

现代通信技术应用丛书

# 现代移动通信 技术

綦朝辉 主编 刘肖强 邓宪法 编著

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

现代通信技术应用丛书

# 现代移动通信技术

蔡朝辉 主编

刘肖强 邓宪法 编著

国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书是一本专门介绍现代移动通信技术的图书,除了介绍移动通信的一般原理,同时兼顾了各代移动通信系统的发展过程、相互联系以及各种移动通信关键技术。

本书在内容编排上共分4部分。第一部分主要对现代移动通信技术的概况进行简要介绍;第二部分主要介绍各种典型移动通信系统;第三部分主要介绍移动通信领域的关键技术;第四部分对未来移动通信进行了展望。

本书内容丰富、新颖,系统性强,并具有较强的实用性,可供从事移动通信工作的工程技术人员和管理人员参考阅读,也可供相关院校和各类培训班作为教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代移动通信技术/刘肖强,邓宪法编著.—北京:  
国防工业出版社,2005.8

(现代通信技术应用丛书.蔡朝辉主编)

ISBN 7-118-04023-1

I.现... II.①刘...②邓... III.移动通信-通  
信技术 IV.TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第074859号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 20½ 467千字

2005年8月第1版 2005年8月北京第1次印刷

印数:1—4000册 定价:30.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

## 前 言

人类社会一直从自然界获取、处理、分析、传递、交换和利用信息。从 20 世纪 70 年代以来,一场以信息技术为中心的新技术革命正席卷全球。在人类社会的 3 大基础要素“物质、能源、信息”中,“信息”的地位已上升到一个崭新的高度。这场新技术革命以高科技为标志,对世界政治、经济和社会生活的影响已经远远超过了以往任何一次技术革命,它使传统的工业技术、农业技术和军事技术发生了根本性的变化,使人类社会由工业社会跨入了信息社会的新时代。

在过去的几十年,通信技术得到了迅猛的发展和广泛的应用,极大地推动了社会经济的发展,改变着人们的生活方式。其中在与人们生活联系最紧密的个人通信方面,需要无线通信技术来实现“任何时间、任何地点以任何方式进行信息交流”。所以移动通信的迅速发展给人类的生活带来了极大的便利。在过去的 20 年,移动通信已经历了从第一代模拟通信到第二代数字通信再到第三代多媒体通信的 3 个阶段。在我国,移动通信也是最具发展活力的产业之一。与世界上移动通信普及率最高的国家相比,我国移动通信的发展潜力巨大。

通信技术、计算机技术和信号处理技术构成了信息科学的 3 大支柱。它们在微电子技术支撑下,交叉融合,互相支持,互相促进,飞速发展,从而大大加速了社会信息化进程。

移动通信是个神奇新兴的产业,它使人类居住的地球变得越来越小,在任何时间、任何地点、与任何人进行任何类型的信息业务都能够得以实现。但是要做到这些并不容易。它意味着移动通信网的覆盖面要大、覆盖质量要好、业务种类要多,在本地、全国各地以至全球任何地方,利用手机不仅可以打电话,还可以看新闻、接收电子邮件、炒股、购物等。现代移动通信技术的主要标志就是通信技术和计算机技术、数字信号处理技术的融合。由于大量采用计算机技术和信号处理技术,并有大规模集成电路技术的支持,在通信领域取得了许多突破性的进展,为信息化社会提供了物理技术基础。

全球范围内移动用户数的迅猛增长和移动业务主体的快速转变,预示手持移动终端将逐步取代 PC 成为人机接口的主要设备。为高速业务和多媒体业务设计的第三代移动通信系统(3G)在通信的容量与质量等方面将远远不能满足要求,世界各国在推动第三代移动通信系统商用化的同时,目前已经把研究重点转入下一代移动通信的先期研究,在概念和技术上寻求创新和突破,从而使无线通信的容量和速率有十倍甚至百倍的提高。

现代移动通信技术的发展已经经历了其自身发展的历程。从第一代移动通信系统,到当今正在使用的以 GSM 为代表的第二代移动通信系统和以 GPRS 技术为代表的第 2.5 代移动通信系统,到蓬勃发展的第三代移动通信系统(3G),以及已逐渐崭露头角的第四代移动通信系统,现代移动通信技术的发展逐步趋向成熟化、现代化、科技化,为人类的

#### IV

生产生活提供了很多方便。

通信技术融入计算机技术和数字信号处理技术后发生了革命性的变化,是未来信息社会的支柱。正是由于移动通信技术对于社会发展的重要性,对于专业的通信技术人才的需求变得越来越强烈,通信技术的普及已经迫在眉睫。高等学校、工程技术人员和技术管理人员应能适应这一巨大变化,承担向信息化社会过渡的任务。这迫切要求他们除了掌握坚实的理论基础之外,还应具有更宽广的知识面和强烈的创新意识,能掌握工程技术领域的新成就,了解科学技术的发展动向。这也是对编写本书的要求。

本书共分8章,按照移动通信技术领域中所涉及的各种技术主题的发展顺序进行编排,由浅入深地介绍了有关移动通信技术的方方面面,并配以丰富的图表和图片,使读者在阅读本书的同时能够形象地掌握其中最根本的原理。本书强调技术的通用性与时效性的结合,便于对此领域技术有兴趣的读者和从事相关工作的技术人员系统地学习和掌握现代移动通信技术,提高水平。可以说这是一本在该技术领域不可多得的、非常全面的书籍。

由于时间仓促,错误和不妥之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编者

# 目 录

<b>第 1 章 通信系统与通信网络</b> .....	1
1.1 通信的发展史 .....	1
1.1.1 电磁波地发现 .....	1
1.1.2 无线电通信的诞生 .....	1
1.1.3 蜂窝式移动电话的诞生 .....	2
1.1.4 GSM 手机的出现.....	2
1.1.5 通信发展简史 .....	3
1.2 通信的基础知识 .....	4
1.2.1 通信概述 .....	4
1.2.2 信号的传递方式 .....	7
1.2.3 信号的分类 .....	8
1.2.4 系统与通信系统 .....	8
1.3 通信系统的组成与工作原理 .....	8
1.3.1 信源 .....	9
1.3.2 发送变换器 .....	9
1.3.3 信道 .....	9
1.3.4 接收变换器 .....	9
1.3.5 通信系统的基础设施.....	10
1.4 通信网.....	10
1.4.1 通信网的拓扑结构.....	10
1.4.2 通信网的分类.....	11
1.5 通信系统的传输.....	12
1.6 通信系统的主要性能指标.....	14
1.7 通信系统的关键技术.....	15
1.8 集群通信系统.....	20
<b>第 2 章 移动通信系统</b> .....	25
2.1 移动通信技术概述.....	25
2.1.1 GSM 与 CDMA .....	25
2.1.2 移动智能网络技术.....	25
2.1.3 GPRS 与 CDMA2000 1x .....	26

2.1.4	3G .....	26
2.1.5	4G .....	27
2.2	移动通信技术的发展历史 .....	27
2.2.1	第一代移动通信系统 .....	27
2.2.2	第二代移动通信系统 .....	29
2.2.3	第三代移动通信系统 .....	32
2.2.4	第四代移动通信系统 .....	34
2.2.5	网络结构的演化过程 .....	35
2.2.6	技术交互方面的演化 .....	38
2.3	移动通信技术的特点与关键技术 .....	40
2.3.1	移动通信技术的特点 .....	40
2.3.2	移动通信技术的关键技术 .....	41
2.4	移动通信系统的分类及工作方式 .....	41
2.4.1	模拟移动通信系统 .....	41
2.4.2	数字移动通信系统 .....	42
2.4.3	移动通信的工作方式 .....	43
2.5	移动通信系统的组成 .....	48
2.6	移动通信系统的频段使用方式 .....	49
2.7	移动通信技术的发展趋势 .....	50
<b>第3章</b>	<b>无线信道与信道编码技术 .....</b>	<b>52</b>
3.1	信道概述 .....	52
3.1.1	信道的分类 .....	52
3.1.2	有线信道与无线信道 .....	53
3.2	无线信道 .....	58
3.2.1	信道的特性 .....	58
3.2.2	无线信道模型 .....	59
3.2.3	无线信道标准 .....	60
3.2.4	无线信道的噪声与容量 .....	62
3.3	信道编码技术 .....	64
3.3.1	信道编码技术综述 .....	64
3.3.2	线性分组码 .....	72
3.3.3	循环码 .....	80
3.3.4	卷积码 .....	87
<b>第4章</b>	<b>GSM 数字蜂窝移动通信系统 .....</b>	<b>92</b>
4.1	数字移动通信发展概况 .....	92
4.1.1	从“模拟”到“数字”变革 .....	92
4.1.2	大区制移动通信系统 .....	95

4.1.3	小区制通信系统	95
4.2	数字蜂窝移动通信系统	98
4.2.1	通信网的数字化与关键技术	98
4.2.2	数字化带来的效果	102
4.3	GSM 通信系统的历史背景	103
4.4	GSM 系统的基本组成	104
4.4.1	移动台	105
4.4.2	交换网络子系统	106
4.4.3	无线基站子系统	107
4.4.4	操作维护子系统	108
4.5	GSM 系统的分层结构	108
4.5.1	Cell	108
4.5.2	LA	109
4.5.3	MSC/VLR	109
4.5.4	PLMN 服务区域	109
4.5.5	GSM 服务区域	110
4.6	GSM 的网络结构	110
4.6.1	中国移动通信网络的网络组成	110
4.6.2	二级汇接中心内的网络结构	110
4.6.3	移动业务本地网的网络结构	111
4.6.4	信令网络结构	111
4.6.5	GSM 较模拟网的优势	111
4.6.6	GSM 系统与 TACS 系统的性能比较	112
4.7	GSM 网络的信令协议	112
4.7.1	GSM 定义的接口名称	112
4.7.2	GSM 接口协议	113
4.7.3	GSM 的网络接口	115
4.7.4	GSM 的频率配置	116
4.7.5	GSM 网络的无线通信接口	117
4.8	GSM 网络的业务	119
4.8.1	电信业务	119
4.8.2	承载业务	120
4.8.3	GSM 系统提供的补充业务	122
4.9	编号、鉴权和加密	125
4.9.1	编号与路由	125
4.9.2	鉴权与加密	126
<b>第 5 章</b>	<b>调制技术</b>	<b>128</b>



5.1	调制技术概述 .....	128
5.1.1	调制技术的产生 .....	128
5.1.2	调制技术的分类 .....	128
5.2	数字调制技术概述 .....	129
5.2.1	模拟调制与数字调制 .....	129
5.2.2	影响数字调制的因素 .....	130
5.2.3	数字调制的基本方式 .....	131
5.2.4	同步检波和异步检波 .....	139
5.2.5	数字调制技术的主要性能指标 .....	142
5.2.6	当今蜂窝系统、PCS 和无绳电话采用的主要调制方式 .....	143
5.2.7	数字调制技术的分类 .....	143
5.3	线性调制技术 .....	144
5.3.1	二进制移相键控(BPSK)调制 .....	144
5.3.2	差分移相键控(DPSK) .....	145
5.3.3	正交移相(四相相移)键控(QPSK) .....	147
5.3.4	差分四相相移键控(DQPSK)调制 .....	149
5.3.5	交错正交四相相移键控(OQPSK) .....	149
5.3.6	$\pi/4$ 相移四相 QPSK 键控调制 .....	151
5.3.7	线性调制系统的噪声性能分析 .....	152
5.4	非线性(角度)调制 .....	155
5.4.1	调频信号的一般表达式 .....	155
5.4.2	调相信号的一般表达式 .....	156
5.4.3	调频与调相的关系 .....	156
5.4.4	单音调频 .....	157
5.4.5	单音调相 .....	157
5.4.6	单音调角波瞬时频率和相位 .....	158
5.5	恒包络调制技术 .....	158
5.5.1	最小频移键控调制(MSK) .....	158
5.5.2	高斯滤波最小频移键控(GMSK) .....	159
5.6	$M$ 进制调制技术 .....	161
5.6.1	$M$ 进制数字振幅调制(MASK) .....	162
5.6.2	$M$ 维频移键控(MFSK) .....	163
5.6.3	$M$ 进制相移键控(MPSK) .....	164
5.7	扩频通信技术简介 .....	166
第 6 章	信道复用和多址方式 .....	169
6.1	信道复用概述 .....	169
6.1.1	多路复用与多址技术 .....	169

6.1.2	信道共享技术 .....	169
6.2	信道复用的方式 .....	170
6.2.1	频分多路复用 .....	170
6.2.2	正交频分复用(OFDM)和编码正交频分复用(COFDM) .....	172
6.2.3	时分多路复用 .....	176
6.3	多址技术概述 .....	178
6.3.1	多址接入的基本概念 .....	178
6.3.2	多址接入方式 .....	178
6.3.3	多址接入与信道 .....	178
6.3.4	多址技术的分类 .....	179
6.4	FDMA 方式 .....	180
6.4.1	FDMA 系统的工作原理 .....	180
6.4.2	FDMA 系统的特点 .....	180
6.5	TDMA 方式 .....	181
6.5.1	TDMA 系统的工作原理 .....	181
6.5.2	TDMA 系统的特点 .....	183
6.6	CDMA 方式 .....	183
6.6.1	CDMA 系统的基本原理 .....	183
6.6.2	CDMA 系统的分类 .....	184
6.6.3	CDMA 系统的特点 .....	185
6.6.4	CDMA 系统的容量 .....	187
6.6.5	CDMA 系统的关键技术详解 .....	188
6.7	扩频通信技术 .....	190
6.7.1	扩频通信技术的产生背景 .....	190
6.7.2	扩频通信的基本原理 .....	191
6.7.3	扩频通信与有线方式的比较 .....	191
6.7.4	扩频增益和抗干扰容限 .....	192
6.7.5	扩频模型与扩频信号 .....	193
6.7.6	扩频通信的优点与方式 .....	196
6.8	ALOHA 多址技术 .....	208
6.8.1	ALOHA 技术的历史 .....	208
6.8.2	ALOHA 协议 .....	208
6.8.3	ALOHA 信道效率 .....	209
6.8.4	扩展 ALOHA 多址技术 .....	210
6.9	卫星通信当中的多址技术 .....	211
6.9.1	卫星通信中的频分多址 .....	211
6.9.2	卫星通信中的时分多址 .....	213

6.9.3	卫星通信中的空分多址 .....	213
6.9.4	卫星通信中的码分多址 .....	214
6.9.5	VSAT 系统的多址接入技术 .....	216
<b>第 7 章</b>	<b>无线网络和无线业务</b> .....	<b>219</b>
7.1	无线网络概述 .....	219
7.1.1	无线通信的传输环境 .....	219
7.1.2	无线网络与有线网络的比较 .....	220
7.2	无线网络应用协议(WAP) .....	220
7.2.1	WAP 概述 .....	220
7.2.2	WAP 的起源 .....	222
7.2.3	WAP 的体系结构 .....	224
7.2.4	WAP 的通信协议结构 .....	225
7.2.5	通信协议的运作方式 .....	228
7.2.6	WAP 1.0 版本的通信协议 .....	231
7.2.7	WAP 协议发展出的特殊功能 .....	231
7.2.8	WAP 网关的运作方式 .....	233
7.2.9	WAP 协议的特色 .....	234
7.2.10	WAP 应用服务的未来 .....	235
7.3	GPRS 基础知识 .....	235
7.3.1	GPRS 系统概述 .....	235
7.3.2	GPRS 标准的制定过程 .....	236
7.3.3	GPRS 网络的逻辑结构 .....	237
7.3.4	GPRS 网络的物理结构 .....	240
7.3.5	GPRS 的通用网络结构 .....	242
7.3.6	GPRS 网络的特点 .....	242
7.4	GPRS 协议 .....	243
7.4.1	GPRS 协议基础 .....	243
7.4.2	移动分组数据传递 .....	244
7.4.3	GPRS 协议模型 .....	244
7.4.4	GPRS 的移动性管理 .....	245
7.4.5	GPRS 的传递特性 .....	249
7.4.6	GPRS 参考模型与移动台分类 .....	250
7.4.7	GPRS 的高级功能 .....	251
7.5	GPRS 业务 .....	256
7.5.1	GPRS 业务概述 .....	256
7.5.2	GPRS 无线业务的应用特征 .....	257
7.5.3	GPRS 业务的优势 .....	258

7.5.4	无线网络的业务范围 .....	258
<b>第 8 章</b>	<b>移动通信的应用领域与技术前瞻</b> .....	<b>260</b>
8.1	数字微波通信系统 .....	260
8.1.1	微波及其特点 .....	260
8.1.2	天线的基本理论 .....	264
8.1.3	微波通信技术概况 .....	267
8.2	数字光纤通信系统 .....	272
8.2.1	数字光纤通信系统概述 .....	272
8.2.2	光纤通信系统的发展及系统组成 .....	278
8.2.3	波分复用技术 .....	285
8.2.4	未来光纤通信的发展趋势 .....	287
8.3	卫星移动通信 .....	289
8.3.1	卫星移动通信系统概述 .....	289
8.3.2	几种典型的卫星通信系统 .....	296
8.4	深入分析第三代移动通信技术 .....	300
8.4.1	从第二代到第三代的演化 .....	300
8.4.2	第三代移动通信在我国的发展 .....	302
8.4.3	IMT-2000 的网络标准 .....	303
8.4.4	IMT-2000 的系统结构 .....	303
8.4.5	ITU 对 IMT-2000 的相关规定 .....	304
8.4.6	无线传输技术(RTT) .....	306
8.4.7	IMT-2000 的地面传输标准 .....	307
8.5	第四代移动通信技术 .....	308
8.5.1	移动通信时代的交替 .....	308
8.5.2	OFDM 在第四代移动通信系统中的应用 .....	308
8.6	CDMA 与 OFDM 的技术比较 .....	309
8.7	第四代移动通信技术详解 .....	310
8.7.1	第四代移动通信技术的界定 .....	310
8.7.2	第四代移动通信技术的性能优势 .....	311
8.7.3	第四代移动通信系统的网络结构 .....	311
8.7.4	第四代移动通信系统的关键技术 .....	311
8.7.5	第四代移动通信面临的问题 .....	312
8.7.6	全球第四代移动通信概况 .....	312
8.7.7	我国的第四代移动通信概况 .....	313
	<b>参考文献</b> .....	<b>315</b>

# 第 1 章 通信系统与通信网络

## 1.1 通信的发展史

### 1.1.1 电磁波的发现

电报和电话的相继发明,使人类获得了远距离传送信息的重要手段。但是,电信号都是通过金属线传送的。线路架设到的地方,信息才能传到,因此限制了信息的传播范围,特别是在大海、高山等地区。有没有能让信息无线传播的办法?

首先是在 1820 年,丹麦物理学家奥斯特发现,当金属导线中有电流通过时,放在它附近的磁针便会发生偏转。英国物理学家法拉第明确指出:奥斯特的实验证明了“电能生磁”,即所谓的“电磁感应”现象。

著名的科学家麦克斯韦进一步在理论上用数学公式表达了法拉第等人的研究成果。他认为:变化的电场和磁场是相互作用的,如此一层层地像水波一样推开去,便可把交替的电磁场传得很远。

亨利希·鲁道夫·赫兹证明了电磁波的存在。1887 年的一天,赫兹在两个相隔很近的金属小球上加上高电压,随之便产生一阵噼噼啪啪的火花放电。这时,在他身后放着一个没有封口的圆环。当赫兹把圆环的开口处调小到一定程度时,便看到有火花越过缝隙。通过这个实验,他得出了电磁能量可以越过空间进行传播的结论。

### 1.1.2 无线电通信的诞生

人类历史上第一次无线电广播是由美国物理学家费森登主持和组织的,这套广播设备是由费森登花了 4 年的时间设计出来的,包括特殊的高频交流无线电发射机和能调制电波振幅的系统,从此,电波就能载着声音展翅飞翔了。

在此之前,无线电广播之父——美国人巴纳特·史特波斐德,在 1886 年便开始研究无线电波。直至今日,在州立穆雷大学仍树有“无线电广播之父——巴纳特·史特波斐德”的纪念碑。

与此同时,无线电通信逐渐被用于战争。在第一次世界大战和第二次世界大战中,它都发挥了很大的威力,以致于有人把第二次世界大战称之为“无线电战争”。

1920 年,首次商业无线电广播出现在美国匹兹堡的 KDKA 电台。随后广播很快成为一种重要的信息媒体而受到各国的重视。后来,无线电广播逐渐发展,淘汰了调幅制,采用了调频制,到了 20 世纪 60 年代,更富有现场感的调频立体声广播也出现了。

无线电频段有着十分丰富的资源。在第二次世界大战中,出现了一种把微波作为信息载体的微波通信。由于这种方式通信容量大,至今仍作为远距离通信的主力之一而受到重视。

### 1.1.3 蜂窝式移动电话的诞生

电话的发明使人们充分享受到了现代信息社会的方便,但这仅是一个开始,而且普及范围也并不广。然而,人们并不满足,更希望有一种能够随身携带、不用电话线路的电话,随着无线电报和无线广播的发明,这个愿望得以实现。

肩负着人类的希望,通信领域的科学家进行了不懈的努力,由于两次大战的需要,早期移动通信的雏形已经开发出来,如步话机、对讲机等。从 20 世纪 50 年代开始,通信设备使用 150MHz 频率,后来发展为 400MHz,紧接着 20 世纪 60 年代晶体管的出现,在公安、消防、出租汽车等行业中出现并应用了很多专用无线电话系统。这些系统的缺点是仅能在少数特殊人群中使用且携带不便,尚需要进一步改进、提高。

随着对电磁波研究的深入以及大规模集成电路的问世,摆在科学家面前的障碍已被一一扫清,当前的移动电话主要由送/受话器、控制组件、天线以及电源 4 部分组成。此外还包括话筒、耳机以及数字/字母显示器、控制键和拨号键等附属设备。控制组件具有调制、解调等许多重要功能。由于手持式移动电话机是在移动中使用,所需电力全靠自备的电池来供给,当时是使用镍镉电池,可反复充电。

在通信系统的网络结构方面,科学家首先想到蜂巢的结构。在建筑学上,蜂巢是一种经济且高效的结构方式,这一理论巧妙地解决了有限高频频率与众多高密度用户需求量的矛盾,以及跨越服务覆盖区信道自动转换的问题。它的主要做法是:在相邻的小区内使用不同的频率,在相距较远的小区内采用相同的频率。这样就可以有效地避免频率冲突,同时节省了频率资源。

20 世纪 70 年代初,贝尔实验室提出蜂窝系统覆盖小区的概念和相关理论后,立即得到迅速的发展,很快进入了实用阶段。在蜂窝式的网络中,每一个地理范围(通常是一座大中城市及其郊区)都有多个基站,并受一个移动电话交换机的控制。从理论上讲,蜂窝移动电话系统可容纳无限多的用户。第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统,主要特征是用模拟方式传输模拟信号,美国、英国和日本都开发了各自的系统。

在 1975 年,美国联邦通信委员会(FCC)确定了陆地移动电话通信和大容量蜂窝移动电话的频谱,为移动电话投入商用做好了准备,也为开放移动电话市场做好了准备。1979 年,日本首先开放了世界上第一个蜂窝移动电话网。同年,AMPS 制模拟蜂窝式移动电话系统在美国芝加哥实验成功,并于 1983 年 12 月在美国投入商用。

在 1987 年,我国开始使用模拟式蜂窝电话通信,1987 年 11 月,第一个移动电话局在广州开通。

### 1.1.4 GSM 手机的出现

模拟式蜂窝电话的迅速发展,也开始显现暴露出它的缺点。比如说,在人口密集的大城市,就可能造成蜂窝电话的频率资源严重不足,同时,模拟式蜂窝电话易被窃听和雷击,造成对用户利益的危害。

20 世纪 80 年代后期,大规模集成电路、微型计算机、微处理器和数字信号处理技术的大量应用,为开发数字移动通信系统提供了技术保障。

1982 年,移动通信特别组(GSM)在欧洲正式成立,这个组织的任务是制定“泛欧洲”

移动通信漫游的标准。GSM 原本是欧洲成立的一个移动通信小组的简称,这个小组在欧洲的蜂窝移动通信方面作了大量的工作,他们对 8 个不同的实验方案进行了论证,最后制定了泛欧洲的数字蜂窝移动通信系统。GSM 移动电话采用 EFR(增强全速率编码)技术后,通信质量明显得到改善,加上其业务种类多、易于加密、抗干扰能力强、用户设备小、成本低等优点,加快了移动通信技术的发展。

随着 GSM 的迅猛发展,其逐渐成为现代移动通信系统中的主力军。我国的第一个 GSM 网络是 1993 年 9 月 18 日在浙江嘉兴首先开通的。1994 年 10 月,第一个省级数字移动通信网在广东省开通,从此 GSM 手机在国内迅速成长,发展成为今天几乎是人手一机的光辉业绩。

### 1.1.5 通信发展简史

1837 年,莫尔斯发明有线电报。

1844 年,实时性长途通信开始启动,并以 4 个字符构成字母,以变长三进制莫尔斯码传输电报信息。

1865 年,麦克斯韦关于电磁理论研究提出了麦克斯韦方程组,并预测辐射波的存在。

1875 年,利用定长二进制码传送 E-mail 电报,利用博多电报码,实现电传打字传送信息。

1875 年,聋人教师贝尔发明了电话。

1887 年,赫兹对电磁波进行了实验。

1894 年,洛奇短距离无线通信实验。

1901 年,马可尼发明无线电波,并可跨越大西洋,实现长途通信。

1904 年,弗莱明发明了真空二极管。

1905 年,费森登以无线通道传输话音、音乐信号。

1906 年,弗里斯特发明真空三极管。

1918 年,阿姆斯特朗发明超外差无线接收机。

1928 年,发恩斯沃斯推出第一台全电子式电视机,并于 1939 年在英国 BBC 电台正式投入商用电视广播。

1928 年,乃奎斯特发表数据信号传输理论,并相继提出消除符号间干扰的 3 个不朽准则。

1933 年,阿姆斯特朗发明频率调制技术 FM。

1937 年,里夫斯发明数字话音传输 PCM,并用于第二次世界大战的话音加密通信,构成 24 路系统。

1943 年,诺斯提出在高斯噪声背景下,数字信号最佳结构的匹配滤波器原理。

1943—1946 年,推出第一台数字计算机 ENIAC。

1947 年,前苏联的捷尔尼科夫提出信号几何表示理论。

1948 年,香农在贝尔技术杂志上发表了“数字通信的理论基础”,此后推出香农定理。

1948 年,布莱顿在贝尔实验室发明了晶体二极管,1951 年晶体三极管问世。

20 世纪 50 年代,实现远程计算机通信。

1958年,诺伊斯开发第一个集成电路 IC,此后集成度日益增大。

从 1945 年提出利用地球轨道卫星通信,到 1955 年提出同步卫星通信,从 1952 年发射第一颗人造卫星,并传送 21 天遥测信号,到 1962 年贝尔实验室完成 Telstar I 通信,转播电视节目。

20 世纪 50 ~ 70 年代,计算机通信网逐步形成并开始大力发展。

1965 年,洛基提出自适应思想。

1966 年,光通信问世。实际上早在 1959 年就发明了激光,此后不断研究光通信所用的传输媒体以及光纤芯材料的传输损耗,直至今日,此项指标已经降低到仅有 0.2dB/km 或更小。

20 世纪 80 年代初期,推出了各种高效调制技术原理和新型 Modem。

近 10 至 20 年来,先进的微电子技术、数字计算机、光波系统,使现代通信发生着戏剧性的变革。一个数字化、个人化的世界立体通信网与数字世界正在形成,优质宽带多媒体业务开始充实到人类信息领域。

## 1.2 通信的基础知识

### 1.2.1 通信概述

#### 1. 通信的概念

所谓通信,就是信息的传递。这里的“传递”可以被认为是一种信息传输的过程或定义。

随着计算机技术和计算机网络技术的不断发展,计算机网络通信进入了我们的生活。通过因特网,我们可以足不出户地看报纸、听新闻、查资料、逛商店、玩游戏、发邮件等。网络通信丰富多彩的功能极大地拓宽了通信技术的应用领域,使通信深入到人们的物质和文化生活的各个角落,成为人们日常生活不可缺少的组成部分,有关通信方面的知识和技术也就成为了当代人应该了解和掌握的最热门的知识之一。

#### 2. 通信系统模型

通信的目的就是传送信息,通信中应该包含发信方、收信方、传送的途径和传送方式等。最简单的通信系统模型如图 1-1 所示。

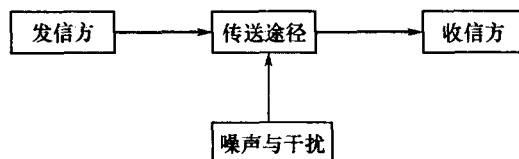


图 1-1 通信系统模型

人们经过长期不断的研究、总结,把数字、文字、声音等多种信息载体的不同形式概括为离散和连续两大类,离散是指离散取值,连续是指连续取值。离散的载体用数字信号表示,连续的载体用模拟信号表示,再用与之对应的不同形式的通信系统来传送它们,这就



产生了数字通信系统与模拟通信系统。模拟通信系统解决模拟信号的传送,数字通信系统解决数字信号的传送。

当然“模拟”和“数字”的表现形式并不是绝对的。模拟信号既可以通过模拟通信系统传送,也可以通过数字通信系统传送,而数字信号既可以通过数字通信系统传送,也可以通过模拟通信系统传送。

### 3. 通信频段的划分

通信系统对于信道的频段有一个选择性与合理性分配的问题,以便合理利用并尽量节省频谱资源,满足有效与可靠通信的要求。

对于有线信道,重要的是选择不同的传输媒体和宽带媒体的信道频谱复用。一般根据信道业务的要求,考虑它们各自所要求的优先信道的性能特征(如损耗、延时与相移特性,以及最低与最高载频等)来确定频段。

比较复杂的问题是,各种无线信道要根据空间电磁波的传播特点,来选择与适当分配工作频段。国际电信联盟无线委员会(ITU-R)对频谱分配进行了具体规划,各国各部门都要科学地、严格地控制频点的使用。

电磁波从发射到接收的途径大体有3种。

- (1) 地波:靠地面进行传播。
- (2) 空间波:靠空间两点间的直线传播。
- (3) 天波:靠地球上空的电离层反射到地面的单跳或多跳方式传播。

沿地表传播的地波,因沿地面电磁波跳跃性传播产生感应电流,会受到地面这种非良性导体衰减,且频率越高,集肤效应越大,损耗就越大。因此,地波适于传输长波和中波,如民用广播 535kHz~1 605kHz 频段就是一例。

从几兆赫兹到几十兆赫兹的短波适用于天波传播,收发间的距离远大于地波,可达数百千米到上千千米,这决定于天线入射角的大小。前面已经提到,电离层会对反射的电磁波进行吸收、衰减,电力浓度越大则损耗越大,而这种因电离层随机变化导致的电磁波起伏衰减就是衰落现象。

如果短波更短,即更高频段,数百兆赫兹到数吉赫兹( $10^9\text{Hz}$ )以上,则进入微波波段。

这一频段的电磁波,电离层吸收很少,不再被反射回地面。如卫星通信,电磁波可穿透电离层传播到卫星。这种空间波传播与光类似,不仅可以直线传播,因其具有绕射作用,也可以绕过一些局部障碍物。例如,微波接力属于地面点一点的直线传播,其除了受地面环境的影响外,因天线不便架设更高,所以接力段一般四五十千米,通常称为“视距”通信。

无线通信均需使收发天线与波长 $\lambda$ 匹配,即天线尺寸为 $\frac{1}{4}\lambda$ 。所以,如果利用全向的民用广播电台天线不可能稳定架设 100m 以上;而利用 900MHz 频段的 GSM 手机天线,就可以将天线缩短至几厘米长,为移动手机小型化和便携化带来很大方便。

所有无线通信都是通过自由空间传播,为了合理地利用频段,使各地区、各种通信不会互相干扰,ITU 科学地分配了各种通信系统所适用的频段,如表 1-1 所列。