

一种基于FFMPEG的MPEG-2视频水印算法

王 俊

(河海大学 计算机与信息学院 南京 211100)

摘要:近年来,许多算法被提出并且运用到多媒体水印中去,相较于图像水印和音频水印,视频水印数据量大,处理更为复杂。基于FFMPEG平台,大大减少了编程量。同时为了提高水印的不可见性和鲁棒性,将提取出的关键帧,进行离散余弦变换(DCT)变换,利用Itti视觉模型,划分出视觉显著区域,然后采用DC-QIM量化将置乱后的二进制水印信息嵌入非显著区域,保证水印的嵌入对视频质量的影响最小。实验结果表明,算法具有良好的不可见性,以及对常见攻击较好的鲁棒性。

关键词: 视频水印;FFMPEG;DC-QIM量化;Itti视觉模型

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.40

MPEG-2 video watermarking based on FFMPEG

Wang Jun

(Department of Computer and Information, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Nowadays many watermarking algorithms have been proposed and implemented for multimedia watermarking. Compared to the image watermarking and audio watermarking, the data of video watermarking is larger and the processing is more complex. In this paper, the FFMPEG platform is used which can greatly reducing the complex programming. In order to improve invisibility and robustness of the watermarking, a key frame of the MPEG-2 video is extracted and the discrete cosine transform(DCT) is implemented. We use the Itti's visual saliency model to distinguish visual salient regions and after scrambling binary watermark, then the DC-QIM is adopted to embed the watermark on visual non-salient regions to ensure that the embedding watermark on the video achieve the minimum impact. The results of the experiment show that the algorithm has good invisibility and has good robustness to common attacks.

Keywords: video watermarking; FFMPEG; DC-QIM quantification; Itti's visual saliency model

1 引言

在数字媒体广泛的使用时代,人们可以很轻松的复制和分享,这使得非法盗版和恶意篡改日益猖獗,给出版商和社会造成巨大的损失。版权拥有者不得不采取一些措施来保护自己的利益,例如:加密和数字水印。加密技术已经不太能够满足版权保护和身份鉴定的需要,因此数字水印技术已经广泛的应用于数字媒体中。数字水印按附载体分为图片水印、音频水印、视频水印和文本水印等,本文主要介绍一种视频水印方法。

按照水印的嵌入位置不同,可以分为时(空)域数字水印和变换域数字水印。时(空)域数字水印直接在信号空间上叠加水印信息,所以这些水印算法鲁棒性很差,水印信息很容易为滤波、压缩等操作破坏。变换域水印算法由于其良好的特性应用比较广泛,主要包括离

散小波变换(DWT)、离散傅里叶变换(DFT)、离散余弦变换^[1-3](DCT)等。Cheng等人^[4]先进行边缘检测之后一帧进行分块,把水印信息嵌入这些块的DCT系数中,算法具有较好的鲁棒性和不可见性。Hou等人^[5]提出了一个强大的视频水印系统,利用DCT域扩频水印。实验结果表明,该算法的对于各种攻击的鲁棒性都很好,并且有很好的不可见性。Gupta等人^[6]采用交流DCT变换嵌入水印,该方法具有良好的鲁棒性,对于常见攻击都有很好的表现。

2 音视频快速转换器和MPEG-2编码

2.1 音视频快速转换器视频编解码系统^[7-8]

音视频快速转换器(fast forward mpeg, FFMPEG),是Fabrice Bellard与其团队共同开发的一款开源跨平台的音

视频编解码库。FFMPEG 集音视频采集、录制、格式转换、编解码功能于一体,支持 40 多种编码标准和 90 多种解码标准,涵盖了绝大多数视频编码标准。

由于 FFMPEG 基于 Linux 开发,因此在 Windows 下需要一个仿 Linux 编译环境 (MinGW + MSYS)。MinGW (Minimalist GNU for Windows) 涵盖了 GNU 和 GCC 工

具、Window 环境头文件;MSYS (Minimal SYStem) 是 MinGW 的 shell 环境,提供类似 Linux 环境。

FFMPEG 工程目录结构如图 1 所示,libavformat 用于音视频格式的解析和生成,libswscale 用于视频的缩放和色彩映射转换。FFMPEG 是一个用于格式转换、解码或即时编码的工具。

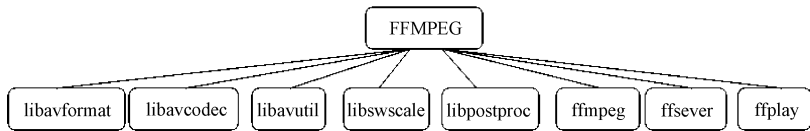


图 1 FFMPEG 工程目录

FFMPEG 有很复杂的数据结构,其中包括: AVFormatContext, AVOutputFormat, AVInputFormat, AVPacket, AVStream, AVCodecContext, AVCodec, AVFrame, AVPicture。其中 AVFormatContext 贯穿始终,包含了视频流的格式内容,很多函数都要调用其中的数据。

2.2 MPEG-2 视频编解码原理^[9]

MPEG-2 是目前最成熟、运用最广泛的视频压缩标准。它是 1994 年由 ISO/IEC 运动图像专家组制定的音、视频编码的国际标准。

MPEG-2 编码标准使用了 (DCT)、运动补偿 (MC) 和 Huffman 熵编码。DCT 变换后使能量集中在中低频系数上,运动补偿通过运动估计计算运动矢量根据参考帧生成压缩图像的预测帧,降低图像时间冗余度。Huffman 编码使码流平均长度最短,降低图像信息冗余度。MPEG-2 编码如图 2 所示。

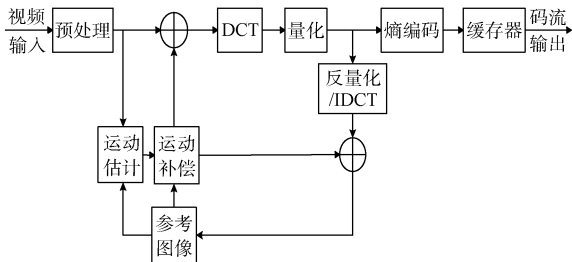


图 2 MPEG-2 编码流程

MPEG-2 定义了 3 种编码图像类型: I 帧 (帧内编码帧)、P 帧 (前向预测帧)、B 帧 (双向预测帧)。I 帧不利用时间相关性,只根据自身空间相关性独立编码,作为其他帧参考帧,压缩率低;P 帧根据前一个 I 帧或 P 帧运动预测得到,采用运动补偿预测编码,可以作为后面预测帧的参考帧;B 帧压缩率最高,同时利用前面和后面的 I 帧或 P 帧得到。

MPEG-2 视频码流采用分层式数据结构,包括视频序列层、图像组层、图像层、条层、宏块层、块层。其中块层是

大小的图像数据块,是 MPEG-2 码流中最小的编码单元,是 DCT 变换的基本单位。

3 视频水印嵌入和提取

3.1 水印嵌入

1) 前期准备工作,获取带嵌 MPEG-2 视频,将水印图片转换成二进制流,添加水印标志位,并完成置乱得到待嵌水印 $w(i)$ 。

2) 获取带嵌视频中的一帧关键帧 ($key_frame == 1 \& \& pic_type == 1$) 数据,并提取出亮度 AVFrame $\rightarrow data[0]$ 。根据 Itti 视觉显著模型,得到前 3 个显著区域。

3) 对步骤 2) 获得的关键帧亮度分量进行 8×8 DCT 变换,并去除显著区域部分,得到该块的 DCT 直流系数 $dct(x, y)$ 。

4) 采用 DC-QIM 算法,一种修正的 QIM^[10] 算法,为了提高水印的鲁棒性,利用一个步长伸缩因子 $a(0 < a \leq 1)$ 得到新的步长。此时可以算出检测水印可以容忍的噪声强度。从计算结果可以看出高于标准 QIM。下面是 DC-QIM 嵌入函数:

$$w(i) = floor\left(\frac{dct_0(x, y)}{d_1}\right) \bmod 2 \quad (1)$$

如果满足式 (1) 则按式 (2) 进行系数调整,得到调整后的系数:

$$dct_1(x, y) = floor\left(\frac{dct_0(x, y)}{d_1}\right) \times d_1 + \frac{d_1}{2} \quad (2)$$

若不满足,则根据 $s(i)$ 按式 (4) 进行调整。

$$s(i) = dct_0(x, y) - floor\left(\frac{dct_0(x, y)}{d_1}\right) \times d_1 \quad (3)$$

$$dct_1(x, y) = \begin{cases} floor\left(\frac{dct_0(x, y)}{d_1}\right) \times d_1 - \frac{d_1}{2}, & s(i) < \frac{d_1}{2} \\ floor\left(\frac{dct_0(x, y)}{d_1}\right) \times d_1 + \frac{3d_1}{2}, & s(i) \geq \frac{d_1}{2} \end{cases} \quad (4)$$

不难算出,DC-QIM 的均方误差 $D = d^2 / (12a^2)$, 大于标准 QIM 失真度。因此,为了减小失真度,对嵌入函数进行如下修正:

$$dct(x, y) = dct_1(x, y) + (1 - a)[dct_0(x, y) - dct_1(x, y)] \quad (5)$$

5) 嵌入完成后进行逆 DCT 变换, 得到包含水印的关键帧, 进行 MPEG-2 压缩。搜索下一个关键帧, 重复步骤 2)~5)。所有水印嵌入完成后, 输出含水印的 MPEG-2 视频。

3.2 水印提取

1) 解码视频, 输出 YUV 序列, 找到关键帧, 利用 Itti 模型得到显著区域。

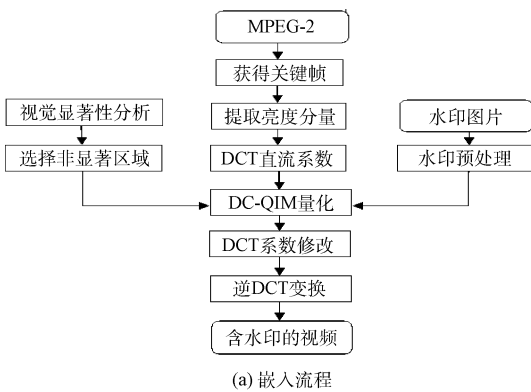
2) 对关键帧 Y 分量进行 8×8 DCT 变换, 排除视觉显著区域, 得到分块 DCT 直流系数 $dct'_0(x, y)$, 根据式(6), 判断当前水印:

$$w' = floor(\frac{dct'_0(x, y)}{d}) mod 2 \quad (6)$$

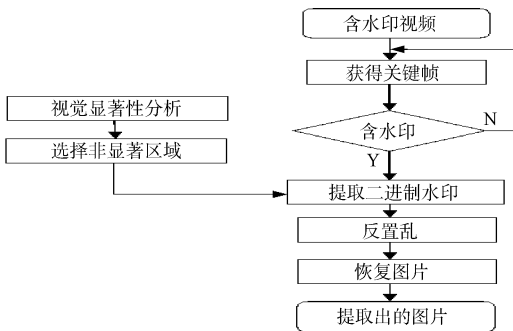
3) 根据水印标志位判断当前关键帧是否含有水印信息, 若包含, 则提取相当于一个水印大小的序列; 若不包含, 则检测下一个关键帧。

4) 水印信息提取出后, 反置乱, 得到二进制流, 通过处理后恢复水印图片。

整个实验嵌入和提取流程如图 3 所示。



(a) 嵌入流程



(b) 提取流程

图 3 整个实验嵌入和提取流程

4 实验结果分析

4.1 不可见性分析

不可见性是指嵌入水印后, 载体没有降质现象, 无法

感知水印信息。这里一般用峰值信噪比(PSNR)表示。

$$PSNR = 10 \times \lg[\frac{(2^n - 1)^2}{MSE}] \quad (7)$$

式中: n 是每个采样值的比特数, MSE 是原图像与处理图像之间的均方误差。PSNR 的单位是 dB, 值越大代表失真越少。视频嵌入前后视频某个关键帧如图 4 所示。平均 PSNR 为 37.839 0 dB, 水印嵌入基本不影响视觉效果。



(a) 原始关键帧



(b) 嵌入后关键帧

图 4 视频嵌入前后视频的关键帧

4.2 鲁棒性分析

水印技术中, 鲁棒性是指经过常规信号处理操作后能够检测水印的能力。这里用归一化相关系数(NC)来衡量鲁棒性。为了检测, 对嵌入水印后的视频分别做了高斯噪声、椒盐噪声、均值滤波和亮度调节攻击。实验结果如表 1 所示。

表 1 程序仿真结果

		高斯	椒盐	滤波	亮度
攻击类型	无攻击				
	MPEG-2 压缩	0.02	0.005	3×3	+10
	MPEG-2 压缩	MPEG-2 压缩	MPEG-2 压缩	MPEG-2 压缩	MPEG-2 压缩
NC	0.937	0.928	0.910	0.925	0.876

从 PSNR 和 NC 值可以看出, 使用该算法可以达到比较好的不可见性, 对于大多数攻击, 有较好的鲁棒性。

本实验基于 FFMPEG 平台, 大大简化了编程和使用过程, 为了增加水印的不可见性, 使用 Itti 视觉模型, 排除待嵌关键帧视觉显著部分。实验结果表明, 本文所述的算法具有良好的不可见性和鲁棒性。

参考文献

- [1] LI C, QIN Z. A blind digital image watermarking algorithm based on DCT [C]. IET International Conference on Smart and Sustainable City 2013 (ICSSC 2013), IET, 2013: 446-448.
- [2] BHASKAR T, VASUMATHI D. DCT based watermark embedding into mid frequency of DCT coefficients Using Luminance Component[Z]. 2015.
- [3] HAN W, YANG Y, ZHI H. Digital watermark encryption algorithm based on Arnold and DCT transform[C]. In: Electrical, Information Engineering and Mechatronics, 2011. London: Springer, 2012: 613-621.
- [4] CHENG M, XI M, YUAN K, et al. Recoverable video watermark in DCT domain [R]. Journal of Computers, 2013.
- [5] HOU J U, PARK J S, KIM D G, et al. Robust video watermarking for MPEG compression and DA-AD conversion [C]. Proceedings of the 1st International Workshop on Information Hiding And Its Criteria for Evaluation, ACM, 2014: 2-8.
- [6] GUPTA G, JOSHI A M, SHARMA K. An efficient robust image watermarking based on ac prediction technique using dct technique[C]. ICTACT Journal on Image & Video Processing, 2015.
- [7] HOCK K I A S, LINGXIA L I. Automated processing of massive audio/video content using FFmpeg[J]. Code4Lib Journal, 2014 (23).
- [8] WU Y, SHI H. A video watermarking system based on FFMPEG [J]. Electronic Design Engineering, 2013(23): 60.
- [9] 胡棚, 施惠娟. 基于视觉掩蔽模型的视频水印算法[J]. 电子测量技术, 2014, 37(12)36-40.
- [10] LIN Z X, LI Y S, LI J T. An improved QIM watermarking algorithm[C]. Applied Mechanics and Materials, 2014(644): 4641-4644.

作者简介

王俊, 1991 年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为视频水印、信号与信息处理。
E-mail: 896986634@qq.com

NI 推出毫米波软件无线电, 助力 5G 研究

毫米波收发系统能够以高达 2 GHz 带宽进行信道探测和原型验证

2016 年 6 月 16 日-NI(美国国家仪器公司, National Instruments, 简称 NI) 作为致力于为工程师和科学家提供解决方案来应对全球最严峻的工程挑战的供应商, 今日宣布推出了全球第一款用于毫米波(mmWave)的软件无线电(SDR)。全新的 NI 毫米波信号收发系统功能完备, 能够以前所未有的 2 GHz 实时带宽发射和接收信号, 覆盖 71-76 GHz 的 E-band 频谱。数年来, 在 6 GHz 以下的频谱应用, 工程师和科研人员已经普遍采用了 SDR。随着越来越多的企业将毫米波作为 5G 的一个潜在核心技术进行投资, 研究人员现在拥有了一个功能完备的 SDR 平台来推动毫米波技术的科研。

NI 毫米波信号收发系统包含了全新的 PXI Express

模块, 该模块包括全新的 FPGA 用户可定制板卡, 超宽带 AD/DA 板卡, 中频变频及 LO 板卡等。借助前所未有的灵活性, 用户可以使用同一个系统开发毫米波通信原型验证系统或进行毫米波信道测量-这些都是无线研究人员了解新频谱特性所需进行的工作。

该系统基带软件部分提供了一个完整的毫米波物理层, 包括基于 LabVIEW 源代码的信道编码, 可加快系统开发速度, 同时简化许多系统集成任务。研究人员还可结合 E-band 毫米波前端或其他第三方 RF 前端配合使用该基带部分, 以获得最大灵活性来探索其他毫米波和微波频段。