

基于运动矢量区域特征的视频水印方案

郑振东 王 沛 陈 胜

(上海师范大学数理信息学院通信工程系, 上海 200234)

摘 要 H. 264 是一种高压缩比、高视频质量、高复杂度的新一代视频压缩标准, 因为其高压缩率的特性, 一些常用的水印方案无法直接运用于该视频压缩标准。提出了一种利用运动矢量的区域特性来隐藏水印信息的视频水印方案, 该算法的最大特点为简单、实用, 并且在隐藏水印信息的过程中还可以降低 H. 264 编码中运动估计部分的运算复杂度。实验结果表明, 通过该算法对视频图像嵌入水印后, 主观上无法分别图像区别, PSNR 值的波动被有效的控制在 ± 0.1 范围内, 码率的增加在 2% 左右, 并且插入的水印信息能够被 100% 的正确提取, 运动估计中的搜索点减少 1/2。由此表明, 该算法是一种简单、高效的视频水印隐藏方案, 并且细化区域的分类, 可以达到使隐藏的水印信息加倍的效果。

关键词 H. 264 视频水印 运动矢量 区域特征

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)10-1926-04

A Video Watermarking Scheme Based on the Region Character of Motion Vectors

ZHENG Zhen-dong, WANG Pei, CHEN sheng

(College of Mathematics Science & Information, Shanghai Normal University, Shanghai 200234)

Abstract H. 264 is a new video compression standard with high compression rate, high video quality and high complexity. Because of the high compression rate, some normal watermarking scheme cant be used in H. 264 directly. In this paper, a video watermarking scheme base on the region character of motion vectors is proposed. Moreover, computational complexity is reduced by 50%. From the experimental result, after embedded the watermark, there is no difference between the original image and that of embedded watermark. The fluctuation of PSNR is controlled within ± 0.1 and the increase of bit rate is controlled within 1%. In motion estimation, Search points are half of the original one. So this scheme is an easy and high efficient method to embed watermark. And the capacity of watermark can be doubled by judging four regions.

Keywords algorithm, encoding, N-dimensional hilbert curve, space-filling curve

1 引 言

随着网络技术的日益发展和普及, 多媒体信息的传播已经越来越便捷, 人们可以任意共享自己的资源在网络上供别人随意下载。而视频压缩技术的发展, 更加使得视频影像的发布成为可能。H. 264^[1,2] 是由国际电信联盟(international telecommunications union,

ITO) 和国际标准化组织(international organization for standardization, ISO) 联合制订的新一代视频编码标准, 它的最大特点就是高压缩比、高视频质量以及高运算复杂度。其压缩比大约能比当前 DVD 系统中使用的 MPEG-2 高 2~3 倍, 比 MPEG-4 高 1.5~2 倍, 同时, 因为这种高压缩比的特性, 使得通常的一些视频水印方案, 特别是从静止图像水印(比如空域水印方案) 中发展而来的视频水印方案无法运用到 H. 264

中。在测试中,往往会看到,在压缩过程中水印已经被当作冗余数据被过滤掉了。因此,利用视频图像独有的一些特点来进行水印信息的嵌入会是解决这一问题的最好方法,然而视频图像最大的特点就是相邻图像的运动性,由此,在运动矢量中嵌入水印应该是一种很好的解决方案。

Kutter 等人在文献[3]中首次提到了基于运动矢量的视频水印方案,该方案主要通过对运动矢量进行细微的修改,利用运动矢量横坐标与纵坐标值的奇偶性来起到嵌入水印信息的效果,这个方案在水印提取时也相当简单,只需要通过判断相应运动矢量的奇偶性即可得到水印数据,kutter 等人仅在每帧图像的一个运动矢量中嵌入水印,即每帧插入了 1bit 数据。文献[4]中,首先对水印信息进行置乱和排序的工作,然后利用文献[3]的方法进行水印信息的嵌入,水印得到了很好的不可见性。文献[5]在文献[3]的基础上认为,一般情况下,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,水印信息嵌入方法与文献[3]相同。针对水印嵌入的位置,文献[6]又提出了一种运动矢量的门限值的计算方法用来判别可以嵌入水印的运动矢量,以此降低修改运动矢量对图像造成的影响。这些基于运动矢量的视频水印方案主要特点如下:

(1) 水印信息基本是在码流中直接嵌入,不会增加编码复杂度。

(2) 水印信息的提取非常简单,只需对运动矢量的坐标值做简单的计算即可得到。

(3) 嵌入水印对视频图像的质量基本无影响。

(4) 水印容量可调。

本文通过对 H. 264 编码过程的运动估计中搜索算法的研究,提出一种基于运动矢量区域信息为水印嵌入载体的视频水印方案,即通过运动矢量相对当前宏块位置的区域来隐藏水印信息。在每个宏块搜索其相应最佳匹配块的过程中,根据相应的水印值限制匹配块的搜索区域,以此达到嵌入水印的目的。运用这个水印嵌入方案,在搜索过程中,因为只需要在特定的区域中搜索匹配块,因此减少了搜索点数,如果把搜索区域分为两个区域,那么在水印嵌入时,搜索点数就下降了一半,降低了运动估计的运算复杂度。并且在遭受几何攻击时,因为相应运动矢量的区域并不会因此而改变,所以增强了水印的鲁棒性。

2 基于运动矢量区域信息的视频水印方案

本文提出的基于运动矢量的视频水印方案主要用于在编码过程中嵌入水印信息,并且水印嵌入在 P 帧的运动矢量中。

运动矢量 $V(i)$ 的表示为

$$V(i) = (v_x, v_y)$$

式中, i 表示宏块地址, v_x 为运动矢量的横坐标, v_y 为运动矢量的纵坐标。

2.1 水印嵌入算法

图 1 为 foreman 序列第 2 帧的各个运动矢量的示意图。



图 1 Foreman 序列中运动矢量示意图

Fig. 1 The motion vectors in foreman sequence

以宏块地址为 27 的宏块为例,将搜索区域分为如图 2 所示的 2 个区域:

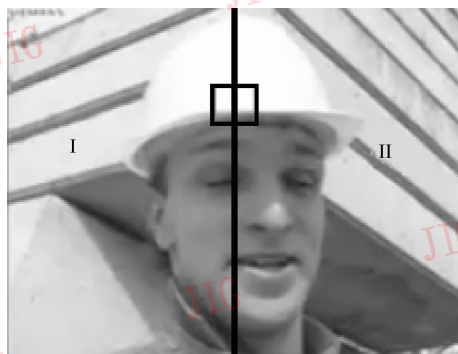


图 2 运动矢量的区域分隔示意图

Fig. 2 Example of the regions of motion vector

以二进制的水印信息为例,定义水印与运动矢量的区域的关系为

$$\begin{cases} V(i) \in \text{I} & m[j] = 1 \\ V(i) \in \text{II} & m[j] = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中, i 表示水印插入的宏块地址, $m[j]$ 表示第 j 个水印值。

公式(1)表示,如果要在第 i 个宏块的运动矢量中嵌入二进制值 1,那么在搜索这个宏块的最佳匹配块时,只在区域 I 中进行搜索,相应的如果要嵌入 0,那么只需要在区域 II 中进行搜索。同样可以用运动矢量的坐标表示为

$$\begin{cases} v_x \leq 0 & m[j] = 1 \\ v_x > 0 & m[j] = 0 \end{cases} \quad (2)$$

2.2 水印提取算法

相对应于水印嵌入算法,水印提取算法正好是其逆运算。首先提取水印嵌入块的运动矢量,通过判断运动矢量的区域,就可以获得水印信息:

$$m[j] = \begin{cases} 1 & V(i) \in \text{I} \\ 0 & V(i) \in \text{II} \end{cases} \quad (3)$$

同样,实际运用中,可以参照公式(2)定义水印提取算法:

$$m[j] = \begin{cases} 1 & v_x \leq 0 \\ 0 & v_x > 0 \end{cases} \quad (4)$$

使用公式(4),就可以根据运动矢量的横坐标来提取水印信息了。

2.3 水印容量的扩展方法

由于是将运动矢量分为了 2 个区域,所以可以在每个运动矢量上插入 1bit 数据。通过简单的扩展分区的数量达到增加水印容量的目的。

如图 3 所示,把一个宏块匹配块的搜索区域分为 4 个区域。用公式(5)定义各个块表示的水印值:



图 3 运动矢量的 4 区域分法举例
Fig.3 Example of four regions

$$\begin{cases} V(i) \in \text{I} & m[j] = 00 \\ V(i) \in \text{II} & m[j] = 01 \\ V(i) \in \text{III} & m[j] = 10 \\ V(i) \in \text{IV} & m[j] = 11 \end{cases} \quad (5)$$

由公式(5),就可以在一个运动矢量中插入 2bits 数据了,达到了水印容量增加一倍的目的。

以此类推,可以将运动矢量的区域,继续划分为 8 区域,但是必须注意的是,区域的进一步细化必将降低匹配块相对于当前宏块的匹配程度,使得当宏块无法匹配到最佳匹配块,由此带来的必然是码率的增加,视频质量也会下降。

3 实验结果

本文主要依据测试序列运动性的大小,分别选取了 foreman 序列、akiyo 序列以及 highway 序列进行测试,在测试序列中每帧插入 1bit 水印,并使用 Elecard StreamEye 工具,对压缩后的码流提取每一帧插入位置处的运动矢量,然后再提取压缩码流中的水印,以检验水印的正确性。本实验主要采用 H. 264 的 JM^[7] 测试模型,其主要参数设置如下:

表 1 中, $Y:U:V$ 表示亮度信号、蓝色差信号以及红色差信号的比值。

表 1 测试环境参数

Tab.1 Parameter of test environment

Profile	baseline
$Y:U:V$	4:2:0
序列类型	IPPP
图像格式	QCIF
参考帧数量	5
运动搜索方法	Full search

测试水印图像如图 4 所示,是一个黑白相间的 64bits 大小的二值图像。

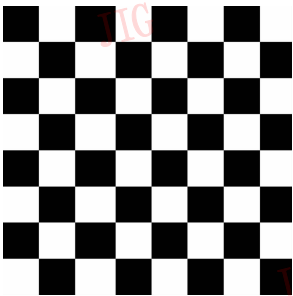


图 4 测试用水印图像
Fig.4 Watermarking image for test

3.1 水印正确性实验

本实验主要验证水印插入后运动矢量的变化,并且根据编码码流提取水印,验证水印的正

确性。
Foreman 序列选取的插入位置的宏块地址为 7,实验结果如表 2 所示:

表 2 Foreman 序列的水印测试
Tab.2 Watermarking test of foreman sequence

帧	1	2	3	4	5	6	7	8
水印值	1	0	1	0	1	0	1	0
运动矢量	(-3,-1)	(16,16)	(-6,-5)	(1,1)	(-3,-3)	(2,2)	(-5,-3)	(1,1)
提取水印	1	0	1	0	1	0	1	0

从表 2 中可以看到,插入水印值与提取出的水印值完全一致。说明水印信息被正确插入到了相应宏块的运动矢量中。

3.2 水印对视频质量影响的实验

本实验主要针对选取的 3 个测试序列的前 65 帧插入如图 4 的测试水印图像。分析插入水印后对视频质量的影响,包括主观视觉和 PSNR 值,以及插入水印后对码率的影响。

其中 foreman 序列插入水印的宏块地址为 7, akiyo 序列插入水印的宏块地址为 37, highway 序列插入水印的宏块地址为 71。

从表 3 中,可以看出,嵌入水印后,视频压缩后的 PSNR 值基本和原始数值基本一致,数值抖动在百分位,视频质量在可控的范围以内。

表 3 客观视频质量测试结果

序列	Y PSNR		U PSNR		V PSNR	
	原始	水印	原始	水印	原始	水印
foreman	35.96	35.97	40.45	40.48	41.77	41.77
akiyo	38.13	38.12	40.83	40.87	41.86	41.88
highway	37.57	37.57	37.91	37.91	38.69	38.67

表 4 码率影响测试结果

序列	总码率		码率变化(%)
	原始	水印	
foreman	324 512	325 320	+0.2
akiyo	71 344	73 128	+2.5
highway	162 944	162 864	-0

4 结 论

本文主要针对基于运动矢量视频水印方案提出了一种基于运动矢量的区域特征来嵌入水印的方法,利用视频图像经过几何攻击后运动矢量的区域不会变化的特点,达到抵抗几何攻击的目的。实验结果表明,这种方案对视频质量的影响非常小,对码率的影响同样也在可承受的范围以内,是一种运用简单、效果较好的视频水印方案。

参考文献 (References)

1 ITU-T Recommend H.264/ISO/IEC 11496-10. Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification(Advanced Video Coding)[S], 2003.

2 Thomas Wiegand. Overview of the H. 264 video coding standard[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(7): 1~19.

3 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/WG11, 1997.

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, China, 2003: 547~551.

5 Zhang Jun, Li Jie-gu, Zhang Ling. Video watermark technique in motion vector[A]. In: Proceeding of the XIV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing [C], Florianopolis, Brazil, 2001:179~182.

6 Zhang Gui-dong, Mao Yao-bin, Wang Zhi-quan. A video watermarking scheme based on motion vectors[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2004,43(2): 117~119.

7 JM 13.2[CP]. <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>, 2008-05.