

# 基于运动矢量域与 DCT 域的混合视频水印方案

郑振东 王沛 李莉

(上海师范大学通信工程系, 上海 200234)

**摘要** 提出了一种基于运动矢量域与 DCT 域的混合视频水印方案。在基于压缩域视频水印方案中,传统的基于 DCT 域视频水印方案与近几年来兴起的基于运动矢量域视频水印方案日渐成为研究的重点与热点。结合这两种水印方案提出了一种混合视频水印的算法。该算法能够在保证视频质量以及有效控制码率增加的情况下,将水印同时嵌入运动矢量域以及 DCT 域中,并且达到两种水印互相纠错的目的。实验结果表明,水印嵌入后,主客观视频质量都与原始序列相当,而码率的增加也被有效地控制在 1% 以内。

**关键词** 混合视频水印 H. 264 数字水印 运动矢量 DCT

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)12-2631-04

## A Hybrid Video Watermarking Scheme Based on Motion Vectors and DCT

ZHENG Zhen-dong, WANG Pei, LI Li

(College of Information and Electrical, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

**Abstract** A novel video watermarking scheme based on motion vectors and DCT coefficients is proposed in this paper. In the field of video watermarking scheme based on compressed domain, the scheme based motion vectors and the scheme based on DCT coefficients have become a hot research topic, but there are both advantages and disadvantages in each scheme. So a hybrid video watermarking scheme based on motion vectors and DCT coefficients is proposed. The watermark is embedded in motion vectors and DCT coefficients of the video sequence. And the two kinds of watermark can be corrected for each other. Experiments indicate that after embedding the watermark, both the objective video quality and the subjective video quality are the same as that of original video sequence and the increasing of bitrates is controlled in 1%.

**Keywords** hybrid video watermark, H. 264, digital watermarking, motion vectors, DCT

## 1 引言

随着网络技术以及多媒体技术的发展,数字媒体越来越容易被复制和传播。特别是近年来视频压缩技术的发展,在网络上传输各类视频已经成为了现实,特别是随着 P2P(peer to peer)技术的发展,人们可以通过网上的各类流媒体网站(如:优酷网、土豆网)观看想看的电视节目,另外可以通过 BT、电驴等各种 P2P 下载工具方便地下载电影、电视节目。这些资源在给人们生活带来极大方便的同时,却也

产生了诸多版权纠纷问题。这些数字媒体原创者的版权和经济利益如何得到保护已成为互联网时代亟待解决的难题。视频水印正是为了解决这些问题而出现的<sup>[1]</sup>。

视频水印可以分为非压缩域视频水印方案与压缩域视频水印方案两类<sup>[2]</sup>。所谓非压缩域水印一般是指在视频压缩编码之前,就将水印嵌入到空间域视频序列中,换句话说就是直接将水印嵌入在亮度分量(Y)或者色度分量(U、V)上;压缩域水印是指在视频压缩过程中将水印嵌入到压缩后的视频码流中。将水印值嵌入在 DCT(discrete

收稿日期:2009-09-04; 改回日期:2009-09-23

第一作者简介:郑振东(1984 ~ ),男。上海师范大学通信与信息系统专业硕士研究生。主要研究方向为视频压缩、视频水印。

E-mail: dongdongtoy@126.com

cosine transform)变换后的系数以及运动矢量是两种常见的视频水印方案。

在静止图像水印方案中,基于 DCT 的数字水印算法已经得到了广泛的应用<sup>[3]</sup>。通过修改经过 DCT 变换以后的系数来达到水印嵌入的目的。基于 DCT 域的视频水印方案具有以下优点:

(1)在变换域中嵌入的信号能量可以分布到空域的所有像素上;

(2)在变换域中,人的感知系统的某些掩盖特性可以更方便地结合到编码过程中,有利于提高水印的鲁棒性;

(3)目前主流的视频压缩算法都使用 DCT 变换,因此,可以直接实现压缩域内的算法,提高效率。

与静止图像相比,运动图像最大的不同在于视频序列的运动性,而在视频压缩编码中,这种运动性就表现在运动矢量上。由此,在运动矢量上嵌入水印信息也就顺理成章了。Jordan 等人<sup>[4]</sup>第一次提出了在运动矢量上嵌入水印的方法,通过修改运动矢量水平分量或垂直分量,使得运动矢量的分量呈现奇偶性,以此达到水印嵌入的目的。之后基于 Jordan 算法的一些基于运动矢量域视频水印的改进方案大量涌现。在文献[5]中,作者通过置乱、重排序等方法来提高水印信息的隐蔽性,然后通过文献[4]的方法来嵌入水印;文献[6]中,作者认为模值较小的运动矢量表明参考块与当前宏块的匹配度较高,不应该修改这类运动矢量,水印信息加在模值较大的运动矢量上更为合理;文献[7]、[8]则是利用运动矢量的区域特性来嵌入水印。基于运动矢量的视频水印方案的优点如下:

(1)基于运动矢量的视频水印方案属于内置式水印方案,即水印嵌入与视频压缩编码同步完成。

(2)对视频质量的影响较小,尤其是主观视频质量影响更小。这是由视频编码的整个过程来保证的。

(3)水印提取的复杂度较低。

一般情况下,基于 DCT 域的视频水印方案属于鲁棒性水印,嵌入位置如图 1 所示时能够获得鲁棒性和不可见性的平衡;基于运动矢量的视频水印方案属于脆弱性水印,较容易被篡改,如二次压缩或者对运动矢量进行扰动攻击都容易破坏水印信息。因此,基于 DCT 域的视频水印方案较适合于版权保护,而基于运动矢量的视频水印方案则适用于内容认证。

0	1	5	6
2	4	7	12
3	8	11	13
9	10	14	15

图 1 DCT 域水印嵌入位置(阴影部分为嵌入位置)

Fig. 1 Position to embed watermark (the Shadow)

## 2 混合视频水印方案

### 2.1 算法简介

上一节归纳了基于运动矢量域视频水印方案与基于 DCT 域视频水印方案各自的特点。本节提出一种将水印信息同时嵌入运动矢量域与 DCT 域的混合视频水印方案,水印框图如图 2 所示:

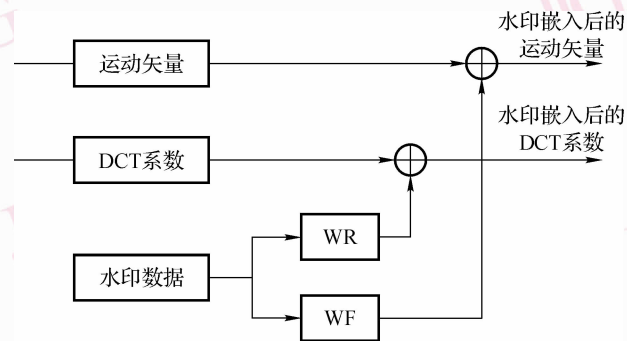


图 2 混合水印方案框图

Fig. 2 The diagram of hybrid watermarking scheme

在图 2 中,WR 表示鲁棒性水印,WF 表示脆弱性水印。

### 2.2 水印嵌入算法

由于本算法需要将水印信息同时嵌入到运动矢量域及 DCT 域,因此,以下分别介绍各自的水印嵌入方案:

对于基于运动矢量的水印嵌入方案,首先定义两个区域:

$$\text{region} = \begin{cases} \text{region I} : MV_x < 0 \\ \text{region II} : MV_x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, $MV_x$  表示运动矢量  $MV$  的横坐标,这里定义的区域可以根据图 3 直观说明:

那么当每个宏块在进行最佳匹配块搜索时,通过限定其搜索区域来就可以达到水印嵌入的目的了,如下式所示:



图 3 区域分割示意图

Fig. 3 The diagram of Segmentation

$$Region_s = \begin{cases} Region\ I & w_k = 1 \\ Region\ II & w_k = 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $Region_s$  表示根据水印值  $w_k$ , 宏块在进行块匹配搜索时所搜索的区域。

对于基于 DCT 域的视频水印方案, 水印嵌入方法如下:

$$X_k^w(u, v) = \begin{cases} d & w_i = 1 \\ 0 & w_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$d = \begin{cases} X_k(u, v) & X_k(u, v) \neq 0 \\ 1 & X_k(u, v) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $X_k(u, v)$  表示 DCT 量化系数,  $w_i$  为第  $i$  个水印值,  $X_k^w(u, v)$  为修改后的 DCT 量化系数。

由于在 DCT 系数中大量嵌入水印容易对主观视频质量造成较大影响, 因此, 在每一个  $4 \times 4$  DCT 变换中选取如图 1 所示位置 1 处嵌入 1 bit 水印。

### 2.3 水印提取步骤

由于运动矢量域与 DCT 域都存在水印信息, 下面分别描述两类水印的提取算法:

对于基于运动矢量的水印提取如式 5 所示:

$$w'_{MV,k} = \begin{cases} 1 & MV_i \in Region\ I \\ 0 & MV_i \in Region\ II \end{cases} \quad (5)$$

式中,  $w'_{MV,k}$  表示从运动矢量中提取的水印值。

对于基于 DCT 域的视频水印算法可以根据式(6)提取水印信息:

$$w'_{DCT,k} = \begin{cases} 1 & X_k^w(u, v) \neq 0 \\ 0 & X_k^w(u, v) = 0 \end{cases} \quad (6)$$

式中,  $w'_{DCT,k}$  表示从 DCT 系数中提取的水印值。

## 3 实验仿真与分析

本实验采用 H.264 参考模型 JM (Joint model)<sup>[9]</sup> 对本文提出的算法进行仿真, 其参数设置如表 1 所示:

表 1 JM 运行参数设置

Tab. 1 The parameters of JM

JM 运行参数	参数值	JM 运行参数	参数值
档次	Baseline	参考帧数量	1
Y : U : V	4 : 2 : 0	序列长度	65 帧
图像尺寸	QCIF (176 × 144)	P 帧水印嵌入位置	宏块地址 27

在视频编码的过程中, 在 I 帧中嵌入基于 DCT 域视频水印, 而在 P 帧中嵌入基于运动矢量域视频水印。基于 DCT 域的视频水印嵌入在如图 4 中  $w1 \sim w4$  的  $32 \times 32$  区域中, 在每个  $4 \times 4$  DCT 变换中嵌入 1 bit 水印值。



图 4 DCT 域水印嵌入位置

Fig. 4 Position to embed watermark

$8 \times 8$  水印图像如图 5 所示:



图 5 水印图像

Fig. 5 Watermarking image

首先, 比较一下水印嵌入前后, 视频质量的变化情况, 这里采用 PSNR 作为视频质量评价标准。表 2 中即为水印嵌入前后视频序列各分量 (Y、U、V) PSNR 值的变化情况。表 3 为水印嵌入前后码率的变化, 主观视频质量测试结果如图 6 所示。

表 2 客观视频质量测试结果

Tab. 2 Result of the impersonal video quality

视频序列	原始序列			水印嵌入后		
	$Y$	$U$	$V$	$Y'$	$U'$	$V'$
forman	36.17	40.64	41.97	36.17	40.46	42.03
akiyo	38.18	40.95	41.93	38.30	40.93	41.91
silient	35.91	38.87	39.92	35.92	38.89	39.89

表 3 水印嵌入前后码率的变化

Tab. 3 The bitrates of the test image

测试序列	水印嵌入前	水印嵌入后
forman	279 752	278 904
akiyo	66 000	66 568
silient	188 520	187 960



图 6 主观测试结果

Fig. 6 Test result by subjective test

从表 2 及图 6 中不难看出,水印嵌入前后,主客观视频质量都没有受到明显影响,人眼无法察觉到水印的存在,并且表 3 表明,虽然水印嵌入后码率会

有所增加,但是总体上讲,码率的增加基本控制在了 1% 以内,对于传输或者存储不会造成负担。

## 4 结 论

通过总结基于运动矢量的视频水印方案与基于 DCT 域视频水印方案各自优缺点,本文提出了一种基于运动矢量域与 DCT 域的混合视频水印方案,并且通过将鲁棒性水印嵌入到 DCT 域以及将脆弱性水印嵌入到运动矢量域,可以同时达到版权保护和内容认证的目的,同时通过在两类水印中水印信息的互补性,达到水印信息互相检错、纠错的目的。

## 参考文献 (References)

- 1 Frank Hartung, Martin Kutter. Multimedia watermarking techniques [J]. Proceeding of the IEEE, 1999, **87**(7): 1079-1107.
- 2 Kutter M, Jordan F, Ebrahimi T. Proposal of a watermarking technique for hiding/retrieving, data in compressed and decompressed video [R]. Technical Report M2281, ISO/IEC Document, JTCl/SC29/WG-11, Stockholm: MPEG-5 Meeting, 1997.
- 3 Hernandez J R, Amado M, Perez-Gonzalez F. DCT-domain watermarking techniques for still image: Detector performance analysis and a new structure [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, **9**(1): 55-68.
- 4 Kung C H, Jeng J H, Lee Y C, et al. Video watermarking using motion vector [A]. In: Proceedings of 16th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing [C], Taipei, Taiwan, China, 2003: 547-551.
- 5 Zhang Jun, Li Jie-Gu, Zhang Ling. Video watermark technique in motion vector [A]. In: Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing [C], Florianopolis, Brazil, 2001: 179-182.
- 6 Wang Pei, Zheng Zhen-dong, Ying Jun. A novel video watermark in motion vector based on H. 264 [A]. In: Proceedings of the ICALIP [C], Shanghai, China, 1555-1559.
- 7 Zheng Zhen-dong, Wang Pei, Chen Shen. A video watermarking scheme based on the region character of motion vectors [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, **10**(13): 1926-1929. [郑振东, 王沛, 陈胜. 基于运动矢量区域特征的视频水印方案 [J]. 中国图象图形学报, 2008, **10**(13): 1926-1929.]
- 8 HHI, JVT. <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/> [CP], 2005. 3.