

一种基于图像边缘检测的全变分的去噪方法

黄 伟¹, 王书文²

(1. 西北民族大学 中国民族信息技术研究院, 甘肃 兰州 730030;

2. 西北民族大学 电气工程学院, 甘肃 兰州 730030)

摘 要:提出了一种基于边缘检测的全变分图像去噪方法。在利用全变分去噪之前,先用 Canny 算子检测图像的边缘,对检测出的边缘区域和非边缘区域做标记;然后在边缘和非边缘区域设置不同的均衡系数,利用全变分模型对图像进行去噪。实验结果表明该算法能抑制以往全变分模型方法产生的阶梯效应,具有较好的图像恢复效果。

关键词:图像去噪;Canny 算子;全变分;边缘检测

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)02-0024-03

Total Variation Image Denoising Based on Image Edge Detection

HUANG Wei¹, WANG Shu-wen²

(1. China Minorities Info. Techn. Inst., Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China;

2. College of Electrical Engineering, Northwest University for Nationalities, Lanzhou 730030, China)

Abstract: Presents a total variation(TV) image denoising based on edge detection. Before denoising in the use of TV model, the edge of a noised image was detected by Canny operator, and marked the detected image edge region and non-edge region. Then the different proportion coefficients were set in image edge and non-edge region, using TV model to carry on image denoising. Experiments show that the proposed method can not only restrain staircasing effect occurred in the previous TV model, but also has great restored effect.

Key words: image denoising; Canny operator; total variation; edge detection

0 引 言

在进行图像信息处理、图像获取和图像传播时都会产生噪声,而这些噪声的存在会对图像做进一步处理产生影响,因此去除噪声是不可避免的。传统的去噪过程就是对图像进行平滑处理,该操作很容易破坏图像的边缘,对图像的处理应该遵循图像边缘处平滑度小,图像平坦区域平滑度大的原则^[1]。

目前,基于全变分(Total Variation, TV)的非线性的各向异性扩散滤波是近年来飞速发展的滤波方法。其思想是将图像去噪建模成一个能量函数的最小化问题,使得图像达到平滑状态,其中最经典的是 Rudin-Osher-Fatemi 的全变分极小化方法(简称 ROF 模型)^[2]。该算法在图像的 TV 范数(TV norm)和逼真度(fidelity)之间找到一种平衡态,它虽能够解决保持边缘和抑制噪声这一矛盾,但均衡系数对图像中所有像素均取同一常数,忽略了图像的局部特征,有可能将

噪声当成边缘,在平滑区产生阶梯效应。

针对这种不足,文中提出了一种基于边缘检测的全变分图像去噪方法。在利用全变分去噪之前,先用 Canny 算子^[3]检测图像的边缘,对检测出的边缘部分和非边缘部分做标记;然后在边缘和非边缘区域设置不同的均衡系数,利用全变分模型对图像进行去噪。实验结果表明该算法能抑制最小化方法产生的阶梯效应,具有较好的图像复原效果。

1 边缘检测

图像的边缘检测常用梯度算子的检测方法,其中最简单的是 Roberts 算子,它是直接计算图像差分,边缘的定位准,但对噪声敏感;Sobel 算子和 Prewitt 算子都是加权平均,对噪声有抑制作用,像素的平均相当于对图像的低通滤波,即其边缘的定位不如 Roberts 算子;Laplacian 算子是二阶微分算法,对噪声比较敏感;LOG 算子^[4]先用高斯函数对图像作平滑处理,再采用无方向的 Laplacian 算子运算,提取零交叉点作为边缘,该算子会产生伪边缘,并且对噪声敏感,抗干扰性差。文中采用基于最优算法的 Canny 算子,它把边缘

收稿日期:2008-05-06

基金项目:国家自然科学基金项目(60675059)

作者简介:黄 伟(1982-),男,河南周口人,硕士研究生,研究方向为图像处理;王书文,教授,研究方向为图像处理和信息安全。

检测问题转换为函数极大值的问题,该算法具有低错误率,检测位置精度高且得出的边缘宽度为单像素等优点。

在提取图像边缘之前,先利用高斯函数对图像进行平滑,抑制噪声所产生的影响,其高斯函数为:

$$g(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

其中, σ 为高斯滤波函数的标准方差,它的选取对处理的结果影响较大,一般取 $1.0 \sim 2.0$ ^[5]。用一阶偏导数的有限差分计算梯度的幅度和方向:设 E_x 和 E_y 分别表示行列滤波器的一阶偏导数,计算图像 $f(x, y)$ 梯度的幅度和方向的公式如下:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \quad (2)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{E_y}{E_x}\right) \quad (3)$$

对梯度图像进行非极大值抑制:在图像 $f(x, y)$ 上的每个像素点 $f(i, j)$ 的 8 邻域中与沿着梯度方向 $\beta(i, j)$ 的两个像素进行比较,如果梯度方向上的两个点的梯度幅度均不小于中心处的幅度值 $E(i, j)$,则把 $f(i, j)$ 的灰度设为零。

用双阈值算法检测和连接边缘:根据图像的梯度直方图得到高阈值 T_1 和低阈值 T_2 ,对于经过非极大值抑制处理的图像按 T_1 和 T_2 进行两次阈值处理,如果像素点的幅度大于等于 T_2 ,则直接把此点标记为边缘像素点;如果像素点的幅度小于等于 T_1 ,则把此像素点标记为非边缘像素点;如果像素点的幅度 $E \in (T_1, T_2)$,则标记此像素点为准像素点。然后再搜索图像中的准像素点,并选择其 8 个邻域点的位置寻找是否有梯度值大于等于 T_2 的点,如果存在则把此点标记为边缘像素点,否则就标记为非边缘像素点。

2 基于图像边缘检测的全变分的去噪

设含噪图像的噪声模型为:

$$I_0(x, y) = I(x, y) + n(x, y) \quad (4)$$

其中, I 为未加噪声的原图像; I_0 为被噪声污染的图像; n 为加性噪声,这里设 n 为零均值,方差为 σ^2 的高斯白噪声。图像去噪的目标是根据观察到的含噪图像 I_0 得到原图像 I 的估计图像 \hat{I} 。使 \hat{I} 与 I 之差达到最小。

1992 年, Rudin, Osher 和 Fatemi^[2] 提出了一种基于全变分(TV)模型的去噪方法,其模型为:

$$E_\Phi = \int_{\Omega} (I - I_0)^2 dx dy + \lambda \int_{\Omega} \Phi(|\nabla I|) dx dy \quad (5)$$

其变分模型可推导 Euler - Lagrange 的方程为:

$$(I_0 - I) + \lambda \operatorname{div}\left(\Phi' \frac{\nabla I}{|\nabla I|}\right) = 0 \quad (6)$$

其中, $\Phi(\cdot)$ 设为凸函数且单调递增,可保证求的解是

存在的且唯一解^[6]; $\lambda > 0$ 表示均衡系数, $\int_{\Omega} (I - I_0)^2 dx dy$ 是逼真度(fidelity)因子, $\int_{\Omega} \Phi(|\nabla I|) dx dy$ 是正则性(regularizing)因子,此因子可以去除噪声。 λ 表示正则性和拟合之间的平衡,而全变分最小化就是为了寻找在使图像更加平滑(去除更多的噪声)和平滑后的图像更接近原图像之间最佳折中,因此这种方案的实现主要依靠 λ 的取值。 λ 取值越大,图像光滑的程度越高(去除的噪声多),同时也去除了过多的细节,如边缘变的模糊;当 λ 取值较小时,图像去除的噪声效果会不理想,保留了很多的噪声。文中利用 ROF 模型对基准图像 lena 加入高斯白噪声后进行去噪处理,实验结果见图 1。由图 1 可知:峰值信噪比(PSNR)随着均衡系数 λ 的变化快速达到最大后迅速下降,当 PSNR 达到最大值时,此时对应 λ 的值作为本图的最佳去噪效果。

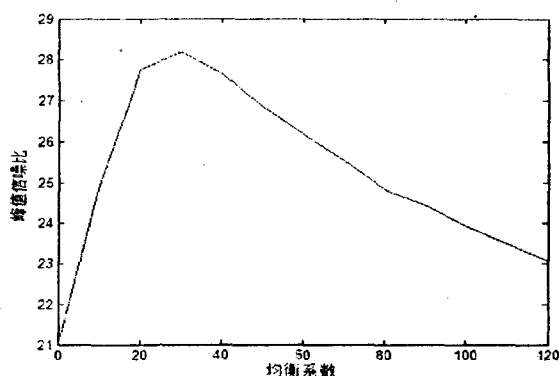


图 1 PSNR 随 λ 值改变的曲线图

该算法虽能够解决保持边缘和抑制噪声这一矛盾,但均衡系数 λ 对图像中所有像素均取同一常数,忽略了图像的局部特征,其去噪处理的效果不理想。因此,文中根据图像的局部特征,采取自适应方法取不同的均衡系数 λ ,使处理效果既不过分光滑图像又能很好地去除图像中的噪声^[7]:在图像的边缘区域,均衡系数 λ 取较小的值,更好地保留边缘,抑制平滑;在图像的非边缘区域,均衡系数 λ 取较大的值,为了很好地去除噪声,强制平滑。

综上所述,基于边缘检测的全变分去噪的具体步骤如下:

步骤 1 用 7×7 高斯滤波器对噪声图像 I_0 进行图像滤波,将滤波后的图像利用 Canny 算子提取图像的边缘,得到二值图像 E 。

步骤 2 二值图像 E 中像素值为 1 的点表示图像的边缘,将其对应像素点的标记 Flag 设为 1;否则,将其对应像素点的标记 Flag 设为 0,得到边缘被标定的图像 G 。

步骤 3 根据最小化全变分图像去噪模型对图像 G 进行处理,在图像的边缘区域和非边缘区域取不同的 λ 值。由 ROF 模型根据不同图像得到最佳效果(文中以 PSNR 最大为最佳)时 λ 的取值,在边缘区域取 λ 值乘以大于 1 的系数,即将 λ 值放大(一般取 1~1.5);在非边缘区域取 λ 值乘以小于 1 的系数,即将 λ 值缩小(一般取 0.5~1)。

步骤 4 通过差分迭代法求解全变分模型,对噪声图像 G 进行去噪处理得到复原图像 I 。

3 实验结果与分析

测试图像采用 256×256 的标准 lena 图像,加入方差 σ 为 20,均值为 0 的高斯噪声,产生噪声图像 I_0 ,用峰值信噪比(PSNR)作为评价的客观标准。为了说明文中边缘检测去噪模型的有效性,分别对 ROF 的 TV 去噪模型和文中提出的基于边缘检测 TV 去噪模型进行了比较。采用 Canny 算子进行边缘检测,通过标记将边缘图像中的边缘像素点及非边缘像素点影射到噪声图像。由图 1 所示,当均衡系数 $\lambda = 30$ 时,去噪后的图像峰值信噪比(PSNR)达到最大值。根据图像的局部特征,在边缘区域和非边缘区域设不同的值。根据步骤 3 的说明,本实验采取方案如下:

$$\lambda = \begin{cases} 40, & \text{非边缘区域} \\ 25, & \text{边缘区域} \end{cases}$$

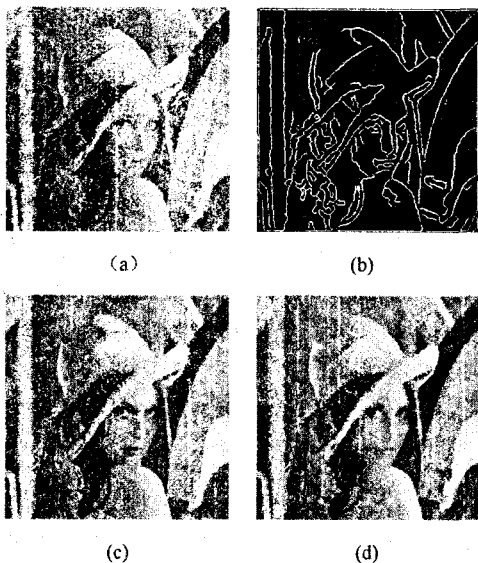


图 2 lena 图像去噪效果

图 2 是去噪前后的 lena 图像的视觉效果(图中,(a)为含噪图像,PSNR = 21.0443dB;(b)为边缘图像;(c)为用 ROF 方法去噪效果, $\lambda = 30$,PSNR = 28.1982dB;(d)为用文中方法去噪效果,PSNR =

28.3554dB),人眼能直观感受到本方法去噪的图像阶梯效应明显减弱,图 3 显示了图 2 中去噪后图像的局部放大效果,该算法能有效地抑制图像的阶梯效应,具有较好的图像恢复效果。表 1 是不同噪声条件下,给出去噪的 PSNR 比较结果。由实验数据可知:本方法的峰值信噪比在不同的条件下都比 ROF 方法高。



(a) ROF 方法去噪效果的局部放大图像

(b) 本文方法去噪效果局部放大图像

图 3 图 2(c)和(d)中分别局部放大的效果

表 1 图像去噪 PSNR 比较

	lena $\sigma = 10$	lena $\sigma = 20$	lena $\sigma = 30$	lena $\sigma = 40$
Noisy image	27.0152	21.0443	17.5564	15.2600
ROF TV	31.5819	28.1982	26.2246	24.9745
文中 TV	31.9236	28.3554	26.3717	25.0282

4 结束语

给出了一种基于边缘检测的全变分模型的去噪方法,利用 Canny 算子提取图像的边缘,根据图像边缘处平滑度小,图像平坦区域平滑度大的原则,在图像的边缘和非边缘区域设置不同的均衡系数进行恢复处理,其峰值信噪比在各种情况下比 ROF 的全变分模型有所提高,并且该方法抑制了以往全变分所产生的阶梯效应,具有较好的图像恢复效果。

参考文献:

- [1] 王发牛,韦 穗.基于偏微分方程的噪声消除方法[J].微机发展(现更名:计算机技术与发展),2002,12(4): 81-82.
- [2] Rudin L, Osher S, Fatemi E. Nonlinear total variation based noise removal algorithms[M]. Amsterdam: The Netherlands. Elsevier Science Publishers,1992:259-268.
- [3] Canny J F. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986,8(6):679-698.
- [4] Haralick R M. Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984,6(1):58-68.
- [5] 王 娜,李 霞.一种新的改进 Canny 边缘检测算法[J].深圳大学学报:理工版,2005,4(2):59-63.
- [6] Aubert G,Kornprobst P. Mathematical problem in image pro-

(下转第 30 页)

器和管理控制台四个模块,主机 B 和 C 上安装会议客户端。

在基于组播的网络会议应用中,由于组播通信方式的开放性等特点,仅仅从应用程序一级进行发言权控制,是无法防止非法发言的。当一个恶意用户得知了组播通信的地址和端口号后,他完全可以不经过申请而直接向其发送数据流。这样,同组的成员主机受到非法组播数据的干扰。针对这种情况,在前面所述的发言权控制平台之上,采用基于 IGMPv3 的组播源过滤的方法。这种方法需要路由器提供协议支持。

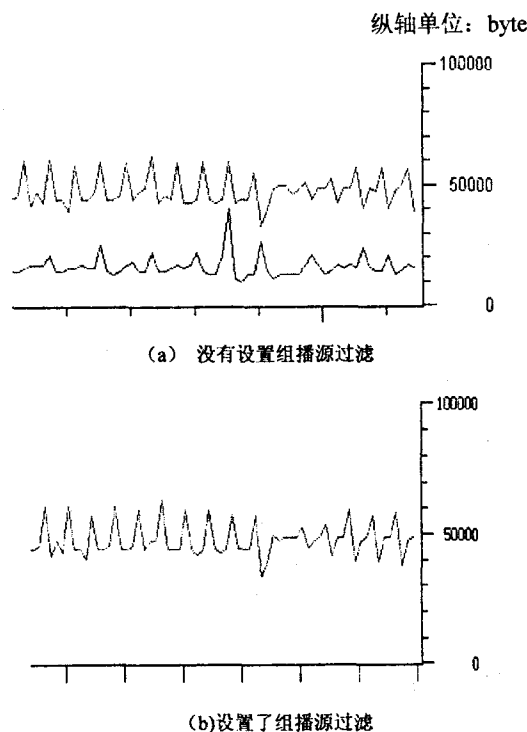


图 5 设置组播源过滤前后主机 C 收到的组播流

令主机 A、B 和 C 上的客户端都加入一个网络会议,组地址为 224.10.10.10,通信端口为 10010。主机 A (IP 地址为 10.10.1.3) 上的用户 UserA 通过申请而获得了会议发言权,他向组内成员发送一个组播视频流。同时,主机 B 上的用户 B 没有发言权,但是他通过另外一个视频流化软件也向 224.10.10.10:10010 发送视频流。图 5 显示了在设置组播源过滤前后,主机 C 上接收到的数据包的情况。从图 5(a) 可以看到,在没有设置组播源过滤之前,主机 C 既收到来自主机 A 的组播流(图中上部的曲线),也收到来自主机 B 的组

播流(图中下部的曲线)。在设置组播源过滤后,主机 C 只接收来自主机 A 的组播数据包。此后,即使主机 A 和 B 同时向 224.10.10.10:10010 发送组播流,主机 C 也只接收到来自主机 A 的组播包,如图 5(b) 所示。

4 结束语

BFCP 协议是由 IETF 的 RFC 4582 定义的发言权控制标准协议。文中设计并实现了一个基于 BFCP 协议的发言权控制通信平台,并在发言权控制服务器端采用多线程的模式,提高了消息处理过程的并发性,从而提高了系统的吞吐量。经过实验表明,本平台能良好地对会议发言权进行控制,很好地满足会议发言权控制系统的要求。

参考文献:

- [1] 崔修涛,吕 钊,顾君忠,等.基于空间公平的混合发言权控制策略[J].软件学报,2007,18(增刊):102-108.
- [2] Dommel H P, Garcia-Luna-Aceves J J. Efficacy of floor control protocols in distributed multimedia collaboration[J]. Cluster Computing, 1999, 2(1): 17-33.
- [3] Dommel H P, Garcia-Luna-Aceves J J. A Novel Group Coordination Protocol for Collaborative Multimedia Systems [C]//Proc IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 1998. San Diego, CA, USA: [s. n.], 1998: 1225-1230.
- [4] Handley M, Wakeman I, Crowcroft J. The Conference Control Channel Protocol (CCCP): A scalable base for building conference control applications[C]// In: Proc ACM SIGCOMM '95. Cambridge, USA: [s. n.], 1995: 275-287.
- [5] Bormann, Kutscher, Ott, et al. Simple Conference Control Protocol Service Specification [EB/OL]. 2001-02. IETF Draft, draft-ietf-mmusic-sccp-01.txt.
- [6] Camarillo G, Ott J, Drage K. The Binary Floor Control Protocol (BFCP)[S]. RFC 4582. [s. l.]: [s. n.], 2006.
- [7] Ban B, Blagojevic V, Hanikl F. JGroups - A Toolkit for Reliable Multicast Communication[EB/OL]. 2007-07. <http://www.jgroups.org/>.
- [8] Sun Microsystems. Java Media Framework[EB/OL]. 1999-11. <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/>.
- [9] International Computer Science Institute, Berkeley, University of California. XORP: eXtensible Open Router Platform[EB/OL]. 2007-03. <http://www.xorp.org/>.

(上接第 26 页)

- cessing[M]. [s. l.]: Springer, 2005: 66-69.
- [7] Boykov Y, Veksler O, Zabih R. Efficient restoration of multicolor image with independent noise [EB/OL]. Computer

Science Department, Cornell University. 2006-01. <http://www.csd.uwo.ca/faculty/yuri/Abstracts/jrssb98-abs.html>.