

JISUANJI DUOMEITI JISHU YU XITONG

计算机多媒体 技术与系统

徐光佑等 编著



中国铁道出版社

计算机多媒体技术与系统

徐光祐等 编著

中国铁道出版社

1994年·北京

(京) 新登字 063 号

内 容 简 介

本书介绍多媒体技术和多媒体信息系统的基础知识。它概括地介绍这一领域的发展概况,其中的关键技术和典型的应用系统。全书共5章。第1章介绍多媒体技术的基础知识,其中包括模拟和数字电视原理、数字音响原理和光存储系统。第2章是交互式数字多媒体技术与系统,其中包括有代表性的数字电视交互(DVI)系统和CD-I数字多媒体系统,以及数据压缩技术。第3章是多媒体信息与系统,介绍用面向对象的方法建立多媒体数据模型和分布式多媒体信息的时间-空间组合。第4章介绍多媒体技术的应用,其中包括数字报纸系统、多媒体电子邮件和计算机辅助教学等。第5章介绍数据压缩技术与标准,其中包括多媒体系统的数据压缩技术,以及JPEG、MPEG和p×64压缩及编码标准等。

本书可供从事计算机、电视和通信技术的技术人员,以及高等院校有关专业师生学习使用。

计算机多媒体技术与系统

徐光祐等 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

责任编辑 郭宇 封面设计 翟达

各地新华书店经售

北京燕山联营印刷厂印

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 13.25 字数: 320千

1994年2月 第1版 第1次印刷

印数: 1—2500册

ISBN7-113-01545-X/TP·153 定价: 10.30元

前 言

人类接受的信息中约有 80% 来自视觉。周围景物在眼睛视网膜上的映像是人类最有效和最重要的信息获取形式。“听”和“说”是人类最方便的信息交流方式。然而,目前的计算机则主要是通过键盘和显示器以字符形式与使用者交流信息。这种单调、呆板的方式与计算机作为信息交流媒体的任务产生尖锐的矛盾。最完善地解决人与计算机之间信息交流问题的方法是使计算机具有人类的视觉、听觉和说话能力,也就是使计算机具有人类的智能水平。这是智能计算机的研究目标。在此长远目标实现以前,如何解决适合于人类习惯的人-机信息交流方式呢?这个问题的答案就是多媒体技术。

在现代社会中,电视已成为人们日常生活中一个组成部分。它以具有真实感的画面、悦耳的音乐和生动的解说,成为最有影响力的信息传播媒介。人们对电视是“喜闻乐见”的,但它的缺点是观众只能被动地收看,也就是说,人们无法同电视节目进行交流,缺乏交互性,而这种具有交互性的能力正是计算机的优点。如果把电视技术所具有的声图并茂的信息传播能力与计算机的交互性相结合,取长补短将会产生全新的信息交流方式。这就是多媒体技术的目的。

多媒体技术使计算机具有综合处理和管理声音、文本、图形和图像的能力,它将赋予计算机以新的含意,同时也将赋予电视(声像)技术以新的含意。所以有理由认为多媒体化将是微计算机技术和电视(声像)技术的一场革命,它将开创一个新的时代。那时,计算机将不再是办公室和实验室中的专用品,它将进入家庭、商业、旅游、娱乐,教育以至艺术等几乎所有生活和生产领域。分布式多媒体技术又进一步使通信的分布性和多媒体的综合性与交互性相结合,不但使这两个领域本身产生深刻的变化,而且使一些传统上是相对独立的产业,如通信、计算机、电视(声像)等之间的界限正在逐渐消失,从而产生一些全新的信息产业,给人类社会的生产和生活带来巨大的福利。其中包括:多媒体电子邮件,数字电子报纸,多媒体会议系统,以及计算机支持的协同工作(Computer Supported Collaborative Work)等。

多媒体技术需要处理声音和图像信息,不但处理的数据量大,而且要求具有实时性。实时图像和声音处理需要有高速处理器,宽带数据传输装置,以及大容量内存和外存等硬件环境支持,这就与目前微计算机所能提供的硬件环境产生了相当大的矛盾。解决这个矛盾的根本办法是利用数据压缩编码和解码技术,同时采用大容量的光盘。对信息交换来说采用国际标准至关重要,为此国际标准化组织(ISO)和国际电报电话咨询委员会(CCITT)制订了 JPEG、MPEG 和 H. 261 数据压缩编码与解码标准,它们分别适用于静止图像,运动图像与有关声音,以及在 $p \times 64\text{kbit/s}$ 综合数字服务网(ISDN)上提供声像服务的视频信号。

多媒体技术使人-机接口从利用字符和图形扩大到声音、图像、视频图像以及动画等多种媒体,从而对信息的采集、存储、检索和管理等各方面提出了全新的要求。因此,多媒体信息管理系统结构、软件支撑环境、检索和存储是发展多媒体信息管理系统中的重要问题。

本书是关于多媒体技术和多媒体信息系统基础知识的书籍,它概括地介绍了这一领域的发展概况,其中的关键技术及一些典型的应用系统,可以使读者对多媒体技术有一个全面的

了解。为了方便对多媒体信息处理不太熟悉的读者,本书第1章首先介绍多媒体技术的基础知识,其中包括模拟和数字电视原理、数字音响原理和光存储系统。第2章是交互式数字多媒体技术与系统。除了对这一领域的概况和发展趋势的一般介绍外,着重介绍了具有代表性的交互式数字多媒体系统,它们是 Intel/IBM 的数字电视交互 (Digital Video Interactive, DVI) 系统和 Philip /Song 的 CD-I 交互式多媒体系统。在这一章中还介绍了数字压缩技术,这是数字多媒体系统中的关键技术。第3章是多媒体信息与系统,它介绍用面向对象的方法来建立多媒体数据模型,以及分布式多媒体目标的空间-时间组合 (Spatial-Temporal Composition)。第4章介绍多媒体技术的应用,列举了一些典型的应用实例,如数字报纸系统、多媒体电子邮件和计算机辅助教学等。第5章介绍数据压缩技术与标准。

本书由清华大学计算机系多媒体技术与系统实验室编写,具体分工为:徐光祐 (2.1, 3.1, 4.1), 李芬 (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5), 蔡莲红 (2.3), 林福宗 (2.4, 4.2, 4.3, 4.4), 宋远越 (2.2, 3.3), 郭宇 (3.2), 李树青 (5.1), 李树青、周红 (5.2, 5.3, 5.4)。全书由徐光祐校阅。多媒体技术是一门综合性技术,它几乎涉及计算机科学的所有领域,同时又是一门迅速发展新兴技术,由于作者能力和知识范围的限制,本书的缺点和错误在所难免,如蒙指正不胜感谢。

作 者

1992年11月

目 录

1 多媒体技术的基础知识

1.1 概述	1
1.2 模拟电视原理	1
1.2.1 光栅扫描原理	2
1.2.2 宽 高 比	2
1.2.3 同步	3
1.2.4 水平分解力	3
1.2.5 垂直分解力	3
1.2.6 运动图像的帧频	4
1.2.7 电视摄像机传感器	4
1.2.8 彩色原理	4
1.2.9 彩色电视	5
1.2.10 彩色电视系统——复合信号	6
1.2.11 彩色电视制式——NTSC	8
1.2.12 彩色电视制式——PAL 和 SECAM	8
1.2.13 电视特性测量	9
1.2.14 分解力的测试	9
1.2.15 灰度灵敏度的测量	10
1.2.16 噪声测量	11
1.2.17 彩色性能的测量	12
1.2.18 模拟电视的畸变	12
1.2.19 噪声	13
1.2.20 射频干扰	13
1.2.21 高频衰减	13
1.2.22 拖影	13
1.2.23 斑纹	14
1.2.24 彩色边纹	14
1.2.25 彩色平衡误差	14
1.2.26 色调误差	15
1.2.27 彩色饱和度误差	15
1.2.28 识别标记波动	15
1.2.29 晃动	15
1.2.30 电视设备	15
1.2.31 彩色电视摄像机	16
1.2.32 视频记录设备	17
1.2.33 电视监视设备	18

1.3 数字电视原理	19
1.3.1 采样与量化	19
1.3.2 采样的限制	20
1.3.3 量化的限制	21
1.3.4 视频 A/D 转换	22
1.3.5 像素	22
1.3.6 像素块化	22
1.3.7 除去消隐间隔	24
1.3.8 位图	24
1.3.9 位图间距	24
1.3.10 每个像素的位数	24
1.3.11 假轮廓线	25
1.3.12 每个像素的彩色值	26
1.3.13 彩色映射	27
1.3.14 D/A 转换	28
1.3.15 数字电视的人工效应	28
1.4 数字声音原理	29
1.4.1 音频压缩	30
1.4.2 合成的数字声音和音乐工业	31
1.5 光存储系统	32
1.5.1 CD-ROM	34
1.5.2 CD-ROM 标准	35
1.5.3 CD-I	36
1.5.4 可写光媒体	38
1.5.5 可擦除、可重写的介质	39

2 交互式数字多媒体技术与系统

2.1 多媒体技术的概况和发展趋势	40
2.1.1 多媒体技术是计算机发展的必然趋势	40
2.1.2 多媒体技术对计算机体系结构的影响	41
2.1.3 多媒体技术的发展趋势	42
2.2 交互式数字多媒体系统的新进展	43
2.2.1 交互式视频光盘	44
2.2.2 数字存储介质	44
2.2.3 增加音频和视频功能	45
2.2.4 压缩方法	48
2.2.5 标准	50
2.2.6 系统	53
2.2.7 展望	55
2.3 DVI 技术简介	57
2.3.1 什么是 DVI 技术?	57
2.3.2 DVI 技术硬件结构	60

2.3.3	DVI 技术软件	70
2.3.4	音频/视频内核	77
2.4	CD-I 交互式多媒体系统	81
2.4.1	CD-I 源于光盘	81
2.4.2	CD-I 光盘的数据格式	83
2.4.3	CD-I 系统	86
2.4.4	发展中的 CD-I	90
3	多媒体信息与系统	
3.1	分布式多媒体信息处理	92
3.1.1	分布式多媒体系统的技术要求	92
3.1.2	分布式多媒体系统的概述方法	95
3.1.3	信息模型	95
3.1.4	计算模型	97
3.1.5	标准化工作	101
3.2	用面向对象的方法建立多媒体数据模型	102
3.2.1	引言	102
3.2.2	多媒体数据模型的技术要求	103
3.2.3	多媒体数据库系统的概念结构	107
3.2.4	概念模型化	108
3.2.5	利用元类确定数据模型	113
3.2.6	结束语	121
3.3	增值网络上的分布式多媒体对象的时空合成	121
3.3.1	数据库和分布式对象	122
3.3.2	空间合成	124
3.3.3	时间合成	126
3.3.4	时空合成	128
4	多媒体系统的应用	
4.1	多媒体技术的应用	131
4.1.1	多媒体系统的分类	131
4.1.2	多媒体系统在各行业中的应用	132
4.1.3	分布式多媒体系统的应用	134
4.2	EDUCOM 会议上的数字新闻系统	137
4.2.1	新闻制作	138
4.2.2	新闻发布	139
4.2.3	交互式收看新闻	139
4.2.4	结论	140
4.3	多媒体电子邮件	141
4.3.1	交换格式	141
4.3.2	多媒体邮件的其他问题	142
4.3.3	结论	143

4.4 多媒体辅助学习	143
4.4.1 设计创造工具	144
4.4.2 多媒体著作软件	145
4.4.3 学习中参与设计	147
4.4.4 用多媒体工具创作	149
4.4.5 主要难题	149
4.4.6 结论	150

5 数据压缩技术与标准

5.1 多媒体系统的数据压缩技术	151
5.1.1 视频信号编码	153
5.1.2 变换编码	156
5.1.3 混合编码	163
5.1.4 其他编码方法	164
5.2 JPEG 静止图像压缩标准	174
5.2.1 背景	175
5.2.2 DCT 编码的处理步骤	176
5.2.3 预测无失真编码的处理步骤	179
5.2.4 多分量图像	180
5.2.5 基本的和其他 DCT 顺序编解码器	182
5.2.6 DCT 累进方式	184
5.2.7 分层操作方式	185
5.2.8 JPEG 建议的其他方面	186
5.2.9 标准化进度	186
5.2.10 结束语	186
5.3 MPEG 多媒体视频压缩标准	187
5.3.1 预招标调查	188
5.3.2 MPEG 标准的制订工作	188
5.3.3 MPEG 视频需求	190
5.3.4 MPEG 压缩算法概述	192
5.3.5 标准和质量	198
5.3.6 结束语	199
5.4 p×64kbit 视频编码标准概述	199
5.4.1 视频格式	200
5.4.2 视频编码算法	201
5.4.3 视频数据结构	202
5.4.4 图像质量比较	202
5.4.5 结束语	203

1 多媒体技术的基础知识

1.1 概 述

电视，大家都非常熟悉。我们现在家中使用的电视，都属于模拟电视。所谓模拟，是指它的电视信号在时间上和幅值上都是连续的。既然模拟电视已经这样普及的使用，为什么还要发展数字电视呢？这是由于模拟电视有许多不足之处，模拟信号容易产生噪声，受到各种干扰，发生信号畸变，而且模拟信号的畸变在信号处理的过程中是累加的。为了得到高质量的视频信号，对电视制作设备的要求非常高，这就增加了这些设备的制造难度和造价。因此，使用模拟信号从来就不是十全十美的，它有很多不尽人意的地方。需求是发明的动力，针对模拟信号的缺点，人们采用了数字化的方法来实现视频信号的处理。

数字化的方法并不是现在才提出来的，但随着半导体和计算机技术的发展，用数字化的方法处理视频信号和声音信号已经成为可能。用数字表示视频和声音，一旦这些信号被数字化以后，无论对它进行多少次的加工和处理，它的值都不会改变，这就克服了模拟信号模棱两可的缺点。另外，数字信号和模拟信号相比，还有便于管理、控制与存储的优点。同时还能对视频和声音信号使用信号压缩技术。以便解决大量信息的存储与传输的困难。当然，在对视频信号和声音信号进行离散量化时，是会有一定的误差的。但只要使用足够的采样速率和量化级数，这个误差是察觉不出的，使用数字化信号和模拟信号相比，要求系统有更高的带宽。一般数字语音信号系统比模拟语音信号系统的带宽要高 30 倍以上，需要几兆的响应频率。视频数字信号系统则要有几百兆的带宽。

数字化的器件实现起来非常简单，只有开关两种状态，工作起来性能稳定，抗外界环境干扰的能力很强，而且特别适宜制成大规模集成电路，无需调试，适合大批量生产。

数字电视是由模拟电视逐渐演变而成的，它们有很多相似的地方，尽管它们使用和传播的图像信息的形式不同，但为了便于控制，都使用了行、帧和像素等概念，在数字电视系统中仍然部分地使用了模拟电视系统的设备，如摄像机等。

数字电视的出现也为多媒体技术的发展创造了有利的条件。现在，对多媒体有很多不同的说法，我们所说的多媒体技术，指的是使用计算机管理的，全数字化的声音、文字、图形、图像以及视频图像系统。目前，已经出现了一些全数字化的电视，录像机和计算机一体化系统，为了大家更好的了解多媒体，本章对模拟电视原理，数字电视和数字声音做了简单介绍，同时也介绍了比较新的存储介质——大容量光盘存储器。

1.2 模拟电视原理

为了讨论数字电视，我们首先需要搞清楚目前在电视工业中存在的模拟电视的原理。在

多数情况下我们将使用标准的电视设备和系统，再进一步把原设备的视频信号转换成数字视频信号。因此，要评价整个的电视系统，对模拟电视的专用术语，规格，性能和局限性有一个深入的了解是必要的。这一节联系数字格式下电视的使用，将阐明模拟电视原理。这里提供一个简单化的模拟电视装置模型，这似乎使读者看见一个常见的已经熟悉的电视，对于一个没有多少电视基础知识的读者，读了这部分内容以后将会有很大的帮助。

在自然界中许多模拟的事物我们已经能产生。基于亮度和声压值的实际的图像和声音在时空领域里是连续的函数。恰当地使用传感器（也叫变换器）可将图像或声音转换为电信号。转换图像或声音的传感器是典型的模拟设备，给出模拟输出。许多的电视和声音的记录都使用了这些装置，视频摄像机和麦克风（传感器）几乎是每个人都熟知的设备，它们的用途是不讲自明的。然而，这里我们将集中介绍它们的工作原理。

1.2.1 光栅扫描原理

电视摄像机的用途就是把图像转换成为电信号。在任何一瞬间电信号只有一个值——它是一维的。但一个图是二维的，在一个图的各个不同的位置有许多不同的值。二维图像变成一维电信号的转换是通过光栅有序形式的扫描完成的。所谓扫描，就是我们在图象上快速地移动一个读出点，它移动的范围足以能采集整幅图像。由于读出点的移动，作为表示读出点下面的图像的亮度和颜色的电信号输出就改变。这个在某一时刻从传感器发送出的变化的电信号系列就叫做视频信号（Video signal）。

图 1.1 表示的是用光栅方法扫描一个静态单色图像（后面我们将谈及彩色图像）。从图像的左上角开始扫描，水平前进直到图像的右端，成为一个扫描行（Scanning line）。与此同时，扫描点以非常低的速度向下移动。当到达图像的右端时，扫描点急速地返回到图像的左边。由于扫描点低速的垂直运动，它现在在第一行的开始点下方一点儿。然后重新在下一行开始扫描，急速返回，继续直到整个图像被垂直的一系列行所扫描。在每一行的扫描期间，表示在每一个扫描点位置上的图像亮度的电

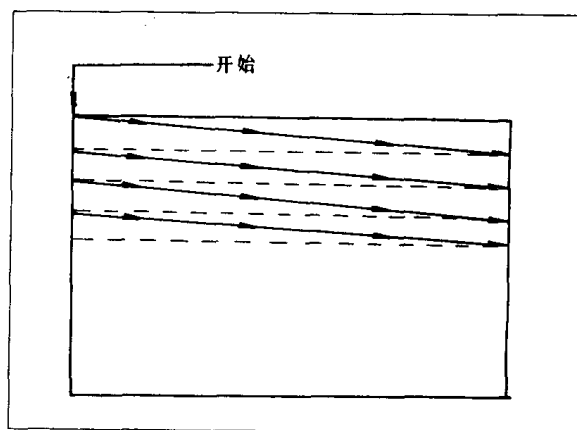


图 1.1 图像的光栅扫描

信号从扫描传感器上输出来。在急速返回期间（水平消隐范围），通常是关闭传感器，给出一个 0 电平输出（或消隐电平）。这个被水平消隐信号分隔开的由整个图像有序的行信号构成的集合就叫做帧（frame）。

1.2.2 宽 高 比

扫描的一个重要参数是宽高比。这是一个在水平方向上的扫描行的长度与在图像垂直方向上所有扫描行跨过的距离的比。宽高比通常也作为一帧的宽度与高度的比。在电视中，宽高比的标准是 4 : 3。在其他图像系统里，例如电影，使用不同的宽高比，而在某些系统中宽高比可达到 2 : 1。

1.2.3 同步

扫描形成的电信号被用来调制阴极射线管 (CRT) 射线的亮度。阴极射线管射线的扫描方法正好和扫描传感器相同。这样, 原来的图像将被重视。其实, 为了能在电视机或监视器里准确地重现原来的图像, 发送给它们的电信号中还必须包括一些信息以确保监视器扫描和传感器扫描同步。这个信息就叫做同步信息 (Sync information)。它包括复合同步脉冲和复合消隐脉冲等信息。

1.2.4 水平分解力

扫描点水平移动, 从传感器上输出的电信号不断地变化, 以响应扫描点所在位置图像亮度的改变。电视摄像管扫描特性的测量方法之一是水平分解力。它随扫描敏感点的大小而定。小的敏感点将给出一个高的分解率。图 1.2 表示在图像里使用不同的扫描传感器扫描一个陡的垂直边缘的结果。当扫描传感器在黑色区域时电信号输出是零, 传感器局部移入白色区域时输出开始上升, 当传感器完全在白色区域时达到满幅输出 (100)。

测试系统水平分解力的性能, 即度量再现水平线清晰度的能力, 我们在摄像机前方放置一个精心制作的黑白相间的垂直方向的线条。如果传感器的像素截面比垂直线条之间的间隔更小, 线条将会被重现出来。但当像素截面太大, 达到了线条宽度的平均值时, 则在重现的图像中将看不清线条。在电视行业中, 水平分解力由能够再现黑白相间的垂直线条的多少来测定。线条间隔的大小相当于光栅的高度 (这个光栅的高度被选作电视的水平

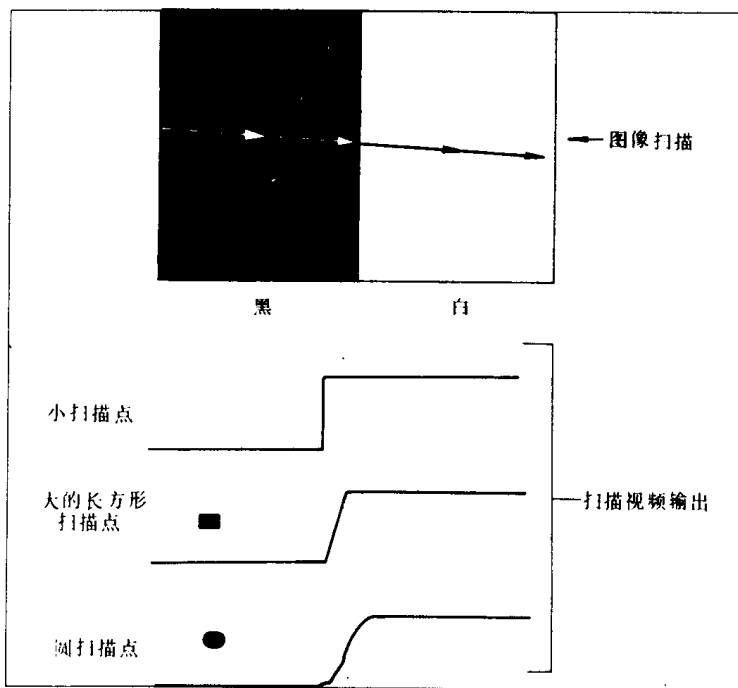


图 1.2 用不同大小与形状的扫描点扫描一个陡的边缘

垂直分解力的标准根据)。当一个系统被说成水平分解力为 400 线的时候, 是指它在对应于图像高度的水平距离内能够交替地显示 200 条黑线和 200 条白线。

扫描经过一个垂直的黑白线时将产生一个高频的电信号, 要处理和转换这些信号需要使用有足够带宽的电路。这里不做详细的推导。广播电视系统要求水平分解力每 80 线需要 MHz 带宽。北美广播电视系统的频带宽度为 4.5MHz, 这是 360 线水平分解力理论上的极限值。带宽的考虑影响扫描参数的选择, 后边的讲述将说明这一点。

1.2.5 垂直分解力

电视系统的垂直分解力决定在一帧里使用的扫描行数。行数越多, 垂直分解力就越高。在

广播电视系统里每帧各使用 525 线（北美和日本）或 625 线（欧洲等地区）。

1.2.6 运动图像的帧频

对于运动电视，为了产生极好的运动效果，每秒钟要扫描许多帧。在标准的广播电视系统里通常是每秒 25 帧或 30 帧。这取决于你所在的国家。为了使观看电视的人们眼睛不会察觉出电视画面的闪烁，需要使用足够高的帧频。一般图像更新的频率应高于每秒 50 帧。然而，在保持扫描水平和垂直分解率所要求的速度的同时，还要有这样一个帧的频率，这就要求系统有一个很高的带宽。为了避免这些困难，所有电视系统都使用了隔行扫描的方法。

在电视系统里使用隔行扫描的方法，这意味着用多个垂直扫描来构成一个完整的帧。广播电视系统里使用 2:1——一帧用两次垂直扫描来完成。在一些专用的电视系统里也有用比较大的隔行的。用 2:1 隔行，第一次垂直扫描显示帧的所有奇数行，然后，第二次垂直扫描显示所有的偶数行，每秒 30 帧（北美和日本）垂直频率就是每秒扫描 60 场。因此，眼睛就不容易看到目标的闪烁。但整个图像就像每秒仿佛被刷新了 60 次。（用计算机产生图形，尤其是图像，在前一段时间里是有困难的，这将在后面解释）。

1.2.7 电视摄像机传感器

从原理上讲，用单一的光敏元件就可以制做电视摄像机，但这样做的效率较低，因为只有当图像上的点聚焦到传感器时，传感器才能接收到来自这点的的光，这段时间是很短的。而在大部分的时间里，当传感器不聚焦于该点时，发自这个图像点的光就浪费了。因此这种传感器感光性极低，为了摄制图像需要极强的光。现代的电视摄像机装置使用积分的方法收集图像上每点的全部的光。摄像机装置里使用积分与不使用相比感光性增加了上千倍。用积分摄像装置，图像被聚焦在光敏材料的二维表面上，能够在整个的摄像时间里收集来自图像的每一个点的所有的光。连续不断地积累电荷在光敏材料表面上的图像的每一个点上。通过分别扫描光敏材料表面的过程，这积累的电荷被读出并且转换成电压。

这里不想一一列举摄像机装置的所有的种类，而只介绍两种目前使用的主要类型。它们在积分扫描输出和图像电荷的存储的方式上是不同的。真空管摄像装置（光导摄像管等）用玻璃真空管前端的特殊的表面来收集和存储电荷。在这种装置里通过电子束扫描产生输出信号。摄像装置的另一种类型是固态电路，它是在硅片上形成存储图像的电荷。用盖在同一芯片上的固体阵列产生扫描输出。这种固体的装置就是人们所熟知的 CCD 和 MOS 等。这两种设备都有极好的性能。但有许多细节不同。包括费用，尺寸和用在摄像机系统里要求的接口电信号的类型等。

1.2.8 彩色原理

前面讨论的被扫描的图像假设是单色的情况。然而，更多的实际图像是彩色的。我们也确实需要重现彩色图像。彩色电视的制造使用了彩色重现的三色理论。三种基本颜色适当的混合表明可以重现任何的彩色。在学校里我们已经学过配颜料。合理的混合三种颜色“红”“蓝”黄（红和蓝使用了引号而黄色没有用是慎重的考虑，下面将会解释）。通过混合他们构成所有可能的颜色。并且把它们涂在白纸上。这个过程就是已知的减色法合成彩色技术。我们开始使用的是白纸，它对各种颜色的反射都相同。当我们加颜料时，颜料对白光作滤波，这

样就减去某些颜色的光。例如，我们混合等量的 3 种颜料做成黑色，这意味着我们减去所有反射的光（当没有光反射时纸看来像是黑色的）。

当我们想要通过混合颜色光构造彩色时，使用的是不同的基色系统，这就是加基色系统。颜色是红、绿、蓝。如果我们用相等分量的红、绿、蓝光混合，我们将得到一个白光。在加基色和减基色这两个系统里，红和蓝两种颜色的名字似乎是相同的，但这并不是同一种情形。对于加基色系统来说，红和蓝是恰当的名字。而减基色中的红和蓝，它们的术语名分别是“深红”，它是红蓝合成的颜色。“深蓝”，它是蓝绿合成的颜色。

这两个基色系统的关系可能有点混乱。图 1.3 表示在加色和减色系统里叠加的颜色圆的

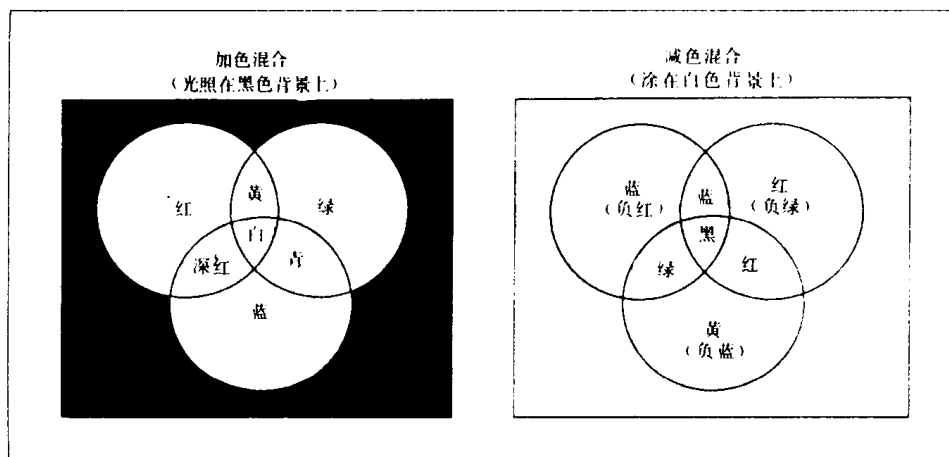


图 1.3 加减色混合

相互作用关系。图的左边部分表示加基色，3 种颜色红、绿、蓝相等的混合构成白光。图的右边部分表示减基色，三色相等混合产生黑色。通过考虑加基色的情形，减基色的关系是容易理解的。减“蓝”基色阻止红光的映出，因此就叫做减去“红”。它滤掉了红光。如果你通过一个减“蓝”基色滤光片观察，任何红色的东西将显黑色，红色被滤掉了。同样的，减“红”基色除掉绿光，“黄”色除去蓝光。因此，当我们混合两种减颜色时，如“蓝”与“黄”，我们就从映出的光里去掉了红的和蓝的，剩下绿光。那么，混合蓝色和黄色颜料能制造绿色。你可以试着做其它类型的组合，以便使你信服在学校里学习的那些东西是正确的。

1.2.9 彩色电视

让我们再回到加基色系统，因为它是彩色电视的基础，电视是一个加基色系统，因为彩色电视用 CRT 显示。它上面有 3 个光源，通过混合它们来重现图像。彩色 CRT 混合红、绿、蓝 (RGB) 光来产生图像。由在 CRT 屏上涂有 3 种荧光性磷产生彩色。具有代表性的是用 3 个电子枪扫描，3 个电子枪被整齐地排列以使它们中的每一个各自扫描到唯一的一种磷上 (这有很多方法可以实现)。每个枪的光强可通过电信号来控制。这个电信号相当于扫描进程中的图象上对应点所需要的红绿和蓝光。

这样，一个彩色摄像机要产生 3 个视频信号，以便控制彩色 CRT 中的 3 个枪。一个简单的想法是把光分解成红、绿、蓝色，通过 3 路进入摄像机，然后使用 3 个视频摄像装置来建立必须的 3 个信号。事实上，许多摄像机正好是这样做的。请看图 1.4，这是熟知的 3 枪或 3 传感器摄像机。它的结构是复杂的，价格是昂贵的。因为使用了 3 个并行的通路，大量的困

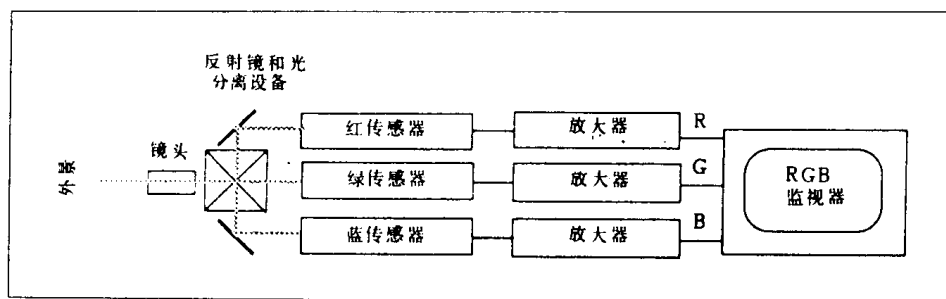


图 1.4 3 传感器 RGB 彩色摄像机框图

~~~~~表示光路径；——表示电路径。

难就发生了。因为 3 个传感器需要在精密的同步和精密的物理关系下扫描，以便在任何瞬间 3 个输出信号表示的颜色值是图像中的同一个点。这就要求在 3 传感器摄像机的设计中非常需要电的和机械的准确性和稳定性。为得到这样精密的关系的工序就是已知的图像对准。如果一个摄像机没有精密的图像对准，重显图像时在清晰边缘周围将出现彩色不重合。尽管有这些困难，3 传感器摄像机还是能产生高质量的图像。在所有的高效能摄像机中均使用了这种方法。也有使用单传感器的彩色摄像机，如图 1.5 所示。在传感器的前面使用了并排的用以

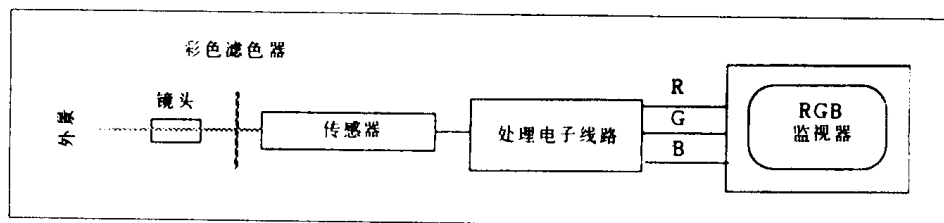


图 1.5 单传感器彩色摄像机

~~~~~表示光路径；——表示电路径。

分离进来的光点的滤色器系统，当传感器用常规的方法扫描的时候，对于图像上每个点输出的电信号由按顺序的 3 个值组成。表示这个点的红、绿、蓝的值。由于在传感器和彩色滤色器之间需要苛刻的关系，习惯于在传感器储存层的顶部建立一个精确的彩色滤色器。然后，用电路顺序地分离出由传感器来的信号使之成为需要的 3 个分离信号。如果彩色的 3 个点足够小，这种方法是有效的，他们将不减小后面重放的清晰度。由于使用的传感器在清晰度方面需要增加 3 倍（这是很难达到的），单传感器摄像机就清晰度而论常常采用折衷的办法。但无论如何它仍是更简单，低成本，可靠性高的摄像机。所以，单传感器摄像机有着广泛的应用。所有家庭电视摄像机都是这种单传感器类型的。

1.2.10 彩色电视系统——复合信号

我们所看到的彩色摄像机产生 3 个输出信号——红、绿、蓝。这个信号系统就称做 RGB 系统。电视的大多数应用不是像图 1.4 和图 1.5 所示那样，只用一个摄像机连到一个监视器。信号多半需要记录。我们可能需要用不同的方法把几个摄像机的输出组合在一起，我们几乎总是需要多于一个的观察监视器。我们通常将涉及包含一个以上摄像机的彩色电视系统。在 RGB 系统里，对每一个彩色通道，系统的所有部分被三个并行视频电缆相连。然而，由于传送 3 个信号时在精密的同步和相关性方面的复杂性，大多数的彩色电视系统不支持 RGB（除摄像机内部之外）。而宁可将摄像机信号编码成一个可以在一根电缆里传送的复合格式。整个

电视台内从录像到演播都使用这种复合格式。在世界各地不同的国家里有几种不同的复合格式在使用——NTSC, PAL, SECAM。下面的章节中我们将分别予以介绍。这里我们将集中讨论复合彩色电视系统里的一些基本概念。

复合彩色系统最早被开发是为了通过单个电视发送器播放彩色信号。然而，不久就发现复合格式可用于整个电视系统的最好方法。这样，目前通常的做法是在视频信号输出以前复合编码在摄像机的内部进行，因此，除非为了某种电视控制目的，在现代的电视设备中 RGB 信号不再存在。

整个复合格式的基本结构应用了明度、色度原理。这个原理表明，任何彩色信号可以分成两部分：明度，用做单色视频信号，只控制图像的亮度（或明度）；色度，只包括图像的彩色信息。然而，由于在 3 色刺激的彩色系统中若要完整的表示全彩色需要 3 个独立的信号，而色度信号事实上是两个信号，叫做色差（color differences）。

明度和色度信号是能够被用来发送彩色信息的 3 种信号的多种可能组合之一。它们是通过在摄像机里建立的 RGB 信号进行线性变换而得到的。矩阵变换意味着对原来的 RGB 信号进行简单的加（有时用减系数）组合来产生每一个明度和色度信号。在线性发送系统里可被使用的矩阵转换可能有很多。我们仅仅需要的是：当为了在彩色监视器上显示彩色而恢复 RGB 信号时，使用的是适当的反变换。视觉研究（研究人们是如何看图像的）表明，小心地选择一个适当的变换，我们能够产生一个发送信号，使这个信号在重现图像时的质量将不太会受到发送路径上条件不足的影响。

在彩色印刷界使用中的明度和色度系统与彩色电视中使用的形式有许多相似之处。这通常叫做色调—饱和度—数值（HSV）系统或色调—饱和度—光强（HSI）系统。在这个系统里，数值或光强是和明度相同的。它表示图像黑或白的分量。色调和饱和度是色度分量。色调指的是被显示的彩色，饱和度说明彩色的深度。在黑白图像中，饱和度是 0（色度是无意义的）。饱和度值增加，图像成为彩色。在彩色电视中色度和饱和度这两个术语同样被使用并具有相同的意思。

在复合系统里，明度和色度通过频谱交错的安排组合在一起，以便在信号通道上发送它们。明度信号作为常规的单色信号在电缆或通道上发送，然后色度信号被放在靠近通道带宽顶部的高频副载波上。如果这个载波频率选择适当，在两个信号之间只会发生非常小的相互干扰。采用这种交错的工作方式是由下面的两个事实决定的：

（1）明度通道对来自接近通道带宽的高频端的干扰信号不是很敏感的。如果干扰信号是一个半行频的奇数倍的频率时，效果更好。在这种情况下，在相邻的扫描行上干扰频率有相反的极性，在视觉上来看时干扰往往会消失。为了减小干扰，载频的选择应满足这种条件。

（2）眼睛对图像中彩色边缘的敏感度比对明度边缘的敏感度要少得多。这就意味着色度信号的带宽能够减小而没有更多的视觉清晰度的损失。带宽减小 2 至 4 倍是合适的。

用这样的一个复合系统能在单一通道上发送彩色信号，并且带宽与 RGB 3 个信号单独发送时单个信号所需相同。当然，这种方式并不是完美的，但在全世界的电视系统里作为基础来看是足够好的。我们也曾尝试将 3 个 RGB 信号装进我们曾用来发送黑白信号那样的带宽中，尽管没有成功，但还是有收获的。我们发现了在通道里当仅发送一个电视信号时还有未被使用的空位置并且加以利用。彩色的重现是以关于在最终的图像上观察者能看见什么和看不见什么的知识为基础，在此过程中进行了折衷。把上述两方面的措施合在一起，使得在原

有黑白电视发送系统的基础上,发送彩色电视信号成为可能。这就是我们所知道的目前的彩色电视系统。

1.2.11 彩色电视制式——NTSC

NTSC 彩色电视系统对北美洲,日本和少数其它的国家是标准的广播系统。NTSC 是 National Television Systems Committee 的缩写。是在 1950 年为美国选择一个彩色电视系统而制定的标准化文本。NTSC 系统是一个如前所述的复合的明度色度系统。它是最早使用的与单色系统兼容的彩色电视系统,以便使许多以前的黑白电视接收机能够使用。黑白电视接收机只收看明度信号,彩色信号出现在频带的顶端。对单色电视设备不会产生多少影响。

在 NTSC 制式里,明度信号就叫做 Y 信号,两个色度信号叫 I 和 Q。I 和 Q 代表 In-phase 和 Quadrature。因为他们在彩色副载波信号上是双相调幅的(一个在 0° , 一个在 90° , 具有 90° 相位差)。彩色载波频率是 3.579545MHz, 必须保持很精确。(至于这个古怪数的理由和精度已经超出这里要讨论的范围,如果你有兴趣的话,请参考彩色电视一书)。早已解释过, I 和 Q 色差信号减小了带宽,当明度信号能利用电视通道里的整个 4.5MHz 带宽时, I 带宽只有 1.5MHz, Q 信号只选择了下面的 0.5MHz 带宽。事实上,如果 I 和 Q 只使用 0.5MHz 的带宽,仍能得到相当好的结果,在美国很多的电视接收机和录像机在两个色度通道里只有 0.5MHz 带宽。

当 I 和 Q 信号被调制成 NTSC 系统的彩色副载波信号时,在彩色副载波里形成两个分量。幅度表示图像的饱和度,彩色副载波的相位表示图像的色调值。NTSC 制式接收机在解 NTSC 彩色信号时能调整这两个参数(在 NTSC 接收机上,色调控制常常叫做 Tint, 饱和度控制叫做 Color)。

NTSC 系统具有令人满意的传递性能。它能够再现具有各种信号类型的电视摄像机摄制的实际场面。今天,我们也能用计算机产生电视信号。但如果计算机所产生的信号不能遵循规律的话,当希望它通过一个 NTSC 系统时,那是会成问题的。

1.2.12 彩色电视制式——PAL 和 SECAM

原在欧洲的 PAL 和 SECAM 系统也是一个明度色度系统。他们跟 NTSC 不同点主要是在色度信号的编码方法上。在 PAL 制里,色度也是被转换成在系统带宽顶部的双相位调幅的副载波信号。但它使用了更复杂的相位处理技术叫做 Phase Alternating line (PAL), 允许两个色度信号有相同的带宽 (1.5MHz), 由于与 NTSC 制式使用了不同带宽,不同的色度组元的集合被选用,叫做 U 和 V 分别代替了 I 和 Q。PAL 制式信号有更强的抗干扰能力。

SECAM 系统首先在法国开发,使用 FM 调制色度信号的彩色副载波,逐行交替发送两种不同的色差信号,像 PAL 系统一样,SECAM 系统也能够容忍在发送路径上有更多的畸变。

多数的电视产品和广播设备主要受到他们所在国家制式标准的影响。然而,现在一般的产品用在世界任何的地方,而不管各国家里的不同标准。这导致了在不同制式标准之间转换设备的开发。这种设备做了不平常的工作,但它是复杂的和昂贵的。甚至在性能上有局限性。开发一个世界范围的标准,这是一种尝试,使得任何地方的制式标准都是相同的。产品也能互换使用,考虑是容易的,好处也是显而易见的。这个目标将很可能通过使用数字电视技术来实现。