



link

appraisalment

industry

陈慧¹ 龙飞² 段智云²

云南大学滇池学院

陈慧 (1984 -) 女, 云南大学滇池学院, 副教授, 研究方向: 数字水印及信息处理;

龙飞 (1981 -) 男, 云南大学滇池学院, 段智云 (1992 -) 男, 云南大学滇池学院。

基金项目: 滇池学院院级重点项目资助 (2019XZD06)

一种高效的基于离散小波变换和最低有效位的数字水印技术

为了进一步提高数字水印技术的抗几何攻击的能力, 提出一种基于离散小波变换域和最低有效位的盲水印算法。首先, 对数字水印预处理和二值化处理之后, 再把载体图像进行离散小波变换, 将水印图像嵌入到一层离散小波变换低频系数的最低有效位。实验证明本文的算法水印的不可见性较好, 在抵抗常见攻击和几何攻击具有较好的鲁棒性。

随着信息技术的发展, 图像、音频、视频等大量的数字化产品涌现, 同时数字版权纠纷也逐渐增多。Kunder 最早将离散小波变换应用到数字水印技术中, 基于 DWT 域的数字水印技术广泛应用于数字信息中有良好的嵌入效果, 比基于空间域算法的安全性和抗几何攻击能力更强。刘九芬研究得出小波正交基的正则性、小波能量等在低频带对水印鲁棒性的影响极小, 对水印嵌入小波变换后载体图像的频带选择提供重要意义; 王慧琴提出一种基于离散小波变换水印嵌入在 YIQ 色彩空间的 Y 分量中的彩色图像数字水印算法, 但提取水印时需要原始载体, 从而是一种非盲水印技术。综上所述, 结合算法的优缺点提出本文算法, 对载体图像进行 DWT, 将水印嵌入到载体图像的一级低频像素值的最低有效位上, 完成数字水印嵌入, 逆变换后再完成提取。

基于最低有效位的 DWT 的数字水印嵌入

DWT 水印算法是水印检测按子带分级扩充水印序列进行, 如果载体质量较高时, 水印检测在搜索少数几个子带后可以终止的分析方法, 在时域和频域都具有表征信息局部特性的能力。由于水印信息嵌入的位置是低频子带的最低有效位, 为了满足水印的不可见性, 允许嵌入的水印强度不高, 每次嵌入 1bit。经过小波变换之后再嵌入可以避免空间域图像最低有效位直接嵌入水印图像时不显著的部分会被压缩, 而最低有效位又对非特征区域压缩很敏感的问题, 提高算法的鲁棒性。

基于最低有效位的 DWT 数字水印嵌入算法如下:

Step1: 载体图像 I 进行一级 DWT, 其变换后将载体图像分成垂直、水平、对角线和低频四个频带;

Step2: 将水印图像 $W(i, j)$ 进行置乱变换, 采用 Arnold 置乱算法将有意义的水印内容掩盖, 进行 n 次 Arnold 置乱算法的结果为:

$$\begin{bmatrix} i' \\ j' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}^n \begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} \bmod(N) \text{ 其中 } N \text{ 为水印图像的维数, } i, j \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$

Step3: 在一级低频系数中选择最低有效位开始系数嵌入二进制数字水印信息;

Step4: 通过定义水印嵌入强度因子 α , 二级低频系数最低有效位按照水印图像 $W(i, j)$ 信息对应位置是 0 或 1 作如下修改, 其中 $T = \lambda_1 \bmod \alpha$ 。

当水印信息为 1 时, 一级低频系数的最低有效位:

$$\lambda_1' = \begin{cases} \lambda_1 - T + 3\alpha/4 & T \geq \alpha/4 \\ \lambda_1 - T - \alpha/4 & \text{其他} \end{cases}$$

当水印信息为 0 时, 一级低频系数的最低有效位:

$$\lambda_1' = \begin{cases} \lambda_1 - T + 5\alpha/4 & T \geq 3\alpha/4 \\ \lambda_1 - T + \alpha/4 & \text{其他} \end{cases}$$

Step5: 将嵌入后的图像进行 IDWT 变换, 得到水印嵌入图像 I'。

基于最低有效位的 DWT 的数字水印提取

基于最低有效位的 DWT 数字水印提取算法如下:

Step1: 水印嵌入图像 I' 首先进行一级 DWT, 如果无一般或几何攻击则 LL1 的最低有效位为 λ_1 , 如果有攻击则经过修正后的水印嵌入图像的 LL1 的最低有效位 λ_1' 中可以提取水印图像;

Step2: 按照如下规则进行水印提取; $T = \lambda_1' \bmod \alpha$

$$W(i, j) = \begin{cases} 1 & T \geq \alpha/2 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

Step3: 提取的图像 $W(i, j)$ 进行逆置乱变换, 其中 Arnold 反变换在置乱状态下迭代相同步数即可恢复原图像, 如下示, 最终完成水印图像的盲提取。

$$\begin{bmatrix} i \\ j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}^n \begin{bmatrix} i' \\ j' \end{bmatrix} \bmod(N) \text{ 其中 } N \text{ 为水印图像的维数, } i, j \in \{0, 1, \dots, N-1\}$$



图 1 a Lean 原始图像, b Lean 水印嵌入图像

Shui Yin

图 2 数字水印

仿真实验

(1) 实验中, 载体图像 Lean.jpg 转换为灰度图像; 数字水印图像转换为二值图像, 将水印长宽像素调整到相同。对 Lean 的灰度图像进行数字水印嵌入, 嵌入的算法在 MATLAB10.1 中实现。

(2) 归一化相关系数 NC 是评价提取的水印和原始水印信号的相似性, 设 w 和 \hat{w} 分别表示原始和水印提取图像, 则公式为:

$$NC = \frac{\sum w \hat{w}}{\sqrt{\sum w^2} \sqrt{\sum \hat{w}^2}}$$

受到几何攻击的 Lean 图像水印用本文算法进行提取, 结果和参考文献的算法进行比较, 并分别计算归一化相关系数 NC 如表 1 所示。

表 1 受到几何攻击的水印嵌入图像提取结果归一化相关系数 (NC) 比较

几何攻击类型	算法	算法	本文算法
平移 (H 40, V 40)	0.92025	0.92563	0.98653
缩放 (1.3)	0.71865	0.79231	0.76676

综上所述, 图 1 反映出本文算法提取出的水印质量高, 信噪比也更优; 本文算法在抗几何攻击上性能相比算法差异度大, NC 值更接近 1, 因此, 本文算法对受到几何攻击的灰度图像具有鲁棒性和稳定性的优势。

结语

离散小波变换可以比较好地匹配人类视觉系统的特性, 利用离散小波变换产生的水印具有良好的视觉效果和抵抗多种攻击的能力。本文提出的算法能够修正以往基于 DWT 数字水印算法的参数不稳定的情况, 如果遭到几何攻击鲁棒性更好, 隐蔽性更好。实验证明, 本文的算法有助于数字水印技术的鲁棒性的改进, 并且实现了数字水印图像的盲提取。

(上接第 49 页)

流动的污水流体, 污水在压力和流量的作用下将在水力旋流器中的涡流区域形成高速旋转的流体水涡。水力旋流器内的旋流管直径将呈现出逐渐变小的趋势, 水力旋流器内流体的旋流速度随着旋流管直径的减少而逐步的增大, 在这一过程中污水混合体中所含有的不同物质将随着旋转流速的逐渐增大而逐步分离。在这一过程中污水中所含有的低密度与细粒物质将首先旋流出来并旋流至旋流管轴线上并在内部压降的作用下从水力旋流器中的溢流口流出。而污水中的大密度与大质量的物体同样在高速旋转的离心力下实现分离, 不同的是这一部分物质则主要由水力旋流器中的底部排出。通过水力旋流器将能够实现污水中污物的有效分离。在设计多工艺紧凑污水处理装置时为了实现污物的有效分离设计了两套水力旋流器, 分别是立式水力旋流器和两级串联式水力旋流器。其中立式水力旋流器主要用于对气相分离器所分离出来的油水进行除水分离, 经过实验该环节将能够实现 90% 的除水率。而两级串联式水力旋流器则主要用于对 Dewater 出口的污水进行除油处理, 该环节能够将入口污水中的近 80% 的油污予以去除, 从而为后续的污水处理提高了效率。3) 气浮选器。该装置是污水处理设备中的重要一环, 其主要除污原理在于通过向流经该设备的流体中注入微气泡, 利用气泡在高速旋转时所产生的粘附性将污水中的油污等充分的粘附在一起, 粘附后的油污将与污水中的液体产生明显的密度

差, 进而会产生油水分离效果。多工艺紧凑型水处理设备采用的是两级式气浮选器结构, 通过这两级结构能够实现污水的精细化处理, 据统计该装置能够将流经这一环节污水中的 90% 油污予以去除。

多工艺紧凑型水处理设备在海上平台中的应用

在某海上平台中应用了多工艺紧凑型水处理设备, 通过对该设备运行一段时间后的数据进行统计, 发现该装置在运行的过程中能够达到原先所设计的污水处理标准, 实现了油井产出水的就地脱除, 达标排放。

结语

海上平台作业风险大, 结构紧凑, 为了圆满完成原油的勘探和开采任务海上平台需要搭载大量的设备。从而对海上平台的除污设备提出了更高的要求。为了能够在有限的空间内完成污水处理工作, 本文采用了多工艺紧凑型水处理设备, 该设备具有体积小、结构紧凑、操作简单等特点。本文在分析多工艺紧凑型水处理设备结构的基础上就多工艺紧凑型水处理设备在海上平台中的应用效果进行了讨论, 确定多工艺紧凑型水处理设备能够在海上平台发挥出良好的应用效果。此外, 多工艺紧凑型水处理设备还可以通过更换其内部的旋流管数量的方式改善其除污能力, 从而使得该设备能够在油井的整个开采周期都发挥出应有的作用。