

基于 MPEG 压缩的视频认证算法测试平台

梁长垠¹, 李 昂², 黄继武³

(1. 深圳职业技术学院电子与信息工程学院, 广东深圳 518055; 2. 哈尔滨工业大学深圳研究生院, 广东深圳 518055;
3. 中山大学信息科学与技术学院, 广东广州 510275)

摘 要: 针对目前各种视频内容认证算法缺乏统一的评测环境及评测标准的问题, 通过探讨视频认证算法性能的影响因素及其评价标准, 结合算法测试评估需求, 搭建了一个同时具备管理功能和算法测试功能的视频认证算法测试平台, 该平台主要实现对压缩域的视频认证算法进行测试。借助这个平台, 本文选用 20 个不同类型的视频测试序列, 对四种典型的认证算法从鲁棒性、篡改检测效率等方面进行了比较及评价。

关键词: 视频认证; 数字水印; 测试平台; 算法评价

中图分类号: TP317.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2008) 12A-133-05

Test Platform for Video Authentication Algorithm Based on MPEG Compression

LIANG Chang-yin¹, LI Ang², HUANG Ji-wu³

(1. School of Electronics & Information Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen, Guangdong 518055, China;
2. Shenzhen Graduate School, Harbin Institute of Technology, Shenzhen, Guangdong 518055, China;
3. School of Information Science & Technology, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: Aiming at the problem that there is the lack of uniform evaluating environment and standard for content-based video authentication algorithms at present, based on the investigation of video authentication algorithm evaluation standard, in this paper a test platform for video authentication algorithm is presented, which has both the functions of management and algorithm testing. This platform is mainly designed for testing video authentication algorithms in compression domain. Then 20 testing video sequence in different kinds are chosen to compare and evaluate four typical authentication algorithms from many aspects such as robustness and tampering detection capability on this platform.

Key words: video authentication; digital watermark; test platform; algorithm evaluation

1 引言

随着网络多媒体技术的发展, 数字视频的完整性和真实性保护已成为亟待解决的问题之一。近年来, 基于内容的视频认证虽已得到广泛的研究, 并有许多算法被提出, 但基本可分为数字水印和数字签名以及二者的结合^[1], 并且绝大部分是由图像认证算法扩展而来^[2~4]。由于不同算法采用的视频片段和测试方法都不尽相同, 如何在一个统一的环境下对这些不断涌现出来的视频认证算法进行管理, 做出客观的比较和评价, 目前还没有提出一个完整的标准及相应的测试平台, 这已成为继续深入研究必须要解决的一个问题。

由于未压缩的原始视频数据量非常大, 并且现有的视频文件通常是以压缩的格式存储和传输的^[5], 因此本文在探讨算法测试评估的需求分析、视频认证算法性能

的影响因素及其评价标准的基础上, 建立了一个基于 MPEG 压缩的视频认证算法测试平台。通过这个平台, 使研究者能够方便地管理大量的认证算法和视频文件, 对各种算法进行测试, 给出客观的评价结果及改进建议, 实现算法优劣比较, 并且为算法的添加提供了参数调整接口, 有助于新算法的研究与开发。最后, 利用该平台对几种典型的视频认证算法进行了评测。

2 视频认证算法测试评估的需求分析

随着对视频认证算法的研究与发展, 对公共测试评估平台的需求越来越重要。一个好的评估平台应该能够满足两类用户的需要: 一是算法研究者通过平台分析比较算法的优劣, 并找出相应的原因, 从而支持其关于算法优劣的声明, 并帮助其做进一步改进的研究; 二是算法使用者可根据自己的需要测试比较算法, 从而做出

适应于具体需求的选择。

因此,公共算法测试平台应该满足如下需求:

(1) 规范的接口:用于接纳各种可能被测试算法程序。

(2) 统一的测试评估逻辑:提供公平可靠的测试结果,使算法具有可比性。

(3) 可调的参数选择:针对不同的应用和算法特征,可以调节某些参数,以反映具体测试评估目标的需要。

3 视频认证算法性能的影响因素及其评价标准

目前对视频进行认证多采用数字水印技术,如何对视频水印系统做出公正合理的评价是水印技术研究中的一个难点。尽管已有的文献都对其提出的算法进行了实验仿真,但这些实验多是针对不同的方面而设计,有的侧重于算法的鲁棒性,有的只对空域篡改进行了检测,并且实验采用的测试视频也不尽相同,同时使用不同类型的视频会导致算法测试结果存在很大的偏差。因此,这样得到的实验结果很难全面地反映算法性能,甚至无形中掩饰了算法存在的严重缺陷。对于一般的水印算法而言,影响其性能的因素主要有以下几个方面:

(1) 嵌入水印信息的数量,因为它直接影响水印的鲁棒性和不可感知性,所以是一个重要的参数。一般来说,要嵌入的信息越多,水印的鲁棒性就越差。

(2) 水印的嵌入强度,水印的嵌入强度(对应鲁棒性)和水印的可感知性之间有个均衡,强度的增加可以达到强鲁棒性,但也增加了水印的可感知性。

(3) 水印载体的大小与特征,载体信号的尺寸大小和特征对水印算法的性能有直接影响,通常载体越大,可嵌入的水印信息越多。

(4) 密钥信息,尽管密钥信息对水印的不可感知性和鲁棒性没有直接影响,然而在系统的安全性方面却充当了重要的角色,密钥空间必须足够大,以防止穷举攻击。

对于视频水印,上述的四个因素对其性能的影响是相同的。下面结合视频的特点,对视频认证算法的评价标准进行分析。

(1) 视频信号质量

基于水印技术的认证算法若对视频数据有改变(即有损认证),不应影响到其视觉质量。嵌入视频中的水印应与鲁棒水印一样是不可感知的,这样可确保原视频的内容不变性,减少被篡改攻击的可能,也是评价认证算法的首要条件。主观测试是对视频信号质量进行评价的一个有效手段,但由于没有度量准则,所以不利于算法的研究和开发。目前主要使用信噪比(PSNR值)作为对信号质量的度量。

(2) 对常规信号处理的鲁棒性

视频文件由于其数据量极大,并且与图像相比有较大的冗余,因此在存储和传输过程中通常要对其进行一些常规的处理,例如压缩码率转换、比例缩放、图像滤波等。对于MPEG压缩后的视频认证算法来说,当视频中嵌入的水印多集中在高频DCT系数上或嵌入强度过小时,水印对常规信号处理的鲁棒性将降低。此鲁棒性可通过计算对这些常规处理的误检率来进行评价,其与信号质量存在对立关系,在算法中需要平衡。

(3) 篡改检测能力

视频认证的最终目的是鉴定视频内容的真实性和完整性,因此对恶意篡改的检测能力是算法评价中最重要的一个环节。由于视频序列在时间维度上的结构特点,与静止图像相比存在着更多被篡改的可能。因此算法的篡改检测能力主要可从空域篡改检测(包括对部分剪切、内容移除、内容替换等攻击方式的检测)和时域篡改检测(包括帧删除、帧插入、帧置换等)两个方面进行考虑。

(4) 算法复杂度

算法复杂度一般用时间来衡量。不同应用背景下的视频认证系统对实时性有着不同层次的要求,但由于视频文件的数据量非常大,所以也不能因为运算过于复杂导致认证过程占用的时间太长。对于基于水印技术的认证算法而言,在水印嵌入过程中的占用时间一般包括视频特征提取和水印嵌入过程两部分;而在水印提取过程中的占用时间则包括视频特征提取时间和水印的提取与特征对比的时间两部分。可见,要保证视频认证系统的实时性,必须集中解决特征提取与水印嵌入/提取的实时性。

需要注意的是,上述针对视频认证算法提出的评价标准本身即是相互矛盾的,一种算法很难在获得高度的篡改检测能力同时,具有较低的算法复杂度。因此在测试具有实际应用背景的算法时,应根据其设计要求,对不同方面的标准给予不同的权重。例如,在测试实时视频认证系统的算法时,算法复杂度应成为评价的首要依据。

4 测试平台框架及各模块介绍

为方便快捷地管理视频文件和认证算法,帮助研究者进行新算法的研究、评价算法的性能和比较算法优劣,我们根据算法评估的需求分析,结合视频认证算法自身特点,构建一个如图1所示的基于MPEG压缩的视频认证算法测试平台,其组成主要包括管理模块、算法评价及调节建议模块两个部分。

4.1 管理模块

因为测试平台要利用一系列的视频文件对各种算

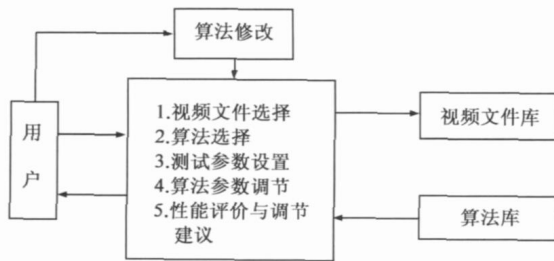


图1 视频认证算法测试平台框架

法进行测试和比较,并且进行新算法的研究,所以该平台要能够集中管理不同的认证算法,提供相对灵活的输入输出操作接口,以及能够管理不同的视频文件。

4.1.1 算法管理

为了解决各种算法可能出现的参数不同、形式不同等问题,本平台采用了动态链接库的形式来调用算法。这样,算法的设计者在使用平台前,首先将算法封装为一个动态链接程序(DLL),在程序中提供具有可调参数的构造函数;然后按照固定的格式书写一个配置文件,文件需要阐明 DLL 的名称、存储位置、可调参数的类型等信息。

当实验平台对此算法进行测试时,首先加载配置文件,从中得到 DLL 的名称和存放路径,并根据文件中声明的参数类型初始化平台中的参数调节界面中的输入文本框。然后,平台从指定路径下加载 DLL,并获得其构造函数中的参数,将其与参数调节界面中的输入文本框绑定,测试者可通过此输入文本框调节算法的相关参数。最后,在算法运行完成后,处理的结果会保存在不同目录下,便于管理。

4.1.2 视频文件管理

视频认证算法测试需要利用大量不同类型的视频文件,因此为了管理方便、应用准确,应将这些视频文件按内容分类归档,形成不同的视频文件库。视频文件管理的主要功能是为了对视频文件进行归类,增加和删减某些视频文件。

4.2 算法评价及调节建议模块

算法评价模块可实现对不同算法的性能评测功能,即在选定的视频文件上应用认证算法,对得到的带有认证信息的新视频序列进行一系列的操作,最后通

过计算得到算法的各项主要指标并提出相关调整建议。虽然各种算法的原理和具体实现方法不同,但对其进行测试的流程基本上是一致的。本平台主要从以下几个方面提供测试结果和调节建议:

(1) 视频信号质量测试

对于嵌入水印后的视频质量,本平台从主观测试和量化评价两方面进行测试:利用平台提供的视频播放功能,通过视频图像显示效果由平台使用者做出主观判断;量化评价主要通过测试视频的峰值信噪比来实现。

(2) 对常规信号处理的鲁棒性测试

对常规信号处理,平台主要关注重压缩操作,并通过操作后的误检率来量化评价。

(3) 篡改检测能力测试

对于篡改检测能力,平台通过漏检率来评价。

(4) 算法实时性测试

平台将给出水印生成、嵌入、提取、比较这四个过程的时间消耗,用户若需要提高实时性,可根据这四个时间对算法各部分做适当调整。

5 对几种视频认证算法的测试及比较

5.1 算法介绍

目前关于对视频内容的认证,主要有以下几种常用的算法。算法 1:Ching-Yung Lin 等人提出一种用于 JPEG 图像内容认证的半脆弱水印算法^[6];算法 2: Peng Yin 提出的同时嵌入脆弱水印及鲁棒水印的内容认证算法^[7];算法 3: Rui Du 和 Fridrich 提出了用于 MPEG-2 视频认证的逐帧认证和以帧组为单位认证两种无损水印算法^[8];算法 4: 基于镜头分割和云模型的视频认证方法^[9,10]等。

5.2 测试结果及比较

本文选用 20 个不同的视频序列对上述四种算法进行测试,其中既包括 MPEG-2 标准测试序列如 Garden、Tennis 及 Salesman 等,也包括一些电影中的剪辑片段。所有的视频以 CIF(352 × 288) 格式表示。这些视频片段作为从景物到人物,从镜头变化缓慢到变化快速的代表,并且在本文下面的测试结果曲线图中是以画面变化速度由快到慢排列的。



图2 嵌水印前后图像帧视觉效果比较

在实验中,依次采用以上四种算法对这 20 个视频序列进行认证.以视频 Garden 为例,认证前后的图像帧如图 2 所示,可以看出这四种算法认证后的视频图像与原始图像相比,在主观视觉上均没有明显的差别,满足不可感知条件.进而对嵌入认证码后的视频序列分别计算其平均峰值信噪比,即一个视频序列内所有帧的峰值信噪比均值,如图 3 所示.可见四种算法的 PSNR 值均保持在 48dB ~ 55dB 区间内,对视频信号质量的影响较小.

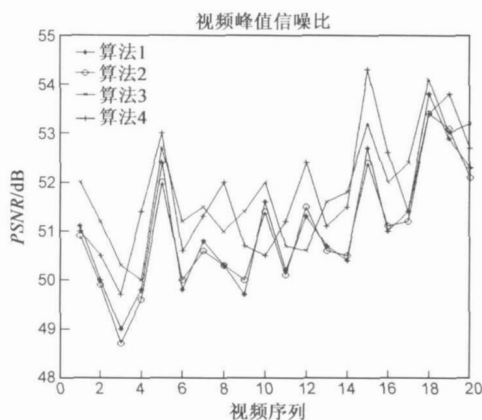


图3 算法PSNR值对比情况

为了测试算法对常规视频处理的鲁棒性,将前面得到的带有认证信息的视频序列分别以其原始码率的90%、80%、70%、60%和50%重新压缩.对压缩后的视频进行认证,得到误检率曲线如图4所示,图中误检率为发生误检的帧数与序列总帧数之比.由图4可以看出,算法1的鲁棒性随着视频画面变化速度的减慢而逐渐降低,算法4则与之相反.总体来说,算法2表现稳定,对常规处理具有最优的鲁棒性.

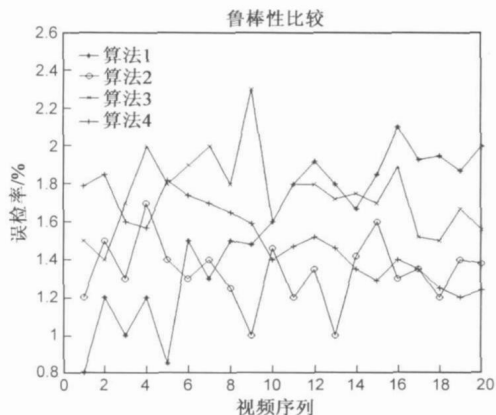


图6 算法对常规处理的鲁棒性比较

针对视频在实际传输中可能遭遇的篡改类型,本文设计对带有认证信息的视频进行随机的部分内容剪切、替换、插入,以及部分帧去除、添加等操作.篡改后视频的检测结果见图5,图中漏检率为未检出的篡改数量与实际发生的篡改总数之比.可见算法2虽对常规处

理具有很好的鲁棒性,但其篡改检测能力不够稳定,因视频不同而差异较大.其余三种算法的检测能力较为平均,算法4仅在画面变化较缓的视频篡改检测上,具有一定的优势.

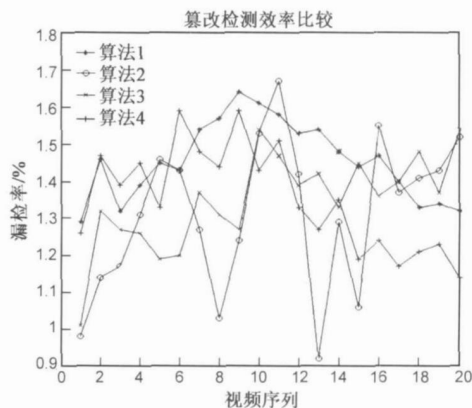


图5 篡改检测能力分析

6 结论

本文设计并搭建的基于MPEG压缩的视频认证算法测试平台,既具有管理功能(包括管理各种算法及视频文件),又能对各种文献中提出的算法进行评价和比较,并且为新算法的研究提供了极大的帮助.该测试平台界面友好,对测试结果的显示更加直观,提高了算法研究的效率.在此基础上对四种算法各项指标的比较显示出,在视频内容变化较缓慢的情况下,基于云模型的视频认证算法可以取得比较好的认证效果,同时这种算法在时域的篡改检测上也具有一定的优势.通过实验总结出的视频认证算法评价标准具有一定的代表性,今后还拟对其进行进一步的丰富和规范.

参考文献:

- [1] D He, Q Sun, Q Tian. A secure and robust object-based video authentication system[J]. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2004, 2004(14): 2185 - 2200.
- [2] Langelaar G C, Lagendijk R L. Optimal differential energy watermarking of DCT encoded images and video[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2001, 10(1): 148 - 158.
- [3] 赵耀. 基于小波变换的抵抗几何攻击的鲁棒视频水印[J]. 中国科学(E辑-信息科学), 2006, 36(2): 137 - 152.
Zhao Yao. A video watermarking algorithm based on wavelet against geometric attack[J]. Science in China (Ser E: Information Science), 2006, 36(2): 137 - 152. (in Chinese)
- [4] 曹昆, 郭宝龙. 视频认证技术的研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(6): 42 - 46.
Cao Kun, Guo Baolong. Survey of authentication for secure video[J]. Computer Engineering and Applications, 2005, 41(6): 42 - 46. (in Chinese)

- [5] Q Sun, D He, Q Tian. A secure and robust authentication scheme for video transcoding[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(10): 1232 - 1244.
- [6] C Y Lin, S F Chang. Issues and solutions for authenticating MPEG video[A]. Proceedings of the SPIE-The International Society for Optical Engineering [C]. San Jose, CA: SPIE, 1999. 54 - 57.
- [7] P Yin, H H Yu. Semi-fragile watermarking system for MPEG video authentication[A]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing [C]. Orlando, FL: IEEE, 2002. 3461 - 3464.
- [8] Rui Du, Fridrich J. Lossless authentication of MPEG-2 video [A]. IEEE International Conference on Image Processing[C]. New York:IEEE, 2002. 893 - 896.
- [9] C D Roover, C D Vleeschouwer, F Lefebvre, et al. Robust video hashing based on radial projections of key frames[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2005, 53(10): 4020 - 4037.
- [10] 李德毅, 刘常昱, 等. 不确定性人工智能[J]. 软件学报, 2004, 15(11): 1583 - 1594.
Li Deyi, Liu Changyu, Du Yi, et al. Artificial intelligence with uncertainty[J]. Journal of Software, 2004, 15(11): 1583 - 1594. (in Chinese)

作者简介:



梁长垠 男, 教授, 高级技师, 深圳职业技术学院电子信息工程专业学科带头人, 目前主要从事多媒体信息安全、数字信号处理技术等领域的研究工作。

E-mail: sczylang@hotmail.com

(上接第 174 页)

- [4] Christopoulos C, Skodras A, Ebrahimi T. The JPEG2000 still image coding system: an overview[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2000, 46(4): 1103 - 1113.
- [5] Joan Bartrina-Rapesta, et al. JPEG2000 arbitrary ROI coding through rate-distortion optimization techniques[A]. Data Compression Conference[C]. IEEE Computer Society, 2008(70): 292 - 301.
- [6] 潘玉, 郭宝龙, 丁贵广. 一种新的基于率失真优化的感兴趣区域编码[J]. 计算机工程, 2005, (1): 106 - 109.
- [7] H Yang, M Long, H-M Tai. Region-of-interest image coding based on EBCOT[J]. IEE Proc Vis Image Signal Process, 2005, 152(5): 590 - 596.
- [8] David S. Taubman, 等著, 魏江力, 等译. JPEG2000 图像压缩基础、标准和实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004, 4. 228 - 274.
- [9] Taubman D. High performance scalable image compression with EBCOT[J]. IEEE Trans Image Process, 2000, 9(7): 1158 - 1170.