

基于均值滤波和小波变换的图像去噪技术研究

颜 兵,王金鹤,赵 静

(青岛理工大学 计算机工程学院,山东 青岛 266033)

摘 要:采用均值滤波和小波变换相结合的图像去噪方法是先将含噪图像进行小波分解,在小波域中,选取适当的阈值对小波系数进行处理,然后对图像信号进行局部重构至第一层,并采用不同的模板对第一层的各细节子图像进行均值滤波,最后将低频近似图像与均值滤波后高频细节图像合成得到去噪后的图像。这种方法与全局 Donoho 软、硬阈值小波去噪方法和 Birge-Massart 策略软、硬阈值小波去噪方法相比,其去噪效果更为明显。它在降低了图像的噪声的同时,又尽可能地保留图像的细节,且图像更加平滑。仿真实验证明,该方法是一种有效的图像去噪方法。

关键词:图像噪声;均值滤波;小波变换;去噪

中图分类号:TN911.73

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)02-0051-03

Research of Image De-noising Technology Based on Mean Filtering and Wavelet Transformation

YAN Bing, WANG Jin-he, ZHAO Jing

(School of Computer Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

Abstract: A method of image de-noising technology based on the mean filtering and wavelet transformation is proposed. Firstly noised-image was decomposed by wavelet transformation and the wavelet parameters were processed using reasonable threshold value in the domain of wavelet. Then the image can be reconstructed correctly to the first layer and according to respective characteristics every sub-band images were denoised by different filter templates. Lastly denoised-image was obtained by composing the three high frequency detail images with mean filtering and low frequency approximation image. Compared with the wavelet de-noising methods of global Donoho soft, hard threshold and the wavelet de-noising methods of Birge-Massart strategy soft, hard threshold, the de-noising effect of this way is more obvious. It not only reduces the noise of the image, but also retains the detail of the image, and the image looks more smoother. The experiment proves this method is an effect way of de-noising image.

Key word: Image noise; mean filtering; wavelet transformation; de-noising

0 引言

图像噪声可以理解为妨碍人的视觉器官或系统传感器对所接收图像源进行理解或分析的各种因素,它影响图像处理的输入、采集、处理的各个环节以及输出结果的全过程,去噪已成为图像处理中极为重要的步骤之一^[1]。

传统的去噪方法通过一个滤波器将被噪声干扰的信号滤除掉噪声频率的成分,但对于白噪声、脉冲信号、非平稳过程信号等,传统的方法存在一定局限性。对这类信号,在低信噪比情况下,经过滤波器处理,在一定程度上能够抑制图像的噪声,但信噪比得不到较

大的改善,而且损害了图像的边缘即高频细节信息,使去噪后的图像变得模糊。小波由于具有低熵性、多分辨率、去相关性、选基灵活性等特点,在时域和频域同时具有良好的表征信号局部信息的能力,在图像去噪中得到越来越广泛的应用^[2]。

1 均值滤波

均值滤波是空间域中的一种传统的图像去噪方法,它在图像去噪中的应用思路主要是采用各种图像平滑模板对图像进行卷积处理,以达到抑制或去除噪声的目的。

均值滤波的基本思想是用几个像素的灰度平均值来代替某一个像素的灰度值。对于给定图像 $f(x, y)$ 中的某个像素点 (x, y) , 其邻域 S 中含有 M 个像素, 均值滤波平滑处理后的图像为 $g(x, y)$, $g(x, y)$ 由下式定义:

收稿日期:2010-07-08;修回日期:2010-10-13

基金项目:山东省教育科技计划项目(J08LJ64)

作者简介:颜 兵(1982-),女,山东泰安人,硕士研究生,研究方向为图像处理;王金鹤,副教授,博士,研究方向为计算机图形图像处理,计算机视觉等。

$$g(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{(i, j) \in S} f(x, y) \quad (x, y) \notin S \quad (1)$$

2 小波去噪

小波变换在图像去噪上的应用思路主要采用人们所熟知的将空间或时间域上的含噪图像信号(数据)变换到小波域上,成为多层的小波系数,根据小波基的特性,分析小波系数特点,结合常规的图像去噪方法或提出更符合小波变换的新方法来处理小波系数,再对处理后的小波系数进行反变换(逆变换),得到去噪后的图像。

基于小波变换的图像去噪方法利用小波变换中的变尺度特性对确定图像信号具有一种“集中”的能力^[3,4]。如果一个图像信号的能量集中于小波变换域少数系数上,那么对这些系数的取值必然大于在小波变换域内能量分散于大量小波系数上的图像信号或噪声的小波系数值。常用的去噪方法有小波变换模极大值去噪法、基于小波域相关性的去噪方法、非线性小波变换阈值去噪法^[5]。文中主要针对小波变换阈值法进行探讨。

3 均值滤波与小波变换相结合的图像去噪方法

3.1 算法描述

均值滤波是一种简单的空域处理方法,它能滤掉一定的噪声,主要优点是算法简单,计算速度快,但它在抑制噪声的过程中会损失图像的边缘等细节信息,从而导致整幅图像的模糊不清,而小波分析在图像处理中具有很强的图像增强能力^[6],文中采用两种去噪方法的结合来处理含噪图像。

基于均值滤波和小波变换的图像去噪方法步骤:

(1) 图像信号的小波分解:选定合适的小波基并确定小波分解的层次 N , 然后对图像进行 N 层小波分解。

(2) 小波分解高频系数的阈值量化:对分解得到的各层系数用阈值量化每层的高频系数,得到处理后的小波系数。

(3) 图像信号的局部重构:将阈值化处理后的小波系数从第 N 层重构至第一层。得到第一层重构低频近似子图像、水平细节子图像、垂直细节子图像和对角细节子图像。

(4) 均值滤波:第一层的重构低频近似子图像保持不变,对水平细节子图像、垂直细节子图像和对角细节子图像采用不同的模板进行均值滤波。

(5) 恢复图像:将重构的低频近似子图像和均值滤波处理过的水平细节子图像、垂直细节子图像和对

角细节子图像进行叠加,得到去噪后的图像。

3.2 去噪算法中几个相关参数的选取问题

(1) 阈值函数的选取。

原始图像经过小波变换后,绝大部分能量集中在少数低频系数上,而极小部分能量分散在高频小波系数上。白噪声在任何正交基上的交换仍然是白噪声,并且有着相同的幅度。相对而言,信号的小波系数值必然大于那些能量分散且幅值较小的噪声的小波系数值^[7]。选择一个合适的阈值,对小波系数进行阈值处理,就可以去除噪声并保留有用信号。

在小波阈值去噪中,阈值函数体现了对超过和低于阈值的小波系数模的不同处理策略以及不同估计方法^[8]。常用的阈值函数有硬阈值函数和软阈值函数两种^[9,10]。

1) 硬阈值函数定义为:

$$\hat{\omega}_{j,k} = \begin{cases} \omega_{j,k} & |\omega_{j,k}| \geq \lambda \\ 0 & |\omega_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (2)$$

2) 软阈值函数定义为:

$$\hat{\omega}_{j,k} = \begin{cases} \text{sgn}(\omega_{j,k}) (|\omega_{j,k}| - \lambda) & |\omega_{j,k}| \geq \lambda \\ 0 & |\omega_{j,k}| < \lambda \end{cases} \quad (3)$$

硬阈值函数可以很好地保留图像边缘信息的局部特征,但重构的信号会产生一些振铃、伪 Gibbs 效应等视觉失真,而软阈值函数处理结果相对平滑得多,但会造成边缘模糊等失真现象^[11]。为此文中采用一种改进的小波系数估计模型,即半软阈值方法,其阈值函数为:

$$\hat{\omega} = \begin{cases} 0 & |\omega_{j,k}| \leq \lambda_1 \\ \text{sgn}(\omega_{j,k}) \frac{\lambda_2 (|\omega_{j,k}| - \lambda_1)}{\lambda_2 - \lambda_1} & \lambda_1 < |\omega_{j,k}| \leq \lambda_2 \\ \omega_{j,k} & |\omega_{j,k}| > \lambda_2 \end{cases} \quad (4)$$

其中 λ_1 为下阈值,并且 $\lambda_1 = \sigma \sqrt{2 \ln N}$, λ_2 为上阈值,其值为 $\lambda_2 = 0.5 * \lambda_1$ 。

(2) 阈值选取方法。

在小波阈值去噪中,阈值的选取很关键。阈值越小,去噪后的图像与输入比较接近,但残留了较多的噪声。若阈值较大,则得到较多为零的小波系数,对于软阈值策略重建图像变得模糊,硬阈值策略下的重建图像包含较多的伪边缘^[12]。目前常用的确定阈值的方法有:

a. 由 Donoho-Johnstone 提出的全局阈值选取模型,其大小为:

$$T = \sigma \sqrt{2 \ln N} \quad (5)$$

其中 σ 为噪声图像的标准差, N 为图像的长度。

b. Penalized 函数得到的全局阈值去噪方法,小波

变换中的阈值由下式给出:

令 t^* 为使函数 $\text{crit}(t) = - \sum_{k \in S} c_k^2 + 2\sigma^2 t(\alpha + \log(n/t))$ 取得最小值的 t , 其中 c_k 是小波系数, n 为小波系数的个数, σ 为噪声的标准差, α 为调整参数, α 必须是大于 1 的实数, 其值越大, 去噪后的小波系数表示越稀疏, 重建后信号也会变得更加光滑。一般值为 1 至 2 之间。

c. Birge-Massart 策略^[9]得出的多层阈值去噪方法, 其策略如下:

① 给定一个指定的分解层数 j , 得出分解的近似 c 和细节 a 部分, 对 $j+1$ 以及更高层, 保留所有系数;

② 对于第 i 层 ($1 \leq i \leq j$), 绝对值最大的 n_i 个系数被保留, n_i 由以下确定:

$n_i = M/(j+2-i)^{\text{alpha}}$, 式中 M 和 alpha 为经验系数, 缺省情况下取 M 取第一层分解后的系数长度 $L(1)$, 即 $M = L(1)$ 。 alpha 的取值因用途不同而不同, 在图像去噪中 alpha 一般取值为 3。

(3) 均值滤波模板的选择。

图像细节信息主要分布在高频区域, 所以均值滤波的过程会导致图像变模糊。如果模板选取的过大, 则这种模糊会加剧; 模板选择的较小, 去噪能力会下降^[6]。对重构的图像进行均值滤波时, 水平细节子图像包含了图像信号在水平方向上的高频信息和垂直方向上的低频信息, 采用图 1(a) 所示的水平线模板进行滤波, 既能有效地去除水平方向的噪声, 同时又较好地保留了垂直方向的低频信息。垂直细节子图像包含了图像信号在垂直方向的高频信息和水平方向的低频信息, 采用图 1(b) 所示的垂直线模板进行滤波, 既能有效地去除垂直方向的噪声, 同时又较好地保留了水平方向的低频信息。对角线细节子图像包含了图像信号在对角方向的高频信息, 采用图 1(c) 所示的对角线模板进行滤波, 在一定程度上能去除对角方向的噪声。

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(a)

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

(b)

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(c)

图 1 均值滤波模板

3.3 实验结果及分析

为了说明提出的方法的有效性, 用大小为 256×256 的标准测试 lena 图像作为输入, 分别与全局 Donoho 软、硬阈值小波去噪方法和 Birge-Massart 策略软、硬阈值小波去噪方法比较。在实验中选择 sym4 小波基做 2 层小波分解。图 2(a) 为用 imnoise 添加方差为 0.01 的高斯噪声的图像, 图 2(b) 至图 2(f) 分别显示

了用上面所说的几种方法的去噪效果图。

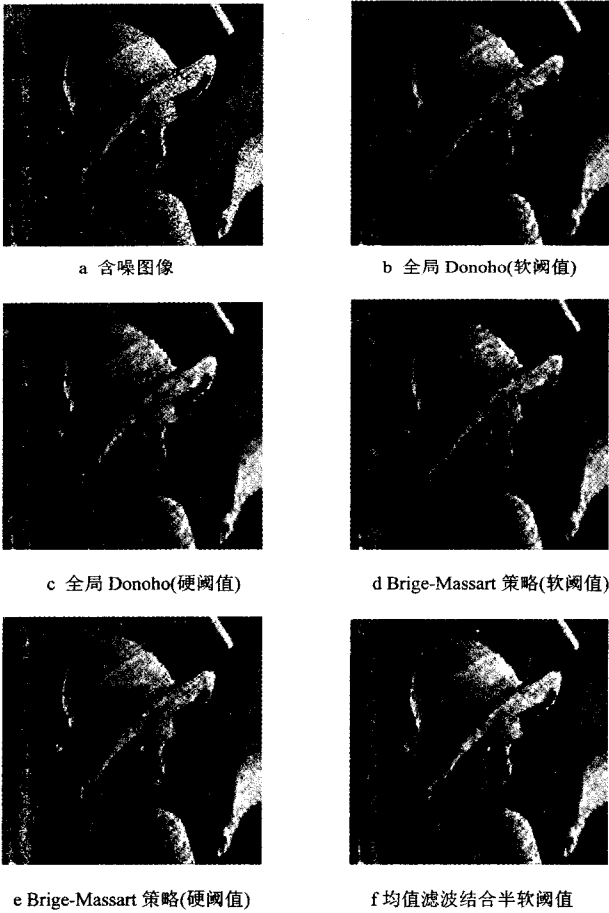


图 2 几种去噪方法效果比较图

可以看到, 用文中提出的均值滤波结合小波变换的去噪处理方法, 比用全局 Donoho 软、硬阈值方法、Birge-Massart 策略软、硬阈值去噪方法得到视觉更好的图像, 图像细节得到较好的保留, 而且图像更加平滑, 仿真实验效果较好。另从表 1 中可以看出本文所提出的均值滤波结合小波变换的方法去噪效果显著, 信噪比在一定程度上有所提高, 所以不论是从主观图像质量评价标准还是从客观质量评价标准来看, 所提出的方法是一种有效的图像去噪方法。

表 1 几种去噪方法的 PSNR 值比较 (dB)

含噪图像	全局 Donoho 软阈值	全局 Donoho 硬阈值	Birge-Massart 策略 软阈值	Birge-Massart 策略 硬阈值	均值滤波结合半软阈值
20.1822	24.7000	25.0848	25.3319	25.6476	25.7775

4 结束语

文中所提出的均值滤波结合小波变换的图像去噪方法在一定程度上对噪声有所抑制, 去噪效果较好。同时也说明, 小波变换与其它常规的图像去噪方法的结合, 能充分利用各自的优点, 较好的改善滤波性能, 具有可行性。

(下转第 57 页)

了 I 帧尽可能不被丢弃。从而进一步提高了视频传输质量。在视频传输质量的对比方面,以上三组实验情况下的视频传输的峰值信噪比 PSNR,I、P、B 帧的丢失率,以及总丢失率如表 1 所示。

表 1 MPEG 在三组实验中的视频传输质量统计

	平均峰值信噪比 (PSNR)	MPEG 帧丢失率(%)			分组丢失率(%)
		I	P	B	
实验 I	33.01963	1.72	5.36	37.57	32.182
实验 II	40.86334	0.03	0.17	1.39	0.733
实验 III	42.74353	0	0	1.83	0.842

从表 1 中可以看出,在第一组实验中,不采用优先级机制时,作为视频传输质量评价指标的峰值信噪比较低,为 33.01963。对于 MPEG 视频流,其 I、P、B 帧均有一定比例的丢弃,总的分组丢失率也较高。而在第二组实验中,采用了文中提出的优先级机制,视频流量设定了较高的优先级,视频流量得到了较好的改善,峰值信噪比为 40.86334。但 MPEG 视频流中的 I、P 帧均有不同程度的丢弃。而在第三组实验中,在进一步引入流内优先级情形下,视频传输质量得到了很好的改善,峰值信噪比提高为 42.74353,而且在网络拥塞时,I、P 帧得到了较好的保护,这是因为流内优先级机制在网络拥塞时,优先丢弃优先级较低的 B 帧,通过丢弃重要性较低的 B 帧缓解了网络拥塞状况,提高了视频传输质量,也证明了文中所提出算法的有效性。

5 结束语

文中以视频流传输应用为研究背景,对视频流编码和传输特性进行了分析,并提出了一种基于流间优先级和流内优先级的视频流传输控制算法 PDVT,并通过仿真实验进行了验证。仿真实验表明,文中提出的 PDVT 算法能够向不同优先级流提供区分服务,大大提高了视频流传输质量。

(上接第 53 页)

参考文献:

[1] 赵书兰. MATLAB R2008 数字图像处理与分析实例教程[M]. 北京:化学工业出版社,2009.

[2] Vidakovic B, Johnstone C B. On time dependent wavelete denoising[J]. IEEE Trans Signal Processing, 1998, 46 (9) : 2549-2551.

[3] Burrus C S, Gopinath R A, Guo h T. Introduction to Wavelets and wavelet Transform [M]. [s. l.]:Prentic Hall, Upper Saddle River, 2002.

[4] Daubechies I. The Wavelet Transform: Time-frequency localization and signal analysis[J]. IEEE Trans Theory, 2000, 36: 961-1005.

[5] 王 茜. 小波变换及在图像去噪中的应用[J]. 福建电脑,

参考文献:

[1] Ke C H, Shieh C, Hwang W, et al. An evaluation framework for more realistic simulations of MPEG video transmission[J]. Journal of Information Science and Engineering, 2008, 24(2) : 425-440.

[2] 罗建光, 张 萌, 赵 黎, 等. 基于 P2P 网络的大规模视频直播系统[J]. 软件学报, 2007, 18(2) : 391-399.

[3] 霍龙社. 互联网流媒体传输关键技术研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2006.

[4] Van G, David P, Reisslein M. Traffic characteristics of H. 264/AVC variable bit rate video[J]. IEEE Communications Magazine, 2008, 46(11) : 164-174.

[5] 周宁兆, 宋 彬, 常义林. 基于 H. 264/AVC 的视频通信抗分组丢失方法研究[J]. 计算机学报, 2006, 29(2) : 267-273.

[6] 刘 昊, 许 都. 视频在 IP 网络中传输的质量研究[J]. 电子科技大学学报, 2005, 34(6) : 1005-1008.

[7] Klaue J, Rathke B, Wolisz A. EvalVid - A framework for video transmission and quality evaluation[C]//Proc. of the 13th International Conference on Modelling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation. Urbana, Illinois, USA: [s. n.], 2003: 255-272.

[8] 王明伟, 李 琴, 王 奇, 等. 基于分层多播的视频传输拥塞控制算法研究[J]. 电信科学, 2010, 26(5) : 78-82.

[9] 陈 敏, 韦 岗. 一种适合实时变比特率视频传输的 IP 区分服务调度算法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(5) : 821-827.

[10] 王明伟, 王 奇, 杨 洁, 等. 基于 NS-2 的视频流仿真方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(2) : 117-120.

[11] McCanne S, Floyd S. The LBNL network simulator, ns-2 [EB/OL]. 2008. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.

[12] Patrick S, Frank H P, Martin R. Video Traces for Network Performance Evaluation[M]. [s. l.]:Springer Press, 2006.

2008(11) : 72-73.

[6] 史玉林, 李飞飞, 孙益顶. 基于均值滤波和小波分析的图像去噪[J]. 电子测量技术, 2008, 31(8) : 140-157.

[7] 陈武凡. 小波分析及其在图像处理中的应用[M]. 北京:科学出版社, 2002.

[8] 张德丰. 基于小波的信号阈值去噪算法研究[J]. 现代计算机, 2007(5) : 26-28.

[9] 周 密, 李尊尊, 耿国华. 基于小波阈值的图像去噪方法研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(5) : 22-24.

[10] 邢丹俊, 王继成. 基于提升小波的自适应阈值图像去噪[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(2) : 42-45.

[11] 赵婷婷, 苑惠娟, 邹延宏. 基于小波分析的阈值去噪改进算法[J]. 国外电子测量技术, 2007, 26(3) : 12-13.

[12] 尉世强. 一种改进小波阈值图像去噪方法[J]. 大众科学, 2007(13) : 38-39.