

层叠加权中值滤波器

王伟 赵春晖

(哈尔滨工业大学自动化测试与控制系, 哈尔滨 150001)

摘要 利用层叠滤波器的阈值分解特性, 提出了一种基于阈值分解结构的滤波器——层叠加权中值滤波器。该滤波器结构简单, 易于并行处理和通过 VLSI 实现。图象处理仿真实验表明, 其具有良好的滤波效果。

关键词 阈值分解, 层叠滤波, 其加权中值滤波

1 引言

层叠滤波器是近年来发展起来的一种非线性滤波器^[1]。它的优点是: (1) 采用阈值分解结构, 利于并行处理和通过 VLSI 实现, (2) 概括了许多非线性滤波器, 成为研究非线性滤波的一种重要理论工具^[2]。加权中值滤波因具有良好的去噪保边特性而成为人们研究的热点。缺点是计算量大, 滤波速度慢。本文利用层叠滤波器理论, 构造了一种新型结构的加权中值滤波器, 该结构利于并行处理和通过 VLSI 实现, 因而, 有助于信号的实时处理。

2 层叠滤波器理论

层叠滤波器是基于阈值分解特性和层叠特性而发展起来的一种新型滤波器。下面分别给出相关的一些基本概念。

定义 1 一个取值在 M 范围内的一维信号 \vec{X} 的阈值分解结果是 $M-1$ 个二值信号, 称为阈值信号, $\vec{x}^1(n), \vec{x}^2(n), \dots, \vec{x}^{M-1}(n)$, 定义如下:

$$\vec{x}^m(n) = T^m(\vec{X}(n)) = \begin{cases} 1 & X(n) \geq m \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

这些阈值信号 $\vec{x}^m(n)$ 的和为 $\vec{X}(n)$ 。

$$\sum_{m=1}^{M-1} \vec{x}^m(n) = \vec{X}(n) \quad (2)$$

式中, $\vec{x}^1(n) \geq \vec{x}^2(n) \geq \dots \geq \vec{x}^{M-1}(n)$, 称序列具有层叠性。

定义 2 N 个变量的布尔函数 $f: \{0, 1\}^N \rightarrow \{0, 1\}$, 当任取两个矢量 \vec{X}, \vec{Y} , 若 $\vec{X} \geq \vec{Y}$, 则, $f(\vec{X}) \geq$

$f(\vec{Y})$, 称该布尔函数具有层叠性。

定义 3 基于布尔函数 f 的层叠滤波器 S_f 定义如下:

$$S_f(\vec{X}) = \sum_{m=1}^{M-1} f(\vec{x}^m) \quad (3)$$

式中, $\vec{X} = [X_1, X_2, \dots, X_N]$, $\vec{x}^m = T^m(\vec{X}) = [T^m(X_1), T^m(X_2), \dots, T^m(X_N)]$ 。

3 层叠加权中值滤波器

加权中值滤波是先根据加权系数对滤波窗内各元素进行复制, 然后再对所有元素进行排序取中值的一种非线性滤波。实质上, 加权中值滤波增加了排序元素的个数, 因而增加了计算量。

层叠加权中值滤波是把输入信号阈值分解为多个二值信号, 对每一个二值信号序列分别进行加权中值滤波, 最后把这些二值输出信号合成最终的输出信号(见图 1, 滤波窗大小为 3, 加权系数为 2, 3, 2)。这种实现加权中值滤波的结构称为阈值分解结

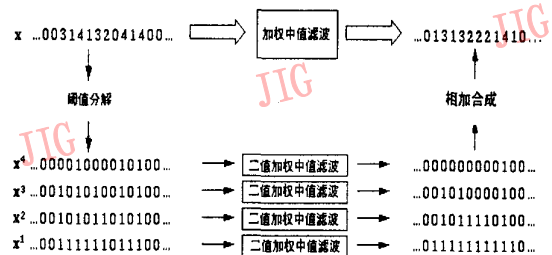


图 1 一维层叠加权中值滤波流程

Fig. 1 The flow chart of 1-D stack weighted median filtering

构,该结构适于并行处理,采用 VLSI 实现将有助于满足信号处理的实时性要求。

对于二维图象信号,设 $\vec{I}(m,n)$ 是一大小为 $M \times N$, 灰度级在 L 范围内的数字图象, $I(m,n)$ 为图象内 (m,n) 点象素的灰度值 $(0 \leq I(m,n) \leq L-1)$, 阈值分解后的图象序列为 $i^1(m,n), i^2(m,n), \dots, i^{L-1}(m,n)$

$$i^l(m,n) = T^l(\vec{I}(m,n)) = \begin{cases} 1 & I(m,n) \geq l \\ 0 & I(m,n) < l \end{cases} \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{L-1} i^i(m,n) = \vec{I}(m,n) \quad (5)$$

例如,一个大小为 4×4 的 4 级灰度图象阈值分解过程如图 2 所示, (a) 为原图象, (b) (c) (d) 分别对应阈值为 1, 2, 3 时的阈值分解图象。

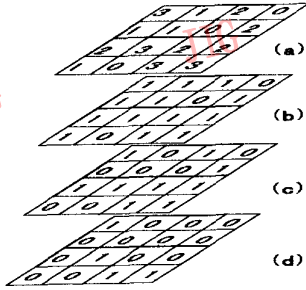


图 2 图象信号的阈值分解

Fig. 2 Decomposition of image signal

下面讨论二值信号的加权中值滤波过程, 设滤波窗内有 M 个元素, 用 $B_M(x_1, x_2, \dots, x_M)$ 表示窗口内元素的二值中值滤波布尔函数, 显然下式成立:

$$B_M(x_1, x_2, \dots, x_M) = \begin{cases} 1 & \text{窗口内 1 的个数} \geq \frac{(M+1)}{2} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (6)$$

$$B_M(x_1, x_2, \dots, x_M) = \begin{cases} 1 & \sum_{i=1}^M x_i \geq \frac{(M+1)}{2} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (7)$$

若 w_1, w_2, \dots, w_M 分别表示 x_1, x_2, \dots, x_M 的加权中值滤波加权系数, $B_{WM}(x_1, \dots, x_1, x_2, \dots, x_2, \dots, x_M, \dots, x_M)$ 表示二值加权中值滤波布尔函数, 根据式(7)得

$$B_{WM}(x_1, \dots, x_1, x_2, \dots, x_2, \dots, x_M, \dots, x_M) =$$

$$\begin{cases} 1 & \sum_{i=1}^M w_i x_i \geq \frac{(\sum_{i=1}^M w_i + 1)}{2} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad (8)$$

可见, 二值加权中值滤波只须在滤波条件中直接对滤波窗内各元素进行加权, 实现简单。

4 计算机模拟实验结果

采用大小为 5×5 的滤波窗口, 对大小为 $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ 灰度级加噪图象进行层叠加权中值滤波, 加权系数如图 3 所示, 图 4 和图 5 分别为原始图象和噪声污染图象, 正负脉冲概率为 10%, 图 6 为滤波结果。层叠加权滤波器不仅有效地抑制了图象中的噪声, 而且较好地保持了图象的边缘细节信息。

1	1	1	1	1
1	2	2	2	1
1	2	3	2	1
1	2	2	2	1
1	1	1	1	1

图 3 加权系数

Fig. 3 Weighted coefficients



图 4 原始图象

Fig. 4 Original image



图 5 加噪图象

Fig. 5 Noisy image



图 6 滤波后的图象

Fig. 6 Result of filtering

5 结 论

层叠加权中值滤波器不仅具有加权中值滤波的良好去噪保边特性, 而且在滤波器结构上有利于并行处理和采用 VLSI 硬件实现。因此, 在图象处理等计算量较大、实时性要求较高的领域, 有很好的应用前景。
(下转 508 页)

A Simple Algorithm for Mandelbrot Set and Julia Set Drawing

Li Yibiao

(Computer Centry, Shengyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shengyang 110015)

Lidong

(Computer Department, ShenYang Pharmaceutical University, Shengyang 110015)

Abstract This paper introduce a sort of simple Algorithm for Julia set and Mandelbrot set drawing. It don't require high-performance computers, but can be realized on common computers.

Keywords Mandelbrot set, Julia set, Fractal

(上接 505 页)

参考文献

- 1 Wendt P D, Coyle E J, Gallagher C. Stack filters. IEEE Trans. 1986. 8, ASSP-34, (4):898~911.
- 2 Akopian D, Vainio O, Agaian S, Astola J. Processors for generalized stack filters. IEEE Trans. 1995. 6, SP-43(6):1541~1546.



王伟, 哈尔滨工业大学自动测试与控制系博士研究生。1996 年获哈尔滨工程大学电子工程系信号处理专业硕士学位。研究方向为: 计算机图象处理与模式识别, 非线性滤波。

Stack Weighted Median Filter

Wang Wei, Zhao Chunhui

(Dept, of Automatic Test and Control of HIT, Haerbin 150001)

Abstract Taking advantage of the threshold decomposition property of stack filter, a stack weighted median filter is presented based on the threshold decomposition architecture. It allows parallel process and VLSI implementation, and is effective in the application of image process.

Keywords Threshold decomposition, Stack filtering, Weighted median filtering