

一種實作於影像區塊截短編碼之可逆式資料隱藏技術

林昱宏

國立虎尾科技大學
kavin1211@gmail.com

仲維德

工業技術研究院機械所
weider@itri.org.tw

謝仕杰

國立虎尾科技大學
scshie@nfu.edu.tw

摘要

本論文提出一種基於區塊截短編碼(Block Truncation Coding, BTC)之可逆式的資料隱藏技術。提出的資料隱藏技術分成二個階段，第一階段把機密資料藏入於每個區塊的重建階值 X_H 與 X_L 裡。第二階段運用直方圖技術與格雷碼(gray code)的原理，把機密資料藏入於位元圖裡。運用直方圖技術主要可以達到影像的可逆性，而應用格雷碼主要可以提高影像的品質。實驗結果證明提出的方法具有不錯的資料藏入量與視覺品質良好的重建影像。

關鍵詞：區塊截短編碼；直方圖；格雷碼；資料隱藏

1. 前言

網際網路科技蓬勃發展迅速，越來越多業者結合網路開發出許多系統與平台。因此人們常使用這些系統與平台在網路上進行傳輸資料，每天都有成千上萬筆資料於網路中傳輸流動，使得數位資料在網路空間中廣泛散佈。另外，現在人們習慣會把重要資料備份，所以都會把資料上傳於網路硬碟，以預防重要的資料消失。因此有不肖業者從網路漏洞，不斷地把資料複製及偽造，使得原作者智慧財產權被侵犯，造成資訊安全的問題產生。

為了確保機密資料在網際網路傳輸中的安全性，陸續有學者研究將機密資料藏入於多媒體中，例如：影像、聲音(音樂、音效)、影片、動畫、文字等等。資料隱藏技術是以掩護媒體來掩護機密資料。以影像當作掩護媒體為例，將機密資料藏入於影像裡不容易使人的視覺系統察覺是否有藏機密資料。因此將機密資料藏入於多媒體後再進行網路傳輸時能有多一層防護措施，可進一步確保機密資料的安全性。資料隱藏技術傳遞過程，如圖 1 所示。傳送端把機密資料藏入到原始影像裡，接收端要有正確提取演算法才能從偽裝影像裡提取機密資料。由於現在網際網路的發達進步，越來越講求資料傳輸速度，有許多學者針對如何在有限的頻寬中有效率地傳輸多媒體資料並且確保機密資料的安全性提出了各種研究報告。

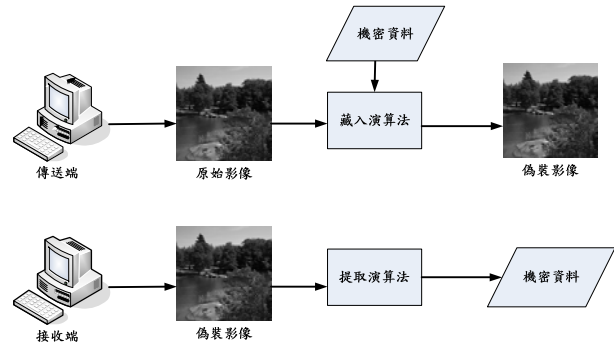


圖 1 資料隱藏技術運作概念

近幾年有許多學者針對區塊截短編碼技術，提出資料隱藏方法。Chuang 和 Chang 學者在 2006 年 [1]，根據區塊截短編碼技術的特性針對每個區塊的重建階值 X_H 與 X_L 的差異值，設定一個門檻值。若重建階差異值小於門檻值，則將機密資料依序藏入於位元圖中，最後根據重建階值 X_H 與 X_L 與藏入後的位元圖完成重建影像的動作。Chang 和 Lin 等學者在 2008 年提出一個基於區塊截短編碼法的無損彩色影像資料隱藏技術 [2]。以往彩色影像壓縮需要三個位元圖與三對重建階值，該方法運用基因演算法找出 RGB 三個位元圖的通用位元圖(Common Bitmaps)，之後利用邊緣吻合(Side Match, SM)技術，根據壓縮碼重建階值 X_H 與 X_L 以及位元圖的順序，進而把機密資料藏入於通用位元圖與重建階值裡。Lin 和 Liu 學者在 2012 年提出植基於區塊截短編碼直方圖之可逆式資料隱藏方法 [3]，該藏入方法分成二個階段。第一階段藏入於每個區塊的重建階值 X_H 與 X_L ，此階段引用了 Chang 和 Lin [2] 的方法。第二階段應用直方圖位移技術，把機密資料藏入於位元圖裡。

本論文主要針對 Lin 和 Liu 學者的方法做改良。提出一個新的區塊截短編碼之可逆式的資料隱藏技術。該方法藏入分成二個階段，第一階段引用 Chang 和 Lin 等學者 [2] 的方法，根據壓縮碼 X_H 與 X_L 和位元圖的順序藏入機密資料在重建階值 X_H 與 X_L 裡。第二階段我們提出利用直方圖位移技術與格雷碼特性的資料隱藏法。將機密資料藏入到到元圖裡。本論文架構如下，第二章詳細介紹區塊截短編碼的方法與 Lin 和 Liu 學者提出的方法 [3]。第三章說明本論文提出的可逆式資料隱藏方法，分成藏入機密資料階段與提取機密資料階段。第四章則是本論文的實驗結果與 Lin 和 Liu 學者的方法 [3] 之比

較。最後在第五章會對本論文提出的方法做個結論。

2. 相關技術與文獻介紹

相關技術與文獻中，首先會介紹區塊短編碼技術。接下來介紹 Lin 和 Liu 學者的方法[3]，該方法是運用區塊截短編碼法編碼後的位元圖轉成十進制與直方圖位移技術做結合。該方法藏入分成二個階段，分別將機密資料藏入到重建階值 X_H 與 X_L 和位元圖裡。

2.1 區塊截短編碼

區塊截短編碼技術是由 Delp 與 Mitchell 學者於 1979 年所提出[4]。這種區塊截短編碼法的編碼過程，首先把要編碼的影像切割成 $n \times n$ 不重疊的區塊，然後針對每個區塊做編碼。根據區塊截短編碼的特性，每一個編碼影像區塊都有自己的群特徵值存在。首先利用公式(1)計算出每個區塊的像素平均值 m 當作門檻值。 $p_{(i,j)}$ 表示像素值位置。

$$m = \frac{1}{n \times n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{(i,j)} \quad (1)$$

根據群特徵值把每個區塊像素值分成二群，分別為大於等於平均值一群，以及小於平均值一群。根據公式(2)和公式(3)把劃分的二群計算出群中的像素平均值 X_H 與 X_L 。

$$X_H = \frac{1}{q} \sum_{p_{(i,j)} \geq m} P_{(i,j)} \quad (2)$$

$$X_L = \frac{1}{n \times n - q} \sum_{p_{(i,j)} < m} P_{(i,j)} \quad (3)$$

根據每個區塊計算出來的像素平均值 m 與像素值 $p_{(i,j)}$ ，套用公式(4)產生每個區塊的位元圖 $b_{(i,j)}$ 。

$$b_{(i,j)} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_{(i,j)} \geq m \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

編碼後的每個區塊會產生出一對重建階值最大值 X_H 與最小值 X_L 以及位元圖。經過上敘編碼過程可以得到重建階值與位元圖這些壓縮碼。再來傳送端把這些壓縮碼傳送給接收端，而傳送端與接收端之間傳接過程壓縮碼順序是 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ ，所以當接收端接收到 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ 壓縮碼，也就是每個區塊的重建階值最大值 X_H 與最小值 X_L 以及位元圖。利用公式(5)即可完成影像壓縮重建的動作。

$$\hat{P}_{(i,j)} = \begin{cases} X_H, & \text{if } b_{(i,j)} = 1 \\ X_L, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

圖 2 是區塊截短編碼範例。首先切割成 4×4 不重疊的影像區塊，如圖 2(a)所示。由公式(1)計算該區塊的平均值 $m=63.18$ 。由公式(2) (3)計算該區塊的重建階值 X_H 與 X_L ，分別為 $X_H=65$ ， $X_L=61$ 。由公式(4)產生位元圖，如圖 2.8(b)所示。如果像素值大於等於平均值 m ，位元圖位置則為 1。如果像素值小於平均值 m ，位元圖位置則為 0。最後藉由重建階值 X_H 與 X_L 根據公式(5)完成該編碼區塊重建後的像素值，如圖 2(c)所示。完成區塊截短編碼壓縮重建後的影像。

56	60	63	65
59	62	64	65
64	65	66	67
64	64	63	64

 $m = 63.18$

0	0	0	1
0	0	1	1
1	1	1	1
1	1	0	1

 $X_H=65, X_L=61$

61	61	61	65
61	61	65	65
65	65	65	65
65	65	61	65

圖 2 區塊截短編碼壓縮範例，(a) 4×4 區塊像素值，(b) 4×4 區塊位元圖，(c) 4×4 區塊重建後的像素值

2.2 Lin 和 Liu 學者的方法[3]

Lin 和 Liu 學者的方法[3]分成二個藏入階段。第一階段藏入方法引用[2]等學者的方法。第二階段藏入方法，根據編碼後的 4×4 區塊位元圖再切割成 2×2 區塊位元圖。以 4 個位元轉成十進制，再運用直方圖技術做資料隱藏。以下針對這二個藏入階段方法做介紹。

2.2.1 階段一:藏入機密資料於重建階值 X_H 與 X_L

根據區塊截短編碼，每個區塊會產生一對重建階值 X_H 與 X_L 和一個位元圖。如果該區塊位元圖裡的位元都相同，則沒有機密資料可以藏入於 X_H 與 X_L 。如果該區塊位元圖裡的位元不是都相同，則根據重建階值 X_L 與 X_H 的順序藏入機密資料。定義如下： X_L 在 X_H 的前面，代表藏入機密資料 1，反之 X_H 在 X_L 的前面代表藏入機密資料 0。也就是說如果機密資料是 1，藏入後的壓縮碼順序需是 $X_L \parallel X_H \parallel BM$ 。反之如果機密資料是 0，藏入後的壓縮碼順序需是 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ 。完成第一階段藏入方法。

2.2.2 階段二:藏入機密資料於位元圖

根據區塊截短編碼後產生的每個 4×4 區塊位元圖，再進一步切割成 2×2 區塊位元圖。 2×2 區塊位元圖裡是以 4 個位元為一組，將 4 個位元轉成十進制所以共有 16 種十進制類型。0000~1111 對應到 0~15 種十進制類型，這裡稱為 Type_Decimal，如表

1 所示每個 2×2 區塊位元圖對應十進制類型 Type_Decimal。例如: 2×2 區塊位元圖是 0 1 1 0 則對應的十進制類型是 6。2×2 區塊位元圖是 1 0 0 0 則對應的十進制類型是 8。

表 1 每個區塊 Binary_four_bit 對應不同十進制類型 Type_Decimal

Type_Decimal	Binary_four_value
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

將 2×2 區塊位元圖轉成十進制之後，運用直方圖統計出每個十進制類型出現的次數，該直方圖稱為 Type_Decimal(x)，如圖 4 所示。最後利用直方圖位移技術藏入機密資料。

從實驗結果發現到，幾乎每張影像經過直方圖統計出來的峰值點都落在 Type_Decimal(0) 或 Type_Decimal(15)，而低值點都落在 Type_Decimal(6) 或 Type_Decimal(9)。這裡以一張 512×512 大小圖編號 034 影像來當作範例，如圖 3 所示。



圖 3 圖編號 034 原始影像

運用直方圖統計 Type_Decimal(0~15) 出現的次數，如圖 4 所示。找出出現次數最多的 Type_Decimal(x) 稱為峰值點 Decimal_P 與出現次數最少的 Type_Decimal(x) 稱為低值點 Decimal_L。而 Decimal_P 與 Decimal_L 介於 [0,15] 的範圍內，如圖 4 可以找出 Decimal_P=0，Decimal_L=9。接下

來利用找出來的峰值點 Decimal_P=0 與低值點 Decimal_L=9 來做直方圖位移及藏入。

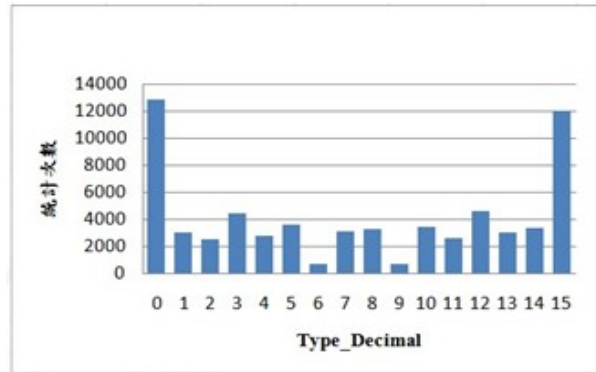


圖 4 BTC 圖編號 034 影像直方圖統計

如果 Type_Decimal(x) 介於 [Decimal_P+1, Decimal_L-1] 的範圍內，則 Type_Decimal(1~8) 都要右移一個單位加 1，如圖 5 所示。經過右移之後會空出 Type_Decimal(1) 這個位置，主要可以用來給峰值點 Decimal_P=0 藏入機密資料用。

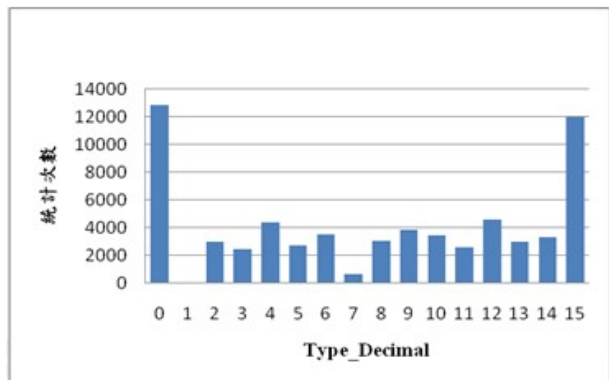


圖 5 BTC 圖編號 034 Type_Decimal(x) 介於 [1,8] 右移圖 4 後的直方圖

根據圖 4 得到的峰值點 Decimal_P=0 與低值點 Decimal_L=9 運用直方圖技術可藏入機密資料。首先掃描 2×2 區塊位元圖的 4 位元轉成十進制類型 Type_Decimal，如果對應到的是峰值點 Decimal_P=0，而機密資料是 1，則 Decimal_P+1。反之如果機密資料是 0，則 Decimal_P+0 保持不變。如圖 6 所示，經過圖 5 右移完之後空出 Type_Decimal(1) 這個位置，可讓峰值點 Decimal_L=9 藏入機密資料用，將機密資料藏入於 Type_Decimal(0) 和 Type_Decimal(1) 兩者之間。最後要額外記錄峰值點 Decimal_P 與低值點 Decimal_L 是屬於哪一類 Type_Decimal(x) 和額外記錄低值點 (i,j) 座標位置。因為上敘圖 5 右移 Type_Decimal(8) 到 Decimal_L=9，為了預防 Type_Decimal(9) 回復時搞混，所以需額外記錄低值點的每個座標位置，才能達到提取機密資料與回復的特性。完成第二階段藏入機密資料方法，把機密資料藏入於位元圖裡的過程。

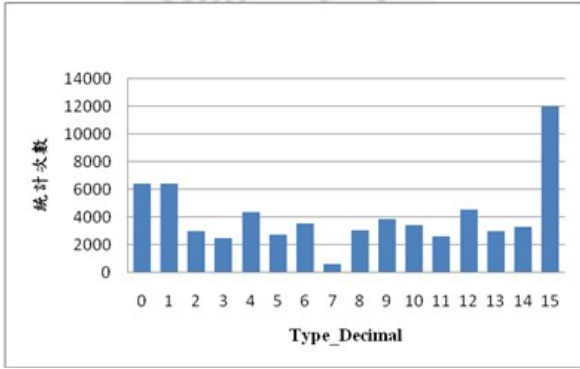


圖 6 BTC 圖編號 034 藏入機密資料後的直方圖

2.2.3 階段一：從重建階值 X_H 與 X_L 提取機密資料

首先掃描區塊截短編碼後每個區塊位元圖。如果該區塊位元圖位元全部都相同，則沒有機密資料可提取。反之如果該區塊位元圖裡的位元不是都相同則有機密資料可以提取。根據 X_H 與 X_L 的順序提取機密資料。假設接收端接收到的壓縮碼順序是 $X_L \parallel X_H \parallel BM$ ，則提取機密資料 1。反之如果接收端接收到的壓縮碼順序是 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ ，則提取機密資料 0。藏入機密資料與提取機密資料，因為是根據 X_H 與 X_L 傳送端與接收端的壓縮碼順序，所以不會更改到 X_H 與 X_L 的數值。所以在重建影像沒有失真的特性存在。完成第一階段提取機密資料與重建影像的過程。

2.2.4 階段二：從位元圖提取機密資料

根據上述額外記錄的峰值點 $Decimal_P=0$ 與低值點 $Decimal_L=9$ 和低值點 (i,j) 座標位置，進行提取機密資料和回復原始位元圖達到可逆重建影像的目的。首先掃描所有 2×2 區塊位元圖，如果 2×2 區塊位元圖轉成十進制類型，遇到的是峰值點 $Decimal_P+1$ ，也就是 $Decimal_P=0+1=1$ 則提取機密資料 1。如果遇到的是峰值點 $Decimal_P=0$ 則提取機密資料 0。根據圖 5 剛剛為了空出 $Type_Decimal(1)$ 的位置藏機密資料進行了右移，所以 $Type_Decimal(x)$ 介於 $[Decimal_P+1, Decimal_L]$ 的範圍內現在要左移一個單位，也就是 $Type_Decimal(1 \sim 9)$ 都需減 1。才能達到可逆重建影像的目的。完成第二階段提取機密資料與回復原始位元圖重建影像的過程。

3. 本論文提出之方法

本論文提出之可逆式的資料隱藏技術分成二個階段。第一階段藏入方法是引用 [2] 等學者的方法，和 Lin 和 Liu 學者的第一階段方法是一樣的。該方法主要是根據 X_H 與 X_L 的順序藏入機密資料，並不會修改到 X_H 與 X_L 的數值，因此保有無失真特

性。第二階段藏入方法，本論文提出利用格雷碼與直方圖位移技術的資料隱藏法。本論文針對 2×2 區塊位元圖 4 個位元為一組所組成轉成格雷碼類型應用如表 2 所示。 2×2 區塊位元圖 4 位元格雷碼 0000~1000 對應到 0~15 種不同格雷碼類型，這裡稱為 $Type_Gray$ ，所以共有 16 種格雷碼類型。圖 7 是說明本論文提出的格雷碼應用 2×2 區塊位元圖 $Gray_four_bit$ 如何轉成格雷碼類型 $Type_Gray$ 的範例。分別以圖 7(a)與圖 7(b) 兩個 2×2 區塊位元圖 $G1$ 與 $G2$ 為例子。 $G1$ 2×2 區塊位元圖是 0 1 1 1，則對應的雷碼類型碼類型 $Type_Gray$ 是 5。 $G2$ 2×2 區塊位元圖是 1 1 1 1，則對應的雷碼類型 $Type_Gray$ 是 10。

表 2 每個區塊 $Gray_four_bit$ 對應不同格雷碼型 $Type_Gray$

Type_Gray	Gray_four_bit
0	0000
1	0001
2	0011
3	0010
4	0110
5	0111
6	0101
7	0100
8	1100
9	1101
10	1111
11	1110
12	1010
13	1011
14	1001
15	1000

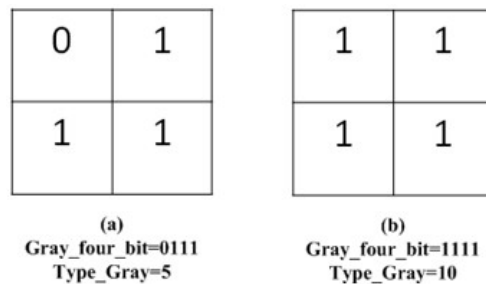


圖 7 $Gray_four_bit$ 轉成格雷碼類型 $Type_Gray$ ，(a) $G1$ 2×2 區塊位元圖，(b) $G2$ 2×2 區塊位元圖

接下來利用圖 8 和圖 9 以範例針對格雷碼與十進制的類型做分析。格雷碼類型範例如圖 8， $G1$ 2×2 區塊位元圖是 0 1 0 0 = 7，右移一個單位 $7+1=8$ ，8 的 2×2 區塊位元圖 4 位元格雷碼是 1 1 0 0，右移完後更改了 1 個位元。格雷碼它的特性是任何連續相鄰兩個數之間只有一個位元值不同，因此以格雷碼類型利用在直方圖位移資料隱藏技術最多只更改 1 個位元。

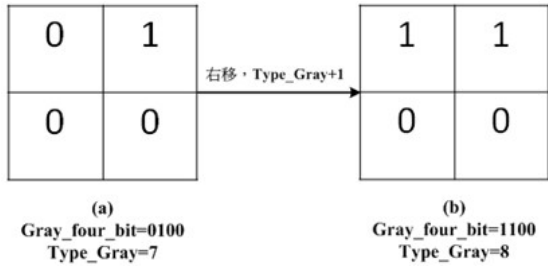


圖 8 直方圖格雷碼類型位移範例，(a)GI 2x2 區塊位元圖，(b)GI 右移後 2x2 區塊位元圖

圖 9 範例 BI 2x2 區塊位元圖是 0111=7，右移一個單位 7+1=8，8 的 4 位元二進制是 1100，右移完之後更改了 4 個位元。

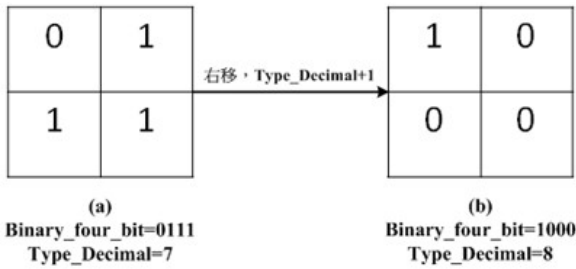


圖 9 直方圖十進制類型位移範例，(a)BI 2x2 區塊位元圖，(b)BI 右移後 2x2 區塊位元圖

可以看出應用十進制會更改到 1~4 個位元，最多會更改到 4 個位元的位置。因此可以分析出本論文提出的格雷碼應用是可行的，並且可以驗證本論文的方法優越於 Lin 和 Liu 學者的方法[3]，影像品質方面提高很多。

3.1 階段一:藏入機密資料於重建階值 X_H 與 X_L

第一階段藏入方法與 Lin 和 Liu 學者[3]方法是一樣的，都是引用[2]等學者的方法。根據區塊截短編碼重建階值 X_L 與 X_H 的順序藏入機密資料。如果該區塊位元圖裡的位元都相同，則沒有機密資料可以藏入於 X_H 與 X_L 。如果該區塊位元圖裡的位元不是都相同，則根據重建階值 X_L 與 X_H 的順序藏入機密資料。如果機密資料是 1，傳送端傳送壓縮碼的順序是 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ ，則需更改為 $X_L \parallel X_H \parallel BM$ 。反之機密資料是 0，傳送端傳送壓縮碼的順序是 $X_L \parallel X_H \parallel BM$ ，則需更改為 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ 。如果機密資料是 1，傳送端傳送壓縮碼的順序是 $X_L \parallel X_H \parallel BM$ ，則不需更改順序。反之機密資料是 0，傳送端傳送壓縮碼的順序是 $X_H \parallel X_L \parallel BM$ ，則不需更改順序。完成第一階段藏入方法的過程。

3.2 階段二: 藏入機密資料在位元圖

根據區塊截短編碼後每個 4x4 區塊位元圖，再進一步切割成 2x2 區塊位元圖。接著將 2x2 區塊位元圖轉成格雷碼類型 Type_Gray，再來運用直方圖

統計出每個格雷碼類型出現的次數，這裡稱為 Type_Gray(x)，最後利用直方圖位移技術藏入機密資料。從實驗結果發現運用格雷碼類型，幾乎每張影像經過直方圖統計出來的峰值點都落在 Type_Gray(0)或 Type_Gray(10)，而低值點都落在 Type_Gray(4)或 Type_Gray(14)。這裡以一張 512x512 大小圖編號 655 灰階影像來當作範例，如圖 10 所示。

運用直方圖統計不同格雷碼類型 Type_Gray(0~15) 出現的次數，如圖 11 所示。因為這裡是以格雷碼類型做統計，所以在這裡把峰值點稱作為 Gray_P，低值點稱作為 Gray_L。



圖 10 圖編號 655 原始影像

接著從圖 11 中找出出現次數最多的格雷碼類型稱為峰值點 Gray_P 與出現次數最少的格雷碼類型稱為低值點 Gray_L。而 Gray_P 與 Gray_L 都介於 [0,15] 的範圍內。從圖 11 可以找出峰值點 Gray_P=0 與低值點 Gray_L=4。

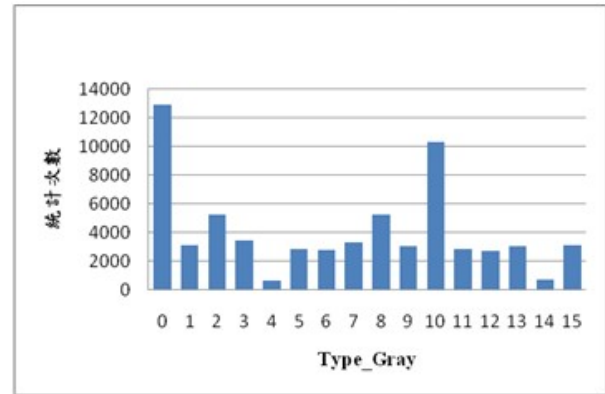


圖 11 BTC 圖編號 655 Type_Gray 直方圖統計

本論文的直方圖位移技術資料隱藏法有做些改良，會選擇最適合的峰值點與低值點，來當作本論文的實驗結果。考慮情況一:為了提高藏入量，在峰值點方面會優先選擇出現次數最多的峰值點。考慮情況二:為了提高影像品質，在低值點方面會優先選擇離峰值點距離最近，再來出現次數較少或第二少的格雷碼類型 Type_Gray(x)，來當作低值點。這裡的第二低值點，稱為 Gray_L2。因為從實驗結果發現到低值點與第二低值點出現次數不會誤差太多幾乎很相近，所以會選則最適合的峰值點與低值點來當作本論文的實驗結果。

根據圖 11 選擇的峰值點是 Gray_P=0，而低值

點 Gray_L=4 與第二低值點 Gray_L2=14，兩者出現次數很相近，所以會選擇離峰值點距離最近，再出現次數較少或第二少的當作低值點，所以這裡選擇的低值點是 Gray_L=4。根據上敘所選的峰值點 Gray_P=0 與低值點 Gray_L=4，現在要來做直方圖位移的動作。如果 Type_Gray(x) 介於 [Gray_P+1, Gray_L-1] 的範圍內，則 Type_Gray(x) 右移一個單位，也就是 Type_Gray(x) > Gray_P=0 與 Type_Gray(x) < Gray_L=4 之間的 Type_Gray(x) 都要加 1，可以看出 Type_Gray(1~3) 都要加 1，如圖 12 所示。經過右移之後會空出 Type_Gray(1) 這個位置，主要可以用來給峰值點 Gray_P=0 藏入機密資料用。

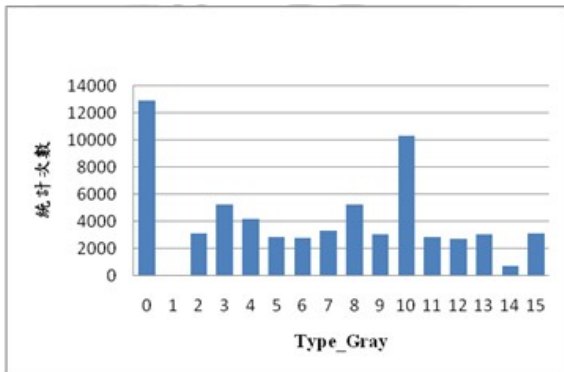


圖 12 BTC 圖編號 655 Type_Gray(x) 介於 [1,3] 右移圖 11 後的直方圖

根據圖 11 得到的峰值點 Gray_P=0 與低值點 Gray_L=4，運用直方圖技術以圖 12 右移完之後空出 Type_Gray(1) 這個位置，可讓 Gray_P=0 藏入機密資料。如果掃描 2x2 區塊位元圖轉成格雷碼類型 Type_Gray 對應到的是峰值點 Gray_P=0，而機密資料是 1，則 Gray_P=Gray_P+1，也就是 Gray_P=0+1=1。反之如果機密資料是 0，則 Gray_P=Gray_P+0，也就是 Gray_P=0+0=0 保持不變。經過圖 12 右移完之後藏入機密資料於 Type_Gray(0) 和 Type_Gray(1) 兩者之間，如圖 13 所示。最後要額外記錄峰值點 Gray_P 與低值點 Gray_L 是屬於哪一類 Type_Gray(x)，和額外記錄低值點 (i,j) 座標位置。因為上述圖 11 右移 Type_Gray(3) 到 Gray_L=4，為了預防 Type_Gray(4) 回復時搞混，所以需要額外記錄低值點 Gray_L=4 的每個座標位置。

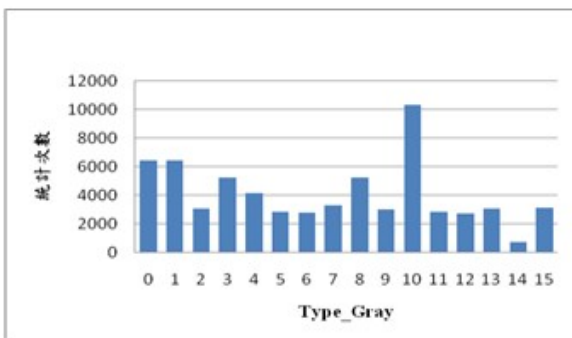


圖 13 BTC 圖編號 655 藏入機密資料後的直方圖

3.3 階段一:從重建階值 X_H 與 X_L 提取機密資料

本論文區塊截短編碼是切割成 4x4 不重疊的區塊。首先掃描每個 4x4 區塊位元圖，如果該區塊位元圖位元全部都相同，則沒有機密資料可提取。反之如果該區塊位元圖裡的位元不是都相同則有機密資料可以提取。根據 X_H 與 X_L 的順序提取機密資料。假設接收端接收到的壓縮碼順序是 X_L || X_H || BM，則提取機密資料 1。反之如果接收端接收到的壓縮碼順序是 X_H || X_L || BM，則提取機密資料 0。藏入機密資料與提取機密資料因為是根據 X_H 與 X_L 傳送端與接收端的順序，所以不會更改到 X_H 與 X_L 的數值。所以在重建影像沒有失真的特性存在。完成第一階段提取機密資料與重建影像的過程。

3.4 階段二:從位元圖提取機密資料

本論文區塊截短編碼是切割成 4x4 不重疊的區塊。首先針對藏完機密資料重建後的位元圖切割成 2x2 區塊位元圖，以 Z 型的方式掃描所有 2x2 區塊位元圖轉成格雷碼類型 Type_Gray。根據上述額外記錄的峰值點 Gray_P=0 與低值點 Gray_L=4 和低值點 (i,j) 的位置，進行提取機密資料和回復原始位元圖達到可逆重建影像的目的。如果 2x2 區塊位元圖轉成格雷碼類型，遇到格雷碼類型是峰值點 Gray_P+1，也就是 Gray_P=0+1=1 則提取機密資料 1。如果遇到格雷碼類型是峰值點 Gray_P=0 則提取機密資料 0。根據圖 12 剛剛為了空出 Type_Gray(1) 的位置藏機密資料，把 Type_Gray(x) 介於 [Gray_P+1, Gray_L-1] 做了右移的動作。所以如果 Type_Gray(x) 介於 [Gray_P+1, Gray_L] 的範圍內，現在要左移一個單位回來，也就是 Type_Gray(1~4) 都需減 1。讓被更改過的 Type_Gray(x) 回復原始的 Type_Gray(x)，達到可逆重建影像的目的。完成第二階段提取機密資料與回復原始位元圖重建影像的過程。

4. 實驗結果

本論文提出的方法在實驗結果這章會與 Lin 和 Liu 學者的方法 [3] 兩者的實驗結果做比較。實驗中的區塊截短編碼是切割成 4x4 不重疊的區塊。實驗使用的影像是 512x512 大小的灰階影像，主要比較影像藏入量、影像品質、Stego file。最常被用來評量影像品質的好壞是使用 PSNR 影像訊號雜訊比 (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)，首先要先計算影像的均方差 (Mean Square Error, MSE)，MSE 公式 (6) 為：

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (p'_{(i,j)} - p_{(i,j)})^2 \quad (6)$$

接著利用計算出來的 MSE 推導出影像的 PSNR 值，PSNR 公式 (7) 為：

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \quad (7)$$

根據公式(6)(7)即可計算出影像品質 PSNR 值。

本實驗所使用的影像是引用 [5]1000 張 512×512 大小的灰階影像圖庫。從圖庫中選取 10 張 512×512 大小的灰階影像來當作本實驗影像。從圖庫中下載下來的影像沒有名稱，只有以編號來區別影像名稱。所以實驗中的影像會以編號來區別，實驗中的影像編號分別為編號 011、編號 034、編號 330、編號 398、編號 408、編號 410、編號 655、編號 724、編號 960、編號 994。如圖 14 所示。



圖 14 實驗所使用的影像

從表 3 實驗結果數據的影像編號 001、034、330、398、408 和表 4 實驗結果數據的影像編號 410、655、724、960、994。這 10 張影像的實驗結果數據可以看出本論文的方法跟 Lin 和 Liu 學者的方法[3]在藏入量方面是一樣的，而 Stego file 有些影像是一樣的，有些只有稍微的不一樣不會變動很大，因為跟選擇的低值點有關係，會選擇最適合的低值點 Gray_L 或第二低值點 Gray_L2，目的是為了提高 PSNR 值。因此從實驗結果數據可以看出本論文的方法 PSNR 值都優越於 Lin 和 Liu 學者的方法[3]很多，至少都高出 2~3dB 左右。所以根據實驗結果數據可以驗證出，本論的文方法比 Lin 和 Liu 學者方法[3]來的好，具有較好影像品質水準之上。

表 3 本論文的方法與方法[3]實驗結果之比較 1

實驗影像編號	BTC	Lin和Liu等學者的方法[3]			本論文的方法		
	影像品質 (PSNR)	Stego file(bytes)	藏入量 (bits)	影像品質 (PSNR)	Stego file(bytes)	藏入量 (bits)	影像品質 (PSNR)
編號011	29.7234	66941	30164	24.2044	66941	30164	26.1173
編號034	34.6537	66793	29226	29.4294	66813	29226	31.6983
編號330	30.7833	66949	29245	25.9780	67041	29245	28.4685
編號398	36.6916	66811	31014	31.7935	66811	31014	34.4496
編號408	32.6815	66915	29384	26.9997	66981	29384	30.2597

表 4 本論文的方法與方法[3]實驗結果之比較 2

實驗影像編號	BTC	Lin和Liu等學者的方法[3]			本論文的方法		
	影像品質 (PSNR)	Stego file(bytes)	藏入量 (bits)	影像品質 (PSNR)	Stego file(bytes)	藏入量 (bits)	影像品質 (PSNR)
編號410	34.3860	66725	29107	29.2893	66725	29107	31.8740
編號655	32.6657	66925	29302	28.6960	66925	29302	30.0693
編號724	37.8242	66161	32527	31.9009	66163	32527	34.9782
編號960	35.3092	66597	33391	29.1765	66655	33391	31.4927
編號994	31.7797	67087	29693	27.8708	67087	29693	29.0235

5. 結論

本論文提出一種新的區塊截短編碼之可逆式的資料隱藏技術，該方法藏入分成二個階段。第一階段藏入方法，根據壓縮碼 X_H 與 X_L 和位元圖的順序藏入機密資料在重建階值 X_H 與 X_L 裡。第二階段藏入方法本論文提出一個新穎的格雷碼應用與利用直方圖位移技術的資料隱藏法。但是直方圖技術在峰值點與低值點方面有做些改良，本論文會選擇最適合的峰值點與低值點來做直方圖藏入法。主要是為了提高影像品質又不失藏入量，進而完成整個資料隱藏的過程。而藏入機密資料後的影像，在提取機密資料的過程，又可以達到可逆的特性。從實驗結果顯示，本論文所提出的方法在影像品質 PSNR 方面比 Lin 和 Liu 學者的方法[3]來的好，所以可以驗證出本論文所提出的方法優越於 Lin 和 Liu 學者的方法[3]。

參考文獻

- [1] J.C. Chuang and C.C. Chang, "Using A Simple And Fast Image Compression Algorithm To Hide Secret Information," IEEE International Journal of Computers and Applications, Vol. 28, No. 4, 2006.
- [2] Chin-Chen Chang, Chih-Yang Lin and Yi-Hsuan Fan, "Lossless data hiding for color images based on block truncation coding," Pattern Recognition Vol 41 pp.2347-2357, 2008
- [3] Chia-Chen Lin and Xiao-Long Liu, "A Reversible Data Hiding Scheme for Block Truncation Compressions based on Histogram Modification," IEEE Sixth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, 2012.
- [4] E. J. Delp and O. R. Mitchell, "Image Compression Using Block Truncation Coding," IEEE Transactions on Communications -TCOM, vol. 27, no. 9, pp. 1335-1342, 1979.
- [5] <http://exile.felk.cvut.cz/boss/BOSSFinal/index.php?mode=VIEW&tmpl=materials>