

基于MMTD的水印鲁棒性研究

朱俚治

(南京航空航天大学 信息中心, 江苏 南京 210016)

摘要:鲁棒性是水印的重要特性之一,水印鲁棒性强度恰当与否决定着水印的好坏。因此,水印鲁棒性衡量至关重要。文中提出了新的衡量水印算法,新算法将被攻击后的水印作为函数变量。首先对水印被攻击后给水印所造成的损坏进行分类,之后以原始水印作为衡量水印鲁棒性的基准,通过计算提取水印偏离原始水印程度的值,将所得到的值使用中介真值程度度量的方法对水印鲁棒性进行衡量。中介真值程度度量的方法在数字水印上的应用尚属首次。最后进行了算法分析。

关键词:数字水印;中介逻辑;鲁棒性;脆弱性;中介真值程度度量

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)09-0141-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.09.032

Research on Watermarking Robust Based on MMTD

ZHU Li-zhi

(Information Center, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: The robustness is one of the important characteristics of the watermark and the strength of watermark robustness determines the watermark. Therefore, the measurement of watermark robustness is important. Propose a new watermarking measure algorithm in this paper. The new algorithm uses the attacked watermark as a function variable. Classify the damaged watermarking caused by the attack and take the original watermarking as the baseline to measure the robustness of watermarking. After calculating the value of the distance between the new watermarking and the original watermarking, use the ratio function and the measure of medium truth scale to measure the robustness of the watermarking. This is the first time to apply measure method of medium truth scale to watermarking. The analysis of the algorithm is also presented.

Key words: digital watermarking; medium logic; robustness; vulnerability; measure of medium truth scale

0 引言

数字水印技术已有数十年的发展历史,如今算法已是层出不穷,这些算法可分为两大类:鲁棒性算法和脆弱性算法。在这两大类的水印算法中,不同水印算法具有的鲁棒性是不同的。在脆弱性水印面前,人们力求避免算法中水印的鲁棒性,但具有一定的鲁棒性对脆弱性水印抗拒攻击来讲是有益的。因此,为了提高脆弱性水印在抗拒滤波和噪声攻击等方面的鲁棒性,2008年和2009年研究人员分别提出了一种用于图像认证的半脆弱数字水印算法^[1]和基于空间域LSB数字水印的鲁棒性研究^[2]。在水印中,半脆弱性水印是一种特殊的水印,水印研究者为了使半脆弱性水印具有适当的鲁棒性,设计了一种具有自适应性半脆弱的数字水印算法^[3]。此外,水印研究人员为了在

能保证水印有较好的透明性的同时,又能提高水印的鲁棒性,于是提出了一种基于JADE算法的鲁棒性数字水印^[4]和JPEG压缩下图像量化水印的鲁棒性估计^[5]。

鲁棒性是水印都具有的特性^[6-9],因此水印的鲁棒性成为水印研究人员关注的重要问题,他们在衡量水印鲁棒性上提出了各种算法,其中经典的算法有误码率算法和相关性算法。文中将从中介的角度去考虑水印的鲁棒性。水印的鲁棒性与脆弱性是相互对立的特性,而半脆弱性既具有鲁棒性同时又具有脆弱性,因此鲁棒性水印、脆弱性水印和半脆弱性水印,它们具有的特性关系符合中介逻辑思想。根据上述水印存在的特性,文中提出一种新的水印鲁棒性衡量算法,该衡量算法以被攻击后水印所发生的变化为算法函数的变

收稿日期:2013-11-08

修回日期:2014-02-15

网络出版时间:2014-07-17

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2009AA043303);软件开发环境国家重点实验室开发课题(SKLSDE-2013KF)

作者简介:朱俚治(1980-),男,工程师,研究方向为计算机网络和信息安全。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140717.1229.023.html>

量,通过中介真值程度度量的方法计算水印鲁棒性的强弱。

1 数字水印概念和水印鲁棒性的简介

数字水印是一种信息隐藏技术,该技术将起认证作用的信息隐藏在需要认证的载体中。嵌入载体的数字水印对第三方来说是透明的、不可感知的。如果第三方要提取载体中的水印,那必将破坏其中的水印和载体。不同载体中水印提取的方法是不同的,不同的水印嵌在同一载体中,被第三方非法提取时对水印的破坏程度是不同的。水印所能忍受来自外部的攻击,取决于水印的稳定性,文中将水印的稳定性称为水印的鲁棒性^[10]。

任何一种数字水印都具有鲁棒性、脆弱性等基本特性。在这些特性中,水印的鲁棒性和脆弱性是水印的重要特性。水印的容量和透明性能够对水印的鲁棒性产生影响,同样水印的鲁棒性对容量和透明性也产生制约作用。如果水印的鲁棒性越好,则水印的透明性就变得越差;反之水印的透明性越好,则水印的鲁棒性就越弱。因此水印的容量、透明性和水印的鲁棒性之间呈现出反比的关系^[11]。

以上是对水印特性:鲁棒性、透明性、容量,三者之间联系的简述。但文中并未从水印容量、鲁棒性和透明性之间的角度去分析水印的鲁棒性,而是从水印稳定性的角度去研究和分析水印所具有的鲁棒性和脆弱性。

根据水印所具有的鲁棒性强度不同,可将水印分为鲁棒性水印、脆弱性水印和半脆弱性水印^[12-14]。鲁棒性水印具有的鲁棒性远远强于脆弱性水印,而半脆弱性水印具有的鲁棒性的强度在鲁棒性水印和脆弱性水印之间。半脆弱性水印的强度弱于鲁棒性水印,稍强于脆弱性水印。因此鲁棒性水印、脆弱性水印和半脆弱性水印这一方面具有的特性符合中介思想,因此文中使用中介真值程度度量的方法来对水印的鲁棒性进行研究。

水印的鲁棒性和脆弱性是两个不可分割的水印属性^[15-16]。如果水印的鲁棒性强,水印的脆弱性就弱;如果水印的脆弱性强,水印的鲁棒性就弱。水印之鲁棒性的强弱,可以反映一个水印的稳定性,因此文中从中介逻辑出发,利用中介真值程度度量的方法对水印的鲁棒性进行衡量。

以下来简要介绍这三种水印各自的特性:

(1) 鲁棒性水印。

鲁棒性水印的稳定性与其他两种水印相比是最强的,鲁棒性水印强调水印的稳定性是十分重要的。不同的鲁棒性水印算法具体的稳定性是不同的,最有代

表的水印算法是空域算法和变换域算法。经过多次对水印之攻击实验的数据分析和鉴定,得出的结论是变换域算法的稳定性强于空域水印算法的稳定性,由于鲁棒性水印强调水印的稳定性,因此大部分的鲁棒性水印算法采用变换域算法。

水印的鲁棒性就是水印的稳定性。外界对水印的攻击能够破坏载体中的水印,水印的鲁棒性正是为了避免由于水印被攻击而对水印产生的破坏,而使得水印变得不稳定,这就是水印的鲁棒性。

鲁棒性水印嵌入载体后,要求水印能够承受住来自载体以外针对水印的攻击。鲁棒性水印的一个重要特性就是水印的稳定。如果嵌入载体的水印有足够的水印稳定性,那么第三方无法破坏其中的水印,当对方从载体中提取的水印是完整的,这时水印的鲁棒性就处于理想的状态下。

(2) 脆弱性水印。

脆弱性水印对水印具有的鲁棒性与鲁棒性水印对水印要求彻底相反,脆弱性水印要求水印有充分的敏感性,第三方对水印载体任何的動作都能够通过嵌入载体中水印的变化而显示出来。尽管脆弱性水印强调的是水印的脆弱性,但脆弱性水印具有一定的鲁棒性对水印是有益的,大部分脆弱性水印对水印的鲁棒性都要求较低。脆弱性水印的特性首先强调水印的脆弱性,其次是水印鲁棒性,这是所有脆弱性水印所具有的重要特性。脆弱性水印的不稳定性对特殊水印载体来说是一种特殊需要。但无论是鲁棒性水印、脆弱性水印还是半脆弱性水印,这三种水印作用和嵌入载体的目的都是相同的,对载体中的信息起到认证的作用。

(3) 半脆弱性水印。

半脆弱性水印是一种特性水印,半脆弱性水印的鲁棒性强度,处于鲁棒性水印和脆弱性水印之间。它的鲁棒性强度强于脆弱性水印,但远弱于鲁棒性水印。半脆弱性水印部分具有鲁棒性水印特性,同时又部分地具有脆弱性水印特性。

水印所具有的鲁棒性使得水印尽量保持不发生变化,而水印的脆弱性则使得含有水印的载体细小变化,都能够通过水印的变化体现出来。由于水印应用的场合不同,对水印的稳定性的要求是不同的,因此鲁棒性水印和脆弱性水印都有各自的应用。

2 中介与 MMTD 知识简介

2.1 二值逻辑和中介逻辑

中介逻辑的出现晚于二值逻辑,直到 20 世纪 80 年代中期后才建立。以下来简要说明二值逻辑和中介逻辑之间的区别和联系。在这里先给出相关形式符号的名称及其解读方式如下^[6]:

形式符号 \sim 的名称是“模糊否定词”,解读为“部分地”。

形式符号 \neg 的名称是“对立否定词”,解读为“对立”。

形式符号 \neg 的名称是“否定词”,解读为“非”。

二值逻辑演算彻底贯彻“无中介原则”,认为所有的对立面都是无中介的矛盾对立面“(P, \neg P)”。中介逻辑却贯彻“中介原则”,无条件认为:有中介的反对对立面(P, \neg P)和无中介的矛盾对立面(P, \neg P)都客观存在。这就是说二值逻辑认为:所有的对立面都是没有中介的矛盾对立面(P, \neg P),但是中介逻辑认为:存在着这样的谓词(性质或概念),有对象部分地具有性质P,同时又部分地具有性质 \neg P,用符号来表达就是 $\sim p(x) \& \sim P(x)$,亦即任给(P, \neg P)有对象x使有“ $\sim p(x) \& \sim \neg P(x)$ ”,此时就称该对象x为(P, \neg P)的中介对象^[6]。

2.2 中介真值程度度量

(1)中介真值程度度量(MMTD)简介。

中介逻辑将事物的属性描述成三种状态,事物属性的两个对立面和对立面的中间过渡状态。在中介真值程度度量方法中,提出了事物超态属性概念,该方法将符合中介思想事物的属性划分为五种状态:事物的两个对立面,对立面的中间过渡状态和事物超态对立面。这里用符号表示为 $\sim P$, P与 $\neg P$,超态 ^+P 与超态 \neg^+P 。现用数轴将以上的描述表示见图1^[7]。

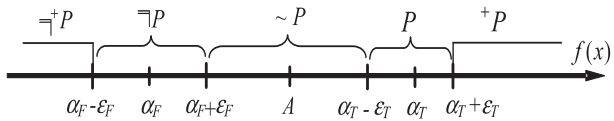


图1 中介真值程度度量一维函数图

对数轴 $y = f(x)$ 表示的含义有以下说明^[7]:

数轴上用符号P与 $\neg P$ 分别表示事物对立面的两个属性,符号 $\sim P$ 表示反对对立面的中间过渡状态事物的属性。

①如果数轴上数值点的位置逐步接近P,则事物A所具有P的属性逐步增强;

②如果该数值点的位置落在真值 $\neg P$ 和P的取值范围之间,则事物A的属性就部分地具有 $\neg P$ 的属性,同时又部分地具有P的属性;

③如果数轴上数值点的位置逐步接近 $\neg P$,则事物A所具有 $\neg P$ 的属性逐步增强。

(2)中介真值程度度量中的距离比率函数。

在中介真值程度度量的方法中,数轴上某数值点通过距离比率函数来计算事物所具有属性的强弱。

2.3 距离比率函数

定理1: 给定 $y = f(x) \in f(X)$, $\xi(h(y)) = h(y)$ 则有^[7]:

(1) 当 $\alpha_F + \varepsilon_F < y < \alpha_T - \varepsilon_T$ 时, $g_T(x) \in (0, 1)$, $g_F(x) \in (0, 1)$;

(2) 当 $y > \alpha_T + \varepsilon_T$ 时, $g_T(x) > 1$; 当 $y < \alpha_F - \varepsilon_F$ 时, $g_F(x) > 1$;

(3) 当 $y < \alpha_F - \varepsilon_F$ 时, $g_T(x) < 0$; 当 $y > \alpha_T + \varepsilon_T$ 时, $g_F(x) < 0$;

(4) $g_T(x) + g_F(x) = 1$

①相对于P的距离比率函数^[7]

$$h_T(x) = \begin{cases} \frac{-d(y, \alpha_F - \varepsilon_F)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F - \varepsilon_F)} & y < \alpha_F - \varepsilon_F \\ 0 & \alpha_F - \varepsilon_F < y < \alpha_F + \varepsilon_F \\ \frac{d(y, \alpha_F + \varepsilon_F)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)} & \alpha_F + \varepsilon_F < y < \alpha_T - \varepsilon_T \\ 1 & \alpha_T - \varepsilon_T < y < \alpha_T + \varepsilon_T \\ \frac{d(y, \alpha_T + \varepsilon_T)}{d(\alpha_T + \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)} & y > \alpha_T + \varepsilon_T \end{cases}$$

②相对于 $\neg P$ 的距离比率函数^[7]

$$h_T(x) = \begin{cases} \frac{-d(y, \alpha_T + \varepsilon_T)}{d(\alpha_T + \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)} & y > \alpha_T + \varepsilon_T \\ 0 & \alpha_T - \varepsilon_T < y < \alpha_T + \varepsilon_T \\ \frac{d(y, \alpha_T - \varepsilon_T)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F + \varepsilon_F)} & \alpha_F + \varepsilon_F < y < \alpha_T - \varepsilon_T \\ 1 & \alpha_F - \varepsilon_F < y < \alpha_F + \varepsilon_F \\ \frac{d(y, \alpha_T - \varepsilon_T)}{d(\alpha_T - \varepsilon_T, \alpha_F - \varepsilon_F)} & y < \alpha_F - \varepsilon_F \end{cases}$$

3 数字水印鲁棒性的分析

在第1节中简述了中介逻辑和中介真值程度度的基本概念之后,本节将给出衡量水印鲁棒性的函数,以及MMTD在数字水印上的应用和函数算法分析。

下式表示水印鲁棒性偏离函数:

$$y = f(i, j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| 1 - \frac{256 - T'(i, j)}{256 - T(i, j)} \right|$$

文中将被攻击的载体中提取的水印用符号 T' 表示,原始水印用 T 表示, $T'(i, j)$ 表示水印 T' 某个像素点的值, $T(i, j)$ 表示原始水印某个像素点的值。

现在对水印 T 的情况有以下的讨论:

(1) 当所有像素点 $T'(i, j) = T(i, j)$ 时:

水印像素点的比值 $\frac{T'(i, j)}{T(i, j)} = 1$,这时水印 T' 像素点的值没有偏离原始水印 T 。 $f(i, j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| 1 - \frac{256 - T'(i, j)}{256 - T(i, j)} \right|$ 的值等于0,这时水印的鲁棒性最为理想。

(2) 当存在 $T'(i,j) \neq T(i,j)$ 时:

① 当 $y' = \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)} > 1$: 如果 T' 的这些像素

点的值越大,则水印 T' 就越接近水印 T 的值。

根据(1)可知:当水印像素点的比值 $\frac{T'(i,j)}{T(i,j)}$ 越接近于1时,这时水印的鲁棒性越为理想。因此,当 $y' = \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)}$ 的比值越接近于1,水印的鲁棒性就越好,

$f(i,j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| 1 - \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)} \right|$ 的值就变得越来越小。

② 当 $y' = \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)} < 1$: 如果 T' 的这些像素点的值越小,则水印 T' 就越接近于 T 的值。

根据(1)可知:当水印的像素点的比值 $\frac{T'(i,j)}{T(i,j)}$ 接近于1时,水印的鲁棒性就越理想。因此当 $y = \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)}$ 的比值越接近于1,水印的鲁棒性就越好,这时

$f(i,j) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left| 1 - \frac{256 - T'(i,j)}{256 - T(i,j)} \right|$ 的值就变得越来越小。

(3) 根据以上对水印鲁棒性的讨论有以下结论:

当函数 $y = f(i,j)$ 产生的偏值程度越小,则水印的鲁棒性越好。

当函数 $y = f(i,j)$ 产生的偏值程度越大,则水印的脆弱性越好。

当函数 $y = f(i,j)$ 产生的偏值为零,这时水印的内容未发生变化,水印的鲁棒性达到理想的状态,但这时脆弱性水印的脆弱性最不理想。

4 MMTD 方法的应用

(1) 中介对水印鲁棒性的描述。

根据对水印的研究,水印所具有的特性的逻辑符合中介思想。因此,现在用中介真值程度度量方法对水印鲁棒性进行衡量。

现在用中介逻辑对水印的鲁棒性和脆弱性做以下分析和说明:

P 表示脆弱性, $\neg P$ 表示鲁棒性, $\sim P$ 表示水印部分地具有鲁棒性,同时又部分地具有脆弱性的特性,这类水印就是通常所说的半脆弱性水印。

(2) 距离比率函数。

从图2可以看出 $\sim P$ 表示半脆弱性, P 表示脆弱性, $\neg P$ 表示鲁棒性,在数轴上以 $\sim P$ 为对称中心,左右分别为 $\neg P$ 和 P 。

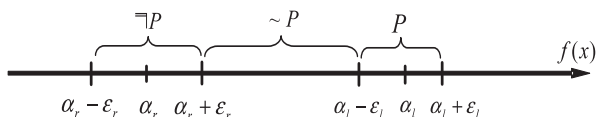


图2 中介真值程度度量一维函数应用

y 值落在三个值域范围 $(\alpha_r + \epsilon_r, \alpha_l - \epsilon_l)$, $(\alpha_r - \epsilon_r, \alpha_r + \epsilon_r)$, $(\alpha_l - \epsilon_l, \alpha_l + \epsilon_l)$ 。 $\sim P$ 的区域为 $(\alpha_r + \epsilon_r, \alpha_l - \epsilon_l)$, $\neg P$ 的区域为 $(\alpha_r - \epsilon_r, \alpha_r + \epsilon_r)$, P 的区域为 $(\alpha_l - \epsilon_l, \alpha_l + \epsilon_l)$ 。 P 的真值为1, $\neg P$ 的真值为0。

相对于 $\neg P$ 的距离比率函数

$$h_T(x) = \begin{cases} 0 & \alpha_r - \epsilon_r < y < \alpha_r + \epsilon_r \\ \frac{d(y, \alpha_r - \epsilon_r)}{d(\alpha_l - \epsilon_l, \alpha_r + \epsilon_r)} & \alpha_r + \epsilon_r < y < \alpha_l - \epsilon_l \\ 1 & \alpha_l - \epsilon_l < y < \alpha_l + \epsilon_l \end{cases}$$

通过距离比率函数 $h_T(x)$ 对 y 值的计算,如果有

① 函数 $h_T(x) = 1$, 水印 T 的 y 值落在区域 $(\alpha_l - \epsilon_l, \alpha_l + \epsilon_l)$, 则该水印是脆弱性水印。

② 函数 $h_T(x) = 0$, 水印 T 的 y 值落在区域 $(\alpha_r - \epsilon_r, \alpha_r + \epsilon_r)$, 则该水印是鲁棒性水印。

③ 函数 $h_T(x) = \frac{d(y, \alpha_r - \epsilon_r)}{d(\alpha_l - \epsilon_l, \alpha_r + \epsilon_r)}$, 水印 T 的 y 值落在区域 $(\alpha_r + \epsilon_r, \alpha_l - \epsilon_l)$, 则该水印为半脆弱性水印。

5 水印鲁棒性衡量算法和算法分析

5.1 水印鲁棒性衡量算法

以上给出了新算法的核心函数以及 MMTD 在数字水印上的应用。因此,本节将给出应用的具体算法。

步骤1: 选择一个水印载体,生成一个水印,并计算原始水印的大小,记为 T , 选择一个水印嵌入算法,将原始水印嵌入载体;

步骤2: 攻击含有原始水印的载体;

步骤3: 从已被攻击的水印载体中提取水印,并计算出提取水印的大小,记为 T' ;

步骤4: 使用偏离函数 $y = f(i,j)$ 计算水印 T' 与 T 值之间的偏离值;

步骤5: 将函数 $y = f(i,j)$ 计算得出的值分别代入 MMTD 距离比率函数进行计算。

5.2 水印鲁棒性衡量算法分析

在衡量水印鲁棒性的算法中,常用方法有相关性算法和误码率算法。采用相关性算法衡量时,有它的局限性,只有当图像数据具有高斯分布统计特征时,线性相关检测才具有最优的条件。

文中提出的新算法打破了相关性算法和误码率算法的局限性,当水印的算法的特性不具备高斯分布统

计的特征时同样适用。新算法能够适用各种水印的攻击,对水印的鲁棒性造成的破坏程度做出衡量。相关性算法和文中所提出的新算法,都以提取水印的大小为函数的自变量,并且都需要原始水印的存在。在新算法中首次将中介逻辑的思想应用到了水印的鲁棒性衡量算法中,并且在文中还提出了水印鲁棒性的偏离函数,这些都是文中的创新之处。

文中之所以选用提取水印来衡量水印的鲁棒性有以下原因:

(1)如果水印的嵌入量过大,不但不能增强水印的鲁棒性,反而导致水印的鲁棒性下降,这样就不能衡量水印的鲁棒性。如果以提取水印来衡量水印的鲁棒性,就不存在这样的问题。

(2)各式各样针对水印的攻击都能对水印产生破坏性作用。水印被攻击程度的不同,对水印造成的破坏程度就有强有弱。有些攻击会使嵌入载体的水印变大,而有些攻击会使嵌入载体的水印变小,因此已提取的水印为水印鲁棒性的衡量标准,就不必考虑水印攻击者采用的方法和攻击的过程。如果提取水印越接近原始水印的值,则水印的鲁棒性就越稳定。但提取水印与原始水印的值偏离程度越大,则水印就越不稳定,水印就显示出较强的脆弱性。因此,使用提取水印与原始水印的比值来衡量水印的鲁棒性,能够较为准确地体现水印鲁棒性的强度。

6 结束语

文中根据水印存在的特性,提出一种新的水印鲁棒性衡量算法。使用中介真值程度度量方法对水印的鲁棒性进行描述更为直观,更有利于水印算法的设计者对水印的鲁棒性进行掌控,使得水印的设计更为合理。最后说明一点,文中提出的水印衡量方法仍然需要原始水印存在,以此来判断和评价水印鲁棒性的强弱,这也是该算法存在的局限。

参考文献:

[1] 魏伟一,张贵仓,秦娜.一种用于图像认证的半脆弱数字水印算法[J].计算机仿真,2008,25(7):121-124.

[2] 王灿才.基于空间域LSB数字水印的鲁棒性研究[J].包装工程,2009,30(3):76-78.

[3] 樊永良,张会敏,张云龙.具有自适应性的半脆弱数字水印算法[J].计算机应用研究,2011,28(5):1937-1939.

[4] 曾高荣,裘正定,章春娥,等.JPEG压缩下图像量化水印的鲁棒性估计[J].系统工程与电子技术,2011,33(1):213-216.

[5] 秦拯,易叶青,林亚平.基于JADE算法的鲁棒性数字水印[J].电子学报,2008,36(6):1149-1153.

[6] 朱梧楨,肖奚安.数学基础与模糊数学基础[J].自然杂志,1984(10):723-726.

[7] 洪龙,肖奚安,朱梧楨.中介真值程度的度量及其应用(I)[J].计算机学报,2006,29(12):2186-2193.

[8] 范建坤,李安平.一种基于JPEG2000的半脆弱数字水印[J].安顺学院学报,2011,13(1):94-96.

[9] 郭宏,郝俊杰.一种基于DCT的鲁棒性数字水印算法[J].现代计算机,2007(12):46-49.

[10] 金聪.数字水印理论与技术[M].北京:清华大学出版社,2008.

[11] 周琳娜,王东明.数字图像取证技术[M].北京:北京邮电大学出版社,2008.

[12] 杨义先.数字水印基础教程[M].北京:人民邮电出版社,2007.

[13] Cox I, Miller M, Bloom J, et al. Digital watermarking[M]. [s. l.]: Morgan Kaufmann, 2001.

[14] Kundur D, Hatzinakos D. Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition[C]//Proceedings of the 1998 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing. Seattle: IEEE, 1998: 2969-2972.

[15] Podilchuk C I, Delp E J. Digital watermarking: algorithms and applications[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2001, 18(4): 33-46.

[16] Moskowitz S A, Cooperman M. Method and system for digital watermarking[P]. U. S. : 5,905,800, 1999-05-18.

(上接第119页)

[8] 王生发,顾新建,郭剑锋,等.面向实例推理的产品设计本体建模研究及应用[J].机械工程学报,2007,43(3):112-117.

[9] 石鑫,同淑荣,马飞.面向重用的产品设计过程知识分类及表示研究[J].机床与液压,2010,38(17):21-24.

[10] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge engineering, principles and methods[J]. Data and Knowledge Engineering, 1998, 25(1/2): 161-197.

[11] 杨斌,齐玉东,孟凡磊,等.本体在概念建模中的应用研究[J].计算机技术与发展,2011,21(5):246-249.

[12] 刘宁,邵彬,张玉.基于OWL的海事本体的构建[J].计算机技术与发展,2010,20(8):59-62.

[13] 鹿婷,熊盛武.基于本体的设计知识建模研究[J].电脑知识与技术,2007(12):488-490.

[14] 林茂先.我国色选机自主创新产业化进程及发展趋势[J].农产品加工,2008(2):38-39.

基于MMTD的水印鲁棒性研究

作者: [朱偲治, ZHU Li-zhi](#)
作者单位: [南京航空航天大学 信息中心, 江苏 南京, 210016](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014 (9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201409032.aspx