



普通高等教育“十三五”电子信息类规划教材

现代移动通信 原理与技术

主 编 张 轶
副主编 王助娟 肖 适
参 编 王健伟 王宝华

免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”电子信息类规划教材

现代移动通信原理与技术

主 编 张 轶

副主编 王助娟 肖 适

参 编 王健伟 王宝华



机械工业出版社

本书详细介绍了移动通信的原理和目前正在使用的移动通信系统。在上篇——基础篇中，首先介绍了移动通信的发展与演进过程、移动通信的信道、电波传播理论以及天线的知识，其次介绍了移动通信中的调制技术、抗衰落技术以及蜂窝组网等关键技术；在下篇——应用系统篇中，重点介绍了2G的GSM系统和CDMA系统、3G的WCDMA与TD-SCDMA系统以及4G的LTE系统，并对当前的研究热点——5G移动通信系统进行了简要的介绍。

本书内容由浅入深，知识点层层展开，章节的开篇有导读和知识脉络介绍，课后配有相关练习，可供本科信息类专业高年级学生、研究生以及工程人员学习使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代移动通信原理与技术/张轶主编. —北京: 机械工业出版社, 2018.9

普通高等教育“十三五”电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-60630-7

I. ①现… II. ①张… III. ①移动通信—高等学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 179768 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐 凡 责任编辑: 徐 凡 张利萍

责任校对: 肖 琳 封面设计: 张 静

责任印制: 李 昂

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2018 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.5 印张 · 329 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-60630-7

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88379833 机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-88379649 机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

移动通信的发展历史可以追溯到 19 世纪末, 1873 年, 苏格兰人麦克斯韦提出了电磁场理论, 1880 年, 德国物理学家赫兹根据麦克斯韦方程所预言的电磁波的发生、检测及其属性的测量进行了一系列著名的实验, 1894 年, 意大利学者马可尼做出了一个可用的无线电装置。1897 年, 马可尼完成了超过 2mi (1mi = 1609m) 距离的无线电通信试验。1900 年, 马可尼利用电磁波进行远距离无线电通信取得了成功, 从此, 世界进入了无线电通信的新时代。

20 世纪 70 年代中期, 美国贝尔实验室成功研制了先进移动电话系统 (Advanced Mobile Phone System, AMPS), 建成了蜂窝状移动通信网, 大大提高了系统容量, 这是第一代移动通信系统, 整个系统采用模拟信号来处理和传递语音信号, 即模拟移动通信系统。此后, 其他国家也相继开发了自己的第一代移动通信系统, 如欧洲的 900MHz 全接入通信系统 (Total Access Communications System, TACS)、日本的 800MHz 汽车电话系统等。这个时期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。

20 世纪 80 年代中期是数字移动通信系统逐渐成熟和发展的时期, 模拟蜂窝移动通信系统虽然取得了成功, 但也存在频谱利用率低、费用高、不保密等问题。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。为此, 欧洲发展了 GSM 网络系统 (简称 G 网), 美国发展了 DAMPS (Digital AMPS) 网络系统。随后, 美国又推出了码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 网络系统 (简称 C 网)。这些网络系统都是以数字信号的传递为特征的, 我们称之为第二代移动通信系统, 从此移动通信进入数字信号的时代。

第三代数字蜂窝移动通信系统 IMT-2000 (简称 3G 移动通信系统) 利用第三代移动通信网络提供的语音、数据、视频图像等业务, 它的目标是在全球实现统一频段、统一标准、无缝覆盖, 提供移动宽带多媒体业务, 其中实现高速移动环境下支持 144kbit/s 速率, 步行和慢速移动环境下能够支持 384kbit/s 速率, 室内环境中能够支持 2Mbit/s 速率数据传输, 并保证高可靠服务质量 (QoS)。经过各个国家的努力, 第三代数字蜂窝移动通信系统最终确定了三种体制, 分别是欧洲的 WCDMA (宽带码分多址, Wideband CDMA)、中国的 TD-SCDMA (时分-同步码分多址, Time Division-Synchronous CDMA) 和美国的 CDMA 2000。3G 系统不仅采用了新的空口技术, 在核心网层面也有变革, 由原来 2G 系统的纯电路域核心网演进成了 3G 的分组域加电路域的核心网格局。为了完成这种转化, 2G 和 3G 系统间有一个过渡时期, 我们称之为 2.5G 移动通信系统, 如 2.5G 的 GPRS 系统 (GSM 制式的过渡系统) 和 IS-95B 系统 (2G CDMA 制式的过渡系统)。我国于 2009 年 1 月 7 日正式下发 3G 运营牌照, 分别为中国移动主营 TD-SCDMA 系统、联通主营 WCDMA 系统、电信主营 CDMA 2000。

随着数据业务量的增长和移动互联网业务的需求, 3G 的局限性日益突出, 如带宽小、数据业务量和语音业务量占比持续扩大、频谱利用率不高、数据速率满足不了需求等, 迫切需要一个更大带宽、更高速率的系统来满足移动互联网的需求, 于是, 4G 移动通信系统应运而生。2005 年 10 月在赫尔辛基举行的 ITU-R WP8F 第 17 次会议上, 正式将 System Beyond IMT-2000 命名为 IMT-advanced (4G 移动通信系统), 其高移动性下可支持 100Mbit/s, 低移动性下支持 1Gbit/s。4G 系统完全摒弃了电路域, 核心网为纯分组域网络, 采用全新的空口技术, 复用技术和调制技术都进行了较为显著的改革, 使得新的网络更符合数据业务的特点。我国于 2013 年 12 月 4 日发放了 4G 运营牌照, 4G 的标准主要有 2 个, 分别是 TD LTE 和 FDD LTE。

21 世纪, 通信网络以超摩尔定律的速度向前发展, 实验室光纤传输容量已经达到 103.2 Tbit/s, 2017 年用户月平均移动互联网接入流量达到 2.25G, 比上一年同期增长 147.8%, 网络的健壮性能大为提高, 终端设备丰富多样, 新业务层出不穷。到 2017 年底, 全球移动用户数量突破 50 亿, 网络的发展对社会的文明和进步产生了重大影响, 利用无线信道最终接入的移动通信网络, 巧妙地实现了固定网络与自由移动终端之间的连接, 更使得人们开始实现了 5W, 即任何人 (Whoever) 在任何时间 (Whenever)、任何地点 (Wherever) 与其他任何人 (Whomever) 进行任何种类 (Whatever) 的信息交换。随着移动互联网和物联网的进一步发展, 4G 的带宽将成为数据速率的最大限制因素之一, 如何开发新的频段范围及增加带宽成为又一个新的课题。

5G, 即第五代移动通信技术, 是满足海量无线通信数据的唯一方案。它是 4G 之后的延伸, 目前 5G 的需求及关键技术指标 (KPI) 已基本确定, 国际电联将 5G 应用场景划分为移动互联网和物联网两大类, 各个国家均认为 5G 除了支持移动互联网的发展之外, 还将解决机器海量无线通信需求, 极大促进车联网、工业互联网等领域的发展。2016 年 1 月, 工业和信息化部在北京召开“5G 技术研发试验”启动会, 会上, IMT-2020 (5G) 推进组在《5G 愿景与需求白皮书》中指出, 5G 定位于频谱效率更高、速率更快、容量更大的无线网络, 其中频谱效率相比 4G 需要提升 5~15 倍。5G 的总体规划分两步: 第一步, 2015~2018 年进行技术研发试验 (分为 5G 关键技术试验、5G 技术方案验证和 5G 系统验证三个阶段实施), 最终到 2018 年完成 5G 系统的组网技术性能测试和 5G 典型业务演示, 由中国信息通信研究院牵头组织, 运营企业、设备企业及科研机构共同参与; 第二步, 2018~2020 年, 由国内运营商牵头组织, 设备企业及科研机构共同参与。我国预计在 2020 年全面启动 5G 商用。

在移动技术需求的背景下, 我们编写了本书。在编写过程中, 得到了武汉纺织大学电子与电气工程学院领导与同仁的大力支持, 感谢通信工程专业教研室对本书出版给予的大力支持, 以及校科技处、教务处领导的关心与支持。感谢湖北省教育厅项目资助 (No. 17Q091) 以及中纺协教育教学改革项目的资助 (No. 2017BKJGLX116)。感谢武汉工程大学邮电与信息工程学院的领导和移动通信专业的教师为本书出版倾注的热情和心血。

本书配有免费电子课件、电子教案以及授课计划，欢迎选用本书作教材的老师登录 www.cmpedu.com 注册下载或发邮件到 xufan666@163.com 索取。

由于移动通信技术的迅猛发展，加之作者本身教学与研究水平有限，书中的错误以及信息的滞后在所难免，恳请广大读者在使用过程中批评指正。

编者

Table of contents listing chapters and sections with page numbers. Visible text includes: 第5章 移动通信系统中的信道编码, 第6章 移动通信系统中的信道编码, 第7章 移动通信系统中的信道编码, 第8章 移动通信系统中的信道编码, 第9章 移动通信系统中的信道编码, 第10章 移动通信系统中的信道编码, 第11章 移动通信系统中的信道编码, 第12章 移动通信系统中的信道编码, 第13章 移动通信系统中的信道编码, 第14章 移动通信系统中的信道编码, 第15章 移动通信系统中的信道编码, 第16章 移动通信系统中的信道编码.

目 录

前 言

上篇 移动通信基础篇

第 1 章 移动通信技术概述	2	2.4.2 天线辐射电磁波的工作原理	32
1.1 移动通信的定义及发展历史	2	2.4.3 天线特性参数	33
1.2 移动通信的特点及工作方式	3	2.4.4 几种典型的移动通信收发天线	37
1.2.1 移动通信的工作特点	3	练习题与思考题	38
1.2.2 移动通信系统的工作方式	4	第 3 章 移动通信中的调制解调技术	39
1.3 移动通信系统的组成	5	3.1 概述	39
1.3.1 陆地公众蜂窝通信系统	5	3.2 数字频率调制	39
1.3.2 卫星移动通信系统	6	3.2.1 移频键控 (FSK) 调制	39
1.3.3 集群调度移动通信系统	8	3.2.2 最小移频键控 (MSK) 调制	40
1.4 移动通信网络的主流业务	9	3.2.3 高斯滤波的最小移频键控 (GMSK) 调制	41
1.4.1 低速移动数据通信技术	10	3.3 数字相位调制	41
1.4.2 高速移动数据通信技术	10	3.3.1 二相相移键控 (BPSK) 调制	41
1.4.3 移动语音通信技术	10	3.3.2 四相相移键控 (QPSK) 调制	42
1.4.4 移动通信业务的特点	11	3.3.3 偏移四相相移键控 (OQPSK) 调制	43
1.5 移动通信网络的发展趋势	12	3.3.4 $\pi/4$ 四相相移键控 ($\pi/4$ -QPSK) 调制	44
练习题与思考题	17	3.4 正交幅度调制 (QAM)	45
第 2 章 移动通信信道与天线	18	3.5 多载波调制技术	48
2.1 移动通信信道	18	3.5.1 多载波传输系统	49
2.2 无线电波传播理论	19	3.5.2 正交频分复用 (OFDM) 调制	50
2.2.1 无线电波传播特性及频谱划分	19	3.6 调制技术在移动通信中的应用	53
2.2.2 自由空间无线电波传播	21	练习题与思考题	54
2.2.3 无线电波传播衰落	22	第 4 章 移动通信中的抗衰落技术	55
2.2.4 移动无线信道的特性	23	4.1 概述	55
2.2.5 移动无线信道的衰落特性	24	4.2 分集技术	55
2.3 电波传播损耗预测模型	28	4.2.1 分集接收原理	56
2.3.1 地形地物	28	4.2.2 分集合并技术及性能比较	58
2.3.2 Okumura-Hata 模型	29	4.2.3 隐分集技术	60
2.3.3 COST 231-Hata 模型	29	4.3 信道编码技术	62
2.3.4 传播模型的应用	30		
2.4 天线	31		
2.4.1 天线定义及类型	31		

4.3.1 线性分组编码技术 62

4.3.2 卷积编码技术 63

4.3.3 Turbo 编码技术 64

4.3.4 信道编码技术间的结合与应用 66

4.4 信道均衡技术 67

4.5 抗衰落技术在移动通信中的应用 68

练习题与思考题 69

第 5 章 移动通信系统中的蜂窝组网技术 70

5.1 蜂窝覆盖技术 70

5.2 多址接入技术 72

5.3 信道配置 74

5.3.1 信道配置方法 75

5.3.2 多信道共用技术 76

5.3.3 话务量与呼损 77

5.4 蜂窝系统的移动性管理 81

5.4.1 蜂窝系统位置信息管理 81

5.4.2 蜂窝小区间的切换 82

5.4.3 位置更新 83

练习题与思考题 84

下篇 移动通信应用系统篇

第 6 章 GSM 数字蜂窝移动通信系统 86

6.1 GSM 系统概述 86

6.2 GSM 系统组成 89

6.3 GSM 系统的编号方式 90

6.3.1 GSM 系统中的号码计划 90

6.3.2 GSM 系统中号码的典型应用 97

6.4 GSM 系统的协议与接口 97

6.4.1 GSM 接口参数 98

6.4.2 GSM 系统的信道 101

6.4.3 GSM 系统中的语音处理一般过程 102

6.5 GSM 系统的接续与移动性管理 103

6.5.1 GSM 系统中的典型接续过程 103

6.5.2 GSM 系统中的切换控制 105

6.5.3 GSM 系统中的位置更新 108

6.6 GSM 系统的安全性管理 111

6.6.1 用户识别模块 111

6.6.2 安全措施 113

6.7 通用分组无线业务 114

6.7.1 GPRS 网络结构与功能实体 114

6.7.2 GPRS 网络接口与协议栈 115

6.7.3 GPRS 的业务信道 117

6.7.4 GPRS 的业务平台 118

练习题与思考题 119

第 7 章 CDMA 移动通信系统 120

7.1 概述 120

7.1.1 CDMA 技术的优势 120

7.1.2 CDMA 技术演进 122

7.2 CDMA 技术基本原理 122

7.2.1 扩频通信原理 124

7.2.2 CDMA 系统中常用的码序列 127

7.3 CDMA 蜂窝网的关键技术 132

7.3.1 功率控制 132

7.3.2 信号检测和 RAKE 接收技术 134

7.3.3 软切换技术 135

7.4 IS-95 CDMA 系统 137

7.4.1 系统结构与接口 137

7.4.2 CDMA 系统编号 138

7.4.3 IS-95 系统正向信道 139

7.4.4 IS-95 系统反向信道 140

练习题与思考题 140

第 8 章 第三代移动通信系统 141

8.1 3G 系统概述 141

8.2 3G 系统标准 143

8.2.1 WCDMA 标准 145

8.2.2 TD-SCDMA 标准 145

8.2.3 CDMA 2000 标准 146

8.3 WCDMA 技术 147

8.3.1 WCDMA 的演进与特点 147

8.3.2 WCDMA 系统的网络结构 149

8.3.3 WCDMA 系统的无线接口 152

8.3.4 WCDMA 系统的关键技术 155

8.3.5 编号计划 157

8.3.6 WCDMA 典型基站配置与维护 158

8.4 TD-SCDMA 技术 161

8.4.1	TD-SCDMA 的演进与特点	161	第 10 章 5G 通信系统简介	190	
8.4.2	TD-SCDMA 系统的无线接口	162	10.1	5G 网络的定义	190
8.4.3	TD-SCDMA 物理层的关键 过程	165	10.2	5G 网络的基本特征	192
8.4.4	TD-SCDMA 系统的关键 技术	168	10.2.1	高数据流量和用户体验	192
8.4.5	TD-SCDMA 典型基站配置与 维护	170	10.2.2	低时延特征	193
8.5	3G 系统技术比较	171	10.2.3	海量终端连接特征	194
	练习题与思考题	172	10.2.4	低成本特征	194
			10.2.5	高效能特征	195
			10.2.6	5G 网络特征总结	195
第 9 章 LTE 网络技术		173	10.3	5G 网络的关键技术	197
9.1	LTE 系统概述	173	10.3.1	高频段传输特性	197
9.2	LTE 网络结构	176	10.3.2	大规模多天线传输特性	197
9.2.1	整体结构	176	10.3.3	同频同时全双工特性	198
9.2.2	E-UTRAN 架构	177	10.3.4	D2D	199
9.2.3	物理层帧和信道	179	10.3.5	密集网络	199
9.3	LTE 关键技术	181	10.3.6	无线控制承载分离特性	199
9.3.1	MIMO 技术	181	10.3.7	无线网络虚拟化特性	201
9.3.2	OFDM 技术	183	10.3.8	增强 C-RAN 架构	203
9.3.3	HARQ 技术	184		练习题与思考题	204
9.3.4	SON 技术	185	附录		205
9.4	LTE 覆盖与业务测试	187	附录 A	缩略词表	205
	练习题与思考题	189	附录 B	爱尔兰呼损公式计算表	206
			参考文献		208

随着4G移动通信的开展, 4G系统也因其具有的超高速传输速度, 被业界通信界广泛关注。2013年1月14日, 国际电信联盟在2013年无线通信大会全体会议上, 正式审议通过将LTE-Advanced称为4G-Advanced, 而LTE-Advanced Pro称为4.5G。目前, 业界正在研究4G-Advanced和4.5G-Advanced标准, 预计将在2020年左右完成。

上篇 移动通信基础篇

作为全书的基础, 本部分主要介绍移动通信的概念、发展历史及趋势、网络组成及关键技术。本部分首先阐述移动通信的基本概念、发展历程、特点、工作方式, 蜂窝移动通信网的构成、主流业务及未来发展趋势; 其次介绍移动通信信道的概念、特点、特性参数, 无线传播理论, 电波传播损耗预测模型及天线的相关内容; 最后详细介绍移动通信系统中的通用技术, 包括数字调制技术、抗衰落技术和蜂窝组网技术。

第 1 章 移动通信技术概述

1.1 移动通信的定义及发展历史

通信,自古有之。它是指人与人、人与物或物与物之间,通过某种行为或媒介进行的信息交流与传递,也就是信息的双方或多方,基于某种场景,采用一种方法、一种媒质,将要表达的内容从一方准确、安全、迅速地传送到另一方的过程。移动通信(Mobile Communication)是移动终端之间的通信,或移动终端与固定终端之间的通信,即通信双方有一方或两方处于运动中的通信方式。移动终端可以是人,也可以是物,例如轮船、汽车、火车、飞机等在移动状态中的物体,因此包括了陆、海、空、天多维度移动通信,采用的频段包括低频、中频、高频、甚高频和特高频,若要与移动终端通信,移动交换局通过各中心基站向全网发出呼叫,被叫终端收到后发出应答信号,中心基站收到应答后分配一个信道给该移动终端,并发送相应信令。

作为第一代移动通信,模拟制式的移动通信系统得益于 20 世纪 70 年代的两项关键突破:微处理器的发明和交换及控制链路的数字化。AMPS 是美国推出的世界上第一代移动通信系统,充分利用了 FDMA 技术实现国内范围的语音通信。

20 世纪 80 年代末,包括语音在内的全数字化系统中,第二代移动通信新技术体现在通话质量和系统容量的提升,其典型代表就是 GSM(Global System for Mobile Communication, 全球移动通信系统,简称全球通)和 IS-95 系统。GSM 是第一个商业运营的 2G 系统,它采用时分多址接入(TDMA)技术,与之相对的是 2G IS-95 系统,它采用码分多址接入(CDMA)技术。TDMA 和 CDMA 技术的使用,使得 2G 系统的容量得到了极大的提升。

作为 2G 到 3G 系统间的过渡,2.5G 无线技术通常与数据传输有关。相对于 2G 服务,2.5G 无线技术可以提供更高的速率和更多的功能。例如,GPRS(General Packet Radio Service)是封包交换数据的标准技术,由于具备立即联机的特性,对于用户而言,可以说是随时都在上线的状态,GPRS 技术也让运营商能够依据数据传输量来收费,而不是单纯以联机时间计费,这项技术与 GSM 网络配合,传输速度可以达到 115kbit/s。CDMA 1X 使用的是一个 1.25MHz 频带,是 CDMA One 的扩展方式,CDMA 2000 也使用 1.25MHz 的频带,但其优势在于可管理多个这样的频带,也正因为这个原因,在 ITU-R 和 ARIB 的名称中,可以见到被称为多载波码(Multi-carrier Code, MC)的描述。

第三代移动通信技术,是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术,3G 服务能够同时传送声音及数据信息,速率一般在几百 kbit/s 以上,3G 是指将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的新一代移动通信系统,2008 年 5 月,国际电信联盟正式公布第三代移动通信标准,包括中国提交的 TD-SCDMA 在内,3G 存在的三种标准分别为 WCDMA、TD-SCDMA 和 CDMA2000。

随着数据通信与多媒体业务需求的发展,适应移动数据、移动计算及移动多媒体运作需要

的第四代移动通信开始兴起,4G 系统也因为其拥有的超高数据传输速度,被世界通信界广泛关注。2012 年 1 月 18 日,国际电信联盟在 2012 年无线电通信全会全体会议上,正式审议通过将 LTE-Advanced 和 Wireless MAN-Advanced (802.16m) 技术规范确立为 IMT-Advanced (俗称“4G”)国际标准,中国主导制定的 TD-LTE-Advanced 标准和 FDD-LTE-Advanced 标准并列成为 4G 国际标准。

第五代移动电话通信标准,也称第五代移动通信技术,即 5G,是 4G 技术之后的延伸,正在研究中。5G 网络的理论下行速度为 10Gbit/s (相当于下载速度 1.25GB/s)。相比目前的 4G 技术,其峰值速率将增长数十倍,也就是说,1 秒钟可以下载多部高清电影,可支持的用户连接数增长到 100 万用户/平方千米,可以更好地满足物联网这样的海量接入场景,同时,端到端延时将从 4G 的十几毫秒减少到 5G 的几毫秒。欧盟的 5G 网络将在 2020~2025 年之间投入运营,2015 年 9 月,美国移动运营商 Verizon 无线公司宣布,从 2016 年开始试用 5G 网络,2017 年在美国部分城市全面商用。我国 5G 技术研发试验将在 2016~2018 年进行,分为 5G 关键技术试验、5G 技术方案验证和 5G 系统验证三个阶段实施。

1.2 移动通信的特点及工作方式

如前所述,由于移动通信系统允许用户在移动状态(慢速、快速,甚至很快速度、很大范围)下通信,所以,系统与用户之间的信号传输只得采用无线方式,且与环境因素有较大关系,这里要介绍的移动通信特点主要包括时变信道特性、环境干扰特性、频谱特性、用户终端特性、管理和控制特性、速率特性、兼容特性、业务融合特性、自组织与自适应通信特性。

1.2.1 移动通信的工作特点

(1) 时变信道特性

由于采用无线传输方式,信息是以电磁波的方式辐射出去的,在无线信道中具有衰落与多径效应。电波会随着传输距离的增加而衰减;不同的地形、地物对信号也会有不同的影响;信号可能会经过多点反射,从多条路径到达接收点,产生多径效应(电平衰落和时延扩展);当用户的通信终端快速移动时,会产生多普勒效应,影响信号的接收。并且,由于用户的通信终端是可移动的,所以,这些衰减和影响还是不断变化的。

(2) 环境干扰特性

在城市环境中的汽车火花噪声、各种工业噪声,移动用户之间的互调干扰、邻道干扰、同频干扰等,都会对通信产生干扰。移动通信系统运行在较为复杂的干扰环境中,需要考虑包括外部噪声干扰(天电干扰、工业干扰、信道噪声)、系统内干扰和系统间干扰(邻道干扰、互调干扰、交调干扰、共道干扰、多址干扰和远近效应)等因素。如何减少这些干扰的影响,是移动通信系统要解决的重要问题。

(3) 频谱特性

作为一种稀缺资源,考虑到无线覆盖、系统容量和用户设备的实现等问题,移动通信系统基本上选择在特高频 UHF(分米波段)上实现无线传输,而这个频段还有其他的系统(如雷达、电视、其他的无线接入)在工作,移动通信可以利用的频谱资源非常有限。随着移动通信的发展,通信容量不断提高,因此,必须研究和开发各种新技术,采取各种新措

施,提高现有可用频段的频谱利用率并开发新的更高频率的频段,合理地分配和管理频率资源。

(4) 用户终端特性

用户终端设备除技术含量高以外,对于手持终端还要求体积小、重量轻、防震动、省电、操作简单、携带方便;对于车载台还应保证在高低温变化等恶劣环境下也能正常工作。

(5) 管理和控制特性

由于系统中用户终端可移动,为了确保与指定的用户进行通信,移动通信系统必须具备很强的管理和控制功能,如用户的位置登记和定位、呼叫链路的建立和拆除、信道的分配和管理、越区切换和漫游的控制、鉴权和保密措施、计费管理等。

(6) 兼容特性

4G 移动通信系统实现全球统一的标准,让所有移动通信运营商的用户享受共同的 4G 服务,真正实现一部手机在全球的任何地点都能进行通信。

(7) 业务融合特性

未来移动通信系统支持更丰富的移动业务,包括高清晰度图像业务、会议电视、虚拟现实业务等,使用户在任何地方都可以获得任何所需的信息服务,并将个人通信、信息系统、广播和娱乐等行业结合成一个整体,更加安全、方便地向用户提供更广泛的服务与应用。

(8) 速率特性

对于大范围高速 (250km/h) 移动用户,能够提供的数据速率为 2Mbit/s;对于中速 (60km/h) 移动用户,能够提供的数据速率为 20Mbit/s;对于低速移动用户 (室内或步行者),能够提供的数据速率为 100Mbit/s。

(9) 自组织与自适应通信特性

具有自动适应通信条件变化能力的移动通信,主要的自适应通信技术有:实时自动选频、通信频率自动跳变、自适应调零天线阵、自动功率控制、自动时延均衡等,主要用于增强短波、超短波通信的稳定性、保密性和抗干扰能力。

(10) 多类型用户共存特性

移动通信系统能根据动态的网络和变化的信道条件,进行自适应处理,使低速与高速的用户以及不同制式的用户设备能够共存与互通,从而满足系统多类型用户的需求。

1.2.2 移动通信系统的工作方式

按照通话的状态和频率的使用方法,可将移动通信的工作方式分成单向通信方式和双向通信方式两大类。双向通信方式分为单工通信方式、双工通信方式和半双工通信方式三种。

(1) 单工通信

通信双方电台交替地进行收信和发信。常用的对讲机就采用这种通信方式,分为同频单工和双频单工。单工方式示意图如图 1-2-1 所示。

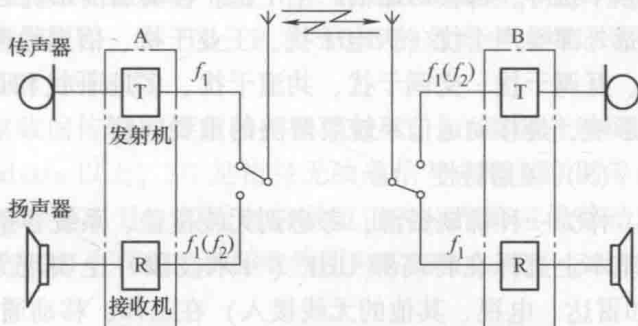


图 1-2-1 单工方式示意图

(2) 双工通信

通信双方同时进行收发工作，即任一方讲话时，可以听到对方的语音。双工方式示意图如图 1-2-2 所示。

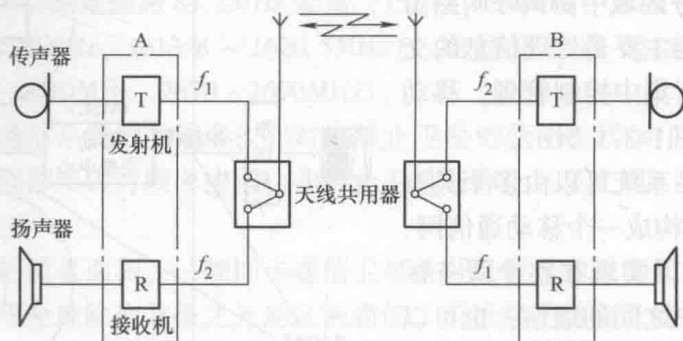


图 1-2-2 双工方式示意图

(3) 半双工通信

通信双方中，一方使用双频双工方式，即收发信机同时工作；另一方使用双频单工方式，即收发信机交替工作。半双工方式示意图如图 1-2-3 所示。

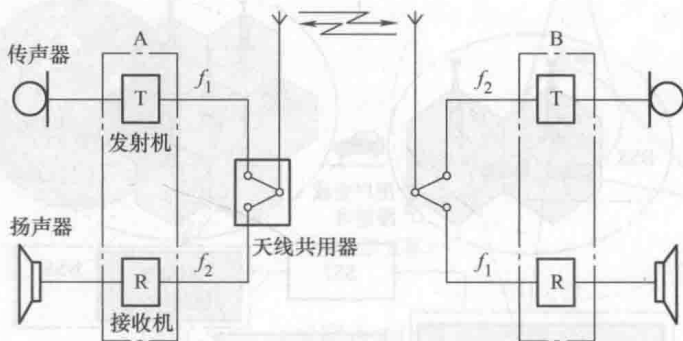


图 1-2-3 半双工方式示意图

1.3 移动通信系统的组成

1.3.1 陆地公众蜂窝通信系统

移动通信系统根据其应用范围有多种形式，同时，其成本、复杂度、性能和服务类型均存在很大的差别。例如小型调度系统可以只由一个控制台和若干个移动台 (Mobile Station, MS) 组成，而公众陆地移动通信网 (Public Land Mobile Network, PLMN) 一般由 MS、基站子系统 (Base Station Subsystem, BSS)、网络交换子系统 (Network Switching Subsystem, NSS)/移动交换中心 (Mobile Switching Center, MSC) 以及与公共交换电话网 (Public Switching Telephone Network, PSTN) 相连的中继线等组成。MS 是在不确定的地点并在移动中使用的终端，它可以是便携的手机，也可以是安装在车辆等移动体上的设备。BSS 是移动无线系统中的固定站台，用来和 MS 进行无线通信，它包含无线信道和架在高建筑物上的发射、

接收天线以及无线信号处理设备。BSS 中的每个 BS 都有一个可靠的无线小区服务范围，其大小主要由发射功率和基站天线的高度决定。NSS 中最核心的组成部分是 MSC，MSC 是在大范围服务区域中协调呼叫路由的交换中心，其功能主要是处理信息的交换和对整个系统进行集中控制管理。移动通信系统的组成如图 1-3-1 所示。

大容量移动电话系统可以由多个具有一定服务小区的 BS 构成一个移动通信网，通过 BS、MSC 就可以实现在整个服务区内任意两个移动用户之间的通信；也可以通过中继线与市话局连接，实现移动用户与市话用户之间的通信，从而构成一个有线、无线综合的移动通信系统。目前通用的蜂窝移动通信系统的构成示意图如图 1-3-2 所示。

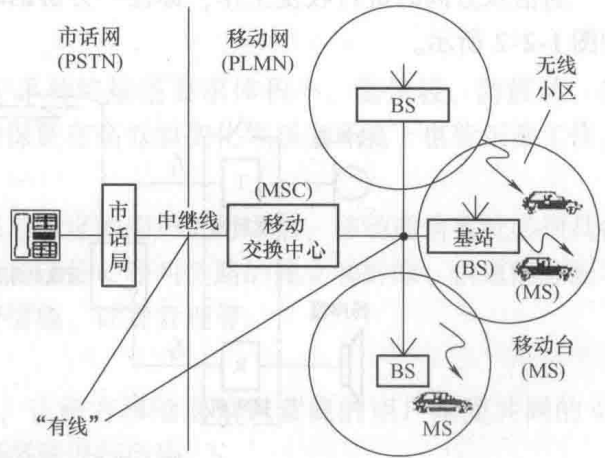


图 1-3-1 移动通信系统的组成

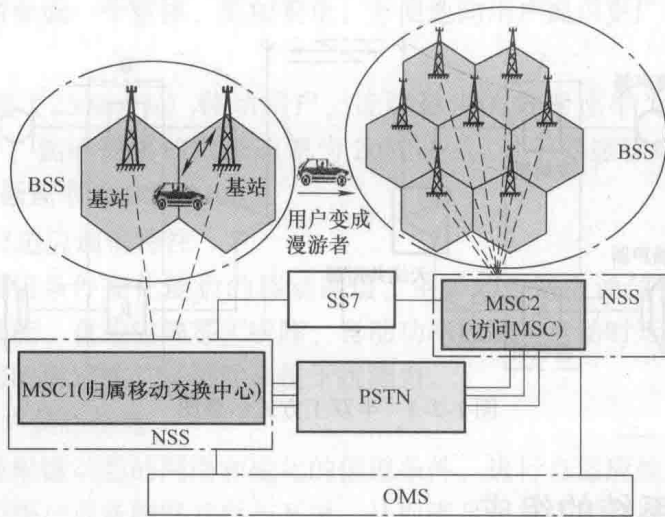


图 1-3-2 蜂窝移动通信系统的构成示意图

1.3.2 卫星移动通信系统

卫星移动通信系统，其特点是利用卫星通信的多址传输方式，为全球用户提供大跨度、大范围、远距离的漫游服务和机动、灵活的移动通信服务，是陆地蜂窝移动通信系统的扩展和延伸，在偏远的地区、山区、海岛、受灾区、远洋船只及远航飞机等应用场景，更具独特的优越性。

卫星移动通信系统，按所用轨道分，可分为静止轨道 (GEO)、中轨道 (MEO) 和低轨道 (LEO) 卫星移动通信系统。GEO 系统技术成熟、成本相对较低，目前可提供业务的 GEO 系统有 INMARSAT 系统、北美卫星移动系统 MSAT、澳大利亚卫星移动通信系统 Mobilesat 系统；LEO 系统具有传输时延短、路径损耗小、易实现全球覆盖及避开了静止轨道的拥挤等优点，目前典型的系统有 Iridium、Globalstar、Teldest 等系统；MEO 则兼有 GEO、

LEO 两种系统的优缺点,典型的系统有 Odyssey、AMSC、INMARSAT-P 系统等。另外,还有区域性的卫星移动系统,如亚洲的 AMPT、日本的 N-STAR、巴西的 ECO-8 系统等。

卫星移动通信主要采用 TDMA 和 CDMA 多址连接技术,WARC-92 标准为卫星移动业务划分了频率,其中空到地链路 84.2MHz 带宽(1525~1530MHz、2170~2200MHz、2483.5~2500MHz、2500~2520MHz、1613.8~1626.5MHz),地到空链路 66.5MHz 带宽(1610~1626.5MHz、1980~2010MHz、2670~2690MHz)。

由于卫星移动通信系统种类繁多,非对地静止卫星的使用,增加了卫星间协调的难度,不仅非静止卫星之间需要进行频率协调,非静止卫星与静止卫星之间、与地面无线电业务之间都需要频率协调。

卫星有着巨大的覆盖面积,一颗同步通信卫星就可以覆盖地球面积的 1/3,只要有三颗同步卫星就可以实现全球除南北极之外地区的通信。卫星移动通信已成为世界上洲际以及远距离的重要通信方式,并且在部分地区的陆、海、空领域的车、船、飞机移动通信中也占有市场。地球同步通信卫星示意图如图 1-3-3 所示。

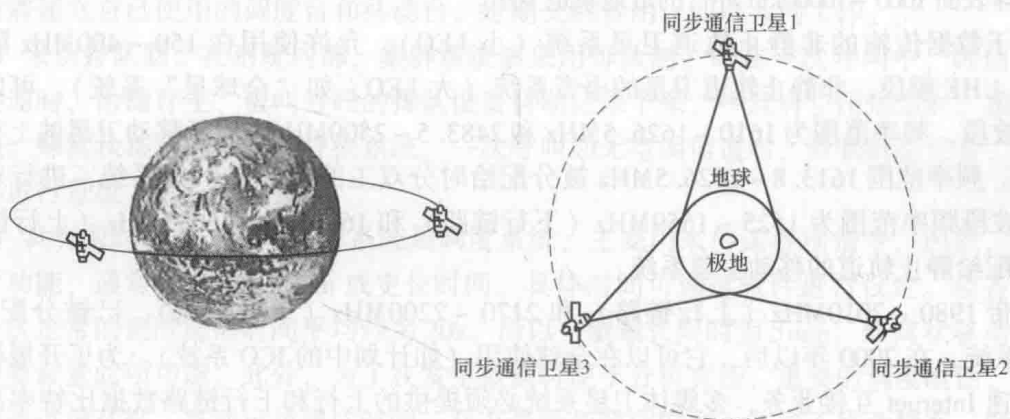


图 1-3-3 地球同步通信卫星示意图

但是,同步通信卫星无法实现个人手机的移动通信。解决这个问题可以利用中低轨道的通信卫星。中低轨道卫星距离地面只有几百千米或几千千米,它在地球上空快速绕地球转动,因此叫作非同步地球卫星,或称移动通信卫星,这种卫星系统是以个人手机通信为目标而设计的,比较典型的有铱星系统、全球星系统等。这些系统用几十颗中、低轨道小型卫星把整个地球表面覆盖起来,就好像把一个覆盖全球的蜂窝移动通信系统“倒过来”设置在天空上。每颗卫星可以覆盖直径为几百千米的面积,比地面蜂窝小区基站的覆盖面积大得多。

卫星形成的覆盖站区在地球表面上是迅速移动的,大约两个小时就绕地球一周,因此对用户的手机来说,也有“过区切换”的问题。与地面蜂窝系统不同的是,地面蜂窝系统中是用户移动通过小区,而卫星移动通信系统则是小区移动通过用户,这种不同使卫星移动通信系统解决“过区切换”问题比地面蜂窝系统还要简单一些。单覆盖区卫星通信系统示意图如图 1-3-4 所示。

移动通信卫星能够为用户直接提供语音通信服务,转发电视节目是由电视直播卫星来完成的。用户可以直接收看或收听卫星转发的节目,但一般只能在固定的地点收看或收听节目。电视直播卫星的特点与移动通信卫星大致相似,即高功率发射下行信号,拥有大面积太

阳电池阵（保证提供千瓦级以上电源）、高精度轨道控制和天线指向等。这些都是为了减轻地面用户负担，使他们的接收终端小型化。

当代电视直播卫星采用了数字视频压缩技术，因而大大节省了频带宽度，提高了传输视频数据的速率，这种采用数字视频压缩技术的卫星，可提供上百套电视节目，家庭只需装一个直径0.45m的天线和接收译码器，就能直接在电视机上收看高质量的卫星电视节目。

移动卫星业务（Mobile Satellite Service, MSS），计划在全球范围内提供相同类型的业务，它不必依赖于蜂窝系统网络或个人通信业务系统发射塔，就能向全世界范围内任一电话提供无线连接。这些业务将使用在地球表面1000~10000km环行的近地轨道卫星。

用于数据传输的非静止轨道卫星系统（小LEO），允许使用在150~400MHz附近的VHF和UHF频段。非静止轨道卫星的语音系统（大LEO，如“全球星”系统），可以使用L和S波段，频率范围为1610~1626.5MHz和2483.5~2500MHz，用于移动卫星的上行和下行链路。频率范围1613.8~1626.5MHz被分配给时分双工的“铱星”等系统，进行双向通信。L波段频率范围为1525~1559MHz（下行链路）和1626.5~1660.5MHz（上行链路），已被分配给静止轨道的移动卫星系统。

频带1980~2010MHz（上行链路）和2170~2200MHz（下行链路），已被分配给S-UMTS系统，在2000年以后，它可以在全球使用（如计划中的ICO系统）。为了开展视频业务和高速Internet互连业务，多媒体卫星系统必须提供的上行和下行链路数据比特率高达几兆比特每秒数量级。这要求很宽的频带，在10GHz以下已没有可用频带。因此，多媒体卫星通信大多会采用11/14GHz（Ku频段），20/30GHz（K/Ka频段），甚至40/50GHz（U或V频段）。频率150/400MHz，4~7GHz，15GHz和20/30GHz，原来已用于卫星与固定地球站之间的馈电链路通信。S-PCN或多媒体卫星系统（如Iridium和Teledesic）使用星间链路在卫星之间直接连接。这些星间链路可以工作在23GHz、60GHz或光波频率。

移动卫星系统的特点如下：

- 1) 能够迅速和完全地部署覆盖广大地区。
- 2) 拥有全球用户。
- 3) 适用于广大的农村环境。
- 4) 性能价格比高。
- 5) 适用于职业旅行者（如记者等）和商人。
- 6) 适用于地面移动系统不能覆盖的地区（地理上扩展）。
- 7) 能支持和应对突发事件及安全方面的需求。

1.3.3 集群调度移动通信系统

集群调度移动通信（Mobile Trunked Dispatch Communication）又称集群调度系统，简称

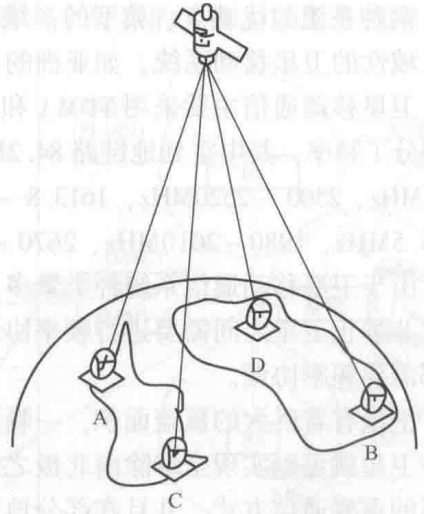


图 1-3-4 单覆盖区卫星通信系统示意图