移相键控 (DBPSK)，正交 (四相) 移相键控 (QPSK)，交错四相移相键控 (OQPSK)， $\pi/4$ -差分四相移相键控 ($\pi/4$ -DQPSK)，八相移相键控 (8PSK) 及数字调制技术在移动通信应用举例。

第 3 章是 CDMA 蜂窝移动通信网络系统组网关键技术的基础。

主要介绍：以码分多址为重点的多址接入技术；功率控制技术；多用户信号检测技术；分集接收技术；智能天线技术；软件无线电技术；蜂窝组网技术，包括：蜂窝小区和频率复

用, 小区分裂, 扇区划分技术, 越区切换技术; 及 CDMA 蜂窝系统容量计算和比较。

第 4 章是 WCDMA (UMTS) 移动通信网络系统的专用技术和应用。

主要介绍: 全网络系统 UMTS 和子网络系统包括核心网 (CN) 和通用陆地无线接入网 (UTRAN) 的系统特点, 结构, 单元功能和组网, 组网包括从 2G 的 GSM 到 3G 全 IP 的各阶段网络演进的详细图解和 R_{99} 、 R_4 和 R_5 全 IP 方案网络结构及接口的说明; 协议结构模型和协议应用; 无线信道分层和空中接口物理信道及物理信道接入流程; 网络协议集应用和通信事务处理流程举例。

第 5 章是 cdma2000 移动通信网络系统的专用技术和应用。

主要介绍: 全网络系统和子网络系统包括无线接入网 (RAN)、交换子系统 (SS)、核心网的电路域 (CN-CS) 和分组域 (CN-PS) 网络的特点, 结构模型, 系统单元功能, 接口和组网; 网络演进方面介绍从 2G 的 cdma One 到 3G 的 cdma2000-1X-EV-DV 各阶段的演进主题和主要技术特点; 协议结构模型和协议在通信事务处理过程中的应用; 空中接口的物理信道及物理信道接续流程; 可变长度 Walsh 码, 信道编码、信道化码、扰码和扩频码的应用; 分集发射方式; 复 QPSK 扩频调制方式和混合移相键控 (HPSK) 扩频调制方式的原理和应用; 简单 IP 和移动 IP 网络系统模型、技术原理及它们的比较。

第 6 章是 TD-SCDMA 移动通信网络系统的专用和特色技术及应用。

TD-SCDMA 和 WCDMA 都基于 GSM 网, 使用的很多网络标准和技术都是共同的, 在前面的章节和第 4 章已经介绍过这些技术和标准。本章重点介绍 TD-SCDMA 专有和特色的先进技术。主要介绍 TD-SCDMA 网络系统的特点和优势; 具有特色的无线帧结构设计和 TDD 方式原理; 传输信道和物理信道; 物理层处理通信事务的关键过程, 包括发射分集、功率控制、小区搜索、随机接入; 核心技术的上行同步和智能天线; 特色技术接力切换; TD-SCDMA 组网的意义、能力、优势, 独立组网和混合组网方案, 灵活组网方式等。

由于 3G 的三大主流技术有很多共性, 有各自的专用技术, 在本教程章节的编著中, 既要避免内容遗漏又要避免内容重复, 为了增加教程的生动性, 还要考虑在适当时机将基础内容 and 应用内容相结合, 所以, 本教程一些基础技术的应用内容放在基础章节作为举例讲解, 比如 WCDMA 的码应用就放在第 2 章作了介绍; 同时为了更贴近网络系统应用, 一些基础技术的扩展应用放在专用技术章节讲解, 比如, 复 QPSK 扩频调制方式和混合移相键控 (HPSK) 扩频调制方式的内容, 就只放在第 5 章的 cdma2000 系统扩频调制方式中进行了讲解, 而 WCDMA 和 TD-SCDMA 系统也使用这些技术, 就不再重复讲解了; 还有, 可变长度的 Walsh 序列码虽属于信道编码基础技术的 Walsh 序列码的延续部分, 但它主要应用在 cdma2000 系统, 为了节约基础技术讲解时间, 所以放在第 5 章讲解。总的来说, 3G 三大主流技术需要的基础技术和专用技术基本可以在本教程找到不同程度的介绍。

为了提高 3G 培训的效率, 达到预想的培训目的和效果, 这里郑重推荐, 本教程课程应作为 3G 在职培训序列课程的第一门课程。

当然, 如果合适的话, 本教程也可以作为高等院校通信专业的教材或参考书, 或作为移动通信行业相关人员的参考书。

作为一本全面系统介绍 3G 的教程, 书中的部分内容可能超过培训要求的范围和程度, 这些部分内容可以灵活地作为学习参考资料和深入自学使用。

本教程的编著应用了通信行业数以万计工作者长期辛勤劳动成果, 使用了公开发表的行

业标准、出版著作和网上资料的有关内容和数据,在此对他们表示崇高的敬意和由衷的感谢。

赵熙高级工程师在本教程编著过程中做了大量的工作和突出的贡献。

首先感谢中国 3G 之父,大唐移动通信设备有限公司首席科学家、北京邮电大学和电子科技大学教授、博士生导师李世鹤博士为本教程作序并审校了第 6 章。

衷心感谢电子科技大学通信抗干扰技术国家级重点实验室主任、国家 863 通信主题专家组成员、博士生导师李少谦教授,博士生导师唐友喜教授为本教程第 1 章、第 4 章、第 5 章进行审校。

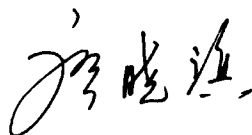
衷心感谢西安电子科技大学通信工程学院张辉教授、曹丽娜教授为本教程第 2 章、第 3 章进行审校。

衷心感谢使用本教程的人员,并向将为本教程提出修改意见的人提前道谢。

本教程将在教学实践中不断改进,并随着通信发展,与时俱进,不断丰富内容。

欢迎各位通过电子邮箱 training@telestar.com.cn 进行探讨、交流和指正。

为了满足市场需求,我们将会陆续编著促进 3G 业务发展和支持网络运营方面的培训教程,欢迎提出需求和提供指导。



广州特思达通信咨询服务有限公司

总裁、教授级高级工程师

2006 年元月于广州

目 录

第 1 章 移动通信概述	(1)
1.1 移动通信简介	(1)
1.2 移动通信发展简史	(3)
1.3 3G 移动通信的组织	(6)
1.3.1 3G 起源	(6)
1.3.2 IMT-2000 标准化组织介绍	(7)
1.4 3G 的技术标准	(8)
1.4.1 3G 的目标	(8)
1.4.2 3G 系统的特征	(8)
1.4.3 3G 的五种技术和三大主流技术标准	(8)
1.5 3G 的标准化进程和发展	(12)
1.6 移动通信的频率资源划分	(12)
1.6.1 IMT-2000 的频率资源划分	(12)
1.6.2 WCDMA 的频率资源划分	(13)
1.6.3 cdma2000 的频率资源划分	(14)
1.6.4 我国 IMT-2000 的频率资源划分	(14)
1.7 移动通信的市场发展和预测	(16)
1.8 移动通信发展趋势和 3G 的新发展	(18)
习题与思考题	(25)
第 2 章 扩频通信系统技术基础	(27)
2.1 扩频通信系统概述	(27)
2.2 移动通信的工作环境和信道特点	(28)
2.3 信源编码技术	(30)
2.3.1 信源编码概述	(30)
2.3.2 脉冲编码调制 (PCM)	(31)
2.3.3 数字移动通信语音编码技术	(35)
2.3.4 语音评价等级	(37)
2.3.5 数字基带信号常用码型	(38)
2.4 信道编码技术	(40)
2.4.1 信道编码概述	(40)
2.4.2 卷积码	(40)
2.4.3 Turbo 码	(42)
2.4.4 交织	(42)
2.4.5 信道编码在 3G 中的应用	(43)
2.5 信道化码和扰码	(44)

2.5.1	码函数的概念	(44)
2.5.2	CDMA 地址码和扩频码的设计	(45)
2.5.3	信道化码和扰码	(46)
2.5.4	沃尔什 (Walsh) 函数序列码	(47)
2.5.5	m 序列伪噪声 (PN) 码	(48)
2.5.6	戈尔德 (Gold) 序列码	(51)
2.5.7	正交可变速率扩频增益 OVSF 码	(51)
2.5.8	信道化码和扰码在 3G 中应用举例	(54)
2.6	扩频通信技术	(58)
2.6.1	扩频通信基本概念和工作原理	(58)
2.6.2	扩频通信理论基础	(60)
2.6.3	扩频通信的主要性能指标	(61)
2.6.4	扩频通信系统	(62)
2.7	数字调制技术	(67)
2.7.1	数字调制概述	(67)
2.7.2	多进制移相键控 (MPSK)	(69)
2.7.3	数字调制技术在移动通信中的应用	(79)
	习题与思考题	(81)
第 3 章	CDMA 移动通信网络技术基础	(83)
3.1	多址接入技术	(83)
3.1.1	频分多址 (FDMA)	(83)
3.1.2	时分多址 (TDMA)	(84)
3.1.3	码分多址 (CDMA)	(86)
3.1.4	信号正交技术	(86)
3.1.5	CDMA 移动通信系统工作原理	(89)
3.2	功率控制技术	(94)
3.3	多用户信号检测技术	(97)
3.4	分集接收技术	(98)
3.5	智能天线技术	(103)
3.6	软件无线电 (SDR) 技术	(105)
3.7	蜂窝组网技术	(107)
3.7.1	蜂窝小区和频率复用技术	(107)
3.7.2	小区分裂技术	(111)
3.7.3	扇区划分技术	(111)
3.7.4	越区切换技术	(113)
3.8	CDMA 蜂窝系统容量比较	(116)
3.8.1	蜂窝系统容量	(116)
3.8.2	FDMA 和 TDMA 蜂窝系统容量计算	(117)
3.8.3	CDMA 蜂窝系统容量计算	(117)
3.8.4	CDMA、FDMA、TDMA 蜂窝系统容量比较	(120)

3.8.5 CDMA 的软容量计算	(120)
习题与思考题	(121)
第 4 章 WCDMA 移动通信网络系统	(122)
4.1 WCDMA 移动通信网络系统特点	(122)
4.2 WCDMA (UMTS) 移动通信网络系统结构	(123)
4.2.1 UMTS 的结构和接口	(123)
4.2.2 UMTS 的功能	(125)
4.2.3 UMTS 的协议结构	(127)
4.3 通用陆地无线接入网络 (UTRAN)	(131)
4.3.1 UTRAN 的功能	(131)
4.3.2 UTRAN 的结构	(131)
4.4 WCDMA 核心网 (CN) 的结构	(134)
4.4.1 R ₉₉ 网络结构及接口	(135)
4.4.2 R ₄ 网络结构及接口	(140)
4.4.3 R ₅ 网络结构及接口	(143)
4.4.4 R ₆ 的发展情况	(145)
4.5 WCDMA 移动通信网络系统演进过程	(145)
4.5.1 GSM 基本网络系统	(145)
4.5.2 GSM 增值业务和智能网络系统	(147)
4.5.3 GSM 高速电路交换数据业务 (HSCSD) 网络系统	(147)
4.5.4 GSM 通用分组无线业务 (GPRS) 网络系统	(148)
4.5.5 GSM 演进增强数据速率 (EDGE) 网络系统	(150)
4.5.6 WCDMA 的 R ₉₉ 网络系统	(151)
4.5.7 WCDMA 的 R ₄ 网络系统	(153)
4.5.8 WCDMA 的 R ₅ 全 IP 网络系统	(154)
4.5.9 WCDMA 未来的全 IP 网络系统	(155)
4.6 WCDMA 的无线信道	(156)
4.6.1 WCDMA 的无线信道结构	(156)
4.6.2 WCDMA 的逻辑信道	(157)
4.6.3 WCDMA 的传输信道	(157)
4.6.4 WCDMA 的物理信道	(159)
4.6.5 WCDMA 物理信道接入的基本流程	(165)
4.7 WCDMA 网络协议集的分层	(169)
4.8 WCDMA 网络事务处理基本流程	(171)
4.8.1 寻呼过程	(173)
4.8.2 无线资源控制 (RRC) 连接建立过程	(175)
4.8.3 通信事务处理论证过程	(178)
4.8.4 鉴权和安全控制过程	(178)
4.8.5 无线接入承载分配和通信事务处理建立过程	(180)
4.8.6 通信事务处理执行过程	(182)

4.8.7 通信事务处理清除和 RAB 释放过程	(187)
4.8.8 无线资源控制 (RRC) 连接释放过程	(190)
习题与思考题	(191)
第 5 章 cdma2000 移动通信网络系统	(192)
5.1 cdma2000 移动通信网络系统特点	(192)
5.2 CDMA 网络系统演进	(193)
5.2.1 CDMA 网络系统演进概述	(193)
5.2.2 CDMA IS-95A	(195)
5.2.3 CDMA IS-95B	(196)
5.2.4 cdma2000-1X	(197)
5.2.5 cdma2000-1X-EV-DO	(198)
5.2.6 cdma2000-1X-EV-DV	(200)
5.3 cdma2000 的协议分层	(202)
5.4 cdma2000 物理层	(204)
5.4.1 cdma2000 物理层概述	(204)
5.4.2 cdma2000 的前向链路物理信道	(205)
5.4.3 cdma2000 的反向链路物理信道	(211)
5.4.4 cdma2000-1X 物理信道接续流程	(216)
5.4.5 cdma2000 的发射分集方式	(219)
5.4.6 cdma2000 的码应用	(220)
5.4.7 cdma2000 的扩频调制方式	(224)
5.5 cdma2000 网络系统	(230)
5.5.1 cdma2000 网络系统参考模型	(231)
5.5.2 cdma2000 网络系统的无线接入网	(234)
5.5.3 cdma2000 网络系统的交换子系统	(235)
5.5.4 cdma2000 网络系统的核心网电路域	(243)
5.6 cdma2000 网络系统的分组交换技术	(244)
5.6.1 移动 IP 概述	(244)
5.6.2 cdma2000 网络系统的分组域网络概述	(247)
5.6.3 简单 IP 技术	(249)
5.6.4 移动 IP 技术	(252)
5.6.5 移动 IP 和简单 IP 的比较	(254)
习题与思考题	(255)
第 6 章 TD-SCDMA 移动通信网络系统	(257)
6.1 TD-SCDMA 移动通信网络系统特点	(257)
6.2 TD-SCDMA 移动通信网络系统的结构	(260)
6.3 TD-SCDMA 物理层	(260)
6.3.1 TD-SCDMA 协议结构	(260)
6.3.2 TD-SCDMA 传输信道	(261)
6.3.3 TD-SCDMA 物理层概述	(262)

6.3.4	TD-SCDMA 物理信道分层	(263)
6.3.5	TD-SCDMA 物理信道帧结构	(263)
6.3.6	TD-SCDMA 突发结构	(266)
6.3.7	TD-SCDMA 传输信道到物理信道的映射	(267)
6.3.8	TD-SCDMA 物理信道	(267)
6.3.9	TD-SCDMA 信道编码和复用	(269)
6.3.10	TD-SCDMA 扩频调制	(272)
6.4	TD-SCDMA 物理层的关键过程	(273)
6.4.1	小区搜索过程	(273)
6.4.2	上行同步过程	(274)
6.4.3	随机接入过程	(275)
6.4.4	功率控制过程	(276)
6.5	TD-SCDMA 网络系统的同步	(278)
6.6	TD-SCDMA 系统的接力切换	(279)
6.7	TD-SCDMA 系统的发射分集	(282)
6.8	TD-SCDMA 系统的智能天线	(285)
6.8.1	TD-SCDMA 智能天线的特点和原理	(285)
6.8.2	TD-SCDMA 智能天线对无线资源管理的影响	(288)
6.9	TD-SCDMA 系统组网	(290)
6.9.1	TD-SCDMA 系统组网的意义	(290)
6.9.2	TD-SCDMA 系统组网能力	(292)
6.9.3	TD-SCDMA 系统组网优势	(293)
6.9.4	TD-SCDMA 系统组网	(295)
	习题与思考题	(301)
	附录 教学大纲	(302)
	英文缩略语	(314)
	参考文献	(325)

第 1 章 移动通信概述

1.1 移动通信简介

移动通信是指相互通信的各方中至少有一方是处于运动状态下的通信，其状态可能是移动方对移动方或者是移动方对固定方的通信。

实现移动通信功能的通信系统就是移动通信系统，移动通信通常是靠无线通信来实现的。常用的系统有如下几类。

1. 公共陆地移动通信网络 (PLMN)

公共陆地移动通信网络 (Public Land Mobile Network, PLMN) 是移动通信中最大和最主要的网络系统，在世界各国都建立了 PLMN，PLMN 可实现不同容量、质量、数据速率和业务等要求的语音、数据的移动通信业务，可实现跨区、跨国乃至全球的漫游业务和网络管理。如：

20 世纪 80 年代在美国和中国等地使用的先进移动电话系统 (Advanced Mobile Phone System, AMPS)，在欧洲和中国原邮电部等使用的全接入通信系统 (Total Access Communications System, TACS)，扩展式全接入通信系统 (Extended TACS, ETACS) 等 FDMA 模拟蜂窝移动通信网络系统。

20 世纪 90 年代主要在欧洲和中国移动公司和中国联通公司等使用的全球移动通信系统 (Global System for Mobile Communications, GSM) 等 TDMA/FDMA 数字蜂窝移动通信网络系统。

20 世纪 90 年代主要在美国、南韩、中国联通公司等使用的窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信网络系统。

2. 无线市话系统 (WUTS)

无线市话系统 (Wireless Urban Telephone System, WUTS) 采用微蜂窝系统和数字无绳电话技术，通信距离一般在几百米范围内。无线市话是廉价便携终端，它可以通过无线通信在受限的距离范围内以固定或慢移动方式接入市话网，可实现固话基本业务和 32 或 $2 \times 32\text{ kbit/s}$ 低速数据业务，但不能实现漫游。如日本邮政部为家居、办公的室内外小范围使用，推出的个人便携电话系统 (Personal Handy Phone System, PHS)；中国电信公司和中国网通公司为市场竞争，推出的个人接入系统 (Personal Access System, PAS)，即“小灵通”系统；欧洲推出的泛欧数字无绳电话 (Digital European Cordless Telephone, DECT) 系统。

3. 集群移动无线系统 (TMRS)

集群移动无线系统 (Trunked Mobile Radio System, TMRS)，是一种多方根据动态分配无线信道的原则来共享一组频率资源的移动通信系统。具有频率、设备、覆盖和业务共享，集中管理、保证服务，节省频率资源和减少费用分担的优点。多用于多信道多用户共享的调度系统。

例：美国 MOTOROLA 公司的数字集群通信系统，在中国政府、公安、企业、交通、

北京轻轨、天津轻轨、广州地铁、天津地铁、上海地铁、新长铁路、九广铁路得到应用。中国铁通公司已在沈阳、长春和重庆三个城市建成“一讯通”数字集群商用试验网络，拟在全国建立以电话和数据传输为主的生产调度用的共用调度集群网。中国 1993 年 8 月宣布开放 800MHz 集群移动电话经营业务。我国 800MHz 集群业务频段为 806~821MHz 和 851~866MHz，共 600 个无线信道。

4. 卫星移动通信系统 (SMCS)

卫星移动通信系统 (Satellite Mobile Communication System, SMCS) 通过在空中的卫星的通信转发器来接收和放大陆海空用户发来的信号 (上行链路)，并以其他频率转发出去，为陆海空用户接收提供无线通路 (下行链路)，从而实现陆海空的固定和移动用户间的通信。卫星移动通信系统有不受陆海空位置条件限制、受地物影响很小、频率资源充足、通信容量大、覆盖面广的特点。适合洲际越洋、军事、应急、干线和多媒体通信。分为：

(1) 同步轨道卫星移动通信系统

同步轨道或高地球轨道 (High Earth Orbit, HEO) 卫星移动通信系统又称为静止轨道 (Geostationary Earth Orbit, GEO) 卫星移动通信系统，通常轨道高度在 36000km，通过在高地球轨道上发射 3 颗相隔 120 度角和地球同步旋转，即相对地球静止的通信卫星，就可实现除两极以外的全球覆盖。其优点是与地球同步，少量卫星既可实现全球覆盖又可实现区域覆盖。其缺点是轨道高、上下行传输路径长造成信号衰减和时延很大，制造和运行成本较高，主要用于陆海空的移动交通工具的通信。主要有：

国际卫星移动组织的 INMARSAT 系统，澳大利亚的 MSAT (Mobilesat) 系统、北美的 MSS 系统和亚太地区的 APMT 系统。

(2) 中、低轨道卫星移动通信系统

低地球轨道 (Low Earth Orbit, LEO) 卫星移动通信系统的轨道高度在 500~2000km，由十几颗至几十颗小型卫星组成，分若干个轨道，每轨道有若干颗卫星，绕地球在经度上距离相等的若干个轨道面旋转，作为移动通信中继站，对地面形成无线蜂窝覆盖，把整个地球表面都覆盖在内，可提供电话、传真、数据、寻呼及无线电定位等业务。

卫星移动通信系统主要用于支持位于地面移动通信网服务区以外用户的移动通信业务，还用来为地面通信网未能覆盖的农村和边远地区提供基本的通信业务，这些业务都是话音和低速数据的业务，为此要求地面终端轻便和低成本。

由于低轨道的高度较低，信号衰减和时延很小，对终端等效全向辐射功率和接收机品质因数的要求较低，使用户终端变得轻便和降低了成本，还能获得最有效的频率复用，卫星的研制周期短，费用低，能一箭多星发射，实现全球覆盖，这些都是低轨卫星移动通信系统的优点。

卫星形成的覆盖小区在地球表面很快移动，绕地球一周约需 2 小时。当小区移过移动用户时，也有“越区切换”问题，不同的是陆地蜂窝式移动通信系统是移动用户移动通过固定的小区，而低轨道卫星移动通信系统是快速移动的小区通过较慢速移动的用户。在低轨道上运行的卫星，由于距地面高度变化，使每颗卫星的覆盖面积也变化，从而造成有些区域出现盲区或发生重叠。低轨系统通常是只对全球或某一纬度范围内地区的连续覆盖，需要卫星数目较多，空间段投资大。低轨系统很难用于仅对某个国家的区域性服务系统，这些是低轨系统的缺点。

中地球轨道（Middle Earth Orbit, MEO）卫星移动通信系统的轨道高度在 5000~15000km，由 12~15 颗卫星组成。中轨道移动卫星通信系统兼有静止轨道和低轨道的优点，并能克服相应轨道的不足，所以颇具有吸引力。

中、低轨系统在卫星移动通信的发展过程中已成为主流。中、低轨卫星移动通信系统的一些例子见表 1-1。

表 1-1 中、低轨卫星移动通信系统实例

系统名称	轨道高度 (km)	卫星数目	服务日期	主要公司
铱 (Iridium)	765	66	1998 年	MOTOROLA
全球星 (Globalsat)	1 389	48	1998 年	Qualcomm
轨道通信 (Orbcomm)	785	28	1998 年	OSC
中轨系统 (ICO)	10 354	10	2000 年	Inmarsat

5. 无线局域网 (WLAN)

无线局域网 (Wireless Local Area Network, WLAN) 是计算机网络与无线通信技术相结合的产物，是“最后一百米”的固定无线接入解决方案，是实现移动计算机网络的关键技术之一。从专业上讲，WLAN 利用无线多址信道的一种有效方法来支持计算机之间的通信，实现通信的移动化、个性化和多媒体应用。通俗地说，WLAN 就是不采用传统缆线的同时，提供以太网或者令牌网络的功能。WLAN 的通信距离，在室外环境最远为 300m，在室内环境为 100m 以内。WLAN 的数据传输速率最高可达 54Mbit/s。WLAN 的标准由 IEEE 802 标准化委员会的 IEEE 802.11 WLAN 标准工作组制定，部分标准见表 1-2。

表 1-2 WLAN 的部分标准

	802.11b	802.11g	802.11a	HiperLAN/2
工作频段	2.4GHz	2.4GHz	5GHz 以上	5GHz 以上
传输速率	11Mbit/s	22Mbit/s	54Mbit/s	54Mbit/s

6. 无线个人域网 (WPAN)

无线个人域网 (Wireless Personal Area Network, WPAN) 使消费者的便携式电器和通信设备之间可以进行短距离 (10m 内) 高速的特别连接，以获得高速多媒体的应用。这里特别连接是指设备可控制和被控，可以方便地加入和离开网络。蓝牙 (Bluetooth) 技术属于 WPAN 范畴。

7. 其他移动通信系统

高速寻呼系统是一种单向单工通信系统，为固定用户和外出的移动用户提供通信联系，可提供联网漫游的数字寻呼、汉字寻呼、二进制透明数据传输、秘书台、语音信箱等基本寻呼业务和 Internet 寻呼的新业务，如在网上传送寻呼信息、和接收 E-mail 到达通知等。寻呼业务在我国已成为夕阳业务，其业务被蜂窝移动通信的增值业务和短消息服务取代。

1.2 移动通信发展简史

现代移动通信技术的发展始于 20 世纪 20 年代，到目前为止，世界移动通信的发展大致