

普通高等教育（校企合作）规划教材

移动通信技术与工程

国脉科技股份有限公司教育培训事业部 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

普通高等教育(校企合作)规划教材

移动通信技术与工程

国脉科技股份有限公司教育培训事业部 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书是专门探讨移动通信网络工程实施过程、应用和要点的著作,介绍了多种现代移动通信网络的基础原理、无线网设备及技术特点,重点研究了无线网络的规划、建设、维护和优化工程实践,并给出了大量的工程建议。全书共 10 章,内容包括移动通信网结构,移动通信基本原理和关键技术,基站、天线、馈线的特点及应用,无线网络规划方法,无线网络工程安装和维护,无线网优,移动核心网和业务及移动工程常用仪表,最后还给出了具体案例分析。

本书内容较广,包括从移动无线网络建设到网络优化等多方面的工程实践,基本涵盖了移动网络的完整生命周期,能为读者建立一个移动通信网络完整的工程实践体系。同时本书合理控制内容深度和难度,以工程实践为主,理论研究为辅,摒弃大量烦琐的公式推导,有利于读者快速掌握移动通信工程理论与实践的结合,提高工程经验。

本书可供大专院校通信学科各专业的高年级学生作为相关课程教材,同时能为从事移动通信工程设计、管理、建设和监理等专业的助理工程师、工程师以及其他通信工程技术人员提供有益参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术与工程/国脉科技股份有限公司教育
培训事业部编著. —上海:同济大学出版社, 2009. 9

普通高等教育(校企合作)规划教材

ISBN 978-7-5608-4148-9

I. 移… II. 国… 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 159214 号

普通高等教育(校企合作)规划教材

移动通信技术与工程

国脉科技股份有限公司教育培训事业部 编著

责任编辑 曹建 特约审读 兰孝仁 责任校对 杨江淮 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 苏州望电印刷有限公司

开 本 890mm×1 240mm 1/32

印 张 8.5

字 数 231 000

印 数 1—3 100

版 次 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4148-9

定 价 24.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

普通高等教育(校企合作)规划教材

编 委 会

主 任 隋榕华(国脉科技股份有限公司总裁)

副主任 陈文哲(福建工程学院副院长)

袁明孚(中国通信企业协会通信网络运维专业委员会副主任)

编 委 (按姓氏拼音为序排列)

陈纪阳(福州海峡职业技术学院)

陈兴华(国脉科技股份有限公司)

陈 麓(福建工程学院)

范贵福(中国通信企业协会通信网络运维专业委员会)

黄家善(福建工程学院)

林 勇(福州海峡职业技术学院)

刘天健(闽江学院)

唐文琴(中国电信股份有限公司福建分公司)

姚锦标(国脉科技股份有限公司)

叶宇煌(福州大学)

于基浏(国脉科技股份有限公司)

本书编者

主 编 薛鸿忠(资深无线网络工程师,福州电信分公司)

编 写 胡志恒(工学博士,成都信息工程学院)

郑 周(资深网优经理,福州电信分公司)

林 耕(高级无线工程师,福州电信分公司)

林 勇(福州海峡职业技术学院)

前 言

我国移动通信事业近几十年来获得了极大的发展,当前我国手机用户数量全球第一(接近5亿),因此,我国是全球最大的移动通信市场。随着我国3G牌照于2009年年初的发放,我国移动通信领域将迎来更加深刻的变化,同时,也对通信工程技术人员的理论知识、工程经验有更高的要求。

目前,针对通信行业工程技术人员关于移动通信原理、技术、工程等方面已出版了大量的书籍和教材,为移动通信专业人才的培养做出了巨大贡献。市面上现有移动通信的专业书籍虽然数量很多,但其重点在原理、技术层次,强调理论知识,部分书籍虽涉及工程内容,但与最新的实践工程经验结合不够深入、透彻和全面。对刚从事移动通信领域的毕业生、助理工程师而言,能起到解惑回答为什么的作用,但尚不能达到怎么做的程度。

针对上述情况,本书作为校企合作编写的重要教材,在内容安排上独树一帜,它围绕移动通信工程多个重要的工程环节,结合移动通信行业应知、应会的知识点,纳入了最新的移动工程经验和规范。本

书以通信原理、技术为辅线,工程实施环节为主线,深入浅出地介绍了现有主流移动通信网络的技术原理、网络规划、工程建设、网络维护、网络优化、常用仪器设备等方面的知识。重点突出对网络规划、建设、维护、网优等方面内容的介绍,这类知识更多来自通信原理与通信工程经验的合理结合,这是本书编者在无线通信工程领域多年经验的精华所在。对于刚进入移动通信工程行业的技术人员,通过阅读本书,能在理论联系实际、加快专业技能成长等方面获得显著裨益。

本书的特点是结合当今最新的移动通信技术,针对移动通信工程的复杂性和灵活性,从实用角度出发,摒弃大量烦琐的公式推导,结合了最新的现网移动技术和适当的理论分析,兼顾移动通信的发展方向,给出了大量有益的工程建议;在侧重无线网的同时还兼顾核心网及业务网,其灌输的全程全网的学习理念,有利于读者快速掌握移动通信工程理论与实践的结合,提高工程经验。

本书的主要读者对象是大专院校通信学科各专业的高年级学生及毕业生,从事移动通信工程设计、管理、建设和监理等专业的助理工程师、工程师以及其他通信工程的技术人员。

本书中的第1章、第2章、第3.1节、第4章、第5章、第7章、第8章由中国电信股份有限公司福州分公司(以下简称“福州电信”)薛鸿忠编写;第9章由福州电信郑周编写;第3.2节至3.4节由成都信息工程学院胡志恒编写;第6章、第7章由林耕提供素材并由薛鸿忠编写;第10章由福州电信薛鸿忠和福州海峡职业技术学院林勇共同编写。

本书整体思路和架构得到郑周先生的指导和帮助。全书由薛鸿忠负责统稿,前4章的校对和修订由胡志恒负责,后6章的校对和修订由薛鸿忠负责。

鉴于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不足之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2009年9月

目 录

前 言

1 导论	1
1.1 移动通信的发展史	1
1.2 移动通信系统的组成	13
1.3 移动业务	14
习题 1	19
2 移动通信基本原理	20
2.1 基本电波传播机制	20
2.2 噪声干扰	27
2.3 关键技术	30
2.4 无线网组网	62
习题 2	69

3 基站	70
3.1 基站的原理与分类	70
3.2 不同制式移动通信无线网的主要原理	78
3.3 天馈线原理	97
3.4 其他附属设备	113
习题 3	118
4 无线网的网络规划	119
4.1 无线网络规划目标	119
4.2 一般规划流程	120
4.3 链路预算与传播模型	123
4.4 容量覆盖估算	128
4.5 仿真	129
4.6 站址选择	131
4.7 频谱规划	137
4.8 CDMA 与 GSM 的无线网络规划差异	139
习题 4	140
5 工程安装	141
5.1 基站建设的总体流程	141
5.2 新建基站安装工程要点	142
5.3 已有基站工程安装要点	154
5.4 基站测试要点	157
习题 5	158
6 无线网络维护	159
6.1 移动通信专业划分	159
6.2 无线网维护内容	161
习题 6	166
7 无线网的优化	167
7.1 无线网络优化的原因	167

7.2	无线网络优化的分类	169
7.3	优化工作一般流程	171
7.4	无线网的主要指标参数	184
7.5	网优案例分析	187
	习题 7	189
8	移动核心网与业务	190
8.1	核心网	190
8.2	信令网	214
8.3	业务网	216
	习题 8	222
9	相关仪表	223
9.1	仪表的作用	223
9.2	工程建设仪表	224
9.3	规划仪表	226
9.4	网优仪表	230
	习题 9	242
10	实训	243
10.1	TD-SCDMA 无线网络规划实训	244
10.2	TD-SCDMA 无线接入网设备开通调测实训	248
10.3	TD-SCDMA 无线接入网设备的维护实训	256
	参考文献	260

1 导 论

本章介绍移动通信系统从第一代到第三代的发展简史；第三代移动通信标准化组织 3GPP 与 3GPP2；几种移动通信系统的对比；移动通信无线网络、核心网络的演进方向；国际、国内无线频谱分配；移动增值业务的发展。

1.1 移动通信的发展史

1.1.1 移动技术发展简史

在任何时间、以任何方式、与任何地点的任何人实现任何形式的信息交流一直是人们的期望和信息产业界追求的目标，这就是个人通信(UPT, Universal Personal Telecommunication)。移动通信能

让通信的双方或至少一方是处于移动中进行信息交流通信,把人们从“守”电话的束缚中解放出来,在语言交流方面迈出了个人通信的第一步。它的最终目标是实现任何人可以在任何时候、任何地方与其他任何人以任何方式进行通信。

移动通信由于其许多的优点,前景十分广阔。20 世纪 20 年代移动通信开始在军事及某些特殊领域使用,20 世纪 40 年代才逐步向民用扩展。随着现代通信技术的发展,尤其是移动通信这一综合利用了有线和无线的传输方式商业化后,解决了人们在活动中与固定终端或其他移动载体上的对象进行通信联络的要求,移动通信有受时空限制少和实时性好的特点,从而得到了广泛的应用和迅速发展。移动通信以其可移动性而具有强大的生命力,20 世纪 90 年代后移动通信真正进入迅猛发展的时期,近年来,中国无线移动通信几乎以每年翻一番的惊人速度发展,快速跻身于世界发达国家应用水平的行列。

第一代移动通信(1G, G 是 Generation 的首字母)在 20 世纪 80 年代初出现,是模拟话音蜂窝通信系统,支持语音业务,主要代表有 AMPS(先进的移动电话系统)和 TACS(总接入通信系统)。AMPS 使用 800 MHz 频带,在北美、南美和部分环太平洋国家和地区广泛使用;TACS 使用 900 MHz 频带,在英国、日本和部分亚洲国家和地区广泛使用该标准。第一代移动通信系统虽然实现了用户移动条件下的双工通信,但受到模拟通信技术的局限,存在的缺点比较多,主要有:

- (1) 漫游范围小;
- (2) 通话质量不理想;
- (3) 频谱利用率低,容量小,不利于大容量组网;
- (4) 业务种类有限;
- (5) 无数据业务;
- (6) 保密性差;
- (7) 设备成本高、体积和质量大。

第二代移动通信(2G)在 20 世纪 80 年代末出现,它采用数字通信技术,是窄带蜂窝通信系统,支持话音和低速数据。目前,全球移动通信网络基本上是以第二代数字移动通信系统为主,典型代表是美国的 DAMPS 系统、CDMA 系统和欧洲的 GSM 系统。其中,欧洲 GSM 标准体制较为完善,技术最成熟,使用 900 MHz 频带和 1 800 MHz 频带,目前我国移动、联通两家运营商均运营 GSM 网络。DAMPS(数字化高级移动电话系统)也叫 IS-54,其标准使用 800 MHz 频带,曾是北美主流的数字蜂窝系统。在北美两种数字蜂窝标准中,IS-54 是较早推出的一种。CDMA 即北美数字蜂窝 IS-95 标准,使用 800 MHz 频带或 1.9 GHz 频带,也是一种 2G 通信技术,商用时间比 GSM 稍晚。CDMAOne 是 IS-95 标准的商用品牌名称。目前,2G 市场中 GSM 的全球市场份额约为 70%,而 CDMA 仅为 13%。

第二代移动通信在技术上对第一代移动通信系统存在的缺点有显著的改善:

- (1) 频谱利用率提高,GSM 提高了 2 倍,CDMA 提高了 10 倍;
- (2) 业务种类增加,提供了较丰富的电信业务,如短消息等新业务;
- (3) 提供了低速数据业务(最大 64 kbit/s);
- (4) 增强了保密性;
- (5) 减少了设备成本,尤其是终端设备成本大大降低,体积、质量也大大减小。

但是,第二代移动通信系统也有不足之处。相对于模拟系统而言,其容量增加不多,仅为模拟系统的两倍左右。同时,数据业务的带宽等仍不能满足发展需求,数据业务发展有限,而且无法和模拟系统兼容。

第二代移动通信的不足催生了第二代半移动通信系统(2.5G)。第二代半移动通信系统出现在 1996 年,它能保护运营商在 2G 系统上的庞大投资,同时满足用户当前在较高速率数据业务和移动办公

等方面的需求,充分发挥 2G 网络覆盖广、普及面大的优势,是从 2G 向 3G 的一种平稳过渡技术。它突破了 2G 电路交换技术对数据传输速率的制约,引入了分组交换技术,用于解决中速数据传递的数字通信系统。其典型代表是欧洲的 GPRS(通用分组无线业务)系统、EDGE(GSM 演进的增强型数据率)系统和美国的 CDMA 1x 系统。GPRS 在 GSM 基础上发展起来的一种分组交换的数据承载和传输方式,特点如下:

- (1) 具有支持移动上网浏览的功能;
- (2) 能实现按流量收取用户通信费用;
- (3) 对 GSM 网络的改动较少;
- (4) 速率能达到 115 kbps。

因此,GPRS 可满足初期大部分用户对移动数据业务的需求并很快为运营商带来效益,提高移动运营商的综合竞争能力。CDMA 1x 由 IS-95 演进而来,完全兼容 IS-95,CDMA 1x 系统话音业务容量是 IS-95 系统的 2 倍,数据业务容量是 IS-95 的 10 倍,而且其峰值速率可达 153.6 kbps。EDGE 是欧洲电信标准协会(ETSI)提出的,使 GSM 数据传输速率扩展到 384 kbps 的技术,故亦称为 GSM-384。这一速率达到了第三代移动通信系统数据传输速率的下挡范围,能为用户提供许多 3G 业务。EDGE,CDMA 1x 有时候也被称为 2.75G 技术。

近年来,移动通信的发展随着个人通信市场的普及由用户增长转为业务需求的增长,人们期待通信界能够提供真正意义上的全球覆盖,提供更高带宽、更灵活的业务;从而让手机成为因特网的移动终端,能够无线上网,移动办公,在不同的网络间无缝漫游的系统,市场业务的需求不断驱动技术的发展,因而在业务驱动下第三代移动通信出现了。

第三代移动通信系统最早由国际电信联盟(ITU)在 1985 年提出,其目的在于以全球统一的频率和标准、实现全球漫游和提供各种宽带高质量的多媒体应用及多媒体业务。具体目标如下:

- (1) 能实现全球漫游。用户可以在整个系统甚至全球范围内漫

游,且可以在不同的速率、不同的运动状态下获得有质量保证的服务。

(2) 能提供多种业务。提供话音、可变速率的数据、活动视频非话业务,特别是多媒体业务。

(3) 能适应多种环境。可以综合现有的公众电话交换网(PSTN)、综合业务数字网、无绳系统、地面移动通信系统、卫星通信系统、提供无缝隙的覆盖。

(4) 足够的系统容量,强大的多种用户管理能力,高保密性能和服务质量。

(5) 与已有第二代系统的良好兼容性。

后来,该系统于 2000 年左右进入商用市场,并且其工作的频段在 2 000 MHz,故于 1996 年正式更名为 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)。ITU 对第三代移动通信提出了以下要求:

(1) 高速传输以支持多媒体任务:①室内环境至少 2 Mbit/s;②室内外步行环境至少 384 kbit/s;③室外车辆运动中至少 144 kbit/s;④卫星移动环境至少 9.6 kbit/s;

(2) 传输速率能够按需分配;

(3) 上下行链路能适应不对称业务需求。

IMT-2000 原来推荐了三种第三代移动通信的国际标准制式:WCDMA, CDMA 2000 及 TD-SCDMA。WCDMA 全称为 Wide-band CDMA,是由欧洲提出的基于 GSM 网发展出来的一种 3G 技术规范。通常也把 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System,通用移动通信系统)系统称为 WCDMA 通信系统。CDMA 2000 是由 IS-95 技术发展而来的宽带 CDMA 技术,由美国主推。TD-SCDMA 全称为 Time Division-Synchronous CDMA(时分同步 CDMA),是由中国大唐电信公司提出的 3G 标准,是中国的第一个国际通信标准。2008 年始,中国移动已经在全国数十个城市开通了 TD-SCDMA 的商用网。2007 年 10 月国际电联又批准了 WiMax

成为 ITU 的移动无线标准,与 WCDMA, CDMA 2000 以及 TD-SCDMA 并列,成为全球第四大 3G 标准。

1G, 2G, 2.5G, 3G 技术对比分析如表 1-1 所示,从中不难看出移动通信系统从第一代到第三代的技术、业务的显著进步。预计第三代移动通信系统为人们在网上生活、工作和娱乐展示了诱人的前景,它的引入将经历一个渐变演进的过程:通信业务方面,将以第二代出现的各种业务为基础,逐步引入宽带及多媒体业务;通信技术方面,网络技术和设施将与有线网的智能化、宽带化结合在一起,通过一种演变的过程进入第三代,而无线传输技术将经历一场革命,为第三代移动通信新业务的提供奠定基础。

表 1-1 1G—3G 技术对比分析

	1G	2G	2.5G	3G
标准制式	AMPS/TACS	GSM/IS-95	GPRS/CDMA 1x/EDGE	WCDMA/CDMA 2000/ TD-SCDMA/WIMAX
数据传输速率	无	9.6 kbps	9.6 kbps ~ 384 kbps	114 kbps ~ 2.4 Mbps
主要服务	话音	话音、WAP 上网、短信	话音、无线上网、MMS、铃声、图片、下载等	话音、可视电话、网页浏览、电话会议、电子商务、流媒体、视频点播、音乐、电影、手机电视等
交换方式	电路交换	电路交换	分组交换	分组交换

从图 1-1 看出,WCDMA 网络目前在以 3GPP R4 版本及 R5 中 HSDPA 为基础,对于 IMS 等其他功能将在条件成熟时逐步引入,作为 3GPP 长期演进 LTE(Long Term Evolution)项目,是近来 3GPP 启动的最大的新技术研发项目,从回避技术专利角度考虑,LTE 基于 OFDM, MIMO 等新技术,不再基于 CDMA 技术,这种技术可以被看作“准 4G”技术。

3GPP LTE 项目的主要性能目标包括:①在 20 MHz 频谱带宽能够提供下行 100 Mbps、上行 50 Mbps 的峰值速率;②改善小区边

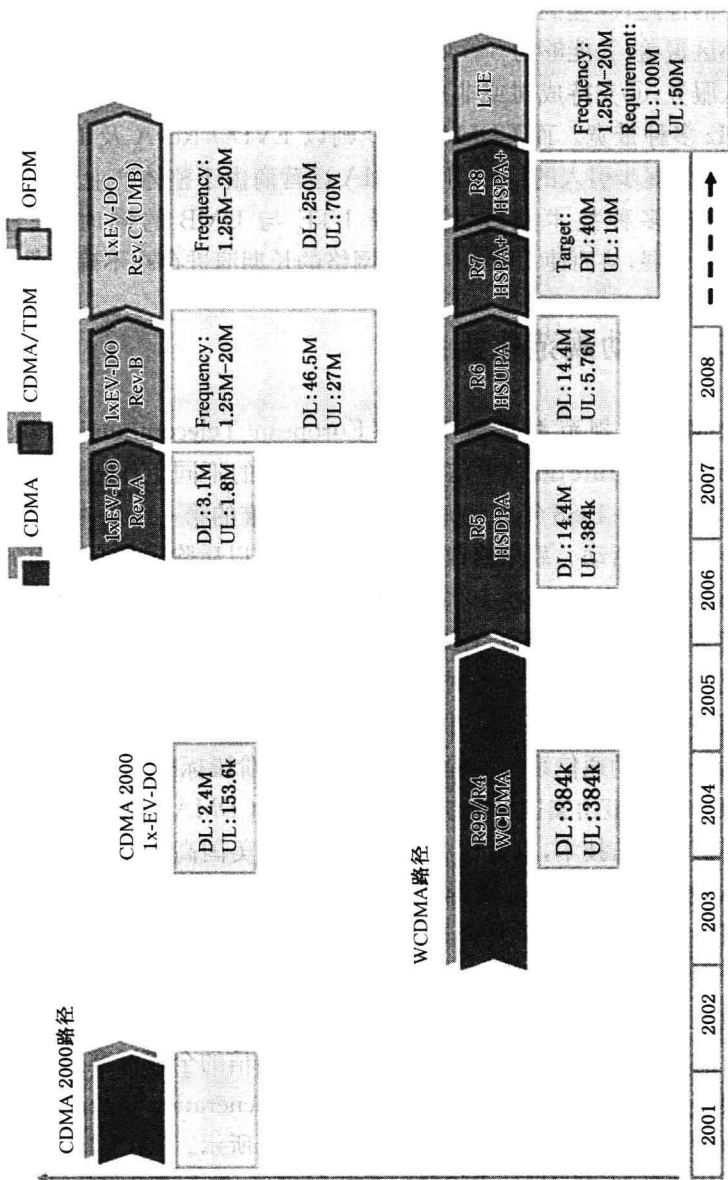


图 1-1 3G 标准的演进路标