



普通高等教育
“十五”国家级规划教材



北京市高等教育精品教材立项项目

移动通信原理

吴伟陵 牛 凯 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

普通高等教育“十五”国家级规划教材

移动通信原理

吴伟陵 牛 凯 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以目前第二代(2G)和第三代(3G)移动通信系统为背景,总结移动通信中共同的客观规律、基本理论和核心技术。从移动通信技术的3项主要技术指标——有效性(数量)、可靠性(质量)和安全性出发,从物理层、网络层和网络规划层3个层次全面、系统地介绍移动通信原理。其内容包含4个方面:基本物理层技术(第2~8章),主要介绍较成熟的物理层技术,包括无线传播与移动信道、多址与扩频、信源编码、鉴权与加密、调制与信道编码、分集接收与均衡;高级物理层技术(第9~13章),主要针对高速率、宽频带多媒体业务和将来移动通信中的物理层关键技术:OFDM、智能天线、多用户检测、空时编码与MIMO,以及链路自适应技术等;网络层技术(第14、15章),主要包括基础知识、网络结构与组成、网络运行中呼叫、移动性管理和无线资源管理;网络规划层技术(第16章),主要包括网络的规划、设计与优化。内容由浅入深、定性与定量分析并举,以供不同层次讲授需求。本书每章后面附有思考题,供读者作习题和自我检查用。

本书可作为大学信息与通信及相关领域硕士生教材,也可作为大学本科生(主要讲授本书中定性分析部分内容)教材,还可以作为博士生参考教材(主要以本书中定量分析部分内容和新技术内容)。对于从事移动通信领域的研究、开发和维护的专业技术人员,也可以作为主要技术参考书。

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

移动通信原理/吴伟陵,牛凯编著. —北京:电子工业出版社,2005.1

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-121-00867-X

I. 移… II. ①吴…②牛… III. 移动通信—通信理论—高等学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第002846号

责任编辑:凌毅

印刷:北京天竺颖华印刷厂

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:787×980 1/16 印张:32.75 字数:796千字

印次:2005年1月第1次印刷

印数:5000册 定价:39.00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 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

自 20 世纪 60 年代末蜂窝式移动通信问世以来,特别是近 20 年来移动通信技术的快速发展,移动通信给社会带来了深刻的信息化变革,已成为最受青睐的通信手段。社会的需求、现代化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。

随着移动通信技术的飞速发展,国内外介绍移动通信技术的书籍也层出不穷,但是这些书籍绝大多数是属于跟踪技术发展,重点介绍某种移动通信系统、某代产品等工程技术背景很强的专著或技术介绍,因此不大适合于作为大学教材。

作者根据通信专业人才发展的需求,根据在信息与通信领域四十余载教学、科研的经验,根据在移动通信领域从事二十余年的研究工作,以信息论为指导,从近二十年移动通信的发展中总结的一些客观规律,试图提炼出一些共同性的基本理论与核心技术,并将它加工成适合我国国情、有自己特色的教材。虽然这个目标有些过高,但不妨做一尝试。依据这一想法,2000 年,作者编写了《移动通信中的关键技术》一书投石问路,四年多的实践证明,学界与社会反映良好,两次印刷共 10000 册,仍供不应求。这次有机会主编普通高等教育“十五”国家级规划教材、北京市精品教材《移动通信原理》一书也因此信心大增。

本书按照信息论对通信系统的主要 3 个技术指标——有效性(数量)、可靠性(质量)和安全性要求,从 3 个不同层次:物理层、网络层和网络规划层来全面介绍移动通信发展的客观规律、基本理论和核心技术。传统的移动通信书籍仅侧重介绍物理层的可靠性即抗干扰、抗衰落技术,而较少关注有效性(数量)和安全性问题,并且对网络层与网络规划层也涉及不多。但是随着移动通信技术的发展和普及,随着数据业务的迅速增长和移动业务多媒体化、高速率与宽带化的发展,移动通信中的有效性(数量)、安全性问题日益突出。保证不同业务的 QoS 问题、无线资源管理、移动性管理和更高层次上的网络规划设计与优化问题也日益重要,因此本书增加了一些与上述内容有关的章节。同时考虑到未来移动通信技术的发展,本书还增加了高级物理层技术这一部分。

本书内容主要包括:基本物理层技术(第 2~8 章),主要介绍移动通信中比较成熟的物理层技术,包括对无线传播与移动信道分析;多址技术与扩频通信;提高系统有效性的信源编码与数据压缩技术;提高系统安全性的鉴权与加密技术;提高系统可靠性的抗白噪声为主的调制与信道编码、抗空间选择性衰落的分集技术、抗频率选择性衰落和多径干扰的 Rake 接收与均衡技术等。高级物理层技术(第 9~13 章)主要介绍针对未来高速率、宽频带多媒体移动业务所需求的有效性、并行传输(时域、空域),抗衰落、抗多用户干扰等关键性技术,包括多用户检测技术、OFDM 技术、智能天线技术、空时编码和 MIMO 技术,以及链路自适应技术等。网络层技术(第 14、15 章)包括移动通信中的网络基础知识、移动网络的结构与组成、移动网络运行中呼叫,移动性管理和无线资源管理。网络规划层技术(第 16 章)包括网络规划、设计与优化 3 个主要组成部分。

本书的内容和素材,除了来自引用的参考文献外,还要归功于下列几个方面的研究工作,并且特别感谢众多研究人员的大力支持:首先是近十多年来,作者所在教研中心和学术梯队所

承担的十几个移动通信方面的国家级科研项目和成果;其次是作者近十年来指导的近三十名移动通信领域的博士生及其博士论文,以及近些年来,作者评阅的一百多本本校及外校的移动通信研究方向的博士论文,这里就不一一列举到参考文献中,对他们为本书所做贡献表示真诚的感谢!另外本书的部分素材,还取之于作者对校内外本科生、硕士生、博士生所做的前沿技术讲座的资料和教材,以及为中国移动、中国联通等公司所做讲座的培训教材。

本书共 16 章,其中第 1~8,13~16 章主要由吴伟陵执笔编写,第 9~12 章主要由牛凯博士执笔编写。全书每章后面都附有习题,供读者留习作和自我检查之用。全书内容由浅入深、定性分析与定量分析并举,以适应不同层次教学需求。本书内容及对象主要定位于硕士研究生,但仍可向下兼容大学本科(主要讲授本书中定性分析内容),向上兼容博士生(主要讲授本书中定量分析内容和新技术),同时还可以适用于从事本专业研制、开发、维护的专业技术人员作为主要技术参考书。

本书编写得到国家自然科学基金重大项目编号 90204001,国家“863”重大项目编号 2001AA123016,国家自然科学基金项目编号 60172051、60272052、60372099,以及教育部博士点基金项目的大力支持,特此表示感谢!

由于作者才疏学浅,书中不当及错误之处,热切希望多提出宝贵意见和具体改正意见,以便进一步修改完善。

吴伟陵、牛凯于北京邮电大学
2005 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 移动通信的主要特点	1
1.2 移动通信的发展	2
1.3 移动通信的发展趋势与展望	4
1.4 关于本书的内容与安排	7
1.5 本章小结	8
第 2 章 无线传播与移动信道	9
2.1 移动信道的特点	9
2.1.1 移动通信信道的 3 个主要特点	9
2.1.2 移动通信信道中的电磁波传播	10
2.1.3 接收信号中的 3 类损耗与 4 种效应	10
2.2 3 类主要快衰落	11
2.2.1 空间选择性衰落	11
2.2.2 频率选择性衰落	12
2.2.3 时间选择性衰落	13
2.2.4 实际移动通信中 3 类选择性衰落产生的条件	13
2.3 传播类型与信道模型的定量分析	14
2.3.1 传播损耗的初步定量分析	14
2.3.2 大范围的传播损耗的定量分析	15
2.3.3 中、小范围的传播损耗的定量分析	19
2.3.4 移动通信中的几种主要噪声与干扰	31
2.4 多径信道的其他数学模型	32
2.5 本章小结	35
习题	35
第 3 章 多址技术与扩频通信	37
3.1 多址技术的基本概念	37
3.2 移动通信中的典型多址接入方式	40
3.2.1 FDMA	40
3.2.2 TDMA	41
3.2.3 CDMA	42
3.3 扩频通信的基本概念	44
3.3.1 窄带与宽带通信系统	44
3.3.2 直扩式码分多址 DS-CDMA	44
3.3.3 直扩系统的主要技术指标	46

3.3.4 扩频通信的优缺点	47
3.4 码分多址 CDMA 中的地址码	48
3.4.1 地址码分类与设计的要求	48
3.4.2 信道地址码	49
3.4.3 用户地址码	52
3.4.4 基站地址码	56
3.5 伪随机序列和扩频码的理论基础与分析	59
3.5.1 伪随机序列的主要性质	59
3.5.2 扩频序列的相关特性	63
3.6 本章小结	68
习题	68
第 4 章 信源编码与数据压缩	70
4.1 语音压缩编码	70
4.1.1 引言	70
4.1.2 数字通信中的语音编码	72
4.1.3 语音压缩编码原理	73
4.2 移动通信中的语音编码	77
4.2.1 GSM 系统的 RPE-LTP 声码器原理	77
4.2.2 IS-96 系统的 QCELP 声码器	79
4.2.3 CDMA2000 系统的 EVRC 声码器	82
4.2.4 WCDMA 系统中的 AMR 声码器	84
4.3 图像压缩编码	86
4.3.1 图像编码标准简介	86
4.3.2 静止图像压缩标准 JPEG	87
4.3.3 准活动图像视频压缩标准 H. 26X	88
4.3.4 活动图像视频压缩标准 MPEG	90
4.3.5 第二代视频压缩编码标准	93
4.4 本章小结	97
习题	97
第 5 章 移动通信中的鉴权与加密	99
5.1 概述	99
5.1.1 移动通信中的安全需求	99
5.1.2 移动环境中的安全威胁及相应措施	99
5.2 保密学的基本原理	101
5.2.1 引言	101
5.2.2 广义保密系统的物理、数学模型	101
5.2.3 序列密码	102
5.2.4 分组密码	104

5.2.5	公开密钥密码	106
5.2.6	认证系统	108
5.3	GSM 系统的鉴权与加密	109
5.3.1	防止未授权非法用户接入的鉴权(认证)技术	110
5.3.2	防止空中接口窃听的加解密技术	111
5.4.3	临时移动用户身份码 TMSI 更新技术	112
5.3.4	防止非法或过期设备接入的用户识别寄存器(EIR)	112
5.4	IS-95 系统的鉴权与加密	113
5.4.1	鉴权认证技术	113
5.4.2	加密技术	116
5.5	WCDMA 系统的信息安全	117
5.5.1	认证与密钥分配(协商)	118
5.5.2	空中接口安全算法	120
5.6	其他类型加密算法	122
5.6.1	单向 Hash 函数和消息摘要算法	122
5.6.2	IDEA 算法	122
5.7	本章小结	123
	习题	123
第 6 章	调制理论	126
6.1	移动通信系统的物理模型	126
6.1.1	理想加性白色高斯(AWGN)信道 C_1	127
6.1.2	慢衰落信道 C_2	127
6.1.3	快衰落信道 C_3, C_4, C_5 与 C_6	127
6.1.4	传输可靠性与抗衰落、抗干扰性能	128
6.2	调制/解调的基本功能与要求	130
6.2.1	调制/解调的基本功能	130
6.2.2	数字式调制/解调的分类	130
6.2.3	基本调制方法原理及性能简要分析	131
6.3	MSK/GMSK 调制	133
6.3.1	为什么采用 GMSK 调制	133
6.3.2	MSK 信号形式	134
6.3.3	MSK 调制器结构	134
6.3.4	MSK 信号的特点	135
6.3.5	MSK 解调器结构	135
6.3.6	MSK 与 GMSK 信号的功率谱密度	135
6.3.7	MSK 与 GMSK 误码(比特)公式	137
6.3.8	GMSK 调制的小结	138
6.4	$\pi/4$ -DQPSK 调制	138

6.4.1	$\pi/4$ -DQPSK 差分检测	138
6.4.2	$\pi/4$ -DQPSK Viterbi 检测	139
6.5	$3\pi/8$ -8PSK 调制	140
6.5.1	8PSK 调制	141
6.5.2	$3\pi/8$ -8PSK 调制	142
6.6	用于 CDMA 的调制方式	144
6.6.1	直扩系统(DS-SS)中 BPSK 调制	145
6.6.2	平衡四相扩频调制	146
6.6.3	复四相扩频调制(CQPSK)	147
6.6.4	控制峰平比——OQPSK 与 CQPSK 调制	149
6.7	IEEE 802.11 采用的扩频调制方式	151
6.7.1	Barker 码	152
6.7.2	互补码键控扩频(CCK)调制	154
6.8	本章小结	154
	习题	155
第 7 章	信道编码	156
7.1	信道编码的基本概念	156
7.1.1	信道编码的定义	156
7.1.2	信道编码的分类	156
7.1.3	几种最典型的信道编码	156
7.2	线性分组码	158
7.2.1	线性分组码	158
7.2.2	循环码	159
7.2.3	检错码	161
7.3	卷积码	162
7.3.1	基本概念	162
7.3.2	编码器的结构	162
7.3.3	卷积码的描述	162
7.3.4	维特比(Viterbi)译码	167
7.4	级联码	170
7.4.1	基本概念	170
7.4.2	级联码的标准与性能	171
7.5	Turbo 码	172
7.5.1	Turbo 码的编码原理	172
7.5.2	Turbo 码的译码器结构	173
7.5.3	Turbo 码的主要特性	173
7.6	交织编码	174
7.6.1	交织编码的基本原理	174

7.6.2	分组(块)交织器的基本性质	175
7.7	ARQ 与 HARQ 简介	176
7.7.1	ARQ 引入原因	176
7.7.2	ARQ 的分类	177
7.7.3	HARQ 基本原理	179
7.8	信道编码理论上的潜在能力与最大编码增益	179
7.9	GSM 系统的信道编码	183
7.9.1	GSM 的信道编码方案	183
7.9.2	全速率语音信道 TCH/FS 的信道编码	184
7.10	IS-95 系统中的信道编码	186
7.10.1	检错 CRC	186
7.10.2	前向纠错码(FEC)	186
7.10.3	交织编码	187
7.11	CDMA2000 系统的信道编码	191
7.11.1	检错 CRC	191
7.11.2	前向纠错码 FEC	191
7.11.3	交织编码	194
7.12	WCDMA 系统的信道编码	196
7.12.1	信道编码/复用流程	196
7.12.2	WCDMA 中的信道检错、纠错编码	197
7.12.3	WCDMA 中不同业务数据的编码/复用过程	199
7.13	本章注记	202
7.14	本章小结	202
	习题	202
第 8 章	分集与均衡	205
8.1	分集技术的基本原理	205
8.1.1	基本概念与分类	205
8.1.2	典型的分集与合并技术	206
8.2	Rake 接收与多径分集	210
8.2.1	Rake 接收的基本原理	210
8.2.2	IS-95 中 Rake 接收机的工程实现	212
8.2.3	WCDMA 系统中 Rake 接收机原理	216
8.3	多径衰落信道中的均衡技术	220
8.3.1	时域均衡器的分类	220
8.3.2	横向滤波器	222
8.3.3	判决反馈均衡器 DFE	224
8.3.4	格型滤波器	225
8.3.5	分数间隔均衡器	225

8.3.6 均衡器的算法	226
8.4 本章注记	228
8.5 本章小结	228
习题	228
第9章 多用户检测技术	231
9.1 多用户检测的基本原理	231
9.2 最优多用户检测技术	232
9.2.1 同步最优多用户检测	232
9.2.2 异步最优多用户检测	233
9.3 线性多用户检测技术	240
9.3.1 解相关检测器	240
9.3.2 MMSE 检测器	241
9.3.3 多项式展开(PE)检测器	242
9.3.4 基于训练序列的自适应多用户检测器	243
9.3.5 盲自适应多用户检测器	244
9.4 干扰抵消多用户检测器	245
9.4.1 串行干扰抵消(SIC)检测器	245
9.4.2 并行干扰抵消(PIC)检测器	246
9.4.3 迫零判决反馈(ZF-DF)检测器	247
9.5 本章小结	249
习题	249
第10章 OFDM 技术	252
10.1 OFDM 基本原理	253
10.1.1 OFDM 信号的生成	253
10.1.2 保护时间和循环前缀	255
10.1.3 加窗技术	257
10.1.4 OFDM 系统设计	259
10.2 OFDM 中的信道估计	261
10.3 OFDM 中的同步技术	262
10.3.1 频率同步误差的影响	262
10.3.2 时间同步误差的影响	262
10.3.3 OFDM 同步算法分类	264
10.3.4 常用 OFDM 同步算法	264
10.4 多载波码分多址技术	266
10.4.1 OFDM 与 CDMA 结合的必要性	266
10.4.2 CDMA 和 OFDM 结合方案分类	267
10.5 本章小结	269
习题	269

第 11 章 智能天线技术	272
11.1 智能天线的基本原理	272
11.1.1 波达方向(DOA)	273
11.1.2 阵列响应矢量	273
11.1.3 阵列加权矢量	274
11.1.4 波束成型与空域滤波	274
11.1.5 常用的性能度量准则	275
11.2 智能天线技术在移动通信中的应用	276
11.2.1 引入智能天线的必要性	276
11.2.2 智能天线的上行接收技术	277
11.2.3 智能天线的下行发射技术	277
11.3 波束切换方式的智能天线	278
11.3.1 Butler 矩阵法	279
11.3.2 单用户角度匹配法	279
11.3.3 多用户角度匹配法	279
11.4 自适应方式的智能天线	280
11.4.1 基于 DOA 估计的自适应算法	280
11.4.2 基于导频符号的自适应算法	282
11.4.3 盲自适应算法	284
11.5 智能天线技术的发展	284
11.5.1 软件天线	285
11.5.2 空时多用户接收机	285
11.6 本章小结	286
习题	287
第 12 章 MIMO 空时处理技术	290
12.1 多天线信息论简介	290
12.1.1 MIMO 系统信号模型	290
12.1.2 MIMO 系统的信道容量推导	292
12.1.3 随机信道响应的 MIMO 系统容量	295
12.2 空时块编码(STBC)	297
12.3 分层空时码	301
12.3.1 分层空时码(LST)的分类与结构	301
12.3.2 VLST 的接收——迫零算法	303
12.3.3 VLST 的接收——QR 算法	305
12.3.4 VLST 的接收——MMSE 算法	305
12.4 空时格码(STTC)	307
12.4.1 STTC 信号模型	307
12.4.2 STTC 编码器结构	309

12.4.3	STTC 编码设计准则	310
12.4.4	STTC 编码的性能	315
12.5	发分集技术在 3G 移动通信系统中的应用	316
12.5.1	发送分集分类	317
12.5.2	发送分集在 WCDMA 系统中的应用	318
12.5.3	发送分集在 CDMA2000 系统中的应用	319
12.6	本章小结	321
	习题	322
第 13 章	链路自适应技术	325
13.1	引言	325
13.1.1	自适应传输的必要性	325
13.1.2	克服慢时变与传输信道差异性的主要措施	326
13.2	功率控制原理	327
13.2.1	引入功率控制的必要性	327
13.2.2	功率控制准则	327
13.2.3	功率控制的分类与方法	328
13.3	功率控制在移动通信系统中的应用	330
13.3.1	IS-95 系统中的功率控制	330
13.3.2	CDMA2000 中的功率控制	332
13.3.3	WCDMA 中的功率控制	334
13.4	无线资源的最优分配	338
13.4.1	注水定理	338
13.4.2	多载波信道下的最优功率分配	340
13.4.3	多天线信道下的最优功率分配	340
13.4.4	多用户分集	341
13.5	速率自适应	343
13.5.1	速率自适应在 2G/2.5G 移动通信系统中的应用	344
13.5.2	速率自适应的典型实例——HDR	345
13.5.3	功率与速率联合自适应的典型实例——CDMA2000 1X EV-DV	349
13.5.4	WCDMA 中增强型技术——高速下行分组接入 HSDPA	351
13.6	跨层自适应(Cross Layer)技术	353
13.6.1	协作平面	353
13.6.2	安全性平面	354
13.6.3	QoS 平面	355
13.6.4	移动性平面	356
13.6.5	分层协作模型	357
13.7	本章小结	357
	习题	357

第 14 章 移动网络的结构与组成	359
14.1 移动网络的概念与特点	359
14.1.1 引言	359
14.1.2 信令与协议	360
14.1.3 路由与交换	367
14.1.4 蜂窝式网络结构	371
14.1.5 移动通信的服务质量(QoS)	373
14.1.6 爱尔兰公式与爱尔兰表格	374
14.2 从 GSM 网络到 GSM/GPRS 网络	375
14.2.1 GSM 网络结构	376
14.2.2 GSM/GPRS 网络	382
14.3 第三代(3G)移动通信与 3GPP 网络	389
14.3.1 IMT-2000 简介	389
14.3.2 WCDMA 简介	391
14.3.3 WCDMA 的网络结构	395
14.3.4 从第二代(2G)网络向第三代(3G)网络的平滑过渡与演进	400
14.4 从 IS-95 到 CDMA2000	403
14.4.1 IS-95 和 CDMA2000 系统简介	404
14.4.2 系统网络结构	406
14.4.3 CDMA2000 中的分组数据业务与移动 IP	409
14.4.4 CDMA2000 1X EV-DO 的网络协议	414
14.5 TD-SCDMA 简介	416
14.5.1 概述	416
14.5.2 TD-SCDMA 物理层的主要特色	417
14.5.3 TD-SCDMA 网络层的主要特色	420
14.6 本章小结	424
习题	425
第 15 章 移动网络运行	427
15.1 移动通信中的业务类型	427
15.1.1 2G 中的 GSM 业务	427
15.1.2 2.5G 中的 GPRS 业务	428
15.1.3 WCDMA 的业务	429
15.1.4 移动智能网	433
15.2 呼叫建立与接续	438
15.2.1 呼叫建立与接续的基本原理	438
15.2.2 GSM 系统的呼叫建立与接续	440
15.2.3 IS-95/CDMA2000 系统的呼叫与接续	441
15.3 移动性管理	444

15.3.1	位置登记	444
15.3.2	越区切换	447
15.3.3	3G 中位置管理的改进与探讨	457
15.4	无线资源管理	458
15.4.1	资源管理的基本概念	458
15.4.2	无线资源管理	459
15.4.3	无线资源管理的几种主要方法与算法	461
15.5	本章小结	473
	习题	473
第 16 章	网络规划、设计与优化	475
16.1	引言	475
16.1.1	必要性与基本内容	475
16.1.2	移动通信中的频率规划	475
16.1.3	CDMA 中导频偏移量(又称导频相位)规划	478
16.2	网络规划、设计与优化的基本原理	483
16.2.1	三者之间的分工	483
16.2.2	网络规划与设计的基本原理	484
16.3	从覆盖角度进行小区规划与设计	486
16.3.1	无线传播方程	486
16.3.2	上/下行链路传输方程及其平衡	488
16.4	从容量角度的规划与设计	490
16.4.1	通信容量的概念	490
16.4.2	不同多址方式的蜂窝网通信容量	490
16.5	网络设计的系统仿真	494
16.6	室内规划与设计简介	495
16.6.1	室内网络规划的必要性与复杂性	495
16.6.2	室内覆盖设计	496
16.6.3	室内分布系统需解决的主要问题和方法	497
16.6.4	室内覆盖系统的规划、设计的主要步骤	498
16.7	GSM 系统的网络优化	499
16.7.1	GSM 网络优化概述	500
16.7.2	GSM 系统网络测试	500
16.7.3	GSM 系统的网络分析、仿真与优化	501
16.8	3G 移动通信的网络规划与设计	504
16.8.1	基本要求与实现方法	504
16.8.2	多层次重叠式立体网络规划	505
16.9	本章小结	507
	习题	507

第1章 绪 论

1.1 移动通信的主要特点

移动通信是通信领域中最具活力、最具发展前途的一种通信方式。它是当今信息社会中最具个性化特征的通信手段。它的发展与普及改变了社会，也改变了人类的生活方式，让人们领悟到现代化与信息化的气息。

移动通信，顾名思义其最本质的特色是“移动”二字，就是说这类通信不是传统静态的固定式通信，而是动态的移动式通信。

传统的固定式通信，又称为有线通信。其终端(如电话机)固定在某一地点(如房间)，其线路采用基本固定不动的全封闭式传输线。比如双绞线、电缆、光缆等。其网络也是适应固定终端、固定传输线路的有线交换网络。也就是说，固定式有线通信不能随人的移动而改变，其最大特点是静态的，信道是封闭的，且是人造的，从而是优质的。随着工业制造水平的发展，从明线到电缆，再到今天的光缆，其容量、质量飞速提高，并基本满足了人类不断增长的通信需求。因此，有线通信发展的瓶颈不在于传输，而主要在于交换方式与网络结构。其最大缺点是缺乏动态性，不适应现代人快节奏的生活需求，特别是快速移动的需求。

无线通信针对上述静态的缺点，以开放式传播来传递信息，打破了一定要有全封闭式传输线路的限制，并将通信方式从静态推广至可移动式的准动态。其代价是牺牲了全封闭式的优质人造信道，换取了无须采用固体介质专用线路的开放式传输的灵活性，但是信道的开放性必然会引起信道的时变性和随机性，从而大大降低了通信容量和质量。

移动通信则是在无线通信的基础上，又进一步引入了用户的移动性，从而使终端从可移动的准动态进一步发展到真正的全动态。也就是说，移动通信在无线通信的一重信道动态的基础上又加入了第二重用户的动态性，这实质是两重动态性。因此，实现起来更加复杂，性能更差。

可见，在移动通信中，终端是移动的，传输线路是随终端移动而分配的动态无线链路，网络则是适应动态用户终端、动态线路的动态型交换网络。其特征是具有从移动特色演变过来的信道和用户二重动态特性。用二重动态性实现人类对“移动”通信的梦想，代价是沉重的，但也是值得的。正是这种二重动态性，成为指导移动通信技术发展的原动力。可以说，移动通信技术的发展就是围绕着如何适应信道、用户二重动态性来进行的。这种二重动态性及在第三代(3G)移动通信技术中进一步引入的第三重动态性——业务类型动态选择特性已成为本书写作的主线，贯穿到本书的每一章节。至于更细致、更深入的问题将在后面章节中进一步讨论。

1.2 移动通信的发展

自 20 世纪 80 年代我国引入模拟式(TACS)移动通信网以来,经过短短 20 多年的发展,截至 2002 年底,我国已拥有 2 亿以上的移动通信用户,成为全球头号移动用户大国。我国的第一代移动通信 TACS 系统目前已完成其历史任务而被淘汰;第二代移动通信 GSM 系统是全球第一,规模最大、用户最多,CDMA 系统目前也是数一数二的,并即将成为全球第一;第三代移动通信系统,我国目前还处于即将投入运营的阶段。

移动通信,确切地说蜂窝式移动通信,就正式商业运营而言,至今也不过只有 20 多年的历史,就其发展历程看,大约每十年就更新一代。目前正处于第二代(2G)与第三代(3G)的交接期。

第一代(1G)以模拟式蜂窝网为主要特征,是 20 世纪 70 年代末 80 年代初开始商用化的。其中最具代表性的是北美的 AMPS(Advanced Mobile Phone System)、欧洲的 TACS(Total Access Communication System)两大系统,另外还有北欧 NMT 及日本的 HCMTS 系统等。

第一代(1G)从技术特色上看,它以解决两个动态性中最基本的用户这一重动态性为核心并适当考虑到第二重信道动态性。主要实现措施是采用频分多址 FDMA 方式实现对用户的动态寻址功能,并以蜂窝式网络结构和频率规划实现载频再用方式,达到扩大覆盖服务范围 and 满足用户数量增长的需求。在信道动态特性匹配上,适当采用了性能优良的模拟调频方式,并利用基站二重空间分集方式抵抗空间选择性衰落。

第二代(2G)以数字化为主要特征,构成数字式蜂窝移动通信系统,它于 20 世纪 90 年代初正式走向商用。其中最具代表性的有欧洲的时分多址(TDMA)GSM(GSM 原意为 Group Special Mobile,1989 年以后改为 Global System for Mobile Communications)、北美的码分多址(CDMA)的 IS-95 两大系统,另外还有日本的 PDC 系统等。

第二代(2G)从技术特色上看,它是数字化为基础,较全面考虑信道与用户的二重动态特性及相应的匹配措施。主要实现措施有:采用 TDMA(GSM)、CDMA(IS-95)方式实现对用户的动态寻址功能,并以数字式蜂窝网络结构和频率(相位)规划实现载频(相位)再用方式,从而扩大覆盖服务范围和满足用户数量增长的需求。在对信道动态特性的匹配上采取了下面一系列措施:

- 采用抗干扰性能优良的数字式调制:GMSK(GSM)、QPSK(IS-95),性能优良的抗干扰纠错编码:卷积码(GSM、IS-95)、级联码(GSM);
- 采用功率控制技术抵抗慢衰落与远近效应,这对于 CDMA 方式的 IS-95 尤为重要;
- 采用自适应均衡(GSM)和 Rake 接收(IS-95)抗频率选择性衰落与多径干扰;
- 采用信道交织编码,如采用帧间交织方式(GSM)和块交织方式(IS-95)抗时间选择性衰落;
- 基站采用空间或极化分集方式抗空间选择性衰落。

第三代(3G)以多媒体业务为主要特征,它于本世纪初刚刚投入商业化运营。其中最具代表性的有北美的 CDMA2000、欧洲与日本的 WCDMA 及我国提出的 TD-SCDMA 三大系统,另外还有欧洲的 DECT 及北美的 UMC-136。