

文章编号 1004-924X(2002)02-0182-06

# 以图像为载体的最大意义位(MSB) 信息隐藏技术的研究

任智斌<sup>1</sup>, 隋永新<sup>1</sup>, 杨英慧<sup>2</sup>, 杨怀江<sup>1</sup>

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所应用光学国家重点实验室, 吉林 长春 130021;  
2. 辽宁营口中专教务科, 辽宁 营口 115000)

**摘要:**加密技术是保障通信安全的一种重要手段,然而信息经过加密后容易引起攻击者的好奇和注意,容易遭到攻击和破坏。为解决这一问题,就要把加密技术与信息隐藏技术结合起来,即把经过加密的信息作为待隐藏信息,加载到载体文件(本文采用网上常用的彩色图像文件)中传播。只要做到隐藏信息加载前后,载体图像的视觉效果的变化不能被人眼察觉即可。目前已知的用于信息保密的信息隐藏技术可分为两种,第一种是基于频域的信息隐藏技术,如扩频隐藏、DCT隐藏、子波隐藏技术等,若以彩色图像为宿主,则此类技术主要利用人眼对高空间频率分量上噪声不敏感的特点将待隐藏信息编码到图像的高频分量,以实现信息隐藏的目的,一般地,此类技术较难实现大数据量隐藏;第二种技术为空域隐藏技术,其典型做法是将待隐藏信息编码隐藏到宿主的最小意义位(LSB)上,由于其信息隐藏位置对图像的影响不大,因此安全性不高。本文提供了一种在空域中,利用图像像素数据的最高位实现信息隐藏的方法。本方法利用颜色量化技术对图像颜色进行归并,然后按照特定的格式存储,产生冗余空间,最后把待隐藏信息装载入冗余空间。该方法不仅能实现大数据量的信息隐藏,而且信息隐藏的位置是图像的最大意义位,这就使得信息隐藏的安全性比以往的最小意义位(LSB)信息隐藏技术有了更大的提高。

**关键词:**信息隐藏;颜色量化;载体图像  
**中图分类号:**TP391.4 **文献标识码:**A

## 1 引言

信息媒体的数字化为信息的存取提供了极大的便利性,同时也显著地提高了信息表达的效率和准确度。特别是随着计算机网络通讯技术的发展,数据的交换和传输变成了一个相对简单的过程。人们借助于计算机、数字扫描仪、打印机等电子设备可以方便、迅捷地将数字信息传达到世界各地。随之而来的副作用是通过网络传输数据文件或作品使有恶意的个人或团体有可能对一些机密的文件进行窃取、攻击或破坏,因此如何在网络环境中实施有效的信息安全手段成为一个迫在眉睫的现实问题。

人们常常认为通信安全的实现可以通过加密

来完成。即首先将数据文件加密成密文后发布,使得网络传递过程中出现的非法攻击者无法从密文获得机密信息,从而达到版权保护和信息安全的目的,但这并不能完全解决问题。因为信息经过加密后容易引起攻击者的好奇和注意,容易遭到攻击和破坏。密码学一直被认为是在通信研究领域中的主要的安全手段并受到极大重视,直到最近几年人们才对信息隐藏有了更深刻的认识,并把加密和隐藏这两种手段结合起来,即先把信息加密后再把它隐藏起来。将秘密信息隐藏于普通文件(载体文件)中散发出去,以保证秘密信息不被窃取和破坏,这称为信息隐藏。由于信息隐藏过程不破坏原载体文件的外观特征,这就使得有恶意的个人或团体无法知道载体文件中含有机密信息,这就增强了信息传输的安全性。

收稿日期:2001-08-19;修订日期:2002-03-12

基金项目:吉林省杰出青年与国家自然科学基金资助项目(No. 20005502, No. 60178018)

目前有一种利用 BMP 图像最小意义位(LSB)的信息隐藏方法,其原理如下:计算机用三个字节来表示颜色的红、绿、蓝三原色的分量数值,每个字节的最低位的变化对颜色的视觉影响很小而无法察觉,因此可以把红、绿、蓝三原色的分量数值的最低位(最小意义位)视为冗余空间,把信息隐藏在这里。这种方法的优点是算法简单、容易实现,而且隐藏信息不易被人破解,但它的缺点在于隐藏位置不可靠,因为如果把一幅图像的像素数据的最低位去掉并不会影响该图像的视觉效果。

本文主要论述的是如何在图像中利用像素数据的最高位即最大意义位(MSB)实现信息隐藏。这样就会进一步提高了信息隐藏的安全性。因为,对于一般的图像如果像素的最高位被删去,图像的内容就完全无法识别了。

## 2 MSB 信息隐藏的原理

要想把信息隐藏在载体文件中,就必须在载体文件中创造冗余空间,本文是通过颜色量化的方法实现的。颜色量化的算法可以任意选择,选择的依据是使颜色量化后的图像与原图像的差别尽量小。选择了合适的颜色量化算法后,把图像量化到颜色数少于 256 色(这里以 128 色为例),然后把图像按照 256 色的格式存储。在 256 色的存储格式中,有一个 256 色的调色板,图像中的每个像素都用一个 8 位的索引号来表示( $2^8 = 256$ ),这对于 128 色的图像来说则是多余的,因为 128 色只用 7 位( $2^7 = 128$ )来表示就足够了,所以剩余的那位就可以作为冗余空间来存储隐藏信息。需要特殊说明的是,图像的调色板要以 128 为周期循环排列,即调色板中的第 0 个颜色值应与第 128 个颜色值一致,第 1 个颜色值应与第 129 个颜色值一致……。

例如,A 点的像素值为 00000000(十进制的 0),B 点的像素值为 10000000(十进制的 128),由于是调色板以 128 为周期循环排列的,所以 A、B 两点表示的是同一颜色。由此可见,图像像素值的最高位的值的变化不会影响该点的颜色值,因此图像每个像素值的最高位可以用于信息隐藏。

因为图像文件的大部分数据都是像素值,所以这种信息隐藏方法大约可以利用一幅图像的八

分之一的空间进行信息隐藏。

## 3 信息隐藏的实现过程

### 3.1 载体图像的选择

要进行信息隐藏,达到无法让观察者察觉的目的,那么载体图像的选择是十分重要的。因为不一定每一幅图像量化到 128 色以后效果都很理想。比如,一幅色彩十分丰富的自然山水风景图像就很难用 128 种颜色来表示,如果强行把它量化到 128 色,就会出现比较严重的色彩分层现象。因此在实际处理过程中应选择那些颜色并不十分丰富的图像。另外,载体图像的选择具有很强的主观性,实践中可以对大量图像进行处理,从中挑选出效果比较理想的那些作为载体图像。

### 3.2 载体图像颜色量化方法

载体图像是用来装载隐藏信息的,隐藏的目的是使隐藏信息不易被别人察觉,因此要求量化后的图像与原图像尽量接近。处理过程中对载体图像所使用的颜色量化方法很重要,不同的颜色量化方法达到的效果会有很大的差别。现有的颜色量化算法很多,主要有流行色算法、中位切割算法、八叉树算法、动态聚类算法等等。本文所采用的颜色量化方法是在均匀颜色空间中利用量化误差最小这一原则进行处理的。由于这方面不是本文的重点,这里不详细加以论述。

### 3.3 颜色量化后的误差扩散

颜色量化过程实质上是一个颜色分类过程,即用一种颜色代替与它比较接近的那些颜色。因此量化后会出现分层现象,如图 3、4 所示。

为了解决这个问题,改善量化的质量,就要进行颜色量化后的误差修正。一般地,在对连续色调图像进行颜色量化处理时,由于存在量化误差,图像的视觉质量都有不同程度的降低,其中最严重的是在均匀渐变区域出现的伪轮廓。为提高图像质量,Gentile 在颜色量化算法中引入了半色调技术。所谓半色调技术是指在连续灰度图像二值量化输出时为了补偿量化误差对图像质量的负效应所采用的一种图像处理方法。

目前颜色量化算法中最为常用的半色调技术为误差扩散技术。误差扩散算法的核心是一个对量化误差进行频谱整形的数字滤波器,最具代表性的是 Floyd 和 Steinberg 所设计的滤波器(以下

简称为 FS 滤波器),该滤波器在量化误差为白噪声时的应用效果最为理想。对彩色图像进行颜色量化属于多值量化过程(即所谓的多色调处理)。

误差扩散算法原理如下:误差扩散算法由 Floyd 和 Steinberg 在 1975 年首次提出,其设计初衷是将图像单元的量化误差传递给与其相邻的单元,从而使该单元的显示误差通过相邻单元来补偿。经误差扩散处理所得半色调图像的局域平均值等于原连续色调图像。误差扩散算法的原理如图 1 所示:

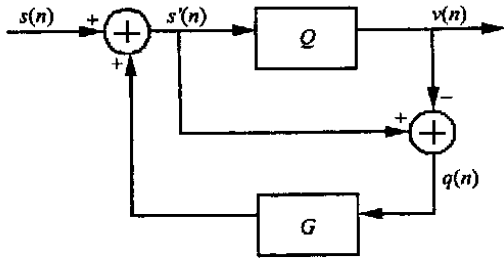


图 1 误差扩散算法的原理框图

Fig. 1 Block diagram of error diffusion algorithm.

图 1 中  $s(n)$  为连续色调图像,  $Q$  为量化器,  $G$  为误差滤波器,其脉冲响应为  $g(n)$ 。误差扩散算法可以等价为一个二维数字滤波器:

$$s'(n) = s(n) + g(n) \cdot q(n), \quad (1)$$

$$y(n) = Q[s'(n)], \quad (2)$$

$$q(n) = s'(n) - y(n), \quad (3)$$

式中  $q(n)$  为量化误差。将(1)式代入(3)可得:

$$q(n) = s(n) - y(n) + g(n) \cdot q(n) \\ = e(n) + g(n) \cdot q(n), \quad (4)$$

式中  $e(n) = s(n) - y(n)$  为显示误差。对(4)式做傅立叶变换可得:

$$E(w) = [1 - G(w)] \cdot Q(w), \quad (5)$$

式中  $E(w)$ 、 $G(w)$  和  $Q(w)$  分别为  $e(n)$ 、 $g(n)$  和  $q(n)$  的傅立叶变换式,  $w = (u, v)$  表示二维的空间频率,  $D(w) = 1 - G(w)$  为误差扩散的传递函数。一般情况下,  $G(w)$  设计成低通滤波器,则  $D(w)$  为高通滤波器,因此当量化误差为白噪声时,经此滤波后在低频段受到抑制高频获得增益,从而使显示误差的能量转移到高频谱段,这样的显示误差亦称为图像的蓝色噪声,因而将显示误差频谱分布进行整形的过程称为误差蓝化。由于人类视觉系统对于图像的高频变化并不敏感,因此进行误差扩散可获得较好的处理结果。

FS 滤波器的结构如图 2 所示,  $n$  为当前处理

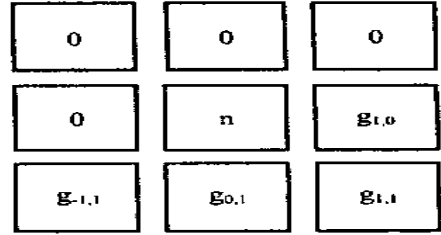


图 2 FS 滤波器结构

Fig. 2 Structure of the FS filter.

的图像单元,  $0$  为已处理的单元,  $g_{1,0}$ 、 $g_{1,1}$ 、 $g_{0,1}$ 、 $g_{-1,1}$  为未处理单元,滤波器的脉冲响应  $g_{1,0} = 7/16$ ,  $g_{1,1} = 1/16$ ,  $g_{0,1} = 5/16$ ,  $g_{-1,1} = 3/16$ , 其滤波过程是将当前处理像素的量化误差以上述权重传递给未处理的像素。

图 3 是一幅真彩色图像,图 4 是把图 3 量化到 128 色后的结果(未经误差扩散处理),图 5 是把图 4 进行误差扩散处理后的结果。可以看出,误差扩散使得量化后的图像的质量有了明显的改善。



图 3 真彩色图像

Fig. 3 True color image.



图 4 颜色量化到 128 色后的图像(未经误差扩散)  
Fig. 4 Image obtained after color quantization to 128 colors.



图 5 对图 4 进行经过误差扩散后的结果

Fig. 5 Result of Fig. 4 disposed by error diffusion.

### 3.4 隐藏信息的装载与提取

隐藏信息的装载过程如下。首先把载体图像像素数据的冗余位清零,再与待隐藏信息的一位按位进行模 2 加运算,然后取图像数据的下一个字节和待隐藏信息的下一位,重复进行模 2 加法运算,直到把所有信息都隐藏完毕。当然,载体文件中除了包含隐藏信息外,还应包含一些其他信息,如冗余位的位置、隐藏信息的大小等等。程序流程如下:

```
for(int i = 0; i < size.of.hide.image; i++)
{
    for(int j = 0; j < 8; j++)
    {
        *data = ((( *data) &127) | ((( *
hide.data) >>(7 - i)) &1) <<7));
        data++;
    }
    hide.data++;
}
```

当合法接收者收到含有隐藏信息的载体文件后,便可通过相应的隐藏信息提取程序把隐藏信息提取出来。隐藏信息的提取方法如下:首先把非隐藏位全部清零,并把隐藏位进行移位运算,使这些零散的二进制位组成以字节为单位的数据,即可实现隐藏信息复原的目的。程序流程如下:

```
for( i = 0; i < size; i++)
{
    *hide.data = 0;
    for( j = 0; j < 8; j++)
    {
```

```
*hide.data = ((( *data) &128) >
> j) | ( *hide.data);
        data++;
    }
    hide.data++;
}
```

## 4 实验结果

首先,把一幅真彩色图像(图 6)进行颜色量化和误差扩散,便产生了载体图像(图 7),然后把待隐藏信息(图 8)隐藏在载体图像(图 7)中便产生了含有隐藏信息的合成图像(图 9),最后,接收方进行信息提取,便得到了包含在载体图像(图 9)中的隐藏信息(图 10)。



图 6. Lina 真彩色图像

Fig. 6 True color image of Lina.



图 7 颜色量化到 128 色并进行误差修正的图像

Fig. 7 Result of Fig. 6 disposed by color quantization to 128 colors and error diffusion.



图 8 待隐藏信息

Fig. 8 Information to be hidden.



图 10 从图 9 中提取出来的隐藏信息

Fig. 10 Hidden image picked up from Fig. 9.



图 9 将图 8 隐藏入图 7 后的图像

Fig. 9 Image of Fig. 7 containing hidden information of Fig. 8.

## 5 总 结

本文提供了一种利用颜色量化算法在彩色图像中产生冗余空间,并把信息隐藏在图像像素值的最大意义位(MSB)上的一种方法。其主要优点就在于像素中最大意义位在正常情况下对图像的视觉效果非常重要,它稍微一改变图像就会有很大变化,而本文所提供的信息隐藏方法恰好是利用最大意义位来实现的,这就使得信息隐藏的安全性比以往的最小意义位(LSB)信息隐藏技术有了更大的提高。

## 参考文献:

- [1] Akrouf N, Prost R, Goutte R. A fast algorithm for vector quantization in radiological image compression[J]. *SPIE*, 1993, 1897:259 - 290.
- [2] Sangeeta R, Kenneth R, Allen G. Constrained-storage vector quantization with a universal code book[J]. *IEEE transactions on image processing*, June, 1998, 7(6):785 - 793.
- [3] Andy C H, Teresa H M. Multidimensional rotations for robust quantization of image data[J]. *IEEE transactions of image processing*, 1998, 7(1):1 - 12.
- [4] Heckbert P. Color image quantization for frame buffer display[A]. In *Proceedings of Siggraph '82* [C]. ACM, New York, 1982. 297 - 307.
- [5] Orchard M, Bounman C. Color quantization of images[J]. *IEEE Trans. On Signal*, 1991, 39(12):2677 - 2690.
- [6] Linde Y, Buzo A, Gray R. An algorithm for vector quantizer design[J]. *IEEE Transactions on Communications*, 1980, 28(1):84 - 95.
- [7] Wu X. Color quantization by dynamic programming and principal analysis[J]. *ACM Transactions on Graphics*, 1992, 11(4):348 - 372.
- [8] Dekker A. Kohonen neural networks for optimal colour quantization[J]. *Network: Computation in Neural Systems*, 1994, 5:351 - 367.
- [9] Gentile R S, Walowitz E, Allebach J P. Quantization and multilevel halftoning of color images for near original image quality [J]. *SPIE*, 1990, 1249:249 - 260.
- [10] Floyd R W, Steinberg L. An adaptive algorithm for spatial grayscale[J]. *SID*, 1976, 17(2):75 - 77.
- [11] Fan Zh G. Stability analysis for color error diffusion[J]. *SPIE*, 2000, 3963:483 - 488.

## Study of the MSB information-hiding technique in a carrier image

REN Zhi-bin<sup>1</sup>, SUI Yong-xin<sup>1</sup>, YANG Ying-hui<sup>2</sup>, YANG Huai-jiang<sup>1</sup>

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Chinese Academy of Science, Changchun 130022, China;*

2. *Department of Educational Administration of  
Technical Secondary School of Yingkou, Liaoning 115000, China)*

**Abstract :** Encryption technique is an important method to ensure safe communication , but it has a short-coming. Because the files encrypted are vulnerable to attackers , they may be destroyed. To solve the problem , the authors take advantages of the encryption technique and information-hiding technique , i. e. concealing the information encrypted into a carrier file. The authors adopts color image files being used in the Internet . If human eyes can not observe the diversifications of the carrier image before and after hiding , the method can be very safe. As far as the authors know , there are two kinds of encryption techniques. One is based on frequency region , such as expanding frequency hiding , DCT hiding and sub-wave hiding , etc. By these methods the information is concealed into the high frequency heft of the carrier image code , which can not be observed by human eyes. Generally speaking , not much data can be concealed into a carrier image. The other is based on space region , a typical method to conceal information in the least significance bits (LSB) ; however , due to their unsafety , they are not important to the carrier image. This paper provides a method that can create redundant space in a color image by color quantization and hiding information in the MSB of the image. The method is better than that in LSB since the MSB is very important to the visual effect of the image.

**Key words :** information hiding ;color quantization ;carrier image

**作者简介:**任智斌(1976年-),吉林省长春市人,1999年毕业于长春邮电学院通信工程系,获工学学士学位,同年考入长春光机所攻读硕士学位研究生,主要从事图像处理与信息隐藏的研究。