

## 一种基于 DWT & IE 的彩色信息隐藏技术

赖红武

(浙江科技学院 信息与电子工程学院,杭州 310023)

**摘 要**:提出了一种通过彩色图像空间转换,使其从 RGB 空间转到 YCbCr 空间的表示,再利用小波变换,将图像的彩色信息嵌入进 YCbCr 空间的 Y 分量中,并在原始图像信息的基础上生成基于原始图像的一个特征值(Image Eigen-value),应用于彩色信息的隐藏和重构的方法。图像的重构和再现仅有赖于原始图像的特征值,不需要原始图像即能达到真实图像彩色信息的重构,并具有防伪、鉴别和抗修改的效果。彩色图像的传播图像是一个具有纹理特征的灰度图,利于在网络平台传递,既可隐藏彩色信息,又可适当压缩图像;在不便提供原始图像的前提下,仅提供图像特征值,对图像文件的保护和彩色信息的隐藏有一定的参考意义。

**关键词**:信息隐藏;图像特征;小波变换;信息安全

**中图分类号**:TP309;TP391

**文献标识码**:A

**文章编号**:1671-8798(2008)04-0265-04

## Information hidden technology for colour image based on DWT & IE

LAI Hong-wu

(School of Information and Electronic of Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,  
Hangzhou 310023, China)

**Abstract**: Method for transforming the color image to the YCbCr space from the RGB is presented. By using the wavelet transformation, the image chromatic information is inserted into the Y component. Based on a primitive image, characteristic value (image eigen-value) renews the Y component to hide image's chromatic information. Reconstruction or reappearance of the image depends on the primitive image essential key value only, which does not need the primitive image. This method can achieve the forgery-proof and the distinction effect for a real image. Before the color image reconstruction, the product is the textural property gray image, which is useful across over the network. The method may both hide the chromatic information and compress the image suitably that certain reference use for image document's protection and chromatic information's hideaway, while the primitive image couldn't be reached, instead of image eigen value only.

**Key words**: information hidden; image eigen-value; DWT; information security

网络的开放性,使无数图片在网络上无限制地复制和传播。通过网络共享图片或传递图片新闻等操作的充分发挥,既有有利的一面,也有不利的一面。为达特别目的,大量伪造、修饰图片在网络中出现。前人就如何鉴别图片的真伪和保护一些图片的信息提出了很多技术和方法,应用也很多。如有人提出了一种利用混沌序列对初值敏感性、伪随机性的特点,在发送方和接收方利用 DES 等加解密技术对图像进行处理,从而达到图像的保密通信<sup>[1]</sup>。另一类技术就是信息隐藏。信息隐藏技术充分利用了人的视觉、听觉系统的掩盖特性,将一个信息隐藏在另一个公开的信息中,通过公开信息传递隐藏的信息。

第一类技术因为对原始图像加密,不进行适当的解密,公众完全无法得知其大概内容。第二类信息隐藏比加密通信更安全,因为它隐蔽了通信的发送方、收方以及通信过程,使检测者难以从公开信息中判断隐藏信息是否存在<sup>[2]</sup>。通过适当的技术,可以达到图像真伪鉴别和保护效果。更进一步,基于水印的隐藏技术还能侦测出数字图像在传播后经窜扰者窜改和窜改的位置,如:Hae Yong Kim 等人早期提出的二值图像中进行了侦测实验<sup>[3-4]</sup>。解决数字图像的真实性问题,多数用基于数字签名的方法和基于数字水印的方法。它们的主要差别在于:基于数字签名的方法把论证信息与原始图像隔离开,而基于数字水印的方法把论证信息嵌入原始图像<sup>[5]</sup>。

利用小波变换的“数学放大镜”效果,在小波域根据密钥将图像各子带伪随机地划分成许多矩形区域,将低频近似子带每个矩形区域系数的平均值和高频细节子带的每个矩形区域系数的方差作为特征值,最后将提取的特征值送入基于密钥的取整量化器,得到最终的图像 Hash<sup>[6]</sup>,这类技术对于图像特征信息用于保持图像原始信息工作有很好的启示。Ricardo L. de Queirozt 等人的研究利用小波变换将图像彩色信息嵌入进 YCbCr 的 Y 分量中,用于在网络中传递,特别是在只有黑白输出的地方,传递彩色图像也成为可能<sup>[7]</sup>。总结前人相关技术后,通过实验,研究实现了利用彩色信息经变换,生成黑白的图像,利于隐藏有用信息;同时利用图像特征值进行重构,方法可以让浏览者可以得到一定的图像信息,但不是全部。本研究所给出的方法是在 Ricardo L. de Queirozt 等人研究方法的基础上,利用图像特征值进行图像彩色信息的隐藏和重构,实现对再

生图像的有效性进行比较好的鉴别,使之具有一定的抗肢解和防修改的效果。

## 1 隐藏和重构技术原理

为了将彩色图像的相关信息隐藏进黑白图像,通过将图像 RGB 空间转化成 YCbCr 空间,利用其 Y 分量能以黑白图像表示的原理,可以将其原始彩色图像的 Cr 和 Cb 信息分量重新构造小波系数,并嵌入进其原始图像 YCbCr 空间的 Y 分量中,得传播图像 Y<sup>[7]</sup>。与此同时利用原始图像的灰度信息生成亮度关键特征值。在此后的图像传递和转印过程中,可以仅用 Y 展现。为了将 Y 还原成彩色图像,利用给出的方法,可以从 Y 中提取出原始图像的 Y 和 CrCb 分量,并用图像特征值进行修正,从而用它们重新构造彩色图像。其技术模型可以用图 1 来描述。

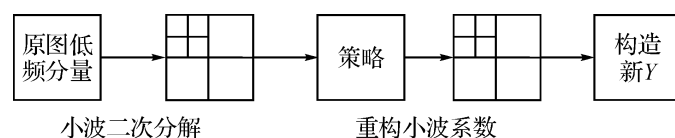


图 1 技术模型图

Fig.1 Model of technology

其中策略是重构小波系数的关键,为了重构图像如下式:

$$f(x, y) = f_0(x, y) = f_j(x, y) + \sum_{j=1}^J g_j(x, y)$$

可以修改其除  $f_j(x, y)$  ( $j$  为小波分解层数) 以外的其他系数,以达到信息的隐藏效果。策略可以描述成两部分:

### 1) 分离彩色信息

$$\begin{aligned} Cb_+ &= \begin{cases} Cb & \text{当 } Cb \geq 0 \\ 0 & \text{当 } Cb < 0 \end{cases} \\ Cb_- &= \begin{cases} Cb & \text{当 } Cb \leq 0 \\ 0 & \text{当 } Cb > 0 \end{cases} \\ Cr_+ &= \begin{cases} Cr & \text{当 } Cr \geq 0 \\ 0 & \text{当 } Cr < 0 \end{cases} \\ Cr_- &= \begin{cases} Cr & \text{当 } Cr \leq 0 \\ 0 & \text{当 } Cr > 0 \end{cases} \end{aligned}$$

### 2) 重构各相关小波系数

如图 2 所示,图中各参数的下标为第  $j$  层的小波分解。

这样,原始图像的 Cr 和 Cb 分量就嵌入进传播图 Y 中,在此后的重构操作时,利用小波逆变换,可

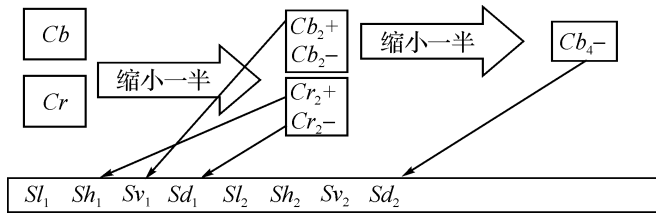


图2 构造各层小波系数

Fig.2 Constructing wavelet coefficient of different layers

以从中有效地提取出 **Cb** 和 **Cr** 及 **Y** 分量,对其进行分解和重构。因为在分解后的各子层中,其低频分量可以有效地记录原始图像的低频信息,而高频部分可以在其中进行嵌入或变换。在重构时,从对 **Y** 的高频部分进行反变换,而不至于破坏原始文件的 **Y** 和 **CrCb** 分量,以达图像彩色信息的隐藏和重构的目的。

相关的算法过程可以表达为以下过程:

第一阶段:构造能隐藏彩色图像的 **Cr** 和 **Cb** 及 **Y** 分量的灰度图像 **Y** ([IE] = `makergb2gray(input file)`) 并从原始图像得到其特征值 **IE**,过程如图1所示。

1) 将彩色图像从 **RGB** 空间转换到 **Y,Cb,Cr** 空间并进行一定的放大以减小误差。

2) 将原始图像的 **Y** 分量进行二次小波变换,  $Y \rightarrow (Sl, Sh_1, Sv_1, Sd_1, Sh_2, Sv_2, Sd_2)$ 。

3) 将 **Cb,Cr** 分量各自用一个算子缩小一半,并构造出 **Cb+**, **Cb-**, **Cr+**, **Cr-**。将 **Cb-** 再缩小一半成原始图像的 1/4 大小。由于经小波变换后,各子层只有原始图像的 1/2 大小。2 次变换后只有原始图像的 1/4 (和原始图大小一致)。

4) 在各子层中作一些代换如图2所示,以达到将信息隐藏进 **Y** 分量的分解子层中去<sup>[7]</sup>。

$$\begin{aligned} Sd_1 &\leftarrow Cb-; Sh_2 \leftarrow Cr+; \\ Sv_2 &\leftarrow Cb+; Sd_2 \leftarrow Cr-。 \end{aligned}$$

即:用 **Cb-** 替换 **Sd<sub>1</sub>** 层并用 **Cr+** 替换 **Sh<sub>2</sub>** 层用 **Cb+** 替换 **Sv<sub>2</sub>** 层用 **Cr-** 替换 **Sd<sub>2</sub>** 层。

5) 用小波逆变换构造新的 **Y** 分量:  $(Sl, Cb, Cr, Sd) \rightarrow Y$ 。

6) 获取图像特征值 **IE** 及小波系数修正,方法如图3所示。

利用原始图像构造的 **Y** 的亮度信息修正输出图像 **Y**。

方法中的特征值就是通过对图像进行多次小波变换后,在其 **Y** 构造的基础上,其系数中取极值而

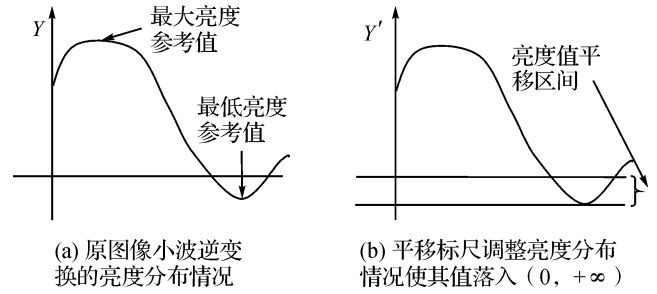


图3 提取图像特征值

Fig.3 Collecting the IE

得到的称为图像小波变换后的特征值 (**IE**),如图3所示。即:

$$IE = (Y_{max}, Y_{min})$$

利用这个值,对图像的亮度进行小波系数的调整:即

**Y** 小波系数:

$$\omega = (\omega + IE) \cdot \lambda$$

式中:  $\omega$  是图像亮度值 **Y** 的小波系数,  $\lambda$  为小波系数调整比例因子。

7) 然后用 **Y** 作为彩色图像的输出文件,这种输出一般可以是经缩放或半色调的都可以。效果如图4所示。

第二阶段:从灰度图像或扫描的灰度图像重彩色图像 **YCbCr**,并恢复到 **RGB** 空间 (`convertgray2rgb(input file,IE)`),过程如图1所示。

1) 重构图像时先获得图像文件,或从扫描仪上得到其电子文档。

2) 重新调整图像的大小,并校正图像的偏移和卷屈。

3) 调整图像的分辨率。

4) 利用图像特征值调整图像 **Y** 分量。

$$Y(IE) = \begin{cases} Y \cdot IE(max); & \text{当特征值极小值} \geq 0 \\ Y \cdot IE(max) - |IE(min)|; & \text{当特征值极小值} < 0 \end{cases}$$

即:图3算法的逆运算。

5) 用小波变换将此灰度图像进行两层小波变换  $Y(IE) \rightarrow (Sl, Sh_1, Sv_1, Sd_1, Sh_2, Sv_2, Sd_2)$ 。

6) 将 **Sd<sub>1</sub>** 放大一倍(为了接下来的逆变换用);重新构造 **Cb** =  $|Sv_2| - |Sd_1|$ , **Cr** =  $|Sh_2| - |Sd_2|$ 。

7) 将 **Cb** 和 **Cr** 放大一倍。

8) 去掉不用的色差子层如: **Sd<sub>1</sub>** = **Sh<sub>2</sub>** = **Sv<sub>2</sub>** = **Sd<sub>2</sub>** = 0,并且以此进行小波逆变换重构一个新的有用的图像的 **Y** 分量<sup>[7]</sup>。

$$(S_l, S_h, S_v, 0, 0, 0) \rightarrow Y$$

9) 最后用新的  $Y, Cb, Cr$  值进行彩色图像的重构得到 RGB 彩色图像。效果如图 4 所示。

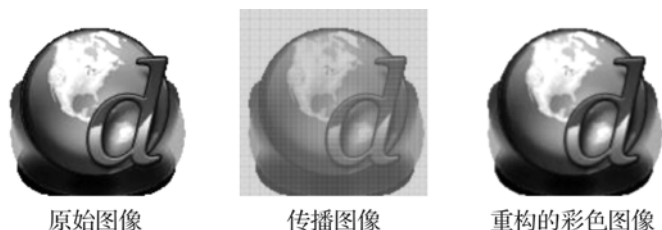


图 4 彩色隐藏和重构效果

Fig.4 Color hidden and reconstructive effect

## 2 技术应用

利用图像特征值的方法,在图像彩色信息重构时仅需要基于原始图像相关的密钥  $IE$  即可,不需要原始图像,所以可以由此方法从灰度图中重构出与原始图相似的彩色图像,达到了图像彩色信息的隐藏和重构效果。另外,当需要鉴别一幅图像的真伪时,可以直接通过由原始图生成副制品与赝品比较,即可知其真伪,或者由赝品再做一次如上的操作,看生成的灰度图是不是与原始图生成的灰度图相符,不相符则是赝品。同时读者不可能仅从传播图  $Y$  来获得图像的特征值  $IE$ ,因为传播图是对原始图像经小波变换后调整的图形,没有该  $IE$  不可能直接用小波的逆变换来重构彩色信息;即使算法公开,非法者亦不可能做到没有图像特征值的前提下,直接从传播图  $Y$  重构彩色图像用以修改等行为。

对于传播图的截图或分割处理,同样能重构和鉴别效果,并不会因传播图的不全而影响重构效果,为此可以从上面的实验中截获传播图像的一部分,进行重构彩色信息,效果见图 5。



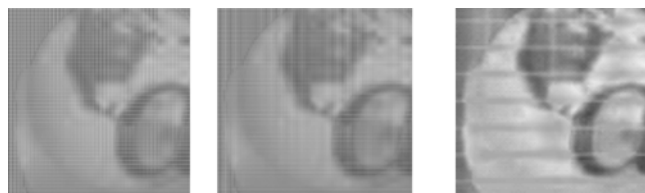
图 5 不完整传播图重构效果

Fig.5 Reconstructive effect of an image clip

由此可见,不完整的传播图像并不会因为对原始图的亮度信息不全而丧失其对彩色信息的重构和保护,从而也证实了彩色信息的重构可以不依赖于原始图像的效果,对图像进行截断和肢解的破坏可以得到适当的保护。

另一方面,如果有对图像进行任何的修改和润饰,或破坏其彩色信息,可以通过上述工作方法,很方便地鉴别出,从而达到保护相关的彩色信息内容。

为说明问题,可以截取图 3 传播图中的一部分,并在其中细微地插入 3 个像素,用此修改后的图去重建彩色图像,可以发现图像被修改后,基于小波变换的原理,修改动作被放大,很容易看到图像被严重破坏。修改图片的效果见图 6。



(a) 正常的传播图 (b) 图中插入3个像素 (c) 重构生成的彩色图像

图 6 传播图像抗修改效果

Fig.6 Image anti-modified effect

图像经第一阶段的变换,其黑白的具有纹理特征的图的尺寸是原始图像大小的  $n$  倍。之所以要这样是为了防止图片在传递或转印过程中有一定的变形或损失;同时如果需要,可以将图像的尺寸放得更大一些,以便于更逼真地还原原图的细节。对于这样的灰度图,在计算机和网络客户端进行显示时是很有效的,因为可以将其尺寸十分方便地进行设定为原始图像的大小进行显示。

## 3 结 语

利用小波变换的可逆性和数学放大镜的效应,在图像表示方法的转换过程中充分应用,起到了图像的重构和彩色信息隐藏的效果。如将图像从 RGB 空间转到 YCbCr 空间的表示,再利用小波变换,将图像的彩色信息嵌入进 YCbCr 空间的  $Y$  分量中;用基于原始图像小波变换后的亮度信息的特征值 ( $IE$ ) 修改输出图像,既能在输出图像中显示原始图像的灰度信息,让读者了解图像的大致内容;同时又传递了图像的彩色信息,在图像文件的保护和彩色信息的隐藏有一定的参考意义。基于原始图像的特征值被当作密钥信息进行传递的方法使彩色信息重构不依赖于原始图像的存在,今后研究的目标是将此特征值嵌入进输出图像中而不影响输出图像的效果,通过相应的逆变换(如利用可逆矩阵或背包算法)恢复出此特征值,以实现基于零知识的图像彩色信息的隐藏、重构和鉴别,将对图像保护工作有更好的参考意义。

(下转第 296 页)