

基于极性的立体图像盲数字水印算法^①

聂 敏

铜仁学院 大数据学院, 贵州 铜仁 554300

摘要: 针对平面图像水印算法不能很好地适用于立体图像的问题, 在平面图像版权保护算法的基础上, 提出一种新的立体图像盲数字水印算法, 并进行了仿真研究. 首先将立体图像分块并定义图像块的极性, 然后基于左右图像块的极性与水印信息之间的关系嵌入水印; 如果水印信息是零, 则需要通过改变对应图像块的极性, 使得两极性相反; 反之则使两极性相同. 在水印提取过程中, 只要判断左右图像块极性的关系即可提取水印信息, 实现了水印的盲提取. 攻击实验结果表明该算法是可行的、有效的.

关键词: 知识产权; 平面图像; 关系调制; 数字水印; 盲提取

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)07-0077-04

三维视频系统的开发和立体影像产品的制作有极大的市场前景和发展潜力^[1-3]. 视频的违法复制和产品的非正常传播等现象是知识产权领域中普遍存在的尖锐问题. 数字水印可以对信息实现有效的隐藏, 为版权保护提供了一种新思路^[4-13].

对平面图像产品进行数字水印处理已经得到深入研究, 其中基于关系的水印算法比较成熟, 但都是针对平面图像. 目前, 立体图像的水印算法比较缺乏. 本文在深入研究成熟平面图像水印算法技术前提下, 以立体图像为载体, 充分发挥关系调制技术的优势, 提出了一种新型的盲水印算法.

1 基于关系调制的立体图像水印算法

立体图像是由左右两个相机在同一时刻对同一场景采集得到.

1.1 水印嵌入程序

步骤 1: 确定对应图像块的极性. 把原始图像均分为 8×8 块, 并做 DCT 变换处理, 由式(1) 确定对应极性:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{l,k} = \begin{cases} 1 & |X_{l,k}| > |s_k * X_{0,k}| \\ 0 & |X_{l,k}| \leq |s_k * X_{0,k}| \end{cases} \\ s_k = \frac{1}{M} \sum_{l=1}^M |X_{l,k}| \\ |X_{0,k}| \end{array} \right. \quad (1)$$

其中: $P_{l,k}$ 为对应的极性, $X_{0,k}$ 为对应的直流系数, $X_{l,k}$ 为对应的中频系数, s_k 为对应的缩放系数, M 为嵌入位数, K 为原图像的块数, 同时满足 $0 < k \leq K$.

步骤 2: 获取二值化水印图像并作 Arnold 变换, 可以分散受攻击力度, 提高检测准确率; 其次是设置密钥, 密钥值设置为置换次数, 以确保水印的安全.

步骤 3: 将左右对应的图像块根据置乱的水印信息进行极性调制, 如果水印的信息是 0, 就把图像块极

① 收稿日期: 2017-09-27

作者简介: 聂敏(1970-), 女, 副教授, 主要从事多媒体技术与应用的研究.

性调制为相反;如果水印信息为 1,就把图像块极性调制为相同.对位于水印中的 DCT 系数进行以下变化:

$$X_{t,k}^w = \begin{cases} X_{t,k} \pm \delta_m & P_{t,k} = 0 \rightarrow 1 \\ X_{t,k} \cdot K1, 0 < K1 < 1 & P_{t,k} = 1 \rightarrow 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中: $\delta_m = |s_k \times X_{0,k}| - |X_{t,k}| + K2$, $K1$ 与 $K2$ 依据水印的鲁棒性和添加水印的图像的不可感知性来选取.

步骤 4:反变换水印中的 DCT 系数,可以得到水印的立体图像.

1.2 提取水印

步骤 1:对要进行检测的图像就行 DCT 变换,并且把图像分为 8×8 的方格.根据密钥 1(s_k)进行计算得出图像块系数的极性:

$$\hat{P}_{t,k} = \begin{cases} 1 & |X_{t,k}^w| > |s_k \times X_{0,k}^w| \\ 0 & |X_{t,k}^w| \leq |s_k \times X_{0,k}^w| \end{cases} \quad (3)$$

步骤 2:确定水印信息:极性相同取为 1,极性不同取为 0.

步骤 3:由水印嵌入程序中的变换周期,并结合相关的密钥 2,对上述的水印信息做反置乱处理,可以获得符合要求的图像.

1.3 水印的客观评价

一般情况下,水印的客观评价指标选用的都是 NC 值:

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j (\tau_w(i,j) \hat{\tau}_w(i,j))}{\sum_i \sum_j [\tau_w(i,j)]^2} \quad (4)$$

由于 NC 只反映水印图像(二值图像)中的 1 的检测准确率,不能反映 0 的检测率,只要保证 1 的失真小或者只要保证 1 的检测率就可以令 NC 值很大,所以该评价指标欠佳. HC 是本文定义的另一个评价指标,是检测图像和原始图像的归一化值,能反映检测图像与原始图像的整体相似程度:

$$HC = \frac{(m * m) - \sum_i \sum_j (\tau_w(i,j) \oplus \hat{\tau}_w(i,j))}{m * m} \quad (5)$$

2 仿真实验与分析

本文所使用的嵌入水印位置如图 1 所示.将位于 puppy 序列中的第一时刻的图像作为立体图像对, $K1$ 取 0.5, $K2$ 取 5,置乱次数为 28,水印大小为 64×64 .

图 2 为无攻击情况下得到的检测水印和立体图像对.从图 2 可以看出,添加水印的立体图像不仅在主观上无法感知,并且在客观质量上能达到 48 dB 以上.水印图像在无任何攻击下能完全检测.

图 3—5 给出了不同失真水平下的水印提取效果.在进行 JPEG 图片压缩操作时,实验对象中的图像块会受到对称方向的攻击,且攻击强度相同.实验发现,绝大多数分块的极性不变,一定程度上

也会出现其变化趋势相同的情况,所以对应提取物的鲁棒性很强.本文提出的算法在进行滤波处理时,对于不同特征的波,其表现出的鲁棒性也不同.经试验分析,具有如下结论: 高斯低通滤波对应的鲁棒性较高;均值滤波与中值滤波对应的鲁棒性较低.

1	3	4	10	11	21	22	36
2	5	9	12	20	23	35	37
6	8	13	19	24	34	38	49
7	14	18	25	33	39	48	50
15	17	26	32	40	47	51	58
16	27	31	41	46	52	57	59
28	30	42	45	53	56	60	63
29	43	44	54	55	61	62	63

■ 水印信息嵌入位 □ 中频范围

图 1 图像块水印位置

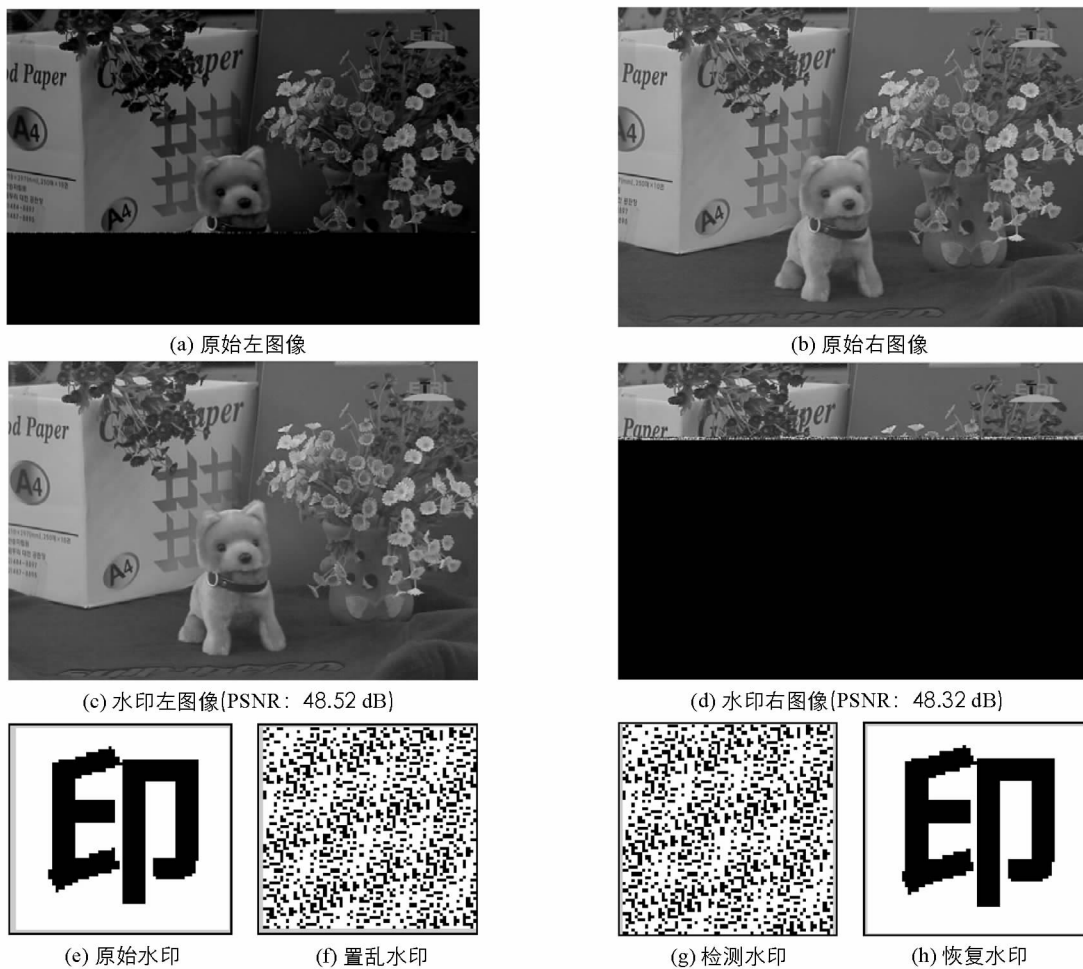


图 2 水印嵌入和提取

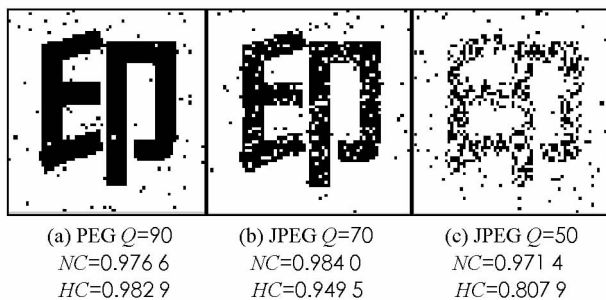


图 3 JPEG 压缩水印提取

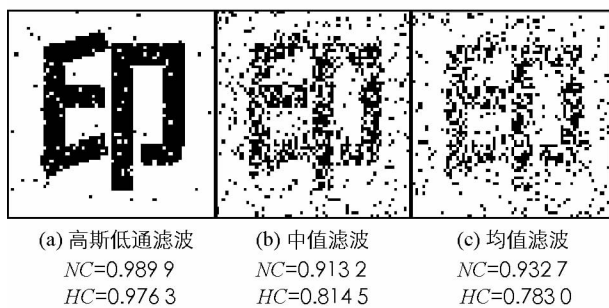


图 4 滤波后水印提取

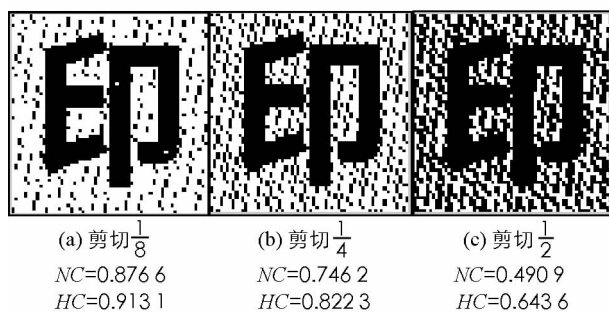


图 5 剪切后水印提取

3 结 论

通过对图像水印经典算法的进一步研究,提出一种新的立体图像盲数字水印算法.在嵌入位置和嵌入对策上做了一些改进,从整体上看,该算法表现出较强的鲁棒性.怎样更好利用立体图像的特点和从立体图像中找到一个更稳定的关系是下一步的研究重点.

参考文献:

- [1] 季建华. 基于物联网的智能家居远程监控系统设计与实现 [J]. 计算机应用与软件, 2015, 32(11): 143-146, 205.
- [2] SONG B, HASSAN M M, TIAN Y, et al. Remote Display Solution for Video Surveillance in Multimedia Cloud [J]. Multimedia Tools and Applications, 2016, 75(21): 13375-13396.
- [3] 明 艳. 基于 3D 相邻区域宏块相关性的多视点视频快速编码算法 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2016, 28(6): 783-788.
- [4] 李红日, 方 遼. 基于误差扩展与像素容量评估的图像水印算法 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2017, 39(10): 109-118.
- [5] 汤永利, 高玉龙, 于金霞, 等. 基于 DCT 域的增益不变量化的数字图像水印算法 [J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2017, 29(2): 223-231.
- [6] ALI M, AHN C W, PANT M. A Robust Image Watermarking Technique Using SVD and Differential Evolution in DCT Domain [J]. Optik, 2014, 125(1): 428-434.
- [7] 江焯倩, 宋春霖. 一种改进的伪 3D-DCT 域的视频零水印算法 [J]. 计算机工程与科学, 2017, 39(9): 1721-1728.
- [8] 程格平, 凌贺飞. 基于视觉模型的抗共谋指纹方案 [J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(9): 107-110, 116.
- [9] 张明辉, 冯 桂. 基于纹理方向的高效视频编码鲁棒视频水印 [J]. 计算机应用, 2015, 35(9): 2531-2534.
- [10] 王 颖, 袁开国, 席敏超. 基于离散余弦变换的可移除数字视频水印算法 [J]. 计算机工程, 2015, 41(5): 169-174.
- [11] HSU L Y, HU H T. Robust Blind Image Watermarking Using Crisscross Inter-Block Prediction in the DCT Domain [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2017, 46: 33-47.
- [12] 窦永梅. 基于 DWT 与 DCT 的灰度水印图像嵌入算法 [J]. 计算机与现代化, 2014(2): 197-200.
- [13] 高晓琴, 晏 勇, 唐 琦. 基于可逆数字水印的图像认证新方法 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(7): 119-123.

Robustness of Blind Digital Watermarking Algorithm Based on Polar Stereo Image

NIE Min

School of Data Sciences, Tongren University, Tongren Guizhou 554300, China

Abstract: To address the problem that the graphic image watermarking algorithm can't well apply to stereo images, a blind stereoscopic image watermarking algorithm has been proposed, and conduct simulation been studied. Firstly, the stereoscopic image is blocked and the polarity of the divided blocks are defined, and then the watermark is embedded by modulating the relationship between watermark and the polarity of the divided blocks; if the watermark information is zero, the polarity of the corresponding image block need changing to make the bipolar opposite; otherwise make the same polarities. In the process of watermark extraction, watermark information can be extracted as long as the relationship between image blocks polarity is judged, achieve the blind watermark extraction. Through related attacks experiments, the results show that the algorithm has strong robustness. The stereo image blind watermarking algorithm is feasible and effective.

Key words: intellectual property right; flat image; relationship modulation; digital watermarking; blind extracting

责任编辑 张 杓