

文章编号 1004-924X(2000)02-0146-04

基于硬盘的视频实时存储方法的研究

李清军

(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130022)

摘要: 数字图像的实时存储是视频判读的基础, 经常使用模拟录像机把视频信息记录在磁带上, 由于磁带录像机的分辨率不高, 影响判读的精度。本文针对数字图像的特点, 提出了一种新型的、基于计算机硬盘的视频存储方法, 其目的是简化判读系统的结构, 提高判读的精度。它利用了数据压缩原理, 对视频信号进行实时、无失真的压缩, 再把压缩后的数据进行存盘, 实现了视频图像实时存储。试验表明, 用此方法可以完成 512×512 的视频图像的实时存储, 且结构简单, 方法实用, 是一新型的视频存储方法。

关键词: 硬盘; 实时存储; 图像压缩
中图分类号: TP333.35 文献标识码: A

1 引言

在视频分析系统中, 磁带是最早使用的视频存储媒体, 有容量大、成本低等优点。但它属于线性存储媒体, 已存在的信息的搜索必须进行快进、快退等动作, 定位等待时间过长, 而且面临着防潮、磁粉脱落等影响分析精度的问题。

近年来, 半导体存储技术取得了突飞猛进的发展, 随着 $0.18\mu\text{m}$ 工艺技术的应用, 容量大于 256Mbit 的 DRAM 和 FRAM 也将进入实用阶段, 它不需要任何机械设备和机械动作, 存储速度快 (ns 级), 可靠性高。但随着容量增大, 其价格成倍增长, 成本也是工程上需要考虑的问题。

20 世纪 90 年代, 光盘跻身于多媒体产品系列, 从一次性可写光盘 (CD-R)、磁光光盘 (MO)、全光光盘 (相变光盘 PC) 及数字视频光盘 (DVD)

等形成了一个光盘族。但无论基于何种形式的光盘, 其刻写速度都很慢, 不能满足工程上存储实时性要求。

非线性编辑系统中存储媒体的发展趋势:

- (1) 存储媒体是否与计算机系统兼容;
- (2) 存储媒体的容量是否满足视频信息的需要;
- (3) 单位记录时间所需成本的多少;

从这三条看, 计算机硬盘最符合这一趋势。随着数字视频技术的发展以及磁盘功能的日益完善, 磁盘在很长时间内成为实时存储的主要媒体, 但快速 CPU 和慢速的磁盘 I/O 之间的“瓶颈”成为图像实时存储的一道难关。为此, 近年来提出了一种基于冗余磁盘阵列 RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) 技术的视频实时存储方案, 其硬件结构原理图如图 1。

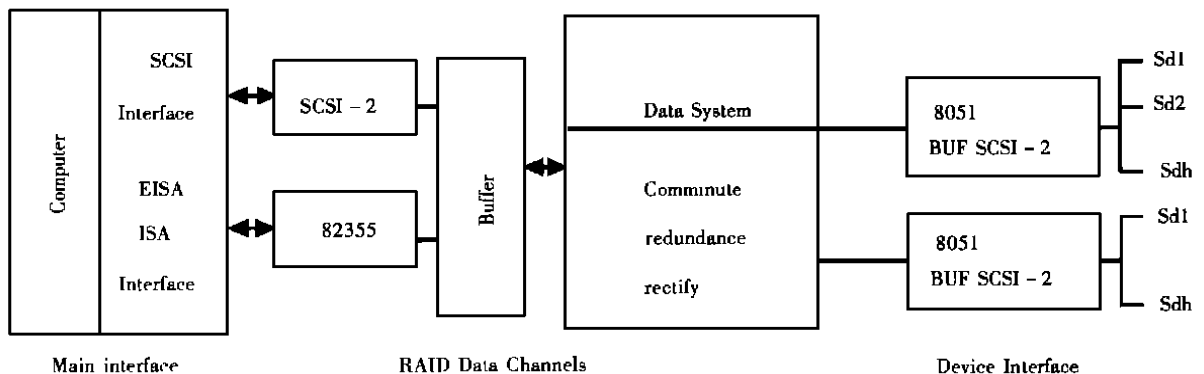


Fig. 1 Schematic diagram of RAID

从图可以看出, 磁盘阵列结构、技术复杂, 由于使用了大量的磁盘冗余, 所以成本较高。

近年来, 图像压缩技术发展较快, 基于各种变换及编码的数据压缩方法引起了广泛的兴趣。如何充分利用压缩技术, 完成视频信息实时记录, 是本文研究的中心思想。本文的主要内容是: 利用基于 DPCM 的预测编码原理实现视频图像的实时无失真压缩, 并把压缩后的图像记录于计算机的硬盘中, 这种利用计算机的硬盘实现视频的实时记录系统不仅继承了磁盘阵列的优点, 而且结构简单, 成本低廉, 便于图像的后期处理。

2 图像压缩原理

图像压缩着重于去除冗余, 使残差图像的熵尽可能的少。仙农编码定理指出: 信源的熵是平均码长的下限, 只有降低残差的熵, 才可能减少平均码长, 提高压缩比。图像的熵定义如下:

$$H = - \sum P_k \log 2P_k$$

其中 P_k 是灰度值为 K 的像素的概率, 残差图像的熵比原图像的熵要低, 并且概率分布很好的吻合零均值 Laplace 分布。

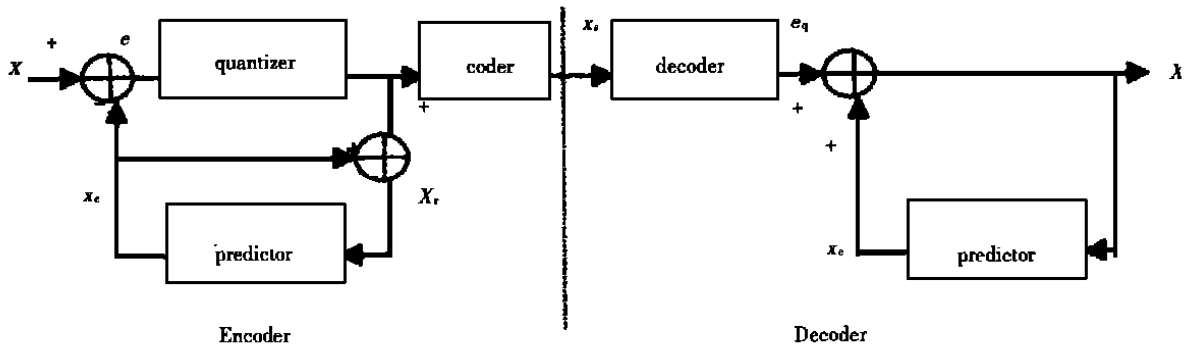


Fig. 2 Schematic diagram of DPCM

无损图像压缩分为去相关和对残差编码两步骤。DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 采用反馈方法预测估值, 组成框图如图 2。充分利用了图像相邻像素间较高的相似性, 图像中某个像素可以通过一定邻域以其它像素的线性组合来预测, 如下式:

$$x_e = \sum_{i,j \in R} a(m,n) x_r(i-m, j-n)$$

x_e 是预测值, R 为邻域, $a(m,n)$ 为预测系数, 编码器传输的是预测误差:

$$e(i,j) = x(i,j) - x_e(i,j)$$

解码器通过下式进行解码: $x_r = x_e(i,j) + e_q(i,j)$, 显然, 编解码器两端的预测器是相同的。

文献 [2] 证明了解码后的信号与压缩前的信号之间的误差是压缩端的量化误差 (量化噪声), 与解码器无关, 也就是说, 整个预测编码器的失真完全由量化器产生。所以证明了这类不带量化器的 DPCM 的编码压缩系统, 是“信息保持型 (lossless)”的。

霍夫曼编码是依据字符出现的概率来构造平

均长度最短的异字头码, 也称为最佳编码, 它也是无失真的编码方式。

3 新型视频采集电路的设计

一般经常使用的图像采集电路的结构如图 3 所示。

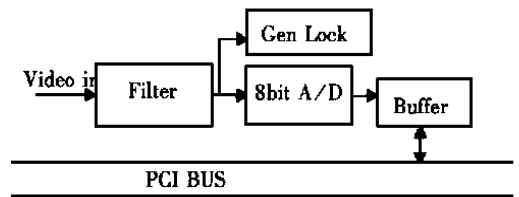


Fig. 3 Schematic diagram of radio grab circuit

由于采集的图像存于计算机的内存, 因此采集过程中大量占用计算机总线, 浪费计算机的资源, 不利于数据的传输、存储实时性要求。为了节省计算机总线资源, 设计了有两个独立帧存的图像采集电路, 便于图像的实时存储, 如图 4。

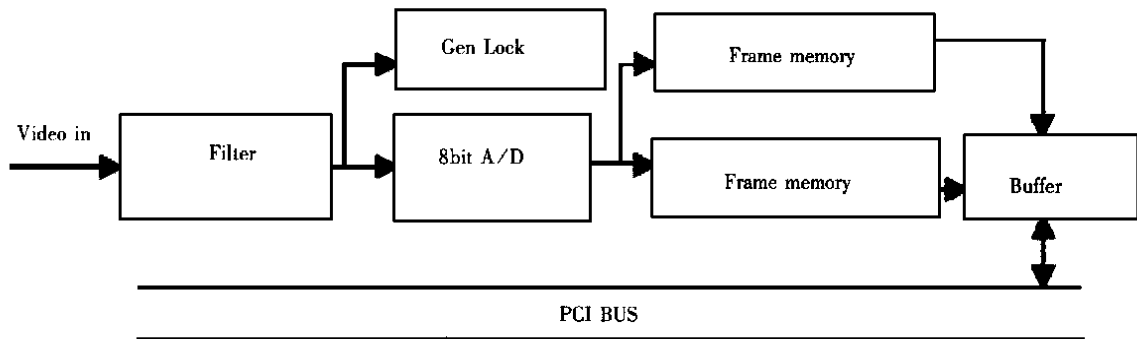


Fig. 4 The schematic diagram of video grab circuit with two frame memory

4 实时存储的实现

系统实现的原理图如图 5。

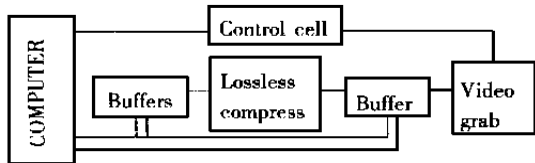


Fig. 5 Schematic diagram of real time record

5 计算机硬盘性能的分析

计算机硬盘由多个围绕同一个转轴的碟片组成,数据的读写通过磁头来完成。磁道是在同一面上的同心圆,每个面上的距转轴相同的磁道集合构成一个柱面。在每个磁道上又分成若干个扇区,柱面、磁道和扇区唯一确定硬盘上的一个位置。

现在大都采用一种叫做区域恒角速度(ZCAV-Zoned Constant Angular Velocity)的技术来制造硬盘,该技术根据硬盘磁道距转轴距离的不同改变每个磁道的扇区数,从而提高硬盘的容量。

硬盘的磁道瞬时传输速率可由下式计算:

$$R_{ins} = N \times R_{ov} \tag{1}$$

其中, R_{ins} —瞬时传输速率

N —每个磁道的字节数

R_{ov} —每秒转速

对实时高速数据录取系统而言,我们更关心长时间的持续传输速率,持续数据传输率(STR -Sustained Transfer Rate):

$$STR = \frac{h \times s \times R_{ins}}{h \times s + (h - 1) \times g_t + g_c} \tag{2}$$

其中, h —磁头的数目

s —每个磁道的扇区数

g_t —磁道切换的间隔,以扇区为单位

g_c —柱面切换间隔,以扇区为单位

硬盘内部数据传输率 $R(x)$:

$$R(x) = 0.75r_{max} - 0.75(r_{max} - r_{min}) \times x / C \tag{3}$$

其中, C —磁盘容量

r_{max}, r_{min} —手册提供的最大和最小内部数据传输率

x —磁盘的块地址

另外,缓存容量的大小对磁盘的性能(数据传输)也有很大的影响,具体请看参考文献[5]。

6 实验结果

实验表明,对于每帧 $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ 的视频图像序列可以实现 25 帧/秒的速度存盘(压缩比 2:1, CCIR 制式),实践证明了本文论述的实时存储方法是可以实现的,而且结构简单,方法实用,在非线性编辑系统及图像分析系统中,有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Rous P, Viergever M A. Reversible 3-D decorrelation of medical images[J]. IEEE Trans., medical imaging, 1993, 12(3):413- 420.
- [2] 吴乐南编著. 数据压缩的原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1996.
- [3] 张荣等编. 基于分类的多波段遥感图像无损压缩方法[J]. 中国图像图形学报, 1998, (2):106- 109.
- [4] 荆仁杰等编. 计算机图像处理[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1992.
- [5] 王福文等编. 高速数据录取系统中的硬盘性能的研究[J]. 电子技术应用, 1999, (5):9- 11.

Real-time Storage Based on HD

LI Qing-jun

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China*)

Abstract: The realtime storage for digital image is the base of video interpretation. With often recording video signal on the tape, low precision, however, is obtained because of the low distinguishing of video tape recorder. A method of realtime video storage is studied in the light of the characteristic of digital image, which make HD be a media through lossless compression of digital image. Realtime restorage for $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ video image can be realized by this method, and the architecture is simple and practical. So it is a new video storage method.

Key words: HD; realtime storage; image compression

作者简介: 李清军(1966-), 男, 辽宁北票市人。1990年毕业于吉林工业大学电子工程系, 获学士学位, 1995年在中国科学院长春光机所获机电控制及自动化专业硕士学位, 现为光机所在读博士, 从事视频图像处理及判读等研究工作。