



世纪高职高专通信教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN
TONGXIN JIAOCAI

现代通信技术

孙青华 主编

张荣坤 黄红艳 孙群中 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专通信教材

现代通信技术

孙青华 主编
张荣坤 黄红艳 孙群中 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信技术/孙青华主编; 张荣坤, 黄红艳, 孙群中编著. —北京: 人民邮电出版社, 2005.8
21 世纪高职高专通信教材

ISBN 7-115-13346-8

I. 现... II. ①孙...②张...③黄...④孙... III. 通信技术-高等学校; 技术学校-教材 IV. TP91
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 060158 号

内 容 提 要

本书主要讲述通信系统的概念、基本原理和关键技术。全面地介绍各类通信系统的技术特点、基本原理及主要应用。全书共 10 章。第 1 章和第 2 章从电信系统的基本概念入手, 概括介绍电信系统的整体架构; 第 3 章以电话通信为例, 介绍典型通信系统的通信过程及相关技术; 第 4 章到第 7 章详细介绍数据通信、移动通信、光纤通信、微波及卫星通信的基本原理及关键技术; 第 8 章和第 9 章介绍接入网与智能网的技术及应用; 第 10 章介绍值得关注的一些电信新技术。

本书可作为通信工程、网络工程等专业高职高专教材或管理信息系统、电子信息专业本科生教材, 也可作为通信系统、网络工程的工程技术人员的参考书。

21 世纪高职高专通信教材

现代通信技术

-
- ◆ 主 编 孙青华
编 著 张荣坤 黄红艳 孙群中
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5
字数: 417 千字 2005 年 8 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2005 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-13346-8/TN · 2455

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

21 世纪高职高专通信教材

编 委 会

主 任 肖传统

副 主 任 张新瑛 向 伟

委 员 王新义 孙青华 朱 立 江 丽 李元忠

李转年 李树岭 李 婵 刘翠霞 陈兴东

苏开荣 吴瑞萍 张干生 张孝强 张献居

周训斌 杨 荣 杨 源 胡 鹏 赵兰畔

黄柏江 曹晓川 滑 玉 傅德月 惠亚爱

秘 书 李立高

执行编委 滑 玉

随着通信技术的飞速发展，通信业务的不断拓展和通信市场的日益开放，如何提高从业人员的素质，增强产业竞争力，已成为通信运营商高层决策者们所考虑的重要问题之一。通信类的高等职业教育以适应通信技术发展，培养通信生产和服务一线的技能型人才为目的。

国务委员陈至立同志在全国职业教育工作会议上指出：“职业教育的目标是培养数以千万计的技能型人才和数以亿计的高素质劳动者，必须坚持以服务为宗旨，以就业为导向，面向社会、面向市场办学。”为了适应高等职业教育的需要，结合通信行业的特点和通信类高等职业教育的培养目标，我们组织了全国通信类高职院校部分老师和部分通信企业的资深专家组织编写了这套《21 世纪高职高专通信教材》。该丛书技术新，实用性强，案例典型，既可满足通信类高职高专的教学使用，又可作为从事通信行业一线的专业技术人员培训和自学读物。

由于作者编写高职高专教材经验不足，征求意见的范围还不够广泛，书中难免存在疏漏之处，望广大读者多提宝贵意见，以便进一步提高完善。

21 世纪高职高专通信教材编辑委员会

人类社会离不开信息的交流——通信。随着科学技术的发展，世界经济趋于全球化，人类社会正进入一个新的历史时期——信息化时代。信息、能源、材料构成世界经济发展的三大支柱。由微电子、光电子、计算机、通信和信息服务业构成的信息产业，已成为信息化社会的基础。特别是光通信与计算机的密切结合，以及软件技术的突飞猛进，使通信技术日新月异，各种名目繁多的通信新技术及新业务应运而生，层出不穷，作为社会基础设施的通信技术革新正向数字化、宽带化、综合化、智能化和个人化方向发展。

随着生产的发展，新的通信技术和方式不断地被开发、创新和完善。通信技术的革命将改变人们的生活、工作和相互交往的方式。

本书从电信系统的基本概念入手，首先为读者建立起电信系统的整体架构，然后介绍电话通信、数据通信、移动通信、光纤通信、微波及卫星通信的基本原理及关键技术，接入网与智能网的技术及应用，以及值得关注的一些电信新技术。由于电信技术发展很快，本书在内容广泛、实用和讲解通俗的基础上，尽量选用最新的资料。

学习本书所需要的准备

学习本书需要具备电子技术的基础知识。对电子信息技术有一定了解的读者都会在本书中得到有益的知识。

本书的风格

本书力图编排成为一本通信技术的学习指南，内容包括了各类通信系统的概念、技术特点、系统结构、基本原理及应用。本书含有大量的图表、数据、例证和插图，以达到讲解深入浅出。通信技术涉及内容比较复杂，而且不少技术有前后的关联性，本书尽可能用形象的图表及实例来解释和描述，为读者建立清晰而完整的体系框架。

在每章的开始明确本章的学习重点及难点，引导读者深入学习。

电信技术是当前最有活力的领域之一，书中的内容紧跟当前发展的脚步。本书对充满活力的新技术作了简要介绍。

本书的结构

第1章从电信系统的基本概念入手，概括介绍电信技术的发展以及电信业务的分类。

第2章介绍电信系统的网络结构、系统构成以及网络管理的内容，旨在为读者建立电信系统的整体架构。

第3章以电话通信为例，介绍电话通信的过程及相关技术。

第4章从数据通信的特点入手，介绍数据通信的系统组成、传输方式等基本内容，重点介绍数据传输及数据交换的原理，讲述各类数据通信网。

第5章简要介绍移动通信的特点、工作方式、多址方式、频率分配等内容,重点介绍 GSM 移动电话通信网和 CDMA 移动通信系统,对其他移动通信系统进行简要介绍。

第6章从光纤通信的概念及发展入手,介绍光纤与光纤的导光原理、光缆的结构以及光纤通信系统的构成及实现等内容。

第7章讲述了微波通信的概念和特点,介绍微波通信系统的基本组成、微波站的设备组成及微波的传输特性和抗衰落技术。并将卫星通信作为微波通信的一个具体应用,简要介绍其系统组成。

第8章讲述了接入网的概念及其在电信网中的地位,重点介绍各种接入方式,包括 xDSL 技术、光接入网、HFC 技术及无线接入技术。

第9章在建立了智能网的体系结构后,重点介绍智能网业务及智能网概念模型。

第10章介绍值得关注的一些电信新技术,包括蓝牙技术、软件交换及下一代网络。

本书可作为通信工程、网络工程等专业高职高专教材或电子信息专业本科生教材,也可作为通信系统、网络工程的工程技术人员的参考书。

这是有幸与人民邮电出版社一起合作的第一本书。很高兴与他们合作,他们的专业水准和认真负责的精神是这本书得以成功的保证。也要感谢我的同事和朋友(王焕支、苏明、李辉老师)给我的支持和帮助。特别是石家庄邮电职业技术学院电信工程系侯蒙老师为第1章和第5章电子文档的整理所做的工作,特别感谢侯志勋老师为本书提出的宝贵建议,感谢所在的北京邮电大学博士后流动站和普天信息技术研究院博士后工作站为我提供的良好的研究工作环境,衷心地感谢导师梁雄健教授和陈庆方副院长的关心与指导。

本书由张荣坤、黄红艳、孙群中、孙青华等老师编著。全书由孙青华负责统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在一些缺点和欠妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

孙青华
2005年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 电信的基本概念	1
1.1.1 信息与信号	2
1.1.2 信息量	2
1.1.3 模拟通信与数字通信	3
1.2 电信技术的发展	5
1.2.1 电信技术发展简史	5
1.2.2 我国电信现状与发展趋势	7
1.3 通信的分类	9
1.4 电信业务分类	9
小结	10
思考题和练习题	10
第2章 电信系统	11
2.1 电信系统构成	11
2.1.1 系统组成模型	12
2.1.2 电信系统的三大硬件设备	12
2.2 网络拓扑结构	13
2.2.1 网状网	13
2.2.2 星型网	14
2.2.3 复合网	14
2.2.4 蜂窝网	14
2.3 电信管理网	15
2.3.1 电信管理网的产生	15
2.3.2 电信管理网的作用及其与电信网的关系	15
2.3.3 电信管理网(TMN)的管理业务	16
2.3.4 电信管理网(TMN)的网络管理功能	17
2.4 计算机通信网	19
2.4.1 计算机通信网的产生	19
2.4.2 计算机通信网的组成	20
小结	21
思考题与练习题	22
第3章 电话通信	23
3.1 电话通信过程	24

3.1.1 模拟通信与数字通信	24
3.1.2 数字通信过程	24
3.2 多路复用技术	27
3.2.1 频分多路复用	28
3.2.2 时分多路复用	28
3.2.3 码分多路复用	29
3.2.4 波分多路复用	29
3.3 数字通信技术	30
3.3.1 PCM30/32 系统简介	30
3.3.2 数字复接	30
3.3.3 SDH 技术	31
3.4 数字程控交换技术	33
3.4.1 数字程控交换机组成	33
3.4.2 数字程控交换原理	35
3.4.3 电话交换的呼叫接续过程	36
3.5 信令系统	36
3.5.1 信令的基本概念	36
3.5.2 信令的分类	38
3.5.3 No.7 信令系统	38
小结	41
思考题与练习题	42
第 4 章 数据通信	44
4.1 数据通信概述	45
4.1.1 特点	45
4.1.2 系统组成	45
4.1.3 传输方式	47
4.1.4 数据信号的基本形式	49
4.1.5 数字数据编码	50
4.1.6 数据通信系统的主要质量指标	53
4.1.7 通信协议	54
4.2 数据链路传输控制规程	55
4.2.1 数据链路	55
4.2.2 数据链路控制规程	55
4.2.3 数据链路控制规程的分类	56
4.2.4 高级数据链路控制协议	57
4.3 数据传输	59
4.4 数据交换技术	60
4.4.1 电路交换	61

4.4.2 报文交换	62
4.4.3 分组交换	63
4.4.4 帧中继技术	65
4.4.5 ATM 技术	66
4.5 数据通信网	69
4.5.1 中国公用分组交换数据网	70
4.5.2 中国公用数字数据网	71
4.5.3 中国公用帧中继网	72
4.5.4 Internet	72
小结	74
思考题与练习题	74
第 5 章 移动通信	76
5.1 移动通信概述	77
5.1.1 移动通信的特点	77
5.1.2 移动通信的工作方式	78
5.1.3 移动通信中的多址方式	80
5.1.4 移动通信服务区体制	81
5.1.5 移动通信的发展	85
5.1.6 我国蜂窝移动通信系统的频率分配	86
5.2 数字蜂窝移动电话系统	90
5.2.1 GSM 移动电话系统的组成	90
5.2.2 数字蜂窝移动通信系统 (GSM) 的网络结构	93
5.2.3 路由及接续	95
5.2.4 数字移动电话的编号方式	97
5.2.5 数字移动台的构成	99
5.2.6 GSM 无线接口信令	100
5.3 CDMA 移动通信系统	104
5.3.1 码分多址技术的基本原理	104
5.3.2 扩频通信的基本原理	106
5.3.3 码分多址直接序列扩频通信系统	108
5.3.4 CDMA 移动通信系统的主要优势	109
5.4 其他移动通信系统简介	110
5.4.1 无线寻呼系统	111
5.4.2 集群调度系统	111
5.4.3 小灵通系统简介	112
小结	114
思考题与练习题	115

第6章 光纤通信	117
6.1 光纤通信概述	117
6.1.1 光纤通信的发展史	118
6.1.2 目前光纤通信的实用工作波长	118
6.1.3 光纤通信的特点	118
6.2 光纤与光缆	119
6.2.1 光纤的结构与分类	119
6.2.2 光纤的导光原理	121
6.2.3 单模光纤	123
6.2.4 光纤的损耗特性及色散特性	124
6.3 光纤通信系统	125
6.3.1 光源与光发送机	125
6.3.2 光电检测器与光纤数字接收机	127
6.3.3 光纤通信系统	129
6.3.4 光纤通信系统的码型	130
6.3.5 光纤通信系统设计	131
小结	132
思考题与练习题	133
第7章 微波通信和卫星通信	134
7.1 微波通信	135
7.1.1 微波通信的概念和特点	135
7.1.2 数字微波通信系统的组成	137
7.1.3 微波站设备	138
7.1.4 微波的传播特性与补偿技术	148
7.1.5 数字微波通信技术的发展及应用	154
7.2 卫星通信	157
7.2.1 卫星通信的概念和特点	157
7.2.2 卫星通信系统	158
7.2.3 通信卫星	160
7.2.4 地球站	163
7.2.5 卫星通信的多址方式	166
7.2.6 VSAT 卫星通信系统	168
小结	171
思考题与练习题	171
第8章 接入网	173
8.1 接入网概述	174
8.1.1 接入网的概念和特点	174

8.1.2 接入网的市场	176
8.2 xDSL 技术	182
8.2.1 xDSL 技术分类	182
8.2.2 用户线对增容技术	183
8.2.3 HDSL 技术	184
8.2.4 ADSL 技术	186
8.2.5 VDSL 技术	190
8.3 光接入网	192
8.3.1 光接入网概述	192
8.3.2 参考配置和应用类型	193
8.3.3 光接入网系统总体要求	196
8.3.4 光配线网	202
8.4 HFC 技术	205
8.4.1 HFC 网络结构	205
8.4.2 HFC 网频谱安排	207
8.4.3 双向通信	208
8.4.4 Cable Modem 系统	209
8.5 无线接入技术	211
8.5.1 无线接入技术概述	211
8.5.2 本地多路分配业务 (LMDS)	215
8.5.3 无绳通信系统	217
8.5.4 卫星移动通信系统	217
小结	220
思考题与练习题	220
第 9 章 智能网	221
9.1 智能网概述	221
9.1.1 智能网的概念与特征	222
9.1.2 智能网的概念模型及业务	223
9.1.3 智能网的发展	225
9.2 智能网业务	226
9.2.1 基本业务	226
9.2.2 补充业务	227
9.3 智能网概念模型 (INCM)	234
9.3.1 业务平面	235
9.3.2 总功能平面	239
9.3.3 分布功能平面	239
9.3.4 物理平面	240
小结	241

思考题与练习题	242
第 10 章 电信新技术	243
10.1 蓝牙技术	243
10.1.1 蓝牙简介	244
10.1.2 无线频段的选择和抗干扰	246
10.1.3 多址接入体系	246
10.1.4 蓝牙系统的功能单元	247
10.1.5 蓝牙技术的通信过程	249
10.1.6 蓝牙技术和产品应用领域	251
10.2 下一代网络	253
10.2.1 下一代网络产生的背景	253
10.2.2 下一代网络的基本概念	254
10.2.3 下一代网络的基本特征	254
10.2.4 下一代网络的能力	255
10.2.5 下一代网络结构	255
10.2.6 下一代网络的优势	256
10.3 软交换技术	257
10.3.1 软交换技术发展的背景	257
10.3.2 软交换的网络结构及实现	258
10.3.3 软交换的功能	260
10.3.4 软交换技术的优势	261
10.3.5 软交换技术的可提供的新业务	262
小结	263
思考题与练习题	263
参考资料	265

第1章

绪论

本章内容

- 电信的基本概念。
- 电信技术的发展简况。
- 通信的分类。
- 电信业务分类。

本章重点

- 信号、信息和信息量的概念。
- 模拟通信和数字通信的基本模型。
- 通信的分类。

本章难点

- 信息传输率和码元传输率的概念。
- 通信系统的基本模型。

本章学时数

- 3 学时。

学习本章的目的和要求

- 掌握信息、信号、信息量、信息传输率、码元传输率的概念。
- 掌握点对点通信的基本模型。
- 熟悉通信的分类。
- 了解通信的特点、发展简史。
- 了解电信业务的主要类型。

本章简要介绍电信通信的基本知识，发展简史及电信业务类型等。

1.1 电信的基本概念

电信从本质上讲就是实现信息传递功能的一门科学技术，它要将大量有用的信息无失

真、高效率地进行传输，同时还要在传输过程中将无用信息和有害信息抑制掉。当今的通信不仅要有效地传递信息，而且还要具有存储、处理、采集及显示等功能，电信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

1.1.1 信息与信号

1. 信息

在日常用语中，把关于人或事物情况的报道称为消息，通指为信息，而消息被认为是信息的物质表示。现代社会有三大支柱：信息、能源和材料。信息产业包括电信、计算机和广播电视等。信息的表现形式有：语言、图像、文字、数据等。

2. 信号

信号是信息的物理客体。在通信系统中信号以电（或光）的形式进行处理和传输，所以这种电（或光）信号，简称为“信号”。电信号最常用的形式是电流或电压。

3. 模拟信号与数字信号

信号基本上可分作两大类：模拟信号和数字信号。如果信号的幅度随时间作连续的、随机的变化，称为模拟信号。模拟信号的特性如图 1-1 所示。话音信号就属于模拟信号。如果信号的幅度随时间的变化只具有离散的、有限的状态，称为数字信号。与模拟信号相反，数字信号的参量取值是离散变化的，其示例如图 1-2 所示。

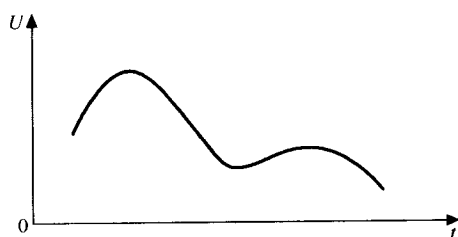


图 1-1 模拟信号

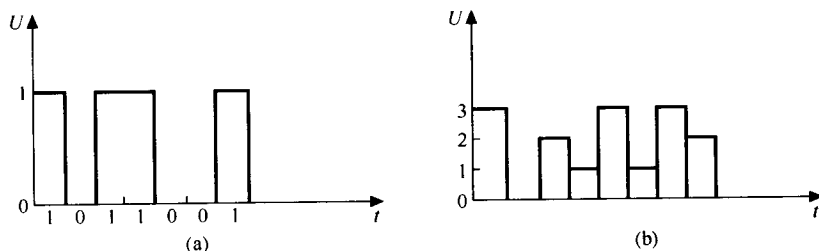


图 1-2 数字信号

1.1.2 信息量

信号是消息的载体，而信息是其内涵。任何信源产生的输出都是随机的，也就是说，信源输出是用统计方法来定性的。对接收者来说，只有消息中不确定的内容才构成信息；否则，信源输出已确切知晓，就没有必要再传输它了。因此，信息含量就是对消息中这种不确定性的度量。

首先，让我们从常识的角度来感觉三条消息：①太阳从东方升起；②太阳比往日大两倍；③太阳将从西方升起。第一条几乎没有带来任何信息，第二条带来了大量信息，第三条带来的信息多于第二条。

究其原因，第一事件是一个必然事件，人们不足为奇；第三事件几乎不可能发生，它使

人感到惊奇和意外,也就是说,它带来更多的信息。因此,信息含量是与惊奇这一因素相关联的,这是不确定性或不可预测性的结果。越是不可预测的事件,越会使人感到惊奇,带来的信息越多。

根据概率论知识,事件的不确定性可用事件出现的概率来描述。可能性越小,概率越小;反之,概率越大。因此,消息中包含的信息量与消息发生的概率密切相关。消息出现的概率越小,消息中包含的信息量就越大。

数字信号的主要特点是状态的离散性,因此,这些离散值就可以用二进制数或 N 进制数表示。若离散信号的状态只有两种状态,可用一位二进制数“0”或“1”表示,若离散数值的状态多于两种,则可用多位二进制符号表示。 N 进制与二进制可以相互表示,比如 $N=4$,则 N 进制的每一个符号可用两位二进制符号表示。原则上 N 进制的每一个符号可用 $\log_2 N$ 表示。按照信息论的观点,传递消息的多少,可用传递信息的多少来衡量,在信息论中用“信息量”来衡量信息的多少,单位为比特。鉴于这种认识,系统的传输速率可用信息传输速率表示,信息传输速率又称为信息速率或传信率。定义为:每秒钟传输的信息量。单位为比特/秒,记作 bit/s。

在数字通信系统中,还有一个性能指标为码元传输速率、又称波特率,其定义是:系统每秒钟传送或处理码元的数目,单位是波特,常用大写“B”表示。在数字系统中常用相同的时间间隔来表示一个二进制符号,这个时间间隔叫做码元长度、简称二进制码元。同样,所有 N 进制的信号,其时间间隔也是等长的,这个码元长度称为 N 进制码元。必须指出,虽然码元速率和信息速率都是传输率的指标,但它们有着不同的概念,使用中不可混淆。但两者在数值上又有一定的联系,每一个进制码元规定含有一比特信息量,故在二进制下的码元速率与信息速率在数值上是相等的,只是单位不同。设信息速率为 R_b ,则 N 进制码元速率 R_{BN} 与 R_b 的关系为

$$R_b = R_{BN} \log_2 N \quad (\text{bit/s})$$

$$R_{BN} = R_b / \log_2 N \quad (\text{B})$$

1.1.3 模拟通信与数字通信

根据信号方式的不同,通信可分为模拟通信和数字通信。什么是模拟通信呢?比如在电话通信中,用户线上传送的电信号是随着用户声音大小的变化而变化的。这个变化的电信号无论在时间上或是在幅度上都是连续的,这种信号称为模拟信号。在用户线上传输模拟信号的通信方式称为“模拟通信”。

数字信号与模拟信号不同,它是一种离散的、脉冲有无的组合形式,是负载数字信息的信号。电报信号就属于数字信号。现在最常见的数字信号是幅度取值只有两种(用“0”和“1”代表)的波形,称为“二进制信号”。“数字通信”是指用数字信号作为载体来传输信息,或者用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。

1. 通信系统

通信系统的功能是对原始信号进行转换、处理和传输。图 1-3 所示为通信系统的结构模型。从总体上看,通信系统包括下列五部分。

信源:是产生信息的人或机器,如声音(话筒),符号源(计算机),图像源(摄像机)等,将原始信息转换成基带电信号。

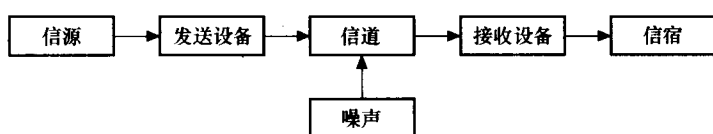


图 1-3 通信系统结构模型

发送设备：完成变换，使信号源的输出基带信号变成便于传输的信号（电或光信号）的设备。如编码器、调制器、放大器等。

信道：是传送信号的媒介，如电缆、光纤、空间等。

接收设备：完成反变换（输出基带信号）以便获得能识别消息的设备，如译码器、解调器、放大器等。

信宿：为接收信息的人或机器。如听筒，显示屏等。将基带信号恢复为原始信号。

噪声：噪声是除去信息以外所有能量的总称，它并不是一个人为实现的实体，但在实际通信系统中又是客观存在的，可以存在于发送器、信道、交换设备以及接收器中。

应当指出以上模型是点对点的通信，若想完成多个用户之间的通信，就要形成网络，一个完整的电信系统应由终端设备、传输设备（包括线路）和交换设备三大部分组成。

转接交换设备是电信网的核心，它的基本功能是完成接入交换节点链路的汇集、转接接续和分配。例如电话系统，终端设备是电话机，传输设备是用户线、中继线，交换设备是电话交换机。

2. 模拟通信系统

模拟通信系统的模型如图 1-4 所示。

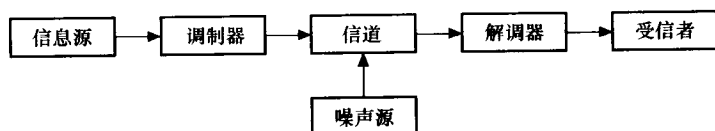


图 1-4 模拟通信系统模型

首先将发送端的连续消息变成原始电信号（完成第一次变换）；接着，将原始电信号经调制解调器变换成其频带适合信道传输的信号，得到已调信号（完成第二次变换）；在接受端经解调器解调及还原成原始消息两次反变换，最终得到发端发送的连续消息。

模拟通信系统传输连续的模拟信号；每路话音信号占用带宽仅为 4kHz；在信号的传输过程中，噪声叠加于信号之上，并随传输距离的增加而加强，在接受端很难将信号和噪声分离，系统的抗干扰能力较弱且不适于长距离信号传输。

3. 数字通信系统

对于数字通信系统，在信源和信宿部分应增加模/数转换和数/模转换部分（如图 1-5 所示）。

信源发出的模拟信号，经取样、量化和编码等数字化处理（如图 1-6 所示）后，以数字信号形式传送，此种通信方式称为数字通信。在得到原始电信号之后，进行信源编码（实现模/数转换，调整信号码速），再进行信道编码（提高信道传输的可靠性），进行调制后进入信