

国家九五重点图书

数字图像处理 压缩与识别技术



李在铭 等 编著

多媒体信息
显示应用技术
丛书



电子科技大学出版社

☆多媒体信息显示应用技术丛书☆

数字图像处理、压缩与识别技术

李在铭等 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字图像处理、压缩与识别技术/李在铭等编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2000. 11
ISBN 7-81065-511-6

I. 数... II. 李... III. 数字图像处理
IV. TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55949 号

内 容 提 要

本书较全面、系统地阐述了数字视频图像处理、压缩、识别与跟踪技术的基本理论、实用技术、相关标准与具体应用。

全书分为四部分共十五章:第一部分为基础篇,共七章。有可视信息媒体处理系统概论;连续多维信号与系统;多维随机信号与系统;图像信号数字化及其描述;图像基本运算;离散图像变换;小波变换。第二部分为基本图像处理篇,共三章。有图像增强;彩色及多光谱图像处理;图像复原。第三部分为图像数据压缩篇,共两章。有图像数据压缩基础;图像压缩标准。第四部分为视频图像目标分割、识别与跟踪篇,共三章。有视频图像目标分割与边缘提取;图像识别;视频图像目标跟踪。

本书可作为高等学校信息技术及相关专业本科生与研究生的教材或教学参考书。尤其适用于从事数据通信、图像处理与通信、数据处理、多媒体通信综合业务、数据压缩、数字视频图像识别与跟踪、计算机应用等工作的科技人员自学。

数字图像处理、压缩与识别技术

李在铭等 编著

出 版: 电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号, 邮编: 610054)
责任编辑: 徐守铭
发 行: 新华书店
印 刷: 四川导向印务有限公司
开 本: 787×1092 1/16 印张 18 字数 438 千字
版 次: 2000 年 11 月第 1 版
印 次: 2000 年 11 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 7-81065-511-6/TP·340
印 数: 1—4000 册
定 价: 24.00 元

前 言

现代信息技术正在为人类社会各个方面提供多媒体通信和信息综合服务。因此,它获得了十分广泛的应用和发展。其间,各类可视化的图像信息数字化处理、数据压缩、识别与跟踪技术是极其重要的,应用也十分广泛。根据作者多年来从事此方面的研究与教学工作经验,考虑到实际的需求,编写了本书。编写本书的目的是使人们对数字图像处理、压缩、识别与跟踪技术有一个全面的了解。书中的论述特别着重基本概念、实际应用的物理模型和数理模型、常用的基本技术,同时注意增加了新的技术内容。

全书内容安排分为四个部分,共十五章。第一部分为基础篇,包括第一章至第七章。第一章可视信息媒体处理系统概论。讨论了可视信息媒体的形式、模型;典型处理系统模型;模拟与数字视频信号,相关标准;人眼视觉特性基础。第二章连续多维信号与系统。本章分析了各类可视图像的多维函数模型,特殊图像信号记号与特性,多维图像傅立叶变换、分析以及图像信号通过线性系统。第三章多维随机信号与系统。分析了多维随机信号的数学形式;图像随机信号的概率特性与矩特性;统计平衡性和各态历经性;随机图像信号通过系统。第四章图像信号数字化及其描述。本章研究了图像信号的采样与量化原理和各种基本的量化技术。第五章图像的基本运算。图像基本运算是复杂运算的基础。这里研究了加、减、乘和除的图像基本代数运算,还讨论了图像基本的几何运算。第六章离散图像变换。本章介绍了离散图像的线性变换;复指数型变换,DFT, DCT, DST 和 DHT;方波型变换,Hadamard T., Walsh T., Slant 和 Haar T.;基于特征分解的变换,Hotelling 和 K-L 变换,SVD 变换。第七章小波变换。本章讨论了连续小波变换和二进小波变换,小波变换与傅立叶变换比较,常用小波基,多尺度分析,快速小波变换及其在图像数据压缩中的应用。

第二部分为基本图像处理篇,包括第八章至第十章。第八章图像增强。本章研究了各种常用的空域和变换域的图像增强技术。第九章彩色及多光谱图像处理。本章讨论了彩色视觉生理基础和彩色成像设备,常用的彩色空间模型和基本的彩色图像处理。第十章图像复原。本章讨论了一般的图像退化(畸变)模型,图像复原技术和图像超分辨率处理。

第三部分为图像数据压缩篇,包括两章,第十一章和第十二章。第十一章图像数据压缩基础。本章分析了图像数据压缩的信息论基础、离散信源的无失真

编码原理、率失真编码基础、图像压缩途径和图像数据压缩系统基本结构及其评价方法。第十二章图像压缩标准。本章介绍了各种图像压缩的标准：二值图像编码 JBIG, 静态图像编码 JPEG 系列, 视频图像编码 Hxxx、MPEG-X 系列。

第四部分为视频图像目标分割、识别与跟踪篇, 包括三章。第十三章视频图像目标分割与边缘提取。本章讨论了图像分割的基本概念、灰度值域、阈值分割图像技术; 提取图像边缘分割图像技术; 区域增长图像分割技术; 形态学用于图像分割; 曲面拟合图像边界检测; 图像子区域几何参数快速提取技术; 高速运动目标图像分割与提取。第十四章图像识别。本章分析了图像识别概念模型、图像识别特征描述、图像识别聚类和图像识别应用。第十五章视频图像目标跟踪。本章讨论了图像目标跟踪系统、系统软件功能模块设计和跟踪系统状态方程。

本书适合作为高等学校信息技术及相关专业大学本科高年级和研究生的教材或参考书, 也可作为从事数字图像处理、压缩、识别与跟踪技术研究、开发的技术人员参考使用。

本书由李在铭教授主持编著, 参加撰写的还有李晓峰教授、刘镰斧副教授、张帆博士、张文涛博士、罗志勇博士、魏波博士和丛健博士。在本书撰写过程中得到了电子科技大学通信与信息工程学院通信工程教研室、多媒体通信综合服务实验室的老师和研究生们的支持和帮助, 这里表示衷心的感谢。

限于作者的水平和时间有限, 难免有不够严谨和错漏之处, 敬请广大同行和读者指正。

作者

2000年10月于成都

目 录

第一部分 基础篇

第一章 可视信息媒体处理系统概论.....	(2)
1.1 可视信息媒体形式与模型	(2)
1.2 可视信息媒体典型处理系统模型	(3)
1.3 模拟视频	(4)
1.4 数字视频.....	(10)
1.5 人眼视觉特性基础.....	(15)
习题	(20)
第二章 连续多维信号与系统	(21)
2.1 连续多维信号.....	(21)
2.2 二维傅立叶变换.....	(26)
2.3 二维系统.....	(36)
习题	(39)
第三章 多维随机信号与系统	(42)
3.1 多维随机信号.....	(42)
3.2 概率密度函数.....	(43)
3.3 集合平均、平稳性与各态历经性	(44)
3.4 随机图像通过系统.....	(51)
习题	(55)
第四章 图像信号数字化及其描述	(57)
4.1 图像信号数字化模型.....	(57)
4.2 图像数字化器.....	(57)
4.3 图像信号采样.....	(58)
4.4 图像量化.....	(63)
习题	(73)
第五章 图像基本运算	(74)
5.1 基本代数运算.....	(74)

5.2 基本几何运算.....	(79)
习题	(84)
第六章 离散图像变换	(85)
6.1 离散线性变换.....	(85)
6.2 离散复指数型变换.....	(86)
6.3 方波型变换.....	(89)
6.4 基于特征分解的变换.....	(93)
习题	(97)
第七章 小波变换	(98)
7.1 从傅立叶分析到小波分析.....	(98)
7.2 小波变换	(101)
7.3 多尺度分析	(107)
7.4 小波的快速变换算法	(110)
7.5 二维图像信号的小波变换	(111)
7.6 小波在图像压缩中的应用	(113)
习题	(121)

第二部分 基本图像处理篇

第八章 图像增强.....	(124)
8.1 灰度修正	(124)
8.2 灰度变换	(125)
8.3 直方图变换	(126)
8.4 使用查表法对图像进行灰度变换	(128)
8.5 图像同态滤波	(128)
8.6 图像伪彩色增强	(129)
8.7 图像频域增强	(131)
8.8 中值滤波增强技术	(133)
8.9 图像锐化	(135)
习题	(136)
第九章 彩色及多光谱图像处理.....	(138)
9.1 彩色视觉生理基础和彩色成像设备	(138)
9.2 彩色图像的常用彩色空间模型	(140)
9.3 彩色图像处理	(149)
习题	(156)

第十章 图像复原.....	(158)
10.1 引言.....	(158)
10.2 图像的退化模型.....	(158)
10.3 线性移不变模糊的图像复原.....	(159)
10.4 线性移变模糊的图像复原.....	(163)
10.5 超分辨率.....	(168)
习题	(172)

第三部分 图像数据压缩篇

第十一章 图像数据压缩基础.....	(174)
11.1 数据压缩与信息论基础.....	(174)
11.2 离散信源的无失真编码.....	(181)
11.3 率失真理论.....	(190)
11.4 图像压缩的途径.....	(194)
11.5 图像数据压缩系统概述.....	(196)
习题	(204)
第十二章 图像压缩标准.....	(206)
12.1 二值图像编码标准.....	(206)
12.2 彩色静止图像编码标准.....	(207)
12.3 视频编码标准.....	(211)
习题	(231)

第四部分 视频图像目标分割、识别与跟踪篇

第十三章 视频图像目标分割与边缘提取.....	(233)
13.1 视频图像目标分割.....	(233)
13.2 图像阈值分割技术.....	(234)
13.3 基于图像边缘提取的图像分割.....	(236)
13.4 基于区域增长的图像分割.....	(237)
13.5 基于数学形态学的图像分割.....	(237)
13.6 基于曲面拟合的边界检测方法.....	(240)
13.7 区域几何参数快速提取技术.....	(242)
13.8 高速运动目标分割与提取.....	(244)
习题	(248)

第十四章 图像识别	(250)
14.1 图像识别概念与模型	(250)
14.2 图像常用识别特征描述	(251)
14.3 图像识别分类器设计	(257)
14.4 图像识别的具体应用	(261)
习题	(262)
第十五章 视频图像目标跟踪	(264)
15.1 视频图像目标跟踪系统	(264)
15.2 图像目标跟踪系统软件功能模块设计	(269)
15.3 图像目标跟踪系统的状态方程	(273)
习题	(275)
主要参考文献	(277)

第一部分 基础篇

- ◆ 可视信息媒体处理系统概论
- ◆ 连续多维信号与系统
- ◆ 多维随机信号与系统
- ◆ 图像信号数字化及其描述
- ◆ 图像基本运算
- ◆ 离散图像变换
- ◆ 小波变换

第一章 可视信息媒体处理系统概论

人眼接受的可视信息约占人类感知信息的 70% 以上,通常人眼接收的客观世界称为景象,而客观世界的存在形式表现为多种可视信息媒体,包括视频或活动图像、静止图像或图片、文本、文件、传真、动画等等。由于科技发展,多种科技手段应用到人的社会性活动中,人的感知范围的深度和广度不断扩展,可视化范围扩展到先前人类不能感知的多个领域,如,红外成像、激光成像、电子成像、超声成像、微波成像等等。

由于图像与人类活动密切相关,因而对图像处理提出了越来越高的要求。20 世纪 20 年代,为了改善伦敦到纽约海底电缆的传输质量,图像处理技术首次应用到图像的远距离传输上。但是,数字图像处理技术的高速发展及广泛应用只有在现代计算机技术、数字信号处理与通信技术的支持下才有可能。在数字图像处理技术的发展过程中,孕育和发展了数字图像的压缩、识别和跟踪技术。目前,数字图像或数字视频作为现代信息技术的重要技术,已经应用到各个领域,如通信、航天航空、遥感遥测、生物医学、军事、安全等方面。

1.1 可视信息媒体形式与模型

图像按其灰度等级不同,可分为二值图像和多灰度级黑白图像;按图像的色调划分,可分为黑白图像和彩色图像;按图像内容的变化性质划分,可分为活动图像和静止图像;按图像所占空间维数划分,可分为二维图像、三维图像和多维图像。

图像表现为光的强度 I ,它随空间坐标 (x, y, z) 、波长和时间 t 而变。图像函数可表示为

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

若只考虑其能量分布,可视图像函数可表示为

$$I = f_s(x, y, z, t) = \int_0^{\infty} f(x, y, z, \lambda, t) V_s(\lambda) d\lambda \quad (1.2)$$

式中, $V_s(\lambda)$ 表示相对视敏函数。

对于彩色图像,根据三基色原理。上式可分解为

$$I = [f_r(x, y, z, t), f_g(x, y, z, t), f_b(x, y, z, t)] \quad (1.3)$$

$$\left. \begin{aligned} f_r(x, y, z, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, z, \lambda, t) R_s(\lambda) d\lambda \\ f_g(x, y, z, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, z, \lambda, t) G_s(\lambda) d\lambda \\ f_b(x, y, z, t) &= \int_0^{\infty} f(x, y, z, \lambda, t) B_s(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \quad (1.4)$$

式(1.4)中,分别采用了红、绿、蓝三基色的视敏函数。考虑静止平面图像,式(1.1)可简化为

$$I = f(x, y) \quad (1.5)$$

动画或视频序列是时域离散的单帧图像序列 $f(x, y, t_n), n = 0, 1, 2, \dots$ 连续播放人眼的观察效果。若以 $V[\cdot]$ 表示视觉效应,则有

$$I = V[f(x, y, t_n)] \quad (1.6)$$

1.2 可视信息媒体典型处理系统模型

可视信息媒体典型处理系统包括数字化输入设备、成像显示记录设备、数字图像处理内核、交互控制单元,其结构原理如图 1-1 所示。

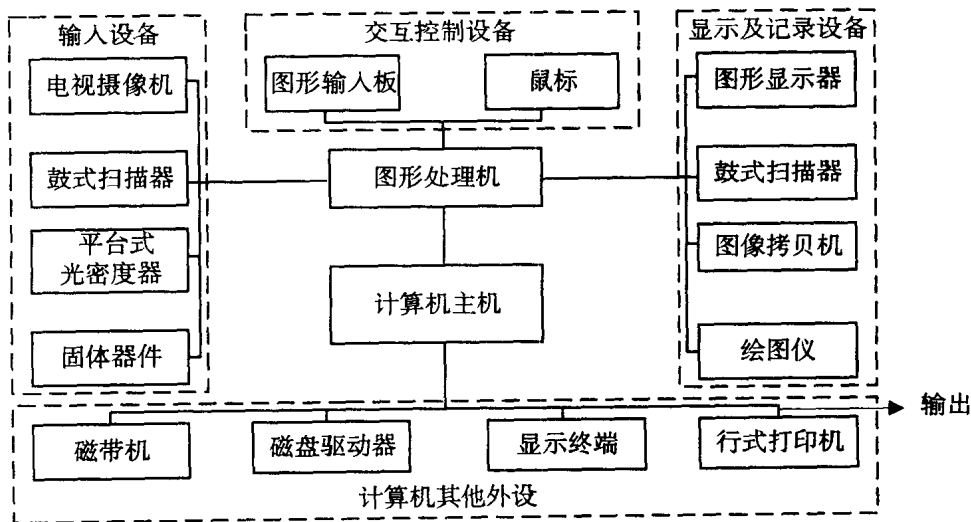


图 1-1 可视信息媒体典型处理系统的结构原理

数字化输入设备一般采用包括各种光敏摄像机、扫描仪和视频信号采样量化设备。通过光电转换,将图像的光强信息转换为模拟电信号,通过数字化设备,对模拟信号实施数模变换,将模拟信号转换为计算机可以接受的数字图像。

可视信息成像单元包括各种图像输入设备,它的作用是完成场景的光电转换,即将场景的光信息转换为电信号。典型设备包括各种阵列摄像机、扫描仪等。它们在输入信息方式、速度、分辨率上各有特点,可根据需要选择。模拟电信号再送到数字化设备,即模数转换,实现信号的采样量化,变为数字图像。图像处理可以完成各种图像矩阵的数学运算或特征提取、压缩等,另外还包括对视频图像序列的识别跟踪。经过处理的数字图像可以合成复合视频信号显示到监视器上,或通过多种记录设备,如硬盘、磁带机、打印机进行保存或拷贝。

交互控制单元是智能可视媒体处理系统的人机接口,实现对图像处理分析的人工介入,体现了可视媒体携带智能信息的特性。

数字图像处理内核是通过计算机对数字图像矩阵进行多种数学运算,以取得较优的面

向应用的处理结果。典型处理包括：

(1)灰度变换,增强有用信息,抑制无用信息,使图像的质量提高,以便于人眼观察、理解或计算机对其作进一步处理。

(2)提取某些特征参数或特殊信息,如图像边缘信息、纹理信息、频域信息、目标信息(形状、运动和颜色)等。主要用于图像分割、识别、跟踪。

(3)压缩及其他处理,以便于图像的存储与传输。

由于图像识别处理系统的对象一般是视频序列,下面分别对模拟视频和数字视频进行详细研究。

1.3 模拟视频

1.3.1 模拟视频信号

空间图像信号经过扫描,可变成时域一维信号,通常有逐行扫描或隔行扫描,如图 1-2 所示。

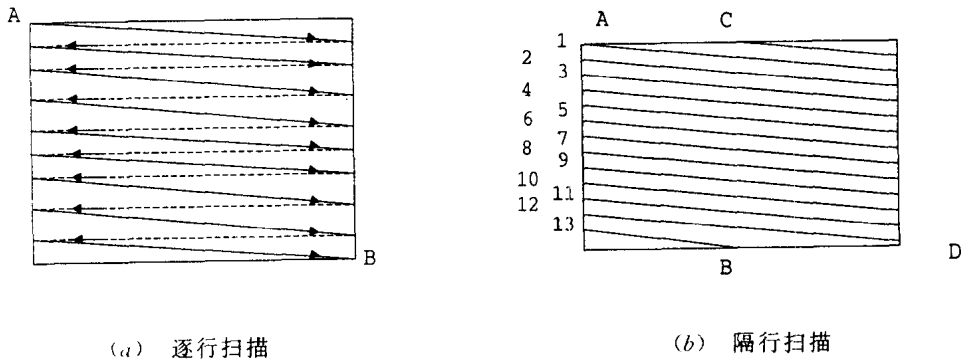


图 1-2 行场扫描

经行场扫描生成一维的连续时间行场信号。它包括图像信号、行同步信号、行消隐信号、场同步信号、场消隐信号、槽脉冲和前后均衡脉冲,其时序波形如图 1-3 所示。

在图 1-3 中,横坐标表示时间,纵坐标表示信号电平,12.5% 以下为白电平,12.5%~75% 之间为灰电平,75% 以上为黑电平。

消隐信号控制回扫,保证回扫轨迹不可见,采用 75% 黑电平;同步脉冲控制扫描过程的同步,采用 100% 黑电平。在 PAL 制视频信号中,由于场同步脉冲占用 2.5 个脉冲,如果不采取措施,会在此期间丢失三个行同步脉冲,使行同步信号中断,造成场扫描开始部分的行同步紊乱,引起图像上部扭曲。为了避免上述情况的发生,在场同步信号上开四个小槽,称为槽脉冲。槽脉冲宽度和行同步脉冲宽度一样,它的后沿与行同步脉冲前沿相位一致,保证了行同步的连续性。

视频信号的几个重要参数为垂直清晰度、宽高比及帧/场率。垂直清晰度和每帧的扫描

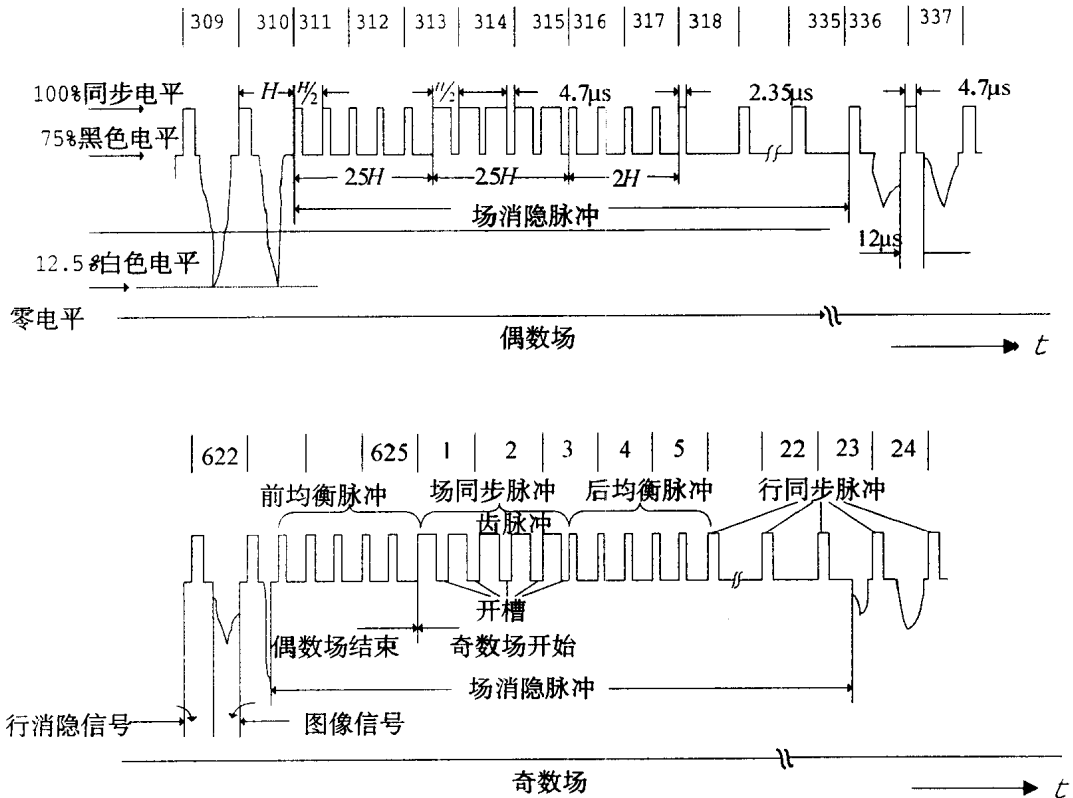


图 1-3 视频信号

行数有关,宽高比是一帧的宽度和高度之比。心理视觉研究表明,如果显示的刷新率大于 50 次/秒,那么人眼就不会感觉到闪烁。电视系统中要获得高的帧率,就必须增加传输带宽。采用隔行扫描,可以在几乎相同的视觉感受下节省一半带宽。

由于视频信号实际上是行周期和场周期的双周期信号,所以可以近似地按傅立叶级数表示成

$$E(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_{mn} \exp[j(m\omega_h + n\omega_v)] \quad (1.7)$$

式中, C_{mn} 是二维傅立叶级数系数; $\omega_h = 2\pi f_h$, $\omega_v = 2\pi f_v$; f_h 、 f_v 分别表示行场同步频率。

于是,视频信号的频谱位于如下位置:

$$f = mf_h \pm nf_v \quad (1.8)$$

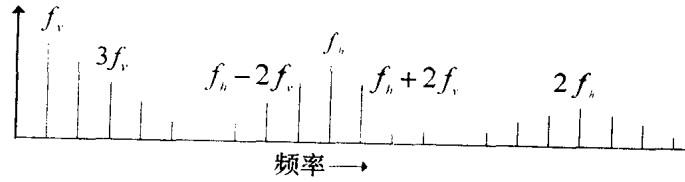
其频谱可参阅图 1-4(a)、1-4(b) 逐行扫描信号和隔行扫描信号的频谱。

视频信号频谱是和图像的空间分布细节成正比的。对于黑白图像,空间细节最丰富的图像是如图 1-5 所示的栅格图像。当栅格图像的黑白方格达到最小分辨率时,则获得最大带宽。

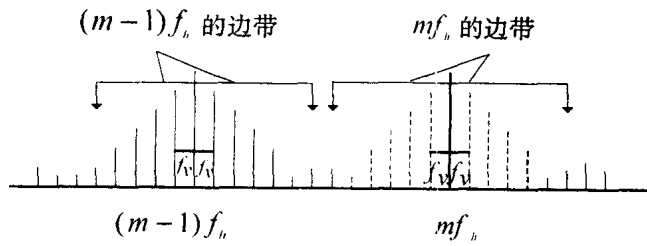
设垂直空间频率选为有效扫描线乘以 Kell 系数 K ,扫描线数为 n ,最高垂直和水平空间频率分别为 f_{mv} 、 f_{mh} ,则

$$f_{mv} = \frac{1}{2} \cdot K \cdot n \quad (1.9)$$

$$f_{mh} = f_{mv} \frac{w}{h} \quad (1.10)$$



(a) 逐行扫描时图像信号的频谱



(b) 隔行扫描时图像信号的频谱

图 1-4 视频信号频谱

式(1.10)中, $\frac{w}{h}$ 为画面的宽高比。

可得

$$\begin{aligned} f_{\max} &= n \cdot f_p \cdot f_{mh} \\ &= \frac{1}{2} K n^2 f_p \cdot \left(\frac{w}{h}\right) \end{aligned} \quad (1.11)$$

当 $n=525$ 线, $\frac{w}{h} = \frac{4}{3}$, $f_p = 30\text{Hz}$, $K=0.7$ 时,
 $f_{\max} \approx 4.3\text{MHz}$ 。

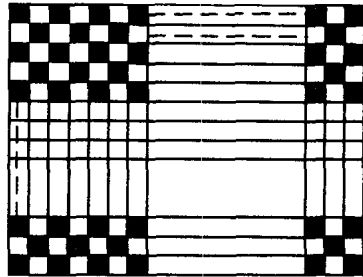


图 1-5 栅格图像

1.3.2 彩色视频信号

彩色视频信号可以分解为三个基色信号,

即红、绿、蓝(R、G、B)三色,但在传输时考虑到频带压缩,为了与黑白电视兼容,以及减少干扰对接收图像的影响等,往往把摄像三基色信号变换为传输三基色信号。

设彩色信号为 F , 传输三基色信号为 W, R_0, B_0 , 则

$$F = (R, G, B) = (W, R_0, B_0) \quad (1.12)$$

对传输三基色信号的要求是:

1. 为保证与黑白电视兼容,三个信号中应有一个代表亮度信号(Y),令 $W=Y$,当用显像基色的色系数表示国际照明委员会标准色系数时,可得亮度方程为

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B = W \quad (1.13)$$

2. 既然 Y 信号表示全部亮度信息, 则 R_0 和 B_0 中就不应带有亮度信息, 只带色度信息。由于人眼对色度干扰的敏感性较差, 对亮度干扰较敏感, 于是 R_0 、 B_0 可用较窄的频带传送。

3. 在 $R=G=B$ 时传送中性色(即黑、白、灰), 不传送色度信息, 此时应使 R_0 、 B_0 为零, 以减少干扰。

4. 规定 R_0 的变化对蓝基色无影响, B_0 对红基色无影响, 以减少干扰。

5. 传输基色与 R 、 G 、 B 之间的转换应力求简便。

由以上条件得出两者之间的转换关系为

$$\left. \begin{aligned} Y &= 0.30R + 0.59G + 0.11B \\ B_0 &= B - Y \\ R_0 &= R - Y \end{aligned} \right\} \quad (1.14)$$

式中, R_0 、 B_0 为色差信号, 于是摄像和彩色视频基带信号之间的变换式为

$$\begin{bmatrix} Y \\ B_0 \\ R_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ -0.30 & -0.59 & 0.89 \\ 0.70 & -0.59 & -0.11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1.15)$$

实际应用时, 为使彩色视频信号动态范围不超过黑白视频信号动态范围太多, 以免造成由于调制系数过大引起的色畸变和影响同步的稳定, 应对色信号进行压缩, 取

$$\begin{aligned} U &= B_0/2.03 \\ V &= R_0/1.14 \end{aligned} \quad (1.16)$$

式(1.15)变为

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ -0.148 & -0.29 & 0.438 \\ 0.614 & -0.517 & -0.097 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1.17)$$

1.3.3 模拟视频标准

一、NTSC 制

NTSC 复合视频标准主要用于北美和日本。NTSC 信号是一种 2:1 隔行扫描的视频信号, 每场 262.5 行(每帧 525 行), 每秒 60 场, 宽高比为 4:3。因而, 水平扫描频率 $f_h = 525 \times 30 = 15.7\text{kHz}$, 因此, 每行扫描时间 $1/15750 = 63.5\mu\text{s}$ 。

NTSC 制中, 为了进一步压缩色差信号的频带, 传送 I 和 Q 信号。其中 Q 和 I 信号的轴在正交平衡调幅后相当于 33° 和 123° , 它们互成 90° 。任一色信号下可用 U 和 V 色差信号表示(它们分别对应于 0° 和 90°), 也可用 Q 和 I 色差信号表示。式(1.17)经过简单的几何换算, 变换为

$$\begin{bmatrix} E_Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.59 & 0.11 \\ 0.60 & -0.28 & -0.32 \\ -0.21 & -0.52 & 0.31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_R \\ E_G \\ E_B \end{bmatrix} \quad (1.18)$$

NTSC 的视频信号可近似表示为

$$E_M = E_Y + \frac{E_{B-Y}}{2.03} \sin \omega_{sc} t + \frac{E_{R-Y}}{1.14} \cos \omega_{sc} t$$

$$= E_Y + E_c \sin[\omega_{sc} t + \phi(t)] \quad (1.19)$$

式中, $E_c = \sqrt{(\frac{E_{B-Y}}{2.03})^2 + (\frac{E_{R-Y}}{1.14})^2}$; $\phi(t) = \tan^{-1} \frac{2.03}{1.14} \cdot \frac{E_{R-Y}}{E_{B-Y}}$; $\omega_{sc} = 2\pi f_{sc}$, 其中, f_{sc} 表示色副载波频率。

NTSC 视频信号的行消隐时间为 $10\mu s$, 行正程时间为 $53.5\mu s$ 。水平同步脉冲位于水平消隐脉冲的顶端, 持续时间为 $5\mu s$ 。帧正程扫描占 485 行, 可得垂直分辨率, 即帧正程有效扫描行数, 定义为

$$R_v = KL_v = 0.7 \times 485 = 339.5 \text{ 行/帧} \quad (1.20)$$

式中, K 表示 Kell 因子, 通常 $K = 0.7$; L_v 表示帧正程扫描行数。

利用宽高比, 可得水平分辨率为

$$R_h = 339.5 \times \frac{4}{3} = 452 \text{ 像素/行} \quad (1.21)$$

因而, 可计算得出亮度信号的基带带宽为

$$B = \frac{452}{2 \times 53.5 \times 10^{-6}} = 4.2 \text{ MHz} \quad (1.22)$$

亮度信号采用残留单边带调制, 视频频谱延伸到图像载波下, 如图 1-6 所示。

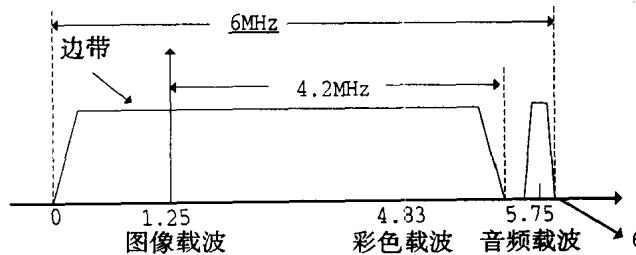


图 1-6 亮度信号残留单边带调制频谱

理论上, 色度信号 I 和 Q 具有相同带宽。但研究表明, 人眼无法观察到高频段的小范围色度变化, 因而图像质量的变化不会造成主观失真。主观测试表明, 人眼对 I 轴上的彩色(橙、青)具有最大的彩色分辨率, 而对 Q 轴上的彩色(紫、黄、绿色)的辨色能力最差。当各色物像的尺寸逐渐减小时, Q 轴上的彩色最先消失, 因此, 传送 Q 轴上的彩色可用较窄的频带(500kHz), 而传送 I 轴的彩色要用较宽的频带(1.5MHz)。

色副载波频率选用 3.58MHz , 是行频 f_h 的 $\frac{2n+1}{2}$ 倍, 其中 $n = 455$ 。避免了色度频谱和亮度频谱的重叠。

由于 NTSC 制式的亮度和色度分量基本上互不重合, 互不干涉, 所以频带比较经济, 但是色副载波 f_{sc} 受到色差信号的相位调制和振幅调制, 在传输系统非线性的情况下, 会导致接收图像的色调和饱和度失真。

二、PAL 制

PAL 制于 20 世纪 60 年代推出, 这种制式与 NTSC 制类似, 以色副载波对两个差信号