

## 植基於區塊分割技術的無損資料隱藏法

### Reversible Data Hiding Based on Block Division method

江東縉 郭文中

國立虎尾科技大學資訊工程系

E-mail: simonkuo@nfu.edu.tw

#### 摘要

無損資料隱藏的最大特色即是當被藏匿資料抽取後，仍可還原其原始影像，以達到無損之效果。最近，Hwang 等人提出植基於直方圖技術的無損資料隱藏法來改善 Ni 等人所提隱藏技術的缺失。換言之，Hwang 等人是利用一張表格來儲存要還原資料來達到無損資料隱藏的目的，可惜的，他們所提的方法會使得真正能夠藏匿之容量卻減少許多。因此，本論文就針對如何改善藏匿資料容量提出利用區塊分割技術之解決方案，以期能達到高容量之無損資料隱藏法。

**關鍵字：**無損資料隱藏法、直方圖。

#### Abstract

Recently, the reversible data hiding technology has been discussed extensively. Its major characteristic is that allows an original image to be completely reconstructed from the stego-image after the extraction of the embedded data.

2006, the reversible data hiding based on histogram is proposed by Ni, etc.[10] Unfortunately, the embedded data can not be recovered as the maximum point changes in their scheme. To improve this shortcoming, Hwang, etc. proposed a robust reversible data hiding scheme [6]. They also gave the solution to when the selected minimum point is not zero. However, this solution will be effected the data hiding capacity. In order to enhance the data hiding capacity, a reversible data hiding scheme using one bit records the change of the selected minimum point to replace writing down the coordinate materials is proposed in this paper.

**Keywords :** Reversible data hide、Histogram

#### 1.簡介

隨著通訊技術及無線網路日新月異，再加上網路資料傳輸方式及速率也比以往差別甚大，使得利用網路來傳遞訊息的方式已逐漸地取代以往書信傳輸之功能。可是接踵而來的是網路上出現許許多多以往未見的網路安全問題，例如電腦病毒、網路蠕蟲、後門程式及網路入侵等網路安全問題。換言之，當網路遭受攻擊時，輕者是相關之資訊被竊取，嚴重的話則是個人甚至公司、國家等相關資訊被盜用、竄改或仿冒。因此目前較常用的兩種作法是加密或資料隱藏技術。也就是將要傳輸的資訊利用加密或資料隱藏技術做適當的處理後，再由網路來傳輸，如此一來可使得因網路安全問題所發生的損失降到最低。方法一為資料加密方法：就是將資訊（明文）透過適當的演算法將其轉為密文（ciphertext），此時的密文可說是一堆亂碼所組成的，送至接收端時，密文需要金鑰（key）再經其逆運算後才可得明文；而方法二則是資料隱藏技術：就是將機密訊息隱藏於載體的數位影像（Cover-image）上，形成所謂的『偽裝影像』（stego-image）在網路上傳輸；其主要的目的是在於傳送過程中，很難被人的視覺系統輕易辨識出此偽裝影像藏是否藏有其他機密資訊。

到目前為止，已經有許多學者專家針對「資料隱藏」方面做了深入的探討與研究，卻大多侷限於有損之資料隱藏[3, 7, 8, 9, 11, 13, 17]。但如果遇到非常重要的多媒體檔案時（如軍事、醫學、法律等相關多媒體檔案），將無法百分之百還原成原本圖像。所以本論文就針對無損資料隱藏進行研究，使其重要多媒體檔案將可還原至原始影像，使其達到可傳送機密訊息及未破壞原始影像之狀況。

Honsinger 等人[5]在2001年提出無損資料隱藏的概念後，使得無損資料隱藏技術的研究大門就悄悄地被打開了。迄今，學者專家從不同角度（如空間域、頻率域、差分方式、壓縮技術及直方圖）[2, 4, 6, 10, 12, 14, 15, 16]來探討無損資料隱藏的技術：(1) Fridrich 等人[4] 提出使用空間域無損壓縮和儲存空間去藏匿訊息與簿記資料來達到可逆的資料隱藏；(2) .Yang 等人[16]提出將資料藏入離散餘弦轉換 (DCT) 內之技術；(3) Tian[12]使用差別擴大技術去藏匿資料；(4) Chang 等人[2]提出使用 SMVQ 之架構來執行藏匿之動作。最近，也有許多學者專家提出使用直方圖位移法藏匿之相關研究[6, 10, 14, 15]。例如：在2006年，Ni 等人（簡稱 NSAS 法）所提出植基於直方圖的資料隱藏的演算法[10]是利用統計的觀念找出載體影像的圖片中，點數最多及最低的值當作隱藏資料的依據，然後將隱藏資料藏入到點數最多點處。雖然此方法觀念及作法非常簡單，但是當隱藏資料加入時，可能會使得其點數最高的資訊被破壞。那麼接收端收到此「偽裝影像」之後，也無法將資料抽取出來。因此 Hwang 等人[6]（簡稱 HKC 法）針對此問題提出改善之方法，提出最高點的左邊或右邊之像素值當成參考之藏匿點，如此一來，可以讓隱藏的資料順利解取出來。同時在 HKC 演算法中，也針對最低點之點數不為零時，提出解決之道。很可惜的是，Hwang 等人為了解決最低點回到適當的位置。他們就將原始最低點的座標值紀錄之後，當做隱藏資訊的一部份傳送到接收端。此種作法雖然是可行，他們並未想到當最低點之點數太多時，會使得所能夠隱藏的資訊相對地減少許多。所以在本論文中提出仍使用直方圖位移法來藏匿資料，但有別於 HKC 法所提出之相關研究，我們僅利用一個位元來代表一個點的位置來節省更多藏匿位置座標的位元量，使其達到大容量之隱藏效果。

最後，我們首先在第二章節詳細地來回顧 NSAS 法及 HKC 法兩種植基於直方圖機制的無損資料隱藏法，然後指出相關問題，進而在第三章

節提出改善方案，以期達到高容量的可逆資料隱藏法。緊接地，在第四章節做了一些模擬與實驗來證實我們所提的方法是正確的。並做一簡單的結論。

## 2.植基於直方圖機制的無損資料隱藏法

2006，Ni 等人（簡稱 NSAS 法）[10]首先提出利用直方圖來達到無損資料隱藏的目的。其步驟說明如下：

- 步驟1. 將其原始影像做其直方圖統計。
- 步驟2. 找出直方圖中最高值之位置。
- 步驟3. 將其最高點位置之左邊或者是右邊之直方圖做往左或往右位移一個像素值，使其造成空出一格區域。
- 步驟4. 將欲藏之資料藏匿於最高點與最高點左邊或右邊其空出之值，而達到其藏匿之效果。

如今以 Lena 為例（512x512x8），所得到的直方圖如圖 2-1 所示。而其相關流程圖如圖二所示。

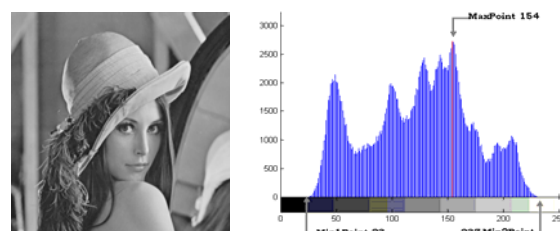


圖 2-1 Lena 和 Lena 的直方圖

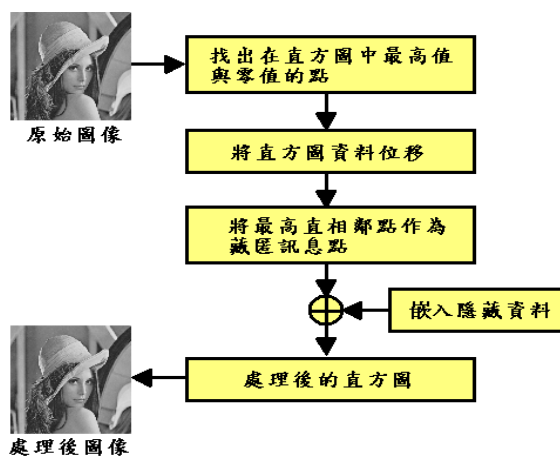


圖2-2 NSAS 嵌入資料的架構

若依據上述步驟可以達到資料隱藏的目的，

但是會造成偽裝影像與原始影像的最高點位置不相同的情況發生。因此在取隱藏資料時，會發生因找不到正確的最高點，導致隱藏資訊還原不正確的情況發生。

最近，Hwang 等人[6] (HKC 法) 提出以最高點為隱藏資料的基準點，而其兩側的高點值當作隱藏資料的地方的改善方法來達到無損資料隱藏的目標。現在我們就來回顧一下 HKC 資料隱藏法的資訊嵌入的步驟，而其流程圖如圖 2-3 所示：

- 步驟1. 就原始影像做其直方圖統計。
- 步驟2. 找尋出最高點位置，當作隱藏資料的基準點。
- 步驟3. 找尋出最高點位置後，將其相鄰的左邊或右邊之像素值當成藏匿資訊的地方(該像素的點數即代表大約可隱藏資料的點數)，並將相鄰左邊或右邊之像素的左邊或右邊之值位移一個像素值，如此一來，要隱藏的資料就可以藏匿其中。同時將要還原的最低點位置坐標及其相關資料做成資訊表後，再與要隱藏資料做結合，如圖 2-4 及圖 2-5 所示。

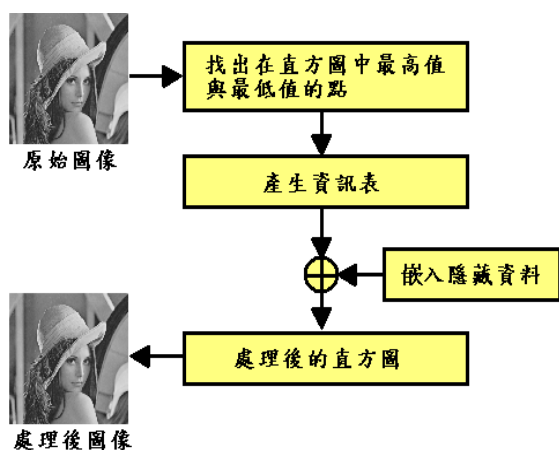


圖2-3 HKC 嵌入資料的流程圖

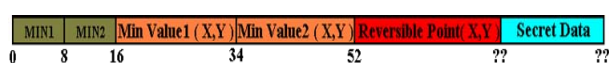


圖2-4 最初隱藏資訊表結構

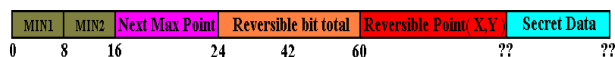


圖2-5 HKC改進隱藏資訊表結構

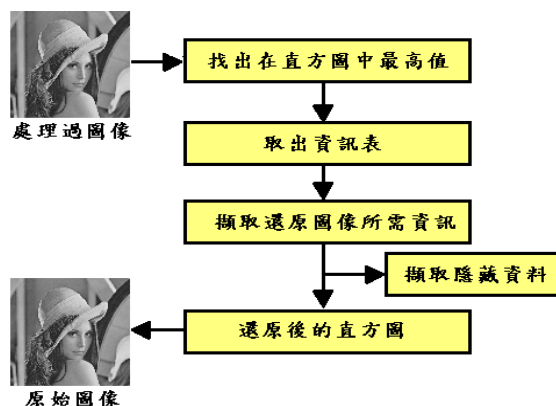


圖2-6 HKC 擷取資料處理之結構

這樣作法可以抽取時正確找出其藏匿之最高點位置，也可抽出其藏匿資料。如果一張圖檔中只能找出一個最高點當作基準點時，則其可藏匿容量就會非常地小。且在[6]中，有提到最低點像素之點數不為 0 時候，提出解決之辦法。而他們所提出的辦法是非常地直接且沒有效率的，換言之，就是先找尋最低點位置，而將最低點位置之座標點藏匿於要隱藏訊息中，不但可以解出隱藏的訊息為何，並可使其達到完全還原的狀態。但由於最低點之藏匿訊息是每一點的座標點，而每點座標需要多消耗 18 位元藏匿，同時最低點也可能不只有一點，如此一來為了達到還原的目的而來浪費許多藏匿空間。

### 3. 提出新的無損資料隱藏方法

由於上述方法藏匿之容量並無法有效之解決還原所需要的空間，所以我們提出先做區塊分割後再配合直方圖位移的方式來增進實際藏匿空間值。如今我們以圖 3-1 為範例，右圖為其直方圖資料。而植基於區塊分割的無損資料隱藏方法之步驟說明如下：

- 步驟1. 將原始影像分割成四個等區塊，如圖 3-2。
- 步驟2. 就每區塊影像做其直方統計圖其結果如圖 3-3 所示。

- 步驟3. 找出每區塊影像之直方圖中最高值與兩端最低值位置。
- 步驟4. 將每區塊影像之直方圖中的最大值至最小值範圍內做左右位移。
- 步驟5. 將每區塊影像之直方圖中兩端最低值之相鄰位置，做上標記並且將結果一併嵌入要隱藏的資料內。
- 步驟6. 建立隱藏資訊表結構，如圖 3-4。
- 步驟7. 將資訊表藏匿於最高點之左邊及右邊其空出之值，而達到其藏匿之效果。



圖 3-4 隱藏資訊表結構

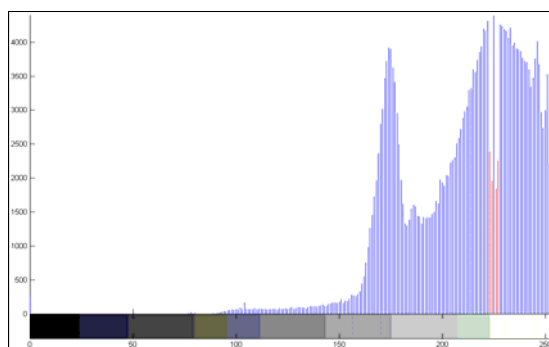


圖 3-5 原本整張圖去做隱藏結果

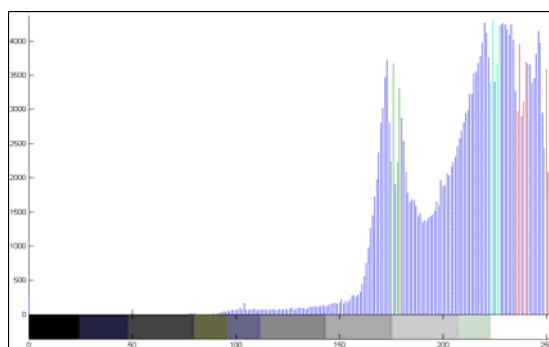


圖 3-6 使用分割區塊隱藏結果

從圖 3-5 可以發現，可看出相鄰最高點像素的點數是固定的，換言之能夠改變的總數量是固定不變的。因此還原資訊長度與隱藏的資訊長度是成反比的；也就是當還原資訊容量較大時，相對所能隱藏的資訊減少。因此若能有效地來縮減要儲存的還原座標所消耗的空間大小，就可以達到增加隱藏資訊量的目的。同時在本論文中提出利用一位元來紀錄原始位置，來改進 HKC 法[6]必須儲存座標的缺點。

從圖 3-6 可以看出，利用區塊分割的方式，可以更有效的提高位移的資料量，使兩端點最小值更低，且又能增加隱藏的資料量，解決隱藏資料量較小的問題。

以下就針對隱藏檔頭結構的每個結構做一說明（圖 3-7）：

*MIN1*：直方圖中最小值的點（左），其所

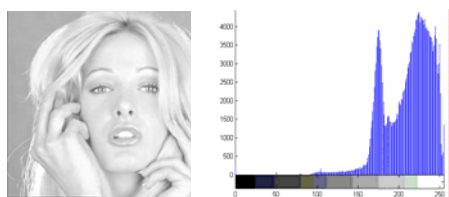


圖 3-1 Tiffany 與 Tiffany 直方圖

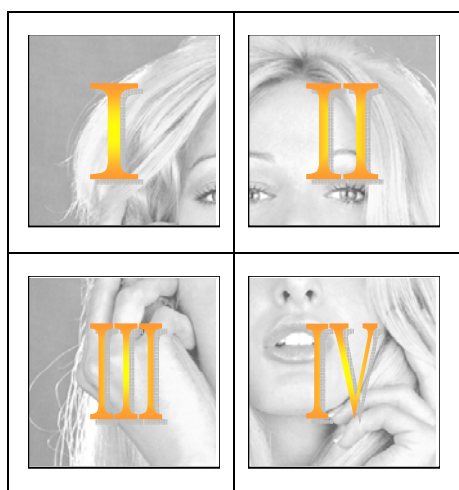


圖 3-2 原圖區塊後

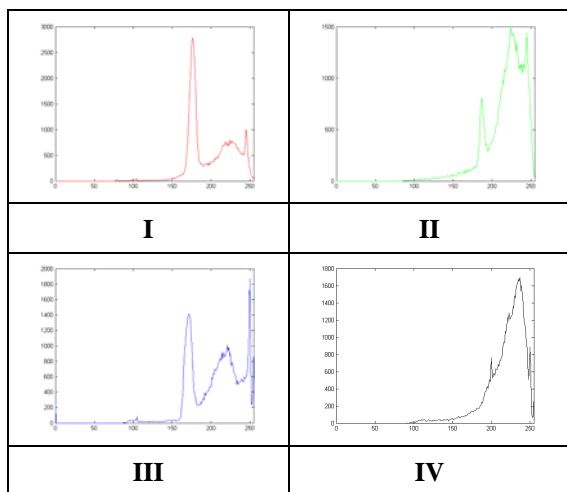


圖 3-3 各區塊的直方圖

定位的最小值位址（可任意在左側定點）。

**MIN2 :** 直方圖中最小值的點（右），其所定位的最小值位址（可任意右側定點）。

**Value1 :**  $Value1 = MIN1 ( X_i, Y_i ) + MIN1 ( X_{i+1}, Y_{i+1} )$ ，紀錄還原的點長度（左），其位元長度  $N$ ，取決於最大值， $N = \lceil \log_2 MAX \rceil$ 。

**Value2 :**  $Value2 = MIN2 ( X_i, Y_i ) + MIN2 ( X_{i-1}, Y_{i-1} )$ ，紀錄還原的點長度（右），其位元長度  $N$ ，取決於最大值， $N = \lceil \log_2 MAX \rceil$ 。

**Length1 :** Value1 大小，決定回復位元所需長度  $Rb = 2^n$ ，存放每個紀錄還原點相對應位置。

**Length2 :** Value2 大小，決定回復位元所需長

度  $Rb = 2^n$ ，存放每個紀錄還原點相對應位置。

**Hide Data :** 能隱藏資料的長度。

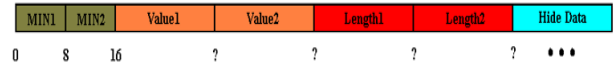


圖 3-7 隱藏的檔頭結構

圖 3-8 為一個 3x3 大小的圖形 (a) 還原點以座標紀錄方式區分 (b) 還原點以相鄰值 1 位元來區分還原點。

由兩種方式比較後，可以發現，Hwang[6]等人，以座標紀錄的方法，所需消耗的還原位元數明顯的比我們的記錄方式大的很多，尤其是在圖形越大時，所需的座標點位元數也會隨之增加，相較之下，我們以 1 位元的方式，標示每個邊界還原點，所需的紀錄位置，就來的少許多 (a 紀錄點佔 16 位元，b 紀錄點佔 9 位元)。

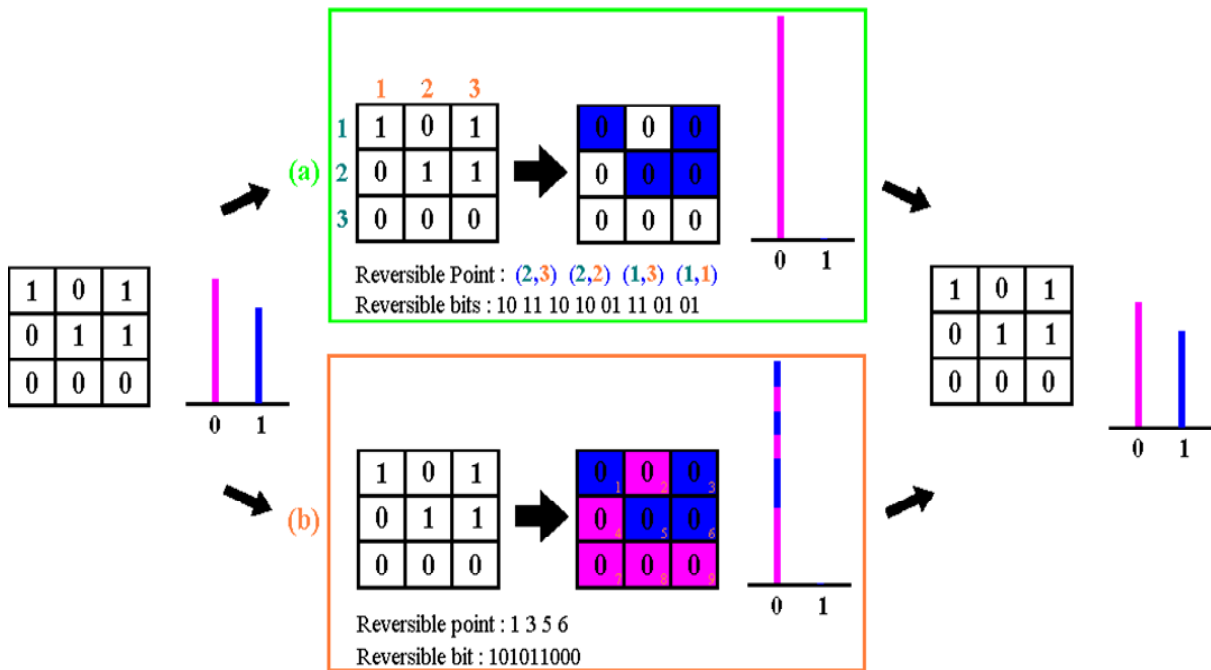
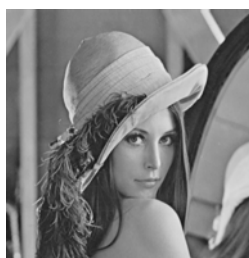
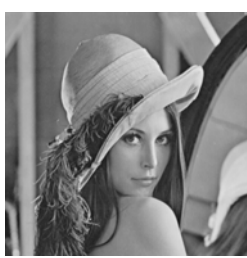


圖 3-8 (a) HKC 法 (b) 本論文提出的方法

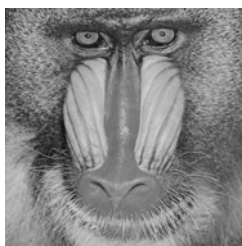
#### 4. 實驗與結果比較



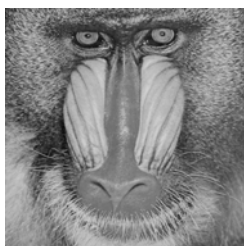
(a) LENA



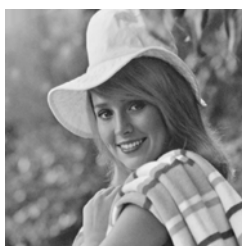
隱藏後的圖



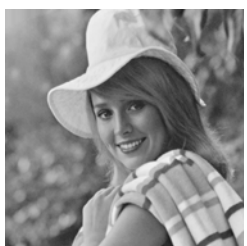
(b) Baboon



隱藏後的圖



(c) Elaine



隱藏後的圖



(d) Airplane



隱藏後的圖



(e) Boat



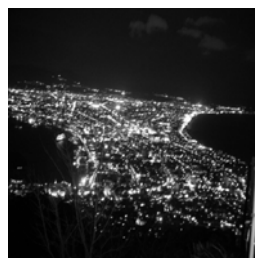
隱藏後的圖



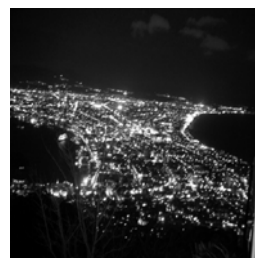
(f) Tiffany



隱藏後的圖



(g) Dark



隱藏後的圖

表 4-1 基本型 512 x 512 Image

	PSNR	Reversible bits	Hide bits
<b>LENA</b>	48.2dB	52	5,286
<b>Baboon</b>	48.2dB	213	5,168
<b>Elaine</b>	48.2dB	52	4,347
<b>Airplane</b>	48.3dB	52	15,294
<b>Boat</b>	48.3dB	105	10,036
<b>Tiffany</b>	48.3dB	52	4,304
<b>Dark</b>	48.3dB	1,329	6,683

表 4-2 所提出的演算法 512 x 512 Image

Image	PSNR	Reversible bits	Hide bits
<b>LENA</b>	48.2dB	152	8,835
<b>Baboon</b>	48.2dB	155	5,423
<b>Elaine</b>	48.2dB	144	5,648
<b>Airplane</b>	48.3dB	160	23,199
<b>Boat</b>	48.3dB	157	10,217
<b>Tiffany</b>	48.3dB	941	12,704
<b>Dark</b>	48.3dB	483	20,613

將相關實驗的結果整理成表 4-1 及表 4-2，從兩表中可以發現隱藏過後的圖形之 PSNR 皆維持在 48dB 以上 (MSE 維持 1 以下)。從表中我們可

以發現提出方法要比 HKC 的位移方法要來的有效率，加上我們改進還原點的所需要的大量存放空間，明顯的使基本資訊表來的更加有效率釋放隱藏資訊量。

就以 (f) Tiffany 為例，由於 Tiffany 的直方圖最大值右方紀錄座標點過多導致無法進行資料隱藏，換言之，能隱藏的空間只有 4,304 位元；相較之下本論文提出的方法，所能隱藏量卻高達 12,704 位元。

通常為了能夠有效的測量影像品質差異，會使用 PSNR 去比較差異性，或是 MSE 去比較每點平均誤差值。

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (P_{ij} - \Delta P_{ij})^2 \quad (1)$$

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left( \frac{255 \times 255}{MSE} \right) \quad (2)$$

## 5. 結論

自從 Ni 等人提出植基於直方圖技術的無損資料隱藏法以來，已有學者專家將其方法結合小波轉換方式來增加隱藏量[14]。而 Hwang 等人也提出新的無損資料隱藏法來改善[6]中因找不到正確的最高點位置而使得隱藏資訊無法還原的缺失，並同時解決最低點不為零的情況。雖然其立意及出發點都很好，但卻使得其所能藏匿資訊量大大地減少許多。因此在本論文中提出結合 1. 利用區塊分割隱藏的方式，來增加有效的資料量；2. 再配合利用一位元來紀錄每一個最低點及相鄰最低點的變化情形，即可改變其要紀錄座標值的缺失並能提升藏匿資料容量方案，以期能達到高容量之無損資料隱藏法。

## 誌謝

本論文研究感謝國科會 NSC 95-2218-E-150 -001 補助。

## 參考文獻

- [1]. M. U. Celik, G. Sharma, A. M. Tekalp, and E. Saber, "Reversible data hiding," in Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Rochester, NY, 2002, pp. 157-160.
- [2]. C. C. Chang, W.L. Tai, and C.C. Lin, 'A Reversible Data Hiding Scheme Based on Side Match Vector Quantization,' IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.16, No.10, pp.1301-1308, 2006.
- [3]. C. C. Chang, J. Y. Hsiao, and C. S. Chan, "Finding optimal LSB substitution in image hiding by dynamic programming strategy," Pattern Recognition., vol. 36, no. 7, pp. 1583-1595, 2003.
- [4]. J. Fridrich, M. Goljan, and R. Du, 'Invertible Authentication,' Security and Watermarking of Multimedia Contents III, pp.197-208, 2001.
- [5]. C. W. Honsinger, P. Jones, M. Rabbani, and J. C. Stoffel, 'Lossless recovery of an original image containing embedded data,' US Patent application, Docket No: 77102/E-D, 2001.
- [6]. J.H. Hwang, J.W. Kim, and J.U. Choi, 'A Reversible Watermarking Based on Histogram Shifting,' IWDW 2006, LNCS 4283, pp.348-361, 2006.
- [7]. S. Katzenbeisser and F. A. P. Petitcolas, Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking. Norwood, MA: Artech House, 2000.
- [8]. S. H. Liu, T. H. Chen, H. X. Yao and W. Gao, 'A variable depth LSB data hiding technique in images,' Machine Learning and Cybernetics, 2004, pp.3990 - 3994, 2004.

- [9]. Z. M. Lu, J. S. Pan, and S. H. Sun, "VQ-based digital image watermarking method," *Electron. Lett.*, vol. 36, no. 14, pp. 1201–1202, 2000.
- [10]. Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Ansari and W. Su, 'Reversible data hiding,' *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.16, No.3, pp.354-362, 2006.
- [11]. C. I. Podilchuk and E. J. Delp, "Digital watermarking: Algorithms and applications," *IEEE Signal Process. Mag.*, vol. 18, no. 4, pp. 33–46, Jul. 2001.
- [12]. J. Tian, 'Reversible Data Embedding Using a Difference Expansion,' *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.13, No.8, pp.890-896, 2003.
- [13]. H. C. Wu, N. I. Wu, C. S. Tsai, M. S. Hwang , 'Image Steganographic scheme based on pixel-value differencing and LSB replacement methods,' *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process.*, Volume 152, Issue 5, pp.611 – 615, 2005.
- [14]. G. Xuan, C. Yang, Y. Zhen , Y. Q. Shi and Z. Ni, 'Reversible data hiding based on wavelet spread spectrum,' *IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, pp.211- 214, 2004.
- [15]. G. Xuan, Q. Yao, C. Yang, J. Gao, P. Chai, Y. Q. Shi, and Z. Ni, 'Lossless Data Hiding Using Histogram Shifting Method Based on Integer Wavelets,' *IWDW 2006, LNCS-4283* , pp.323-332, 2006.
- [16]. B. Yang, M. Schmucker, W. Funk, C. Busch and S. Sun, 'Integer DCT-based Reversible Watermarking for Images Using Companding Technique,' *Steganography and Watermarking of Multimedia Contents VI*, pp.405-415, 2004.
- [17]. Y. H. Yu, C. C. Chang, and Y. C. Hu, "Hiding secret data in images via predictive coding," *Pattern Recognit.*, vol. 38, no. 5, pp. 691–705, 2005.