

# 基于统计的图象数字水印隐藏方法

张友华 李扬 (安徽农业大学计算机系 230036)

摘要: 本文首先介绍了数字水印的意义和几种常用的实现方法, 以及各自的优缺点, 着重对位平面法进行了研究, 提出了用统计方法进行信息隐藏的实现原理和具体步骤。

关键词: 数字水印 图象复杂度 位平面

## 1 引言

数字水印是信息隐藏的一种方法, 它是利用图象中的信息冗余, 在不破坏或尽量少破坏原始载体图象的情况下, 将信息隐藏其中。数字水印可以是为了对隐藏的信息进行加密, 以便于关键数据的传输; 数字水印也可以是对它的载体进行防伪。随着Internet的普及和数字媒体如数字图象、数字视频等的广泛应用, 数字媒体的版权保护的重要性也凸显出来。由于数字图象数据量巨大, 选择一定的方法将数字信息隐藏在其中, 不仅数字信息的提取几乎是不可能的, 同时对载体图象的影响很小。数字水印隐藏的信息可以是任何一种数字化信息, 如文本、声音、简单图象等。数字水印技术作为一种新出现的信息隐藏的手段, 近年来引起人们的高度重视, 成为数字图象处理领域内的一个热点。

## 2 目前常用的几种方法

目前常用的方法可以归结为两种: 基于空间域的信息隐藏和基于频域的信息隐藏。空间域方法是通过改变某些像素的灰度, 将要隐藏的信息嵌入其中; 频域方法是通过改变频域的一些系数的值来隐藏信息。空间域方法具有算法简单、速度快、容易实现, 特别是它几乎可以无损地恢复载体图象和水印信息, 这对于某些应用是必要的; 而频域方法具有如下优点: (1)在频域中嵌入的水印的信号能量可以分布到所有的像素上, 有利于保证水印的不可见性; (2)在频域中, 可以利用人类视觉系统的某些特性, 可以更方便、更有效地进行水印的编码。但由频域变换如傅立叶变换或DCT变换在变换和反变换过程中是有损的, 同时频域变换和反变换的运算量大, 对一些精确应用场合或需要快速应用场合是不太合适的。目前常用的方法如位平面隐藏法和基于DCT或DFT的系数隐藏法等。

本文提出的方法是一种空间域的信息隐藏方法, 它具有

有空间域算法简单、速度快的优点, 又克服了位平面隐藏法等将水印均匀分布, 从而有可能导致低频区域(如背景)出现块状亮斑等缺陷。我们有选择地将水印数据隐藏到图象的复杂部分, 即高频部分, 以保证水印的不可见性。

## 3 基于统计的位平面法

所谓位平面的含义是将一个像素的灰度数值分解为二进制值, 所有同权值的位(0或1)构成的平面叫位平面。例如一个灰度图象, 每个像素占一个字节, 即8个二进制位按从高到低排列为 $b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$ , 那么所有像素的 $b_0$ 位就构成第0位平面, 该图象包含8个位平面。由于图象的颜色组织形式不同, 常见的图象有8位(即256色), 16位(5: 5: 5或5: 6: 5)和24位颜色深度。对于8位图象, 即256色图象, 由于它的像素值反映的是图象调色板的索引值, 不表示图象的灰度大小, 因此它的位平面没有意义。但有一种情况例外, 即它的调色板所代表的灰度值和其所在的索引值一致。对于16位和24位图象, 首先应将其RGB分量分离出来, 每个分量具有若干个位平面, 如24位图象的RGB三分量各有8个位平面, 而16位图象根据其组织形式不同(5: 5: 5或5: 6: 5), 其RGB三分量各有5个(5: 5: 5格式)或5、6、5个(5: 6: 5格式)。下面的讨论是以其中某一个分量进行的。

不同的位平面所具有的权值是不同的, 以24位图象的R的分量为例, 它具有8个位平面, 即:  $bp(7), bp(6), \dots, bp(1), bp(0)$ ,

$bp(i) (i \in (0 \sim 7))$ 对应的权值分别为 $2^i$ , 显然权值越大, 该位对像素的灰度值贡献越大, 这意味着该位的变化对像素的颜色影响大, 这不利于信息的隐藏; 反过来说, 隐藏在该位的信息抗干扰能力强。同样地, 权值越小, 该位对像素的灰度值贡献越小, 这意味着该位的变化对像素的颜色影响小, 这有利于信息的隐藏; 但是, 隐藏在该位的信

息抗干扰能力弱。一般我们采取折中方案,将信息隐藏在低4位,这样对颜色分量的最大改变量为 $2^4-1=15$ ,约占颜色分量的最大灰度值(255)的5%,这在正常情况下,人眼是难以察觉的。但是对于背景图象而言,情况可能就会有所不同,由于背景图象属于图象的低频部分,在空间域表现为连续的同色块或近似同色块,如果其中某小块图象或某个像素颜色发生15个灰度值的变化,在整个背景上会凸显出来,产生色斑或噪声点,这不利于信息的隐藏。

我们的做法是把信息有选择地隐藏到载体图象中去,原则是尽量在载体图象变化复杂之处隐藏信息,在载体图象变化较平稳之处不隐藏或少隐藏信息。从频域角度来说,就是将大部分信息隐藏在载体图象的高频区域,而在低频部分尽量少地隐藏信息。这是由于在高频区域,图象变化复杂,细节多,有轻微的颜色值的改变对于人的视觉系统(HVS)是不敏感的,而在低频区域则正好相反。我们首先将图象分割成若干块( $m \times n$ ),每块有 $s \times t$ 个像素。然后制定一个图象复杂度判断准则 $f$ ,以及用户可以调整的一组阈值 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ , (其中 $\delta_1 < \delta_2$ )。对于任意一小块载体图象 $\Psi_{ij}$  ( $0 < i < m, 0 < j < n$ )。  $f$ 与 $\delta_i$ 的关系如下:

if  $f < \delta_1$  then 不在 $\Psi_{ij}$ 隐藏数据;

if  $\delta_1 < f < \delta_2$  then 在 $\Psi_{ij}$ 的低4位的位平面中隐藏数据; (1)

if  $f > \delta_2$  then 在 $\Psi_{ij}$ 的低4-6位的位平面中隐藏数据;

其中 $f < \delta_1$ 表示 $\Psi_{ij}$ 复杂度很小,图象很平坦,不改变该区的颜色值;  $\delta_1 < f < \delta_2$ 表示 $\Psi_{ij}$ 复杂度适中,可以适当地在低4位位平面隐藏信息;  $f > \delta_2$ 表示 $\Psi_{ij}$ 复杂度较大,细节多,可以隐藏更多的信息到更多的位平面中去。

对于图象子块 $\Psi_{ij}$ ,可以表示如下:

$$\Psi_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1t} \\ a_{21} & \dots & \dots & a_{2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{s1} & a_{s2} & \dots & a_{st} \end{bmatrix}$$

其中 $a_{ij}$  ( $i \in (1,s), j \in (1,t)$ )是 $s \times t$ 图象子块的 $(i, j)$ 像素的灰度值。其复杂度判断准则 $f$ 可以用下式表示:

$$f(\Psi_{ij}) = \frac{\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t \{(a_{ij}-a_{i+1,j})^2 + (a_{ij}-a_{i,j+1})^2 + (a_{ij}-a_{i+1,j+1})^2\}}{(s-1)*(t-1)*3+(s-1)+(t-1)} \quad (3)$$

当 $i=s$ 时,  $(a_{ij}-a_{i+1,j})^2=0, (a_{ij}-a_{i,j+1})^2=0$

当 $j=t$ 时,  $(a_{ij}-a_{i,j+1})^2=0, (a_{ij}-a_{i+1,j+1})^2=0$

## 4 算法设计

具体的算法设计如下:

(1)将24位图象分解为R、G、B三个单色调图象,设其大小为 $M \times N$ ;

(2)将图象分割成 $5 \times 5$ 的小块 $\Psi$ ,边界像素不足5个将其并入上一次分割的 $5 \times 5$ 小块,组成一个大块 $m \times n$  ( $5 < m < 9, 5 < n < 9$ );

(3)将需要隐藏的信息转化为位流(bit stream)形式,暂存起来。

(4)根据实验数据取阈值 $\delta_1$ 、 $\delta_2$ ;

(5)对每一块 $\Psi$ ,用(3)式计算其复杂度 $f(\Psi)$ ,根据(1)式,决定隐藏在哪些位平面,计算有多少位可以隐藏,从位流中取出相应的bit,隐藏时可以简单的置换载体图象对应的bit;

(6)对R、G、B三个单色调图象均实施上述过程,最后将R、G、G三个单色调图象合成,生成24位彩色图象;

(7)对于隐藏信息的提取,重复(1)、(2)步骤,对于每一个小块 $\Psi_i$ ,用原始载体图象对应的小块 $\Psi_0$ ,计算其复杂度 $f(\Psi_0)$ ,判断该小块有几个位平面隐藏数据,然后按隐藏的方式提取相应的位;

(8)最后将提取相应的位流,还原成数据。

## 5 优缺点

基于统计的信息隐藏的优点是以一种优化的方法,将信息隐藏在应该隐藏的地方,它根据图象区域复杂度的不同,自动调整信息在平面中的隐藏深度,从而使信息隐藏更合理,视觉效果更好,避免了潜在的色斑等现象。缺点是信息的恢复需要原始载体图象的协助。

## 6 结束语

本文提出了一种基于统计的图象信息隐藏方法,将信息主要隐藏在图象的高频区域内,实现的手段却用图象空间域的分析方法,与DCT变换相比,计算量小,简单易行。同时我们给出了复杂度的计算公式以及具体的实现算法。■

### 参考文献

- 1 李忠源,郭全成,任亚萍. 图象中的信息隐含及水印技术, 电子学报, 2000.1
- 2 A.H.Tewfek and M.Swanson. Data hiding for multimedia personalization, interaction, and protection, the Past, Present, and Future of Multimedia Signal Processing, IEEE Signal Processing Magazine, July, 1997, 14 (7):41-44