

中值滤波在实时电视跟踪系统中的应用

郭 作 敏

摘要: 在分析了中值滤波的几种快速算法和硬件结构的基础上, 提出了一种新的实现中值滤波的硬件方法, 根据电视跟踪系统中图像的形成过程和系统对中值滤波的实时性和简便性的要求, 将一维中值滤波或可分离中值滤波用于电视跟踪系统, 并给出一个实时中值滤波器的小系统。

一、前 言

在电视跟踪系统对目标进行跟踪测量前, 如果能对获得的图像进行滤波预处理, 滤除杂波噪声干扰, 而对图像信息损失较小, 则可以增强图像信噪比, 更好地检测目标, 提高对目标跟踪的稳定性以及跟踪距离。

对图像的滤波方法很多, 主要的几种象高通滤波, 低通滤波, 取平均等, 它们都是线性图像滤波, 这些滤波在平滑图像的同时, 往往使图像的轮廓或细节变得模糊。因此, 寻找一种能保护图像边缘, 不使其模糊, 仅仅去除噪声的滤波器是非常必要的, 中值滤波就是一种能满足上述条件的滤波器, 它是一种非线性处理技术, 1971年由图基提出, 开始, 中值滤波用于时间序列分析, 后来被用于图像处理, 在去噪复原中得到了较好的效果。

在电视跟踪系统中如何采用中值滤波, 能够实时地完成对图像的预处理, 是本文的目的。

二、中值滤波的理论

1. 中值滤波的定义

通过下式定义一个大小为 n (n 为奇数), 对序列 $(x_i, i \in z)$ 的一维中值滤波器:

$$y_i = \text{median } x_i = \text{median}(x_{i-v}, \dots, x_i, \dots, x_{i+v}), i \in z$$

式中 $v = (n-1)/2$, z 表示所有自然数的集合

一个具有滤波器窗 A , 对于图像 $(x_{i,j}, (i,j) \in z^2)$ 的二维中值滤波器由下式定义:

$$y_{i,j} = \text{median}(x_{i+r, j+s}, (r, j) \in A), (i, j) \in z^2$$

可以使用各种形式的滤波器窗, 例如线段、正方形、十字形等等。

2. 中值滤波器的特性:

a. 如果所取的滤波器窗环绕原点对称的并且包含原点, 这样的中值滤波器保护任何边缘图像。

b. 只要所选择的滤波器窗口大小至少是脉冲宽度的两倍, 这样的中值滤波器就很适合

注: 本文作者的导师为宋建中

抑制这种脉冲噪声。

c. 中值滤波在抑制椒盐噪声和扫描器的丢行噪声方面非常有效。

3. 中值滤波器的几种相似形

a. 中值的线性组合

令 $A_k (k = 1, \dots, k)$ 为不同的窗口, 一个线性组合的中值滤波器定义为:

$$y_{ij} = \sum_{k=1}^k \alpha_k \text{median}(x_{ij})$$

式中 α_k 是实系数。

b. 加权中值滤波器

在严格的中值滤波器中, 窗口内所有的 x 值对所产生的输出都有相同的影响, 如果希望强调中间点或距中间点最近的几个点的作用, 可以采用加权中值滤波器。加权中值滤波的基本原理是改变窗口中变量的个数, 可以使一个以上的变量等于同一点的值, 然后对扩张后的数字集求中值。

c. 可分离中值滤波器

首先对图像的每一行施用一维中值滤波, 然后对所得图像的每一列再施用一维中值滤波, 也就是, 首先 $z_{ij} = \text{median}(x_{i, j-1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{i, j+1})$

然后 $y_{ij} = \text{median}(z_{i-1, j}, \dots, z_{ij}, \dots, z_{i+1, j})$

d. 最大中值滤波

以二维为例, 对 $a_{m, n}$ 点的最大/中值滤波定义为

$$y(m, n) = \max\{z_1, z_2, z_3, z_4\}$$

其中

$$z_1 = \text{median}(a_{m, n-1}, \dots, a_{m, n}, \dots, a_{m, n+1}),$$

$$z_2 = \text{median}(a_{m-1, n}, \dots, a_{m, n}, \dots, a_{m+1, n}),$$

$$z_3 = \text{median}(a_{m+N, n-N}, \dots, a_{m, n}, \dots, a_{m+N, n+N}),$$

$$z_4 = \text{median}(a_{m-N, n-N}, \dots, a_{m, n}, \dots, a_{m+N, n+N}).$$

因此, 最大/中值滤波的滤波窗若为 $2N+1$, 则共有 $8N+1$ 个点。

三、中值滤波的几种快速算法

算法 I, 这是一种基于直方图统计上的方法, 它根据这样的事实: 当窗口被移动一个单位时, 包含在窗口中的样本, 只有一部分被去掉, 而加进等量的新样本。

设窗口为 $m \times n$ 的矩形窗, 其中 m 为列数, 假设这个窗口从左至右水平扫描, 而后再回到下一行重复扫描, 首先计算第一个窗口内图像象元的下列三个量: 灰度直方图、中值、灰度值小于中值的象元数, 然后, 每向右扫描一次, 对三个量更新, 得到新窗口的中值。

此算法的执行时间与象元的比特数成指数关系, 因此在象元的比特数较小的情况下, 用此方法是较好的。

算法 II, 这是一种逐位比较型的中值滤波算法, 从象元的最高位开始, 依次判定中值的每一位是 1 还是 0, 从而决定中值, 为了判断每一位, 组成了一个称作 a 的矩阵。

这种方法的计算时间是与数据的比特数成正比关系的。

算法Ⅲ，这也是一种逐位判定法，与算法Ⅱ不同的是，它组成了一个 m -矩阵，而决定 m -矩阵的工作要比决定 a -矩阵的工作简单。

算法Ⅳ，这种算法是按照某种规定生成一个称作双堆的数据结构，结构的中心点就是中值，当有一新值代替双堆中的一个元素时，就破坏了双堆的性质，将这个数和一个与它相邻的恰当元素交换，经过几次重复，就可恢复双堆性质，同时，也就得到了中值。

需交换的次数最多等于双堆的最长路径，因此与双堆的元素个数成对数关系。

在分析了四种快速算法后发现：快速算法的执行时间要比常规算法快得多，但远远满足不了电视跟踪系统实时性的要求。

四、实现中值滤波的一种新的硬件结构

在中值滤波的硬件实现上，目前已有的几种，结构都很复杂，难于应用到实际中去，因此，本人提出了一种新的硬件结构，它的设计思想是这样的：通过统计窗口内象元的直方图，进行累加，比较，来得到中值，具体可通过下面步骤：

a. 统计窗口中每个象元出现的次数（即象元直方图），以每个象元值为地址，以其直方图为内容，存入到RAM里。

b. 将设在窗口内出现过的象元值为地址的单元，存入数据零。

c. 从00单元开始，依次累加每个单元的内容，当累加结果第一次大于 $(N \star N - 1) /$ 时，累加到的单元的地址就是窗口的中值。

完成上述三步，可分二部分，一部分统计直方图，一部分对直方图进行累加、比较和求中值。为了提高速度，可将二部分都用硬件完成。这样在象元用4bit表示，时钟为 5M的情况下，计算一个中值只用 $3.2\mu s$ 。

用这种方法能使任意的滤波器窗，结构都不变，而且，对于取二维滤波窗，这种结构也是最简单的。

但是，用这种结构处理视频信号时，对于一场 512×512 个象元，在时间上是达不到实时的，因此，这种结构不能应用到电视跟踪系统中。

五、中值滤波在实时电视跟踪系统中的实现

在电视跟踪系统中，要在每场（20ms）的时间内，完成一系列操作，包括对图像进行预处理，确定目标位置，提供目标偏离视场中心的偏差，发出控制指令等，中值滤波作为电视跟踪系统中预处理的一部分，对它的实时性和简便性的要求是很高的，不同于单纯图像处理中的中值滤波，电视跟踪系统中的中值滤波，是以增强实时提取目标信号能力为目的，仔细分析一下电视跟踪系统中视频信号的形成和对视频信号的处理过程就明白，以稍微降低滤波效果的代价来达到简单和实时的目的是合理的，因此，在电视跟踪系统中，可以采用一维中值滤波或可分离中值滤波，它们都能达到

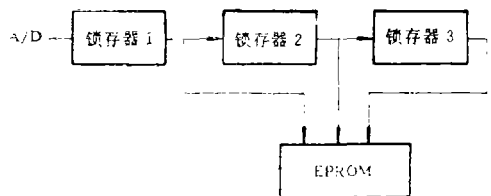


图 1

满意的实时滤波效果，但可分离中值滤波在结构上要比一维中值滤波复杂。

实现一维中值滤波，可用图 1 结构。

用三个锁存器接收从 A/D 变换出来的象元，每三个象元（即一个窗口）对 EPROM 寻址，这三个象元的中值事先已存在 EPROM 中的相应单元里，EPROM 的输出就是窗口的中值。

可分离中值滤波是在上面行滤波之后，再进行场滤波，实现框图 2。

用三片 RAM，实时存贮三行数据后，进行如下操作：

1. 将存储器中的原存数据读至寄存器，供中值滤波用，此时， $\overline{WE} = 1$ ，开关置 1 位置。

2. 存储器进行写操作，将原存在 D_i 数据位的一行图像依次写到 D_{i+1} 位， D_0 位存入新的图像数据。此时， $\overline{WE} = 0$ ，开关接到 2 位置。

因此，寄存器每次锁存的三个数据是同一列上的三个象元，将它们作为地址，对 EPROM 寻址，仍用查表法，完成求中值部分。

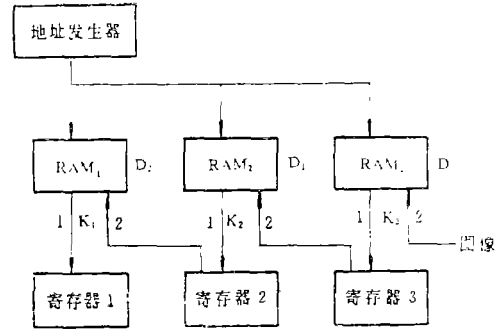


图 2

六、结 果 讨 论

分别以一维和可分离中值滤波为主体，加上输入输出部分，构成一个中值滤波器小系统，用这个系统对输入图像进行中值滤波，对结果分析如下：

1. 从示波器上观察滤波前后图像某一行的波形看到，分布在每一行的高频噪声，经滤波后大部分被滤除，波形变得干净。

2. 边缘图像经中值滤波后，边缘保持不变。

3. 一幅加有椒盐噪声的图像，经中值滤波后，散布在图像中的黑白点子，有的滤除，有的保持，这是因为 $1 \star 3$ 的中值滤波只能滤除脉冲宽度为 1 个象元的噪声，而多于一个的脉冲会保持不变。

4. 从图像上看，二维中值滤波（ $3 \star 3$ ）与可分离中值滤波效果差不多，均比一维的好，但从视频信号的波形上看，三者的效果相差不大，而从结构的复杂程度和实时性看，一维的最好。

参 考 文 献

- [1] 黄煦涛,《二维数字信号处理 II》,科学出版社,1985
- [2] Thomas S. Huang; IEEE-Trans, ASSP-27 No. 1, 13, 1979
- [3] Jaakko T. Astola; IEEE-Trans, ASSP-37, No. 4 572, 1989
- [4] V. V. Bapeswara Rao; IEEE-Trans, ASSP-34 No. 6, 1674, 1986
- [5] E. Ataman; IEEE-Trans, ASSP-28, No. 4, 415, 1980

Implementation of Median Filter in the Real-time Video Tracking System

Guo Zuomin

Abstract

In this paper, four fast algorithms of median filter (MF) are analysed and a new hardware structure of MF is proposed. Based on the characteristic of video signal and the requirement of TV Tracking Systems, a 1×3 1-D MF or the separated MF is most suitable for using in the TV Tracking System to filter out the noise signal from video signal. Also the circuits and results are discussed in detail in this paper.