



本书共享相关的资料和源代码

深入理解视频编解码技术 ——基于H.264标准及参考模型

陈 靖 刘 京 曹喜信 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

深入理解视频编解码技术 ——基于 H.264 标准及参考模型

陈 靖 刘 京 曹喜信 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书主要介绍基于 H.264 标准及参考模型的视频编解码技术。第 1 章绪论介绍了数字视频的基本概念和视频压缩标准的发展历程;第 2 章讲解了当前视频编解码标准中基本的编码方法;第 3 章是本书的核心——H.264 编解码技术,可以看作对第 2 章理论部分的实例化;第 4 章和第 5 章是本书的精华内容,介绍了 H.264 的参考软件并用大量篇幅分析了 JM8.6 版本的代码,使读者能更快地掌握 H.264 的核心内容;第 6 章是 H.264 的 DSP 移植与优化;第 7 章是对未来标准 H.265 及流媒体技术发展的展望。本书共享相关的资料和源代码,请到北京航空航天大学出版社网站下载。

本书可作为从事视频编码算法设计和开发的工程技术人员自学教材和参考书,同时,也可作为大专院校视频图像编码、DSP 流媒体系统设计、嵌入式多媒体系统设计、音视频处理、电子信息、计算机科学与技术等相关专业的研究生和高年级本科生的课程教材、实验教材和课程设计素材。

图书在版编目(CIP)数据

深入理解视频编解码技术:基于 H.264 标准及参考模型 / 陈靖, 刘京, 曹喜信编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2012.10

ISBN 978-7-5124-0761-9

I. ①深… II. ①陈… ②刘… ③曹… III. ①视频编解码器 IV. ①TN762

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 051448 号

版权所有,侵权必究。

深入理解视频编解码技术——基于 H.264 标准及参考模型

陈 靖 刘 京 曹喜信 编著

责任编辑 刘 星

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:24.25 字数:531 千字

2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-0761-9 定价:52.00 元

前言

随着多媒体技术、流媒体技术、网络技术和微电子技术的飞速发展,视频图像、声音和网络技术日益融合,各种智能终端设备不断涌现,已经深刻地影响了我们的生活。智能终端是指具有多媒体、流媒体处理功能的智能设备,包括智能电话、SMART-TV、视频会议系统、智能机顶盒、智能手机、智能监控、平板电脑、智能汽车电子、智能摄像机、智能照相机、智能 PDA 等。视频编解码算法是这些系统的核心技术之一,因此掌握自主产权的视频算法和软件开发技术就极其重要。

Iain E. G. Richardson 认为,在很长的一段时间里,视频编解码技术只被一些研究机构的专家所知,这可能是因为没有一本合适且适用的教科书来讲解这些内容,所以被“束之高阁”,难于普及。甚至有些人认为,视频图像编码只是一个数学过程。的确,视频编解码领域涉及一系列有趣的数学问题,所以关于视频编解码的图书也就充满了大量的数学模型和公式。当然,这对于理解视频压缩的概念是必要的,但对于想开发实用程序的工程师来说却是不够的。本书基于视频编解码的模型来进行讲述,相对于仅仅通过复杂的数学理论进行讲解,本书更着重于视频编解码系统的实现过程。

本书第 1 章绪论介绍了数字视频的基本概念和视频压缩标准的发展历程,并简单介绍了学习 H.264 视频编解码技术需要掌握的一些工具。第 2 章讲解了当前视频编解码标准中基本的编码方法,包括预测编码、变换编码、量化编码和熵编码。第 3 章详细讲解了 H.264 编解码标准及技术。本章在写作中大量参考了 JVT 会议的论文和实验数据,从而使读者不但知其然,更知其所以然。第 4 章介绍了 H.264 的参考软件 JM 以及其他用来分析代码、视频 YUV 原始文件和 H.264 码流的重要工具的使用方法,熟练掌握这些工具将对 H.264 和其他视频标准的学习带来极大的便利。第 5 章用大量篇幅分析了 JM8.6 版本的代码。之所以使用这个版本进行讲解,主要是因为从 JM9.0 开始 H.264 FRExt 分支被加了进来,这部分主要是针对高分辨率和高清晰度有特别要求的专业应用,选取 JM8.6 进行讲解是为了便于读者更快

地掌握 H. 264 的核心内容。第 6 章中 H. 264 的 DSP 优化方法来源于作者多年工程实践的经验。第 7 章是对未来标准 H. 265 及流媒体技术发展的展望。

本书可作为从事视频编码算法设计和开发的工程技术人员的自学教材和参考书,同时,也可作为大专院校视频图像编码、DSP 流媒体系统设计、嵌入式多媒体系统设计、音视频处理、电子信息、计算机科学与技术等相关专业的研究生和高年级本科生的课程教材、实验教材和课程设计素材。

本书中虽然用大量篇幅讲解 H. 264 标准,但对于理解其他视频编解码标准也有一定的启发,包括 MPEG-2、MPEG-4、H. 263、H. 265、AVS 等标准。书中参考和引用了国内外同行的著作、论文以及网络资源,对相关的作者一并表示深深的谢意!同时,感谢王学敏在本书的编写过程中提供的帮助和在本书校对过程中做出的贡献。

视频编解码的内容博大精深,一本书不可能覆盖方方面面的内容,作者期待通过对原理、方法和开发实例的介绍,使读者建立起对视频编解码技术和应用的宏观认识,掌握一种基本的开发方法和流程,起到抛砖引玉的作用。由于水平和时间有限,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。有兴趣的读者可发送邮件到:emsbook@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

我在北京大学软件与微电子学院为研究生讲授《视频编解码基础》这门课已有 7 年时间。另两位作者陈靖与刘京都是我当年课堂的莘莘学子,也曾在北京大学数字媒体芯片与系统实验室工作,并多次担任我的助教。我深感同学们在学习初期对于这门课程的“抵触”,他们很多人认为入门很难。所幸北大的学子有股钻研的精神,在经过一段时间适应后,都能学到真本事,这是作者所至为欣慰的。如今他们已经工作在 IT 的各个领域,都取得了骄人的成绩。因此,对于初学者而言,坚持是最重要的。荀子《修身篇》曰:“道虽迩,不行不至;事虽小,不为不成”。愿大家都能学好视频编解码知识并在应用中取得成功!

曹喜信

2012 年 7 月于北京大学燕园

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 视频技术	1
1.1.1 模拟视频技术	2
1.1.2 数字视频技术	5
1.2 视频编解码	9
1.2.1 视频压缩的必要性	9
1.2.2 视频压缩的可能性	10
1.2.3 常见的视频编解码标准	10
1.2.4 H.264 标准简介	13
1.3 H.264 必备学习工具	14
1.3.1 Source Insight—阅读代码最佳工具	14
1.3.2 Doxygen—分析代码结构好帮手	16
1.3.3 Elecard StreamEye Tools—使用方便的 H.264 播放与分析工具	17
1.3.4 H264visa—分析码流的强大工具	18
第 2 章 视频编解码基础	19
2.1 预测编码	19
2.1.1 预测编码基本概念	19
2.1.2 帧间预测编码	20
2.1.3 运动估计	21
2.1.4 基于块匹配的运动估计	22
2.1.5 快速搜索算法	26
2.1.6 帧内预测编码	29
2.2 变换编码	32
2.2.1 变换编码的基本原理	32

2.2.2	K-L 变换	34
2.2.3	离散傅立叶变换	35
2.2.4	离散余弦变换	36
2.2.5	整数 DCT 变换	37
2.2.6	哈达玛变换	37
2.2.7	游程编码	38
2.2.8	各种变换的比较	39
2.3	量 化	39
2.3.1	标量量化	40
2.3.2	均匀标量量化器	41
2.3.3	最优标量量化器设计	41
2.3.4	矢量量化	42
2.4	熵编码	43
2.4.1	数字图像编码中的信息及其度量方法	43
2.4.2	变长编码的基本定理	44
2.4.3	熵编码的基本定理	45
2.4.4	Huffman 编码	45
2.4.5	算术编码的基本原理	46
2.4.6	WNC 算术编码算法	49
2.4.7	指数哥伦布编码	51
2.5	视频编码框架	52
2.5.1	视频数据组织结构	53
2.5.2	视频编码器结构	55
2.6	视频压缩系统的图像质量评价	56
2.6.1	视频质量主观评价标准	56
2.6.2	视频质量客观评价标准	57
2.6.3	视频压缩系统评价指标	58
第 3 章	H.264 编解码技术	59
3.1	H.264 常见术语解释	59
3.1.1	基本名词解释	59
3.1.2	档次(profile)和级(level)简介	62
3.2	H.264 编解码器框架	63
3.2.1	H.264 的分层编解码器框架	63
3.2.2	H.264 编码器框架	65
3.2.3	H.264 解码器框架	66

3.3 帧内预测	67
3.3.1 4×4 块亮度预测模式	67
3.3.2 16×16 块亮度预测模式	70
3.3.3 8×8 块色度预测模式	71
3.3.4 帧内预测模式的选择	73
3.3.5 4×4 亮度帧内预测模式的预测与编码	74
3.4 帧间预测	77
3.4.1 树状结构分块及运动估计	77
3.4.2 亚像素插值	77
3.4.3 多参考帧预测	80
3.4.4 MV 预测与 SKIP 模式	81
3.4.5 B 帧预测	83
3.4.6 加权预测	90
3.5 变换与量化	91
3.5.1 H.264 中的 4×4 整数 DCT 变换推导	91
3.5.2 H.264 量化器设计	94
3.5.3 H.264 量化表设计	98
3.5.4 非一致性量化	100
3.5.5 H.264 中的 4×4 整数 DCT 变换、量化过程	100
3.5.6 H.264 中的 8×8 整数 DCT 变换、量化过程	101
3.5.7 H.264 中亮度直流系数的 4×4 哈达玛变换、量化过程	102
3.5.8 H.264 中色度直流系数的 2×2 哈达玛变换、量化过程	103
3.5.9 H.264 编码器的变换与量化整体过程	103
3.5.10 整数 DCT 蝶形算法	104
3.5.11 游程编码	108
3.6 熵编码	109
3.6.1 码流结构和语法元素编码	109
3.6.2 CAVLC	110
3.6.3 CABAC	115
3.7 去块效应滤波器	138
3.7.1 块效应及其产生原因	138
3.7.2 后置滤波与环路滤波	138
3.7.3 滤波过程	139
3.7.4 滤波运算	142
3.8 帧/场编码方式	145
3.9 SP 与 SI 帧技术	146

3.9.1	SP 与 SI 帧的引入	146
3.9.2	SP 与 SI 帧的应用	148
3.9.3	SP/SI 帧的原理	149
3.10	码率控制	153
3.10.1	码率控制的基本原理	153
3.10.2	常见码率控制方法	154
3.10.3	码率控制中的三个模型	155
3.10.4	典型码率控制的过程	156
3.10.5	TM5 的码率控制模型	157
3.10.6	TMN8 的码率控制	161
3.10.7	H.264 的码率控制模型	165
3.11	模式选择与率失真优化(RDO)	171
3.11.1	经典率失真理论	171
3.11.2	拉格朗日乘数法与编码模式选择	174
3.11.3	理解 H.264 的拉格朗日参数	177
3.11.4	H.264 的率失真策略	178
3.12	H.264 的传输与存储	179
3.12.1	NAL 单元结构	179
3.12.2	H.264 语法元素优先级	180
3.12.3	档次、级与参数集	182
3.12.4	实时传输协议 RTP/RTCP	183
3.13	H.264 的差错控制与错误隐藏	190
3.13.1	视频传输环境与传输错误	190
3.13.2	H.264 的差错控制与错误隐藏	191
第 4 章	H.264 标准参考软件 JM	206
4.1	H.264 开源软件简介	206
4.2	搭建 JM 实验环境	207
4.2.1	用 VS2005 运行 JM	207
4.2.2	用 Source Insight 阅读 JM 代码	209
4.2.3	用 Doxygen 创建 JM 阅读参考手册	214
4.3	JM86 配置参数详解	219
4.3.1	JM86 编码器配置参数详解	219
4.3.2	JM 解码器配置参数详解	226
4.4	使用 Elecard tools 分析文件	226
4.4.1	Elecard YUV Viewer 的使用	226

4.4.2 Elecard StreamEye 的使用	228
4.5 使用 H264visa 分析 H.264 文件	234
4.5.1 选择打开模式	235
4.5.2 工具栏简介	235
4.5.3 封装格式分析	242
4.6 JM86 trace 文件分析方法	243
4.6.1 trace 文件简介	243
4.6.2 使用 trace 文件分析码流	243
4.6.3 利用 trace 文件调试实例	250
第 5 章 JM86 编码器代码分析	253
5.1 语法元素详解	253
5.2 编码总体过程	272
5.3 宏块访问模块	274
5.4 帧内预测与变换模块	281
5.5 CAVLC 模块	283
5.6 去块滤波模块	294
5.7 运动估计模块	299
5.8 CABAC 模块	310
第 6 章 H.264 的 DSP 移植与优化	324
6.1 DSP 芯片基本原理	324
6.1.1 DSP 芯片的结构特点	324
6.1.2 DSP 芯片的选择	327
6.2 H.264 代码的移植与裁剪	329
6.2.1 H.264 代码的选择	329
6.2.2 H.264 代码的裁剪	330
6.2.3 H.264 代码的移植	331
6.3 H.264 代码的 DSP 优化	333
6.3.1 优化存储器访问	334
6.3.2 使用编译器优化选项	336
6.3.3 代码剖析	338
6.3.4 C 语言级优化要点	338
6.4 H.264 汇编代码优化	344
6.4.1 SIMD 以及数据打包技术	345
6.4.2 TMS320C64x+汇编优化	346

第 7 章 视频编解码技术进展	363
7.1 视频图像编解码标准的进展	363
7.1.1 高质量视频编码的必要性	363
7.1.2 H.264 视频编解码标准的缺点	364
7.1.3 H.264+ 的研究进展	366
7.1.4 H.265 的研究进展	367
7.2 嵌入式多媒体处理器发展现状	369
7.2.1 嵌入式处理系统的发展	369
7.2.2 多媒体系统芯片的实现结构	370
7.2.3 C2 CC1X00 处理器体系结构简介	374
参考文献	377

第 1 章

绪 论

随着通信技术、计算机技术、微电子计算以及计算机网络的发展,视频相关应用变得越来越广泛。HDTV、IPTV、DVD、网络流媒体、网络电视、视频会议等对人们的日常生活带来了深刻影响。同时,这些视频业务的储存与传输给现有的存储资源与通信系统带来巨大的挑战。迅速发展的通信技术增加了信道带宽,但仍然难以满足各种视频应用的要求。海量的存储也会增加设备成本。因此,利用视频压缩技术来降低视频信号的存储容量和传输带宽,已经成为目前一项紧迫且现实的研究课题。

1.1 视频技术

视频技术是指将动态影像以电信号的方式加以捕捉、记录、处理、存储、传输、复现相关的一系列技术。视频技术最早出现在早期的模拟电视系统中。19 世纪末,先驱者们开始研究传送图像的技术。1904 年,英国人贝尔威尔和德国人柯隆发明了一次电传一张照片的电视技术,每传一张照片需要 10 min。1924 年,英国和德国科学家几乎同时运用机械扫描方式成功地传输了静止图像。1923 年,美国科学家兹沃里金研究成功最早的电视系统,它包括光电显像管、电视发射器及电视接收器。1925 年,英国科学家研制成功电视机。1928 年,美国纽约 31 家广播电台进行了世界上第一次电视广播试验。1929 年,美国科学家伊夫斯发明了彩色电视机。1933 年,兹沃里金又研制成功可供电视摄像用的摄像管和显像管,现代电视系统基本成型。1946 年,美国第一次播出黑白电视。1954 年,彩色电视试播成功。1983 年,美国 USCI 公司首次开始卫星电视直播。

为促进电视技术的发展,各主要国家和国际组织纷纷推出了自己的彩色电视标准。1953 年,美国国家电视制式委员会提出 NTSC 制。1956 年,法国提出 SECAM 制。1960 年,联邦德国提出 PAL 制。这三种制式最后成为了全球通用的彩色电视转播标准。为了方便国家间互相交换和转播节目,各国曾多次讨论统一电视制式,但由于政治经济方面的原因始终没有成功。

随着数字技术的发展,20 世纪 80 年代欧洲国家开始研究数字电视技术,并且诞生过 MAC1、MAC2、MAC3 等三代数字卫星电视节目广播。20 世纪 90 年代开始,数字电视技术的飞速发展及因特网在世界范围内迅速普及,促使了现代数字视频压

缩技术的一系列主要标准 MPEG-X 标准的诞生。1988 年,国际标准化组织(ISO/IEC)的运动图像编码专家组(MPEG)成立,目的在于制定运动图像和音频编码标准。1993 年,MPEG-1 标准诞生,被用于 VCD 和 MP3 格式的压缩编码。1994 年,MPEG-2 标准出台(DVD 的编码标准),带动了广播级的数字电视的发展。1995 年,美国正式通过 ATSC 数字电视国家标准。ATSC 制信源编码采用 MPEG-2 视频压缩和 AC-3 音频压缩,信道编码采用 VSB 调制。

视频技术和网络传输技术结合,促使了流媒体技术的产生。1999 年 MPEG-4 标准出台,它提供了低码率、高质量的音视频压缩、编码方案,进一步推动了网络视频的发展。2003 年发布的 H.264 是 ITU-T 的 VCEG(视频编码专家组)和 MPEG 的联合视频组开发的数字视频编码标准。H.264 标准比其他已有的视频编码标准有更高的压缩率,可在相同的带宽下提供更好的图像质量。H.264 标准推进了高清电视和高清网络视频的发展。

1.1.1 模拟视频技术

模拟视频技术是指用模拟技术对动态影像进行捕捉、记录、处理、存储、传输、复现的技术。模拟视频技术的发明、发展与模拟电视系统的发展密不可分。下面将通过模拟电视系统来介绍模拟视频技术中的基本概念。

首先,人的视觉系统的特征为电视等视频系统的发明、发展提供了理论依据。光线通过角膜、瞳孔、晶状体的折射光线,透过玻璃体到达视网膜。视网膜上分布着光感受器,光感受器在光线的刺激下产生生物电信号。电信号通过视神经的传导到达大脑视觉中枢的视觉区,形成影像。光感受器按其形状可分为两大类:视杆细胞和视锥细胞。视杆细胞在光线较暗时活动,有较高的光敏度,但不能作精细的空间分辨,也不参与色觉形成。视锥细胞则是在较明亮的环境中活动,它能提供形成色觉以及精细视觉的信号。在人的视网膜中,视锥细胞约有 600~800 万个,视杆细胞总数达 1 亿以上,它们以镶嵌的形式分布在视网膜中。色觉的形成与 3 种视锥细胞相关,它们分别包含光谱吸收峰在光谱红、绿、蓝区的视色素蛋白,分别对红光、绿光、蓝光有最佳反应。它们的兴奋信号独立传递至大脑,然后综合产生各种色觉。视觉信号的产生和消失类似于微小电容器的放电和充电,需要一定的反应时间。经过研究,人的视觉系统有如下主要特征:

① 人的视觉系统具有暂留现象。当物体在快速运动时,人眼所看到的影像消失后,人眼仍能继续保留影像 0.1~0.4 s 的时间。

② 人的视觉系统对色觉的感知具有三维性,即人眼能感知到的任一颜色在原理上都可由 3 种经选择的原色(红、绿、蓝)相混合而得以匹配。

③ 人的视觉系统分辨景物细节的能力是有限的,这个极限值就是人眼的分辨率。人眼的分辨率有如下一些特点:当照度太强、太弱时或当背景亮度太强时,人眼分辨率降低;当视觉目标运动速度加快时,人眼分辨率降低;人眼对彩色细节的分辨

率比对亮度细节的分辨率要差。假设亮度(黑白两色)分辨率为1,则对红色为0.4,对绿色和蓝色为0.19。

④ 人的视觉系统对亮度光强变化的响应是非线性的。通常把人眼主观上刚刚可辨别亮度差别所需的最小光强差值称为亮度的可见度阈值。也就是说,当光强 I 增大时,在一定幅度内感觉不出,必须变化到一定值 $I + \Delta I$ 时,人眼才能感觉到亮度有变化。对于不同频率的光线,阈值会不同。

⑤ 人的视觉系统图像的边缘信息很敏感,特别是边缘的位置信息。人眼容易感觉到边缘的位置变化,而对于边缘的灰度误差,人眼并不敏感。

⑥ 人的视觉系统具有马赫效应。当亮度发生跃变时,会有一种边缘增强的感觉。视觉上会感到亮侧更亮,暗侧更暗。马赫效应会导致局部阈值效应,即在边缘的亮侧,靠近边缘像素的误差感知阈值比远离边缘阈值高3~4倍。

电视系统就是根据人的视觉特性,以一定的信号形式实时传送活动场景的技术。摄像机先把景像转变成电信号,将电信号传输到接收端,再由显示设备显示出场景。典型的模拟电视广播系统如图1-1所示。

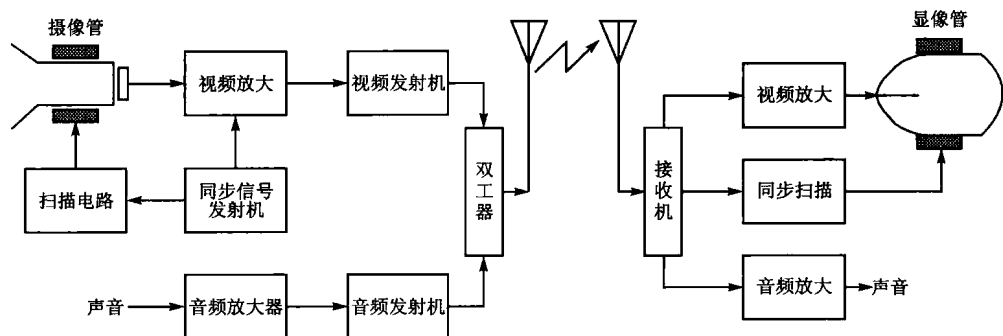


图 1-1 电视广播系统

在发射端,扫描电路控制摄像管按顺序对视频图像进行扫描。同步信号发射机产生行同步和帧同步信号。扫描获取的模拟视频信号在加载了同步信号后通过视频发射机进行调制,并最终由天线以电磁波的方式发射出去。在接收端,接收机对接收到的电磁波进行解调,并分离出视频信号和同步信号。视频信号和同步信号控制显像管工作,还原视频图像。

根据人类视觉系统分辨力有限的特性,总可以将平面图像看成是由许许多多的小单元所组成。这些小单元就称为像素。单位面积上的像素数目越多,由其构成的图像也就越清晰。例如,对一幅黑白平面图像,表征它的特征参量是亮度。这就是说,组成黑白画面的每个像素,不但有各自确定的几何位置,而且它们各自还呈现着不同的亮度。如果我们设置好原点,建立笛卡尔坐标系,则图像的各像素点的亮度可用数学函数 $f(x, y)$ 表示,其中 x, y 是像素位置的坐标值。电视系统传送的是运动图像,每个像素的亮度既是空间函数,同时又是时间函数,可用数学函数表示为

$f(x, y, t)$ 。由于人类视觉系统的暂留现象,并不需要获得像素在整个时间轴方向的取值情况,只需在足够小的时间间隔内采样就能保证人眼对运动图像感觉的连贯性(每秒 23 幅图像)。将某个时刻采集到的一幅静态图像组成为一帧,连续播放的帧就形成了动态影像。因此,帧就是动态影像中最小单位的单幅影像画面。

电视系统对视频图像的传输,其实可以看作对图像像素的顺序传输。如图 1-2 所示,在发端是光电转换器件摄像管,在收端是电光转换器件显像管。图像被分解成像素后,对像素按照顺序进行电子扫描。摄像管阴极发射出来的电子束,在电子枪的电场及偏转线圈的磁场力作用下,从左到右、从上到下顺序地扫过靶面各像素单元,并把像素信息转换成按时间顺序传输出的电信号。显像管由阴极发射出的电子束,在偏转线圈所产生的磁场作用下,按从左到右、从上到下的顺序依次轰击荧光屏。信号控制电子束所携带的能量,进而决定屏幕的亮度。

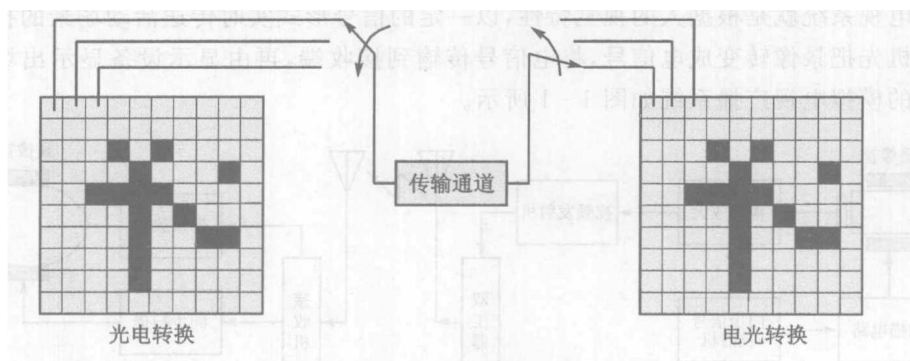


图 1-2 电视信号传输原理

对视频图像的顺序传输需要满足以下条件:

① 传送速度要足够快。只有传送迅速,传送时间小于视觉暂留时间,重现图像才会给人以连续无闪烁的感觉。

② 传送要很准确。每个像素一定要在轮到它传送时才被转换、传送,并被接收方接收还原,且收、发双方每个像素被转换、还原的几何位置要能准确对应。因此,收发双方应进行同步工作。在传输的模拟视频信号中都加入了各种同步信号。

电视系统中把构成一幅图像的各像素传送一遍称为进行了一个帧处理,或称为传送了一帧。当摄像管和显像管的偏转线圈中分别流过行、场锯齿波扫描电流时,会产生相应的垂直方向与水平方向的偏转磁场,在这两个磁场的共同作用下,使电子束作水平与垂直方向的扫描运动。我们把对一帧图像从左至右的扫描称为行扫描,自上而下的扫描称为帧(或场)扫描,如图 1-3 所示。

一行接着一行顺序地连续扫描一帧图像的扫描方式称为逐行扫描。把一幅图像分成两次来扫描,第一次只扫描奇数行(奇场),第二次只扫描偶数行(偶场)。通过两次扫描完成一幅图像扫描的方式称为隔行扫描。举例来说,把一幅 625 行图像分成两场来扫,第一次依次扫描 1、3、5、…行,第二次依次扫描 2、4、6、…行。这样每次只

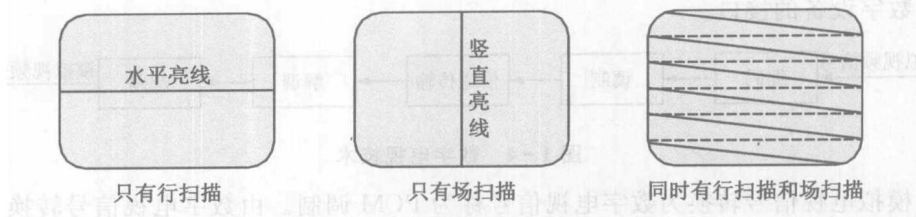


图 1-3 行扫描与场扫描信号

扫描 312.5 行,而每秒钟只要扫描 25 帧图像就可以了,即隔行扫描时帧频为 25 Hz、场频为 50 Hz。由于人眼具有视觉暂留效应,看眼中时仍是一幅完整的图像。这样采用了隔行扫描方式,在图像质量下降不多的情况下,信道利用率却提高了一倍。隔行扫描节省了信道带宽,也降低了系统和设备的复杂性,这就是为什么早期的电视制式均采用隔行扫描的原因。表 1-1 为我国广播电视系统扫描参数,扫描方式为隔行扫描。

表 1-1 我国广播电视系统扫描参数

项 目	参 数	项 目	参 数
行频 f_H	15 625 Hz	场频 f_V	50 Hz
行周期 T_H	64 μ s	场周期 T_V	20 ms
行正程时间 T_{HS}	$\geq 52 \mu$ s	场正程时间 T_{VS}	≥ 18.4 ms
行逆程时间 T_{HR}	$\leq 12 \mu$ s	场逆程时间 T_{VR}	≤ 1.6 ms
每帧扫描行数	625	每帧显示行数	575
每场扫描行数	312.5	每场显示行数	287.5

1.1.2 数字视频技术

数字视频技术是指以数字形式捕捉、记录、处理、存储、传输、复现动态影像的一系列相关技术。例如通过数字摄像机直接产生数字视频信号,压缩成 MPEG-2 格式存储在视频数据库,在被检索到后通过因特网传输到远端的 PC,并在播放器上播放出来。

数字视频技术的发展与数字电视系统密不可分,这里以数字电视系统来讲解数字视频的特点。数字电视系统是将模拟的电视信号变换为数字形式的信号,然后进行处理、传输、播放和存储的系统。图 1-4 给出了典型的数字电视技术框图。现在数字电视系统已经在迅速普及,相对于模拟电视系统,数字电视系统有许多突出优点:数字电视信号抗干扰能力强;数字电视信号容易进行存储,并能方便应用各种数字图像处理对数字视频信号进行处理;数字电视信号由于具有数字信号的共同形式,容易和其他信息链联,便于加入公用数据通信网;数字信号便于适应计算机或

其他数字设备的接口。

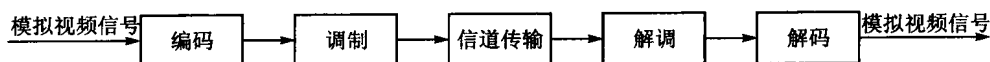


图 1-4 数字电视技术

模拟电视信号转换为数字电视信号称为 PCM 调制。由数字电视信号转换为模拟电视信号则称 PCM 解调。这两个过程在电路中是用模拟/数字转换器(A/D)和数字/模拟转换器(D/A)实现的。图 1-5 给出了视频信号 A/D 转换的过程。

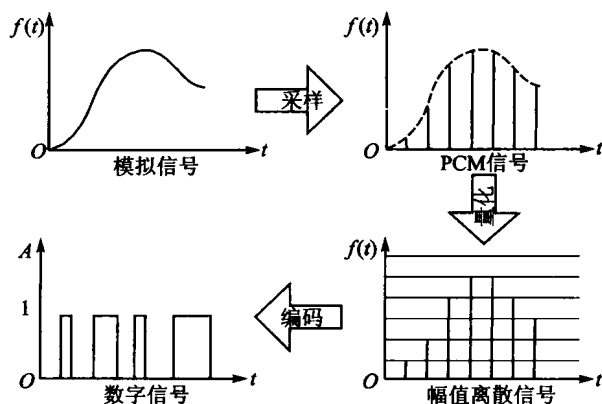


图 1-5 视频信号 A/D 转换

A/D 转换器经过采样、量化和编码三个过程,把模拟信号转换成数字信号。

① 采样是在时钟和同步信号控制下,每隔一定时间间隔 T ,抽取模拟信号的一个瞬时幅度值,取样后所得出的一系列在时间上离散的抽样值(称为脉冲幅度调制信号)。

② 量化是将幅度连续的取样值在幅度上离散化的过程。

③ 编码将量化值变成二进制数码。D/A 转换器则由电阻阵列和 n 个电流开关(或电压开关)构成。按数字输入值切换开关,产生比例于输入的电流(或电压)。经过取样、量化、编码即得到数字视频信号。

真实的动态影像在时间和空间上都是连续的。要能以数字信号的方式进行处理就必须对动态影像进行时间采样和空间采样,如图 1-6 所示。在经过时空采样后,动态影像就转换成了一系列在时间上相关的静止的数字图像。每幅静止的图像的样本像素都包含了亮度和色彩信息。

数字视频的质量受到空间采样的样本点密度及时间采样的采样频率的影响。空间上相同面积下,更多的采样点能提供更高质量的图像,但也需要更多的处理时间和存储空间。不同的视频系统会定义不同的采样分辨率,常见的分辨率如表 1-2 所列。