

# 利用小波域同态滤波的伪造图像检测方法

刘 苗, 郑江滨

LIU Miao, ZHENG Jiang-bin

西北工业大学 计算机学院, 西安 710072

School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China

E-mail: nwpu\_lm@sina.com

LIU Miao, ZHENG Jiang-bin. Digital forgery image detection method using wavelet homomorphic filtering. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(34): 169-170.

**Abstract:** A novel forgery image detection algorithm is proposed to recognise some traces of artificial blur operation that is one of common ways to forge a digital image. Firstly, a wavelet homomorphic filtering is applied to enhance the high frequency edges after the blurring process. Secondly, the natural edges are eroded by mathematical morphology method, then the enhanced artificial blur edges are preserved. Finally, the forgery image regions are detected by the region labeling method. Experimental results demonstrate the superiority of this proposed method over the traditional homomorphic filtering method. In addition, it can detect forgery area accurately and reduce the detecting errors.

**Key words:** wavelet homomorphic filtering; digital forgery image detection; blur edges

**摘 要:** 针对伪造图像中常用的模糊操作, 提出一种伪造图像的检测方法, 该方法首先对伪造图像进行小波域同态滤波, 增强处于高频段的人为模糊边缘, 然后利用数学形态学方法腐蚀掉自然边缘, 保留增强的模糊边缘, 最后对腐蚀后的边缘图像进行区域标定, 从而定位出伪造区域。实验证明该算法相对基于传统同态滤波伪造检测方法, 能够较准确地定位伪造区域, 降低误检率。

**关键词:** 小波同态滤波; 伪造图像检测; 模糊边缘

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.34.052 **文章编号:** 1002-8331(2009)34-0169-02 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391

随着图像处理软件功能的日益强大和图片伪造者技术的提高, 使得人们可以轻易地对数字图像进行修改而很难被肉眼发现。网络上传播各种各样的新闻、消息及论坛文章等, 伴随这些的是数以万计的图片, 这些图片内容真实性就显得尤为重要。当前, 人们对图像内容的真实性检测方面的研究主要集中在数据保密、数字认证和数字水印等方面, 而对没有任何先验条件的数字图像内容真实性检测鲜有涉及。

伪造图像的检测方法多种多样, 人们已经针对不同伪造图像方法提出了多种算法, 如 Hand Farid 和 A. Popescu 利用量化 DCT 系数直方图中出现的采样效应进行图像重压缩检测<sup>[1]</sup>, 以及使用 EM (Expectation/Maximization) 来分析邻近像素线性组合的概率, 进而检测数字图像重采样的算法<sup>[2]</sup>。Hany Farid 还提出了基于主成分分析的方法<sup>[3]</sup>, 在同幅图像复制粘贴检测中解决了运算量过大和鲁棒性差的问题。中山大学的骆伟祺等人实现了对区域复制的识别算法<sup>[4]</sup>。周琳娜、郭云彪和杨义先等提出了经过模糊处理的伪造数字图像检测算法<sup>[5]</sup>。

在伪造图像方法中, 通过剪裁复制一幅图像到另一幅图像中而合成一幅新图像为一种常用方法(该方法如图 1 所示, 由图 1(c) 看出该伪造图像是通过裁减图 1(b) 中快艇和水花复制

到图 1(a) 中合成的), 为了消除图像伪造在边缘产生的视觉或统计上的畸变, 伪造者必须在图像伪造后采用模糊等润饰操作以消除伪造痕迹, 由此可以通过检测人工模糊部分来定位伪造区域, 这是一种比较有效的检测伪造图像的方法。周琳娜等人首先提出了利用同态滤波结合数学形态学的方法检测经过模糊处理的伪造图像, 该算法可以有效定位出图像中伪造区域<sup>[6]</sup>。张新明等利用小波变换具有的空域和频域“变焦距”特性提出了一种基于小波变换的同态滤波算法, 该算法与传统同态滤波算法相比, 在较好地保持图像原始面貌的基础上可以增强图像高频分量和局部对比度<sup>[7]</sup>。提出一种基于小波域同态滤波的伪造图像检测算法, 实验证明, 与文献[6]相比, 提出的算法较好地增强了对应高频段反射分量的模糊边缘, 同时进行区域标定, 降低了伪造区域的误检率。



图 1 伪造图像方法图

基金项目: 教育部博士点新教师基金(No.2008-2010); 西北工业大学基础研究基金(No.2007-2009)。

作者简介: 刘苗(1984-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 语音图像处理与计算机视觉; 郑江滨(1971-), 男, 教授, 博士, CCF 高级会员, 主要研究方向: 多媒体信息处理、计算机视觉和媒体计算等。

收稿日期: 2008-07-01 修回日期: 2008-10-20

## 1 检测基本原理及过程

通过统计图像伪造方法发现,为消除图像伪造在边缘产生的视觉畸变,伪造者通常会在图像伪造后采用模糊等润饰操作,由此可以通过检测人工模糊部分来定位伪造区域。经过模糊操作后,人工模糊的边缘灰度级范围降低,分不清物体的灰度层次和细节,而其余未经处理的正常边缘一般灰度级动态范围较大,层次鲜明<sup>[6]</sup>,所以,对模糊处理后的边缘进行加强放大,从而使模糊边缘具有较宽的特性,然后利用形态学腐蚀操作将相对较弱的自然边缘腐蚀掉,留下增强的模糊边缘以定位伪造区域。

对模糊边缘进行加强放大,采用一般的线性变换难以奏效,因为统一扩展图像灰度级虽可以提高物体图像的反差,但会使动态范围更大,同时也加强了未经处理部分的正常边缘,容易造成误判;统一压缩图像的灰度级,使人工模糊处理部分的灰度层次和细节更加不清楚,在取证时则无法设定阈值。因此,基于图像的未经伪造部分对应低频段照明分量,被模糊的部分对应通过邻域平均后的高频段反射分量,利用同态滤波和数学形态学的方法,将频率过滤和灰度变换相结合可以检测出经过模糊处理的伪造图像<sup>[6]</sup>,但该方法存在一定误检率。

利用小波域同态滤波方法,对不同分辨率下的小波分解系数进行类似的高通滤波处理,很好地增强了对应高频段反射分量的人工模糊部分边缘,然后结合数学形态学腐蚀操作和区域标定方法,定位出图像伪造区域,降低了误检率。算法步骤如下:

(1)设计小波域同态滤波函数,对待检测图像进行小波域同态滤波,在小波域中对图像对比度进行增强,在对正常图像边缘影响较小的前提下,放大增强人工模糊处理边缘;

(2)提取经小波域同态滤波后图像的边缘图像信息,选择结构元素 SE 对边缘图像信息进行腐蚀运算,腐蚀收缩掉未经增强的图像正常边缘,提取出经人工模糊后的边缘;

(3)对腐蚀后图像采用八连通区域标定法,进一步标定伪造区域。

## 2 改进的小波域同态滤波函数设计

传统同态分析是从图像整体角度对图像进行处理,可以很好地保持图像的原始面貌,但它没有充分考虑图像的空域局部特征,高频成份的增强效果尚不能令人满意,而模糊部分对应通过邻域平均灰度后的高频段反射分量,所以传统同态滤波增强人为模糊边缘的效果不理想。

小波变换是将原始信号分解为在一系列倍频上的多个高频带数据和一个低频带数据。文献[7]中将图像经过  $J$  层小波分解,得到  $LH_j, HL_j, HH_j (j=1, 2, \dots, J)$  和  $LL_j$ , 对不同分辨率下的小波分解系数进行类似的高通滤波处理,以衰减低频成分,增强高频信息,并且小波变换的空域特性在一定程度上保证了图像的整体面貌。小波域同态滤波的过程如图 2 所示,其中  $LL, HL, LH$  和  $HH$  代表小波变换后的 4 个不同分量,  $H_{LL}, H_{HL}, H_{LH}$  和  $H_{HH}$  代表各个分量的滤波器系数。

实际中常用的指数同态滤波器函数的表达式如式(1)所示。

$$H(u, v) = (\gamma_H - \gamma_L) \left[ 1 - e^{-\frac{D(u, v)}{D_0}} \right] + \gamma_L \quad (1)$$

其中  $D_0$  为截止频率,  $D(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2}$ , 常数  $c$  被引入用来控制滤波器函数斜面的锐化,它在  $\gamma_H$  和  $\gamma_L$  之间过渡,且  $\gamma_H > 1, \gamma_L < 1$ 。

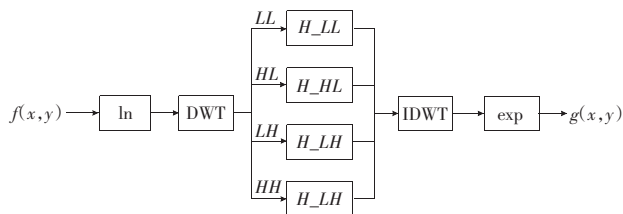


图 2 小波域同态滤波处理过程

对指数同态滤波器函数进行了改进,使其能用于小波域同态滤波算法中,改进后的滤波器函数如式(2)所示。

$$H(j, w_h, w_v) = (\gamma_H - \gamma_L) \left[ 1 - e^{-\frac{\sqrt{w_h^2 + w_v^2}}{2k}} \right] + \gamma_L \quad (2)$$

其中  $j$  代表小波分解层数,  $k_c$  为截止系数,  $w_h$  和  $w_v$  分别为水平权值系数和垂直权值系数。对于  $LH_j, w_h=0, w_v=1$ ; 对于  $HL_j, w_h=1, w_v=0$ ; 对于  $HH_j, w_h=1, w_v=1$ 。这种改进满足各级小波系数的频域倍频特征,同时保证了传统高通滤波器中滤波特性与滤波参数间的关系。

对于  $LL_j$  上的系数可以根据图像的特点进行线性或非线性的调整来调整图像的亮度不均匀性。该文中采取线性调整方式<sup>[7]</sup>,如式(3)所示。

$$H_{LL_j} = \gamma_L (k(x-m) + m) \quad (3)$$

这里,表达式  $k(x-m) + m$  完成  $LL_j$  系数的线性均衡,  $x$  代表  $LL_j$  上的小波系数,  $m$  代表  $LL_j$  上小波系数的平均值,对比度调节因子  $k$  满足  $0 \leq k \leq 1$ 。

## 3 定位图像伪造区域

该算法定位图像伪造区域分为两部分:

(1)对经过小波域同态滤波修正后图像进行腐蚀操作,收缩掉小波域同态滤波未放大增强的图像正常区域弱边缘,同时保留小波域同态滤波放大增强的图像伪造区域强边缘。

(2)采用八连通区域标定法标记腐蚀后图像的连通区域,设定阈值保留较大连通区域,进而判定此连通区域即为图像伪造区域。

## 4 实验结果及分析

为便于进行图像伪造检测,课题组已经建立了按具体伪造方法分类的伪造图像数据库,目前已有近 4 000 幅伪造图像,该算法实验所用伪造图出自该数据库,原图引自天堂图库-图片素材库(桌面壁纸图片)。分别用文献[6]和小波域同态滤波结合数学形态学方法检测定位经人工模糊边缘的伪造区域,实验结果如图 3 所示,其中图(a)和(b)为两幅原始图像,图(c)为伪造图像,图(d)为伪造图像亮度分量的小波变换结果,图(e)~图(h)分别给出了文献[6]和该文算法的结果,实验中选择 Biro4.4 双正交小波基,指数同态滤波器函数的参数设置如下:  $\gamma_H=2.2,$

$$\gamma_L=0.9, k_c=\frac{1}{8}, \text{腐蚀操作中参数设置如下: } SE = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}.$$

由图 3 可以看出,传统同态滤波后的人工模糊边缘增强程度不如小波域同态滤波方法,因此文献[6]中的算法能够有效检测出伪造区域(如图(e)中蓝色框中的区域),但存在误检区域(如图(e)中红色框中的区域),而该文算法可以较好检测定位

(下转 179 页)