



基于区块差值分布之彩色 BMP 图文件可回复信息隐藏法

杨仙维

(侨光科技大学,台湾 台中 40721)

摘 要: 提出一个基于区块差值分布之彩色 BMP 图文件可回复信息隐藏法, 先将彩色 BMP 图档的像素切割成不重叠长宽各 3 个像素的区块, 每个区块中用特定方式选择其中一个像素, 计算其他 8 个像素和此像素的 RGB 颜色绝对差值, 利用这些差值来产生分布图, 在分布图中找出适合的峰点和零点, 将峰点和零点内的区域向右位移 1 个颜色差值, 就能将位形式的信息藏入峰点颜色差值的像素中, 藏入信息的图文件仍能保持良好质量, 肉眼无法察觉差异, 经实验证明本研究提出的方法可隐藏大量信息并维持良好的图片质量。

关键词: 可回复信息隐藏法; 分布图位移法; 区块颜色差值

中图分类号: TP317.4

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2013) 03-0080-06

一、前言

可回复信息隐藏法又可称为无失真信息隐藏法,能够在载体取出隐藏的信息后,回复载体在隐藏信息前的原貌,丝毫没有任何失真,这种技术可应用多媒体数据的内容认证、法律证据、医学图片和天文学研究等方面,目前有许多使用灰阶图片作为载体的可回复信息隐藏法被提出,可以依据使用的方法不同大略分成以下三种:

(一)压缩法

Fridrich 等人压缩像素颜色值的最低有效位 (LSB) 来得到额外的空间,并用来隐藏信息。Celik 等人改善 Fridrich 等人的方法,提出 Generalized-LSB (G-LSB) 方法,藉由压缩像素间颜色差值的量化值来得到额外的空间,并用来隐藏信息。Awrangjeb 和 Kankanhalli 提出一种能侦测基于人类视觉系统 (HVS) 的纹理区块,取出这些区块中的像素颜色值

的最低有效位,藏入压缩的位字符串信息。

(二)差值扩张法

Tian 提出一个方法来扩张两个相邻像素间的颜色差值,得到多余的空间来隐藏信息。Alattar 使用相邻像素向量的差值扩张来得到更多的隐藏空间。Chang 和 Lu 计算一个像素的颜色值与其相邻像素们的颜色平均值之差值,再使用 Tian 的差值扩张方法来隐藏信息。Weng 等人使用相邻的四个像素,扩张其中一个像素与其他三个相邻像素间的颜色差值来隐藏信息。

(三)分布位移法

Ni 等人^[25]使用载体图片像素颜色值的分布,将出现最多和最少之间的部分位移一个颜色值,并将信息藏入到颜色值出现最多的像素之中。Fallahpour 和 Sedaaghi 将载体图片切割成几个区块,在每个区块利用 Ni 等人的方法将信息隐藏进去,因区块的颜色值出现最多的像素量的总和大于整个载体图片的

收稿日期:2012-11-18

作者简介:杨仙维(1975-),男,侨光科技大学信息管理系助理教授,研究方向:信息隐藏。

颜色值出现最多的像素量，所以可以提高信息隐藏量。Lin 和 Hsueh 使用相邻两个像素的颜色差值组成差值分布，再利用 Ni 等人的方法将信息藏入差值中，因图片的相邻像素颜色值相近的特色，可让差值分布得到很高的颜色值出现最多的像素量，进而提高信息隐藏量。本研究的作者 Yang^[7-10]提出区块差值的方法，将图片先切割成不重迭的区块，在每个区块中选择一个像素，再计算其他像素与此像素的颜色差值，可得到更多的差值并集中其分布，所以能得到更多的藏量。

(四)整数小波转换法

Xuan 等人提出一个基于整数小波转换的无失真信息隐藏技术，可隐藏高容量的数据到小波系数中最无影响的位层。Yang 等人提出一种用于 Piecewise-Linear Haar (PLHaar) 转换域的对称分布扩张方法，数据被藏入到载体图片的 PLHaar 系数中，该系数决定于载体图片两侧对称分布的关键值。

这些可回复信息隐藏方法的目的都在于维持载体图片高质量的同时可藏入更多的信息量，本研究所提出的方法可归类到分布位移法，是使用区块中像素颜色差值来隐藏信息，像素颜色差值的计算是在每个区块中找出中位数的颜色值，再将其他像素颜色值和该颜色值计算绝对差值，使用中位数能减少差值，在产生差值分布时，就能得到较高的峰点，增加信息的藏量。本研究采用彩色 BMP 图片作为载体图片，像素颜色值就是该像素的 RGB 颜色值。

本论文的内容组织如下，第二章介绍本研究提出的方法——区块颜色差值分布位移信息隐藏法，第三章为实验结果与探讨，第四章为结论。

二、区块颜色差值分布位移信息隐藏法

本章将说明区块颜色差值分布位移信息隐藏法的信息藏入和信息取出的流程，还有使用 Baboon 图片的最左上区块来实际说明信息藏入的过程。

(一)信息藏入流程

本方法信息藏入部分的流程如图 1 所示，分成 4 个步骤，步骤内容叙述如下。

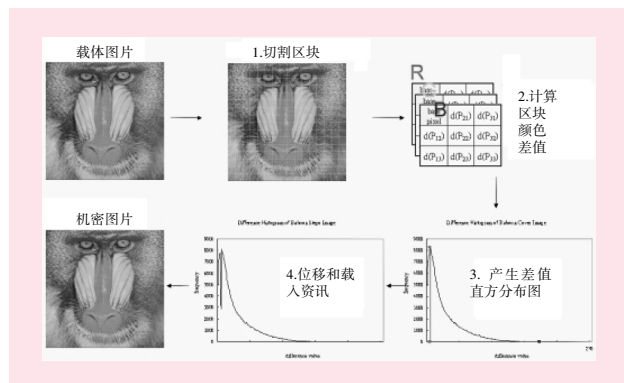


图 1 信息藏入流程

步骤 1.切割区块:将载体图片切割成不重迭长宽各 3 个像素的区块。

步骤 2.计算区块颜色差值:在每个区块中,将每个像素的 RGB 颜色值分别取出,可得到 9 个红色值、9 个绿色值和 9 个蓝色值,再将红绿蓝颜色值分别来做升序,若值相同则以位置来区分排序顺序,选择红绿蓝各颜色值的中位数,以此颜色值作为减数,计算其他 8 个同色颜色值与此颜色值的绝对差值,将得到的这些差值称为区块颜色差值。

步骤 3.产生差值分布图:使用步骤 2 得到的全部区块差值来建立差值分布图,水平轴为颜色差值,原本 RGB 颜色值范围为 0 到 255,差值的范围也是 0 到 255,垂直轴为符合该颜色差值的有多少个。

步骤 4.位移和藏入信息:在差值分布图中找到数量最多的差值,称为峰点,以及峰点右方离峰点最近的像素数量为零的差值,称为零点,将峰点和零点之间差值的像素往右位移 1 个颜色差值,也就是将这些像素的颜色差值加 1,此时差值分布图中峰点右边 1 个差值的地方就会空出来,就可以将信息藏入到差值为峰点的像素中,1 个颜色差值可藏入 1 个位的信息,若藏入的信息为位 1,此像素的颜色差值就加 1,若藏入的信息为位 0,则此像素的颜色差值维持不变。当像素的颜色差值加 1 时,就要依据步骤 2 的排序顺序来改变像素的颜色值,若该像素是排序在前 4 个的像素,该颜色值减 1,若是排序在后 4 个的像素,该颜色值加 1。将需要改变的像素颜色值处理后,储存回彩色 BMP 图档,此图文件即为藏有信息的图文件,因每个像素的 RGB 颜色值最多各差 1,肉眼无法察觉如此的差异。

为了在取回信息时能正确取出所藏入的信息并回复回原本的图文件,必须记录差值分布中的峰点及零点,又有些像素颜色值为 0 在藏入信息时须被减 1,或颜色像素值为 255 在藏入信息时须被加 1,此时会让颜色值超过范围,必须让这些像素颜色值维持不变,但须记录哪些像素有做这样的处理,以便取出信息就可以恢复这些颜色值,这些须记录的信息在此称为额外信息。将额外信息使用安全的方式传送给接收者,让接收者可以依据这些记录的信息来进行信息取出流程。

(二)信息取出流程

本方法信息取出部分的流程如图 2 所示,分成 4 个步骤,步骤内容叙述如下。

步骤 1.切割区块:将机密图片切割成不重迭长宽各 3 个像素的区块。

步骤 2.计算区块颜色差值:在计算区块颜色差值前,若在额外信息中有超过颜色值范围的信息,就先让这些像素的颜色值恢复。在每个区块中,将每个像素的 RGB 颜色值分别取出,可得到 9 个红色值、9 个绿色值和 9 个蓝色值,再将红绿蓝颜色值分别来

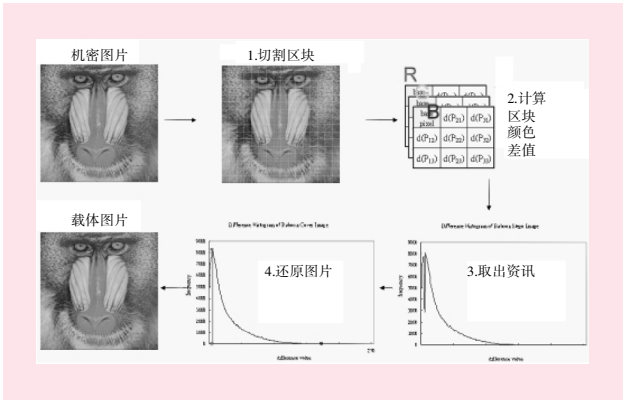


图2 取出信息流程

做升序,若值相同则以位置来区分排序顺序,选择中位数的颜色值,以此颜色值作为减数,计算同区块中其他8个颜色值与此颜色值的绝对差值,将得到的这些差值称为区块颜色差值。

步骤3.取出信息:在额外信息中取得峰点值,找寻颜色差值为峰点及峰点加1的所有像素,分别取出位0及位1的信息,将这些信息依序组合回原本藏入的信息。

步骤4.还原图片:将峰点和零点之间差值的像素颜色差值减1,若藏入的信息为位1,此像素的颜色差值就加1,若藏入的信息为位0,则此像素的颜色差值维持不变。当像素的颜色差值减1时,就要依据步骤2的排序顺序来改变像素的颜色值,若该像素是排序在前4个的像素,该颜色值加1,若是排序在后4个的像素,该颜色值减1。将需要改变的像素颜色值处理后,储存回彩色BMP图档,此图档即为原本的载体图片。

(三)信息藏入实例说明

在此使用 Baboon 图片来作信息藏入流程的实例说明,如图3所示,将载体图片切割成不重叠长宽各3个像素的区块,以最左上区块来看,将此区块放大,每个像素看起来像一个小正方形,图中小正方形的颜色就是该像素的颜色,将这些像素的颜色使用RGB颜色值表示,例如左上方的像素颜色值为(155,137,91),并将RGB个别的颜色值取出,可得到图中左边的红绿蓝三个3乘3颜色值矩阵,将矩阵中的颜色值排序,红色矩阵的排序为53,63,66,75,106,106,131,148,155,前面的106

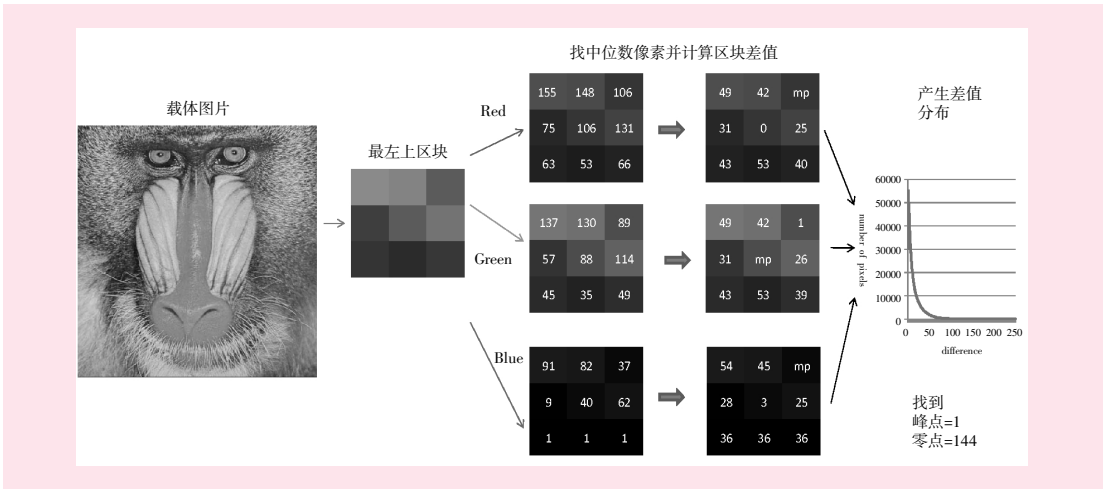


图3 信息藏入流程实例前半部分

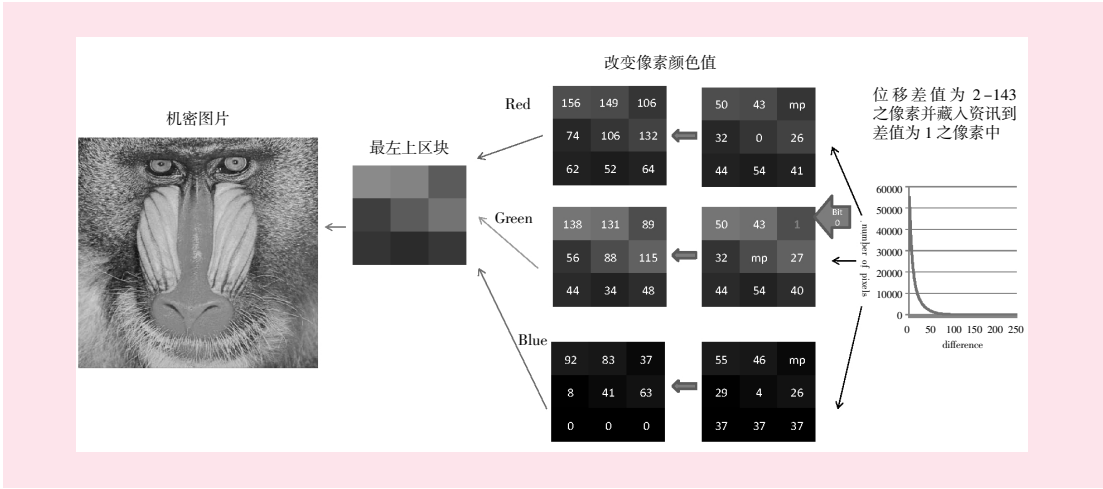


图4 信息藏入流程实例后半部分

是右上方像素的红色颜色值，后面的106 是中央像素的红色颜色值，中位数为 9 个数中的第 5 个，即为前面的 106。找出中位数后，再计算其他颜色值与中位数的绝对差值，得到右边的红色 3 乘 3 矩阵，中位数的部分用 mp 表示，将所有红绿蓝颜色差值拿来计算产生差值分布图，因为一般影像图片有相邻的像素颜色值相近的特性，差值分布会集中在左边，差值越接近 0 的数量越多，差值增加数量就越来越少，找到的峰点接近 0，而零点大约都在 1 百多的地方，以 Baboon 图片得出的结果，峰点为 1，而零点为 144。

如图 4 所示，得到峰点和零点后，将峰点和零点之间的所有差值往右移 1 个差值，也就是差值为 2 到 143 的差值都要加 1，变成 3 到 144，分布图中差值为 2 的地方就会空出来，此时可将信息藏入到差值为 1 的地方，若藏入的信息是位 0，则该差值仍维持 1，若藏入的信息是位 1，则该差值就加 1 变成 2，图中区块中的所有差值中只有 1 个为 1，就是绿色差值矩阵中右上方的地方，刚好此次要藏入的信息是位 0，所以差值就维持 1 不变，图 4 的红绿蓝差值矩阵即为图 3 中红绿蓝差值矩阵的值经过移位和藏入信息后的值，接着要将差值的改变反应到实际的像素 RGB 颜色值中，若差值加 1，则依据原本排序的次序来改变，例如红色差值矩阵左上方的值由 49 变成 50，而该像素原本的红色颜色值为 155，在排序中为最后 1 个，所以该像素红色颜色值需加 1，变成 156。改变的颜色值没有超过 0 到 255 的范围，所以额外信息只需记录峰点和零点的值。将改变的颜色值存回图片档案中，此图片就是藏有信息的图片了，在此称为这样的图片为机密图片，肉眼无法分辨这细微的变化，所以将图片放在公开的地方，例如网页，或是不使用特别的保护方式传递，例如不加密的电子邮件，都不会被发现里面藏有信息，必须拥有额外信息和使用本方法的信息取出流程，才能正确取

出信息并回复原本载体图片。

三、实验结果与探讨

本研究使用 Java 程序语言来实作所提出的方法，使用如图 5 所示的两张长宽皆为 512 像素的彩色 BMP 图片来作为载体图片，左边图片名称为 Baboon，右边图片名称为 Lena，此两张图片在信息隐藏的研究领域中经常被使用来做为实验用的载体图片。



图 5 两张彩色 BMP 载体图片 Baboon 和 Lena

因为是可回复的信息隐藏法，所以第 1 次藏入信息后，可以用得到的图档再进行第 2 次的藏入，依此类推，可多次执行藏入的程序，在取出信息时用相反的次序取出信息并还原即可，虽然重复的藏入信息可以增加藏量，但相对的也会让图片中像素的颜色值变化越来越大，当颜色值变化到一定程度时，肉眼就能察觉出图片的差异，因为人的感官敏锐程度不同，无法使用人的感觉作为评断信息隐藏法对图片质量这一方面的影响，所以使用 PSNR 值来计算图片质量的好坏。实验过程中，我们纪录每次藏入信息的藏量(Payload,单位是 bpp,每像素藏多少位)和图片失真度(PSNR,单位是 dB)作为效能评估比较的依据，越高的藏量及 PSNR 值代表效能越好。PSNR 的计算方式为

表 1 实验结果数据

次	Baboon				Lena			
	峰点	零点	藏量(bpp)	PSNR(dB)	峰点	零点	藏量(bpp)	PSNR(dB)
1	1	144	0.21	49.01	1	144	0.44	49.45
2	3	152	0.39	43.44	3	148	0.79	44.37
3	5	157	0.55	40.22	5	151	1.08	41.55
4	7	160	0.69	37.97	0	153	1.35	38.69
5	0	161	0.83	35.89	3	158	1.59	36.71
6	10	163	0.95	34.53	9	160	1.81	35.64
7	12	164	1.07	33.41	6	164	2.01	34.37
8	3	165	1.18	32.17	1	167	2.21	33.02
9	15	166	1.29	31.35	0	168	2.39	31.81
10	6	168	1.39	30.39	14	170	2.57	31.30
11					11	171	2.73	30.62

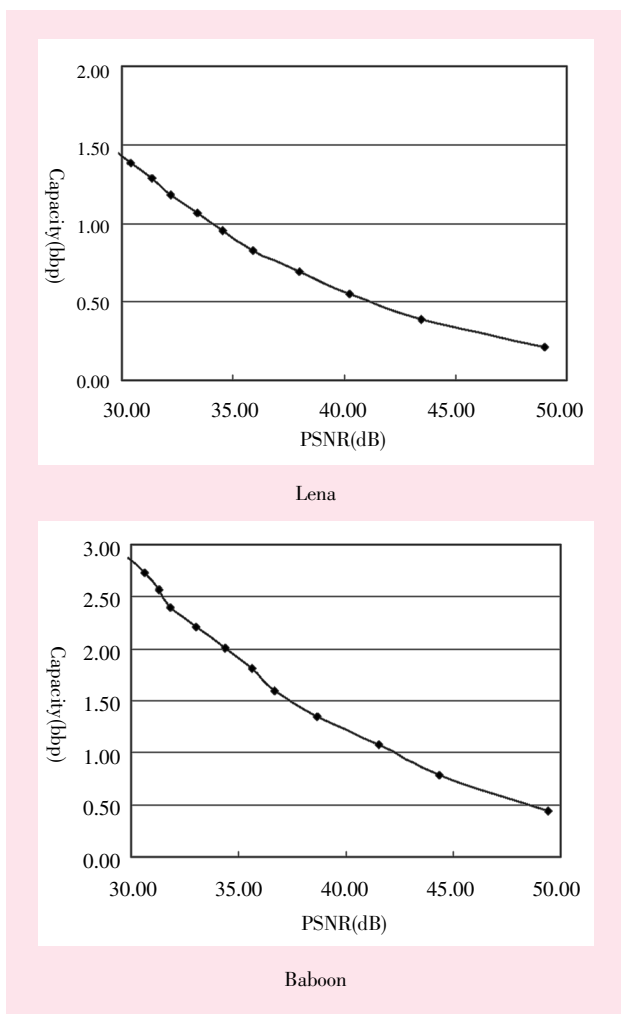


图6 实验结果曲线图

$$PSNR=10 \times \log_{10} \left(\frac{255 \times 255 \times W \times H}{\sum_{i=0}^{W \times H - 1} (x_i - y_i)^2} \right)$$

其中 W 为图片的宽度像素量, H 为图片的高度像素量, x_i 为载体图片的第 i 个像素颜色值, y_i 为伪装图片的第 i 个像素颜色值。

重复执行藏入程序直到 PSNR 值到达 30dB 为止,表 1 为实验的结果,从表中可看到使用 Baboon 作为载体图片时,当 PSNR 在 30.39dB 时藏量可达到 1.39bpp,使用 Lena 作为载体图片时,当 PSNR 在 30.62dB 时藏量可达到 2.73bpp。由此可发现使用不同的载体图片可得到不同的藏量,Baboon 图片颜色和线条较多较复杂,相邻像素的颜色差异较大,得到的颜色差值也会较大,导致差值分布无法集中,也就无法得到较高的峰点,藏量也就较少;而 Lena 图片的颜色和线条较少较单纯,相邻像素的颜色差异较小,得到的颜色差值也会较小,差值分布较集中,可得到较高的峰点,藏量也就较多。使用本研究所提出的方法来藏入信息时,使用画面较单纯的图片作为载体,可得到较多藏量。

图 6 为实验结果曲线图,水平轴表示 PSNR 值,

垂直轴表示藏量,图上的每个点表示每一次藏入程序所得到的 PSNR 值与藏量,由图中可看出,藏入次数越多,得到藏量也越大,但图片的质量也会降低,当图片质量降低到某种程度时,肉眼还是会感觉图片有被破坏,所以藏入信息时要考虑图片的质量,不能只要求藏入的信息量。

四、结论

本研究提出一个基于区块差值分布之彩色 BMP 图文件可回复信息隐藏法,本方法使用区块和中位数的方式来计算相邻的 9 个像素 RGB 颜色值的差值,可产生出集中又量多的差值分布,使用分布位移的信息隐藏方式可得到更高藏量,且影像质量也能维持。在实验中使用 Lena 图片当 PSNR 在 30.62dB 时藏量可达到 2.73bpp,使用 Baboon 图片当 PSNR 在 30.39dB 时藏量可达到 1.39bpp,实验结果证明本研究所提出的方法可得到高藏量并维持图片的质量,使用本方法来将机密信息藏入时,采用简单线条颜色较少的图片可得到较高的藏量。

参考文献:

- [1] A.M. Alattar. Reversible watermark using the difference expansion of a generalized integer transform [J]. IEEE Trans.Image Processing, 2004, 13(8): 1147-1156.
- [2] C.C. Chang, T.C. Lu. A difference expansion oriented data hiding scheme for restoring the original host images[J]. The Journal of Systems and Software, 2006, 79: 1754 - 1766.
- [3] C.C.Lin, N.L.Hsueh. Hiding data reversibly in an image via increasing differences between two neighboring pixels[J]. IEICE TRANS. INF. & SYST., 2007, E90 - D(12): 2053-2059.
- [4] G.Xuan, J.Chen, J.Zhu, Y.Q.Shi, Z.Ni, W.Su. Lossless data hiding based on integer wavelet transform [C]. IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing, 2002: 9-11.
- [5] G. Xuan, Y.Q. Shi, Z.C. Ni, J.Chen, C.Yang, Y.Zhen, J. Zheng. High capacity lossless data hiding based on integer wavelet transform [C]. in Pro. Int. Sym. Circuits and Systems, 2004, (2): 29-32.
- [6] G. Xuan, Y. Q.Shi, C.Yang, Y.Zheng, D.Zou, P.Chai. Lossless Data Hiding Using Integer Wavelet Transform and Threshold Embedding Technique [C]. IEEE Int. Conf. Multimedia and Expo, 2005: 1520-1523.
- [7] H.W.Yang, I.E.Liao, C.C.Chen. Reversible Data Hiding Based on Median Difference Histogram [J]. Journal Of Information Science And Engineering, 2011, 27(2).
- [8] H.W.Yang, K.F.Hwang, S.S.Chou. Interleaving Max-Min Difference Histogram Shifting Data Hiding Method[J].

- Journal of Software, 2010, 5(6).
- [9] H.W.Yang, K.F.Hwang, I.E.Liao. Reversible Data Hiding Based on Interleaving Max-Min Difference Histogram [C]. The 2009 International Workshop on Mobile Systems, E-commerce and Agent Technology (MSEAT 2009).
- [10] H.W.Yang. Dynamic Max-Min Difference Histogram Data Hiding [C]. The 2010 IET International Conference on Frontier Computing (IET FC 2010).
- [11] J.Fridrich, M.Goljan, R.Du. Invertible authentication [C]. Proc. SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents, 2001: 197-208.
- [12] J. Fridrich, M.Goljan, R.Du. Lossless data embedding-new paradigm in digital watermarking [J]. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2002, (2): 185-196.
- [13] J.Tian. Reversible data embedding using a difference expansion [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(8): 890-896.
- [14] L.Yang, P.Hao, C.Zhang. Progressive reversible data hiding by symmetrical histogram expansion with piecewise-linear haar transform [C]. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 2007, (II): 265-268.
- [15] M.Awrangzeb. An overview of reversible data hiding [C]. International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT), 2003: 75-79.
- [16] M.Awrangzeb, M.S.Kankanhalli. Lossless Watermarking Considering the Human Visual System [C]. Lecture Notes in Computer Science, 2004, 2939: 329-336.
- [17] M.Awrangzeb, M.S.Kankanhalli. Reversible watermarking using a perceptual model [J]. Journal of Electronic Imaging, 2005, 14(1): 1-8.
- [18] M.Fallahpour, M.H.Sedaaghi. High capacity lossless data hiding based on histogram modification [J]. IEICE Electronics Express, 2007, 4(7): 205-210.
- [19] M.U.Celik, G.Sharma, A.M.Tekalp, and E.Saber. Reversible data hiding [C]. Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2002, (2): 157-160.
- [20] M.U.Celik, G.Sharma, A.M.Tekalp, E.Saber. Lossless generalized-LSB data embedding [J]. IEEE Trans. Image Processing, 2005, 14(2): 253-266.
- [21] M.U.Celik, G.Sharma, A.M.Tekalp. Lossless watermarking for image authentication: a new framework and an Implementation [J]. IEEE Trans. Image Processing, 2006, 15(4): 1042-1049.
- [22] S.Weng, Y.Zhao, J.S.Pan, R.Ni. A novel reversible watermarking based on an integer transform [C]. IEEE Int. Conf. Image Processing, 2007, (3): 241-244.
- [23] S.Weng, Y.Zhao, J.S.Pan, R.Ni. Reversible watermarking based on invariability and adjustment on pixel pairs [C]. IEEE Signal Processing Letters, 2008, (15): 721-724.
- [24] Y.Q.Shi, Z.Ni, D.Zou, C.Liang, G. Xuan. Lossless data hiding: fundamentals, algorithms and applications [C]. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 2004, (II): 33-36.
- [25] Z.Ni, Y.Q.Shi, N.Ansari, W.Su. Reversible data hiding [J]. IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., 2006, 16(3): 354-362.

[责任编辑：张磊]

Reversible Data Hiding Algorithm for Color BMP Image Based on Block Difference Histogram

YANG Hsien-Wei

(Overseas Chinese University, Taichung 40721, China)

Abstract: This paper proposes a reversible data hiding algorithm for color BMP image that is based on the block difference histogram. The color BMP image is divided into non-overlapping 3 by 3 pixels blocks. In each block, a specified pixel is selected to calculate absolute differences between the RGB color value of the selected pixel and that of the other pixels. Then, these differences are used to generate a histogram and the block difference histogram shifting method is adopted to embed data. Experimental results reveal that the proposed method yields a high embedding capacity.

Key words: reversible data hiding algorithm; histogram shifting; block difference