

154

数字图像处理与图像通信

朱秀昌 刘峰 胡栋 编著



A0965223

北京邮电大学出版社

2002年2月

内 容 提 要

本书主要介绍数字图像处理和通信方面的基本原理、主要技术和典型应用。全书共分 14 章,系统地叙述了数字图像信号的基本特征,数字图像处理的基本原理和方法,静止和活动图像的压缩编码和网络传输,图像处理和图像通信技术的主要应用及发展前景等。

本书可作为高等院校相关专业的高年级学生或研究生的教材或参考书,也可供从事信号与信息处理、通信工程、计算机应用以及电视技术等工作的工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理与图像通信/朱秀昌,刘峰,胡栋编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002
(信号与信息处理系列丛书)

ISBN 7-5635-0574-1

I. 数... II. ①朱...②刘...③胡... III. ①数字图像处理②图像通信 IV. ①TN911.72②TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 012284 号

书 名: 数字图像处理与图像通信

作 者: 朱秀昌 刘 峰 胡 栋

责任编辑: 刘 洋

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

电话:(010)62282185 62283578(传真)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷厂印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 20.25

字 数: 479 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0574-1/TN·266

定价:32.00 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

总 序

信号与信息处理学科是信息科学的重要组成部分,是信息科学中近十几年发展最为迅速的学科之一。首先,作为信息处理重要理论基础的数字信号处理理论和方法获得了迅速发展。它既推动信号处理向高速、高效、实时性等实用化的方向发展,又推动信号处理阔步迈向以非平稳、非高斯信号为主要研究对象和以非线性、不确定性为主要特征的智能信号处理时代。其次,作为信息处理重要手段的数字信号处理技术已深入到各学科领域,形成了语音信号处理、数字图像处理、通信信号处理等学科分支。此外,信息处理还与其它学科相结合,形成了量子信息处理和生物信息处理等新兴学科领域。可以毫不夸张地说,信号与信息处理学科的发展极大地推动了信息技术的进步和信息科学的深刻变革。

在这样的大背景下,学习和掌握信号与信息处理理论和方法,尤其是数字信号处理技术,已成为当前信息时代必不可少的一项重要内容。因此,迫切需要一套紧密联系信息与通信工程应用、反映信号与信息处理全貌的系列著作。然而,该领域国内已经出版的著作大都只能反映信号处理某一分支的基本概貌,尚不能完全满足这一需要。“信号与信息处理丛书”旨在填补这个空白,为从事信息与通信技术研究与应用的广大科技工作者和研究生奉献一套选材广泛、内容新颖、理论先进、方法实用的信号与信息处理丛书。

这套丛书包括《语音信号处理与现代语音通信技术》、《数字图像处理与图像通信》、《通信信号处理》、《智能信号处理》、《多媒体信号处理》、《量子信息处理》、《医学图像处理》、《DSP 处理器及其应用》等内容,基本上涵盖了信号与信息处理的各个方面,并且力图体现以下特点:

(1) 内容全面,体系结构合理:该丛书是我国第一套系统、全面论述信号与信息处理所有主要研究领域的理论、方法和应用的著作,各书相对独立又紧密联系,构成了一个有机的整体。

(2) 内容新颖,学术水平较高:所介绍的信号与信息处理的理论、方法和应用大都选材自近期国际权威或著名杂志上发表的研究成果,并充分反映了丛书作者自己的研究结果和创新观点。

(3) 可读性强:著述这套丛书的指导思想是在保证高质量、高水平的前提下,把可读性放在第一位。本着这一指导思想,该丛书力求做到既具有较高的

学术水平,又具有很好的可读性,深入浅出,便于读者自学。

(4) 实用性强:该丛书花了大量篇幅介绍有关应用,力求结合具有代表性的典型应用,阐述解决问题的基本思想、解决方法的特点、功能和效用,以便举一反三,激发读者运用所学理论和方法解决实际工程问题的兴趣,提高研究能力。

总之,这套丛书力求做到既有学术专著的深度和水平,又有研究生教材的广度和可读性,是一套集科学性、学术性、可读性、和实用性于一身的著作。但是,由于本学科发展极其迅速,因而在内容的选取和安排、问题的分析和论述等方面都可能存在不足之处,恳请读者批评指正,提出意见与建议。

郑宝玉

2002年2月

前 言

今天的社会,常被人们称为信息化社会,信息技术已经全面服务于社会的生产和生活的方方面面。因此,在信息化社会中,人们所做的相当一部分工作就是对信息的处理和传输。

信息是抽象的,它依附在各种媒体所表示的数据中。其中,图像信息是人类赖以获取信息的最重要的来源之一,它通过人的视觉来获取。从提供技术服务的角度出发,图像处理和图像通信实质是对信息的处理和传输。推动信息化进程的一个主要原因就是信息的数字化。因此数字图像处理和通信无论是对于 21 世纪的科学理论研究还是工程应用,都具有重要的影响。一方面,在我们希望由各种机器实现视觉信息处理之前还需要有很多理论和技术上的突破,从某种意义上说,研究数字图像处理和通信也是导向智能计算机、智能机器人或多媒体通信系统的一条必由之路。另一方面,日趋成熟的图像处理技术在很多方面已得到广泛的应用,并给人们的生活、学习、工作带来极大的方便。例如,用图像通信技术来实现实时现场信息的交流,在 Internet 上进行视频广播;用数字图像处理技术来处理卫星或遥感照片,进行工业自动检测,处理各种医学的图像等。

推动信息交流的最主要的手段就是通信,和人类生产、生活相伴而產生的通信技术发展到今天,已经从面对面的语言、手势的信息交流,发展到相隔万里的声音、文字及图像信息的交流。图像信息的加入及其本身所固有的特点,使图像信息在现有通信系统中的传输,尤其是实时传输遇到了不少的问题。目前,可以从两个方面来解决它,一方面,改造现有的通信系统使它尽可能地适应图像信息的特点;另一方面,对图像信息进行适当的处理使它尽可能地适应现有的通信设施和通信方式。这就是图像通信所面临的问题。

本书以从事计算机、通信以及电视技术的工程技术人员、高等院校的相关专业高年级学生或研究生为主要阅读对象。本书的编著力图体现以下三个特点:其一,全书改变了以往将图像处理和图像通信分成两个部分的做法,而将这两者结合起来,统一到图像处理的范畴来讨论分析。因为图像通信的最主要的内容是对数字图像的压缩编码处理,是根据通信的要求和特点来对数字图像进行一种特别的图像处理。其二,尽量体现当前图像技术方面的新理论、新技术、新标准和新应用。其三,本书在理论和实际的结合上尤为注意,既具

有一定的理论深度,也对典型的实际应用作了较为广泛的介绍。

本书从内容上可以明显地划分为三个部分,第1~3章从总体上介绍数字图像信号的基本原理和特征,为后面对图像处理和图像通信的分析打下良好的基础;第4~8章系统地介绍数字图像处理的关键技术及应用;第9~14章则主要介绍数字通信方面的主要技术及其应用。其中,第1章简要回顾了数字图像处理和通信技术的产生和发展的概况,并给出了数字图像系统的概念模型;第2章分析了图像信号数字化的基本原理。图像的正交变换是支撑图像处理和通信技术的一个重要方面;第3章对几种常见的正交变换分别进行描述和分析;图像增强和图像复原是图像处理的重点,分别在第4章和第5章详细讲述:第4章研究了数字图像的基本处理方法,包括图像增强、直方图处理等内容,第5章介绍了图像增强的原理和方法;第6章是有关图像重建的内容,这在当前许多领域,包括医学图像处理中有着重要应用;第7章介绍了如何采用数学形态学方法进行图像处理的技术;在介绍了数字图像处理的基本原理和技术后,第8章向读者讲述了图像处理的几个应用实例,第9章讨论和分析了图像信号的统计特性,为在以后章节中介绍图像的压缩编码打下基础;第10和11章分别介绍了经典的、基于统计的静止图像和活动图像的压缩编码原理和方法;对于近年来出现的种种新的编码方法,本书选择了几种有代表性方法在第12章予以介绍,以期引起大家足够的关注;本书的最后两章,即第13和14章,简要介绍了常见的图像通信系统和业务,展望了图像通信的未来。

本书有关图像处理方面的内容(第5~8章)由刘峰编写,有关图像压缩编码方面的内容(第10~12章)由胡栋编写,朱秀昌编写了其余部分并对全书进行统编。

本书在编写过程中,参考和引用了前人的研究成果、著作和论文,具体出处见书后的参考文献。在此,我们对这些文献的著作者表示深切的谢意。

尽管作者一直从事这方面的科研和教学工作,但由于图像处理和图像通信技术的发展日新月异,作者的视野和水平有限,编写时间仓促,书中的错误和不足之处在所难免,真诚地欢迎广大读者予以批评指正。

作者

2002年2月于南京

目 录

1 绪论

1.1 图像信号	1
1.2 数字图像信号处理	4
1.2.1 数字信号处理技术	4
1.2.2 数字图像信号的处理技术	5
1.3 图像系统的构成	6
1.3.1 图像系统的线性模型	6
1.3.2 图像处理系统	7
1.3.3 图像通信系统	8
1.4 图像质量的评价	9
1.4.1 人眼视觉特性	9
1.4.2 图像质量的评价方法	13
1.5 图像处理与通信的发展	16

2 数字图像基础

2.1 图像信号的数字化	18
2.1.1 图像信号的频谱	19
2.1.2 取样和二维取样定理	19
2.1.3 量化和编码	23
2.2 数字视频信号和 ITU-R BT.601 标准	24
2.2.1 视频信号的数字化	24
2.2.2 ITU-R BT.601 数字视频标准	26
2.3 图像设备和器件	28
2.3.1 模拟信号源	28
2.3.2 数字信号源和图像信号采集	29
2.3.3 图像信号显示	32
2.3.4 数字视频和模拟视频的转换	35
2.4 高速 DSP	36
2.4.1 图像数据对 DSP 的要求	36
2.4.2 高速 DSP 的常用结构	37
2.4.3 新型高速 DSP	38

2.4.4	高速 DSP 芯片的发展趋势	41
3	图像信号的正交变换	
3.1	离散傅立叶变换	43
3.1.1	一维离散傅立叶变换	43
3.1.2	二维离散傅立叶变换	48
3.1.3	离散傅立叶变换的性质	50
3.2	离散 K-L 变换	51
3.3	离散余弦变换	52
3.3.1	一维 DCT	53
3.3.2	二维 DCT	55
3.4	数字图像信号的正交基表示	56
3.4.1	变换核的一般表达式	56
3.4.2	变换的矩阵表达式	57
3.4.3	基本图像和基本频谱	57
3.5	沃尔什和哈达玛变换	62
3.5.1	离散沃尔什变换	62
3.5.2	离散哈达玛变换	64
4	图像增强	
4.1	灰度级修正	67
4.1.1	灰度变换法	68
4.1.2	直方图修正法	69
4.1.3	直方图规定化	74
4.2	图像的同态增晰	76
4.3	图像的平滑	77
4.3.1	邻域平均	77
4.3.2	空间域低通滤波	78
4.3.3	频率域低通滤波	79
4.3.4	多幅图像平均	81
4.3.5	中值滤波	81
4.4	图像的锐化	85
4.4.1	微分法	85
4.4.2	拉普拉斯运算	87
4.4.3	高通滤波	89
4.5	图像的伪彩色处理	90
4.5.1	图像的彩色表示	90
4.5.2	伪彩色处理	91

4.6	图像的几何校正	93
4.6.1	空间几何坐标变换	93
4.6.2	像素点灰度值的确定	95
5	图像复原	
5.1	图像降质的数学模型	96
5.1.1	连续图像退化的数学模型	97
5.1.2	几个典型的退化模型	99
5.1.3	离散图像退化的数学模型	102
5.1.4	循环矩阵的对角化	104
5.1.5	对角化在降质模型中的应用	106
5.2	无约束图像复原	107
5.2.1	逆滤波	107
5.2.2	无约束图像复原的病态性质	108
5.2.3	匀速直线运动引起的图像模糊的复原	110
5.3	有约束图像复原	112
5.3.1	维纳滤波	112
5.3.2	功率谱均衡复原	114
5.3.3	有约束最小平方复原	115
6	图像重建	
6.1	计算机断层扫描技术	119
6.2	投影定理	121
6.3	傅立叶投影重建	123
6.4	卷积逆投影重建	124
6.5	代数重建	126
6.6	三维图像重建的体绘制	128
6.7	三维图像重建的面绘制	132
7	图像处理的数学形态学方法	
7.1	数学形态学的基本概念	137
7.1.1	基本集合定义	137
7.1.2	二值数学形态学的运算	138
7.2	二值图像的数学形态学变换	143
7.2.1	形态滤波	144
7.2.2	图像的平滑处理	144
7.2.3	图像的边缘提取	145
7.2.4	区域填充	146

7.2.5	目标探测——击中与否变换	146
7.2.6	细化	148
7.2.7	厚化	149
7.3	灰度图像的数学形态学	149
7.3.1	膨胀和腐蚀运算	149
7.3.2	开启和闭合运算	151
8	数字图像处理的应用	
8.1	概述	154
8.2	WiT 图像处理系统	157
9	图像的统计特性与压缩编码	
9.1	图像的统计特性	161
9.1.1	图像的自相关函数	161
9.1.2	图像差值信号的统计特性	162
9.1.3	频率域上的统计特性	164
9.1.4	图像的信息熵	164
9.1.5	有限失真编码	166
9.1.6	压缩比	169
9.2	统计编码	170
9.2.1	哈夫曼(Huffman)编码	171
9.2.2	香农(Shannon)编码	174
9.2.3	算术编码	175
9.3	预测编码和变换编码	178
9.3.1	DPCM 原理	178
9.3.2	最佳线性预测	179
9.3.3	变换编码原理	180
9.3.4	离散余弦变换(DCT)的应用	183
9.3.5	变换方式及方块尺寸的选择	184
9.4	量化	185
9.4.1	标量量化	185
9.4.2	矢量量化	189
9.4.3	量化压缩机理	191
10	静止图像编码	
10.1	方块编码(BTC)	194
10.2	比特面编码	197
10.3	JPEG 标准与 JPEG2000	199

10.3.1	JPEG 基本系统	199
10.3.2	JPEG2000 标准	200
10.4	二值图像编码方法简介	204
10.4.1	二值图像的方块编码	205
10.4.2	游程长度编码 RLC	206
10.4.3	JBIG 标准	207

11 活动图像编码

11.1	帧间预测编码	212
11.1.1	帧间预测的依据	212
11.1.2	基本方法	214
11.1.3	帧内、帧间的模式选择	214
11.2	运动估计与运动补偿预测	215
11.2.1	运动补偿帧间预测	215
11.2.2	基于块的运动补偿预测	216
11.2.3	运动估计算法	216
11.3	混合编码	220
11.3.1	混合编码器结构	220
11.3.2	H.261 混合编码方案	221
11.3.3	帧内、帧间编码模式	222
11.4	有关国际标准简介	224
11.4.1	H.261 建议	225
11.4.2	H.263 建议	227
11.4.3	MPEG-1 标准	229
11.4.4	MPEG-2 标准	232
11.4.5	MPEG-4 标准	233
11.5	传输差错与处理	236
11.5.1	简单传输模型	236
11.5.2	编码系统中的抗误码措施	237
11.5.3	信道编码	239

12 图像编码新方法

12.1	小波变换与图像编码	242
12.1.1	连续小波变换	242
12.1.2	离散小波变换	244
12.1.3	多分辨率分析	245
12.1.4	图像的小波变换编码	248
12.2	模型基编码	251

12.2.1	物体基编码	252
12.2.2	语义基编码	253
12.3	分形图像编码	254
12.3.1	分形图像压缩编码的基本思想	254
12.3.2	与其它编码方法的关系	255
13	图像的网络传输	
13.1	通信网基础	257
13.1.1	网络的拓扑结构	257
13.1.2	信息交换	258
13.1.3	通信网的种类	259
13.1.4	信息传输方式	263
13.2	通信网接口	266
13.3	模拟基带信号和模拟调制	271
13.3.1	噪声影响	271
13.3.2	线性失真	272
13.3.3	非线性失真	272
13.3.4	清晰度和信号带宽	274
13.3.5	残留边带调幅	274
13.4	数字基带信号和数字调制	276
13.4.1	数字基带信号	276
13.4.2	多相相移键控	276
13.4.3	多电平正交幅度键控	278
13.4.4	网格编码调制	279
13.4.5	OFDM 调制	282
13.4.6	VSB 调制	284
14	图像通信的应用和发展	
14.1	会议电视系统	287
14.2	可视电话系统	292
14.3	数字电视体系和其它应用系统	295
14.4	基于 IP 的 H.323 系统	298
14.5	图像通信的展望	305
	参考文献	309

1 绪论

随着人类社会的进步,科学技术的发展,人们对信息处理和信息交流的要求越来越高。图像信息具有直观、形象、易懂和信息量大等特点,因此它是在人们日常的生活、生产中接触最多的信息种类之一。近年来,图像信息的处理和传输无论是在理论研究方面还是在实际应用方面都取得了长足的进展。尤其是计算机技术的应用、遥感技术和数字通信的发展、计算机网络的普及以及微电子芯片密度的增加,对数字图像信息技术的发展起了关键性的推动作用;而数字图像信息技术的发展又反过来促进和加速了上述各项技术的发展。

本章首先定义了图像信号,并简要介绍了模拟图像信号以及图像信号的数字化,然后从总体上介绍了图像处理系统和图像通信系统,从应用的角度出发介绍了对图像质量的评价以及人眼的主要视觉特性,最后还简单介绍了图像信息技术的发展过程。

1.1 图像信号

为了实现对图像信号的处理和传输,首先必须对图像进行正确的描述,即什么是图像。图像是当光辐射能量照在物体上,经过它的反射或透射,或由发光物体本身发出的光能量,在人的视觉器官中所重现出的物体的视觉信息。照片、电影、电视、图画等都属于图像的范围。

图像按其亮度等级的不同,可以分成二值图像(只有黑白两种亮度等级)和灰度图像(有多种亮度等级)两种。按其色调不同,可分为无色调的灰度(黑白)图像和有色调的彩色图像两种。按其内容的变化性质不同,有静态图像和活动图像之分。而按其所占空间的维数的不同,又可分为平面的二维图像和立体的三维图像等。

图像的亮度一般可以用多变量函数来表示:

$$I = f(x, y, z, \lambda, t) \quad (1.1)$$

其中, x, y, z 表示空间某点的坐标, t 为时间轴坐标, λ 为光的波长。当取 $z = z_0$ 时则表示二维图像;当取 $t = t_0$,或 I 与 t 无关时,则表示静态图像;当 λ 取为定值时则表示单色图像。

一般,由于 I 表示的是物体的反射、透射或辐射能量,因此它是正的、有界的,即:

$$0 \leq I \leq I_{\max} \quad (1.2)$$

其中 I_{\max} 表示 I 的最大值, $I=0$ 表示绝对黑色。

式(1.1)是一个多维函数,它不易于分析处理,为此需要采用一些有效的方法进行降维。首先,根据三基色原理可知, I 可以表示为 3 个基色分量 I_R 、 I_G 和 I_B 之和:

$$I = I_R + I_G + I_B \quad (1.3)$$

式中:

$$\begin{cases} I_R = f_R(x, y, z, \lambda_R, t) \\ I_G = f_G(x, y, z, \lambda_G, t) \\ I_B = f_B(x, y, z, \lambda_B, t) \end{cases} \quad (1.4)$$

其中, $\lambda_R, \lambda_G, \lambda_B$ 为 3 个基色波长。

实践中还采用线性扫描的方法进一步降低维数,例如电视摄像机、扫描仪均通过扫描获取二维图像信号,此时:

$$\begin{cases} x = \psi_1(t) \\ y = \psi_2(t) \end{cases} \quad (1.5)$$

于是,高维的图像被转换为一维信号。同样,利用式(1.3)、(1.4)、(1.5)可以再恢复出原来的高维图像。

图像信息转化为电信号后大体上有两种方式,一种是模拟方式,或称作模拟基带信号;另一种是数字方式,或称作数字基带信号。一般情况下是先将模拟基带信号数字化,形成数字基带信号。近来,有些图像设备,如数字摄像机、数字照相机等,它们可以直接输出数字化图像信号。这样一来,这些图像设备和其它数字设备的连接更加方便了,可以省去模数转换这一过程,既可缩小设备体积,降低设备成本,还可提高设备的可靠性。这里需要指出的是,如果说模拟基带信号还具有图像信号特点的话,那么数字信号就基本上看不出图像信号的特征,它和其它数字信号的表现形式都一样,都是二进制的比特流。

根据三基色原理,利用 R(红)、G(绿)、B(蓝)三色不同比例的混合可以表示各种色彩。摄像机在拍摄时,通过光敏器件(如 CCD:电荷耦合器件),将光信号转换为 RGB 三基色电信号。在电视机或监视器内部,最终也使用 RGB 信号分别控制三支电子枪发出的撞击荧光屏的电子流,使其发光产生影像。由于摄像机中的原始信号和电视机、监视器里的最终信号都是 RGB 信号,因此使用 RGB 信号作为视频信号的传输和记录方式无疑会有较高的图像质量。但在实际应用中往往不是这样,因为一则这会大大地加宽视频信号带宽,增加相关设备成本;二则这也与现行的黑白电视不兼容。为此将三基色信号按一定比例组合成亮度(Y)和色度(U, V)信号,它们之间的关系如下:

$$\begin{cases} Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B \\ U = R - Y \\ V = B - Y \end{cases} \quad (1.6)$$

为了使 U, V 和 Y 能在一个频带内传输,到达黑白/彩色视频信号接收兼容的目的,还需将这两个色度信号进行正交幅度调制。设 $U(t), V(t)$ 为色度信号, $Y(t)$ 为亮度信号,

则经调制后的两个色度信号分别为:

$$\begin{cases} u(t) = U(t)\sin\omega_{sc}t \\ v(t) = V(t)\Phi(t)\cos\omega_{sc}t \end{cases} \quad (1.7)$$

式中 $\omega_{sc} = 2\pi f_{sc}$ 为色度信号的副载波角频率, $\Phi(t)$ 是开关函数。由此产生的正交幅度调制的色度信号为:

$$c(t) = u(t) + v(t) = C(t)\sin[\omega_{sc}t + \theta(t)] \quad (1.8)$$

其中:

$$\theta(t) = \Phi(t)\text{tg}^{-1}[V(t)/U(t)]$$

$$C(t) = \sqrt{U^2(t) + V^2(t)}$$

$\Phi(t)$ 为开关函数, 如 $\Phi(t) = 1$, 可表示 NTSC 制的色度信号; 如 $\Phi(t) = +1$ (偶数行) 或 -1 (奇数行), 则可表示彩色副载波逐行倒相的 PAL 制色度信号。

在 PAL 制中, 色度副载频 $f_{sc} = 283.75f_h = 4.43 \text{ MHz}$, 行频 $f_h = 15.625 \text{ kHz}$, 帧频 = 25 Hz, 场频 = 50 Hz。而在 NTSC 制中, 色度副载频 $f_{sc} = 227.50f_h = 3.589545 \text{ MHz}$, 行频 $f_h = 15.75 \text{ kHz}$, 帧频 = 30 Hz, 场频 = 60 Hz。两种制式都采用隔行扫描的方式, 图像宽高比皆为 4:3。

从视频信号的频谱上看, 色度信号的副载波位于亮度信号频谱的高频段(见图 1.1)。

这样, 在亮度信号的高频部分间插经过正交调制的两个色度分量, 形成彩色电视的基带信号, 又称复合电视信号或全电视信号:

$$\begin{aligned} e(t) &= Y(t) + c(t) \\ &= Y(t) + C(t)\sin[\omega_{sc}t + \theta(t)] \end{aligned} \quad (1.9)$$

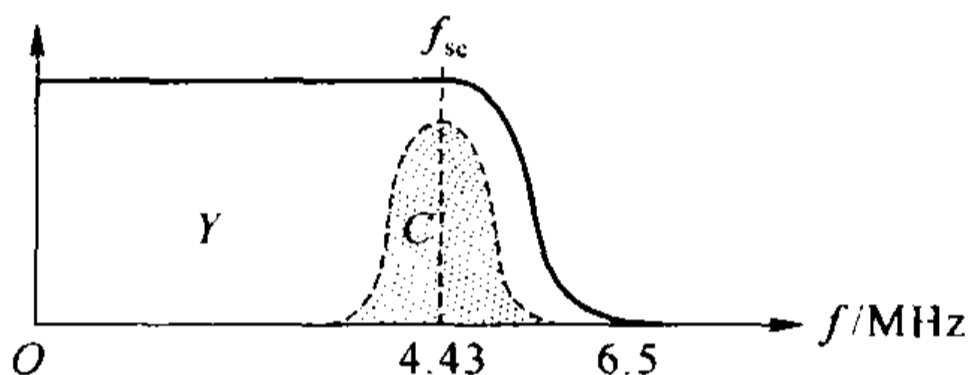


图 1.1 复合视频信号的频谱(PAL 制)

应用复合视频主要是为了方便传输以及电视信号的发射。将 RGB 信号转换成 YUV 信号、Y/C 信号以及复合视频信号的过程, 被称为(电视)编码, 而其逆过程就叫(电视)解码。另外, 为了保证传送的图像能够稳定再现, 实际的全电视信号还包括复合同步信号(包括行场同步、行场消隐)及色同步信号等。上面介绍的是彩色电视信号, 黑白电视信号可以看作是彩色电视信号的特殊情况, 条件就是此时的 $C(t) = 0$ 。目前, 绝大多数的视频设备都具有复合视频信号输出。

近来, 许多视频设备除了复合视频输出外, 还增加了 S-Video 输出端子。S-Video 信号将亮度 $Y(t)$ 和色度信号 $C(t)$ 分两条线输出, 免得将 Y 、 C 复合起来输出, 然后输出到设备后又要进行 Y 、 C 分离。这样的一个反复过程是有损于图像质量的。

和电影一样, 视频图像也是由一系列单个静止画面组成的, 这些静止画面被称为帧。一般当帧频在每秒 24 ~ 30 帧之间时, 视频图像的运动感觉就非常光滑连续, 而低于每秒 15 帧时, 连续运动图像就会有动画感。我国的电视标准是 PAL 制, 它规定每秒 25 帧, 每帧有水平方向的 625 扫描行。由于采用了隔行扫描方式, 625 行扫描线分为奇数行和偶数行, 这分别构成了每一帧的奇、偶两场。由于在每一帧中电子束都要自左而右、自上而下地扫描, 因此存在着电子束从屏幕右端到左端的行扫描逆程期和从屏幕右下角终点回到屏幕左上角起点的场扫描逆程期, 在这期间被消隐的扫描行是不可能携带图像内容的。

场扫描逆程期约占整个垂直扫描时间的 8%。在整个 $64\ \mu\text{s}$ 的行扫描周期中,逆程期约占 18%,有效扫描时间(携带信息)为 $52\ \mu\text{s}$ 左右;625 行中用于扫描图像的有效行数只有 576 行,由此推导出图像在垂直方向上的分辨率为 576 点。按现行电视屏幕 4:3 的宽高比,图像在水平方向上的分辨率应为 $576 \times 4/3 = 768$ 点,这就得到了 768×576 这一常见的图像大小。

对于 NTSC 制的视频信号,它所规定的帧频为每秒 30 帧,每帧 525 行,同样采用了隔行扫描方式,每一帧由两场组成,其图像大小是 720×486 。由于 PAL 制与 NTSC 制的场频、行频以及色彩处理方式均有不同,因此两者是互不兼容的。

1.2 数字图像信号处理

1.2.1 数字信号处理技术

数字信号处理(DSP: Digital Signal Processing)技术通常是指利用计算机或/和专用处理设备(包括器件),以数字的形式对信号进行采集、滤波、检测、均衡、变换、调制、压缩、去噪、估计等处理,以得到符合人们需要的信号形式。显然,这里所指的处理,就是对数字化后的信号施加某种数学运算。例如对视频信号的压缩和去噪处理的目的是减少信号中的冗余信息,滤除混杂在信号中的噪声和干扰,将信号变换成易于识别和理解的形式,对它进行压缩,便于存储、传输。再如对卫星云图进行图像增强处理以便于分析,准确地预报天气。

数字信号处理是相对于模拟信号处理而言的,它比模拟信号处理有更多显著的优点。如:处理功能强,处理精度高,处理灵活性强;稳定性好,抗干扰能力强,设备体积小等。因此更易于大规模集成化和实现多维处理,可以适用于更广泛的领域。

从 1965 年快速傅立叶算法提出以来,数字信号处理技术获得了重大突破。随着超大规模集成电路技术和计算机技术的发展,各种快速数字信号处理器件大量问世并得到广泛应用。目前,国际市场上涌现出多种多样的数字信号处理器(DSP)芯片和系统,有专用的数字滤波器、数字频谱分析仪、实时图像处理系统,有高速通用视频编解码芯片、高速通用数字处理芯片、高速多媒体信号处理芯片等。DSP 的高速运算能力及其通用性,解决了许多信号实时处理问题,使设计工作大为简化。目前高性能的 DSP 器件的处理能力已达千 MIPS 以上,集成度高达数百万门以上,而功耗却低至 $0.2\ \text{mW/MIPS}$ (Million Instruction per Second)。同时,器件性能的更新周期大大缩短。

随着信息技术的日益普及,数字信号处理技术正在迅速地扩展到各个应用领域中去。例如:在图像处理领域,对雷达图像、红外图像、超声图像、遥感图像等进行分析、处理,实现图像的增强和复原等;在通信领域,特别是多媒体通信,更少不了数字信号处理技术;在医学上,数字信号处理技术的应用正日益扩大。此外,数字信号处理技术还应用于地质勘察、自动控制、电力分布安排、环境检测以及用于军事上的目标检测系统、导航系统、制导系统等等。

1.2.2 数字图像信号的处理技术

图像是人类获取信息的一个重要来源,有研究表明,大约有 70% 的信息是通过人眼获得的图像信息。图像信号是指将图像作为一种二维或三维信号,采用数字信号处理的方法来对图像进行描述。在近代科学研究、军事技术、工农业生产、气象、医学等领域中,人们越来越多地利用图像来认识和判断事物,解决实际问题。例如:人们利用人造卫星所拍摄的地面照片,来分析获取地球资源、全球气象和污染情况,利用“和平号”宇宙飞船所拍摄的月球表面照片,来分析月球的形成;在医学上,通过 CT 断层扫描,医生可以观察和诊断人体内部是否有病变组织;在公安侦破中,采用对指纹图像地提取和处理(如比对)来进行侦破;在军事上,目标的自动识别和自动跟踪都需要进行高速的图像处理。

图像信号的数字处理技术,按照人们通常的习惯,也称为数字图像处理技术,最常见的是用计算机对图像进行处理。它是在以计算机为中心的包括各种输入、输出、存储及显示设备在内的数字图像处理系统上进行的。数字图像系统大体上包括以下两方面的内容。

1. 图像信息的获取及其数字化

为了在计算机上进行图像处理或者对图像信息进行传输,首先必须获取图像。目前获取图像的方法很多,但主要可分为两类:一类是获取模拟图像的成像设备和成像方法。例如 CCD 摄像机、古老的光学透镜成像、非常规光学的各种射线成像(如:红外成像、微波成像、X 射线照相、激光雷达成像)等。对这一类模拟图像要通过抽样和量化变换成数字图像之后才能用计算机或其它数字设备对它进行处理。另一类是直接获取数字图像的成像设备和成像方法。例如数码相机、数字摄像机等。在数字化时代,后一类成像设备将越来越普及,价格也将越来越便宜。

2. 图像信息处理的主要方法

(1) 图像变换

图像变换是数字图像处理研究的一个重要方面。通常是利用正交变换(如傅立叶变换、余弦(正弦)变换、沃尔什变换、哈达码变换、小波变换等)的性质和特点,将图像转换到变换域中进行处理,如由时间域或空间域的图像转换到频率域的变换处理以改善图像的质量,同时还因为大多数变换都有快速实现的方法,从而大大提高了处理运算的速度。图像变换主要研究各种变换模型和快速实现方法。

(2) 图像增强

图像增强是数字图像处理的一个重要内容。主要是指利用各种数学方法和变换手段提高图像中人们感兴趣部分的清晰度,包括图像灰度修正、图像平滑、噪声去除、图像边缘增强等。

(3) 图像复原

在景物成像过程中,由于目标的高速运动、系统畸变、介质散射、噪声干扰等因素,导致成像后的图像存在降质(或退化)。图像复原就是把降质的图像恢复成原来的景物图像。图像复原要研究的内容包括对图像降质因素的分析 and 降质模型的建立,以及针对降质模型的各种处理方法。