



高等学校应用型本科“十二五”规划教材·电子信息类

移动通信技术

余晓玫 高 飞 编著
胡继志 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校应用型本科“十二

、类

移动通信技术

余晓玫 高 飞 编著

胡继志 主审

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了移动通信的基本概念、基本理论、基本技术及几代移动通信的典型系统与应用,具体内容包括移动通信概述,移动信道电波传播理论,编码及调制技术,组网技术,抗信道衰落技术,第二代至第四代移动通信技术,移动通信发展展望等。

本书紧随移动通信发展的时代步伐,注重通信基础概念,精选细节,突出应用实践,可作为应用型本科教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/余晓玫,高飞编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.7

高等学校应用型本科“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3707 - 5

I. ① 移… II. ① 余… ② 高… III. ① 移动通信—通信技术—高等学校—教材
IV. ① TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 094717 号

策划编辑 李惠萍

责任编辑 王 瑛 李惠萍

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 xdupfb001@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 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 12.5

字 数 289千字

印 数 1~3000册

定 价 23.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3707 - 5/TN

XDUP 3999001 - 1

*** 如有印装问题可调换 ***

西安电子科技大学出版社
高等学校应用型本科“十二五”规划教材
编审专家委员会名单

主 任：鲍吉龙(宁波工程学院副院长、教授)
副主任：彭 军(重庆科技学院电气与信息工程学院院长、教授)
 张国云(湖南理工学院信息与通信工程学院院长、教授)
 刘黎明(南阳理工学院软件学院院长、教授)
 庞兴华(南阳理工学院机械与汽车工程学院院长、教授)

电子与通信组

组 长：彭 军(兼)
 张国云(兼)

成 员：(成员按姓氏笔画排列)
王天宝(成都信息工程学院通信学院院长、教授)
安 鹏(宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授)
朱清慧(南阳理工学院电子与电气工程学院副院长、教授)
沈汉鑫(厦门理工学院光电与通信工程学院副院长、副教授)
苏世栋(运城学院物理与电子工程系副主任、副教授)
杨光松(集美大学信息工程学院副院长、教授)
钮王杰(运城学院机电工程系副主任、副教授)
唐德东(重庆科技学院电气与信息工程学院副院长、教授)
谢 东(重庆科技学院电气与信息工程学院自动化系主任、教授)
楼建明(宁波工程学院电子与信息工程学院副院长、副教授)
湛腾西(湖南理工学院信息与通信工程学院、教授)

前 言

移动通信技术的发展日新月异，特别是随着第四代(4G)移动通信技术在全国的全面推广，移动通信已成为通信行业发展最活跃、最快的领域之一，它给社会带来了深刻的变化，成为备受青睐的通信手段。然而，这种快速的变化给我们的教学带来了很大的困难，因为原有教材中的有些内容已比较陈旧、落后，难以适应教学的要求，需要修订或重新编写，如何编写一本理论与实践相结合并能适应当前变化的教材就显得尤为重要。为此，我们在参考大量教材、专著及文献资料的基础上，结合多年的教学和实践经验，力求以图文并茂的形式，较详细地介绍移动通信的原理、相关技术及应用，期望能编写出一本既能反映当前移动通信技术发展现状，又能符合学生实际需求，理论与实践相结合的教材。因此，本书在编写过程中兼顾了以下几个方面：

(1) 考虑到三本学生的实际情况，在介绍移动通信相关理论知识时，去掉了繁琐的公式推导，浅显易懂地阐明移动通信的基本概念、基本原理和基本技术等。

(2) 考虑到当前移动通信的发展现状，对当前已进入正式商用的第四代(4G)移动通信技术的发展现状及相关技术作了详细介绍，并对未来第五代(5G)移动通信技术的发展进行了展望，突出反映了移动通信的最新研究成果。

(3) 充分考虑到教材容量和课程学时的限度，对本书内容的编排主次分明，尽力精选素材、精心编写，使本书做到篇幅虽小，但覆盖面大。

本书可分为4部分：第1部分(第1、2章)讲述移动通信的基本概念、基本原理及移动通信信道电波传播理论；第2部分(第3、4、5章)讲述移动通信的基本技术，包括编码及调制技术、组网技术、抗信道衰落技术等；第3部分(第6、7、8章)讲述2G、3G、4G这三代移动通信系统的结构、相关技术、网络规划等；第4部分(第9章)介绍5G的研发现状、关键技术及研发进程。

本书第1~5章由余晓玫编写，第6~9章由高飞编写。全书由余晓玫统稿。胡继志担任本书主审。

本书在编写过程中参考了有关著作和资料，在此对其著作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请各位老师、学生(读者)批评指正。

编 者
2015年3月

目 录

第 1 章 移动通信概述	1	2.4.3 Hata 模型	28
1.1 移动通信的概念及特点	1	2.4.4 Hata 模型的扩展	28
1.1.1 移动通信的概念	1	习题 2	28
1.1.2 移动通信的特点	1	第 3 章 编码及调制技术	30
1.2 移动通信发展概况	2	3.1 信源编码概述	30
1.3 移动通信的分类及工作方式	5	3.1.1 语音编码	31
1.3.1 移动通信的分类	5	3.1.2 语音编码技术的应用及发展	32
1.3.2 移动通信的工作方式	5	3.1.3 脉冲编码调制(PCM)	32
1.4 移动通信采用的基本技术	7	3.1.4 线性预测编码(LPC)	33
1.4.1 调制技术	7	3.1.5 IS-95 语音编码(CELP)	34
1.4.2 移动信道中电波传播特性的研究	7	3.2 信道编码概述	34
1.4.3 多址方式	8	3.2.1 分组码	35
1.4.4 抗干扰措施	8	3.2.2 卷积码	36
1.4.5 组网技术	8	3.2.3 交织编码	37
1.5 移动通信的应用系统	10	3.2.4 Turbo 码	38
习题 1	12	3.3 调制技术概述	40
第 2 章 移动信道电波传播理论	13	3.3.1 移动通信对数字调制的要求	40
2.1 无线电波传播的基本特性	13	3.3.2 移动通信实用的调制技术	41
2.1.1 概况	13	3.4 线性调制技术	41
2.1.2 电波传播方式	14	3.4.1 四相相移键控(QPSK)	41
2.1.3 直射波传播	14	3.4.2 交错四相相移键控(OQPSK)	43
2.1.4 反射波传播	15	3.4.3 $\frac{\pi}{4}$ -QPSK	44
2.1.5 大气折射	16	3.5 恒定包络调制技术	47
2.1.6 障碍物的影响及绕射损耗	18	3.5.1 最小频移键控(MSK)	47
2.2 移动无线信道的多径传播衰落特性	20	3.5.2 高斯滤波最小频移键控(GMSK)	49
2.2.1 移动信道的时变特性	20	3.6 扩频调制技术	51
2.2.2 移动环境的多径传播	21	3.6.1 扩频调制技术概述	51
2.2.3 多普勒频移	22	3.6.2 PN 码序列	52
2.3 描述多径信道的主要参数	22	3.6.3 直接序列扩频(DS-SS)	52
2.3.1 时延扩展	22	3.6.4 跳频扩频(FH-SS)	53
2.3.2 相关带宽	23	习题 3	54
2.4 多径信道电波传播损耗模型	24	第 4 章 组网技术	56
2.4.1 奥村模型	24	4.1 移动通信网的基本概念	56
2.4.2 IMT-2000 模型	27		

4.2 移动通信环境下的干扰	57	6.1.1 GSM 的特点	105
4.2.1 邻道干扰	57	6.1.2 GSM 的网络结构	105
4.2.2 同频干扰	57	6.2 GSM 移动通信网络接口	109
4.2.3 互调干扰	59	6.2.1 GSM 的主要接口	109
4.2.4 阻塞干扰	60	6.2.2 GSM 与其他公用电信网的接口	111
4.2.5 近端对远端的干扰	60	6.3 无线接口	112
4.3 区域覆盖与信道配置	60	6.3.1 信道的定义	112
4.3.1 区域覆盖	60	6.3.2 逻辑信道的分类	112
4.3.2 信道配置	67	6.3.3 突发脉冲序列	113
4.4 多址接入技术	70	6.3.4 逻辑信道到物理信道的映射	115
4.4.1 频分多址(FDMA)	70	6.4 GSM 的主要业务	118
4.4.2 时分多址(TDMA)	72	6.4.1 GSM 的基本业务	118
4.4.3 码分多址(CDMA)	75	6.4.2 GSM 的补充业务	119
4.4.4 空分多址(SDMA)	77	6.5 GSM 无线网络规划	120
4.5 蜂窝移动通信系统的容量分析	78	6.6 窄带 CDMA 移动通信系统	122
4.5.1 FDMA 和 TDMA 蜂窝系统容量	79	6.6.1 IS-95 CDMA 简介	123
4.5.2 CDMA 蜂窝系统容量	80	6.6.2 CDMA 系统的无线传输方式	124
4.6 系统移动性管理	81	6.6.3 CDMA 正向传输信道	124
4.6.1 位置登记	82	6.6.4 CDMA 反向传输信道	130
4.6.2 越区切换	84	6.6.5 呼叫处理	132
习题 4	86	习题 6	134
第 5 章 抗信道衰落技术	87	第 7 章 第三代(3G)移动通信技术	135
5.1 抗衰落技术概况	87	7.1 概述	135
5.2 分集技术	87	7.2 实现 3G 的关键技术	137
5.2.1 分集的概念	87	7.3 WCDMA 移动通信系统	138
5.2.2 分集的分类	88	7.3.1 WCDMA 技术概述	138
5.2.3 分集的合并方式及性能	89	7.3.2 无线接口的分层	138
5.2.4 Rake 接收机	92	7.3.3 信道结构	140
5.3 均衡技术及应用	93	7.3.4 信道编码和复用	141
5.3.1 均衡原理	93	7.3.5 随机接入与同步	142
5.3.2 均衡分类	94	7.3.6 功率控制	144
5.3.3 线性均衡技术	95	7.3.7 切换	146
5.3.4 非线性均衡技术	96	7.4 CDMA2000 移动通信系统	146
5.3.5 自适应均衡技术	97	7.4.1 CDMA2000 的演进	146
5.3.6 均衡技术的应用	98	7.4.2 CDMA2000 的信道结构	148
5.4 智能天线技术	99	7.4.3 CDMA2000 的基本工作过程	151
5.4.1 智能天线技术概况	99	7.5 TD-SCDMA 移动通信系统	152
5.4.2 智能天线原理	100	7.5.1 采用的多址方式	152
5.4.3 移动通信中的智能天线	102	7.5.2 时隙帧结构	153
习题 5	103	7.5.3 物理层程序	154
第 6 章 第二代(2G)移动通信技术	104		
6.1 GSM 概述	104		

习题 7	157	8.4.4 降峰均比技术	170
第 8 章 第四代(4G)移动通信技术	158	8.5 MIMO 与智能天线	171
8.1 4G 概况	158	8.5.1 MIMO 的原理	171
8.1.1 4G 的两种制式	158	8.5.2 MIMO 的核心技术	171
8.1.2 LTE-TDD 与 LTE-FDD 设计中的不同	159	8.5.3 智能天线	173
8.1.3 4G 的优势	160	8.6 软件无线电技术	174
8.2 LTE-TDD 和 LTE-FDD 的 关键过程差异	160	8.7 4G 的无线网络规划	175
8.2.1 HARQ 过程	160	8.7.1 LTE 无线网络规划要点	176
8.2.2 半持续调度过程	163	8.7.2 LTE 无线网络优化要点	177
8.2.3 随机接入与寻呼过程	163	习题 8	179
8.3 正交频分复用(OFDM)技术	164	第 9 章 移动通信发展展望	180
8.3.1 OFDM 技术的原理	165	9.1 5G 概况	180
8.3.2 OFDM 技术的优缺点	165	9.2 5G 关键技术	182
8.4 OFDM 关键技术	166	9.2.1 无线传输技术	183
8.4.1 保护间隔和循环前缀	166	9.2.2 无线网络技术	185
8.4.2 同步技术	167	9.3 我国 5G 移动通信推进及研发进程	188
8.4.3 信道估计	169	习题 9	189
		参考文献	190

第1章 移动通信概述

随着通信行业的发展和科学技术的进步,以手机为代表的移动通信设备已经成为人们日常生活中必不可少的一部分。人们可以用手机打电话、发短信、上网、打游戏等。可以说,手机已成为人们身边的必需品,并大大改变了人们的生活、学习和工作方式,导致了人们对移动通信依赖性不断增加;同时移动通信设备价格急剧下降至可被普通百姓阶层接受的水平,也有力地促进了移动通信的普及。实际上,除了移动通信设备外,移动通信已经渗透到了海、陆、空等现代社会的各个角落。移动通信有力地促进了人们跨区域、跨地区乃至跨全球的信息传输,推动了日益丰富的手机文化的形成。可见,移动通信已成为现代通信领域中至关重要的一部分,因此,学习和研究与此相关的移动通信技术及应用已成为通信领域的重要内容。

1.1 移动通信的概念及特点

1.1.1 移动通信的概念

移动通信就是通信双方至少有一方是在运动中(或临时静止状态)实现通信的通信方式。例如,固定体(如固定无线电台、有线用户等)与移动体(如人、汽车、火车、轮船、飞机、收音机等)之间、移动体与移动体之间的信息交换,都属于移动通信。这里的“信息交换”,不仅指双方的通话,还包括数据、电子邮件、传真、图像等通信业务。移动体与移动体之间通信时,只能依靠无线通信技术;而移动体与固定体之间通信时,除了依靠无线通信技术外,还依赖于有线通信技术,如公用电话交换网(PSTN)、公用数据网(PDN)和综合业务数字网(ISDN)等。移动通信为人们随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交换提供了可能,适应了现代社会信息交流的迫切需要。

1.1.2 移动通信的特点

相比于其他类型的通信方式,移动通信主要有以下几个特点:

1. 移动性

移动性即要保持物体在移动状态中的通信,因而移动通信必须是无线通信,或无线通信与有线通信的结合。

2. 电波传播条件复杂

因移动体可能在各种环境中运动,所以电磁波在传播时会产生反射、折射、绕射、多普勒效应等现象,从而产生多径干扰、信号传播延迟和展宽等效应。目前,大量应用的移动通信频率范围是在甚高频(VHF, 30~300 MHz)和特高频(UHF, 300~3000 MHz)内。

该频段的特点是：传播距离在视距范围内，通常为几十千米；天线短，抗干扰能力强；以直射波、反射波、散射波等方式传播，受地形、地物影响很大。如在移动通信应用面很广的城市中，高楼林立、高低不平、疏密不同、形状各异，这些都会使移动通信传播路径进一步复杂化，并导致其传输特性变化十分剧烈。

3. 噪声和干扰严重

移动台受到的噪声干扰主要来自城市环境中的汽车火花噪声、各种工业噪声等，而对风、雨、雪等自然噪声，由于频率较低，对移动台影响较小，可以忽略。

移动用户之间的干扰主要有互调干扰、邻道干扰、同频干扰、多址干扰，以及近地无用强信号对远地有用弱信号产生的干扰。所以，在移动通信系统设计中，抗干扰措施就显得至关重要。

4. 系统和网络结构复杂

移动通信系统是一个多用户通信系统和网络，必须使用户之间互不干扰，能协调一致地工作。此外，移动通信系统还应与市话网、卫星通信网、数据网等互连，在入网和计费方式上也有特殊要求，所以整个移动通信网络结构是很复杂的。

5. 要求频谱利用率高、移动设备性能好

无线电频谱是一种特殊的、有限的自然资源。尽管电磁波的频谱很宽，但作为无线通信使用的资源仍然是有限的，特别是随着移动通信业务量需求的与日俱增而更加严重。如何提高频谱利用率以增加系统容量，始终是移动通信发展中的焦点。

另外，移动设备长期处于移动状态，外界的影响很难预料，这就要求移动设备具有很强的适应能力，还要求其性能稳定可靠、体积小、重量轻、省电、操作简单和携带方便等。

1.2 移动通信发展概况

移动通信从无线电通信发明之日就产生了。1897年，M. G. 马可尼所完成的无线电通信试验就是在固定站与一艘拖船之间进行的，距离为18海里。

现代移动通信技术的发展始于20世纪20年代，大致经历了以下几个发展阶段。

第一阶段：20世纪20年代初期至40年代初期，为早期发展阶段。在此期间，首先在短波几个频段上开发出专用移动通信系统，其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统的工作频率为2 MHz，到40年代提高到30~40 MHz，可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段，特点是专用系统开发，工作频率较低。

第二阶段：20世纪40年代中期至60年代初期。在此期间，公用移动通信业务问世。1946年，根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划，贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网，称为“城市系统”。当时使用三个频道，间隔为120 kHz，通信方式为单工。随后，西德(1950年)、法国(1956年)、英国(1959年)等相继研制了公用移动电话系统，美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡，接续方式为人工，网的容量较小。

第三阶段：20世纪60年代中期至70年代中期。在此期间，美国推出了改进型移动电话系统(IMTS)，使用150 MHz和450 MHz频段，采用大区制、中小容量，实现了无线频

道自动选择并能够自动接续到公用电话网。德国也推出了具有相同技术水平的 B 网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450 MHz 频段,实现了自动选频与自动接续。

第四阶段:20 世纪 70 年代后期至 80 年代中期。这是移动通信蓬勃发展的时期。1978 年底,美国贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983 年,AMPS 首次在芝加哥投入商用。同年 12 月,在华盛顿也开始启用 AMPS。之后,服务区域在美国逐渐扩大,到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区,约 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于 1979 年推出 800 MHz 汽车电话系统(HAMTS),在东京、神户等地投入商用。瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网,并投入使用,频段为 450 MHz。西德于 1984 年完成 C 网,频段为 450 MHz。英国在 1985 年开发出全地址通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全国,频段为 900 MHz。法国开发出 450 系统。加拿大推出 450 MHz 移动电话系统 MTS。这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统,并在世界各地迅速发展。移动通信大发展的原因,除了用户要求迅猛增加这一主要推动力之外,还有其他几方面技术的发展所提供的条件。首先,微电子技术在这一时期得到长足发展,这使得通信设备的小型化、微型化有了可能,各种轻便电台被不断地推出。其次,提出并形成了移动通信新体制。随着用户数量的增加,大区制所能提供的容量很快饱和,这就必须探索新体制。在这方面最重要的突破是贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出的蜂窝网的概念。蜂窝网(即小区制)实现了频率再用,大大提高了系统容量。可以说,蜂窝概念真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾。第三,随大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术的日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展,为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

第五阶段:20 世纪 80 年代中期至 90 年代初期。这是数字移动通信系统发展和成熟的时期。以 AMPS 和 TACS 为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题,例如,频谱利用率低,移动设备复杂,费用较高,业务种类受限制以及通话易被窃听等,最主要的问题是其容量已不能满足日益增长的移动用户的需求。解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高,可大大提高系统容量。另外,数字网能够提供语音、数据等多种业务服务,并与综合业务数字网(ISDN)等兼容。实际上,早在 20 世纪 70 年代后期,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时,一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究。到 80 年代中期,欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系。随后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。泛欧网 GSM 于 1991 年 7 月开始投入商用,很快在世界范围内获得了认可,成为具有现代网络特征的通用数字蜂窝系统。由于美国的第一代模拟蜂窝系统尚能满足当时的市场需求,所以美国数字蜂窝系统的实现晚于欧洲。为了扩展容量,实现与模拟系统的兼容,1991 年,美国推出了第一套数字蜂窝系统(UCDC,又称 D-AMPS),UCDC 标准是美国电子工业协会(EIA)的数字蜂窝暂行标准,即 IS-54,它提供的容量是 AMPS 的 3 倍。1995 年,美国电信工业协会(TIA)正式颁布了窄带码分多址(N-CDMA)标准,即 IS-95A 标准。IS-95A 系统是美国第二套数字蜂窝系统。随着 IS-95A 的进一步发展,TIA 于 1998 年制定了新的标准 IS-95B。另外,还有 1993 年日本推出的采用时分多址

(TDMA)方式的太平洋数字蜂窝(PDC)系统。

第六阶段:20世纪90年代中期至21世纪初。20世纪90年代中期开始,伴随着对第三代移动通信的大量谈论,1996年底国际电信联盟(ITU)确定了第三代移动通信系统的基本框架。当时称为未来公众陆地移动通信系统(Future Public Land Mobile Telecommunication System, FPLMTS),1996年更名为IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000),意即该系统工作在2000 MHz频段,最高业务速率可达2000 kb/s,主要体制有WCDMA(Wideband CDMA,宽带码分多址)、CDMA2000和TD-SCDMA(Time Division-Synchronous CDMA,时分同步码分多址)。1999年11月5日,国际电联ITU-R TG8/1第18次会议通过了“IMT-2000无线接口技术规范”建议,其中我国提出的TD-SCDMA技术写在了第三代无线接口规范建议的IMT-2000 CDMA TDD部分中。

与之前的1G和2G相比,3G拥有更宽的带宽,其传输速度最低为384 kb/s,最高为2 Mb/s,带宽可达5 MHz以上。3G不仅能传输语音,还能传输数据,从而提供快捷、方便的无线应用,如无线接入Internet。能够实现高速数据传输和宽带多媒体服务是3G的一个主要特点。另外,3G网络能将高速移动接入和基于互联网协议的服务结合起来,提高无线频谱利用率,并能提供包括卫星在内的全球覆盖,实现有线和无线以及不同无线网络之间业务的无缝连接,还能满足多媒体业务的要求,从而为用户提供更经济、内容更丰富的无线通信服务。

3G的发展可分为两个阶段。第一阶段为早期阶段,语音传输在原有的以“电路交换”为基础的网络上继续运行,而数据传输则在新部署的以“IP(Internet Protocol)分组交换”为核心的网络上进行。第二阶段为下一代网络(Next Generation Network, NGN)阶段,完全基于“IP分组交换”,“电路交换”完全淘汰,基于IP的语音传输可以完全实现免费,运营商的主要收入来自数据业务的服务,而不是像现在这样主要收入来自语音服务。不论技术标准如何竞争,市场如何发展,基本的发展方向是“无线”+“IP”+“高速”+“无缝漫游”。当下的一些语音服务,如德国的Skype的语音服务就是基于当下的IP分组交换来实施的。

近年来,虽然3G系统已经在许多国家得到了大规模商业应用,但另一方面宽带无线接入技术从固定向移动化发展,形成了与移动通信技术竞争的局面。为应对“宽带接入移动化”的挑战,同时为满足新型业务的需求,2004年底第三代合作伙伴项目(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)组织启动了长期演进(Long Term Evolution, LTE)的标准化工作。LTE致力于进一步改进和增强现有3G技术的性能,以提供更快的分组速率、频谱利用率以及更低的延迟。在推动3G系统产业化的同时,世界各国已把研究重点转入后三代/第四代(B3G/4G)移动通信系统,可以称之为移动通信发展的第七阶段。2005年10月,国际电信联盟正式将B3G/4G移动通信技术命名为IMT-Advanced(International Mobile Telecommunication-Advanced)。IMT-Advanced技术需要实现更高的数据传输速率和更大的系统容量,在低速移动、热点覆盖场景下数据传输速率可达100~1000 Mb/s,在高速移动情况下数据传输速率可达20~100 Mb/s。4G集3G与WLAN(无线局域网)于一体,能够传输高质量视频图像,其图像传输质量与高清晰度电视的不相上下。4G系统能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求。而在用户最为关注的价格方面,4G与固定宽带网络在价格方面不相上下,并且计费方式更加灵活机动,用户完全可以根据自身的需求确定所需的服务。此外,4G可以在DSL(数字用户线路)和有线电视调制解调器没有覆盖的地方

部署,然后再扩展到整个地区。很明显,4G有着不可比拟的优越性。目前4G的主要标准有WiMAX(全球微波互联接入)和LTE。

可以预见,未来移动通信系统将提供全球性的优质服务,真正实现4W的目标,即任何时间(Whenever)、任何地点(Wherever)、向任何人(Whoever)提供任何种类(Whatever)的移动通信。

1.3 移动通信的分类及工作方式

1.3.1 移动通信的分类

移动通信按照不同的分类准则有以下多种分类方法:

- ① 按使用对象分为民用通信和军用通信;
- ② 按使用环境分为陆地通信、海上通信和空中通信;
- ③ 按多址方式分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA);
- ④ 按覆盖范围分为广域网、城域网、局域网和个域网;
- ⑤ 按业务类型分为电话网、数据网和综合业务数字网;
- ⑥ 按工作方式分为单工、双工和半双工;
- ⑦ 按服务范围分为专用网和公用网;
- ⑧ 按信号形式分为模拟网和数字网。

1.3.2 移动通信的工作方式

移动通信的传输方式分为单向传输和双向传输。单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工三种工作方式。

1. 单工通信

单工通信是指通信双方交替地进行收信和发信。单工通信通常用于点到点通信,如图1.1所示。根据收、发频率的异同,单工通信又分为同频单工通信和异频单工通信。

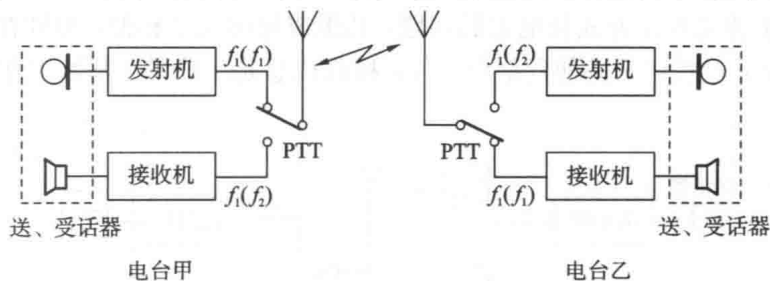


图 1.1 单工通信示意图

同频单工通信是指通信双方(如图1.1中的电台甲和电台乙)使用相同的工作频率(f_1),发送时不接收,接收时不发送。当电台甲要发话时,按下其送、受话器的按讲开关(PPT),一方面关掉接收机,另一方面将天线接至发射机的输出端,发射机开始工作。当确知电台乙接收到载频为 f_1 的信号时,即可进行信息传输。同样,电台乙向电台甲传输信息也使用载频 f_1 。

同频单工工作的发射机与接收机是轮流工作的,收发天线和发射机、接收机中的某些电路可以共用,所以电台设备简单、省电。但这种工作方式只允许一方发送时另一方接收。例如,在甲方发送期间,乙方只能接收而无法应答,这时即使乙方启动其发射机也无法通知甲方使其停止发送。另外,任何一方发话完毕时,必须立即松开其按讲开关,否则接收不到对方发来的信号。

异频单工通信是指通信双方使用两个不同的频率分别进行发送和接收。例如,电台甲的发射频率和电台乙的接收频率为 f_1 , 电台乙的发射频率和电台甲的接收频率为 f_2 。不过,同一部电台的发射机与接收机是轮换进行工作的。

2. 双工通信

双工通信是指通信双方可同时进行消息传输的工作方式,亦称全双工通信,如图 1.2 所示。双工通信分为频分双工(FDD)和时分双工(TDD)。图 1.2 中,基站的发射机和接收机各使用一副天线,而移动台通过双工器共用一副天线。双工通信一般使用一对频道,以实现频分双工(FDD)的工作方式。这种工作方式使用方便,同普通有线电话相似,接收和发射可同时进行。但是,在电台的运行过程中,不管是否发话,发射机总是工作的,所以电源消耗大,这对用电池作电源的移动台而言是不利的。为解决这个问题,在一些简易通信设备中可以采用半双工通信。

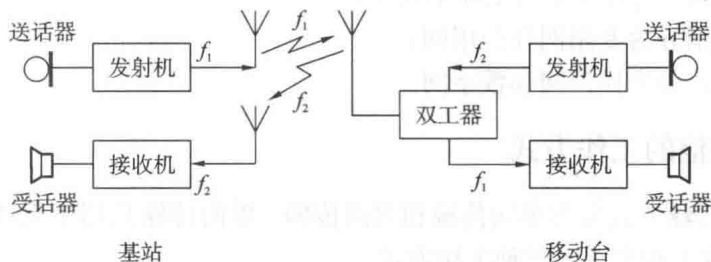


图 1.2 双工通信示意图

3. 半双工通信

半双工通信是指移动台采用单工方式,基站采用双工方式的通话方式,如图 1.3 所示。该方式主要用于解决双工方式耗电大的问题,其组成与图 1.2 相似,差别在于移动台不采用双工器,而是通过按讲开关使发射机工作,接收机总是工作的。基站工作情况与双工方式完全相同。

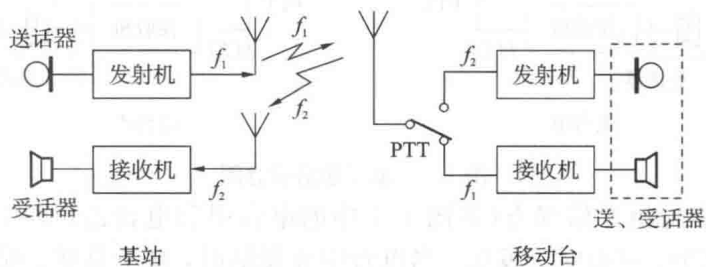


图 1.3 半双工通信示意图

1.4 移动通信采用的基本技术

移动通信的基本技术包括调制技术、电波传播技术、多址技术、抗干扰技术、组网技术等。

1.4.1 调制技术

第二代移动通信是数字移动通信,数字调制技术是其关键技术之一。对数字调制技术的主要要求有4点:

- ① 已调信号的频谱窄和带外衰减快;
- ② 易于采用相干或非相干解调;
- ③ 抗噪声和抗干扰的能力强;
- ④ 适宜在衰落信道中传输。

数字调制的基本类型分为振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK)。此外,还有许多由基本调制类型改进或综合而获得的新型调制技术。

在实际应用中,有两类用得最多的数字调制方式:

(1) 线性调制技术,包括 PSK、四相相移键控(QPSK)、差分相移键控(DQPSK)、交错四相相移键控(OQPSK)、 $\frac{\pi}{4}$ -DQPSK 和多电平 PSK 等。这类调制技术会增大移动设备的制造难度和成本,但是可获得较高的频谱利用率。

(2) 恒定包络(连续相位)调制技术,包括最小频移键控(MSK)、高斯滤波最小频移键控(GMSK)、高斯频移键控(GFSK)和平滑调频(TFM)等。这类调制技术的优点是已调信号具有相对窄的功率谱和对放大设备没有线性要求,不足之处是其频谱利用率通常低于线性调制技术。

1.4.2 移动信道中电波传播特性的研究

移动信道中的电波传播特性对移动通信技术的研究、规划和设计十分重要,是人们历来非常关注的研究课题。在移动信道中,接收机收到的信号受到传播环境中地形、地物的影响而产生绕射、反射或散射,从而形成多径传播。多径传播使接收端的合成信号在幅度、相位和到达时间上均发生随机变化,严重降低接收信号的传输质量,这种现象称为多径衰落。

研究移动信道的传播特性,首先要弄清移动信道的传播规律和各种物理现象的机理以及这些现象对信号传输所产生的不良影响,进而研究消除各种不良影响的对策。为了给通信系统的规划和设计提供依据,人们通常采用理论分析或根据实测数据进行的统计分析(或二者结合)的方法,来总结和建立有普遍性的数学模型。利用这些模型,估算一些传播环境中的传播损耗和其他有关的传播参数。

理论分析方法:通常用射线表示电磁波束的传播,在确定收发天线的高度、位置和周围环境的具体特征后,根据直射、折射、反射、散射、透射等波动现象,用电磁波理论计算电波传播的路径损耗及有关信道参数。

实测分析方法:在典型的传播环境中进行现场测试,并用计算机对大量实测数据进行

统计分析,建立预测模型(如冲击响应模型),进行传播预测。

不管采用哪种分析方法得到结果,在进行信道预测时,其准确程度都与预测模型有关。由于移动通信的传播环境十分复杂,因而很难用一种或几种模型来表征不同地区的传播特性。通常每种预测模型都是根据某一特定传播环境总结出来的,有其局限性,所以选用时应注意其适用范围。

1.4.3 多址方式

多址方式的基本类型有频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。实际中,常用到三种基本多址方式的混合多址方式,比如 FDMA/TDMA、FDMA/CDMA、TDMA/CDMA 等。随着数据业务需求的日益增长,随机多址方式(如 ALOHA 和 CSMA)等也日益得到广泛应用。其中,也包括固定多址和随机多址的综合应用。

选择什么样的多址方式取决于通信系统的应用环境和要求。对移动通信网络而言,由于用户数和通信业务量的激增,一个突出的问题就是在通信资源有限的条件下,如何提高通信系统的容量。因此采用什么样的多址方式,更有利于提高通信系统的容量,一直是人们非常关心的问题,也是当前研究和开发移动通信技术的热门课题。

1.4.4 抗干扰措施

抗干扰技术是无线电通信的重点研究课题。在移动信道中,除存在大量的环境噪声和干扰外,还存在大量电台产生的干扰(邻道干扰、共道干扰和互调干扰)。因此,在设计、开发和生产移动通信网络时,必须预计到网络运行环境中可能存在的各种干扰强度,采取有效措施,使干扰电平和有用信号相比不超过预定的门限值或者传输差错率不超过预定的数量级,以保证网络正常运行。

移动通信系统中采用的抗干扰措施主要有 5 类:

(1) 利用信道编码进行检错和纠错(包括前向纠错(FEC)和自动请求重传(ARQ))是降低通信传输差错率、保证通信质量和可靠性的有效手段。

(2) 为克服由多径干扰所引起的多径衰落,广泛采用分集技术(如空间分集、频率分集、时间分集、Rake 接收技术等)、自适应均衡技术和选用具有抗码间干扰与时延扩展能力的调制技术(如多电平调制、多载波调制等)。

(3) 为提高通信系统的综合抗干扰能力而采用扩频和跳频技术。

(4) 为减少蜂窝网络中的共道干扰而采用扇区天线、多波束天线和自适应天线阵列等。

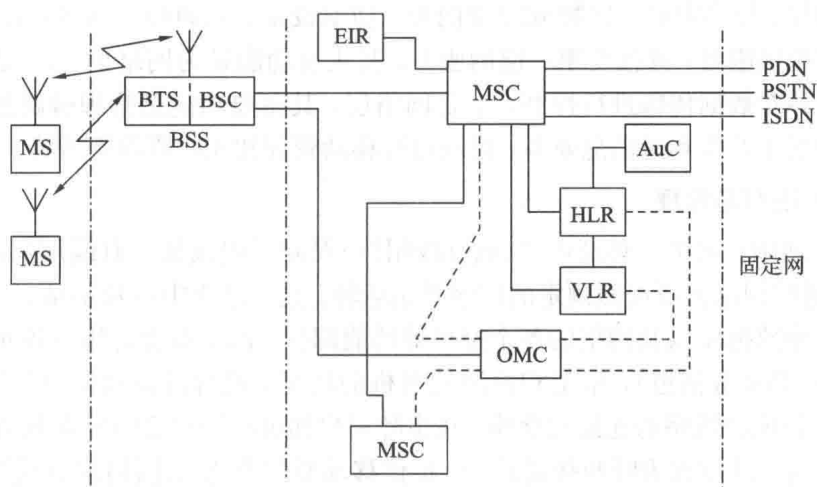
(5) 在 CDMA 通信系统中,为了减少多址干扰而使用干扰抵消和多用户信号检测器技术。

1.4.5 组网技术

1. 网络结构

在通信网络的总体规划和设计中必须解决的一个问题是:为了满足运行环境、业务类型、用户数量和覆盖范围等要求,通信网络应该设置哪些基本组成部分(移动台(MS)、基站(BS)、移动业务交换中心(MSC)、网络控制中心、操作维护中心(OMC)等)以及怎样部

署这些组成部分,才能构成一种实用的网络结构。数字蜂窝移动通信系统的网络结构如图1.4所示。



MS—移动台; BTS—基站收发信台; BSC—基站控制器; BSS—基站子系统; EIR—移动设备识别寄存器;

MSC—移动业务交换中心; AuC—鉴权中心; HLR—归属位置寄存器; VLR—访问位置寄存器;

OMC—操作维护中心; PDN—公用数据网; PSTN—公用电话交换网; ISDN—综合业务数字网

图 1.4 数字蜂窝移动通信系统的网络结构

2. 网络接口

移动通信网络由许多功能实体组成。在用这些功能实体进行网络部署时,为了相互之间交换信息,相关功能实体之间都要用接口进行连接。同一通信网络的接口,必须符合统一的接口规范。数字蜂窝移动通信系统(GSM)的接口和接口协议模型分别如图1.5和图1.6所示。

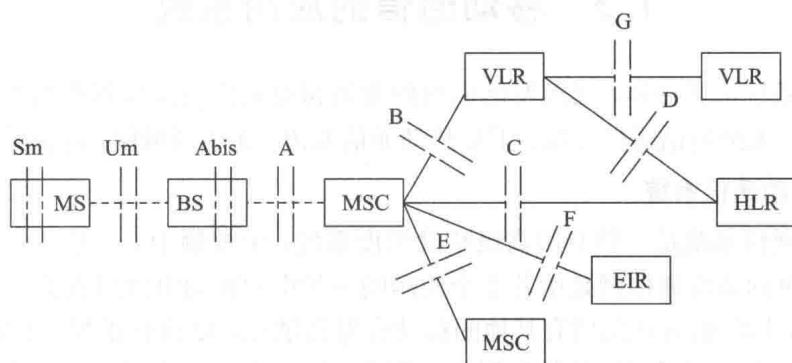


图 1.5 GSM的接口

L ₃	连接管理(CM)
	移动管理(MM)
	无线资源管理(RRM)
L ₂	数据链路层
L ₁	物理层

图 1.6 GSM的接口协议模型