

文章编号:1001-9081(2007)10-2461-03

一种基于数字水印的媒体自动识别技术

田 乐,李 宇

(中国科学院 成都计算机应用研究所,成都 610041)

(tian_le@hotmail.com)

摘 要:将日后需要用计算机进行识别的信息实现以水印的形式嵌入载体中,可以不影响载体感官效果,同时使得用计算机识别该载体内的特征信息变得简单可行。针对特定领域提出了实现该目标的一个模型,并给出了相应的算法。算法具有优良的性能,可以快速有效地满足识别要求,识别率很高,同时也满足了信息安全方面的要求。

关键词:信息安全;数字水印;模式识别

中图分类号: TP309 **文献标志码:** A

Digital watermarking-based media automatic identification technology

TIAN Le, LI Yu

(Chengdu Institute of Computer Application, Chinese Academy of Sciences, Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: It makes recognition simple and feasible with a computer if we embed its feature information in this entity in the form of digital watermarking, meanwhile, it will not affect its sensibility. In this article, a mode was set up to realize this idea in some particular areas, and related algorithm was also given out. And it is an algorithm with high performance, and the goal of recognition and security can be also archived effectively with it.

Key words: information security; digital watermarking; pattern recognition

0 引言

自动识别在国防、物流、工业自动化、信息安全等方面有着广泛而重要的应用,是近年来国际上迅速发展的高技术领域,促进自动识别快速发展的因素有图像识别与机器视觉、无线射频识别(RFID)、图形码(条形码)等技术的广泛应用。近年来,对数字媒体的自动识别与自动监控的需求越来越急迫,成为自动识别技术领域新的挑战课题。图像识别与RFID技术显然不便于数字媒体信息的自动识别;图形码技术也有很大局限,例如条形码不但影响实体的外观,而且有诸如信息存储量很小之类的限制。除此之外,许多类型的实体,例如声音、图像,它们的内容,用常规的方式很难被机器有效识别出来。

数字水印,是将代表著作权人身份的特定信息,按照某种方式隐秘地植入被保护的信息中。数字水印技术主要应用于版权鉴定,被嵌入到作品中的信息大多为作者的版权信息。当出现版权纠纷的时候,原作者通过展现被嵌入到作品中的水印信息,来证明自己作品的原创性。

然而,数字水印作为信息隐写的一种手段,也可以被应用到其他领域。本文所讨论的数字水印的模型和算法,以及被嵌入到作品中的水印信息,是用于帮助数字设备对实体对象进行自动识别的某种特征信息。

应用本文建立的模型,可以在发布声音或者图像前,出于方便识别的目的,用水印的方式在其中嵌入用来表明它们自身特征的信息,这样既不会影响实体的感官特性,实体的特征信息又可以被检测器检测出来。这使得对它们的识别工作就变得容易起来。这种模型可以被广泛应用到很多类型的实体

中,例如位图、声音的波形信息等,从而解决了前面提到的技术难题。

1 数字水印与模式识别

基于数字水印的设计理念,数字水印系统的设计目标主要包括以下几方面:1)嵌入有效性:是指如果一幅作品包含数字水印信息,那么它被送入到检测器后,应该能够被检测器成功检测;2)保真度:是指原始作品和水印版本的作品在感觉上应该非常相似,甚至难以被感知;3)鲁棒性:是指在水印版本的作品在经历过有意的或者无意的修改后,水印信息仍然能够被检测出来的能力。一种优秀的数字水印算法应该能够同时具有以上各种特性。

然而,这三种特性本质上又是互相排斥的。在设计一种数字水印算法的时候,这些特性很难被同时得到很好的满足。在不同的应用场合下使用数字水印技术时,应该根据具体场合的条件,设计一种适合的算法,在以上各项指标中间找到一种平衡,以满足实际需求。数字水印并没有一种通用的算法,在某种场合使用的水印算法,往往并不适用于另一场合。例如,为了保存JPEG格式的图片的版权信息,我们在一幅JPEG格式的图片上嵌入水印信息,由于JPEG压缩标准所依赖的是离散余弦变换技术,所以在设计相应的水印算法时,应当在合适的波段内添加水印信息,以满足鲁棒性和有效性的要求。然而,如果该算法被应用于BMP格式的位图时,由于图像信息的存储方式完全不同,我们只要对这幅位图稍加修改,便可以过滤掉其中的水印信息,破坏了鲁棒性的要求。

当表明实体的特征信息以水印的形式被嵌入到自身时,这种模型不但具有数字水印所具有的各种特性,还具有其他

收稿日期:2007-04-11;修回日期:2007-06-14。

作者简介:田乐(1984-),男,辽宁沈阳人,硕士研究生,主要研究方向:信息安全;李宇(1981-),男,四川达州人,硕士研究生,主要研究方向:信息安全。

一些优秀的特性。本文介绍的算法具有信息量大和可重复嵌入特征信息的特性,可以在作品上反复嵌入特征信息,每次被嵌入的特征信息之间并不会互相干扰。由于这些在不同时刻被嵌入的特征信息需要用不同的附加信息来检测,使得这种方案满足在信息安全上的要求;此外,本方案应用的算法性能优良,被嵌入的信息可以被高速的检测出来。正是由于本模型具有的这些突出的特性,使得它可以应用于数字媒体信息的特征提取和自动识别。

2 基于线性相关的水印模型

我们把分析的对象,即将被嵌入信息的作品,抽象为 N 维空间内的一个向量 c_o 。在实际应用中,这种作品可以为一幅 $L \times W$ 的 256 色的位图,此时, $N = L \times W$, 在每个维度上,可以选取的值的范围为 $0 \sim 255$; 或者一段长度为 L s 的音频信息,每秒钟采样 W 次,那么这段音乐同样可以被视为 $N = L \times W$ 维空间内的一个向量。

数字水印算法的目标是对这个 N 维空间内的向量,在它的每一个维度上,进行微调,即对该向量在每一个维度上的坐标值在数值上做细微的调整。这样,就可以满足从感官上满足水印作品和原始作品的相似性要求。

2.1 线性相关算法

本模型的实现,主要依赖线性相关算法。

两个 N 维向量 c 和 w 之间的线性相关是两者对应元素的乘积的平均值:

$$z_{lc}(c, w) = \frac{1}{N} c \cdot w = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c[i] \cdot w[i]$$

在检测 1 比特信息时,通过计算作品对应的 N 维向量 c 与用于提取特征信息的同维向量参考模板 w_r 之间的线性相关值,并将该值与预先设定好的阈值进行比较,得出相应的检测结果。

2.2 嵌入过程

本模型采用参考模板 w_r , 它是和原始作品同维数的一个 N 维向量。模板可以预先定义,也可以利用水印密钥随机生成,更好的方法是结合原始作品 c_o 选择。信息模板 w_m 对 1 比特信息 m 进行编码, w_m 等于 w_r 或者 $-w_r$, 这取决于 $m = 1$ 还是 $m = 0$ 。

w_m 以输入参数 α 为尺度进行缩放后生成附加模板。 α 如何取值决定着在水印的可视性和鲁棒性之间如何折衷。因此,嵌入算法的计算过程如下:

$$w_m = \begin{cases} w_r, & m = 1 \\ -w_r, & m = 0 \end{cases}$$

$$w_a = \alpha \cdot w_m$$

$$c_w = c_o + w_a$$

这样,就得到了一个已经嵌入了水印信息的 N 维向量 c_w , 即嵌入了水印信息的作品。由于该作品在检测时,往往可能已经受到某种有意的或者无意的因素影响而发生改变。把作品的改变设定为 n , 它同样为一个 N 维向量。由于 n 的存在,使得在检测作品时,作品已经变为 N 维向量 c 。我们的目的就是在待检测作品 c 中检测出嵌入的水印信息 m 。

$$c = c_w + n = c_o + w_a + n$$

2.3 检测过程

通过计算待检测作品 c 与参考模板 w_r 之间的线性相关值来判断 m 的值。检测算法的过程如下:

$$z_{lc}(c, w_r) = \frac{1}{N} c \cdot w_r = \frac{1}{N} (c_o \cdot w_r + w_a \cdot w_r + n \cdot w_r) = \frac{1}{N} (c_o \cdot w_r \pm \alpha w_r \cdot w_r + n \cdot w_r)$$

由于 c_o 是对现实中的某种作品的抽象,例如一幅位图或者一段音频波形,这使得 c_o 在概率上具有一定的特性。在选取参考模板 w_r 的时候,可以设定它为 N 个满足正态分布或者均匀分布的且均值为 0 的数字构成的向量。这样,根据概率的结论, $c_o \cdot w_r$ 和 $n \cdot w_r$ 的值肯定会接近 0。另一方面, $w_a \cdot w_r = \pm \alpha w_r \cdot w_r$ 的幅度则要大得多。因此,对于嵌入水印信息且 $m = 1$ 的作品有 $z_{lc}(c, w_r) \approx \alpha w_r \cdot w_r / N$, 对于嵌入水印信息且 $m = 0$ 的作品有 $z_{lc}(c, w_r) \approx -\alpha w_r \cdot w_r / N$ 。

根据以上分析,可以通过待检测作品 c 与参考模板 w_r 之间的线性相关值 $z_{lc}(c, w_r)$, 与预先定义的阈值 τ_{lc} 进行比较,从而判断出 m 的值。

$$m = \begin{cases} 1, & z_{lc}(c, w_r) > \tau_{lc} \\ \text{无水印}, & -\tau_{lc} \leq z_{lc}(c, w_r) \leq \tau_{lc} \\ 0, & z_{lc}(c, w_r) < -\tau_{lc} \end{cases}$$

原始作品 c_o 和 w_r 之间固有的高相关性增加了嵌入水印的难度。当 $c_o \cdot w_r$ 的绝对值比较大的时候,往往能够影响到 z_{lc} 与 τ_{lc} 的比较结果。此时,我们可以通过调节嵌入强度 α , 来保证 m 的检测结果的 100% 的有效性。

为了使检测值 z_{lc} 能够达到 τ_{lc} 以保证检测结果 $\tau_{lc} + \beta$, 可以通过下面一组公式计算出嵌入强度 α 的合适的值。

$$z_{lc}(c_w, w_m) = \frac{1}{N} (c_o \cdot w_m + w_a \cdot w_m)$$

$$z_{lc}(c_w, w_m) = \tau_{lc} + \beta$$

$$\alpha = \frac{N(\tau_{lc} + \beta) - c_o \cdot w_m}{w_m \cdot w_m}$$

这样,就可以在嵌入水印的时候,通过调节嵌入强度 α , 来使检测值达到期望的值。

3 算法优化

3.1 多比特信息的处理方案

通过分析,算法已经可以通过调节嵌入强度 α 来控制检测结果 z_{lc} 。这样,就可以在一次嵌入信息的时候,通过设定它的检测结果,来表达 n 种不同的信息。例如将检测值设定在 $-2\tau_{lc}$ 表达信息 0, 在计算检测值 $z_{lc}(c, w_r)$ 时,只要 $z_{lc}(c, w_r)$ 落在区间 $(-3\tau_{lc}, -\tau_{lc})$ 内即检测出信息 0。同样可以设定检测值为 $2\tau_{lc}$ 来表达信息 1, 设定检测值为 $-4\tau_{lc}$ 来表达信息 2, 以此类推表达出 n 种信息中的一种。

此外,可以通过选定线性相关值很低的 m 个不同参考模板分 m 次嵌入信息,根据概率知识,很容易得出结论, m 次嵌入的信息彼此不会互相干扰。这样,在检测水印时,可以利用 m 次嵌入信息时的 m 个参考模板,来获取长度为 n^m 比特的信息。由于维数 N 所表达的意义和实际中的情况, N 的值往往很大。例如一幅 800×600 的位图, $N = 800 \times 600 = 480000$ 。这样就使得 w_r 的取值空间很大。因此,如果不预先了解 w_r 的值,是很难得到嵌入的水印信息 m 的,这样也保证了嵌入信息的安全性。

3.2 性能优化

鉴于维数 N 的取值很大,在计算两个向量 c 和 w 之间的线性相关的时候,由于使用乘法,使算法性能受到影响。在实际应用中,由于嵌入的信息是表征作品的特征信息,需要对作

品迅速地作出判断以实现流水化作业。为此,可以通过下述方案优化性能。

把 N 维空间内的向量 c , 视为 N 个数字, 把它分为每组 k 个数字的 m 组数字。在嵌入水印信息时, 选取的参考模板 w , 维数为 k , 对 m 组数字都进行嵌入水印的操作。同样, 根据概率的知识, 在检测时, 利用由 N 维向量 c 拆分成的 m 组数字取平均值而得到的 k 维向量 c' , 同样与参考模板 w , 满足检测要求。这样, N 次乘法计算便减为 k 次乘法计算, 从而达到了优化了性能的目的。

4 典型应用

由于本模型具有的优秀性质, 使得它可以被应用在多种场合, 下面描述两种应用方案。

4.1 水印商标

在超市中, 为了能够迅速有效地检测顾客手中的产品的信息, 例如这种产品是什么, 现行的方案是依赖条形码技术。条形码技术作为一种成熟的方便识别的技术, 有着许多优良的特性, 但也有它自身的不足之处。例如在漂亮的产品包装袋上印着黑白相间的条形码, 本身就非常影响产品的外观。应用本模型, 很容易做到只要检测包装的商标, 就可以识别出产品的多种特性。

每种产品的商标, 可以视为一幅 $L \times W$ 的一幅真彩色位图, 每个像素的颜色在 RGB 面上对应 3 个 0 ~ 255 中的某个数值。这样这件商品的商标可以被抽象为一个 $L \times W \times 3$ 维的向量。在商标的印制过程中, 可以将各种特征信息, 例如自身的特征代码、型号、生产地等信息。作为水印信息, 采用本文介绍的算法, 嵌入到商标中去。由于对商标图像做的是微调操作, 商品的商标从外观上并无变化。在超市收银台, 可以通过采集商标的视觉信息, 利用本文介绍的水印检测算法检测出包含在商标背后的各种信息。而且由于算法具有良好的鲁棒性, 因此诸如商标的污损并不会影响检测结果。

4.2 实验结果

实验中, 采用的原始商标是一幅分辨率为 128×80 的 256 色灰度图像, 即一个维数为 128×80 的向量。需要嵌入的水印信息是长度为 8 字节的 4 个汉字: “中科信息”。

实验采用上节介绍的算法, 每次嵌入 2 比特信息, 分 32 次嵌入。算法在 32 次水印信息嵌入的过程中, 采用 seed 为 100 ~ 131 的伪随机数发生器产生 32 个参考模板, 并对这 32 个 128×80 进行归一化操作, 使其满足均值为 0, 标准差为 1 的均匀分布。当 2 比特信息分别为 00, 01, 10, 11 时, 通过调整嵌入强度 α , 使其在相应的参考模板下的检测值分别为 -1.25 , -0.75 , $+0.75$, $+1.25$ 。

通过添加水印信息, 可以得到如图 1、2 的测试结果。在

外观上, 两个商标很难看出差别。



图 1 原始商标



图 2 水印商标

在检测过程中, 当检测值分别在区间 $(-1.5, -1)$, $(-1, -0.5)$, $(0.5, 1)$, $(1, 1.5)$ 时, 认为检测到了 00, 01, 10, 11 四种结果。当检测值在区间 $(-0.5, 0.5)$ 时, 认为没有检测到水印。

利用上节介绍算法制作的水印检测器, 依次用 100, 101, 102, ..., 131 生成参考模板检测水印信息。可以分 32 次得到 64 比特水印信息, 即中科信息四个汉字。

4.3 广告监视

在许多国家和地区, 在广播电视中插播广告是敏感的话题。遇到的问题主要包括广告播放时间是否超出了规定的时间, 即观众的权益是否受到侵害; 各个商家的广告是否被如数播放出来, 即商家的权益是否受到侵害。出现这类问题的原因在于, 被播放的信息很难被识别出来, 没有一个有效的方法来监视广告播放的情况。本文提到的模型能够很好地解决这类问题。为了能监督广播电视播放内容的信息, 可以在播放的信息, 例如在音频中以水印的形式嵌入播放内容特征信息。这样, 通过提取水印的方式, 广告的播放情况便可以很容易的被检测出来, 从而达到广告监视的目的。

5 结语

经大量的实验, 本文介绍的模型和算法, 利用数字水印技术, 可以较好地解决识别面临的很多难题。作为一种计算机视觉技术, 它也非常适合对各种媒体对象快速自动识别和自动监控。同时, 该模型凭借它的各种优良特性, 使它在媒体信息数字化流行的今天, 有着广泛的应用空间。

参考文献:

- [1] 申丽珍. 多媒体信息版权保护新技术[J]. 计算机仿真, 2005, 22(8): 73-76.
- [2] 尹浩, 林闯, 邱峰, 等. 数字水印技术综述[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(7): 1093-1099.
- [3] 牛夏牧, 赵亮, 黄文军, 等. 利用数字水印技术实现数据库的版权保护[J]. 电子学报, 2003, 31(21): 2050-2053.
- [4] 袁占亭, 张秋余, 陈宁. 数字水印及多媒体信息安全[J]. 计算机工程与科学, 2005, 27(7): 49-51.
- [5] 王艳辉, 王相海. 用于图像认证的数字水印技术综述[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(2): 33-37.
- [6] 钟磊, 单承贇, 王艳. 基于数字水印的经典图像认证算法分析[J]. 重庆邮电学院学报: 自然科学版, 2006, 18(6): 770-773.
- [3] MIYAJI A. A message recovery signature scheme equivalent to DSA over elliptic curves [C]// Proceedings of the Asiacrypt's 96, LNCS 1163. Berlin: Springer-Verlag, 1996: 1-14.
- [4] ZHANG F, SUSILO W, MU Y. Identity-Based Partial Message Recovery Signatures [C]// LNCS 3570. Berlin: Springer-Verlag, 2005: 45-56.
- [5] 卢建朱, 陈火炎. 具有消息恢复的数字签名方案及其安全性[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(4): 695-697.
- [6] SHAO Z. Signature schemes based on factoring and discrete logarithms[J]. IEEE Proceeding Computers and Digital Techniques, 1998, 145(1): 33-36.
- [7] 吴秋新, 杨义先, 胡正名. 同时基于离散对数和素因子分解的新的数字签名方案[J]. 北京邮电大学学报, 2001, 24(1): 61-65.
- [8] 李子臣, 杨义先. 具有消息恢复的数字签名方案[J]. 电子学报, 2000(1): 125-126.
- [9] 欧海文, 叶顶峰, 杨君辉, 等. 关于同时基于因子分解和离散对数问题的签名体制[J]. 通信学报, 2004, 25(10): 143-147.

(上接第 2460 页)