

21 世纪高等学校计算机教育实用规划教材

数字通信原理

常君明 颜彬 编著



清华大学出版社

21

世纪高等学校计算机教育实用规划教材

数字通信原理

常君明 颜 彬 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共分 10 章,包括数字通信的基础知识、数字编码、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、模拟信号的数字化、多路复用技术、数据交换、通信设备、移动通信和网络通信等内容。每章都有相应的习题。

本书内容新颖、叙述方法深入浅出,注重通信系统的基础知识,突出基本概念和基本原理,并注重反映当今最新的现代通信技术和应用情况。

本书并不包括对繁琐数学公式的推导,而是侧重讲述各种通信技术的性能、物理意义与应用,并列举了大量例子加以说明。

本书适合作为高等院校计算机、通信、电子、自动化及相近专业学生的教材,也可供相应工程技术人员作为参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字通信原理/常君明,颜彬编著. —北京:清华大学出版社,2010.1

(21 世纪高等学校计算机教育实用规划教材)

ISBN 978-7-302-20997-3

I. 数… II. ①常… ②颜… III. 数字通信—高等学校—教材 IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 165008 号

责任编辑:魏江江 王冰飞

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.25 字 数:373 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版 印 次:2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022079-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大以及产业结构调整的不断深入,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。计算机课程教学在从传统学科向工程型和应用型学科转变中起着至关重要的作用,工程型和应用型学科专业中的计算机课程设置、内容体系和教学手段及方法等也具有不同于传统学科的鲜明特点。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平计算机课程教材。目前,工程型和应用型学科专业计算机课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的计算机教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业计算机教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型学科专业计算机课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 面向工程型与应用型学科专业,强调计算机在各专业中的应用。教材内容坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材规划以新的工程型和应用型专业目录为依据。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设仍然把重点放在公共基础课和

专业基础课的教材建设上；特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版，逐步形成精品教材；提倡并鼓励编写体现工程型和应用型专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本，合理配套。基础课和专业基础课教材要配套，同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化，基本教材与辅助教材，教学参考书，文字教材与软件教材的关系，实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家，择优选用。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时，要引入竞争机制，通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序，确保出书质量。

繁荣教材出版事业，提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度，希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机教育实用规划教材编委会

联系人：丁岭 dingl@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

随着信息化社会的到来,通信技术与系统的发展和應用日益广泛地渗透到社会各个领域。通信技术的进步带动了通信产业的发展,这大大增加了對通信人才的需求,每个专业对了解通信技术与系统都有不同程度的需求。目前,不仅传统的通信工程专业设置了通信原理课程,而且信息工程、电子工程、计算机、网络工程、自动化以及其他相近专业都开设了此课程。同时,现代通信技术的发展突飞猛进,各种新设备、新技术、新业务、新系统和新应用层出不穷,也对教材体系和內容提出新的要求。

本书內容新颖、例题典型丰富、叙述深入浅出,力求用通俗簡明的语言,既讲清楚基本概念、原理和方法,又强调理论与实际應用相结合,增强实用性。本书适合作为高校计算机、通信、电子、自动化及相近专业教材,也可供相应工程技术人员做参考用书。

本书特色:

① 注重基础理论与计算机技术的融合,为清晰地解释偏重于计算机专业的通信技术,安排了适当的篇幅介绍频谱、变换等知识,使计算机通信建立在扎实的理论基础之上。侧重讲述通信的基础知识、数字编码、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、模拟信号的数字化、多路复用技术、数据交换、通信设备、移动通信和网络通信等内容。

② 强化知识点和技術点的应用,突出基本概念和基本原理,突出基础理论与基本技术的融合;以原理和公式结论的应用为突破口,注重讲述它们的应用环境和方法。

③ 将各种技术特点与应用进行对照比较讲解,是本书一大特色。如在讲解码型编码时,对每种码型的构成、波形、码型的优缺点以及适用范围进行对照比较,这样很容易让学生理解什么样的应用环境需要什么样的码型。

④ 注重跟随现在通信技术的发展,增加了对新技术的讲解,拓宽了知识面,对技术的最新发展和当今应用现状进行讨论,突出了学科发展的特点。

⑤ 教材组织方法先进,概念、原理、技术通过例题加以讲解,易于学生接受理解。每章配有适量习题,便于学生巩固和掌握知识要点。

常君明和颜彬担任本书主编。颜彬负责编写大纲并编写了第1章和第3章;常君明编写了第2章、第4章、第6章、第8章和第9章;李登实编写了第7章和第10章;程辉编写了第5章;刘敏也参与了部分编写工作。全书由常君明和颜彬统稿。在本书编写过程中,得到了江汉大学许多同事的支持和建议,连同本书所列文献的作者,在此一并表示衷心谢意。

限于编者水平,书中难免存在不足之处,敬请各界读者批评指正。

编 者

2009年7月于武汉

相关课程教材推荐

ISBN	书 名	定价(元)
9787302177852	计算机操作系统	29.00
9787302178934	计算机操作系统实验指导	29.00
9787302177081	计算机硬件技术基础(第二版)	27.00
9787302176398	计算机硬件技术基础(第二版)实验与实践指导	19.00
9787302177784	计算机网络安全技术	29.00
9787302109013	计算机网络管理技术	28.00
9787302174622	嵌入式系统设计与应用	24.00
9787302176404	单片机实践应用与技术	29.00
9787302172574	XML 实用技术教程	25.00
9787302147640	汇编语言程序设计教程(第2版)	28.00
9787302131755	Java 2 实用教程(第三版)	39.00
9787302142317	数据库技术与应用实践教程——SQL Server	25.00
9787302143673	数据库技术与应用——SQL Server	35.00
9787302179498	计算机英语实用教程(第二版)	23.00
9787302180128	多媒体技术与应用教程	29.50
9787302185819	Visual Basic 程序设计综合教程(第二版)	29.50

以上教材样书可以免费赠送给授课教师,如果需要,请发电子邮件与我们联系。

教学资源支持

敬爱的教师:

感谢您一直以来对清华版计算机教材的支持和爱护。为了配合本课程的教学需要,本教材配有配套的电子教案(素材),有需求的教师可以与我们联系,我们将向使用本教材进行教学的教师免费赠送电子教案(素材),希望有助于教学活动的开展。

相关信息请拨打电话 010-62776969 或发送电子邮件至 weijj@tup.tsinghua.edu.cn 咨询,也可以到清华大学出版社主页(<http://www.tup.com.cn> 或 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn>)上查询和下载。

如果您在使用本教材的过程中遇到了什么问题,或者有相关教材出版计划,也请您发邮件或来信告诉我们,以便我们更好为您服务。

地址:北京市海淀区双清路学研大厦 A 座 708 计算机与信息分社魏江江 收

邮编:100084

电子邮件: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

电话:010-62770175-4604

邮购电话:010-62786544

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 通信及通信系统	1
1.1.1 通信的定义	1
1.1.2 模拟通信	3
1.1.3 数字通信	4
1.1.4 模拟通信与数字通信的联系	6
1.1.5 计算机与通信	7
1.2 信息论与通信	10
1.2.1 消息与信息	10
1.2.2 信息量度量	10
1.2.3 信号	11
1.3 信道与传输	15
1.3.1 信道	16
1.3.2 信道参数	17
1.3.3 信道容量	19
1.3.4 通信方式	20
1.3.5 通信介质	23
1.4 通信协议及其机构	27
1.4.1 协议体系结构	28
1.4.2 抽象体系结构 OSI	29
1.4.3 标准化组织	30
习题	32
第 2 章 数字编码	33
2.1 编码分类	33
2.1.1 编码的意义	33
2.1.2 编码分类	33
2.1.3 编码效率	34
2.2 信源编码与信道编码	34
2.2.1 编码与信源	34

2.2.2	编码与信道	35
2.2.3	信息论中信道编码与参数(误码率)	35
2.3	字符编码	36
2.3.1	国际 5 号码(ASCII 码)	37
2.3.2	扩充的二-十进制码	37
2.3.3	国际 2 号码	38
2.3.4	国内通用代码	38
2.3.5	计算机中的汉字编码	39
2.4	码型编码	40
2.4.1	各种码型编码的来源及意义	40
2.4.2	常用码型及其特点	41
2.5	差错控制编码	47
2.5.1	编码分类及定义	47
2.5.2	衡量指标	48
2.5.3	奇偶校验	49
2.5.4	恒比码	50
2.5.5	矩阵校验码	51
2.5.6	正反码	52
2.5.7	循环冗余校验码	53
2.5.8	卷积码	55
习题		56

第 3 章 数字信号的基带传输

3.1	基本概念	58
3.1.1	基带传输与频带传输	58
3.1.2	信号通过系统	59
3.2	数字基带信号及其频谱特性	62
3.2.1	数字基带信号的一般表达	62
3.2.2	码型与频谱	62
3.3	基带脉冲传输与码间串扰	64
3.3.1	数字信号通过无失真系统	64
3.3.2	奈奎斯特准则	65
习题		65

第 4 章 数字信号的频带传输

4.1	模拟调制与数字调制	67
4.1.1	调制	67
4.1.2	解调	69
4.1.3	模拟调制	70

4.1.4	数字调制	75
4.2	幅移键控技术	76
4.2.1	2SAK 振幅键控调制原理	76
4.2.2	2ASK 信号的解调	77
4.2.3	2ASK 所需带宽和特点	78
4.2.4	多进制振幅调制	79
4.3	频移键控技术	79
4.3.1	2FSK 频移键控原理	80
4.3.2	2FSK 频移键控调制	80
4.3.3	2FSK 频移键控的解调	82
4.3.4	2FSK 所需带宽及其特点	85
4.3.5	多进制频移键控	86
4.4	相移键控技术	87
4.4.1	二进制绝对相移调制(2PSK)	88
4.4.2	二进制绝对相移解调	89
4.4.3	二相相对相移调制(2DPSK)	90
4.4.4	二相相对相移信号解调	91
4.4.5	2PSK 绝对相移调制与 2DPSK 相对相移调制的比较	92
4.4.6	多相调制	92
4.5	现代数字调制技术	95
4.5.1	抑制载波的双边带调制(DSBSC)	96
4.5.2	正交幅度调制(QAM)	97
4.5.3	幅度相位混合调制	98
4.5.4	最小频移键控(MSK)	99
	习题	100
第 5 章	模拟信号的数字化	102
5.1	模拟信号数字化的必要性及手段	102
5.1.1	数字系统的优点	103
5.1.2	将模拟信号转换成数字信号	103
5.2	抽样定理	104
5.2.1	抽样定理	104
5.2.2	理想抽样	105
5.3	量化	107
5.3.1	均匀量化	107
5.3.2	非均匀量化	108

5.5	差值脉冲编码调制(DPCM)	111
5.6	自适应差值脉冲编码调制(ADPCM)	112
5.7	增量调制	112
5.8	语音信号数字化	113
5.8.1	音频信号数字化	113
5.8.2	数字音频文件格式	114
5.9	图像信号数字化	116
5.9.1	图像信号数字化方法	116
5.9.2	图像编码的国际标准	118
	习题	123

第6章 多路复用技术 124

6.1	多路复用概述	124
6.2	频分多路复用(FDM)	125
6.2.1	频分多路复用概念	125
6.2.2	频分多路复用原理	126
6.2.3	FMD 性能评价	126
6.2.4	FDM 应用系统	126
6.2.5	波分多路复用(WDM)	127
6.3	时分多路复用(TDM)	127
6.3.1	时分多路复用概念	127
6.3.2	TDM 基本原理	128
6.3.3	TDM 工作特点	130
6.4	统计时分复用(STD M)	130
6.4.1	统计时分复用概念	130
6.4.2	STD M 基本原理	130
6.4.3	STD M 帧	131
6.4.4	STD M 性能	132
6.4.5	STD M 实例	132
6.5	码分多路复用(CDMA)	133
6.5.1	码分多路复用概念	133
6.5.2	CDMA 系统特点	134
6.5.3	CDMA 的应用	134
6.6	多路复用实例	135
6.6.1	时分复用技术和频分复用技术的比较	135
6.6.2	时分复用与统计时分复用的比较	135
	习题	137

第 7 章 数据交换	138
7.1 基本概念	138
7.1.1 数据传输的主要阶段	138
7.1.2 数据通信网络	138
7.2 电路交换	140
7.2.1 电路交换过程	140
7.2.2 电路交换网络结构	141
7.3 报文分组交换	142
7.3.1 报文分组交换过程	142
7.3.2 报文分组交换工作方式	143
7.3.3 电路交换和报文分组交换的比较	144
7.4 X.25 协议	146
7.5 帧中继(FR)	148
7.5.1 帧中继简介	148
7.5.2 帧中继体系结构	149
7.5.3 帧中继的数据帧格式	149
7.6 ATM 交换	150
7.6.1 ATM 的基本概念	151
7.6.2 ATM 协议参考模型	152
7.6.3 ATM 逻辑连接机制	155
7.6.4 ATM 信元结构	156
习题	157
第 8 章 通信设备	158
8.1 基本概念	158
8.1.1 网络互联的需求	158
8.1.2 网络互联的目的	159
8.1.3 网络互联的方式与其连接种类	159
8.2 中继器	160
8.2.1 中继器的优点	160
8.2.2 中继器的缺点	161
8.2.3 中继器适用场合及性能考虑	161
8.3 网桥	161
8.3.1 网桥的工作原理	162

8.4	路由器	164
8.4.1	路由器的基本功能	165
8.4.2	路由器的分类	165
8.4.3	路由器的优点	166
8.4.4	路由器的缺点	167
8.4.5	路由器使用场合及性能	167
8.4.6	路由器技术发展	167
8.5	集中器	168
8.5.1	集中器的优点	169
8.5.2	集中器的缺点	169
8.6	交换机	170
8.6.1	交换机的功能及其交换方式	170
8.6.2	交换机的分类	171
8.6.3	交换机的优点	171
8.6.4	交换机的缺点	172
8.6.5	交换机的适用场合及应用	172
8.6.6	选购交换机	172
8.6.7	交换机和集中器的区别	173
8.6.8	交换机和路由器的区别	173
8.7	调制解调器	174
8.8	USB 接口	175
8.8.1	USB 接口分类	176
8.8.2	USB 的优点	176
8.9	其他物理层接口	176
8.9.1	网卡	176
8.9.2	网关	178
	习题	178

第9章 移动通信 180

9.1	移动通信概述	180
9.1.1	基本概念	180
9.1.2	移动通信系统的组成	181
9.1.3	移动通信系统的工作原理	182
9.1.4	移动通信系统的分类	182
9.1.5	移动通信系统的主要技术	183
9.1.6	移动通信的特点	184
9.2	蜂窝模拟移动通信(TACS)系统	185
9.2.1	蜂窝概念	185
9.2.2	蜂窝模拟移动通信(TACS)系统	186

9.3	蜂窝数字移动通信(GSM)系统	187
9.3.1	概述	187
9.3.2	蜂窝数字移动通信 GSM 系统的基本特点	187
9.3.3	GSM 系统的业务及其特征	188
9.4	GSM 系统的主要技术与设备	191
9.4.1	GSM 的系统组成及功能	191
9.4.2	GSM 系统的主要参数	192
9.4.3	蜂窝数字移动通信 GSM 系统的主要关键技术	193
9.5	CDMA 移动通信系统	197
9.5.1	CDMA 简介	197
9.5.2	CDMA 系统的基本原理	198
9.5.3	CDMA 系统的特点	199
9.5.4	CDMA 系统的网络结构	202
9.5.5	CDMA 移动通信系统的关键技术	203
9.5.6	CDMA 系统提供的电信业务	204
9.5.7	CDMA 存在的问题	207
9.6	小灵通(PHS)	207
9.6.1	小灵通(PHS)的基本概念	207
9.6.2	小灵通的主要特点	208
9.6.3	小灵通(PHS)的网络结构	209
9.6.4	PHS 与其他通信系统的比较	210
9.6.5	PHS 与 3G 的比较	211
9.6.6	我国 PHS 的前景	212
9.7	数字移动通信的发展	212
9.7.1	移动通信的发展趋势	212
9.7.2	第三代移动通信系统(3G)	213
9.7.3	我国 TD-SCDMA	213
9.7.4	第四代移动通信系统(4G)	215
	习题	216
第 10 章	计算机网络通信	217
10.1	基本概念	217
10.1.1	计算机系统	217
10.1.2	联机多用户系统	217
10.1.3	网络系统	218

10.2.3	按通信传播方式划分	220
10.2.4	按通信速率划分	220
10.2.5	按使用范围划分	220
10.2.6	按数据交换方式划分	220
10.2.7	按网络控制方式划分	220
10.2.8	按网络配置划分	221
10.2.9	按拓扑结构划分	221
10.3	计算机网络的发展阶段	222
习题		224
参考文献		225

1.1 通信及通信系统

当两个有意识实体在一定距离间用某种表达方式交互有用的信息时,通信便存在了,通信是人与人交换信息的必然结果。人的社会活动与通信密切相关,通信方式随着物质的发展和进步不断演变,直到出现了当今各种现代通信方式。通信方式反作用于我们的生活的程度越来越高,我们甚至可以为适应通信手段的改变而改变我们的生活方式。

1.1.1 通信的定义

通信的迅猛发展起源于电信号的产生,当电报、电话、收音机进入人们的生活,通信现象开始获得理论包装,而理论又反过来指导着现代通信的发展。

1. 通信现象

早晨起来您打开电视机,一天的通信活动便开始了。电视台将记者采集的视频形式的消息组合,并转换为可以在电视电缆上流动的电信号发送到我们家中,电视机将信号还原成视频展现在电视屏幕上,这是一次通信活动;电话响了(见图 1.1),远方的朋友将语音送入电话机,语音被转换为电信号通过电话线被传输到我们的电话机上,再转换成语音信号进入我们的耳朵,这是一次通信活动;我们通过银行的终端机取钱(见图 1.2),信息在与总部联网的数据网络上流动,这也是一次通信活动;我们上网、用手机……通信随时在发生。

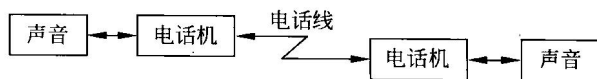


图 1.1 电话通信

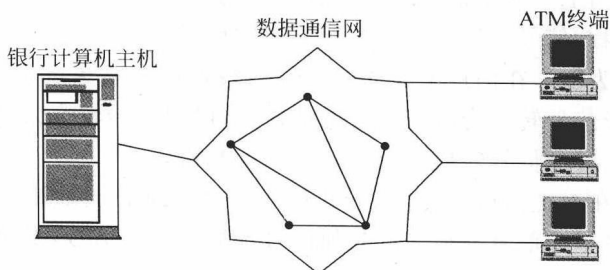


图 1.2 银行通信

除了我们生活中的通信以外,通信技术的发展和运用关系到国家的发展和实力,涉及教育、医疗、生产、国防等方面,科技工作者掌握通信技术意味着拥有了先进的生产手段和生产力。

2. 通信是什么

从通信现象我们了解到,通信就是信息的传递。在信息传递过程中,有一些基本要素是每一次通信过程都必不可少的。更具体地说,通信是发送方将携带信息的信息转变为信号后通过信道传递,接收方再将收到的信号转换为消息并提取其中的信息。

通信过程是传递信息的过程,信息是未知的且具有不确定性的事物的状态及其变化,可以通过事物发生的概率来度量信息的含量。所有通信的目的就是对信息的交流和共享。信息没有独立存在的形式,它必须依附于携带它的载体才能够被获知。

消息就是携带信息的载体,它的形式是多样的,如符号、语言、文字、图像、声音、视频及其他类型的表达。不同消息中信息的含量也是不同的,信息是消息中包含的有意义的内容,信息通过消息的携带、流通、存储和处理来改变所处的状态,由此经历从产生到消失的过程。针对特殊的传递媒体,消息必须被转变为指定形式的信号。

信号是运载消息的工具,它具有时间特性,信号是指随时间变化的物理量。信号可以表现为电信号、光信号、电磁信号等,通常可以用时间或频率表达式来代表某一个具体的信号。

通信系统是完成通信过程的装置,整个通信过程所经历的装置将构成一个通信系统(见图 1.3)。

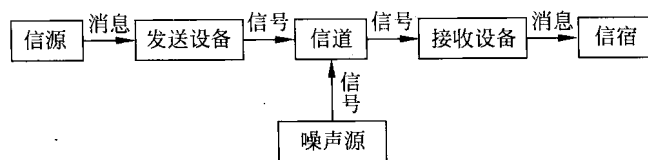


图 1.3 通信系统的基本模型

信源是产生信息的原始机构,由此发出的信息通常是未经加工的、处于低频范围的原始信号,如打电话时的语音信号、使用银行卡时的键盘信号、电视台组合的视频信号等。

信道是信号传输的通路,所有的信号都必须经过信道才能传输。信道的形式是传输媒体,分为有线信道和无线信道,有线信道如传递电视信号的同轴电缆、传递电话信号的电话电缆、传递光信号的光缆等;无线信道有传递无线信号的地球空间及其外围空间等,只要能够传递信号就能充当信道。由于信道特性随着信道的分类而大不相同,特定的信道上流动的信号也是特定的,因此信号必须对应信道所要求的形式。

将信源信号转换为能够在信道上流通的信号的装置称为发送设备,发送设备具有信号的转换功能,如将语音信号转换为电信号的电话机,将电视信号转换为高频信号的电视发射台,将银行终端机上的键盘信号转换为网络信号的终端机。

远程传输的信号在通过信道的时候,不可避免地会遇到电子器件漂移、雷电影响、其他信号干扰等情况,这些影响信号纯洁性的其他信号统称为噪声信号,发出噪声的地方称为噪声源。

接收设备完成的工作过程是发送设备的逆过程,它的作用是将信号转变为接收者能够理解的消息形式。