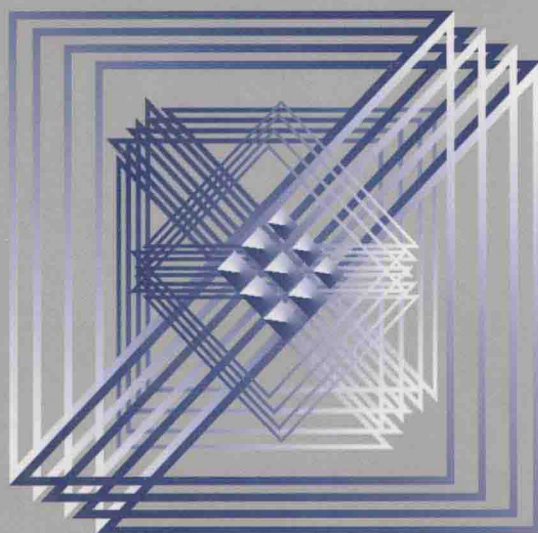


21 世纪信息通信系列教材

数字传输技术基础

SHUZI CHUANSHUJISHU JICHU

林建中 王纓 郭世满 编著



北京邮电大学出版社

www.buptpress.com

数字传输技术基础

林建中 王 纓 郭世滿 编著

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍现代通信中的传输技术、标准和传送网组成和性能分析,内容由十章组成。内容既适应了当前通信发展的现状,又反映了发展方向上的最新进展。编者在写法上注意到深入浅出,理论联系实际。

本书编写的初衷是作为大学本科相关专业高年级的教材,但对工程技术人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

数字传输技术基础/林建中编著. —北京:北京邮电大学出版社,2003

ISBN 7-5635-0645-4

I. 数... II. 林... III. 数字传输系统 IV. TN913.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 042289 号

书 名: 数字传输技术基础

作 者: 林建中 王 缨 郭世满

责任编辑: 常丽萍

出 版 者: 北京邮电大学出版社(北京市海淀区西土城路 10 号) 邮编: 100876

发行部电话: (010)62282185 62283578(传真)

电子信箱: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京通州皇家印刷厂

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 18.5

字 数: 447 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0645-4/TP·77

定价: 28.00 元

如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系

前言

当今社会中,竞争的胜负在很大程度上取决于对信息的掌握与利用。信息也是争夺未来优势的制高点。因此,以信息技术为中心的新技术革命正在席卷全球,人类社会已经跨入信息社会的新时代。

现代化的信息、通信都是以数字化为基础的。传输、交换和网络技术是现代数字通信的三大基础技术。本书是在《通信原理》的基础之上,研究传输系统的基本技术、实现方法、传输终端和网络的传输标准与性能指标,按照从技术到标准,从终端到网络的层次逐步展开,着重解决通信传输系统中的共性问题,为深入研究其他通信系统(如光纤、微波、卫星、移动通信系统等)打好坚实的基础。

本书的第一章介绍信息与通信的关系,信息理论在有效性与可靠性方面的概念,以及通信、系统与网络方面的最新技术与发展方向。意在开阔人们的眼界,使之了解通信涉及的理论和其应用的领域。第二至五章介绍传输终端和系统的基本技术,讲述了信号的特点,压缩编码的基础、方法、性能评价与应用,常用编码原理和方法,多路复用技术的特性和共性,数字二线双工复用技术,多址接入技术以及数字传输最常用的 TDM 基群复用技术,PDH 与 SDH 复用技术,PDH 和 SDH 的性能比较与 SDH 复用、映射方法,数字系统同步技术,并研究分析了同步的特点和原理、帧同步技术的实现方法,准同步系统的同步方法:码速调整原理,同步网传输中的适配技术:指针调整原理。第六至九章着重介绍传送网标准、实现方法、性能指标。主要包括网元设备的功能块描述、分类和原子功能描述方法,传送网的功能结构,传送网的分层与分割及传送网的保护机制,传送网的同步与定时,网络同步方法,传送网的传输性能和指标,传送网的抖动和漂移、误码性能规范及其应用等。最后一章介绍了 TMN 的概念和传送网的维护与管理方法。

每章的后面附有习题与思考题,以便于加深对书中内容的理解和掌握。

本书紧密结合我国数字通信的现状和未来的发展,在写法上既考虑基本概念、基本原理的论述,又注重本身的系统性,内容深

深入浅出,理论联系实际。不同的专业在使用本书教学时,在内容与学时上均可以有适当的增减与取舍。

本书的第一、二章由郭世满教授编写,第三、四、五、十章由林建中编写,第六、七、八、九章由王纓编写,全书的主审由郭世满教授担任。

本书作为教材通过多年教学实践,依据教学大纲要求,参阅了大量文献资料,精心编排而成,在结构安排、内容选取、反映新技术与成果方面都有一定的特色。资料来源均已在书末的参考文献中列出,在此向各作者表示衷心的感谢。

同时,还要感谢陆明、戴海鸿、马诗英副教授在编书过程中所给予的支持和帮助。

随着时代的发展、技术的进步,教材的建设也有一个不断发展与完善的过程。书中的不当之处在所难免。希望读者多提宝贵的意见,以便改进我们的工作。

编 者

2003.3 于南京邮电学院

目 录

第一章 概论——信息与通信	1
1.1 信息的重要性	1
1.2 信息的概念	2
1.2.1 什么是信息	2
1.2.2 信道及信道容量	3
1.2.3 信息的特征及实现手段	4
1.3 现代通信技术的特点	5
1.4 通信系统	7
1.4.1 终端系统	7
1.4.2 传输系统	8
1.4.3 交换系统	15
1.5 网络	17
1.5.1 通信网	17
1.5.2 IP 电信网络	18
1.5.3 接入网	19
1.5.4 网络管理系统	20
1.5.5 电信网的战略发展趋势	21
1.6 结论	22
习题与思考题	23
第二章 信源编码技术	25
2.1 概述	25
2.2 音频与视频编码基础、方法与性能	25
2.2.1 音频编码基础	25
2.2.2 视频信号的压缩编码基础	27
2.2.3 数据压缩方法的分类	29
2.2.4 语音与图像编码的性能评价	30
2.3 模拟信号的数字化	34
2.3.1 信号采样	34
2.3.2 标量量化	34
2.3.3 矢量量化	39

2.4 参量编码技术	41
2.4.1 语音信号的基本特性	41
2.4.2 LPC 声码器	45
2.4.3 语音的合成分析编码	47
2.5 无失真压缩编码技术	48
2.5.1 信息量与熵	48
2.5.2 冗余度、编码效率与压缩比	48
2.5.3 概率匹配编码	49
2.6 限失真压缩编码技术	51
2.6.1 预测编码	51
2.6.2 离散余弦变换	55
习题与思考题	57
第三章 数字多路复用技术	60
3.1 多路复用的概念	60
3.2 双工技术	61
3.2.1 二线数字双工传输	61
3.2.2 光纤信道中的双工技术	65
3.2.3 无线双工技术	68
3.3 多址技术	68
3.3.1 频分多址	69
3.3.2 时分多址	70
3.3.3 扩频多址	72
3.3.4 空分多址	74
3.4 随机接入技术	75
3.4.1 Aloha 协议	77
3.4.2 CSMA 协议	79
3.5 TDM 复用技术基础	81
3.5.1 PCM 基群帧结构与数码率	82
3.5.2 基群系统主要技术性能	83
3.5.3 循环冗余校验方式及其应用	84
习题与思考题	89
第四章 PDH 和 SDH 复用技术	90
4.1 数字传输系统的发展	90
4.2 PDH 和 SDH 的帧结构	93
4.2.1 PDH 复用结构及缺陷	95
4.2.2 SDH 的帧结构特点	96
4.2.3 SDH 的帧结构	97

4.3 SDH 段开销	98
4.3.1 段开销的安排	98
4.3.2 段开销功能	99
4.4 复用和映射	103
4.4.1 复用结构	104
4.4.2 映射和复用过程	107
4.4.3 139.264 Mbit/s 到 STM-1 的映射和复用	108
4.4.4 34.368 Mbit/s 到 STM-1 的映射和复用	109
4.4.5 2.048 Mbit/s 到 STM-1 的映射和复用	110
4.4.6 N 个 AUG 到 STM- N 的复用	113
4.4.7 通道开销	113
4.4.8 ATM 信元的映射	116
4.4.9 IP 数据报的映射	119
习题与思考题	120
第五章 数字同步技术	121
5.1 数字传输系统的帧同步	121
5.1.1 帧同步原理	121
5.1.2 最佳同步码	123
5.1.3 帧同步系统性能的分析	126
5.2 位同步技术——码速调整原理	129
5.2.1 帧结构	129
5.2.2 帧结构变换	131
5.3 PDH 系统正码速调整分析	135
5.3.1 系统组成	135
5.3.2 帧结构	135
5.3.3 正码速调整基本关系式	137
5.3.4 正码速调整过程分析	137
5.3.5 正码速调整缓存器的容量	140
5.4 指针调整原理	140
5.4.1 指针调整的作用	140
5.4.2 指针调整原理	141
5.4.3 AU-4 指针正调整	142
5.4.4 AU-4 指针负调整	143
5.4.5 AU-4 指针的安排	144
5.4.6 指针的产生及解释规则	145
5.5 码速调整的相位抖动分析	147
习题与思考题	148

第六章 网络单元设备	150
6.1 SDH 网元设备的功能结构	150
6.1.1 复合功能块和基本功能块	153
6.1.2 辅助功能块	160
6.2 SDH 设备类型	162
6.2.1 SDH 复用设备	163
6.2.2 同步数字交叉连接设备	165
6.2.3 再生器	170
6.3 原子功能模型	170
6.3.1 基本构件	172
6.3.2 参考点与参考点信息	174
6.3.3 组合规则	175
6.3.4 原子功能描述	176
习题与思考题	177
第七章 传送网结构	179
7.1 传送网的功能结构	179
7.1.1 传送网的功能结构	179
7.1.2 传送网的分层与分割	183
7.1.3 SDH 传送网	187
7.2 传送网的网络保护机制	190
7.2.1 网络生存性策略	190
7.2.2 网络保护的类型	192
7.2.3 网络恢复	196
7.3 SDH 传送网的物理拓扑结构和网络保护	199
7.3.1 SDH 传送网的保护方式	200
7.3.2 我国的 SDH 网络结构	206
习题与思考题	207
第八章 传送网的同步与定时	209
8.1 数字网同步的基本概念	209
8.1.1 数字业务网中的同步	209
8.1.2 时钟同步方式	210
8.1.3 数字网的同步模式	212
8.2 数字同步网的结构	213
8.2.1 同步网的节点时钟	213
8.2.2 同步网的定时信息传递	216
8.2.3 数字网的同步性能	217

8.2.4 节点时钟的主要定时要求	220
8.3 SDH 传送网的同步与定时	223
8.3.1 SDH 的网同步结构	223
8.3.2 SDH 网元设备时钟的工作方式	228
8.3.3 SDH 网的同步状态	231
习题与思考题	232
第九章 传送网的传输性能	233
9.1 数字网的传输性能指标	233
9.1.1 数字传输性能指标分类	233
9.1.2 数字参考模型	235
9.2 数字传输系统的误码性能	236
9.2.1 差错检测与差错性能	237
9.2.2 电路层的误码性能规范	239
9.3 通道层网络的误码性能	240
9.3.1 数字通道的误码性能指标及其分配	240
9.3.2 SDH 通道的差错性能指标	244
9.3.3 可用性指标	246
9.4 滑动性能指标及其分配	246
9.5 数字网的同步与定时性能	247
9.5.1 数字传送网的抖动和漂移	247
9.5.2 传送网的抖动和漂移性能	251
习题与思考题	259
第十章 SDH 的维护和管理	260
10.1 电信管理网	260
10.2 功能结构	261
10.2.1 功能块	261
10.2.2 参考点	261
10.2.3 功能元件	262
10.3 信息结构	263
10.3.1 管理层模型	263
10.3.2 组织模型	263
10.4 物理结构和通信模型	264
10.5 OSI 参考模型和协议	265
10.5.1 OSI 参考模型	265
10.5.2 协议和协议栈	266
10.6 TMN 的职能	267
10.6.1 管理服务	268

10.6.2 管理功能类型	268
10.7 SDH 网络管理	269
10.7.1 SMN 的组织模型	269
10.7.2 SDH 信息模型	272
习题与思考题	282
参考文献	283

第一章 概论——信息与通信

信息作为一种资源,在科技历史与社会的运转中起着重要的作用。信息理论指明了通信中有效性与可靠性传输的方向。传递信息的通信技术,经历了从模拟到数字、从窄带到宽带、从单一媒体到多媒体的转变。尤其是宽带 IP 技术的发展为通信、广播电视与计算机网络的三网融合创造了条件。

本章主要内容有:信息的重要性;信息与通信的关系;现代通信的特点;通信系统与网络的现状与发展。

1.1 信息的重要性

信息、能源和物质材料是国民经济的三大支柱(因素),科学技术进步的历史,就是这三大基础技术变革和进步的历史。在人类社会的三大基础要素中,信息的地位已上升到一个崭新的高度。信息将是比物质和能源更为重要的劳动资料,信息作为一种重要的资源和财富影响着社会的运转。当今社会中,竞争的胜负,在很大程度上取决于对信息的掌握与利用,信息也是争夺未来优势的制高点,因此,以信息技术为中心的新技术革命正在席卷全球,使人类社会由工业社会跨入信息社会的新时代。

什么是信息技术?信息技术就是感测技术、通信技术、计算机技术和控制技术,这是一个简捷、具体、系统而又实用的定义。感测是获取信息,通信是传递信息,计算机是处理信息,而控制技术是利用信息,这四大技术是相互交叉、包含和融合的。计算机处于基础和核心的位置,正是由于计算机的发展,信息技术才有了突飞猛进的进步,并向着智能化的方向发展。

支撑信息发展的关键技术是什么呢?答案是信息基础技术、信息系统技术和信息应用技术。

(1) 信息基础技术:其核心是微电子技术,还有光子、光电子技术等与上述技术有关元器件的设计、制造技术。集成电路的设计与制造技术、光集成技术则是典型的代表。

(2) 信息系统技术:就是信息获取、处理、传输与控制技术。

① 获取信息的重要途径是通过取得图像、语声等模拟物理量的技术,如各种雷达、激光、红外、超声以及各种传感设备。人们使用的信息获取技术有传感技术、遥测技术与遥感技术。

② 信息处理就是对获取的信息进行转换、识别、归类、加工、整理、储存以及生成等。现代信息处理技术完全是借助于计算机实现的,利用计算机的软件、硬件及数字传输网、数据库等进行自动、正确高速地完成数字计算、数据处理、实时控制功能。电子计算机已成为信息处理技术乃至整个信息技术的核心和先导。

③ 通信技术已成为信息传输技术的代名词。迅速、准确、有效地传输信息,是人们在信息活动中孜孜以求的目标,也是信息传输技术形成和发展的动力。

(3) 信息应用技术: 包括工厂、办公室与家庭自动化, 也称为 3A 技术。它是一门综合性跨学科的技术, 涉及计算机技术、通信技术、工程控制、系统科学和行为科学等。

① 工厂自动化(FA): 是实现工厂的生产、装配、管理等过程的自动化技术。它沿着过程控制与生产控制两个技术方向发展。

② 办公室自动化(OA): 为解决 FA 所带来的高效率与办公室事务处理的低效率之间的矛盾而提出的, OA 技术从电子数据处理(EDP)、管理信息系统(MIS)到决策支持系统(DSS)。完成办公室的各种事务, 实现办公自动化是一种信息应用技术。而现代意义上的 OA 已进入系统化、综合化、网络化的阶段, 即向着综合办公自动化的方向发展。

③ 家庭自动化(HA): 包括家庭信息系统(HIS)和家庭生活系统(HLS)。HIS 是将现有的电视机、音响设备、录像机等在计算机的统一控制下形成一个信息系统, 作为“终端”通过通信线路与电信管理网(TMN)相连, 从而使人们不出家门就可以参与社会信息活动。而 HLS 则是将洗衣机、电冰箱、电饭煲、空调机等各种家用电器, 在计算机的控制下实施统一管理, 完全实现自动化。此外, 还应包括保安、自动控制、节能、家庭购物、订票、远程医疗以及教育等。目前, 电脑与家电出现了融合的趋势, 如“网络家庭”、“信息家电”、“智能化小区”等。

在人们的生产和生活当中, 信息无所不在, 无所不为, 可以说每时每刻都在进行信息的交换(情报、资料、电视、广播、电话以及人类的遗传密码信息等等), 如果没有信息和信息的交换, 人类就失去存在的基础, 也会失去生命的基础。同样, 如果没有信息, 也就没有现在的统一世界, 就没有社会的存在和社会的发展。

人类已经进入 21 世纪, 数字化、信息化、网络化正在影响、改变着社会生活的各个方面。从科学研究、生产制造、产品流通、商业运作、超市购物、医疗服务、教育培训、出版印刷、媒体传播到文化生活、娱乐消闲、人际交往、法律规范、伦理道德, 乃至军事作战, 无一不在信息技术这一最新科技生产力作用下发生着迅速的变化。

1.2 信息的概念

信息是如此的重要, 因此, 对于信息的定义、容量、信道以及它与通信之间的关系等内容的掌握, 是很有必要的。

1.2.1 什么是信息

关于信息的定义, 至今尚无一致的认识。所谓信息, 狭义地理解就是指具有新知识、新内容的消息(如书信、情报、指令等)。就一般意义来说, 信息是确定程度(特殊程度、组织程序或有序程序)的标记, 也就是说, 信息是与系统的组织结构密切相关的。遗传信息与脱氧核糖核酸(DNA)的排列顺序有关, 即在遗传密码中包含了生命形成和进化的丰富信息。计算机的信息与所给指令和程序有关, 单词的信息与字母排列顺序有关, 大自然景色给人们的信息与阳光的强弱、山脉的褶皱、海洋的风平浪静或狂暴怒吼、树木与花草的色彩、江河的奔流与曲伸等有关。因此, 信息是现实与世界现象之间建立联系的一种特殊形式, 它反映了物质和能量在时间和空间上分布的不均匀程度, 以及宇宙中一切过程发生变化的程度, 是客观存在物质的基本属性之一。信息本身的定义, 经过科学家们反复研究

论证,大多数人已取得共识,认为比较通俗、简明和内涵统一的说法如下:

事物的信息是指该事物的状态和状态的变化方式,包括状态和方式的外在形式、内在含义和实际效用。信息是一切知识和智慧的原材料。没有信息,就不可能加工出知识,也就不可能产生智慧。因此信息成了极其宝贵的资源,即一种能够用来生成知识和智慧的资源。

事物运动的状态和状态的变化是丰富多彩的。因此,信息的存在方式和表现方式也是极其多样的。可以说,信息是无处不在的。由于人类主要是通过自己的视、听、嗅、味、触等感觉器官来感知信息,因而习惯上就把信息划分为可视信息(由图像、图形、文字、符号等表现的信息)、可听信息(由声音表现的信息)以及其他的信息(如由数据表现的信息),并把图像、文字、符号、声音、数据等信息的载体称为媒体,由其中一种媒体表现的信息称单媒体信息,而多种媒体联合表现的信息称为多媒体信息。目前,多媒体通信已经成为正在发展中的热点学科。

在数据压缩技术中,仙农(Shannon)信息论占有极为重要的位置。它一方面给出了数据压缩的理论极限,另一方面给出了数据压缩的技术途径。在此仅对信息论中最基本的一些概念加以简单介绍。

1.2.2 信道及信道容量

信道是从发送输出端到接收输入端之间传送信息的通道。在信息理论中,一般把从编码器输出到解码器输入之间的整个变换部分称为信道。根据输入与输出信号的性质,信道可分为离散信道、连续信道、有干扰的“有扰信道”、有码间干扰的“有扰记忆信道”等。为了研究的需要,有时把调制解调器(Modem)归入信道,称为调制信道;把纠错编解码划入信道,则称为编码信道。

任何的信道都有一个容量极限,合理地利用信道容量,可以做到有效传输信息,又不致于超过限度而造成信息的损伤。考虑时间的因素,通信速度 R 或传信率为单位时间内传输的信息,即

$$\text{通信速度} = \frac{(\text{每个消息的})\text{平均信息量}}{(\text{每个消息的})\text{平均时间}}$$

通信速度 R 在信道的性质给定后也不能确定,它还随信源的性质而改变,通常在消息序列中多使用长的码符所需时间就长,通信速度就低。消息序列中多用短的码符,时间就短,但由于熵也小速度仍然低。由此可见,通信速度相对于码符出现的概率存在某一个最大值 R_m ,这一最大的通信速度称为信道容量或编码容量,其单位为比特/秒(bit/s),记为 C ,即

$$C = R_m = \frac{H_m}{T} \quad (1.2.1)$$

理论分析表明:在线性无失真、只有信号和噪声的系统中,传输频带从 $0 \rightarrow B$ 的信道,当信号是总功率为 S 的正态分布,噪声是总功率为 N 的正态分布时,其信道容量为

$$C = \frac{H_m}{T} = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ bit/s} \quad (1.2.2)$$

这就是有名的仙农公式。式(1.2.2)说明,对连续波形作统计观察时的信道容量正比于频带宽度 B 和信号噪声比 S/N 的对数。信道容量是与时间、频带和信噪比等参数有关的

量。这个关系的重要性就在于,在信道容量一定的情况下,即 $C = \text{Const}$ 时, T 、 B 、 S/N 是可以互换的。可以这样来理解,把 C 作为一个信号体,其三维坐标分别为时间、频带和信噪比。如果要保持体积不变,那么一个坐标的缩小必然需要另外的一维或两维坐标的增加。也就是说,一个方面获得的好处,是以另外两方面的牺牲作为代价的。

当 S/N 一定时, T 的增加可以带来 B 的减少,或者说 T 的增加,换取 B 的节省,例如,用单路频带信道,传真一张报纸要用 60 分钟,而用 60 路频带的信道,则仅用 1 分钟,以及在话路频带进行慢扫描静止图像的传送,都是用时间换频带的例子。

当 T 一定时,频带 B 的增加可以换取信噪比 S/N 的减小,甚至在信号被噪声所淹没的情况下,也能正确地传送,从而大大地提高了抗干扰能力。扩频通信中的码分多址(CDMA)方式,就是用频带 B 换信噪比 S/N 的例子,并且在移动通信中已经获得了广泛的应用。

当频带 B 一定时,时间 T 的增加可以换取信噪比 S/N 的减小,同步累积接收就是其中的一个例子。同步累积接收因为重复地发送信号,使有规律的信号能量得到增强,而噪声是杂乱无章的,其能量的积累要比信号弱得多,相当于提高了信噪比,从而可以正确地接收信号。

1.2.3 信息的特征及实现手段

信息具有如下 10 个基本特征:可度量、可识别、可转换、可存储、可处理、可传递、可再生、可压缩、可利用、可共享。正因为有如此众多的特性,才使信息本身的身价百倍,人类通过对信息的科学利用,才极大地促进了科学技术的发展和各个领域的深刻变革。

电子、光电子是时代的物质标志。从不同视角描述同一时代,则有数字化时代、信息时代、知识经济时代、第三次浪潮等。这个时代已达到电子技术运作字符、语声、数字、活动图像、逻辑元素五种信息与知识的载体(多媒体),形成通信、电视、信息服务^①、计算机运作和信息封存(光盘、录带等)出版、发行等行业,且它们正处在融合之中。

信息的基本运作都可用电子或光电子的手段来实现,这些手段包括:

- (1) 信息的采集: 话筒、摄像机、传感器、敏感元件等。
- (2) 信息的封存: 光盘、磁带、打印、IC-Memory 等。
- (3) 信息的传输: 光纤、金属线缆、电磁波等。
- (4) 信息的分配与检索: 交换机、路由器、ATM、IP、CDMA、Browser 等。
- (5) 信息的变换: 编码、解码、压缩、解压、加密、解密、加扰、解扰等。
- (6) 信息再现: 耳机、扬声器、显像管、显示器等。
- (7) 逻辑运作: 定理证明、决策支持、人工智能等。
- (8) 数字运算。
- (9) 数字仿真: 代替科学实验、工程验证、虚拟时空、虚构形象等。
- (10) 用于控制: 信息与知识最后应用于实践。

1948 年 C. E. Shannon 发表了他的划时代文章——“通信的数学理论”。文章明确地指出,实现有效而可靠的通信的必由之路是数字化和编码,从而宣告了信息论的诞生。这是

① 信息服务提供者(ISP)、信息内容提供商(ICP)、数据与信息库。

通信技术领域的理论基础,内容包括:信源编码、信道编码、检测、估计和密码等,这些都是对通信实践起着方向性指导作用的理论。

以上的压缩技术、抗干扰技术、数字信号处理技术以及网络技术,都是在数字化的基础上,在 Shannon 的理论指导下进行的。

为了表彰信息论创始人 Shannon 的伟大功绩,2000 年 10 月 6 日,IEEE Information Society 在他儿童时代的住地 Michigan 的 Gaylord 建造了他的塑像。著名信息论和编码学者 Dr. Richard. Blahut 在塑像落成典礼上说:“在我看来,二百年之后,当人们回过头来看我们的时候,他们可能不会记得谁曾是美国总统,也不会记得谁曾是影星或歌星,但是仍然会知晓 Shannon 的名字,学校里仍然会教授信息论。”

1.3 现代通信技术的特点

通信的目的是把信息从一点传送到另一点,而且是有效地、可靠地传送。

计算机与通信技术的结合、通信技术融入数字信号处理技术,由终端、传输和交换组成的通信网络,向着数字化、综合化、宽带化、智能化和个人化方向发展。下面仅就数字化的问题作简要的说明。

现代通信中传输的信息是以数字化为特征的,或者说数字化是使通信融入计算机与数字信号处理技术的基础。数字化的优越性是显而易见的,包括抗干扰性能强,失真与噪声不累积,把各种类型信息综合变换为数字形式,方便存储、交换与处理以及集成、加密等等。其缺点是需要较大的带宽和同步,但这些问题目前基本上已经得到解决。因此,在一定的意义上说,数字化是信息化和通信现代化的基础。“信息高速公路”就是数字化的信息通道。不仅如此,在发展过程中,逐渐形成了“数字图书馆”、“数字大学”乃至“数字国家”、“数字地球”等,如军事上的“数字化部队”在“数字化战场”上进行“数字化生存”竞争,这些都说明在未来的信息战中,谁利用数字化信息技术并占据优势地位,谁就掌握了主动。

对信源进行压缩是提高有效性的方法,去除冗余信息,从而提高了传递速率,或者说压缩了传输频带。其主要技术有预测编码、概率匹配、矢量量化编码、变换编码等。

语音信号的压缩编码主要有:ITU-T G.711 脉冲编码调制(PCM)、G.726 自适应差值脉码调制(ADPCM)、GSM 规则脉冲激励长时预测(RPE-LTP)、G.728 低时延码本激励线性预测(LD-CELP)、NSA(FS-1015)LPC-10 等。

图像信号的压缩编码主要有:预测编码、变换编码、带运动补偿的混合编码、分析合成编码等。它也形成了一系列的标准:如静止图像的 JPEG、活动图像的 MPEG 标准等。

多媒体通信系统:多媒体通信是在位于不同地理位置的参与者之间召开的一种会议或者交流,通过局域网(LAN)、广域网(WAN)、因特网(Internet)或者电话网来传输压缩的数字图像和声音信号。为了在公众业务电话网(PSTN)和 IP 网络上开发人们最喜欢和最自然的多媒体通信,国际电信联盟(ITU)制定了许多标准,其中,T.120、H.320、H.323、H.324 组成了多媒体通信的核心技术标准。T.120 是实时数据会议标准;H.320 是综合业务数字网(ISDN)电视会议标准;H.323 是局域网上的多媒体通信标准;H.324 是 PSTN 上的多媒体通信标准。

经压缩后的数字数据信号变得比较脆弱,易受噪声和干扰的影响而发生误码,为了提高可靠性,需要在传送的信号中加入冗余,以控制传输的差错,这称为差错控制编码或信道编码。

单纯用于检错的编码称作检错码,用于纠错或纠检相结合的编码称为纠错码。控制的方式为前向纠错(FEC: Forward Error Correction),又称为自动纠错。这种纠错方式是在发端编码器将原始数字信号转换为纠错码,通过信道传送到接收端的解码器,根据码的规律性自动地纠正由信道干扰引起的错误。另外,还有反馈重传(ARQ)、信息反馈和混合纠错等方式。按照码组之间的正交性,有伪随机序列,如 m 序列、L 序列、巴克序列等,人们把编码规律局限在一个码组之内的码组称为分组码,把前后若干组连环在一起的码组称为连环码或卷积码。如果分组码的规律性可以用一个线性方程表示的,则称为线性分组码,其中又把具有循环移位特点的称为循环码(又可分为 BCH、RS 码等)。Turbo 码是近年来通信系统纠错编码领域研究的一大突破,它的基本原理是把信源比特流通过交织后的各个子码组合成并行级联卷积码,然后通过译码器的反复迭代反馈得到卓越的译码性能,达到了接近 Shannon 信息论中提出的信道容量的极限。它不仅在低信噪比下有优越的解码性能,还有很强的抗衰落和抗干扰能力,已被 3GPP 组织正式采纳为 IMT-2000 第三代(3G)移动通信中高速数据传输的信道编码标准之一。目前正在研究中的有与 Turbo 码性能相当,但复杂度较低的低密度奇偶校验码(LDPC),另一个比较活跃的研究方向是采用量子计算的量子纠错码(QECC)。

人们在享受信息化带来的种种便利的同时,各种影响信息安全的问题(如病毒、黑客入侵等等)也出现了。这就是可靠地传输信息的另一方面——信息安全问题,它可以分为非技术与技术因素两个方面。非技术因素的信息安全包括信息安全策略、规划、立法以及天灾或暴力事件引发的安全问题。从技术的角度看,信息安全是涉及计算机科学、网络技术、通信技术、密码技术、数论、应用数学、信息论、信号处理技术、电磁技术、信息测量技术、材料科学、化学等多种学科的边缘性综合学科。

信息安全技术包括:密码技术、防火墙技术、防病毒技术、入侵检测技术、公开密钥基础设施(PKI: Public Key Infrastructure)技术、虚拟专网(VPN)安全隧道技术等等。

数字信号处理作为一门学科,对通信的发展有着极其重要的作用。它是把各种类型的电信号按照预期的目的及要求进行处理的过程。以数字运算方法实现信号的滤波、均衡、调制、加密、变换、识别、增强、确认、估计、消噪以及回波抵消等功能称为数字信号处理。它不但具有高精度、高可靠性、可程序控制、可时分复用、便于集成等优点,而且可以采用微处理器(μP)、数字信号处理器(DSP)、人工神经网络芯片、专用集成电路(ASIC)芯片和信号处理软件来完成各种复杂的功能。

信号处理在理论与技术上都是电信的基础,它的数学理论有方程论、函数论、数论、随机过程论、最小二乘法以及最优化理论等等;它的技术支柱是电路分析、综合以及电子计算机技术。数字化的信号可以在计算机上通过软件来实现计算和处理,无论多么复杂的运算,只要在数学上能够分析,并得到最优的求解,就都可以在计算机上模拟完成。如果速度足够快,还可以用超大规模集成电路(VLSI)的 ASIC 芯片来实施完成。

综观近 30 多年电气、电子信息技术的发展,网络与通信已经实现了全球化,其软件规模在增大,集成电路与电子系统的集成度平均每 6 年约提高 10 倍,单片集成电路的晶体