

中图法分类号: TP391.4 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2010)12-1738-04

论文索引信息: 张晖, 张荣, 尹东. 使用背景噪声盲估计的图像真伪鉴别[J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(12): 1738-1741

使用背景噪声盲估计的图像真伪鉴别

张晖, 张荣, 尹东

(中国科学技术大学 电子工程与信息科学系, 合肥 230027)

摘要: 数字图像获取过程中会在整幅图中产生一致的噪声, 而由不同图像拼接而成的图像往往会在噪声的统计特性上不一致。本文利用这一特点, 提出了一种基于背景噪声分析的图像真伪被动鉴别算法。该算法利用了图像数据的高阶统计特性对背景噪声进行盲估计, 并通过相邻重叠分块间的特征估计来判断图像哪些部分被篡改。实验结果表明, 该方法对于鉴别拼接而成的篡改图像有显著效果。

关键词: 伪图像鉴别; 背景噪声; 盲估计

Image forgery detection using blind estimation of background noise

ZHANG Hui, ZHANG Rong, YIN Dong

(Department of Electronic Engineer and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

Abstract: Digital images have an inherent amount of noise typically uniform across the entire image is introduced by image processing. So if images with different noise levels are spliced together would leave an evidence of tampering. Based on this characteristic, this paper presents a passive image forgery detection algorithm which uses blind estimation of background noise. By computing high order statistic characteristics of the background noise and estimating the neighboring overlap blocks, the algorithm could locate the forgery parts. Experiment results show its effectiveness in detecting forgery part in spliced images.

Keywords: image forgery; background noise; blind estimation

0 引言

现代社会, 数字图像作为一种新的信息媒体越来越接近人们的生活。它比起传统的文字媒体更加直观形象, 也更具可信性和说服力。因此新闻报道中往往会插有图片相说明。然而随着图像处理软件普及, 通过修改伪造的图片也越来越多。虽然其中大多数只是为了增强视觉效果, 但也不乏一些精心伪造篡改, 毁坏他人名声, 歪曲事实真相的数字图片。如果这些新闻图片被人有意识的篡改, 不但欺骗了公众, 还可能给社会造成很大负面影响。因此

人们需要一种能够鉴别图像真伪的技术。这也成为了数字图像处理研究中的一个热点。

现有的数字图像真伪鉴别技术大致可以分为3类: 传统鉴别技术、主动鉴别技术和被动鉴别技术。在传统摄影时代, 人们往往借鉴于传统鉴别技术。经验丰富的摄影师或者编辑会从图像拍摄时的光照方向、照片的视觉透视感和影像边缘结合的痕迹等来识别假照片。对于一般合成的图片该方法如今都很有效, 因为光照一般不容易去伪造。然而某些特定的数字图像通过精心的篡改可以模拟出真实的光照和透视感, 在现代数字工具帮助下往往能达到肉眼无法分辨的效果。图像主动鉴别技术主要基于数

收稿日期: 2009-03-30; 改回日期: 2009-09-08

第一作者简介: 张晖(1984—), 男, 中国科学技术大学信号与信息处理专业硕士。从事信号处理, 图像处理等方面研究。

E-mail: zhang902@mail.ustc.edu.cn。

字水印^[1],该方法最大的一个缺陷在于必须在图像中加入降低图像主观质量的数字水印,并且该水印还必须具备一定的抗攻击性。没有加入水印的图像一般使用被动鉴别技术。该技术利用的是自然图像潜在的统计特性。尽管多数精心的篡改都不会引起人们视觉上的怀疑,但却不可避免地带来统计特性上的变化。目前,数字图像被动鉴别技术研究尚处于初步阶段,还没有得到一个统一完整的系统框架。针对不同类型的伪图,有以下不同的被动鉴别方法。Popescu^[2-7]和 Farid^[2-5]等人针对不同情况下的伪造图像提出了一系列检测方法。其中包括检测重采样后拼接图像的方法^[2,8];检测经过处理的 CFA(颜色滤波器阵列)插值的算法^[3];检测两次 JPEG 压缩图像的算法^[4];检测图像中复制区域的算法^[5,9-10]。对于背景噪声不均匀的图像,修改图像过程中不可避免地要加入局部噪声,使得整个图像的噪声分布不均匀。Popescu 等人^[7]提出一种算法估计区域噪声,根据图像噪声参数的一致性鉴别出图像的修改区域。现实中由于伪图的制作方法很多,很难找到一个普遍适用的鉴别方法,但如果我们将多种算法工具综合,就可以鉴别各种类型的伪图。

本文在文献[7,11]提出的噪声盲检测算法基础上,通过邻域估计峰值系数提出了一种新的被动鉴别算法。实验结果证明,针对一幅图像中的某一部分或几部分被其他图像替换的情况,该方法是有效的。

1 背景噪声估计的原理

把图像看成一个加性噪声模型:

$$y[t] = x[t] + w[t] \quad (1)$$

假定:

$y[t]$ 为加噪后的图像信号。

$x[t]$ 为未加噪的图像信号,方差为 S 。

$w[t]$ 为均值 0,方差 N 的噪声信号。

$x[t]$ 与 $w[t]$ 相互独立。

$y[t]$ 的二阶矩和四阶矩分别为

$$\begin{aligned} M_2 &= \varepsilon\{y^2[t]\} = \\ &\varepsilon\{(x[t] + w[t])^2\} = \\ &\varepsilon\{x^2[t]\} + \varepsilon\{x[t]w[t]\} + \varepsilon\{w^2[t]\} = \\ &S + N \end{aligned} \quad (2)$$

式中 $\varepsilon\{\cdot\}$ 表示求数学期望。

$$\begin{aligned} M_4 &= \varepsilon\{y^4[t]\} = \\ &\varepsilon\{(x[t] + w[t])^4\} = \\ &\varepsilon\{x^4[t]\} + 4\varepsilon\{x^3[t]w[t]\} + 6\varepsilon\{x^2[t]w^2[t]\} + \\ &4\varepsilon\{x[t]w^3[t]\} + \varepsilon\{w^4[t]\} = \\ &k_x S^2 + 6SN + k_w N^2 \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)中引入了统计学中的一个参数——峰度系数 k ,等于四阶矩与二阶矩平方的比值,它以正态分布为参考,表征分布的陡峭性,或随机变量取值的集中程度,峰度系数越大说明分布越陡峭,即随变量取值越集中。 $x[t]$ 和 $w[t]$ 的峰度系数分别定义为

$$k_x = \varepsilon\{x^4[t]\} / (\varepsilon\{x^2[t]\})^2 \quad (4)$$

$$k_w = \varepsilon\{w^4[t]\} / (\varepsilon\{w^2[t]\})^2 \quad (5)$$

由式(2)(3)可以估计出原信号和噪声信号的方差为

$$\hat{S} = \frac{M_2(k_w - 3) \pm \sqrt{(9 - k_x k_w)M_2^2 + M_4(k_x + k_w - 6)}}{k_x + k_y - 6} \quad (6)$$

$$\hat{N} = M_2 - \hat{S} \quad (7)$$

式中 k_y 定义为 $y[t]$ 峰度系数: $k_y = M_4/M_2^2$ 。假设噪声为高斯白噪声,其峰度系数 $k_w = 3$,则上式变为

$$\hat{S} = M_2 \sqrt{\frac{k_y - 3}{k_x - 3}} \quad (8)$$

$$\hat{N} = M_2 \left(1 - \sqrt{\frac{k_y - 3}{k_x - 3}}\right) \quad (9)$$

要使上述方程有意义,要求:

1) $x[t]$ 不能为高斯白噪声,即 $k_x \neq 3$ 。

2) $y[t]$ 的峰度系数必须介于 $x[t]$ 和 $w[t]$ 的峰度系数之间,即满足

$$0 \leq \frac{k_y - 3}{k_x - 3} \leq 1 \quad (10)$$

由于量化误差等对峰度系数的影响,实际中并不是总能满足这个条件,处理时必须略去复数和负数情况。

3) $x[t]$ 的峰度系数 k_x 必须已知,这条假设在实际中是不成立的,因为无法得到原图像信号 $x[t]$ 。

2 基于背景噪声估计的伪图鉴别方法

文献[6]中假设原图峰值系数 k_x 已知,然后人为地加入噪声并进行估计。然而实际情况下,原图都是未知的,因此 k_x 也是未知的。这里如果我们假

设被篡改的图像为原图像,而篡改的部分为具有另一种噪声的图像。这两个部分的峰值系数在其各自内部往往是一致的,但在其结合处会不同。在文献[6]的理论基础上利用邻域峰值系数估计统计的不一致性,找出篡改图像的结合区域,从而定位图像篡改部分。为了估计出哪些区域被篡改,首先对图像分块。

2.1 图像分块

图像分块的策略很多,采用的是重叠分块的策略。上下左右相邻块之间有一半面积相重叠。针对一幅图像中的某一部分或几部分被其他图像替换的情况,如果要有意义的篡改,篡改区域应该具有一定大小的面积,而且应该是一个连通的区域。

设待测图像大小为 $M \times N$,块大小为 $b \times b$,小于篡改部分大小。则将其划分为 $\lfloor \frac{M}{b/2} \rfloor \times \lfloor \frac{N}{b/2} \rfloor$ 个子块。除不尽的边缘像素舍去,这里假定被篡改的区域不会在对边缘。

分块后计算每一子块的峰值系数 k_y 。

2.2 峰值系数 k_x 的估计

这里采用了通过邻域来估计的加权策略,令

$$k_x = \sum_i \alpha_i k_i + \alpha_y k_y \tag{11}$$

式中, k_y 为该块峰值系数, k_i 为相邻块的峰值系数, α_y, α_i 为加权系数。采取的加权方式如图 1 所示。

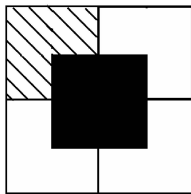


图 1 加权示意图

Fig.1 Schematic diagram of the weighted

中间一块的 k_x 分别由其本身和左上、右上、左下和右下的最近的子块来估计。其中边缘子块不做考虑。权值 α_y 远远大于 α_i 是经验值。

对于属于原图和处于篡改中心部分的块,其 k_x 加权值理论上接近 k_y 。而在两图交接处 k_x 与 k_y 存在明显差异。由式(9)可知, $k_x \approx k_y$ 时,前者噪声 \hat{N} 应该趋于 0。

3 实验结果

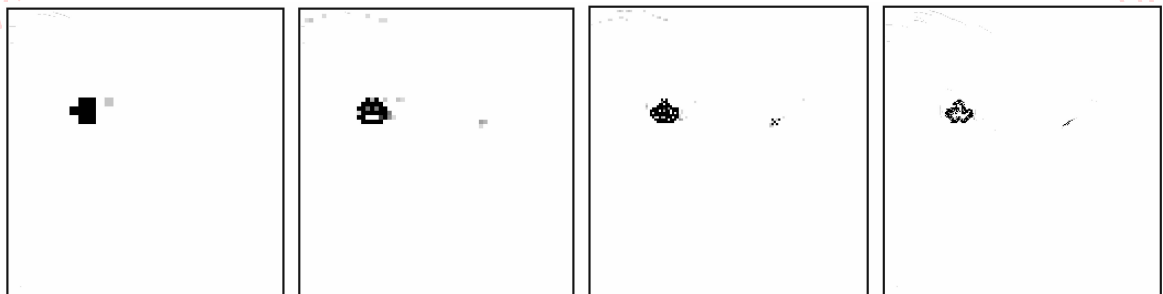
从网站 <http://www.worth1000.com> 下载了几幅篡改图像,为了显示算法效果。挑出了一些视觉上并没有明显篡改痕迹,但逻辑上明显不可能为真的图片。如图 2 所示,图中老鹰眼中的枫叶明显被篡改。利用上述算法分别在 32×32 、 16×16 、 8×8 和 4×4 分块下对图片作检测。最后结果通过信噪比的方式显示在图像上: $p = 255 - 30 \lg \hat{N}$ 。图 3 中黑色部分表示检测出的结果,即两幅拼接图像的结合边缘。



图 2 伪造图片原图

Fig.2 Original fake image

如图 3 所示,本文介绍的算法取得了很好的结果。很明确地检测出了篡改的眼睛部分。随着分块的减小检测的篡改部分与原图交接边缘也越来越精确。很明显地出现了一个枫叶的形状。但是随着分



(a) 32×32 分块

(b) 16×16 分块

(c) 8×8 分块

(d) 4×4 分块

图 3 检测结果

Fig.3 The result images

块的减小往往也会出现误判,如分块 16×16 和 8×8 的两幅图所示,老鹰的鼻孔位置出现了小面积的误判。对 30 幅图像在不同分块下做了实验,其中 23 幅取得了很好的检测效果。结果很明显的指出了篡改部分位置。图 4 是一些实验结果。

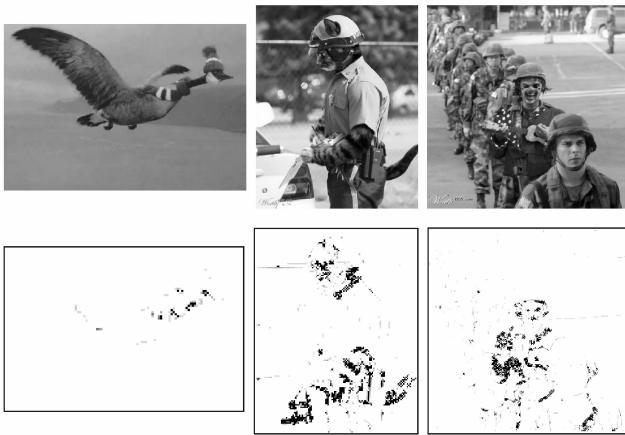


图 4 检测效果图

Fig.4 Detecting result

实验中发现,块的大小对结果的影响很大。分块设的太大影响检测的精度,设的太小又容易出现误判。由于图像大小和篡改部分大小都无法确定,所以要实现自动选择分块可能有一定难度。另外对于有些高噪声的图像也容易出现误判。

4 结 论

本文提出了一种基于背景噪声盲估计的图像真伪鉴别算法,对图像是否经过拼接篡改进行判断。并给出了可疑篡改区域的位置。算法利用了图像数据的高阶统计特性对背景噪声进行盲估计,并通过相邻重叠分块间的估计特征来判断图像哪些部分被篡改。实验结果表明,该方法对于拼接而成的篡改图像有显著效果。其缺点在于分块的大小不好把握。

如今,针对数字图像真伪的鉴别技术已经很多。如果将其与本文的方法相结合相信会有更好的检测效果。

参考文献 (References)

- [1] Celik M U, Sharma G, Saber E, et al. Hierarchical watermarking for secure image authentication with localization [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11 (6) : 585-595.
- [2] Popescu A C, Farid H. Exposing digital forgeries by detecting traces of re-sampling [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2005, 53 (2) : 758-767.
- [3] Popescu A C, Farid H. Exposing digital forgeries in color filter array interpolated images [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2005, 53 (10) : 3948-3959.
- [4] Popescu A C, Farid H. Exposing digital forgeries by detecting duplicated image regions: TR2004 - 515 [R]. Dartmouth MA USA: Dartmouth College, Computer Science, 2004.
- [5] Farid H, Johnson M K. Exposing Digital Forgeries by Detecting Inconsistencies in Lighting [C] // Proceedings of the 7th Workshop on Multimedia and Security, New York: ACM, 2005: 1-10.
- [6] Lee J B, Yoon Y I, Doo K S, et al. Detecting digital forgeries analysis of a lighting direction [J]. IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2007, 2 (3) : 1146-1147.
- [7] Popescu A C. Statistical Tools for Digital Image Forensics: TR2004 - 128 [R]. Dartmouth MA USA: Dartmouth College, Computer Science, 2004.
- [8] Yun Y I, Lee J B. Detection of digital forgeries using an image interpolation from digital images [J]. IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2008, 53 (10) : 1013-2807.
- [9] Wang Rui, Fang Yong. Blind detection of copy-move forgery in digital images based on moment invariants [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13 (10) : 1938-1941. [王睿, 方勇. 基于不变矩的 Copy-Move 型篡改图像盲检测方法 [J]. 中国图象图形学报, 2008, 13 (10) : 1938-1941.]
- [10] Luo Weiqi, Huang Jiwu. Robust. detection of region-duplication forgery in digital image [J]. Chinese Journal of Computers, 2007, 30 (11) : 1998-2007. [骆伟祺, 黄继武, 丘国平. 鲁棒的区域复制图像篡改检测技术 [J]. 计算机学报, 2007, 30 (11) : 1998-2007.]
- [11] Pauluzzi D R, Beaulieu N C. A Comparison of SNR Estimation Techniques for the AWGN Channel [J]. IEEE Transactions on Communications, 2000, 48 (10) : 1681-1691.