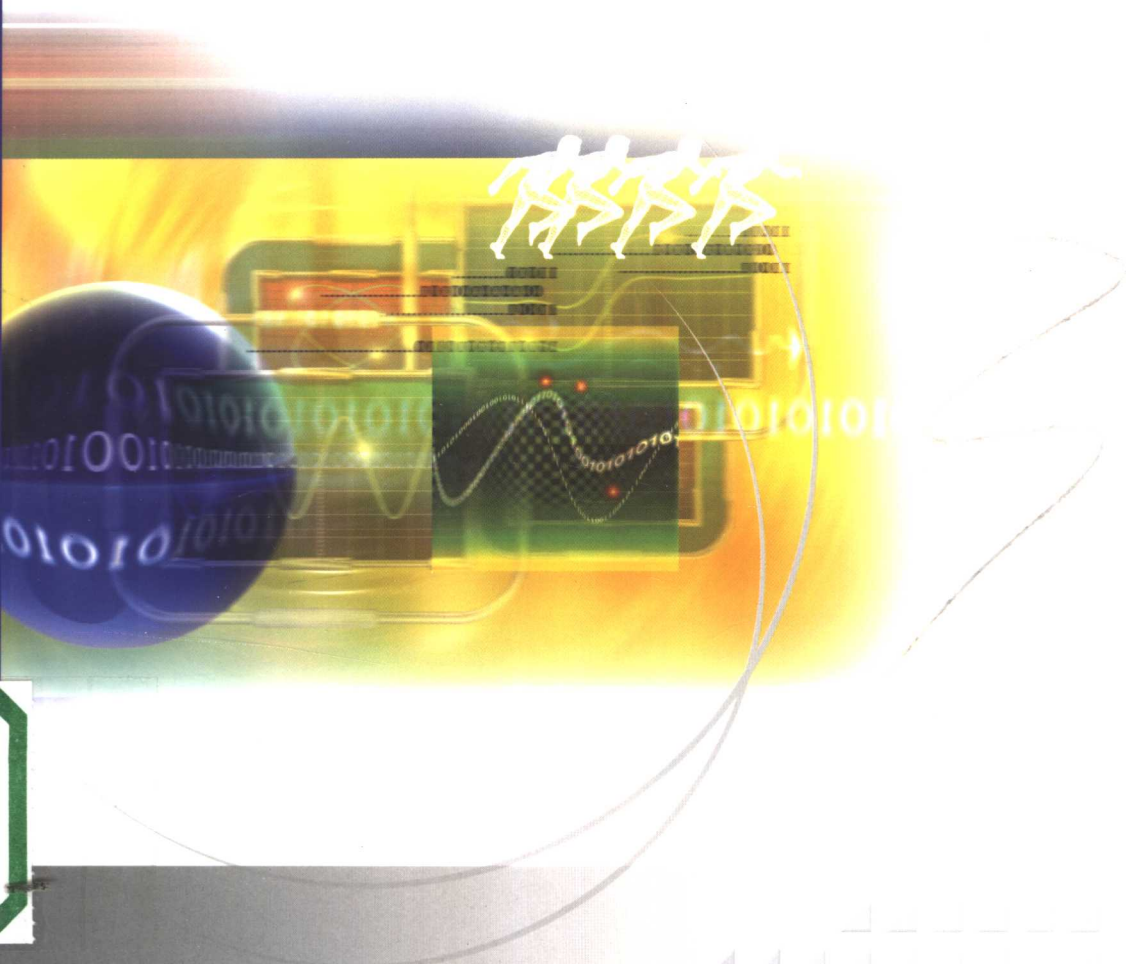


◆ 视 ◆ 频 ◆ 通 ◆ 信 ◆ 系 ◆ 列 ◆ 丛 ◆ 书 ◆

视频图像编码技术 及国际标准

SHIPIN TUXIANG BIANMA JISHU JI GUOJI BIAOZHUN

刘 峰 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

视频图像编码技术及国际标准

刘峰 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

随着视频编码技术的迅速发展以及视频压缩标准的不断推出,视频图像获得日益广泛的应用。本书在介绍视频、图像基本概念的基础上,叙述分析了经典视频压缩编码的基本原理以及目前倍受人们关注的视频压缩新技术。详细介绍了视频压缩编码的国际标准 H.26X 和 MPEG-X 视频部分。为了便于读者理解掌握视频图像压缩编码技术及其应用,书中着重介绍视频通信的码率控制和差错控制技术,同时结合具体应用,介绍基于 PSTN 和 IP 网络的视频通信终端以及采用 DSP 的实现方法。

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,也可作为从事多媒体技术、信号与信息处理技术、通信工程技术、计算机应用技术、视频技术以及视频服务等工作的广大研究和开发技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

视频图像编码技术及国际标准/刘峰编著. —北京:北京邮电大学出版社,2005
ISBN 7-5635-0716-7

I. 视... II. 刘... III. 视频系统—图像编码—国际标准 IV. TN919.81-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 020846 号

书 名: 视频图像编码技术及国际标准

作 者: 刘 峰

责任编辑: 方 瑜

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)

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印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 22.75

字 数: 561 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-5635-0716-7/TN·369

定价: 39.00 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

进行信息交流的最主要的手段之一就是通信,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、文字及图像信息的交流。

在丰富多彩的图像信息中,以充分表现活动彩色场景的视频图像最为引人注目。因此,视频信息的交流在当今的信息社会中备受欢迎,在现代通信中占据了重要的一席之地。日趋成熟的视频通信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。如用视频通信技术来实现实时现场信息的交流,在英特网上进行视频广播,用卫星视频传输系统建立的远程作战指挥系统,等等。

正是由于图像、视频信息的加入,使得传统的通信系统从单一媒体的传输发展为多媒体传输;同样是由于图像、视频信息的加入,使得传统的通信技术难以胜任多种媒体传输的需要。由此可知,在视频通信领域,既有良好的发展机遇,又存在相当严峻的挑战。本套丛书正是从视频通信这个角度来向读者介绍这一领域中的主要应用技术、实用系统、国际标准、最新发展以及简单的基本理论。当然,本丛书并不仅仅局限于此,还包含一些和视频通信密切相关的内容,如 IP 宽带通信网、静止图像通信等。

必须说明的是,本套丛书并未包括视频通信领域的所有的内容,仅涉及这一领域最主要且比较热门的一些专题。例如,如何保证图像、多媒体信息在通信中的安全之类的一些迫在眉睫的技术与应用问题,当前国内外主要的图像通信应用系统,有关视频、静止图像的国际标准、压缩处理技术近年来突飞猛进的发展,代表将来视频通信发展趋势的 IP 宽带通信系统,等等。

本套丛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、高等院校的有关专业高年级学生或研究生为主要阅读对象。

本套丛书的编著,从内容上主要体现以下四方面特点:

其一,密切联系实际。本丛书将重点放在经典的和新型的实用系统和实用技术上,对于所介绍的各个应用系统给出它的全貌以及主要的技术内容,对基础原理部分只是简要地提及。

其二,紧跟世界视频通信及相关技术发展的新潮流,在丛书中尽量体现当前视频通信技术方面的新技术、新应用、新系统、新标准和新观点。

其三,本套丛书在内容的编排上,既注重全面性和系统性,力求每一本书都能给读者以清晰简要的全貌;又注重关键技术的细节,对重要的部分、核心的概念给出了不少的实例和图解,力图使读者对它们有较为深刻的理解。

最后,本丛书没有明显的层次结构,不存在先读哪一本、后读哪一本的要求,每一本书都自成体系。之所以以丛书的形式出版,是鉴于这套书内容的内在联系,它们较为全面地向读者介绍了视频通信领域的基本概况。

本套丛书共6本,包括《多媒体信息安全技术与应用》、《图像通信应用系统》、《视频图像编码技术及国际标准》、《静止图像编码的基本方法与国际标准》、《二值图像编码的基本方法与国际标准》和《IP宽带通信网络技术》,将陆续出版。

尽管本丛书的作者们一直从事这方面的科研和教学工作,并在这套丛书的编著中付出了辛勤的劳动,但由于通信和视频技术的发展日新月异,作者个人的视野和水平毕竟有限,再加之编写时间仓促,书中难免存在疏漏和不足之处,真诚地欢迎广大读者予以批评指正。

“视频通信系列丛书”编委会

2003年5月

前 言

信息技术发展日新月异,尤其是以视频为信息主要来源的多媒体通信越来越受到人们的重视。视频通信中“面对面”的信息交流是一种最直接、最直观、最生动的交流方式,也是人类最理想的一种通信方式,不仅能听到对方的声音,还能身临其境地感受到对方动作的变化,脸部表情以及情绪的变化。“百闻不如一见”深刻地揭示了这一道理。人们希望无论在何时、何地,采用何种方式都能很方便、很容易、很安全地与对方相“见”。可以这样说,正是这种人们对获取图像、视频信息的执着,对多媒体通信的追求不断推动着通信、计算机、信息处理和压缩等技术的发展。反过来,这些技术的不断发展和创新进一步激起人们对视频通信、视频信息处理、对视频图像质量更高的服务要求。

图像、视频通信技术的发展经历了几个不同发展阶段。最初的视频通信例子是 1964 在美国纽约国际博览会上展出的模拟可视电话,并在 20 世纪 70 年代初提供了传送黑白静止或活动图像的点对点可视电话业务的商业应用。之后在 20 世纪 80 年代初,日本制定了在模拟网上传送黑白静止图像的可视电话 TTC 标准,并研发出满足该标准的图像通信设备,图像显示屏清晰度为 100×100 ,每 5~6 秒钟传送一幅图像。然而 20 世纪 70 年代初和 80 年代初这两次视频通信研究、发展的高潮由于种种原因未能持续,在随后的一段时间里,图像、视频发展的步伐比较缓慢。一直到了 20 世纪 90 年代,计算机技术、信息技术、网络技术以及其他各种相关技术的发展突飞猛进,进入了信息的数字化时代,在这阶段,视频压缩技术得到快速发展,特别是视频、音频编解码、多媒体通信等方面的国际标准不断推出,有力促成了视频通信技术走出实验室,逐步进入了实用化阶段。如视频会议、可视电话、视频监控、视频存储、无线视频通信等应用日益广泛。可以相信,以视频信息为主的多媒体信息的采集、处理、传输、存储、检索、表现等技术将会是 21 世纪最具有时代特征和最富有活力的研究和应用领域之一。

在国际标准化组织 ITU-T 和 ISO / IEC 等不断推出音视频压缩编码标准的过程中,中国的数字音视频编解码技术和标准(简称为 AVS)的制定在 2002 年 6 月开始启动。目标是形成具有自主知识产权的数字音视频编解码标准,

为中国的数字音视频产业的自主发展提供保障。预计在 2004 年底正式推出 AVS1.0 版本和 AVS Mobile 草案,同时启动 AVS Main Profile (暂定名称)的制定工作。

本书着重介绍目前视频图像的编码技术以及主要的视频编码国际标准,共分 11 章。第 1、2 章主要介绍有关视频、图像的基本概念,简述作为信宿的人类视觉系统的特性、视频信号的数字化过程等。这两章是后面内容的基础。第 3、4 章叙述了视频压缩编码技术。其中第 3 章主要介绍了称之为经典的视频编码技术,如熵编码、变换编码、预测编码等。第 4 章主要介绍目前正倍受人们关注的一些新技术,如小波变换编码、基于区域和对象编码、分层编码、多描述编码等。这些新编码技术正在逐步应用到实际视频编码系统中。第 5、6、7 章分别介绍了主要的视频编码国际标准。第 5 章侧重于 ITU-T 的视频编码标准 H. 261 / H. 263,包括 H. 263 + / H. 263 ++ 等。第 6 章侧重于 ISO / IEC 的音视频编码标准 MPEG-X,如 MPEG-1 / 2 / 4 中的视频部分。第 7 章介绍最新的由 ITU-T 和 ISO / IEC 子委员会组成的联合视频小组 JVT 制定、公布的高级视频编码标准 H. 264 / MPEG-4 Part 10。这些视频编码国际标准对音视频信息的压缩编码、视频通信、多媒体通信、多媒体信息存储、高清晰电视等方面的研究、应用和发展起着巨大的推进作用,开拓了许多新的市场和行业。第 8、9 章是视频通信中比较重要的两项技术,差错控制和码率控制技术。第 8 章的差错控制技术包括面向预防的、面向补救的和面向交互的差错控制策略。第 9 章分别讨论了前向、后向和前后向联合的码率控制策略,并对部分国际标准中测试模型所采用的控制策略进行了分析。第 10、11 章作为实例对常见的视频通信系统进行了介绍。第 10 章介绍基于 PSTN 网络的 H. 324 以及采用高速 DSP 实现可视电话系统。第 11 章介绍了基于 IP 网络的 H. 323 系统,并在最后对无线视频通信的应用和发展作了简要叙述。

本书的初稿是作者于 2002 年下半年至 2004 年 6 月在新加坡 Safe-T-NetTM做视频通信技术研究时完成的。正是有此机会使作者能有较多的时间对视频压缩编码技术、对视频编码国际标准进行比较系统的理解和领会。在回国修改初稿的过程中,得到了许多专家、同行的帮助,朱秀昌教授在总体设计上提出了许多宝贵的修改建议,并对全书内容进行了详细认真的审阅,在此表示衷心的感谢。此外,吴淑华女士帮助绘制了许多插图以及修改的编辑工作,高炼要高工对全书修改稿进行了审阅和校对,在此一同表示诚挚的谢意。

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深深的谢意。

尽管作者多年来一直从事这方面的科研和教学工作,但由于视频图像通信技术的发展迅速,作者的视野和水平有限,书中的错误和不足之处在所难免,真诚欢迎广大读者予以批评指正。

刘 峰

2004年10月于南京

目 录

第1章 视觉、图像与视频

1.1 人类视觉系统	2
1.1.1 人眼构造	2
1.1.2 颜色感知	3
1.1.3 颜色描述	5
1.1.4 视觉现象	8
1.2 图像与图像系统	14
1.2.1 图像表示	15
1.2.2 图像信息的特点	16
1.2.3 数字图像系统	16
1.2.4 图像质量评价	17
1.3 视频	19
1.3.1 视频信号的获取和显示	20
1.3.2 模拟视频信号	22
1.3.3 模拟彩色电视系统	24
1.3.4 数字视频	28

第2章 数字视频基础

2.1 线性移不变系统与离散傅里叶变换	35
2.1.1 线性移不变系统	35
2.1.2 离散傅里叶变换	38
2.1.3 视频信号的频谱特性	39
2.2 视频信号采样	42
2.2.1 采样网格	42
2.2.2 Nyquist 采样定理	45
2.2.3 视频信号采样	48
2.3 视频信号量化	54
2.3.1 标量量化	55
2.3.2 矢量量化	57

2.4 采样率及格式转换	59
2.4.1 视频下采样	59
2.4.2 视频上采样	61
2.4.3 不同格式转换	65

第3章 视频编码技术

3.1 视频编码基础	71
3.1.1 视频编码的分类	71
3.1.2 图像的信息熵	73
3.1.3 信息论的几个定理	75
3.2 熵编码	79
3.2.1 霍夫曼编码	79
3.2.2 算术编码	81
3.2.3 游程编码	84
3.3 变换编码	85
3.3.1 基本原理	85
3.3.2 最佳正交变换——K-L 变换	88
3.3.3 次最佳正交变换——DCT 变换	92
3.4 预测编码	94
3.4.1 预测原理	94
3.4.2 最佳线性预测器	95
3.4.3 自适应预测	98
3.4.4 帧间预测	98
3.4.5 运动估计	101

第4章 视频编码新技术

4.1 小波编码	110
4.1.1 连续小波变换	110
4.1.2 离散小波变换	114
4.1.3 多分辨率分析	115
4.1.4 小波变换用于图像视频编码	117
4.2 基于区域和对象视频编码	121
4.2.1 形状编码	122
4.2.2 纹理编码	124
4.2.3 基于对象分析综合编码	126
4.3 分级视频编码	130

4.3.1 空间域可分级编码	131
4.3.2 时间域可分级编码	132
4.3.3 质量可分级编码	134
4.3.4 频率可分级编码	135
4.3.5 精细的可分级编码	136
4.4 多重描述编码	138

第5章 视频编码国际标准 H.261/H.263

5.1 ITU-T 与 H.261/H.263	141
5.1.1 CCITT 和 ITU	141
5.1.2 H.261/H.263 的发展历程	142
5.2 H.261	144
5.2.1 混合编码	144
5.2.2 图像格式和码流结构	145
5.3 H.263	148
5.3.1 H.263 的基本编码模式	149
5.3.2 H.263 图像类型	152
5.3.3 H.263 宏块类型及其判断	155
5.3.4 非限制运动矢量模式	159
5.3.5 基于句法的算术编码	161
5.3.6 高级预测模式	162
5.3.7 PB 帧模式	165
5.4 H.263+ /H.263++ 部分选项	169
5.4.1 增强图像头信息	169
5.4.2 更大范围的非限制运动矢量	170
5.4.3 高级帧内编码模式	171
5.4.4 去方块滤波器模式	172
5.4.5 辅助增强信息指示模式	174
5.4.6 改进的 PB 帧模式	175
5.4.7 参考帧重新采样模式	176
5.4.8 低分辨率更新模式	177
5.4.9 选择帧内/帧间 VLC 码表模式	177
5.4.10 修改量化步长模式	178

第6章 国际标准 MPEG-X 中的视频编码

6.1 ISO/IEC 与 MPEG-X	180
6.1.1 ISO/IEC	180

6.1.2	MPEG-1 和 MPEG-2	181
6.1.3	MPEG-4	182
6.1.4	MPEG-7 和 MPEG-21	183
6.1.5	MPEG 标准的发展过程	184
6.1.6	MPEG 标准的应用	185
6.2	MPEG-1 视频	186
6.2.1	视频编码框图	186
6.2.2	视频格式和图像类型	187
6.2.3	视觉加权量化	188
6.2.4	视频流层次结构和组成	189
6.2.5	与 H.261 比较	190
6.3	MPEG-2 视频	191
6.3.1	支持多种采样格式	192
6.3.2	档次和级别	193
6.3.3	编码可分级性	194
6.3.4	隔行扫描视频的图类型	197
6.3.5	基于场和基于帧的 DCT	198
6.3.6	隔行扫描视频的运动补偿预测模式	199
6.3.7	其他改善措施	202
6.4	MPEG-4 视频	203
6.4.1	系统层模型	204
6.4.2	视频对象编码	205
6.4.3	网格对象编码	208
6.4.4	人脸对象编码	208
6.4.5	视频比特流语法	208

第 7 章 最新视频编码国际标准 H.264/AVC

7.1	H.264 的主要特征	211
7.2	帧内预测编码	215
7.2.1	4×4 亮度块帧内预测模式	215
7.2.2	16×16 亮度块帧内预测模式	221
7.2.3	8×8 色度块帧内预测模式	223
7.3	多模式高精度运动估计	224
7.3.1	多模式运动补偿技术	224
7.3.2	1/4 像素精度插值	226
7.3.3	运动矢量预测	227
7.4	多参考帧预测	227

7.5 整数变换和量化	228
7.5.1 4×4 残差数据块的整数变换和量化	229
7.5.2 4×4 亮度 DC 系数的整数变换和量化	233
7.5.3 2×2 色度 DC 系数的整数变换和量化	233
7.6 统一变长编码和基于内容的自适应算术编码	234
7.6.1 统一的变长编码	235
7.6.2 基于内容自适应的二进制算术编码	240
7.7 SP 和 SI 帧	243
7.7.1 SP 和 SI 帧基本概念	243
7.7.2 SP 和 SI 帧编解码	245
 第 8 章 视频通信中的差错控制技术	
8.1 差错控制技术	249
8.1.1 网络特性对视频通信的影响	250
8.1.2 差错控制技术的分类	250
8.2 面向预防的差错控制	251
8.2.1 分级编码与多描述编码	251
8.2.2 错误隔离	252
8.2.3 前向纠错编码	254
8.2.4 可逆 VLC 编码	255
8.2.5 信源信道联合编码	256
8.3 面向补救的差错控制	256
8.3.1 空间域插值	256
8.3.2 频率域插值	257
8.3.3 时间域插值	257
8.3.4 最大平滑恢复	257
8.3.5 编码模式和运动矢量的恢复	258
8.3.6 基于模型的恢复	258
8.3.7 基于语法的恢复	259
8.4 面向交互的差错控制	259
8.4.1 重传机制	260
8.4.2 参考帧选择性编码	261
8.4.3 基于交互的参数自适应编码	261
8.5 MPEG-4 的差错控制策略	262
8.6 H. 263 + /H. 263 ++ 和 H. 264 的差错控制策略	264

第9章 视频通信中的码率控制技术

9.1 码率控制技术	265
9.2 后向码率控制	266
9.2.1 传统的缓存容量反馈控制算法	267
9.2.2 MPEG-2 测试模型 TM5 中的码率控制	271
9.3 前向码率控制	272
9.3.1 基于编码单元预测的前向码率控制	273
9.3.2 基于视觉掩蔽特性调整量化参数	277
9.3.3 基于率失真模型的前向码率控制	279
9.3.4 MPEG-4 校验模型 VM5.1 中采用的码率控制	282
9.4 前向和后向联合码率控制	283
9.4.1 H.263 校验模型 TMN5 中采用的码率控制方案	283
9.4.2 H.263+ 校验模型 TMN8 中采用的码率控制	284
9.4.3 TMN5 和 TMN8 码率控制方法的比较	287

第10章 基于DSP的多媒体通信终端

10.1 多媒体通信终端	290
10.2 高速 DSP 简介	292
10.2.1 高速 DSP 芯片的基本结构	293
10.2.2 高速 DSP 的指令类型	294
10.3 高速 DSP 举例	295
10.3.1 Trimedia/Nexperia 系列的结构	295
10.3.2 其他 DSP 系列	298
10.4 实时操作系统	300
10.4.1 实时操作系统基本功能	301
10.4.2 pSOS 实时操作系统	306
10.5 高速 DSP 应用系统实例	308
10.5.1 H.324 标准	308
10.5.2 多媒体通信终端的部件	310
10.5.3 H.324 通信终端的状态及其转换	310
10.5.4 任务描述及其优先级	311
10.5.5 任务间通信	316
10.5.6 BSP 结构	317
10.5.7 可视电话实例	318

第 11 章 基于 Internet 和无线网络的视频服务

11.1 视频在 Internet 上的传输	321
11.1.1 Internet	321
11.1.2 IPv6	322
11.1.3 Internet 传输视频的限制	324
11.2 基于 IP 的 H.323 和 SIP 系统	325
11.2.1 H.323 系统组成	326
11.2.2 终端结构及其协议栈	327
11.2.3 系统的分层结构	329
11.2.4 H.323 终端通信过程	329
11.2.5 SIP 系统	331
11.3 无线通信网络	334
11.3.1 GSM 和 GPRS 技术	334
11.3.2 第三代移动通信 3G	335
11.3.3 无线局域网	335
11.3.4 无线城域网	337
11.3.5 蓝牙技术	337
11.4 无线视频通信	338
11.4.1 无线视频通信要求	338
11.4.2 无线应用协议	339
11.4.3 无线视频通信发展	340
参考文献	341

第 1 章 视觉、图像与视频

随着社会的不断进步和信息技术的不断发展,在最近的一二十年时间里,人们对信息的需求、获取、描述、交流、传输等发生了巨大的变化,进入了一个信息爆炸的数字化时代。在这数字化的时代中有着以下几个显著的特征。

首先,信息的内容往往不再是单一的媒体信息,而是一个集语音、图像、图形、文本、视频等于一体的含有丰富内容的多媒体信息,丰富的信息内容使得许多传统的信息交流更加多姿多彩,如通过现有的电话线除进行语音信息交流之外,还可以传送更加直观的视频信息,改变了以往只闻其声不见其人的通话模式;手机通信的短消息服务(SMS)在发送文本信息之外,还可以提供彩信(MMS)服务,发送各种有趣的卡通图形、照片、图像等,使信息的交流更加丰富多彩,更加个性化、人性化。

其次,信息的获取、描述、处理、检索和信息传输等都采用了“数字化”方法,传统的模拟信号往往需要变成数字信号,语音、图像、视频等信息的数字化带来了可以再生中继、易于加密、易于压缩、抗干扰能力强等诸多优点,“数字化”是信息进行数字处理的最基本要求。

第三,多媒体信息压缩技术和通信技术的发展,如压缩理论的创新和算法的创新改进,以及国际标准化组织 ITU-T、ISO/IEC 在最近十多年时间里颁布的一系列语音视频压缩、多媒体通信的国际标准,为各种不同的设备产商,信息内容供应商提供一个共用的、规范化平台,为产品的互通性提供保证,加快了数字化的进程。

第四,网络技术尤其是 Internet 技术和无线网络的快速发展,改变了人们原有的许多通信模式、交流形式、工作和生活方式,多媒体电子邮件、电子商务、网上购物、视频点播、远程教学和培训、在家办公等数字化时代的产物深深影响着人们,改变着人们的传统观念。随着将来计算机和通信设备虚拟无限带宽的使用,将可以提供安全、高速、高效、可移动性、灵活的数字化信息服务。

第五,大规模集成电路 VLSI 技术的突飞猛进,CPU 速度越来越快,体积越来越小,可以使复杂的多媒体信息实时处理和压缩编码算法集成到 ASIC 芯片或 CPU 中,出现各种各样的多媒体计算机、智能实时信息处理计算机,低价格、高质量、使用方便的数字产品进入千家万户。传统的音视频产品和计算机将融合在一起。

在多媒体信息中,视觉信息赋予人们最生动、最直观的形象,成为人类所获取的最重要信息,视觉成为人类获取外部信息的最重要途径。因此,图像、视频等通过人眼获取的视觉信息的表示和描述、压缩和传输受到人们广泛地关注。

本章首先介绍人类视觉系统,人眼对颜色的感知以及色彩的描述和表示,介绍人类视觉现象。然后回顾人们最为熟悉的图像概念,包括图像信息的表示、图像信息的特点以及

图像的质量评价。最后,重点考虑视频技术中的几个重要内容,如视频信号的获取和表示,模拟彩色电视系统以及数字视频的一些重要概念。

1.1 人类视觉系统

人类视觉系统(HVS, Human Visual System)是人类最原始的、操作最简单的、同时也是最完美的、视觉机理最复杂的获取外界信息的工具,视觉作为人类最为重要的感知手段,是图像、视频等视觉感知对象的研究基础。它的研究涉及到光学、色度学、视觉生理学、视觉心理学、解剖学、神经科学等许多学科领域,经过了漫长的、无数科研人员的努力,在这些学科方面取得了非凡的成就,发明了许多类似于人眼的图像感知系统。虽然目前在人类视觉生理方面研究相对成熟,但在视觉心理方面仍然有许多令人感兴趣的课题,仍然有待于研究人员的共同努力。

本节只是为了加深对视觉感知对象(如颜色、彩色图像、视频以及视频系统设计)的理解,对人类视觉系统和视觉现象进行有针对性的介绍,包括人眼构造、人眼对颜色的感知、人眼中感光细胞锥状体对感知颜色的作用、人类视觉现象。同时,也介绍用来表示描述彩色属性的三基色理论和彩色空间表示法等内容。

1.1.1 人眼构造

图 1.1 画出了人眼横截面的简单示意图。眼睛的前部为一圆球,其平均直径约为 20 mm 左右,它由三层薄膜包着,即角膜和巩膜外壳、脉络膜和视网膜。

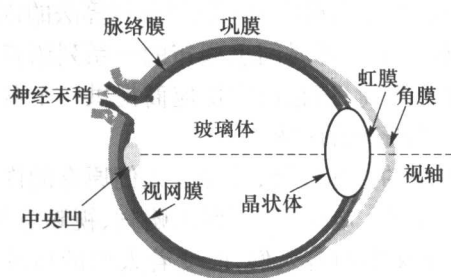


图 1.1 人眼截面示意图

角膜是一种硬而透明的组织,它盖着眼睛的前表面,巩膜与角膜连在一起,巩膜是一层包围着眼球剩余部份的不透明的膜。脉络膜位于巩膜的里边,这层膜包含有血管网,它是眼睛的重要滋养源,脉络膜外壳着色很重,因此有助于减少进入眼内的外来光和眼球内的回射。在脉络膜的最前面被分为睫状体和虹膜。虹膜的收缩和扩张控制着允许进入眼球内的光量。虹膜的中间开口处是瞳孔,它的直径是可变的,大约由 2 mm 变到 8 mm,用来控制进入眼球内部的光量。虹膜的前部含有明显的色素,而后部则含有黑色素。

眼球最里层的膜是视网膜,它布满整个眼球后部的内壁,当眼球适当聚焦时,外部物体发射的光线或反射来的光线进入眼球并在视网膜上成像。整个视网膜表面上分布着许多分离的感光细胞,这种感光细胞通过视神经纤维连接到大脑的视觉皮层。这种感光细胞可分为两类:锥状体和杆状体。每只眼睛中锥状体的数目在 600 万~700 万之间。它们主要位于视网膜的中间部分,称为中央凹,它对颜色很敏感,人们用这些锥状体能充分地识别图像的细节,因为每个锥状体都被接到视神经纤维的一端。控制眼睛的肌肉可以使眼球转动,从而使人所感兴趣物体的像落在视网膜的中央凹上,锥状视觉又称白昼视觉。