

文章编号: 1005-8451 (2011) 02-0041-03

## 数字水印技术在视频监控中的应用

肖 坦<sup>1</sup>, 张 锋<sup>1</sup>, 王 策<sup>2</sup>

(1.北京国铁华晨通信信息技术有限公司, 北京 100070; 2.北京大学 信息科学技术学院, 北京 100087)

**摘要:** 介绍数字水印技术在视频监控中的应用, 提出一种基于无穷范数旋转变换的数字水印方法, 通过实验表明, 该算法具有较强的鲁棒性和适应性。

**关键词:** 数字水印; 无穷范数旋转变换; 视频监控; 信息嵌入和隐藏

**中图分类号:** TP39

**文献标识码:** A

### Application of digital watermarking technique in video surveillance

XIAO Tan<sup>1</sup>, ZHANG Duo<sup>1</sup>, WANG Ce<sup>2</sup>

(1. Beijing GuoTie HuaChen Communication & Information Technology Co., Ltd, Beijing 100070, China;

2. School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing 100087, China )

**Abstract:** This paper mainly introduced application of digital watermarking technique in video surveillance. An infinite norm transform based watermarking method was presented. Experimental results showed that the method had stronger robustness and adaptability.

**Key words:** watermarking; infinite norm transform; video surveillance; information embedding and hiding.

视频水印算法根据嵌入水印的数据域分为两种: 非压缩域算法和压缩域算法。其中对于非压缩域的水印, Matsui 等人于 1994 年提出了一种 DCT 域视频数据嵌入算法<sup>[1]</sup>。Swanson 等人对上述算法进行了改进, 利用分块 DCT 变换和频率掩蔽特性相结合嵌入水印<sup>[2]</sup>, 提高了水印的鲁棒性。Langelarr 等人首先提出了两种压缩域上的嵌入算法, 一种是替换帧内编码块 DCT 系数的变长码方法, 另一种是基于丢弃部分压缩视频流的方法<sup>[3]</sup>。Hartung 等人研究了 MPEG-2 压缩视频域上的水印算法, 在保持码率基本不变的情况下, 将水印嵌入到 DCT 系数中, 并实现了水印的盲检测<sup>[4]</sup>。

随着视频监控系统的普及, 如何保护视频数据和防止篡改也成了一个亟待解决的问题。但是, 现在很多水印算法在检测时需要用到原始作品, 这是个很大的缺陷。检测时最好不需要原始作品的参与, 即实现盲水印算法。当前的盲水印算法信息隐藏空间有限, 容易受到攻击, 而且很多盲水印算法需要与阈值进行比较才能实现水印提取, 而阈值的取值往往与理论计算值不符, 需要根据经验在实验中进一步进行调整才能确定, 缺乏理论和普遍性, 造成了实际应用上的限制。本文提出

的盲水印提取技术不需要任何阈值。

### 1 信息嵌入

#### 1.1 采样及嵌入方法

为了实现盲检测, 采用基于关系的嵌入方法。在水印嵌入过程中, 通过修改载体数据使得水印的不同取值反应了不同的关系, 如大小关系、逻辑关系和奇偶关系等, 从而在检测时根据关系得到相应的水印信息。这种嵌入方式不仅适用于时空域, 也适用于变换域和压缩域。

这里采用变换域系数关系的方法实现鲁棒的水印嵌入, 通过改变子图像无穷变换域系数关系的方法进行信息比特的嵌入。首先对于一帧图像 A 在其行和列两个方向的奇偶像素索引分别进行采样, 这样得到 4 幅子图像 A1, A2, A3, A4。

经过上面的采样, 得到了 4 幅原图像的采样子图像。例如, 原图像是 352x288 大小, 那么采样后的 4 幅子图像为 176x144 大小。所得结果如下图 1 和图 2。

#### 1.2 无穷范数旋转变换

动态范围扩张是信号处理中常见的线性变换的必然结果。利用一种新的保持动态范围不变的整数可逆变换—无穷范数空间的旋转变换<sup>[5]</sup>。线性

收稿日期: 2010-04-02

作者简介: 肖 坦, 工程师; 张 锋, 高级工程师。



图1 原图像

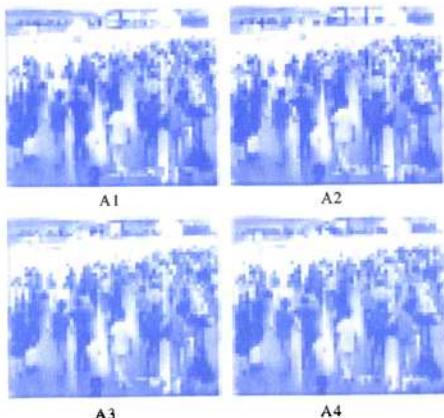


图2 采样后图像嵌入的目的

变换如离散余弦变换是L2空间的旋转变换，保持旋转向量的二范数不变；而我们提出的无穷范数空间的旋转变换是L1空间的旋转变换，是一个分段线性的变换，保持旋转向量的无穷范数不变。为了减少信号的表达冗余，利用联合直方图分析给定信号，选定无穷范数旋转变换的旋转中心和角度，从而达到最大去相邻像素冗余的目的。无穷范数旋转变换可以用简单的错切变换分段线性地实现。提出的无穷范数旋转变换不仅整数可逆、计算简单，而且能够保持动态范围不变，拥有很好的去相关性，能够给出数据的能量集中的表达。

在欧几里德空间中，2-范数旋转是一个保持向量2-范数不变的旋转。类似地，我可以定义保持向量 $p$ -范数不变的 $p$ -范数旋转。在线性矢量空间 $V$ 中，矢量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 的 $p$ -范数定义为：

$$\|x\|_p = \left( \sum_{i=1}^n |x_i|^p \right)^{1/p}$$

其当 $p \rightarrow \infty$ 时，即得无穷范数的定义：

$$\|x\|_\infty = \lim_{p \rightarrow \infty} \left( \sum_{i=1}^n |x_i|^p \right)^{1/p} = \max(|x_1|, |x_2|, \dots, |x_n|)$$

在二维空间中，1-范数等值线是菱形，2-范数等值线是圆周，无穷范数等值线是正方形。一般地，在 $n$ 维空间中，无穷范数等值集是一个规则的凸的封闭的超曲面。传统的欧式空间的旋转是以2-范数作为定义的，也就是固定圆心沿着半径进行旋转。一个点的2-范数就是这个点与原点之间的欧式距离。类似的，定义出了 $p$ -范数旋转。就像保持1-范数不变叫做1-范数旋转，保持无穷范数不变叫做无穷范数旋转。

所有无穷范数旋转变换可以用公式分段线性地表示为欧几里德空间中的错切变换。对于二维无穷范数旋转变换见图3，用4条交叉的虚线将X-Y平面划分为8个区域。在每个区域内，无穷范数旋转变换是一个分段的线性变换，可以表示为一个错切变换，或者是一个反射变换与一个错切变换之积。类似地，对于N维无穷范数旋转变换也可以分段表示为一个错切变换，外加一个可能的反射变换，强制将错切变换后超出无穷范数等值集的点拉回到无穷范数等值集上。

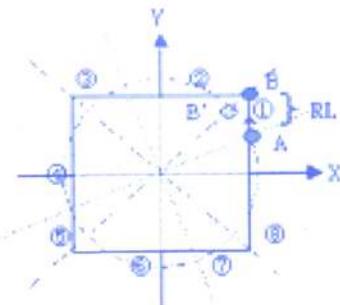


图3 二维无穷范数旋转变换

采用无穷范数旋转变换域中进行数据隐藏的方法。由于变换系数落于[0~255]，嵌入后被修改的系数也落于[0~255]，所以反变换所得的图像像素仍落于[0~255]，即不会有像素的上溢或下溢问题。因此，任何系数都可以作为待嵌入的位置。

### 1.3 直方图去中心距及其搬移

对于无穷范数旋转来说，直方图的中心为127.这样我们定义其N阶去中心距为

$$M(a) = \sum_{i=0}^{127-a} H(i)(128-i)^a + \sum_{i=128+a}^{255} H(i)(i-127)^a$$

直方图的一阶去中心距则描述了直方图移动的距离之和。无穷范数旋转后的直方图像素值为127为中心，左右边界大小 $a=10$ 为边界的一阶去中心距进行嵌入描述。一阶去中心距对于多种攻击具有很好的鲁棒性，属于图像的一种不变描述。无穷范数嵌入位置为中频嵌入，它能够比较好的平衡鲁棒性和不可见性之间的关系。

嵌入方法是通过改变同一帧图像采样得到的不同子图像的无穷范数变换域中频的去中心距的关系来进行的。如果信息位为1，则通过搬移使A1的去中心距大于A2的去中心距，A3的去中心距大于A4的去中心距；如果信息位为0，则通过搬移使A1的去中心距小于A2的去中心距，A3的去中心距小于A4的去中心距。

搬移方法是通过计算去中心距的平均值，通过适当的强度调制，将两个对比的去中心距拉开到所要求的值的范围。

#### 1.4 同步位终止位设定

为了实现信息的有效提取和完全盲检测性，在信息比特嵌入之前设置了同步位，在信息比特嵌入结束后设置了终止位。这样我们就可以在完全不知道信息嵌入量大小的情况下，完成嵌入比特的提取，在秘密通信和数字视频指纹方面应用效果显著。

## 2 信息提取

数字水印的提取算法是数字水印系统的关键部分之一。数字视频水印的提取与其嵌入过程是一个相反的过程，通过强度调制后的水印以某种方式叠加到视频系统中去；那么其检测过程就是以相同的过程通过密钥对水印进行提取。水印提取过程的图示如图3。

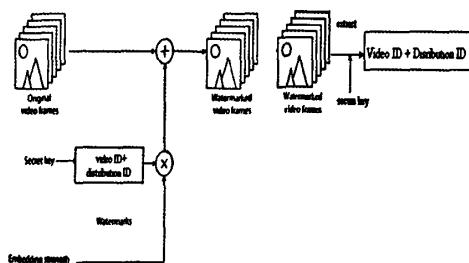


图3 水印提取过程

经过上面嵌入过程，得到了不可见的视频水印。其提取过程是嵌入过程的逆过程。对得到的图像帧A进行采样，得到4幅子图像A1, A2, A3, A4，分别对这4幅子图像进行无穷范数旋转变换。对变换后的结果，选择图2中频部分。然后分别计算A1与A2, A3与A4中频部分直方图的去中心距。由于在嵌入部分已经对直方图进行了搬移，使得A1与A2, A3与A4之间的去中心距之差有了明显不同。通过比较子图像之间的去中心距的大小关系，就可以提取出隐藏在视频中的比特信息。

在系统中，在提取出比特信息后，欲在视频中提取有效信息首先需要检测同步位信息，当检测到同步位信息后，我们开始存储有效的嵌入信息；当检测到终止位信息时，我们中止提取过程。再将得到的有效信息解码和组合，就最终得到我们所需的信息。

## 3 结束语

本文采用的是一种全新的变换—无穷范数旋转变换，来有效抵抗光线变化和MPEG压缩攻击。在嵌入过程，在无穷范数变换域的中频上，通过计算直方图一阶去中心距来进行采样得到的子图像直方图的搬移，从而达到有效嵌入相关信息的目的。在提取过程，计算采样后子图像无穷范数的中频上直方图的关系，进而提取出嵌入的比特，并且根据起始位和终止位最终提取出嵌入的信息。

#### 参考文献：

- [1] Matsui K, Tanaka K. Video-steganography: How to secretly embed a signature in a picture[J]. IMA Intellectual Property Project Proceedings, 1994(1):187-206
- [2] Md Swanson, Mei Kobayashi, Ah Tewfik. Multimedia data embedding and watermarking technologies[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 87(7):324-329.
- [3] Langelaar G C, Lagendijk R L, Biemond J. Real-time labeling methods for MPEG compressed video[J]. 18th Symposium on Information Theory, 1997(1): 2532
- [4] F. Hartung, B. Girod. Watermarking of Uncompressed and Compressed Video[J]. Signal Processing, Special Issue on Copyright Protection and Access Control for Multimedia Service, 1998, 66(3): 283-301.