

国际先进通信技术译丛

移动终端系统设计

Mobile Handset Design

【印】Sajal Kumar Das 著

王立宁 译

国际先进通信技术译丛

移动终端系统设计

Mobile Handset Design

【印】Sajal Kumar Das 著

王立宁 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

移动终端系统设计 / (印) 达斯 (Das, S. K.) 著 ;
王立宁译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2012. 4
(国际先进通信技术译丛)
ISBN 978-7-115-26532-6

I. ①移… II. ①达… ②王… III. ①移动终端—系
统设计 IV. ①TN929.53

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第203434号

版权声明

Sajal Kumar Das

Mobile Handset Design

Copyright © 2010 by John Wiley & Sons Ltd.

All rights reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley Publishing, Inc..

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons Ltd 公司授权人民邮电出版社出版, 专有版权属于人民邮电出版社。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2011-3846 号

国际先进通信技术译丛

移动终端系统设计

-
- ◆ 著 [印] Sajal Kumar Das
 - 译 王立宁
 - 责任编辑 梁 凝
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 30
字数: 729 千字 2012 年 4 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2012 年 4 月河北第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2011-3846 号

ISBN 978-7-115-26532-6

定价: 98.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内 容 提 要

本书是一本全面介绍移动通信终端，特别是 GSM 和 UMTS 制式手机的专著，本书的特色是完全以手机的软硬件系统设计为线索，内容包括移动通信的基本理论、手机的基本原理，特别是 GSM 手机、UMTS 手机、LTE 终端的原理，章节安排采取由结构延展到功能，再到协议的方式进行，涉及的内容包括射频收发电路、调制/编/解码、接入网协议、切换、漫游、分组业务和电路业务等，从设计角度介绍了硬件的工作机理、均衡、多址、捕获算法、软件工作机制、硬件架构与性能、网络工作方式、安全机制与未来发展等内容。本书深入地介绍了主流的几种通信协议，包括 GSM、GPRS、EDGE、UMTS、LTE。内容组织安排由浅入深，循序渐进。最后总结了手机的体系结构和系统性能，包括内存、CPU 的操作系统（OS）、耗电、处理能力（MIPS）的成本、最佳的硬件/软件划分和产品化思路。

本书内容翔实、针对性强，采取教材方式编写，适合移动通信领域的管理和科研人员阅读、参考，也可以作为大专院校相关专业的教材。

前言

在过去的 10 年中，移动通信受到的关注显著增加。随着对更高速率、更加复杂应用的支持、多种网络间的无缝切换等需求的支持，移动通信已经从第一代演进到第四代。作为技术推广的结果，不仅新的无线通信标准得到了发展，设计移动手机的挑战也发生变化，手机设计需要低功耗、低成本、更小的体积、高性能和极端的灵活性等，为我们带来更多的挑战，这些挑战为手机设计公司和生产厂家去研发创新的产品提供了显著的机会。

本教科书的目的是启蒙学生、工程实践人员和移动通信读者，移动手机技术也是当前工程界发展最为迅速的领域之一。我曾经在多家移动通信公司工作，我发现市场上找不到一本介绍移动通信原理和手机设计方面的图书，我觉得如果有这样的书，对于学生、手机通信一线设计人员和项目经理都会有参考价值，这也是激发我撰写这本书的初衷。这本书是基于我作为无线和移动通信领域设计工程师时的工作经验编写的，全书按照电信工程专业学生的学术课程方式编排。

这本书的内容覆盖了手机技术的所有方面，从无线通信系统非常基础的知识点开始，让读者可以掌握手机的设计知识，内容包括移动通信的工作原理、不同的移动通信标准，以及对过去几代的移动通信系统深入的分析和解剖。这本书是在研究了移动通信领域学术书籍、技术论文、图书和各种报告后撰写的。在本书编写过程中所引用的各种信息来源表示敬意和感谢。我想对我所有的同事表达我诚挚的感谢（特别是 Srinath、Mohan、Karthik、Sundar、Avinash、Mukesh、Arnab 和 Arvind），资深的同事、朋友和家人给予我很多富有价值的建议。如果读者为本书的质量提出改进建议，并且能使其更好地为无线通信服务，只要这些建议和批评是善意的，作者都表示感谢之情。

译者序

中国是世界上最大的手机制造地，有最庞大的手机设计、研发、应用、制造产业链，每年为全世界提供上亿部各式各样的移动终端。而这个产业链却并不是那么平衡，最为缺乏的是核心芯片设计技术和操作系统、协议栈等知识和技能。目前涉及移动终端话题的图书，无非是手机维修、移动通信网络和移动操作系统方面的内容。很少将焦点对准手机本身的工作机制，这影响到产业链向高利润端的迁移，不能提供基础研发所需要的必备环境，与最大的手机制造地地位并不匹配。

2010年，John Wiley & Sons 出版社出版了《Mobile Handset Design》一书，作者是诺基亚印度研发中心的 Sajal Kumar Das 先生，他在多年的研发工作中，发现在图书市场上没有一本系统的、从专业角度介绍移动电话工作原理的图书，因此有了这本书的面世，本书内容包括移动终端的基本原理、GSM/GPRS 的无线部分原理、UMTS/HSPA 的无线部分原理，还有 4G 候选技术 LTE、WIMAX 的移动终端系统原理，内容包括射频技术、基带信号处理、接入协议、硬件架构、网络结构、操作系统等知识。这本书由浅入深，内容翔实，具有大学文化程度的工科毕业生应当较为容易的进行独立的阅读学习。因为这本书就是以教科书的形式进行编写，所有的知识点都按照相关性和难易性进行组织，基本上和学校所学习的通信基础课程能形成衔接，是较好的专业入门读物，同时，这本书非常详细地介绍了最新的产品技术和细节，并囊括了主要的参考书目和推荐阅读文献。这本书是手机项目实施过程中，一线工程师和项目技术管理人员较好的参考书。

经过仔细阅读，我们认为本书也会受到国内读者的欢迎，积累目前的产业链调整的有力因素，故通过人民邮电出版社引进这本书的中文版权，通过认真细致的翻译、整理和编辑加工后，现呈现给广大的读者朋友，我们相信这本书能给国内的读者带来新的知识，投资分析人员、市场分析人员、技术项目管理人员、无线电技术爱好者、算法工程师、集成电路设计工程师、射频系统工程师、接入网工程师、软件系统设计工程师、终端测试工程师、应用工程师都能从中受益。

参加本书翻译工作的人员长期从事移动通信技术的研发和应用工作，积累了大量的理论知识和实践经验，主要的翻译人员包括：刘晖、陈亚强、祁漫雪、朱志萍、杜伟敏、王立宁等人，由王立宁进行定稿。译者对书中有待商榷的地方增加了注解，本书的中译本经过了大量的反复检查和校对。借用 Sajal 先生在英文原著封面上的话“Dedicated to Everyone who likes Mobile Phones”，表达我们的感谢之情。感谢恒生电子股份有限公司智能手机测试团队的宝贵建议，感谢北京邮电大学在校生成陈宇航的校正，特别感谢陈巍先生、王凯先生、张云先生、

赵文伟先生、王险峰先生在技术内容上的帮助，还有出版社的各位编辑老师们在这个过程中也提供了不可缺少的帮助，在此一并致谢！

关于本书的技术答疑和讨论，请读者关注新浪微博@无线通信世界（<http://weibo.com/wirelessworld>），或联系译者 lining.wang @ gmail.com。

译者
于上海浦东新区
2011 年 12 月

目 录

第1章 概述	1	2.8.2 小尺度衰落	40
1.1 远程通信	1	2.8.3 平坦衰落	42
1.2 无线远程通信系统介绍	13	2.8.4 频率选择性衰落	42
1.2.1 电磁载波方式的无线 通信历史	13	2.8.5 快衰落	42
1.2.2 天线的概念	14	2.8.6 慢衰落	42
1.2.3 无线发射机和接收机的 基本模块	16	2.9 信号衰落统计	43
1.2.4 通信协议的必要性	18	2.9.1 赖斯分布	44
1.3 无线通信系统发展	19	2.9.2 瑞利分布	44
1.3.1 支持低移动性的无线 手机介绍	20	2.9.3 对数正态分布	45
1.3.2 蜂窝式移动通信介绍	20	2.10 干扰	45
1.3.3 移动手机介绍	21	2.10.1 符号间干扰	45
本章参考文献	27	2.10.2 同道干扰	45
第2章 移动通信系统的问题 分析	29	2.10.3 邻道干扰	46
2.1 无线信道介绍	29	2.11 噪声	46
2.2 无线信道信号传输的影响	31	2.11.1 双端口电路的噪声	46
2.2.1 反射	31	2.11.2 热噪声	47
2.2.2 衍射	31	2.11.3 白噪声	47
2.2.3 散射	32	2.11.4 闪烁噪声	48
2.3 信号衰减和路径损耗	32	2.11.5 相位噪声	48
2.4 链路预算分析	34	2.11.6 突发噪声	48
2.5 多径效应	35	2.11.7 散粒噪声	49
2.6 延时扩展	36	2.11.8 雪崩噪声	49
2.7 多普勒扩展	38	2.11.9 噪声系数 (NF)	49
2.8 衰落	40	本章参考文献	50
2.8.1 大尺度衰落	40	第3章 手机的基带设计	51
		3.1 概述	51
		3.2 分集技术	51
		3.2.1 时间分集	52

3.2.2	频率分集	55
3.2.3	空间分集	55
3.3	信道估计和均衡	55
3.3.1	信道特性的研究-信道估计	55
3.3.2	均衡	58
3.3.3	均衡器的实现	59
3.3.4	信号模型	60
3.3.5	均衡器的类型	61
3.4	不同干扰抑制技术	65
3.4.1	跳频	65
3.4.2	不连续发送 (DTX)	65
3.4.3	小区扇形化	65
3.4.4	自适应多速率 (AMR) 编解码器的应用	66
3.4.5	MIMO	66
3.5	信道编码	68
3.5.1	分组码	69
3.5.2	卷积码	71
3.5.3	Turbo 码	85
3.6	自动重复请求 (ARQ) 和增量冗余	86
3.7	交织	86
3.8	调制	87
3.8.1	模拟调制	88
3.8.2	数字调制	89
3.9	比特率、波特率和符号速率	95
3.10	带内信令	96
	本章参考文献	96

第4章 移动 RF 收、发射机的设计方案

4.1	RF 收、发射机的概述	99
4.2	混频器的实现	102
4.3	接收机前端架构	103
4.3.1	射频下变频技术	103
4.3.2	零差接收机	107
4.3.3	低中频接收机	113
4.3.4	宽带中频接收机	115
4.4	RF 接收机性能评估参数	117

4.5	发射机前端架构	118
4.5.1	功率受限和带宽受限的数字通信系统设计问题	118
4.5.2	调制和放大器非线性的折中分析	121
4.6	发射机架构设计	122
4.6.1	非线性发射机	122
4.6.2	线性发射机	122
4.6.3	非线性和线性发射机的通用架构	123
4.6.4	极化发射机	124
4.7	发射机性能测量	126
	本章参考文献	127

第5章 移动电话信道多址接入技术

5.1	多址接入技术介绍	129
5.1.1	时分复用	129
5.1.2	频分复用	130
5.2	双工技术	133
5.2.1	频分双工 (FDD)	133
5.2.2	时分双工 (TDD)	133
5.3	频谱效率	133
5.4	码分多址	133
5.4.1	扩频	134
5.4.2	数学概念	135
5.4.3	相关	136
5.4.4	自相关	136
5.4.5	互相关	136
5.4.6	正交性	136
5.4.7	实现	137
5.4.8	使用 CDMA 的多址技术	139
5.4.9	CDMA 的商业化	140
5.4.10	扩频序列的产生	142
5.4.11	处理增益	142
5.4.12	扩频处理的分类	143
5.5	正交频分复用多址 (OFDMA)	148

5.5.1 正交的重要性	149	6.8.3 临时国际移动用户识别码 (TMSI) (译者注, 原文为 TIMSI, GSM 规范中检查 不到)	167
5.5.2 OFDM 的数学表达	152	6.8.4 移动用户 ISDN 序列号 (MS-ISDN)	167
5.5.3 从数学理论到实际 实现	153	6.8.5 移动台漫游号码 (MSRN)	168
5.5.4 傅里叶变换的数字 实现	153	6.8.6 位置区域识别码 (LAI)	168
5.5.5 OFDM 历史	154	6.8.7 本地移动用户识别码 (LMSI)	168
5.5.6 OFDM 传输机制的主要 优点	154	6.8.8 小区识别码 (CI)	169
5.5.7 OFDM 技术的不足	155	6.8.9 基站识别码 (BSIC)	169
本章参考文献	155	6.8.10 MSC 和位置寄存器的 识别	169
第 6 章 GSM 系统 (2G) 概述	157	6.8.11 PIN 和 PUK	169
6.1 简介	157	本章参考文献	169
6.2 GSM 历史	157	第 7 章 GSM 基带模块的设计: 从话音到射频电波	171
6.3 GSM 网络架构概述	158	7.1 简介	171
6.3.1 移动台 (MS)	159	7.2 GSM 逻辑信道	174
6.3.2 基站子系统 (BSS)	159	7.2.1 业务信道	174
6.3.3 网络子系统 (NSS)	160	7.2.2 信令信道	175
6.3.4 运营和维护子系统 (OMSS)	161	7.2.3 小区广播信道	178
6.4 PLMN 和网络运营商	161	7.3 GSM 物理信道	178
6.4.1 GSM 网络实体层级	161	7.4 GSM 的突发脉冲	179
6.4.2 GSM 网络区域	163	7.5 脉冲 RF 输出谱	183
6.4.3 GSM PLMN 的目标	163	7.6 信道分配	186
6.4.4 PLMN	164	7.7 GSM 帧结构	188
6.5 GSM 移动性和漫游	164	7.8 逻辑信道到物理帧结构的组合 映射	189
6.6 GSM PLMN 业务	165	7.8.1 TCH、SACCH 到 TDMA 帧的映射	190
6.7 GSM 接口	165	7.8.2 SDCCH 到 TDMA 帧的 映射	191
6.7.1 无线接口 (MS 至 BTS)	165	7.8.3 广播和公共信道到 TDMA 帧的映射	192
6.7.2 Abis 接口 (BTS 至 BSC)	165		
6.7.3 A 接口 (BSC 至 MSC)	166		
6.8 GSM 用户和设备识别码	166		
6.8.1 国际移动设备识别码 (IMEI)	166		
6.8.2 国际移动用户识别码 (IMSI)	167		

7.9 逻辑信道发送和接收过程的物理层处理	195	9.3 位置更新	241
7.9.1 业务信道发送过程 (从语音到无线电波)	195	9.4 安全进程	242
7.9.2 TCH 上的用户数据传输	200	9.4.1 PIN 码保护	242
7.9.3 信令信道传输过程	201	9.4.2 匿名机制	243
7.10 GSM 无线调制解调器发射机和接收机模块的设计	207	9.4.3 鉴权	243
本章参考文献	208	9.4.4 加密和解密	245
第 8 章 GSM 手机软件设计	211	9.4.5 GSM 安全性的不足	246
8.1 GSM 手机软件介绍	211	9.5 接入模式	246
8.2 操作系统软件	212	9.5.1 移动台作为主叫的通话建立 (MO) 过程	246
8.2.1 Symbian	212	9.5.2 手机作为被叫的通话建立过程的信道配合	248
8.2.2 RT-Linux	213	9.6 切换	250
8.2.3 Palm	213	9.6.1 切换过程	251
8.3 设备驱动软件	214	9.6.2 切换过程示例	253
8.4 GSM 系统协议软件	214	9.7 无线资源控制过程	256
8.4.1 GSM 手机协议栈	215	9.8 移动性管理进程	256
8.4.2 空中接口 (Um) 协议	216	9.9 呼叫路由	257
8.4.3 Abis 接口	220	9.10 功率控制	257
8.4.4 A 接口	221	9.11 非连续发送和接收	258
8.5 语音和多媒体应用软件	222	9.12 跳频	258
8.5.1 语音声码器	222	本章参考文献	259
8.5.2 音频声码器	229	第 10 章 GSM 手机的解析	261
8.5.3 图像	230	10.1 GSM 手机的介绍	261
8.5.4 视频	231	10.2 GSM 手机的功能模块	262
本章参考文献	232	10.3 移动手机的硬件框图	264
第 9 章 GSM 手机的操作和进程	235	10.4 GSM 发送和接收模块	265
9.1 手机开机之后的初始化过程	235	10.5 天线	268
9.1.1 小区选择	235	10.5.1 天线参数	268
9.1.2 同步	237	10.5.2 常规手机天线	270
9.1.3 手机首次实现捕获的流程图	238	10.6 模数转换 (ADC) 模块	272
9.2 空闲模式	239	10.7 自动增益控制模块	273
9.2.1 寻呼和非连续接收 (DRX)	239	10.8 自动频率纠正模块	274
9.2.2 小区重选	240	10.8.1 模拟 VC-TCXO	275
9.2.3 PLMN 选择	240	10.8.2 数字控制晶体振荡器——DCXO	275
		10.8.3 GSM 手机的典型 AFC 的实现	276
		10.9 扬声器	277

10.10 麦克风 (MIC)	277	11.6.2 逻辑信道	304
10.11 用户识别模块 (SIM)	279	11.6.3 信道分配	305
10.12 应用进程单元	280	11.7 分组数据跨层传输	308
10.13 相机	281	11.8 信道编码和打孔	311
10.14 LCD 显示屏	281	11.9 小区重选	312
10.15 键盘	282	11.10 无线电环境监测	313
10.16 连接设备	283	11.11 多信道类型	313
10.16.1 蓝牙	283	11.12 双传输模式 (DTM)	315
10.16.2 USB	284	11.13 EDGE (增强型数据速率 GSM 演进技术) 概述	316
10.17 电池	286	11.13.1 物理层	316
10.17.1 干电池	286	11.13.2 链路自适应	319
10.17.2 可充电电池	286	11.13.3 RLC 层	320
10.17.3 电池充电电路	287	11.13.4 数据传输	322
10.17.4 睡眠模式	288	11.13.5 媒介接入控制 (MAC)	322
10.18 时钟机制	288	11.13.6 支持 EDGE 对空中接口和 设备的影响	323
10.19 提示信号的产生	288	11.14 GERAN (GSM/GPRS/EDGE 无 线接入网) 的最新进展	324
10.20 存储器	289	11.14.1 EDGE 的演进	324
10.20.1 只读存储器 (ROM)	289	11.14.2 自适应多用户正交信道 提供的语音业务 (VAMOS)	324
10.20.2 Flash 存储器	289	本章参考文献	332
10.20.3 随机存取存储器 (RAM)	291	第 12 章 UMTS 系统 (3G) 综述	333
10.21 GSM 接收机性能	292	12.1 简介	333
10.21.1 灵敏度和噪声系数 要求	293	12.2 3G 网络的演进	334
10.21.2 参考干扰电平	293	12.2.1 同步和异步网络	336
10.21.3 发送频率的指标 要求	293	12.2.2 UMTS 网络架构	337
本章参考文献	294	12.3 UTRAN 架构	337
第 11 章 GPRS 和 EDGE 网络	295	12.3.1 无线网络控制器 (RNC)	338
11.1 简介	295	12.3.2 Node B	339
11.2 系统架构	295	12.3.3 用户设备 (UE)	339
11.3 业务	296	12.4 UMTS 系统中不同的接口	339
11.4 会话管理、移动性管理以及路由 选择	298	12.5 支持的数据速率	340
11.5 GPRS 的协议体系结构	300	12.6 业务需求和频谱	340
11.5.1 传输平面	300	12.7 小区结构	342
11.5.2 信令平面	302		
11.6 空中接口——物理层	303		
11.6.1 物理信道	304		

12.8	UTRAN 功能描述	342	14.3.3	无线链路控制 (RLC)	384
12.8.1	整体系统接入控制	342	14.3.4	无线资源控制 (RRC)	386
12.8.2	安全性和隐私	343	14.3.5	分组数据会聚协议 (PDCP)	388
12.8.3	切换	343	14.3.6	呼叫控制 (CC)	388
12.8.4	无线资源管理和控制	343	14.3.7	移动性管理 (MM)	388
12.9	Iub 的功能划分	345	14.3.8	会话管理 (SM)	389
	本章参考文献	345	14.3.9	通用用户识别模块 (USIM) 接口	389
第 13 章	UMTS 无线调制解调器设计: 从语音到射频波	347	14.3.10	人机界面 (MMI)	389
13.1	简介	347	14.3.11	互通单元 (IWU)	390
13.2	频带	348	14.4	UE 内的进程	390
13.3	无线链路帧结构	349	14.4.1	空闲模式下的进程	390
13.4	信道结构	350	14.4.2	UTRAN 选择和重选	390
13.4.1	逻辑信道	350	14.4.3	小区选择和重选	391
13.4.2	传输信道	351	14.4.4	位置注册	391
13.4.3	物理信道	354	14.4.5	连接模式下的进程	391
13.5	扩频、加扰和调制	355	14.5	连接模式下的移动管理 进程	392
13.5.1	下行链路 (DL) 扩频和 调制	356	14.6	连接模式下的其他进程	392
13.5.2	上行链路扩频和调制	359	14.7	安全进程	393
13.6	上行链路物理信道	360	14.7.1	UMTS 安全性概述	393
13.6.1	专用上行物理信道	360	14.7.2	完整性保护	397
13.6.2	公共上行物理信道	362	14.7.3	加密	398
13.7	下行链路物理信道	366	14.7.4	UMTS 安全性方面的 缺陷	400
13.7.1	专用下行物理信道	366	14.8	测量进程	400
13.7.2	公共下行物理信道	368	14.9	切换进程	401
13.8	物理信道的定时关系	374	14.10	小区更新	404
13.9	发射机特性	374	14.11	高速下行链路分组接入 (HSDPA)	405
13.10	各种情况下的信道利用	375	14.12	高速上行链路分组接入 (HSUPA)	408
13.11	压缩模式	376	14.13	IP 多媒体系统 (IMS)	408
	本章参考文献	377		本章参考文献	410
第 14 章	UMTS 终端的软件及 操作	379	第 15 章	UMTS 手机解析	411
14.1	UMTS 协议架构介绍	379	15.1	简介	411
14.2	协议架构	381			
14.3	UE 协议架构	381			
14.3.1	物理层	382			
14.3.2	媒体接入控制 (MAC)	382			

15.2 手机系统架构	411	16.7 认知无线电	449
15.3 UE 硬件架构和构件	413	16.7.1 系统概述	450
15.3.1 RF 前端架构	414	16.7.2 系统架构	450
15.3.2 基带架构	414	16.7.3 关键挑战和研究领域	451
15.4 多速率用户数据传输	418	本章参考文献	452
15.5 UE 系统过程的实现	420	第 17 章 手机系统设计中的竞争	
15.5.1 小区搜索进程	422	优势	455
15.5.2 功率控制	424	17.1 简介	455
15.6 UMTS L1 工作状态机的		17.2 手机系统设计的关键挑战	455
设计	426	17.3 系统设计目标	455
本章参考文献	428	17.4 协议架构设计优化	456
第 16 章 下一代手机	429	17.5 硬件/软件分割	459
16.1 简介	429	17.6 系统性能	460
16.1.1 现有无线技术 (1G、2G 和		17.6.1 CPU 选择	461
3G) 的局限性	429	17.6.2 存储器选择	461
16.1.2 4G 无线技术的需求	430	17.6.3 操作系统选择	462
16.1.3 4G 的演进	430	17.6.4 掉电模式	462
16.2 3GPP LTE	431	17.6.5 自适应时钟/电压机制	463
16.3 LTE 系统设计	432	17.6.6 算法选择	463
16.3.1 RF	432	17.6.7 MIPS 需求	463
16.3.2 物理层/基带	432	17.7 适应性	463
16.3.3 协议架构	437	17.7.1 与不同物理层实现方案的	
16.3.4 主要 LTE 进程	437	适配	464
16.4 IEEE 802.16 系统	438	17.7.2 与不同应用的适配	464
16.4.1 IEEE 802.16 架构概述	439	17.7.3 与不同操作系统的	
16.4.2 业务类别	445	适配	464
16.4.3 移动性支持	445	17.7.4 与不同空中接口标准的	
16.4.4 功率控制	445	适配	465
16.5 4G 移动系统	447	17.8 验证, 确认和测试	465
16.6 4G 移动系统设计和研究领域内		17.9 产品化	466
的关键挑战	447	本章参考文献	466

第 1 章

概述

1.1 远程通信

Telecommunication（远程通信）出自法语单词 *télécommunication*，其中，希腊语前缀 *tele*($\tau\eta\lambda\epsilon$)表示“遥远”，拉丁词 *communicare*表示“分享”。因此，*telecommunication* 表示远程通信。古时候，人们用狼烟、击鼓或者旗语等手段实现远程通信。如今，主要用电信号实现。最近，又多了用激光源产生的光信号进行远程通信。如今，由于主流技术的进步，远程通信已经通过电视、收音机、电话、手机等设备广泛扩展。分处两地的用户通过远程通信网络实现信息互传，通信实体可以是计算机、人、远程打印机、数据终端、传真机等。远程通信的根本目的是通过媒介将信息从一个用户传到另一个远距离用户。人类具有天生的眼睛和耳朵这两种感官，因此传递给终端用户的信息是声音或者真实世界的图像。因此，需要通过声音、图像以及计算机数据或数字信息交换信息。

1.1.1 远程通信系统的构成

图 1.1 给出了远程通信系统的构成框图。话音通信中发起呼叫的一方称为主叫用户，被叫方称为被叫用户，或称为信源和信宿。声音、图像等的用户信息先由转换器转换成电信号，转换器可以是麦克风（将声波转换成电信号）、摄像机（将图像转换成电信号）等，然后该电信号由发射机发射出去，经过媒介后由远端用户接收。远端用户用接收机采集和处理接收信号，接收信号经过转换器从电信号再转换成其他信号（比如，扬声器将电信号转换为声波，LCD 显示屏将电信号转换为图像）。

深入讨论前，需要熟悉一下通信系统设计和分析中常用的术语和数学工具。随后的章节将对这些内容做详细介绍。

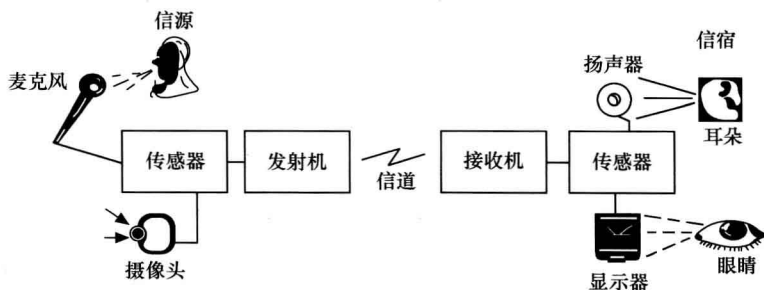


图 1.1 电信系统的基本构成元素

1.1.1.1 信号

如果物理量的幅度随时间变化而变化，则称之为信号。按照傅里叶理论，信号可以解析为不同频率的正弦波或余弦波的组合。将构成信号的不同正弦波，按照其频率对应关系，绘制成频率的函数图，称为信号的频谱图。可以用复指数形式表示振幅以指数形式变化的正弦波。按照信号振幅是否存在时间重复，信号可以分为周期信号（按时间周期重复）和非周期信号（非周期波形）。同样，按照时间特性，还可以将信号分为连续信号或者离散信号。

1. 模拟信号

如图 1.2 所示，模拟信号是时间连续的信号。比如，声音信号就是模拟信号。声音的强度变化会改变电流值。在接收端，信号按照相应比例重构。

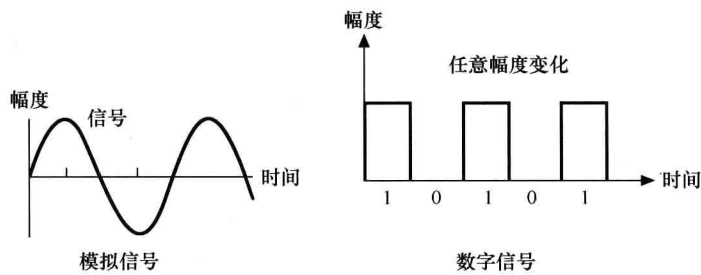


图 1.2 模拟和数字信号

如图 1.3 所示，信号可以用复笛卡尔坐标或者极坐标表示。其中， T 为信号周期（ T 为频率的倒数）， A 为峰值。 ω_0 是角频率（ $2\pi f$ ）， ϕ 是任意给定时刻的相位（这里取 $t=0$ ）。

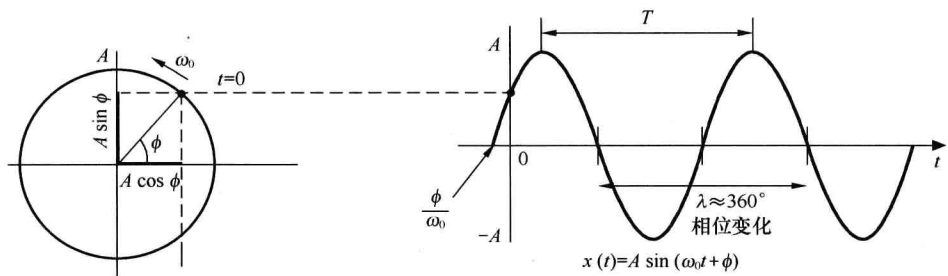


图 1.3 两种坐标方式表示的信号

图 1.3 中，相同频率的信号会遵循同样的迹线（以周期 T 重复），但波形上的各点间的相位不同（超前或滞后）。可以看出 1 个周期对应 1 个 360° 的相位（完全的旋转）。谐波（ $2f$ ， $3f \dots$ ）频率是基波频率的整数倍。这些是相关谐波的指数函数。

2. 数字信号

数字信号在时域上不连续，例如离散电平或离散值对应的脉冲或数字。数字值“1”和“0”代表的信号脉宽和振幅电平彼此不同，数字信号对应 2 个振幅电平，可以对应为数字信号的 1 或 0，HIGH（高）或 LOW（低），TRUE（真）或 FALSE（假）等。实际应用中，这些电平取值有限，在有限集内定义这些取值。使用数字方式处理信息的系统就是数字系统。相对于模拟系统，数字系统具有以下优点。

(1) 相对于模拟系统, 数字系统受噪声的影响较小。只有噪声能量超过了一定门限, 包含信息的数字信号才受其影响。

(2) 在模拟系统中, 老化、损耗都会减少存储的信息, 但是在数字系统中, 无论存储时间多长, 只要损耗在一定的范围以内, 信息都可以完全恢复。因此, 在数字系统中, 可以很容易地实现信息的存储和检索而没有数据损伤。

(3) 更加容易与计算机或者其他数字设备连接, 除了取消复用需求, 还取消了控制信号的控制逻辑。

数字信号也有一定的缺点。原始的声音和音频信号都是模拟的, 因此需要将模拟信号转换成数字信号才能进行处理, 处理后, 又需要将数字信号转换成模拟信号进行重构。这样转换会产生处理开销和信号损伤。

3. 数字信号编码类型

数字信号编码类型很多, 如图 1.4 所示, 如非归零码, 归零码等。在电信领域, 非归零 (NRZ) 线路编码是二进制制式, “连 1” 和 “连 0” 都有各自对应的状态。没有中间状态或复位状态。归零码 (RZ) 也是电信中使用的线路编码, 每个脉冲之间, 编码电平都会归零。相对而言, NRZ 脉冲比 RZ 脉冲携带更多的能量, 但是它没有归零态, 因此编码发送时必须提供伴随的同步信号。

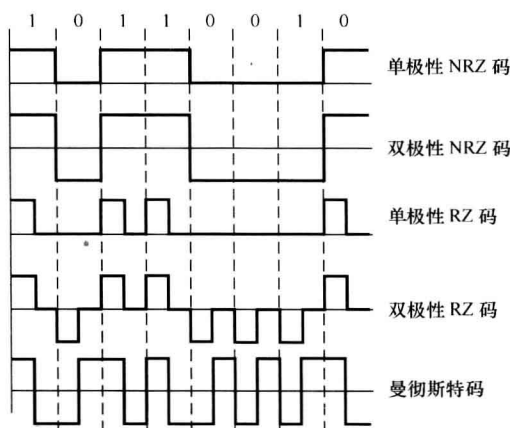


图 1.4 数字信号表示

单极性非归零码 (NRZ)。符号 “1” 表示在持续信号周期内以恒定的振幅电平作为发送脉冲, 符号 “0” 表示不发送脉冲。使用这种编码方式, 会出现发送一长串不变波形的情况, 对同步提出了很高的要求。单极性波形含有的直流分量, 会导致接收电路的很多问题, 比如直流偏移。

双极性非归零码。相等的正或负脉冲代表符号 “1” 和 “0” (比如, $\pm A$ 伏特)。它的构造相对简单。由于极性的翻转, 平均电压会趋于零。降低了统计信号的直流分量, 同时使同步变得困难。

单极性归零码。符号 “1” 由幅度为 A 的正脉冲和半符号宽度表示, 不发送脉冲表示符号 “0”。

双极性归零码。由等值的正脉冲和负脉冲分别表示符号 “1” 和 “0”, 脉冲持续时间为半符号宽度。这种编码的优点是发送信号的功率谱中没有直流分量。

曼彻斯特编码。曼彻斯特编码中, 由正脉冲变为负脉冲表示符号 “1”, 每个脉冲的振幅相同, 持续时间是半个脉冲周期。由负脉冲变为正脉冲表示符号 “0”。这种编码的一个优点就是恢复原始数据时钟简单, 产生的直流分量相对较小。然而, 问题是它需要更多的带宽。对于给定的数据信号速率, NRZ 码只需要曼彻斯特编码所要带宽的一半。

1.1.1.2 模数转换

将模拟信号转换成数字信号的电路称为模数转换器 (ADC)。同样, 数模转换器 (DAC) 将数字信号转换成模拟信号。图 1.5 给出了它的基本概念。大部分 ADC 的输入信号值与输出