

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G06T 5/50

G06T 9/00 H04N 5/913



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03134437.2

[43] 公开日 2004年7月21日

[11] 公开号 CN 1514409A

[22] 申请日 2003.7.28 [21] 申请号 03134437.2

[71] 申请人 西安电子科技大学

地址 710065 陕西省西安市太白路2号

[72] 发明人 郭宝龙 郭磊

[74] 专利代理机构 陕西电子工业专利事务所

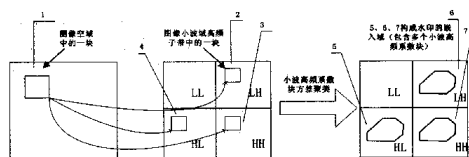
代理人 王品华 黎汉华

权利要求书3页 说明书8页 附图3页

[54] 发明名称 基于图像目标区域的小波域数字水印方法

[57] 摘要

本发明涉及一种基于图像目标区域的小波域数字水印方法。该方法采用图像理解技术，将水印嵌入到图像实际的视觉最重要部分，通过水印和图像目标区域特征的相互联系，实现水印的盲检测。其技术关键是对原始图像进行小波分解，确定水印的嵌入域。水印嵌入时，对水印进行 BCH 纠错编码，在嵌入域中选择高频系数对其量化后嵌入水印，对嵌入水印的小波系数进行小波反变换，得到嵌入水印的图像；水印提取时，用 BCH 码解码，得到提取的水印，对提取的水印和原始水印按归一化互相关函数进行相关检测，得到水印的判决结果。具有水印的盲检测性能好、图像主观质量高、抵御剪切攻击能力强等优点，可用于网络中的多媒体信息安全防护。



1. 一种基于图像目标区域的小波域数字水印方法, 包括水印嵌入和水印检测两种过程, 其中:

(一) 水印嵌入步骤为:

1) 对原始图像进行分块, 确定水印的嵌入域 (Ω), 即将原始图像先进行小波分解, 使空域中的一块图像 (1) 与图像小波域高频子带 (HL)、(LH)、(HH) 中的三块图像 (2)、(3)、(4) 相对应, 依据图像高频系数的特性, 再对 (2)、(3)、(4) 图像块的小波系数的方差求平均, 在整个图像的小波域内对这个平均数进行聚类, 并经过后处理过程得到视觉目标区域和背景, 该视觉目标区域对应的高频小波系数的集合即为水印的嵌入域;

2) 用密匙产生二值水印随机序列, 并用 BCH 码进行纠错编码;

3) 在嵌入域 (Ω) 中, 对每一个空域图像块 (2)、(3)、(4) 采用量化调制嵌入一位水印;

4) 依次在嵌入域 (Ω) 对应的各图像块 (2)、(3)、(4) 中嵌入所有水印, 得到嵌入后的图像小波系数;

5) 对嵌入水印的小波系数进行小波反变换, 得到嵌入水印的图像;

(二) 水印提取步骤为:

1) 对含水印图像进行分块, 确定水印的嵌入域 (Ω), 即先将含水印图像进行小波分解, 依据图像高频系数的特性, 再对其进行聚类, 并经过后处理过程得到视觉目标区域和背景, 该视觉目标区域对应的高频小波系数的集合即为水印的嵌入域;

2) 用与水印嵌入相同的密匙产生水印随机序列;

3) 在嵌入域 (Ω) 中, 对应于含水印图像空间域中每一块 (2)、(3)、(4) 提取一位水印;

4) 依次在嵌入域对应的图像块 (2)、(3)、(4) 中提取所有水印,

并用 BCH 码进行解码，得到提取的水印；

5) 对提取的水印和原始水印按归一化互相关函数 NC 进行相关检测，得到水印的判决结果，即

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^{N^*} w(i) \hat{w}(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} w^2(i)} \sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} \hat{w}^2(i)}}$$

式中： $w(i)$ 表示原始水印

$\hat{w}(i)$ 表示提取的水印。

2. 根据权利要求 1 所述的图像目标区域的小波域数字水印方法，其特征在于在嵌入域 (Ω) 中，对应于每一个空域图像块采用量化调制嵌入一位水印，是将嵌入域 (Ω) 对应的空间域中的一块图像表示为 $U_{k,block}$ ， $U_{k,block}$ 在嵌入域 (Ω) 中的子带 (HL)、(LH)、(HH) 对应的图像块(2)、(3)、(4)系数分别表示为 $V_{k,block_HL}$ 、 $V_{k,block_LH}$ 、 $V_{k,block_HH}$ ，要嵌入的水印位为 w_k ，具体方法如下：

1) 在 $V_{k,block_HL}$ 、 $V_{k,block_LH}$ 和 $V_{k,block_HH}$ 中找到数值最大的小波系数，记为 $V_{k,block_HL,x}$ ，并设在子带 (LH) 和 (HH) 中相应位置的系数分别记为 $V_{k,block_LH,x}$ 、 $V_{k,block_HH,x}$ ；

2) 对 1) 中三个系数从小到大进行排列，即

$$V_{k,block_HH,x} \leq V_{k,block_LH,x} \leq V_{k,block_HL,x}$$

3) 对中间的系数 $V_{k,block_LH,x}$ 进行量化以嵌入水印，即先把 $V_{k,block_HH,x}$ 和 $V_{k,block_HL,x}$ 之间的距离按步长 Δ 等分：

$$\Delta = (V_{k,block_HL,x} - V_{k,block_HH,x}) / (2Q - 1)$$

Q ：为量化参数，大小由用户给定

3. 根据权利要求 1 所述的图像目标区域的小波域数字水印方法，其特征在于在嵌入域 (Ω) 中，对应于含水印图像空间域中每一块提取一位水印的方法，是设 (Ω) 对应的空间域的一块图像表示为 $\hat{U}_{k,block}$ ，将 Ω 对应的三个系数块 (2)、(3)、(4)，分别表示为

$\hat{V}_{k,block_HL}, \hat{V}_{k,block_LH}, \hat{V}_{k,block_HH}$ ，则水印位 w_k 的提取过程如下：

1) 在 $\hat{V}_{k,block_HL}$ 、 $\hat{V}_{k,block_LH}$ 和 $\hat{V}_{k,block_HH}$ 中找到数值最大的小波系数，记为 $\hat{V}_{k,block_HL,x}$ ，在 LH 和 HH 子带中相应的系数分别记为 $\hat{V}_{k,block_LH,x}$ ， $\hat{V}_{k,block_HH,x}$ ；

2) 对 $\hat{V}_{k,block_HL}$ 、 $\hat{V}_{k,block_LH}$ 和 $\hat{V}_{k,block_HH}$ 三个系数从小到大进行排列，即

$$\hat{V}_{k,block_HH,x} \leq \hat{V}_{k,block_LH,x} \leq \hat{V}_{k,block_HL,x}$$

4) 对中间系数 $\hat{V}_{k,block_LH,x}$ 值进行判断，即先对 $\hat{V}_{k,block_HH,x}$ ， $\hat{V}_{k,block_HL,x}$ 之间的

距离用 Q 量化，得到 Δ ，则 $\hat{V}_{k,block_LH,x} = \hat{V}_{k,block_HH,x} + r\Delta$ ，若 r 值为奇数，则 $w_k = 1$ ， r 值为偶数，则 $w_k = -1$ 。

基于图像目标区域的小波域数字水印方法

技术领域：

本发明涉及图像处理技术领域，具体的说是一种基于图像目标区域的小波域数字水印方法，可用于网络中的多媒体信息安全防护。

背景技术：

随着网络技术和多媒体技术的迅速发展，为数字信息的传输和利用带来了极大便利，但同时也为数字版权侵权行为提供了方便。目前任意拷贝因特网上各种图像的行为已构成了对著作人复制权的严重侵害，造成信息产业发展的一大障碍。为此有人提出了一种数字水印的方法解决这一问题。所谓数字水印技术是指嵌入并存在于数据中的不可见识别码或标记。现有的水印方法大致分为两类：一类是空域方法，如 Raymond B.Wolfgang,Christine I.Podilchukand Edward J.Delp. Perceptual watermarks for digital images and video.Proceedings of the IEEE ,Special issue on Identification and Protection of Multimedia Information,87(7):1108-1126,July,1999.文献所述；另一类是变换域方法，如 Liehua Xie,Gonzalo R.Arce.A class of authentication digital watermarks for secure multimedia communication[J].IEEE Trans on Image Processing,2001,10(11):1754-1764.) 文献所述。空域方法缺乏鲁棒性，而变换域方法则容易利用视觉感知模型。NEC 研究院的 I.J.Cox 等人提出的扩展频谱水印方法（I.J.Cox,J.Kilian,T.Leighton,and T.Shamoon.Secure spread spectrum watermarking for multimedia [J].IEEE Trans on Image Processing,1997,6(12):1673-1687.），是数字水印领域最为经典的方法，其中包括水印嵌入和水印检测两种过程，如图 6、图 7 所示。

图 6 所示的水印嵌入过程为：

- (1) 以密钥为种子来产生伪随机序列，该序列具有高斯 $N(0, 1)$ 分布；

- (2) 对图像做离散余旋变换 DCT;
- (3) 用伪随机高斯序列调制(叠加)该图像除直流(DC)分量外的 1000 个

最大的离散余旋变换 DCT 系数，嵌入公式为：

$$y_i = x_i(1 + \alpha_i w_i)$$

其中 y_i 代表调制后的 DCT 系数， x_i 代表原始 DCT 系数， w_i 代表水印份量， α_i 为调制因子；

- (4) 对调制后的图像的离散余旋变换 DCT 系数进行离散余弦反变换

IDCT，得到含水印图像。

图 7 所示的水印检测过程为：

- (1) 对原始图像和可能失真的含水印图像分别做离散余旋变换 DCT 变

换，分别得到图像的离散余旋变换 DCT 系数 x_i ，和可能失真的水印图像的离散余旋变换 DCT 系数 \tilde{y}_i ；

- (2) 由嵌入公式的反过程可得：

$$\tilde{w}_i = \frac{\tilde{y}_i - x_i}{\alpha_i \cdot x_i}$$

(3) 在水印的检测时，求原始水印 $W = (w_1, w_2, \dots, w_{N_w})$ 与提取的水印 $\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_{N_w})$ 之间的相似度，用以下相似度准则：

$$\text{sim}(W, \tilde{W}) = \frac{W \cdot \tilde{W}}{\sqrt{\tilde{W} \cdot \tilde{W}}}$$

如果检测器的响应大于某一个阈值，在 Cox 算法中通过计算取为 6，则认为检测到水印。

该扩谱水印方法虽说提出了增强水印鲁棒性和抗攻击方法的重要原则，即水印信号应该嵌入原始数据中人眼视觉重要的部分，且具有一定的安全性，但仍然存在以下不足：

- (1) 该方法把图像看作整个场景，没有充分考虑图像中最重要

的视觉目标区域，具有很大的局限性；

(2) 该方法所采用将水印嵌入图像的重要视觉分量即低频分量上，与人的视觉效应不完全一致，图像视觉上最重要的部分应该是图像的突出目标区域，而该目标区域并不能从图像的离散余弦变换 DCT 低频份量中充分反映出来；

(3) 该方法在水印提取时要求对水印的位置进行精确的定位，即水印信息的同步，需要利用原始图像，如果原始图像不能获得，则水印检测过程中的图像数据相对于水印信息呈现噪声信号，即图像数据本身会对水印检测产生很大的干扰，造成水印的提取困难；

(4) 该方法嵌入的水印分布在图像的整个空间域，使得对剪切攻击的鲁棒性非常弱，如图 8 所示，图 8 中的左图为原始图像，右图为水印图像。

发明技术内容：

本发明的目的在于克服上述已有技术的不足，提出一种基于图像目标区域的小波域数字水印方法，以实现因特网图像的版权保护。

本发明在设计技术方案时，充分考虑在到因特网上的图像嵌入水印时，目标区域视觉极为重要，而背景区域平滑不易嵌入水印，以及整幅图像嵌入水印易造成剪切背景区域严重破坏水印的诸多因素。其技术思路是采用图像理解技术，将水印嵌入到图像实际的视觉最重要部分，以提高水印能抵御普通攻击的效果，同时采用将水印和图像的目标区域特征紧密联系在一起，并在嵌入水印的过程中，使图像的局部范围内只嵌入很少的水印份量，以实现水印的盲检测和保证图像的主观质量。实现本发明目的技术关键是对原始图像进行小波分解；确定水印的嵌入域；水印嵌入时，先对水印进行 BCH 纠错编码，在嵌入域中选择高频系数对其进行量化后嵌入水印。其水印嵌入、检测的具体步骤如下：

1. 水印嵌入步骤：

(1) 对图像分块，并确定水印的嵌入域，即将原始图像先进行小波分解，使空域中的一块图像与图像小波域高频子带中的三块图像

相对应，依据图像高频系数的特性，再对各图像块的小波系数的方差求平均，在整个图像的小波域内对这个平均数进行聚类，并经过后处理过程得到视觉目标区域和背景，该视觉目标区域对应的高频小波系数的集合即为水印的嵌入域；

(2) 用密匙产生二值水印随机序列，用 BCH 码进行纠错编码；

(3) 在嵌入域 Ω 中，对应于每一个空域图像块采用量化调制嵌入一位水印；

(4) 依次在嵌入域 Ω 对应的各图像块中嵌入所有水印，得到嵌入后的图像小波系数；

(5) 对嵌入水印的小波系数进行小波反变换，得到嵌入水印的图像；

2. 水印提取步骤为：

(1) 对含水印图像进行分块，确定水印的嵌入域 Ω ，即先将含水印图像进行小波分解，依据图像高频系数的特性，再对其进行聚类，并经过后处理过程得到视觉目标区域和背景，该视觉目标区域对应的高频小波系数的集合即为水印的嵌入域；

(2) 用与水印嵌入相同的密匙产生水印随机序列；

(3) 在嵌入对应于含水印图像空间域中每一块提取一位水印；

(4) 依次在嵌入域 Ω 对应的各图像块中提取所有水印，并用 BCH

码进行解码，得到提取的水印；

(5) 对提取的水印和原始水印按归一化互相关函数 NC 进行相关检测，得到水印的判决结果，即

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^{N^*} w(i)\hat{w}(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} w^2(i)}\sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} \hat{w}^2(i)}}$$

式中： $w(i)$ 表示原始水印

$\tilde{w}(i)$ 表示提取的水印。

本发明由于采用图像理解技术，真正把水印嵌入到图像视觉最重要的目标区域，因而能够有效地抵御剪切攻击；同时由于采用将水印的嵌入和图像的目标区域特征紧密结合，故可实现水印的盲检测（即不需要原始图像）；此外由于采用了离散小波变换 DWT，因此可以与静止图像压缩标准 JPEG2000 兼容。

图示表明，本发明中水印嵌入在图像的重要目标区域，且在局部范围内水印能量很小，引起的视觉失真也小。

附图说明：

图 1 是本发明的嵌入过程图

图 2 是本发明的检测过程图

图 3 是本发明的获取水印嵌入域图。图中 1 为原始图像空域中的一块；2、3、4 分别为原始图像经过一级小波分解后，原始图像空域 1 所对应的图像小波域高频子带中的三块；对图像小波高频系数块的方差进行聚类，得到 5、6、7，它们包含多个小波高频系数块，构成水印的嵌入域。

图 4 是本发明一位水印的嵌入过程图

图 5 是本发明水印的嵌入实例图

图 6 是已有技术水印嵌入过程图

图 7 是已有技术水印检测过程

图 8 是已有技术仿真结果

图 9 是本发明与已有技术效果比较图

具体实施方式：

参照图 1、图 3、图 4，本发明的水印嵌入步骤为：

第一步，获取水印的嵌入域

将原始图像按图 3 所示分块，经过一级小波变换，使空域中的一块 1 在相应的小波域中高频子带中对应三块 2、3、4。对子带 HL、

LH、HH 中的相应图像块 2、3、4 的小波系数方差求平均，在整个图像的小波域内对这个平均数进行聚类，得到的聚类中心较大的集合所对应的小波高频系数块即为水印的嵌入域，

设水印嵌入域表示为 Ω ， Ω 对应的空间域中共有 num 块，其中的一块表示为 $U_{k,block}$ ， $U_{k,block}$ 在 Ω 中子带 HL、LH、HH 中的相应三块 2、3、4 分别为 $V_{k,block_HL}$ 、 $V_{k,block_LH}$ 、 $V_{k,block_HH}$ ；

第二步，使用密钥 K 产生水印扩频序列 W ，并进行 BCH 编码，水印长度为 $N_w = num$ ，取值为 -1 和 +1，均值为 0。即 $W = (w_1, w_k, \dots, w_{num})$ ， $w_k \in \{-1, +1\}$ ；

第三步，在水印嵌入域 Ω 中，对应于图像中目标区域的每一块嵌入一位水印；

考虑图像块 $U_{k,block}$ ，在 Ω 中对应的系数块分别为 $V_{k,block_HL}$ 、 $V_{k,block_LH}$ 、 $V_{k,block_HH}$ ，则要嵌入的水印位为 w_k 。具体方法如下：

1) 在 $V_{k,block_HL}$ 、 $V_{k,block_LH}$ 和 $V_{k,block_HH}$ 中找到数值最大的小波系数，记为 $V_{k,block_HL,x}$ ，并设在 LH 和 HH 子带中相应位置的系数分别记为 $V_{k,block_LH,x}$ ， $V_{k,block_HH,x}$ ；

2) 对 1) 中三个系数从小到大进行排列；

$$V_{k,block_HH,x} \leq V_{k,block_LH,x} \leq V_{k,block_HL,x}$$

3) 对中间系数 $V_{k,block_LH,x}$ 按照图 4 进行量化以嵌入水印。先把 $V_{k,block_HH,x}$ 和 $V_{k,block_HL,x}$ 之间的距离按步长 Δ 等分：

$$\Delta = (V_{k,block_HL,x} - V_{k,block_HH,x}) / (2Q - 1) \quad \text{其中，} Q \text{ 为量化参数，}$$

大小由用户给定，

若 $w_k = 1$ ，把 $V_{k,block_LH,x}$ 量化为离它本身最近的实线所表示的数值；若 $w_k = -1$ ，则把 $V_{k,block_LH,x}$ 量化为离它本身最近的虚线所表示的数值。

第四步，依次在水印嵌入域 Ω 对应的所有图像块中嵌入所有水印，得到

嵌入后的图像小波系数；

第五步，对嵌入水印后的小波系数进行二级离散小波反变换，得到嵌入水印的图像。

参照图 2，本发明的水印检测不需要原始图像，但需要用到密钥 K 和用户给定的量化参数 Q ，具体步骤如下：

第一步，对含水印图像用嵌入时相同的方法得到 Ω (由于目标区域这一重要的图像特征在水印图像遭受攻击前后具有不变性，因此可以用相同的方法)；

第二步，使用密钥 K 产生原始水印序列 w ；

第三步，在嵌入域 Ω 中，对应于含水印图像空间域中每一块 2、3、4 依次提取一位水印，考虑其中一块表示为 $\hat{U}_{k,block}$ ，则在 Ω 中，相应可得 2、3、4 三个系数块，分别表示为 $\hat{V}_{k,block_HL}$ 、 $\hat{V}_{k,block_LH}$ 、 $\hat{V}_{k,block_HH}$ ，则水印位 w_k 的提取过程如下：

1) 在 $\hat{V}_{k,block_HL}$ 、 $\hat{V}_{k,block_LH}$ 和 $\hat{V}_{k,block_HH}$ 中找到数值最大的小波系数，记为 $\hat{V}_{k,block_HL,x}$ 。在 LH 和 HH 子带中相应的系数分别记为 $\hat{V}_{k,block_LH,x}$ 、 $\hat{V}_{k,block_HH,x}$ ；

2) 对 1) 中三个系数从小到大进行排列；

$$\hat{V}_{k,block_HH,x} \leq \hat{V}_{k,block_LH,x} \leq \hat{V}_{k,block_HL,x}$$

3) 对中间系数 $\hat{V}_{k,block_LH,x}$ 的值进行判断，先对 $\hat{V}_{k,block_HH,x}$ 、 $\hat{V}_{k,block_HL,x}$ 之间的距离用 Q 量化，得到 Δ ，则 $\hat{V}_{k,block_LH,x} = \hat{V}_{k,block_HH,x} + r\Delta$ ，若 r 值为奇数，则 $w_k = 1$ ， r 值为偶数，则 $w_k = -1$ ；

第四步，在嵌入域 Ω 中对应的所有图像块中提取水印，并进行 BCH 解码，得到提取的水印 \hat{w} ；

第五步，水印判决，采用原始水印 w 和提取的水印 \hat{w} 之间的归一化互相关函数 NC 进行相关检测，得到水印的判决结果，即

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^{N^*} w(i)\hat{w}(i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} w^2(i)}\sqrt{\sum_{i=1}^{N^*} \hat{w}^2(i)}}$$

参照图 5，a 为水印的嵌入原始图像，b 为获得水印的嵌入域，并分割出它所对应的图像空间区域，c 为嵌入水印后的图像，d 为含水印图像与原始图像的差值图像。

参照图 9, (a) 为本发明嵌入水印的图像以及水印在图像空间的分布; 图 (b) 为经典的扩频水印算法嵌入水印的图像和水印在图像空间的分布。可以看到, 本发明中水印嵌入在图像的重要目标区域, 而且在局部的范围之内, 水印能量很小, 从而水印引起的视觉失真也较小。

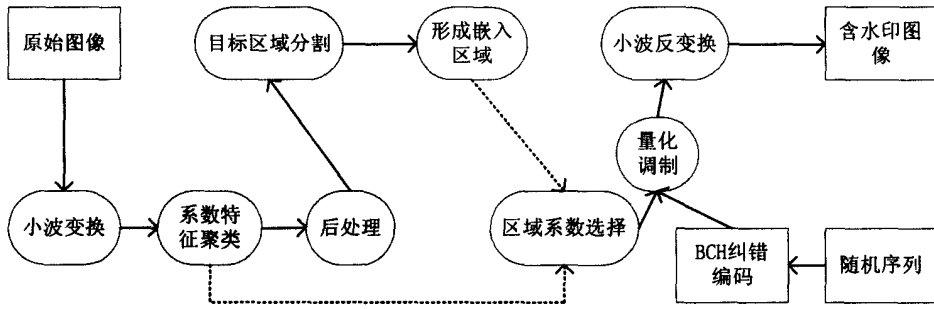


图 1

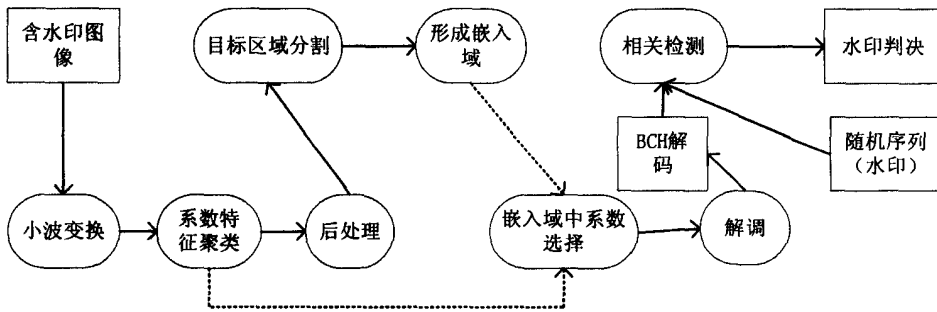


图 2

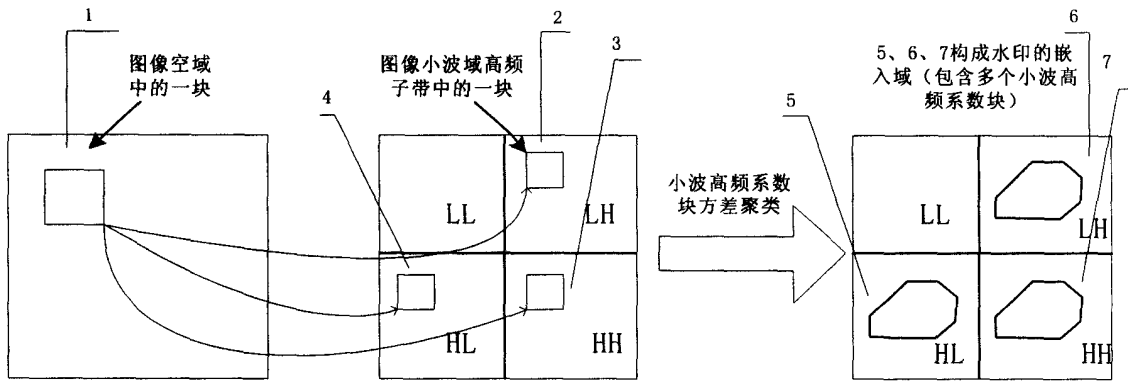


图 3

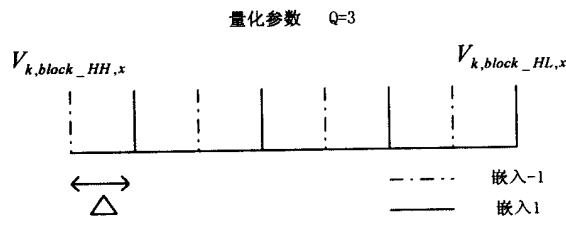


图 4

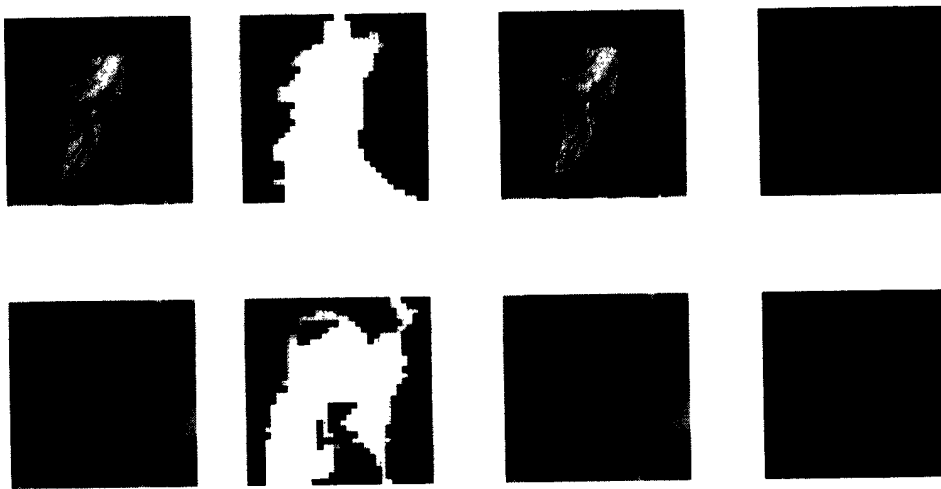


图 5

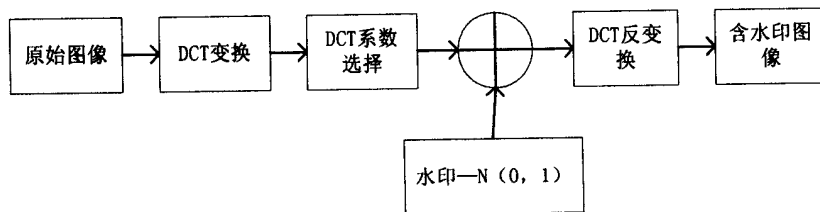


图 6

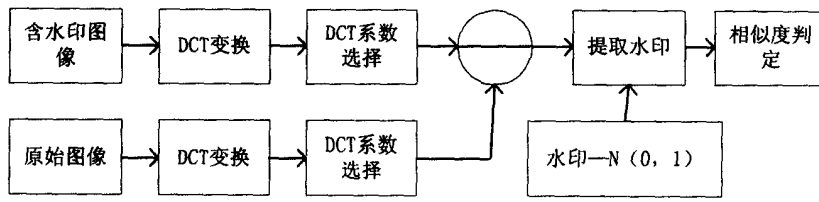


图 7



图 8



图 9