

电子信息工程系列教材

(第二版)

现代通信技术与系统

陆韬 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

013024394

TN91
148-2

电子信息工程系列教材

(第二版)

现代通信技术与系统

陆韬 编著



TN91
148-2



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社



北航

C1631881

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术与系统/陆韬编著. —2 版. —武汉: 武汉大学出版社, 2012. 11

电子信息工程系列教材

ISBN 978-7-307-10267-5

I. 现… II. 陆… III. ①通信技术—高等学校—教材 ②通信系统—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 264725 号

责任编辑:黎晓方

责任校对:黄添生

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:通山金地印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:26 字数:662 千字

版次:2008 年 7 月第 1 版 2012 年 11 月第 2 版

2012 年 11 月第 2 版第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-10267-5/TN·56

定价:45.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。



前言(第2版)



距离本书第1版的出版(2008年),时光匆匆又过去了4年。这期间,随着通信技术的飞速发展,以“大容量”、“可编程”、“动态优化网络资源”、“物联网、云计算”、“光纤到户(FTTH)”的新一代的互联网通信技术与应用,自上而下逐渐地登上了通信领域的大舞台——昭示着通信行业又一次“升级换代”到了基于CNGI的新一代“智能化、IPv6”为特点的互联网技术。本教材的内容,就是在这种通信技术迅猛发展的形势下,加快步伐“升级换代”的产物——全面地对各章内容,从基本概念、基本原理和技能,进行了较大的改动和补充。另外,在“理论与实践密切结合”的现代高等教育方针指导下,本教材也进一步加强了实验与实践方面的探索与内容设置。

本书作为浙江省教育厅2010年度重点立项建设的教材之一,仍然保持并深化了原书的基本特点,即作为全面介绍现代通信技术与系统组成的“入门型”大学教材,结合了2012年以来的通信技术与系统的最新发展情况,为初次接触通信专业的本(专)科大学生,全面地、深入浅出地论述“现代通信技术与系统”的基本概念、基本理论、主流应用技术系统,以及通信专业的基本技能。在内容编排上,仍然保持了第1版的技术原理和实验内容两个部分的结构。并且,第1部分的通信原理内容,仍保持了原有的9章的结构,但加强了第二部分的通信实验与实践的内容——分为11个基本认知性实验项目和3个综合性设计性实践项目,供使用本书作为教材的广大师生选用。

另外,本教材作为浙江省教育厅2010年度重点立项建设的教材之一,力求展现4个方面的特色。第一,是内容紧密联系通信行业的实际使用技术的特点——本书的内容,真实地反映了通信行业的主流发展技术和面向未来的发展方向。第二,就是上面提到的理论内容与实践内容相应设置的特点。第三,是本教材的“通俗易懂性”的写作原则——图文并茂、认真详尽地解释各类通信技术的基本概念、基本原理、基本应用,辅以“讲故事、讲历史”的写作方式,介绍通信技术发展的历史和演变情况,使读者“从无到有”地理解并建立起通信系统的基本知识和技能,并认识了解技术发展的来龙去脉。从而增加了本书的可读性——起到了专业教材的基本功能。第四,是充分利用当今网络应用原理(云计算)的“配套网站”同步并举性,读者只要登录本教材的配套网站<http://xdtx.lsxxy.com>,就能读到本教材的相关其他配套信息——这也是作者开设“现代通信技术”课程(丽水学院精品课程)的一个对外开放的窗口,读者可以全天候地登录该网站,了解作者的实际授课情况,或与作者联系,以及获取其他信息等。

在基础理论部分,本书仍旧分为9个部分(章),内容包括:现代通信网概述、通信基本业务概论、通信光电缆系统、现代数字通信原理、数字光纤通信系统、现代数字交换技术、数字移动通信系统、计算机通信网系统、有线通信综合接入网技术等,各章内容简介如下。

第1章是通信行业与技术系统综述,是本书“提纲挈领”式的内容展示:第2版增加了“物联网、云计算的概念”、“通信工程规划设计”的内容。

第2章是对“通信基本业务”的系统综述；根据现代通信行业的具体发展情况，第2版增加了“中国新一代互联网示范工程 CNGI 项目”、“计算机互联网通信技术与业务”的内容。

第3章，在第2版进行了系统的升级改造——由单纯的“通信光电缆”的系统论述，加入“通信机房系统简介”的内容，从而完整的组成“有线通信系统的网络构成”的硬件系统；从现代通信光电缆传媒、通信的管线路由建筑和通信机房系统等3个方面，全面构建了现代通信“物理媒介层”的系统组成与常规的工作原理。第2版增加了“有线通信系统的网络构成”的系统概念，以及“通信机房系统简介”的内容。

第4章是对数字通信原理的基本论述；第2版增加了“多协议标记交换方式 MPLS”的系统内容。

第5章是对光通信传输系统的论述，删除了原有的“多协议标记交换方式 MPLS”的相关内容。

第6章，在第2版进行了系统的升级改造——由单纯的“程控交换”为主的系统论述，组合成“现代通信交换系统”的内容。改写了原有的“程控交换”的内容，特别增加了常用的“(企业)用户虚拟程控交换机”的内容，改写了新一代综合交换机的相关内容，形成了“基于 NGN 的现代交换”的系统结构。

第7、8章保留了原有内容。

第9章，在第2版进行了系统的升级改造——重点突出了接入网的概念、2个国际标准模型，以及当今常用的 EPON、GPON 和 FTTH 的相关内容。

本书可作为自动化、电气工程、电子信息、计算机科学与技术、测控技术与仪器、机械电子工程、电子商务、信息管理等非通信类专业的本科、专科及高等职业技术学院学生的教材或参考书，也可作为信息产业技术人员，企事业单位、党政部门有关从事信息网络的技术人员、维护及管理人员进行通信技术培训、继续教育的教材或参考书，同时还可作为通信及互联网技术业余爱好者的自学教材或参考书。

由于本人水平有限，时间仓促，错误与不足在所难免，敬请广大读者不吝批评指教。以促使本书在今后的版本中，进一步改进与提高。谢谢大家的支持。

作 者

2012年10月于浙江丽水学院

目 录

第一部分 通信原理部分

第 1 章 通信基本技术概论	3
1.1 通信网技术概论	3
1.1.1 通信的发展史与通信网络的概念	3
1.1.2 现代通信方式和技术组成	7
1.1.3 现代通信系统组成	9
1.1.4 现代通信网络的技术特点	14
1.2 通信产业的系统构成	15
1.2.1 通信产业的概念与系统组成	15
1.2.2 通信行业企业划分	16
1.2.3 通信与信息产业的发展与体制转换	20
1.2.4 通信与信息产业的专业基础理论与基本技能	22
1.3 基本的通信概念	23
1.3.1 通信技术的分层结构特征与协议	23
1.3.2 通信系统的网络结构概述	27
1.3.3 通信系统的传输层	29
1.3.4 通信交换系统	30
1.3.5 云计算、物联网、电信服务质量保障协议	34
1.4 通信工程与规划设计概述	37
1.4.1 通信工程概述	37
1.4.2 通信工程规划设计	41
1.4.3 通信工程的概预算	43
1.4.4 通信工程的招投标	46
1.5 内容小结	48
思考题	49
第 2 章 通信基本业务概论	50
2.1 通信网基本业务概论	50
2.1.1 通信网基本业务分类	51
2.1.2 通信信号的编码与分组传送	51
2.2 电话通信业务	53
2.2.1 固定电话通信业务	54

2.2.2	话音信号的 IP 模式转换	55
2.2.3	移动电话通信业务	57
2.3	互联网通信业务	60
2.3.1	宽带互联网概述	60
2.3.2	互联网络的通信与信息业务	63
2.3.3	中国新一代互联网示范工程 CNGI 项目	64
2.3.4	互联网的通信特征	65
2.4	多媒体通信系统概述	66
2.4.1	多媒体技术概述	67
2.4.2	多媒体通信的关键技术	68
2.4.3	多媒体语音编码技术	70
2.4.4	多媒体静止图像编码技术	71
2.4.5	多媒体运动视频流图像编码技术	73
2.4.6	流媒体通信技术	77
2.5	内容小结	78
	思考题	79

第 3 章	有线通信系统的网络构成	81
3.1	通信系统的硬件组成概论	81
3.1.1	通信系统的网络组成概述	81
3.1.2	通信传输的介质	83
3.2	通信双绞线电缆	86
3.2.1	电缆双绞线概述	86
3.2.2	电话通信(双绞线)全塑电缆系统	87
3.2.3	市话全塑电缆配线技术	90
3.2.4	计算机局域网“双绞线电缆”系统	91
3.2.5	计算机局域网“双绞线电缆”的工程应用	93
3.3	通信光缆系统	96
3.3.1	通信光缆概述	96
3.3.2	通信光纤	98
3.3.3	通信光缆与工程系统	100
3.3.4	光纤光缆的接续与测试	102
3.4	通信线缆专用路由的工程建筑方式	106
3.4.1	通信地下专用管道敷设方式	106
3.4.2	镀锌钢绞线架空路由敷设方式	109
3.4.3	其他敷设方式	110
3.5	通信机房的系统组成	111
3.5.1	通信机房系统概述	111
3.5.2	通信机房配线架系统	113
3.5.3	通信业务设备系统机房	115



3.5.4 通信机房供电系统	119
3.6 内容小结	120
思考题	121
第4章 现代数字通信原理	122
4.1 现代数字通信原理概述	122
4.1.1 现代数字通信原理概述	122
4.1.2 现代数字电话通信	122
4.1.3 现代数字互联网通信	122
4.2 模拟信号的脉冲编码调制 (PCM) 原理	123
4.2.1 电话模拟信号与数字信号	123
4.2.2 PCM 编码调制过程 (信号的模 / 数转换过程)	124
4.3 数字信号的码型转换与处理	127
4.3.1 数字多路复用系统的主要参数	127
4.3.2 数字信号的转换与信道编码	129
4.4 数字信号多路复用系统	131
4.4.1 信号多路复用系统概述	131
4.4.2 PCM 数字多路复用原理与帧结构	133
4.4.3 数字多路复用通信系统	135
4.5 数字信号同步传输 (SDH) 原理	136
4.5.1 数字信号同步传输 (SDH) 体系	136
4.5.2 数字信号同步传输 (SDH) 系统帧结构	137
4.5.3 数字信号同步传输 (SDH) 系统复用过程	141
4.5.4 数字信号同步传输 (SDH) 系统的分层模型	141
4.6 数字信号交换原理	143
4.6.1 固定时隙 (程控) 交换原理	143
4.6.2 虚电路与 IP 通信交换方式	147
4.6.3 多协议标记交换方式 MPLS	149
4.7 电话话务量与服务质量的衡量	153
4.7.1 电话交换话务工程原理	153
4.7.2 交换接续质量及指标的分配	156
4.7.3 通信网传输质量及指标的分配	157
4.8 内容小结	160
思考题	161
第5章 光通信传输系统	164
5.1 光通信系统概述	164
5.1.1 数字光纤通信概述	164
5.1.2 数字光纤通信系统	164
5.1.3 数字信息流在光纤通信系统中的 3 层通道原理	165



5.2 光传输设备系统	167
5.2.1 基本传输网络单元	167
5.2.2 光传输设备的系统结构与自愈保护环网	169
5.2.3 SDH 光传输线路中继段长度计算	171
5.3 光纤波分复用系统	171
5.3.1 光纤波分复用概述	171
5.3.2 光波分复用系统传输原理	173
5.3.3 光波分复用系统工作原理简述	174
5.3.4 光波分复用系统的主要器件简介	175
5.3.5 光波分复用线路光纤简介	175
5.3.6 光波分复用设备简介	176
5.4 光通信系统的综合业务传输与智能化	178
5.4.1 光纤多业务传送系统 (MSTP: multi-service transport plat form)	178
5.4.2 自动交换光网络 (ASON: Automatic Switched Optical Network)	180
5.4.3 光纤多业务传送系统 (MSTP) 设备简介	182
5.5 新一代光传送网 (OTN) 系统	184
5.5.1 新一代光传送网 (OTN) 概述	184
5.5.2 OTN 的分层结构	184
5.5.3 OTN 的帧结构	186
5.5.4 光传送网的结构组成	188
5.6 内容小结	189
思考题	190

第 6 章 电话交换系统	191
6.1 程控交换系统概述	191
6.1.1 程控交换机概述	191
6.1.2 程控交换机的硬件系统组成	191
6.1.3 程控交换机的软件系统组成	194
6.1.4 程控交换机的信令系统	196
6.1.5 结束语	200
6.2 程控交换的系统布局与通话过程	200
6.2.1 程控交换的系统布局	200
6.2.2 程控交换系统的虚拟用户交换机	202
6.2.3 通信程控交换系统的通话过程	202
6.3 电话通信网系统简介	204
6.3.1 电话通信网的结构	204
6.3.2 我国电话网结构	205
6.3.3 国内长途电话网	206
6.3.4 国内本地电话网	207
6.3.5 国际电话网	209

6.3.6 通信交换的路由选择	210
6.3.7 通信电话网编号计划	212
6.4 新一代综合交换系统简介	214
6.4.1 NGN 交换系统概述	214
6.4.2 软交换模式 (soft-switching) 的 NGN 网络	214
6.4.3 软交换系统在 NGN 网络中的功能	215
6.4.4 现代电信网向下一代电信网过渡方案	217
6.4.5 新一代软交换系统设备	218
6.4.6 电信交换技术总结	224
6.5 内容小结	225
思考题	226
第 7 章 移动通信系统	227
7.1 移动通信系统概述	227
7.1.1 移动通信的基本概念	227
7.1.2 移动通信的发展历史	228
7.1.3 移动通信网的系统构成	229
7.1.4 移动通信网的覆盖方式	231
7.1.5 移动通信中的多路信号调制技术——用户多址方式	231
7.1.6 移动通信网网络结构	233
7.2 GSM 移动通信系统	234
7.2.1 GSM 技术的发展概述	234
7.2.2 GSM 移动通信系统网络结构	235
7.2.3 GSM 系统网络体制与帧结构	236
7.2.4 移动通信中的特殊呼叫接续技术	239
7.3 CDMA 移动通信系统	243
7.3.1 CDMA 系统概述	243
7.3.2 CDMA 网络结构及信道类型	245
7.3.3 CDMA 系统的关键技术	246
7.3.4 通话呼叫处理的过程	248
7.4 卫星移动通信系统	250
7.4.1 卫星移动通信概述	250
7.4.2 典型的低轨道卫星移动通信系统	252
7.5 第三代移动通信系统	255
7.5.1 第三代移动通信系统(3G)概述	255
7.5.2 3G 移动通信技术的标准化	256
7.5.3 3G 移动通信的应用及关键技术	257
7.6 内容小结	258
思考题	259

第 8 章 计算机网络通信技术	260
8.1 分组交换数据通信网概论	260
8.1.1 数据通信网基本结构分类	260
8.1.2 分组交换数据通信网	260
8.1.3 数字数据通信网	262
8.1.4 异步传输模式数据通信网 (ATM)	263
8.2 计算机通信网概述	265
8.2.1 计算机网络的发展	265
8.2.2 计算机网络概述	267
8.3 计算机局域网概述	268
8.3.1 计算机局域网体系结构	268
8.3.2 以太网 Ethernet	270
8.3.3 网络互连设备	275
8.4 Internet 基本概念	278
8.4.1 互联网结构及协议模型	278
8.4.2 IP 编址方式	280
8.4.3 域名系统	284
8.5 TCP/IP 协议族概述	285
8.5.1 IP 协议	285
8.5.2 运输层协议	287
8.5.3 路由协议	292
8.5.4 信息“分组数据”在路由器上的转发的的工作原理	293
8.6 Internet 互联网基本业务	296
8.6.1 电子邮件 E-mail	296
8.6.2 远程文件传输 FTP	297
8.6.3 万维网 WWW	298
8.7 内容小结	298
思考题	299
第 9 章 有线通信综合接入网技术	301
9.1 宽带互联网组网技术概论	301
9.1.1 通信接入网概论	301
9.1.2 接入网的接口与分类	305
9.1.3 V5 接口	305
9.2 宽带铜线电缆接入技术	307
9.2.1 ADSL 接入网技术	307
9.2.2 新一代 ADSL2+/VDSL2 接入技术	309
9.3 宽带光纤接入技术	311
9.3.1 光纤宽带接入技术概述	311
9.3.2 APON 接入技术	312

9.3.3 以太网无源光网络(EPON)接入技术	314
9.3.4 千兆无源光网络(GPON)接入技术	315
9.3.5 光纤到户 (FTTH) 接入技术	315
9.3.6 HFC 接入技术	319
9.3.7 光纤接入网技术总结	321
9.4 建筑物综合布线通信系统	321
9.4.1 建筑物综合布线系统 (PDS: Premises Distributed System)	321
9.4.2 通信接入网综合布线系统	322
9.5 现代用户通信系统	325
9.5.1 现代用户通信网络概述	325
9.5.2 住宅用户通信网络	326
9.5.3 城市用户通信系统	327
9.5.4 农村用户通信系统	327
9.6 内容小结	327
思考题	328

第二部分 通信技术实践部分

第 10 章 通信基本原理与技能型实验	333
10.1 实验 通信公司专家现场讲座	333
10.2 实验 水准仪的使用与实地测量	333
10.3 实验 单模光纤的熔接与 OTDR 测量	337
10.4 实验 网络通信设备的现场认识	342
10.5 实验 通信接入网管线系统的认识	347
10.6 实验 电信接入网节点机房系统的认识	356
10.7 实验 电信局机房系统的实地参观认识	359
10.8 实验 数字信号的产生与多路复用	361
10.9 实验 通信 PCM 码型转换与全双工通信	362
10.10 实验 移动通信基站系统参观调查	363
10.11 实验 网络工程综合布线与测试	364
第 11 章 综合性设计性实践项目	366
11.1 实验 通信专业课程论文写作	366
11.2 实践 通信技术课程企业实习项目	369
11.3 实验 通信技术课程接入网规划设计项目	381
11.3.1 通信接入网规划设计“实验内容项目”计划安排表 (范例)	382
11.3.2 通信接入网现场勘测调查	383
11.3.3 通信接入网图纸设计与 Auto-CAD 绘图	386
11.3.4 通信接入网概预算编制与设计文件生成	388
11.3.5 通信接入网工程设计演讲答辩	397



附录 爱尔兰 B 公式表.....	399
参考文献.....	401
第 2 版后记.....	403

第一部分 | 通信原理部分





第1章 通信基本技术概论



本章是对“通信信号”与“信号传递系统”的基本知识的概述,是全书内容的一个预先的展开。共分为四个部分:1.1节讲述了通信信号、通信业务与通信网的概念、历史起源与发展情况,以及通信系统的组成、分类和特点;1.2节讲述了通信行业的企业分类与组成情况,通信行业员工的基本素质要求;使读者对整个通信业务与网络的系统组成建立清晰的概念,并对现代通信企业的工作性质和运行机制有一个基本了解;1.3节介绍了五个基本的通信系统概念与原理,使读者对现代通信的系统原理和研究方法有一个初步认识;1.4节专门介绍了通信工程的基本内容,以及工程规划设计的基本方法与实施过程,使读者对现代通信工程的运作方式有一个基本的认识。整章内容全面地构成了通信网络、通信行业和通信工程建设的基本系统组成与基本工作要点。

1.1 通信网技术概论

人类社会进入21世纪,通信技术和信息产业的长期高速发展,不仅将我们带入了信息时代,并且深刻地影响和改变着我们的生活、工作方式,各种通信方式的广泛使用已成为我们这个时代的显著标志;使人足不出户,真正感受到“小小地球村”的魅力;以数字化、光纤化、移动化、网络智能化和技术水平不断发展为特征的现代通信行业,正逐步带您进入五彩斑斓的未来信息世界,不仅使您的生活越来越充分地享受信息社会的丰富多彩,并且为您的事业打下坚实的基础。我们将从最基本的“通信网”的概念入手,进入这个多姿多彩的信息化的世界。

1.1.1 通信的发展史与通信网络的概念

1. 通信的概念

所谓通信的过程,就是人们依靠各类通信服务公司的信息传递网络,将各种“信息”进行远距离传递的过程。例如人们打电话的过程、发送短信的过程、通过电脑登录某个互联网网站的过程等,都是“通信的过程”,要传递的物质就是各类“信息”——电话、短信或是登录某个网站的指令,如图1.1所示。由此我们可以发现:通信的过程需要两个内容组成,即通信的内容(信息本身)和有效可靠的通信渠道——由各类通信公司设立的,传递各类信息的“通信系统”。这就是通信这个过程的必须具备的条件——也就是事物矛盾的双方。在通信系统中,按照组成的不同,分为“通信终端系统”、“通信传输媒介系统”(如有线的光纤光缆、网线,以及无线传媒等)和“通信(机房)控制转换系统”等三大类系统组成。



(1)“打电话”的通信过程 (2)“发送短信”的通信过程 (3)“宽带登录网站”的通信过程

图 1.1 现代通信的各类通信方式示意图

人们需要远距离传递的各类信息，是通信过程这个“矛盾”的主要方面，而通信企业、通信系统则是承接和传送信息的服务载体，是矛盾的次要方面。人们通信的信息是多种多样的，实际上早在古代，我们的祖先就通过“邮驿”的方式，开展了远距离邮寄信函等“邮政通信”的业务。下面，让我们首先回顾一下通信的发展史，来具体分析一下通信在历史的长河中的发展情况。

2. 通信的发展史

(1) 古代的通信方式——“邮驿（邮政）”通信（古代—1883 年）。

通信的过程就是将人类的某种信息，经过专门的“通信系统”，进行远距离传送和处理的过程。人类建立和使用通信网络，其实早在古代就开始了——古时候的各种文书传递、邮路驿站、边关的烽火台、狼烟设施等，都是“通信网络”的使用经历，也反映了当时社会生产力的发展水平——经过人力和马匹的邮政传递传送信息。杜甫诗中的“烽火连三月，家书抵万金”，就是古人收到远方家信时，欣喜若狂的真实写照；“大漠孤烟直，长河落日圆”的诗句，更是直接反映了古代的“数字化”通信系统——烽火台的通信效果。而“八百里加急传信”等快速通信的方式，更是古代皇帝与各地官府和边关衙门专用的通信方式；而“一骑红尘妃子笑，无人知是荔枝来”的邮政传递，也充分反映了封建社会奢侈糜烂的宫廷生活。

所以，在古代，限于社会科技发展水平的限制，只能采用邮政的方式，传递各类书信和小包裹之类的信息和邮件。

(2) 近代电信时代的开始——人工“电话、电报”通信（1884 年—1910 年）。

到了 19 世纪末期，英国人莫尔斯发明了无线电报装置、美国人贝尔发明了电话系统，标志着“电讯时代”的开始——将信息转换成某种电磁波信号，并进行远距离传送。此时，在欧美各个资本主义国家，逐步开展了电讯通信的业务：通过长途电报，和城市里的电话业务，将人们的信息，随时随地地传播到远方。这种新的技术发展带来的“电信”信息业的创立和飞速发展，给人们带来了极大的便利，从而推动了社会生产力的快速发展，成为社会不可缺少的重要组成部分。

(3) 自动通信时代的到来——“自动电话”通信（1911 年—1974 年）。

在 20 世纪初的 1911 年，德国西门子公司的电磁式自动交换机的诞生，则标志着“通信自动化”时代的开始。自动交换机取代了“人工交换”的通信方式，大大加快了人们打电话的便利程度和转接速度。所以，很快就普及欧美各国的电话网，引起了第 1 次电话技术的“升