



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字图像处理 与图像通信

(修订版)

朱秀昌 刘 峰 胡 栋 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TN911.73
ZXC=2

数字图像处理与图像通信

(修订版)

朱秀昌 刘 峰 胡 栋 编著



北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍数字图像处理与图像通信方面的基本原理、主要技术和典型应用。本书共分14章,系统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与图像的网络传输,图像处理和图像通信技术的主要应用及发展前景。

本书可作为从事信号与信息处理技术、通信工程技术、计算机应用技术以及广播电视技术的工程技术人员参考书,也可作为大专院校相关专业的高年级学生或研究生学习、应用图像处理和图像通信技术的教材。

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.修订本.—北京:北京邮电大学出版社,2008
ISBN 978-7-5635-1677-3

I. 数… II. ①朱…②刘…③胡… III. ①数字图像处理②图像通信 IV. TN911.72 TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 070610 号

书 名: 数字图像处理与图像通信(修订版)

作 者: 朱秀昌 刘 峰 胡 栋

责任编辑: 李欣一

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 27

字 数: 590 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2002 年 5 月第 1 版 2008 年 7 月第 2 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1677-3

定 价: 45.00 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 •

再版前言

首先,在本书作为“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”再版之际,感谢广大读者对本书第1版的认可、支持和关心。其次,向广大读者交代一下本次再版的3个主要动因:期望通过本书的再版将3位作者以及多位同仁在5年多的本科教学实践过程中的收获和感悟融入到新版中来,和大家同享;期望将教学过程中发现的问题和不足之处予以修改和纠正,得到大家的谅解;期望将近年来图像处理与图像通信领域的理论与技术的新发展及时地反映到再版的教材中来。

需要说明的是,在本书的名称“数字图像处理与图像通信”中,“图像通信”和“图像处理”并非两个对等的概念,严格说来,图像通信是图像处理的应用领域或应用方式,但是由于近几十年来数字图像通信的发展在广度或深度上都达到相当突出的程度,因此还是将“图像通信”突出到书名上来,并且这一部分内容将占到本书的1/3以上。

为了适应多种教学环境和不同读者背景的需要,本书在编写中既注意各章节之间的关联,又特别注意到使各章节之间保持一定的独立性。因此,在实际的教学应用中,大体上可以有3种选择方案:如果课时允许,可以全书讲授,形成系统和全面的“数字图像处理与图像通信”课程;如果课时有一定的限制,可以讲授第1~8章,形成较系统的“数字图像处理”基础课程;还可以选择第1~3章,再加上第9~14章,形成较系统的“数字图像通信”基础课程。同时,在具体的讲授过程中可以根据实际情况,增减有关的内容,尤其是可灵活处理带“*”的章节。

再版时各章之后增加了“习题与思考”部分,以便于读者对所学的内容进行独立的回顾和思考,并通过习题检查自己对本章内容学习和掌握的程度。

本书将秉承第1版的宗旨,努力改进,争取再版后得到读者进一步的认可。可以肯定,再版后比初版已有长足的进展,但囿于作者的水平和学识,浅陋谬误之处还请读者不吝赐教,以便于今后的改进。

作者

2008年2月于南京

第 1 版前言

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,图像信息是人类获取信息的最重要的来源之一,它是通过人的视觉来获取的。从提供技术服务的角度出发,图像处理和图像通信所做的工作就是信息的处理和信息的传输。推动信息化进程加速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,在人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,从某种意义上来说,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。如用图像通信通技术来实现实时现场信息的交流,在因特网上进行视频广播;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、生活相伴随而产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、文字及图像的信息交流。图像信息的加入及图像信息本身所固有的特点,使得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这些问题: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。

本书以从事计算机技术、通信技术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。本书的编写力图体现以下 3 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,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内容是对数字图像的压缩编码处理,是从通信的要求和特点来对数字图像进行一种特殊的图像处理。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,本书尤为注重理论与实际的结合,使之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3个部分:第1~3章总体上介绍数字图像信号的基本原理和特征,为后续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其应用;第9~14章系统地介绍数字图像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章作了详细讲述;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章介绍了图像复原的原理和方法;第6章介绍了有关图像分割的基本原理和基本方法;第7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的作用;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,为在后续章节中介绍图像的压缩编码打下基础;第10章和第11章分别介绍了经典的、基于统计的静止图像及活动图像的压缩编码原理和方法;对于近年来出现的新的编码方法,本书选择了几种有代表性的方法在第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章和第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,即第5~8章由刘峰编写;有关图像压缩编码方面的内容,即第10~12章由胡栋编写;本书的其余部分由朱秀昌编写并对全书进行统稿。

在本书编写过程中,参考和引用了前人的研究成果、著作和论文,具体出处在书后的参考文献中一一列出。在此,对这些文献的著作者表示诚挚的谢意。

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

第 1 章 绪论

1.1 图像信息和图像技术	1
1.1.1 图像信息的特点	1
1.1.2 数字图像信号	3
1.1.3 数字图像技术	6
1.2 人眼视觉特性和图像质量评价	8
1.2.1 人眼视觉特性	8
1.2.2 图像质量的评价方法	13
1.3 图像系统的构成	16
1.3.1 图像系统的线性模型	16
1.3.2 图像处理系统	17
1.3.3 图像通信系统	18
1.4 图像处理与图像通信的发展简况	20
习题与思考	23

第 2 章 数字图像基础

2.1 图像信号的数字化	24
2.1.1 图像信号的频谱	25
2.1.2 二维采样定理	25
2.1.3 量化和编码	30
2.2 数字图像的表示	31
2.2.1 数字图像及其存储格式	31
2.2.2 视频信号的数字化	33
2.2.3 数字视频的国际标准	35
2.3 图像设备和器件	39
2.3.1 图像信号的产生	39
2.3.2 图像信号的采集	43
2.3.3 图像信号的显示	44

2.3.4 视频信号的模数转换	47
2.3.5 高速数字信号处理器	47
习题与思考	50

第3章 图像信号的正交变换

3.1 离散傅里叶变换	52
3.1.1 一维离散傅里叶变换	52
3.1.2 二维离散傅里叶变换	58
3.2 离散余弦变换	61
3.2.1 一维离散余弦变换	62
3.2.2 二维离散余弦变换	63
3.3 数字图像信号的正交基表示	65
3.3.1 变换核的一般表达式	65
3.3.2 变换的矩阵表达式	65
3.3.3 基本图像和基本频谱	66
* 3.4 沃尔什变换和哈达玛变换	68
3.4.1 离散沃尔什变换	68
3.4.2 离散哈达玛变换	71
* 3.5 离散 K-L 变换	74
习题与思考	76

第4章 图像增强

4.1 灰度级修正	77
4.1.1 灰度变换法	78
4.1.2 直方图修正法	80
4.1.3 直方图规范化	83
4.2 图像的同态增强	84
4.3 图像的平滑和去噪	85
4.3.1 图像噪声的特性	85
4.3.2 空间域邻域平均	88
4.3.3 频率域低通滤波	89
4.3.4 多幅图像平均	91
4.3.5 中值滤波	91
4.4 图像的锐化	93
4.4.1 一阶微分算子法	94

4.4.2 拉普拉斯算子法	96
4.4.3 高通滤波法	98
4.5 图像的伪彩色处理	98
4.5.1 图像的彩色表示	98
4.5.2 伪彩色处理	102
4.6 图像的几何校正	104
4.6.1 空间几何变换	105
4.6.2 图像插值	107
习题与思考	108
第5章 图像复原	
5.1 图像降质的数学模型	112
5.1.1 连续图像降质的数学模型	113
5.1.2 几个典型的降质模型	114
5.1.3 离散图像降质的数学模型	118
* 5.1.4 循环矩阵的对角化	120
5.2 无约束图像复原	124
5.2.1 无约束代数复原法	124
5.2.2 逆滤波法	125
* 5.2.3 匀速直线运动引起的图像模糊的复原	127
5.3 有约束图像复原	129
5.3.1 有约束代数复原方法	129
5.3.2 维纳滤波	130
5.3.3 功率谱均衡复原	132
5.3.4 有约束最小平方复原	133
* 5.4 非线性图像复原	136
5.4.1 最大后验图像复原	136
5.4.2 最大熵图像复原	138
习题与思考	139
第6章 图像分割	
6.1 基于阈值的图像分割方法	142
6.1.1 阈值化分割基本原理	142
6.1.2 固定阈值法	144
6.1.3 直方图方法	144

6.1.4	最大类间方差法	146
6.1.5	统计最优阈值法	146
6.2	基于边界的图像分割方法	148
6.2.1	并行微分算子法	148
6.2.2	模板匹配法	152
6.2.3	边界跟踪算法	155
6.2.4	边界拟合算法	157
* 6.2.5	基于主动轮廓模型算法	158
6.3	基于区域的图像分割方法	159
6.3.1	区域生长法	159
6.3.2	分裂合并法	161
* 6.4	基于二值数学形态学方法的分割	163
6.4.1	数学形态学的基本概念	163
6.4.2	二值数学形态学运算	165
6.4.3	二值图像的形态学处理	167
	习题与思考	173

第7章 图像重建

7.1	计算机断层扫描技术	177
7.2	投影定理	179
7.3	傅里叶投影重建	182
7.4	卷积逆投影重建	183
7.5	代数重建	185
* 7.6	三维重建图像的绘制	187
	习题与思考	195

第8章 数字图像处理的应用

8.1	医学图像处理	197
8.2	人脸图像检测与识别处理	203
8.3	遥感图像处理	209
8.4	图像数字水印	215
	习题与思考	222

第9章 图像的统计特性与压缩编码

9.1	图像的统计特性	223
-----	---------------	-----

9.2 压缩编码原理	228
9.3 预测编码和变换编码	243
9.4 量化	250
习题与思考	259
第 10 章 静止图像编码	
10.1 方块编码	264
10.2 比特面编码	270
10.3 亚采样与内插	271
10.4 具有多种表示能力的编码	273
10.5 JPEG 与 JPEG2000 标准	276
10.6 二值图像编码方法简介	284
习题与思考	289
第 11 章 活动图像编码	
11.1 帧间预测编码	294
11.2 运动估计与运动补偿预测	298
11.3 混合编码	303
11.4 视频编码的国际标准简介	307
11.5 压缩视频的差错控制技术	323
习题与思考	329
* 第 12 章 图像编码新方法	
12.1 小波变换与图像编码	332
12.2 模型基编码	341
12.3 分形图像编码	344
12.4 分级编码和多描述编码	346
习题与思考	353
第 13 章 图像的网络传输	
13.1 通信网基础	354
13.2 通信网接入技术	366
13.3 模拟基带信号和模拟调制	374
13.4 数字基带信号和数字调制	379

习题与思考.....	387
------------	-----

第 14 章 图像通信的应用

14.1 会议电视和可视电话.....	389
14.2 远程监控系统.....	399
14.3 视频流媒体的应用.....	402
14.4 图像通信的展望.....	411
习题与思考.....	414
参考文献.....	415

第1章 绪 论

随着人类社会的进步和科学技术的发展,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,图像信息的处理和通信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、遥感技术的发展、数字通信的兴起、计算机网络的普及、微电子芯片密度的增加,对数字图像信息的处理与通信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。

本章首先简单定义了图像信号,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,又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 图像信息和图像技术

1.1.1 图像信息的特点

1.3 类信息的比较

人们经常接触的信息主要有3大类,它们分别是语音、文本和图像信息。其中,语音和简单的图像(图形)是人类最早应用于信息交流的一种方式。然后,随着社会的发展,出现了表达某种特定信息的符号,即文字、文本。这里所说的图像信息的特点,是与语音、文本信息相比较而言的,并且仅从人们对这些信息的发出、接受、理解和表达等方面的不同来考虑的。

生活经验表明,人们对语音信息的发出和接受,是需要经过一定的学习和实践的,要学习发音规则,要学习不同的音节所表达的具体含义,等等。因此,人们无论是说话(发出

语音信息)或听话(接收语音信息),都必须通过大脑的思维,将不同的音节“转换”为不同的含义。很显然,大家都必须遵循同一“转换”规则,才能进行有效的信息交流。

和语音信息相类似,文本信息的交流更是需要经过人的思维“转换”,更需要一套严密的“转换”规则,将不同的符号赋予不同的含义。为此,人们必须学习这些规则。文本信息是语音信息的书写“符号”表达方式,所表示的意义和相应的语音信息一样,但文本信息的规则往往较语音信息的规则更为复杂和严格,它所表示的内容也更为精确。所以,各种法律文书都是以文本的形式发布和记录。这些规则的不同,就形成了不同的语言和文字,不经过一定的学习,是不可能“听懂”或“读懂”某一种语言或文字的,更不用说用这种语言或文字来表达自己的思想了。一般说来,人们学习文字规则要比学习语音规则的难度要大,这就是长期以来,社会上一直存在为数众多的“文盲”,而很少见正常人是“语盲”的原因。

再从人们接受或发出信息的方式来比较一下。人们在发言或聆听的过程中,基本上是一种“串行”的输入、输出方式。以发言为例,说话者必须一个字一个字地说,由若干个字形成一句话,由若干句话形成一段发言,不可能同时将这段话的每个字的所有的语音一并发出,当然,听话也是如此。文本信息的接受或发出方式也和语音差不多,文章必须一个字一个字、一句话一句话地写出来,读书也必须逐字、逐句地读。显然,这也是一种串行的信息交流方式。虽然有所谓“一目十行”之美谈,但这只是形容阅读之快,并不违背“串行”的阅读方式。

和语音、文本信息相比较,图像信息(这里主要指自然场景图像,不包括某些特殊的图形、标记或图标等)主要具有以下3方面的特点。

一是图像的直观性强。在一般情况下图像是外界场景的直接反映,它的内容和由眼睛直接观察到的、呈现在人们脑海里的印象非常接近,或者说人们摄取图像的方法本身就是受人眼获得图像的机理的启示。因而图像信息使人们一看就懂,直观性很强,几近于“所见即所得”,不需要经过思维的特别“转换”,几乎可以直接被人所理解。对于通常的自然景物图像,人们不必要经过特别的学习就能理解,而不像语音或文本那样,存在语种的差别。例如,对于风景照片,无论是中国人,还是外国人,大家一看就明白,不存在“看不懂”的问题。

二是图像信息的信息量特别大。俗话说“百闻不如一见”,它表明一幅图像带给人们的信息量是巨大的。例如,可以凭一张某人的照片在人群中识别出此人,但很难依据一篇描述此人的文章(尽管可以用成千上万的文字来描述)来识别他。此外,“百闻不如一见”中的“一见”也表明人们接受图像信息的方式是一种“并行”的方式,一眼看去,图中所有的像素尽收眼底,而不是一个像素一个像素地看,一行一行地看。可见,由于图像信息的直观和便于“并行”接受,所以尽管图像的信息量庞大,但人们的接受速度却没有问题。

三是图像信息(尤其是自然场景图像)的确切性不十分好,存在一定的模糊性,这是相对于语音和文本信息而言的。例如,面对同一幅图像,不同的观察者会有不同的理解和感

受,甚至有可能给出不同的解释,如让他们写出各自观察的内容,则几乎是各不相同。

将以上叙述的内容归纳一下,形成表 1.1,从中可以清楚地看出图像信息的特点。图像信息的直观性强,易于为人们所接受,能表达语音或文本信息难以表达的内容,这些就是图像信息倍受人们欢迎的根本原因之一,也是图像通信近年来得到迅速发展的根本动力之一。人们喜欢图像信息,喜欢图像信息的交流,如“千里眼”的传说就反映了长期以来人们的这种需求和喜好,只是受限于通信能力,难以实现人们的这种愿望而已。至于为什么难以实现,这恰恰又要归结于图像“信息量特别大”的特点,使得在实现了“顺风耳”(语音通信)以后的很长的一段时间内,也可以说迄今为止都没有很好地实现图像通信。因此,如何解决图像信息量特别大的问题,在图像技术领域始终是一个首要的问题。

表 1.1 3 类信息的特点比较

信息类型	确切性	直观性	接受方式	信息量	易于理解程度
语音信息	中	中	“串行”	中	难(需转换)
文本信息	好	差	“串行”	小	较难(需转换)
图像信息	差	好	“并行”	特大	易(无须转换)

2. 图像的信息量

数字图像是二维信号,其信息量很大。如一幅 512 像素×512 像素组成的灰度图像,其灰度级如用 8 比特的二进位制数表示,则有 $2^8=256$ 级灰度,那么这一幅图像的信息量高达 $512 \times 512 \times 8 \approx 200$ 万比特。对这样大信息量的图像进行处理,必须用高速信号处理器或计算机才能胜任。如果要传输这一类图像信息,则必然要采用高速传输,占用较宽的频带。如传输数字电视图像所需的速率为 160 Mbit/s,而标准 PCM 数字语音只需 64 kbit/s 速率,要大几个数量级。所以在采集、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上,图像处理技术难度较大,成本也高,形成技术瓶颈。

虽然图像的信息量看起来很大,但数字图像中各个像素是不独立的,具有一定的相关性。在图像画面上,经常有大批像素具有相同或接近的灰度。就电视画面而言,同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素,其相关系数可达 0.9 以上,而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般说来还要强些。如后续章节所述,正是由于图像存在相当强的统计相关性,所以图像信息存在压缩的余地。

1.1.2 数字图像信号

为了实现对图像信号的处理和传输,必须先对图像进行正确的描述,即什么是图像。很难给图像下一个严格的定义,一般来说,图像是当光辐射能量照在物体上,经过物体的反射或透射,或由发光物体本身发出的光能量,在人的视觉器官中所呈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。

1. 图像信号的数学表示

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。按其色调的不同,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。

一般地,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,即

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

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 个基色的波长。

实践中还采用线性扫描的方法进一步降低维数,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。

2. 视频信号

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 3 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;二则这也与已有的黑白电视信号不兼容。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:

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

为了使U、V和Y能在一个频带内传输,达到黑白/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, $\theta(t)=\Phi(t)\arctan[V(t)/U(t)]$, $C(t)=\sqrt{U^2(t)+V^2(t)}$ 。

$\Phi(t)$ 为开关函数,如 $\Phi(t)=1$,可表示NTSC电视制式的色度信号;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,行频 $f_h=15.625\text{ kHz}$,帧频为25 Hz,场频为50 Hz,色度副载频 $f_{sc}=283.75 f_h=4.43\text{ MHz}$ 。而在NTSC制中,行频 $f_h=15.75\text{ kHz}$,帧频为30 Hz,场频为60 Hz,色度副载频 $f_{sc}=227.50 f_h=3.589\,545\text{ MHz}$ 。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端(见图1.1)。这样,在亮度信号的高频部分间插入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:

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

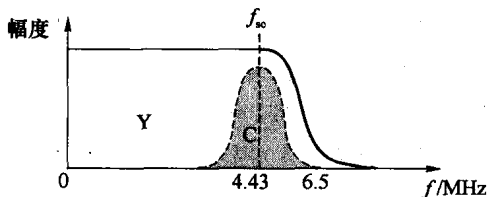


图 1.1 复合视频信号的频谱(PAL制)示意图

应用复合视频主要是为了方便传输及发射。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