

高等学校应用型通信技术系列教材

现代通信技术基础

严晓华 编著



清华大学出版社

TN91
95

高等学校应用型通什材

现代通信技术基础

严晓华 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书根据高等学校应用型人才培养目标和国家通信工程师职业资格的专业基础知识点,简述了通信网概念及其基础技术,并按通信工程专业分类与行业发展特点,全面介绍了电信交换、数据通信、无线通信、移动通信、光传输网、宽带网络通信等现代通信技术的基本概念、技术特点、相关业务、典型系统和主要应用。各章列出学习目标并配有多种形式的习题。全书内容新颖、宽泛、重应用,叙述清晰,简明易懂。

本书为高等学校通信技术专业规划教材,也可作为高校电子信息类与计算机应用类专业的教学用书,以及通信技术和管理人员的培训用书,并可供相关专业人员参考。

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术基础/严晓华编著. —北京: 清华大学出版社, 2006. 7

(高等学校应用型通信技术系列教材)

ISBN 7-302-13231-3

I. 现… II. 严… III. 通信技术—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 064987 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

责任编辑: 刘 青

印 刷 者: 北京季蜂印刷厂

装 订 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 19.75 字数: 438 千字

版 次: 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-13231-3/TN·336

印 数: 1~4000

定 价: 24.00 元

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力,以及对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现。我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参与教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

现代通信技术是信息科学技术的一个重要组成部分,是信息化社会的重要支柱。高等学校通信技术专业应用型人才的培养,是当前教学改革中的一项重要任务。

《现代通信技术基础》课程是通过知识的加工和优化,在原《通信原理》、《现代通信系统》、《通信网基础》等课程基础上整合而形成,并向应用型方向拓展。作者在完成教育部高教司通信技术专业课程体系研究课题,多年从事专业课程建设、科研项目开发和高新技术企业管理实践的基础上编写了本书。

本书以通信职业基本素质和岗位能力的培养为出发点,依据《通信工程师职业资格考试大纲》中的专业基础知识点,并以职业岗位能力为核心来定位教材结构,使教学内容与行业发展及人才需求相适应,力求使学生在适当基础上建立起对现代通信技术和通信网络的整体概念。

全书共分为8章,第1~2章概述了通信网概念及其基础技术,第3~8章按照通信工程专业分类与行业发展特点,分别阐述了电信交换、数据通信、无线通信、移动通信、光传输网、宽带网络通信等现代通信技术的概念、技术特点、相关业务、典型系统和主要应用,并依据我国通信行业“十一五规划”主要领域的发展重点,简介了相关新技术与应用前景。

本书在内容选择上,充分考虑到应用型人才的培养目标及其适用基础,尽量反映出“新颖宽泛、适度基础、注重应用”的特色。在编排上,依据循序渐进的原则,突出专业理论的结果与应用领域、实用案例,精简了理论渊源和推演;内容叙述力求通俗易懂,并对学生给予必要的学习指导与多种类型的习题训练。

根据通信技术专业的职业能力训练目标(包括通信设备应用与测试能力、通信系统安装与维护能力、通信网络组建与管理能力、电信业务营销与服务能力等),本书在各环节上注重训练学生的知识综合能力和技术应用能力,为学生学习后续课程、参加下一阶段的通信综合实训以及参加国家职业资格鉴定奠定基础。相关实践能力训练的内容另行编入配套教材《通信综合实训》,由本书作者主编,由清华大学出版社出版。

作为《现代通信技术基础》课程教材,本书另配有电子教案。课程教学建议为64~80学时,各校可以根据不同专业和地区的需求,对学时数和内容侧重点进行必要的调整。

通信技术专业课程体系的改革是不断探索和完善的过程。欢迎广大读者在使用本教材过程中,提出宝贵的意见和建议。

作 者

2006年1月于上海

第1章 概论	1
1.1 通信概述	1
1.1.1 通信基本概念	1
1.1.2 通信系统模型	2
1.1.3 通信系统的分类	4
1.1.4 通信系统的质量评价	5
1.1.5 通信法规与通信标准	6
1.2 通信网的组成	7
1.2.1 通信网的概念	7
1.2.2 通信网的分类	10
1.2.3 电信网的组成	12
1.2.4 通信网的组网结构	13
1.3 通信信道	14
1.3.1 无线信道	14
1.3.2 有线传输信道	15
1.3.3 通信信道特性	16
1.4 现代通信技术的应用与发展	17
1.4.1 现代通信技术的应用	17
1.4.2 现代通信技术的特征	18
1.4.3 我国通信行业的发展趋势	20
1.5 国家通信职业资格制度简介	21
1.5.1 通信工程师职业资格	21
1.5.2 通信行业职业(工种)资格	23
本章小结	24
习题	24
第2章 通信网基础技术	26
2.1 概述	26
2.1.1 通信系统研究的主要问题	26
2.1.2 数字通信系统的基本概念	27

2.2	信源编码	30
2.2.1	模拟信号的数字化处理	30
2.2.2	语音编码技术	33
2.2.3	图像编码技术	36
2.3	信道复用	40
2.3.1	信道复用概述	40
2.3.2	多路复用技术	41
2.3.3	同步技术	44
2.3.4	数字复接技术	45
2.3.5	PDH 和 SDH	48
2.4	数字信号的基带传输	49
2.4.1	数字信号传输的基本概念	49
2.4.2	再生中继与均衡技术	50
2.4.3	基带传输的常用码型	51
2.5	调制技术	54
2.5.1	调制的基本概念	54
2.5.2	模拟调制技术	56
2.5.3	基本数字调制技术	58
2.5.4	现代数字调制技术	62
2.6	差错控制技术	65
2.6.1	差错控制的概念	65
2.6.2	差错控制编码	67
	本章小结	69
	习题	70
第3章	电信交换	72
3.1	电信业务网概述	72
3.1.1	电信业务网分类	72
3.1.2	电话通信网	74
3.2	交换技术基础	78
3.2.1	电信交换的作用	78
3.2.2	基本交换原理	80
3.2.3	电信业务网的节点交换技术	82
3.3	常用交换方式	82
3.3.1	电路交换	83
3.3.2	分组交换	84
3.3.3	帧中继	87
3.3.4	ATM 交换	87

3.3.5 交换技术的发展	89
3.4 数字程控交换	91
3.4.1 数字交换网络	91
3.4.2 数字程控交换机的组成	95
3.4.3 信令系统	97
3.5 综合业务数字网	100
3.5.1 窄带综合业务数字网	101
3.5.2 宽带综合业务数字网	102
3.6 智能网	103
3.6.1 智能网概述	103
3.6.2 智能网业务	105
本章小结	106
习题	107
第 4 章 数据通信	109
4.1 数据通信概述	109
4.1.1 数据通信的概念	109
4.1.2 数据通信系统	111
4.1.3 数据通信网	114
4.1.4 计算机通信网	115
4.2 网络通信技术基础	117
4.2.1 网络体系结构	117
4.2.2 网络通信协议	120
4.2.3 网络通信服务	121
4.2.4 网络信息安全	122
4.3 基础数据网	124
4.3.1 X.25 网	125
4.3.2 DDN	127
4.3.3 帧中继	129
4.3.4 ATM	132
4.4 以太网	136
4.4.1 以太网概述	136
4.4.2 以太网技术的发展	137
4.4.3 以太网的互连	139
4.5 IP 网络	141
4.5.1 TCP/IP 协议	141
4.5.2 IP 网络基本原理	144
4.5.3 因特网结构与接入	150

4.6 IP电话	153
4.6.1 IP电话概述	153
4.6.2 IP电话系统的组成	155
本章小结	157
习题	157
第5章 无线通信	159
5.1 无线通信概述	159
5.1.1 无线传播的基本特性	159
5.1.2 天线基本知识	162
5.1.3 无线通信的频率资源	163
5.2 无线通信的关键技术	165
5.2.1 多址技术	165
5.2.2 扩频技术	168
5.2.3 正交频分复用技术	175
5.3 微波通信	177
5.3.1 微波通信概述	177
5.3.2 微波中继通信	178
5.3.3 微波通信技术的应用与发展	180
5.4 卫星通信	181
5.4.1 卫星通信概述	181
5.4.2 卫星通信系统	183
5.4.3 卫星移动通信	186
5.5 无线接入	188
5.5.1 无线接入概述	188
5.5.2 无线个域网	191
5.5.3 蓝牙技术	192
5.5.4 超宽带无线电技术	194
本章小结	197
习题	198
第6章 移动通信	199
6.1 移动通信概述	199
6.1.1 移动通信系统的分类	199
6.1.2 移动通信的特点	201
6.1.3 蜂窝通信的概念	202
6.1.4 移动通信的管理	205
6.2 移动通信的关键技术	205

6.2.1 无线传输技术	205
6.2.2 码分多址	208
6.3 GSM 移动通信系统	213
6.3.1 GSM 系统概述	213
6.3.2 GSM 系统的组成	215
6.3.3 GSM 系统的通信过程	216
6.3.4 通用分组无线业务	218
6.4 CDMA 移动通信系统	219
6.4.1 CDMA 系统原理	220
6.4.2 CDMA 系统的技术体制	221
6.5 第三代移动通信系统	222
6.5.1 3G 概述	222
6.5.2 3G 的关键技术	223
6.5.3 3G 的技术标准	224
6.5.4 新一代移动通信技术	226
本章小结	226
习题	227
第 7 章 光传输网	229
7.1 光传输概述	229
7.1.1 光传输的基本概念	229
7.1.2 光传输的特点	232
7.1.3 光传输系统及其技术发展	233
7.2 光传输系统	234
7.2.1 光传输原理	235
7.2.2 光传输系统的组成	236
7.2.3 光传输系统的主要性能指标	239
7.3 SDH 光传输网技术	240
7.3.1 传送网的基本概念	240
7.3.2 同步数字系列	242
7.3.3 SDH 传输设备	245
7.3.4 SDH 光传输网	246
7.4 光波分复用技术	247
7.4.1 WDM 技术概述	248
7.4.2 DWDM 技术	249
7.4.3 WDM/OTDM 混合传输系统	251
7.5 光传输网络	252
7.5.1 基础传输网	252

7.5.2 光传输网的发展	254
本章小结	255
习题	255
第8章 宽带网络通信	256
8.1 宽带网络通信概述	256
8.1.1 宽带通信网的发展	256
8.1.2 网络融合	259
8.2 宽带接入网技术	261
8.2.1 接入网概述	261
8.2.2 数字用户线技术	264
8.2.3 光纤接入	267
8.2.4 混合光纤/同轴电缆接入	269
8.2.5 以太网接入	270
8.2.6 无线局域网	272
8.2.7 本地多点分配业务	274
8.3 宽带核心网技术	277
8.3.1 宽带 IP 网络组网技术	277
8.3.2 MPLS 网络技术	280
8.3.3 宽带 IP 城域网	284
8.4 下一代网络	285
8.4.1 NGN 概述	285
8.4.2 基于软交换的下一代网络	287
本章小结	289
习题	290
附录 A 通信工程师职业资格考试大纲	291
参考文献	301

概论

现代通信技术是信息科学技术的一个重要组成部分,是信息化社会的重要支柱。随着信息社会的到来,人们对信息的需求将日益丰富与多样化。现代通信意义上所指的信息已不再局限于电话、电报、传真等单一媒体信息,而是将声音、文字、图像、数据等合为一体的多媒体信息。作为国家信息基础设施的现代通信网,主要包括话音通信领域(固定电话网、移动通信网)、数据多媒体通信领域(基础数据网、IP 网络、因特网接入、宽带增值服务)、传输网领域(光通信网)等现代通信技术和业务。通信网络的发展趋势是在数字化、综合化的基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

本章学习目标

- 了解通信基本概念,通信系统构成、分类及质量评价。
- 了解通信网的概念、分类、构成与组网结构。
- 了解通信信道分类及特性。
- 了解现代通信技术的应用与发展趋势。
- 了解国家通信职业资格制度。

1.1 通信概述

通信技术是伴随着社会信息化水平的提高而发展起来的。通信技术与计算机技术的相互融合,使得通信技术的发展进入了一个新的阶段。现代通信技术的发展,不仅有助于提高通信网络的质量,扩大通信网络的规模,加快信息传播的速度,提高信息传递的质量,而且使得通信的功能不断扩大,从而进一步丰富了通信的概念。通信在本质上是实现信息传递功能的一门科学技术。

1.1.1 通信基本概念

人类社会需要进行信息交互。人们通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等感官,感知现实世界而获取信息,并通过通信来传递信息。通信是指利用电子等技术手段,借助电信号(含光信号)实现从一地向另一地进行信息传递和交换的过程。

通信作为信息科学的一个重要领域,与人类的社会活动、个人生活与科学活动密切相关,并有其独立的技术体系。

1. 通信的基本形式

通信的基本形式是在信源与信宿之间建立一个传输信息的通道(信道)。现代通信不仅可以无失真、高效率地传递信息,并可在传输过程中抑制无用信息,同时还具有存储、处理、采集及显示等功能。

2. 信源、消息、信号、信令与信息

信源: 消息的来源,是消息的产生者或接收者,提供消息的可以是人或机器。

消息: 通信系统要传送的对象,由信源传输,如语音、图像、文字或某些物理参数等,语音及图像的编码常称为信源编码。

信号: 在通信系统中为传送消息而对其变换后传输的某种物理量,如电信号、声信号、光信号等。信号是消息的载体。

信令: 通信系统进行控制操作或为用户服务的一类控制信号。

信息: 消息中的有效内容,消息内容的含量用信息量衡量。

1.1.2 通信系统模型

1. 通信系统的基本模型

通信的任务是完成信息的传递和交换。电话、电视、广播、微波通信、卫星通信等系统有着成熟的技术与应用,可用点对点通信的基本模型描述,如图 1-1 所示。从该模型可以看出,要实现信息从一端向另一端的传递,必须包括 5 个部分: 信息源、发送设备、信道、接收设备、受信者。

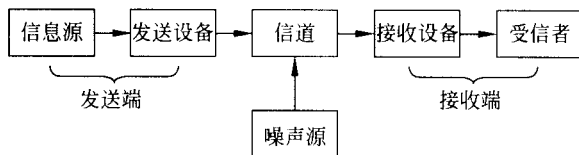


图 1-1 通信系统的基本模型

(1) 信息源

信息源简称信源,其作用是把待传输的消息转换成原始电信号。

例如,在电话系统中,电话机可看成是信源;信源输出的信号称为基带信号(指未经频率搬移的原始信号),其特点是频率较低。不同的信息源构成不同形式的通信系统,如人与人之间通信的电话通信系统、计算机之间通信的数据通信系统。

(2) 发送设备

发送设备(变换器)的作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号,即对基带信号进行某种变换或处理,使原始信号(基带信号)适应信道传输特性的要求。

发送设备是个总体概念,其包括许多具体电路与系统,对应不同的信源和不同的通信系统,具有不同的组成和变换功能。例如,在数字电话通信系统中,变换器包括送话器和模/数变换器等,后者的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过模/数变换、编码及

时分复用等处理后,变成适合于在数字信道中传输的信号。

(3) 信道

信道主要是传递信息的通道,又是传递信号的设施。

按传输介质(又称传输媒质)的不同,可分为有线(如明线、双绞线、同轴电缆、光纤)和无线(如微波通信、卫星通信、无线接入)两大类。

(4) 接收设备

在接收端,接收设备(反变换器)的功能与发送设备(变换器)相反,其从收到的信号中恢复出相应的原始信号,即把从信道上接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息,起着还原的作用。

(5) 受信者

受信者(收终端)又称为信宿,是信息的接收者,其将复原的原始信号转换成相应的消息。信宿可以与信源相对应,构成“人-人通信”或“机-机通信”,如电话机将对方传来的电信号还原成了声音;也可与信源不一致,构成“人-机通信”或“机-人通信”。

(6) 噪声源

噪声源是指系统内各种干扰影响的等效结果。系统的噪声来自各个部分,从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部电磁场干扰,都会对信号形成噪声影响。为便于分析,一般将系统内所存在的干扰折合于信道中,用噪声源表示。

上述通信系统仅表示了两用户间的单向通信,对于双向通信还需要另一个通信系统完成相反方向的信息传送工作。

2. 现代通信系统的功能模型

通信技术与计算机技术相结合,已经由独立系统向网络化方向发展。随着网络技术的发展,通信技术领域也不断扩展。对于通信的了解,不再局限于单从发送者和接收者的角度,而是从网络角度来分析。

从通信网络的系统组成角度,可将其分为4个功能模块:接入功能模块、传输功能模块、控制功能模块与应用功能模块,如图1-2所示。

(1) 接入功能模块

接入功能模块(有线接入或无线接入)将消息数字化并变换为适于网络传输的信号,即进行信源编码。其发信者和接收者可为人或机器,所接入的消息形式可为语音、图像或数据。

(2) 传输功能模块

传输功能模块(有线传输或无线传输)将接入的信号进行信道编码和调制,变为适于传输的信号形式,并满足信号传输要求的可靠性指标。

(3) 控制功能模块

控制功能模块由信令网、交换设备和路由器等组成,完成用户的鉴权、计费与保密,并满足用户对通信的质量指标要求。

(4) 应用功能模块

应用功能模块为网络运营商提供业务经营,包括智能网业务、话音、音视频的各种服务以及娱乐、游戏、短信、移动计算、定位信息和资源共享等。

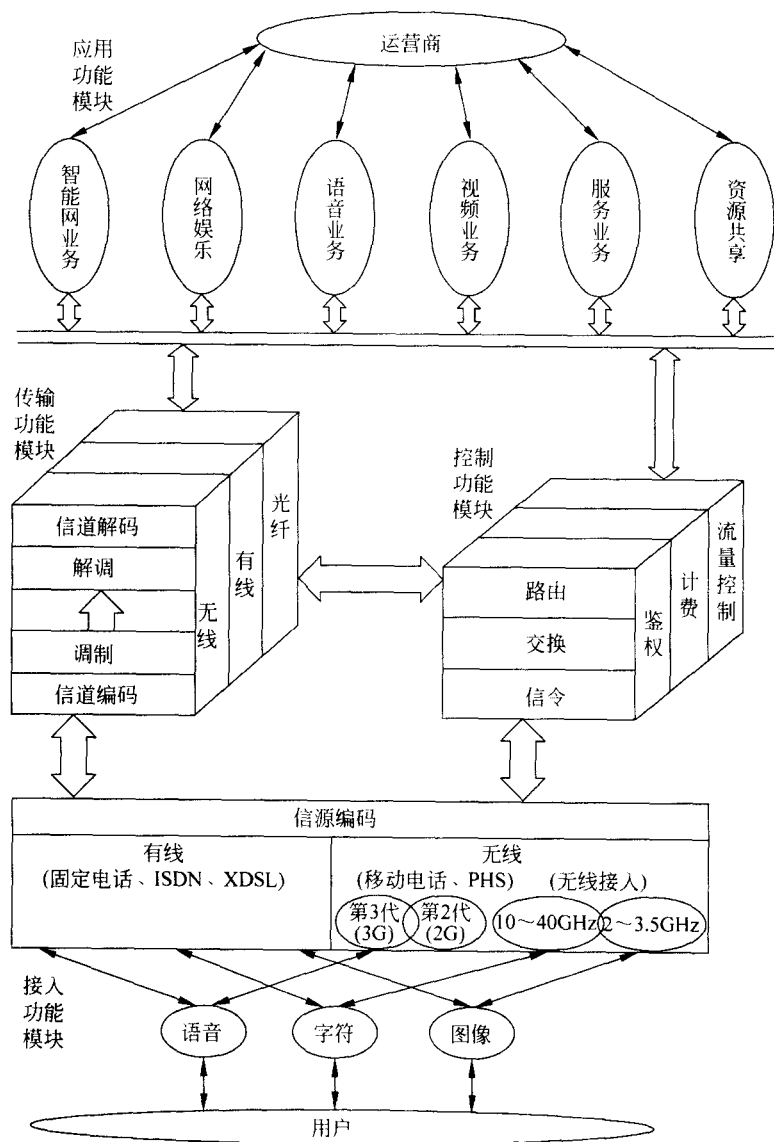


图 1-2 现代通信系统的功能模型

1.1.3 通信系统的分类

通信可以从不同的角度来分类。

1. 按通信业务分类

按传输内容：可分为单媒体通信（电话、传真等）与多媒体通信（电视、可视电话、远程教学等）。

按传输方向：可分为单向传输（广播、电视等）与交互传输（电话、视频点播等）。

按传输带宽：可分为窄带通信(电话、电报、低速数据等)与宽带通信(会议电视、高速数据等)。

按传输时间：可分为实时通信(电话、电视等)与非实时通信(数据通信等)。

2. 按传输介质分类

有线通信：传输介质为电缆和光缆。

无线通信：借助于电磁波在自由空间的传播来传输信号，根据电磁波的波长不同又可分为中/长波通信、短波通信和微波通信等类型。

3. 按调制方式分类

基带传输：将未经调制的信号直接在线路上传输，如音频市内电话和数字信号的基带传输等。

频带传输(调制传输)：先对信号进行调制后再进行传输。

4. 按信道中传输的信号分类

可分为模拟通信和数字通信。

5. 按收发者是否运动分类

可分为固定通信和移动通信。

6. 按多地址接入方式分类

可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等。

7. 按用户类型分类

可分为公用通信和专用通信。

1.1.4 通信系统的质量评价

评价通信系统的信息传输性能的主要质量指标是有效性和可靠性，两者通常为一对矛盾。实际应用中，常根据通信系统要求，在满足一定的可靠性指标下，尽量提高信息的传输速率，即有效性；或者在维持一定的有效性条件下，尽可能提高系统的可靠性。

1. 有效性指标

有效性是指信道资源的利用效率，即系统中单位频带传输信息的速率问题。

模拟通信系统的有效性指标一般用系统有效带宽来衡量。

数字通信系统的有效性指标主要内容是传输容量，其常用信道的传输速率(单位时间内通过信道的平均信息量)来表示。信息量的单位是比特(bit)。

传输容量一般有以下两种表示方法：

① 信息传输速率。指系统每秒钟传送的比特数，单位为比特/秒(bit/s)，又称为比特速率。例如，某数字通信系统每秒钟传送 19 200 个二进制码元(一个二进制码元是一个“1”或一个“0”)，则该系统的信息传输速率(或比特速率)为 19 200 bit/s。

② 符号传输速率。又称为信号速率或码元速率，指单位时间内所传送的码元数，单