

私立東海大學資訊工程與科學研究所

碩士論文

指導教授：蔡清欉

基於馬賽克影像的特性之資料隱藏技術

**Data Hiding Technique Base on the Character of
Mosaic Image**



研究生：廖元勳

中華民國 九十五年 七月

摘要

現今在探討資料隱藏於影像的研究上，重點多在於能夠將大量的資料隱藏於一般影像圖之中，對影像品質影響降到最低為研究的目標。近幾年開始有學者研究將資料隱藏的技術運用於馬賽克影像圖上。然而，為了達到隱藏資料的目的，卻會產生馬賽克影像圖品質降低的問題。

我們提出資料隱藏的技術和方法，是利用馬賽克影像圖的特性，在原始影像圖轉換馬賽克影像圖的過程中，達到資訊隱藏的目的。使用小波轉換對原始影像及影像資料庫中的所有影像圖做分析，並且將欲隱藏的資料和候選相似影像圖做交叉比對，產生欲取代原始影像圖的小圖，是相等於隱藏資料的數據值。因此，能夠充分利用馬賽克影像圖的特性，將資料隱藏於馬賽克影像圖的小圖之中，使得所產生的馬賽克影像圖包含了所隱藏的資料。在觀看者或非法截取者觀看其馬賽克影像圖時，卻無法了解或得知馬賽克影像圖中所隱含的機密資料，認為其圖為一般之馬賽克影像圖，只有保有解開能力的發送者或接收者能夠取出其隱藏的資料，以達資料安全保護之目的。

在實驗的結果中，充分的顯示本論文所產生的馬賽克影像圖，保有原馬賽克影像圖應有之特性並且隱藏的資料量更多。為了比較本文提出的方法與其他提出的資料隱藏技術在馬賽克影像圖上的優劣。由

於 Carlo[2] 與本文的方法同樣採用以馬賽克影像圖作為資料隱藏的 cover image，因此我們將之實作出來作為比較的對象。最後比較的結果，我們的方法較 Carlo[2]所使用的方法所產生的資料隱藏馬賽克影像圖來的佳，且隱藏的資料量更多。

關鍵詞：資料隱藏 (Data hiding)、馬賽克影像 (Mosaic image)、小波轉換 (Wavelet transform)、資訊隱藏學 (Steganography)

Abstract

In most data hiding for image techniques at present focus on how to hiding a great quantity of data on image and research of the goal that it is lowest to influence image quality. Many previous papers discussed about using the characteristic of the mosaic image to hide the data. But, to achieve the goal of hiding large number of data may reduce the quality of mosaic image.

We propose a data hiding technique base on the character of mosaic image to achieve the goal of hiding data. First, candidate images will be obtained by analyzing between the source image and database images in wavelet transform process. Second, candidate images intersect compare with hiding data. Finally, mosaic image with data hiding will be generated.

The experimental results show that the proposed method in this paper can hide a large number of data and hold the good quality of mosaic image. It also shows better PSNR values of carlo[2] .

Keyword : Data hiding、 Mosaic image、 Wavelet transform、
Steganography

目錄

| | |
|--------------------------------------------------|-----------|
| 摘要..... | I |
| Abstract | III |
| 目錄..... | IV |
| 圖目錄..... | VI |
| 表目錄..... | IX |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 1.1. 簡介..... | 1 |
| 1.2. 研究動機及目標..... | 9 |
| 1.3. 論文大綱..... | 10 |
| 第二章 相關研究 | 11 |
| 2.1. 資訊隱藏學 (Steganographic) | 11 |
| 2.2. 馬賽克影像圖 (Mosaic image) | 14 |
| 2.3. 小波轉換理論 (Wavelet transform) | 17 |
| 第三章 資料隱藏於馬賽克影像圖技術 | 22 |
| 3.1. 相似影像圖群組取得..... | 24 |
| 3.2. 篩選符合資料之影像圖..... | 25 |
| 3.3. 產生隱藏資料之馬賽克影像圖..... | 26 |
| 3.4. 擷取隱藏資訊..... | 29 |
| 第四章 實驗結果 | 31 |
| 4.1 於 40x40 個 grid 數下不同資訊量的隱藏 | 32 |
| 4.2 於 35x35 個 grid 數下不同資訊量的隱藏 | 34 |
| 4.3 於 30x30 個 grid 數下不同資訊量的隱藏 | 37 |
| 第五章 比較與討論 | 41 |
| 5.1 人類視覺分析比較..... | 41 |
| 5.2 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 比較 | 46 |
| 第六章 結論..... | 57 |

參考資料..... 58

圖目錄

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| 圖 1.1 Carlo[2]影像資料庫 | 6 |
| 圖 1.2 Carlo[2]馬賽克影像圖 | 7 |
| 圖 1.3 Lin[13]方法所產生的馬賽克影像圖 | 9 |
| 圖 2.1 資訊隱藏基本流程圖..... | 13 |
| 圖 2.2 二階離散小波轉換..... | 19 |
| 圖 3.1 產生隱藏資料之馬賽克影像流程圖 | 23 |
| 圖 3.2 相似影像圖群組取得..... | 25 |
| 圖 3.3 篩選符合資料之影像圖..... | 26 |
| 圖 4.1 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits | 32 |
| 圖 4.2 為 Baboon 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits | 33 |
| 圖 4.3 為 Lena 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 33 |
| 圖 4.4 為 Peppers 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 34 |
| 圖 4.5 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits | 35 |
| 圖 4.6 為 Baboon 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits | 35 |
| 圖 4.7 為 Lena 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits..... | 36 |
| 圖 4.8 為 Peppers 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits..... | 36 |
| 圖 4.9 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits | 38 |
| 圖 4.10 為 Baboon 實驗結果，藏資訊量為 7200 bits | 38 |

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 圖 4.11 為 Lena 實驗結果，藏資訊量為 7200 bits..... | 39 |
| 圖 4.12 為 Peppers 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 39 |
| 圖 5.1 為 Afghan girl 實驗結果，區塊分格數為 40x40，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 42 |
| 圖 5.2 為 Baboon 實驗結果，區塊分格數為 40x40，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 43 |
| 圖 5.3 為 Lena 實驗結果，區塊分格數為 40x40，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 44 |
| 圖 5.4 為 Peppers 實驗結果，區塊分格數為 40x40，隱藏資訊量為 7200 bits..... | 45 |
| 圖 5.5 為 40x40 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... | 51 |
| 圖 5.6 為 40x40 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析.. | 51 |
| 圖 5.7 為 40x40 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... | 52 |
| 圖 5.8 為 40x40 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析.. | 52 |
| 圖 5.9 為 35x35 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... | 53 |
| 圖 5.10 為 35x35 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析 | 53 |
| 圖 5.11 為 35x35 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... | 54 |
| 圖 5.12 為 35x35 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析 | 54 |
| 圖 5.13 為 30x30 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... | 55 |
| 圖 5.14 為 30x30 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析 | 55 |

圖 5.15 為 30x30 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析..... 56

圖 5.16 為 30x30 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析 56

表目錄

| | |
|------------------------------------------|----|
| 表 1.1 3-bit 的機密資料和所選擇 codebook 的關係 | 4 |
| 表 1.2 代碼相對邊緣區域對照表..... | 8 |
| 表 4.1 PSNR 值(40x40 grid 個數) | 34 |
| 表 4.2 PSNR 值(35x35 grid 個數) | 37 |
| 表 4.3 PSNR 值(30x30 grid 個數) | 40 |
| 表 5.1 PSNR 值比較(40x40 grid 個數) | 48 |
| 表 5.2 PSNR 值比較(35x35 grid 個數) | 49 |
| 表 5.3 PSNR 值比較(30x30 grid 個數) | 50 |

第一章 緒論

1.1. 簡介

近代通訊網路的迅速發展，網路非法者及駭客充斥於網路上，進行非法的行為及截取網路傳送的資料，因此如何將機密資料安全的傳達到接收者，並且不被截取到資料，是非常重要的問題。為解決這個問題，安全的資訊傳送是目前的研究重點。所謂安全的通訊，在安全的通訊中有三名關係者，一個發送者、一個接收者，和一個非法者，發送者和接收者希望有私密的資訊交流，因此對資訊在傳送中不希望被非法者所被窺知及截取。為了達到這樣的目標，目前有兩種主要的研究方向：密碼學和資訊隱藏學。

資訊隱藏學利用資料隱藏、數位浮水印二種技術，進行資訊保護；資料隱藏是使用各種方法將資料藏在數位媒體（cover media）中（如視訊影片、影像圖、MP3、電子文件檔等），再經由接收者使用相對的擷取方法，從數位媒體（cover media）中將資料還原出來。為達不破壞原數位媒體品質且隱藏資訊量更大，以此目標的研究一直以來都有眾多學者持續的探討及研究[2-21]。

數位浮水印可將一些智慧財產權、所有權的訊息，隱藏在數位媒體（cover media）上[8-17]。數位浮水印分為可視與不可視兩種。可視的浮水印，是將資料加註在數位媒體（cover media）上，讓使用者

可以很清楚知道版權擁有者是誰，但是由於加註的資料是清晰可見的，所以會破壞到數位媒體(cover media)的品質。不可視的浮水印，利用各種演算法將版權訊息嵌入數位媒體(cover media)上，一但發生版權爭議時，只有資料的擁有者才能偵測並將浮水印顯現出來，以證明其為資料合法的擁有者。

數位浮水印技術重點是為了追蹤使用者是否有重新販售或非法複製傳遞之情事發生。因此在數位資料交給使用者之前就已經在每一份複製的數位資料中嵌入獨一無二的浮水印，亦就是每一份浮水印都代表一個消費者。如此可以確認誰是數位資料的非法使用者。

數位浮水印的目的是用於智慧財產權、所有權的保護。而資料隱藏的目的是在於資料的安全，當數位媒體(cover media)被取得時，無法從中查覺所隱藏的資料，因為本文是針對安全性做探討及研究，所以如何做好資料隱藏為我們研究的重點。

一般影像圖資料隱藏的作法[19][20]，是在不嚴重破壞原影像圖的品質下，將欲隱藏的資料嵌入影像圖裡，使得人眼所看得到只是為一般的影像圖，卻看不到裡面所保密的資料。然而，在資料隱藏於影像圖時，是將欲隱藏的資料嵌入數位媒介上，勢必會影響原始影像品質，由於影像品質在一定程度之下的影響，在人眼中不易發現有所異常，如此一來，被竊取了影像圖，也很難發現其中含有資料。如達文

西密碼這部電影和小說中，利用達文西所畫的畫像傳達訊息，在畫像中隱藏著許多的訊息，要解開畫中所隱藏的資訊才能得到真正的解答，不過當一般人或敵人看畫像時，卻能看到是一般的藝術畫，無法得知其中所隱藏的資訊，便不能得知真正所要表達的資訊。

Yu[19]將影像圖利用 Vector Quantization 進行影像壓縮的同時，進行資料隱藏於對應的新 codebook，先將原始影像圖經 VQ 所產生的 codebook 分成四個子 codebook，並產生一個二位元對照表(表 1.1)，如二位元碼為 $(110)_2$ 分成 $(11)_2$ 、 $(10)_2$ 二個部份，各別對應 codebook3 和 codebook2，因此將欲隱藏的資料轉換成二進制值，再以三個位元為一個區域，分別依照對照表建立索引關連，即完成資料隱藏，再將其 codebook 及索引關連傳至接收者或解碼者，即可還完影像圖及資料，此方法在將 codebook 及索引關連傳送過程容易被截取，並且透過其值可以還原原始圖且資料亦被截取。

表 1.1 3-bit 的機密資料和所選擇 codebook 的關係

| Case | 3-bit 機密資料 | Codebooks |
|------|------------|----------------|
| 1 | $(000)_2$ | (CB_0, CB_3) |
| 2 | $(001)_2$ | (CB_0, CB_1) |
| 3 | $(010)_2$ | (CB_1, CB_2) |
| 4 | $(011)_2$ | (CB_1, CB_3) |
| 5 | $(100)_2$ | (CB_2, CB_0) |
| 6 | $(101)_2$ | (CB_2, CB_1) |
| 7 | $(110)_2$ | (CB_3, CB_2) |
| 8 | $(111)_2$ | (CB_3, CB_0) |

Tseng[20] 使用二位元圖形隱藏資料，先挑選一張將被修改為隱藏資料的二位元圖形（例如 點陣圖）將 F 切割為許多 $m \times n$ 尺寸的區塊，因此我們可以假設 F 的大小是由許多 $m \times n$ 的區塊組成，再使用一把秘密鑰匙(secret key)，它是由大小為 $m \times n$ 的點陣圖裡隨機選出。建立一權重矩陣，這是一個整數並且為 $m \times n$ 大小的矩陣；這篇論文建議使用的方法是使用權重矩陣來增加資料隱藏，以及透過 XOR 運算子增強安全性。此論文中並建議，當影像區塊尺寸為 $m \times n$ 當修改改變影像區塊中的兩個位元，就可以嵌入 $\log_2(mn+1)$ 位元的資料。此方法的缺點是無法降低，在嵌入資料時的雜訊，且嚴重影響影像品質。

目前有些學者針對將馬賽克影像圖為 cover image, 達成資料隱藏的目的[2][21]。對藝術影像之馬賽克影像圖做資料隱藏的技術, 是藉由馬賽克影像圖由許多小圖 (tile image) 組合而成的特性, 當我們置換其中一張小圖 (tile image), 還是一樣是馬賽克影像圖, 而一般影像圖置換過後會很明顯發現被置換, 但馬賽克影像圖的小圖被置換後, 還是一張馬賽克影像圖, 不會被發覺被置換過, 所以將資料隱藏於馬賽克影像圖中的各個區塊(grid)小圖中, 如此能夠保持馬賽克影像圖的特徵, 當被非法者取得該圖時, 亦只會察覺其圖為藝術圖像, 更不知其各 tile 中所包含的真正資訊。

Carlo[2]將所產生馬賽克影像圖之中的各 tile 圖重新平均分成黑、白二類的影像資料庫, 並且分別對其資料庫中的影像圖編號 (圖 1.1), 然後將欲隱藏數位資訊轉換成二進制數據, 再將其數據做分割, 分割位元數及區域依據欲隱藏其影像圖的對應關係來建立, 之後和馬賽克影像圖及其所建立的影像資料庫建立關係, 如所欲隱藏之數位資訊數據的第一個區塊為 $(11)_2$ 時, 轉換到十進制值為 3, 則先分析馬賽克影像圖的第一個 tile 影像圖的像素平均值屬黑白二類中之那一類 (如, 是屬於白色類別), 再至所屬類別影像資料庫 (如, 白色類別資料庫) 中的 C 號為 3, 所對應之影像圖取並取代現有之馬賽克影像圖, 依此類推產生新的馬賽克影像圖, 此方法可以將資料隱藏於馬賽

克影像圖中，亦不會去影像到馬賽克影像圖中的小圖品質，但在整體上的馬賽克影像圖特性會受到很大的影響，相對原始馬賽克影像圖之相似度降低極多（圖 1.2）。

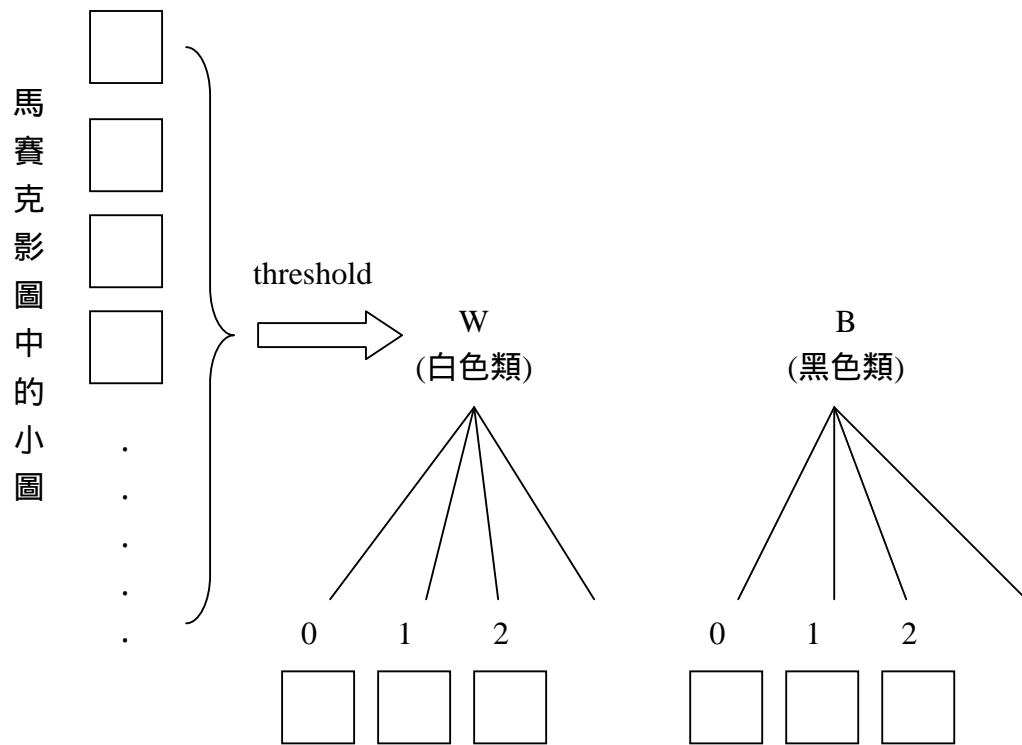


圖 1.1 Carlo[2]影像資料庫



(A)



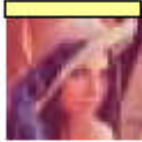
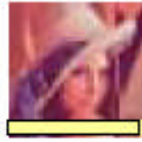
(B)

圖 1.2 Carlo[2]馬賽克影像圖(A)Afghan girl Mosaic 影像，(B)利用 Carlo 方法所產生的馬賽克影像圖。

Lin[21]將資料隱藏在馬賽克影像圖中小圖，其做法是，先將小圖的四個邊緣切割二個位元大小範圍的區域，分別屬於(00)、(01)、(10)、(11)標記區域代碼(表 1.2)，再將欲隱藏的資料做二進制轉換，轉換後的值以二個位元為一組，再將每一組分別於藏入對應的小圖。如欲隱藏的資料為 $(11)_2$ ，則選擇該小圖的(11)區域做為藏入資料的區域並填入該小圖的像素平均數，其他三個區域則填入像素平均數之後，再增加其數值到大於門檻值以上，依此做法將欲隱藏的資料分別對應馬賽克影像圖中所有的小圖。完成的馬賽克影像圖經由接收者取得後，再透過馬賽克影像圖中小圖的區域分佈情形，取得各小圖之後，計算小圖像素平均值，將其值和四個邊緣值對比對，邊緣值相等或小於平

均值時，則該邊緣即為隱藏對應的區域，進而將所有小圖對應隱藏的資料，完全取出及排列，即可還原所隱藏的資料。此方法雖然運用了馬賽克影像圖的小圖特性，將資料對應小圖的邊緣，但因為會修改影像中小圖邊緣的像素值，所以會造成產生的馬賽克影像圖會造成小圖之間邊緣接合情形及區塊效應（block effect）更加明顯（圖 1.3）。

表 1.2 代碼相對邊緣區域對照表

| | | |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Region Types |  |  |
| Bits | 00 | 01 |
| Region Types |  |  |
| Bits | 10 | 11 |

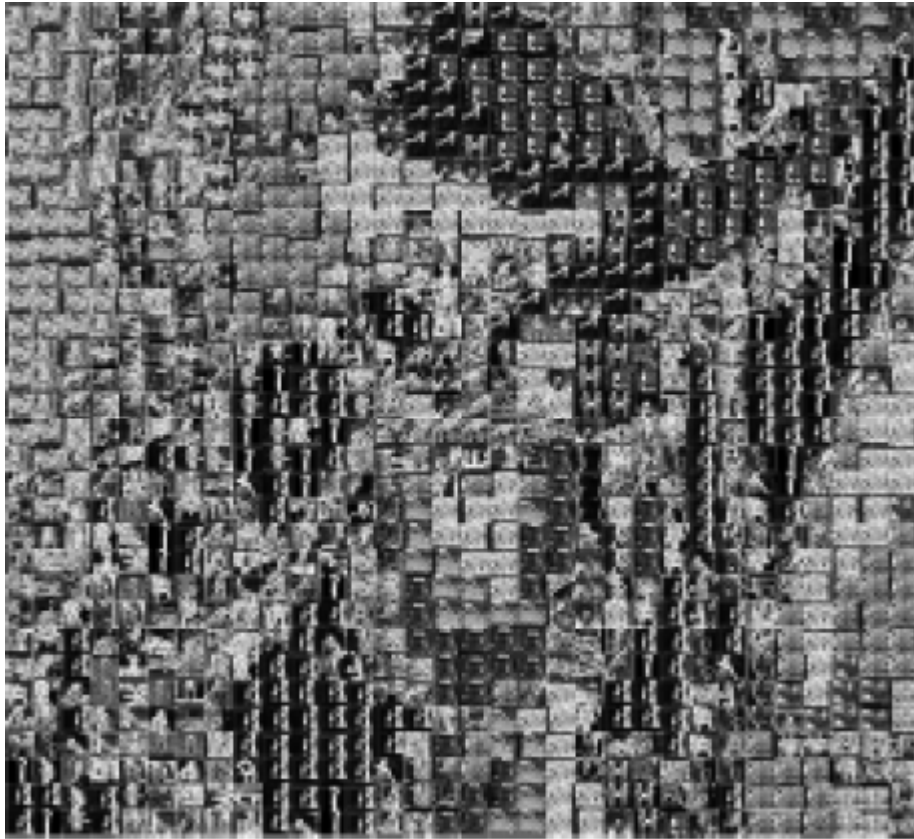


圖 1.3 Lin[21]方法所產生的馬賽克影像圖

1.2. 研究動機及目標

上述資料隱藏於馬賽克影像圖的研究及方法中，我們發現其產生馬賽克像影像圖有明顯的品質降低。會造成這樣的原因，主要是受到原馬賽克影像圖中小圖的數量、分割 grid 的數量影響以及所隱藏的資料量多寡所產生，針對這些問題，我們提出一個新的資料隱藏於馬賽克影像圖之技術。我們的做法是利用馬賽克影像圖的特性，在原始影像圖轉換馬賽克影像圖的過程中，達到資訊隱藏的目的。首先，將原始影像圖分割成不互相重疊的區塊(grid)，然後對每個區塊(grid)做轉換分析、取得特徵值，並且對影像資料庫中的所有影像圖做同樣的轉

換分析和取得特徵值,再將每個區塊(grid)和影像資料庫的影像圖(tile)做比對,使得能夠找出最相近於區塊(grid)的影像資料庫中的影像圖(tile)成為候選影像群組,再將候選影像群組和欲隱藏資料相互比較後,產生了欲取代區塊(grid),取代原始影像圖的 grid,如此能夠保持馬賽克影像圖的特徵,亦不需破壞或改變各 tile 的影像品質,當被非法者取得該圖時,亦只會察覺其圖為藝術影像圖,更不知真正資訊,能夠有效保護資料的安全。

1.3. 論文大綱

本文共包含五章,下一章將介紹是資料隱藏於馬賽克影像圖中所運用到的相關理論及技術,第三章為資料隱藏於馬賽克影像圖技術,第四章則為實驗結果,第五章比較與討論,第六章結論。

第二章 相關研究

我們將資料隱藏於馬賽克影像圖中，所需充分運用的主要相關的理論及技術，分為資訊隱藏學、馬賽克影像圖及小波轉換理論，分別下列說明：

2.1. 資訊隱藏學 (Steganographic)

資訊隱藏的一個很簡單的方式，就是將訊息的字句或字元安排在看起來很正常的文件中，例如，將整個訊息中的每個字的第一個字母組合起來，就是我們要隱藏的訊息。

在歷史上被使用過的隱藏技巧：

1. 在字元上做記號：在那些列印出來的文件中，將我們所要選取的字元用鉛筆描一次，這種做記號的方式會讓這些字看起來沒什麼不一樣，除非對著光從某個角度才看得出來。
2. 不可視的墨水：有很多物質可以用來書寫卻不會留下任何痕跡，除非透過加熱或一些化學反應才能看到所寫的字。
3. 針孔：除非對著光看，不然在選取的字上刺一些細小的針孔是看不出來的。
4. 打字機修正色帶：在黑色色帶打出的兩行字之間用修正色帶打字，這些字要在強光之下才看的見。

這些技巧看起來很古老，但它們和目前所使用的隱藏技術是有相同之意義，就是將資訊隱藏起來，不容易被發現有交換機密的行為，其機密不見得是從訊息內容中得知，因為訊息本身與正常文章無異。

資訊隱藏學於 1996 年第一屆國際資訊隱藏會議[22]中有明確的定義，是一種將資訊嵌入到一些物件裡的方法，使用這樣一種模式把資訊嵌入在一些物件裡，該物件存在著被予以隱藏的訊息在其中。資訊隱藏的行為是由一名發送方和一名接收方，為傳達秘密的訊息，將秘密的訊息隱藏於一個物件中，使得敵手無法從此物件中，識別出二者所要傳送的訊息。

資料隱藏的基本觀念，是將機密資料(secret data)傳送前，設法混入另外一張待隱藏的數位媒體中 (cover media)，最常見的是利用數位影像當作隱藏媒介。因此將機密資料加密後在藏入影像中，即變成一張有意義的偽圖(stego-image)，而不是亂碼，所以非法者所看到的是一張影像圖，而不知裡面的內容，進而達到資訊保護的效果。這點是傳統加解密系統所欠缺的，此種保密法除了能利用隱藏的影像來欺敵外，假若非法者已偵知有隱藏的情況下，因機密資料在藏入前已經過加密處理，依然可以確保原始影資料的安全性。

資訊隱藏的基本步驟為圖 2.1 所示：

(1) 輸入欲隱藏的資訊以及一個將傳送過去的數位媒體，再使

用嵌入演算法將欲隱藏的資訊嵌入到傳送的數位媒體之中，例如，一幅影像圖，使得被嵌入的影像圖和原始影像圖極為相似。

(2) 接收方收到被嵌入的數位媒體，再透過截取演算法使用於被嵌入的數位媒體，就可以截取出隱藏的資訊，例如，接收到一幅被嵌入資訊的影像圖，透過截取演算法可以將隱藏於其中的資訊截取出來。

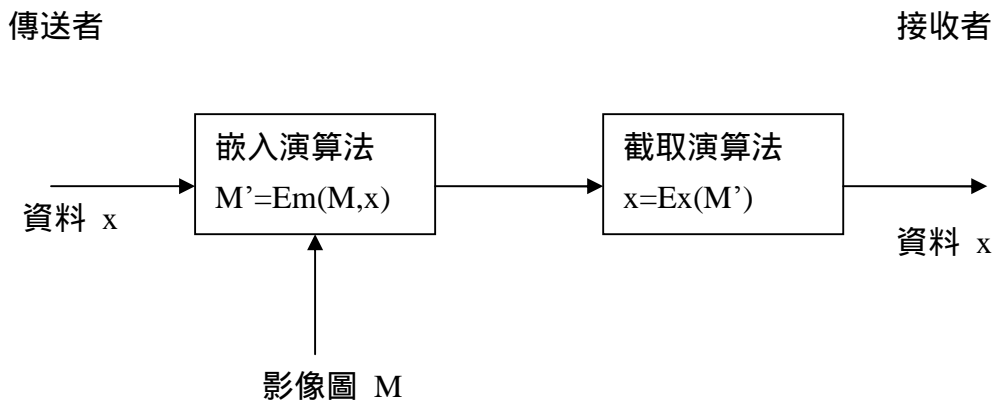


圖 2.1 資訊隱藏基本流程圖

資訊隱藏的技術，會有下列的限制及特性[23]：

1. 被嵌入的資訊於 cover media 中，必需產生在人眼最低程度可視度以下，使得沒法感知有資訊隱藏於其中。
2. 資訊被隱藏於 cover media 中，必需保持資訊的完整性。在隱藏於 cover media 的過程及最後完成時，不可以破壞資訊的完

整性，cover media 只是一個媒介，不能因 cover media 而改變資訊的內容。

3. 被隱藏的資訊在傳送的過程中，cover media 受到修改、破壞之後，其隱藏之資訊仍然存在。例如，雜訊、過濾、編碼、壓縮，列印和掃描 數位至類比(D/A)變換和類比至數位(A/D)變換等等。
4. 在嵌入時，使用不對稱的編碼方法，將資訊重新編碼後，再嵌入於 cover media 之中，但不一定要用複雜的方式做。
5. 當發生必需使用編碼改正時，其改正必需是用來確保資訊的完整。當 cover media 遇到必需使用編碼改正時，在改正的過程及方式，應當是為了確保隱藏資訊的完整，而進行改正。
6. 接收者可以經由接收到的 cover media 中，取得隱藏的資訊。隱藏於 cover media 的資訊，接收者必需能夠從 cover media 中，完整的取出隱藏資訊。

2.2. 馬賽克影像圖 (Mosaic image)

馬賽克影像圖為鑲嵌藝術畫影像，早期希臘人的大理石馬賽克鋪石最常用黑色與白色來相互搭配，爾後就使用更多樣的小元件所組合而成，例如：圖片、磁磚、小石塊、玻璃紙片等，近代的馬賽克影像更是結合影像處理技術及馬賽克表現手法所呈現出的一種數位藝

術，當在一定的距離觀察其圖時，即會因視覺的影響而產生一張圖像，但當非常靠近觀察時，所看到的只是一堆雜亂的圖像，此為馬賽克影像圖的主要特性。

在馬賽克影像圖的建構技術上，首先要考慮的便是如何從影像資料庫中挑選出與單一目標區塊最相似的區塊影像來嵌入目標影像中。在挑選時，必需適當地考慮目標區塊所呈現的顏色、紋理來做為比對時的依據，而這些影像特徵值的決定及描述方式往往也決定了影像搜尋的結果。相對的，也影響了馬賽克影像圖作品的呈現品質。

馬賽克影像圖的產生步驟如下：

- (1) 首先將原始影像分割成許多與 tile 相同大小的 grid。
- (2) 之後利用資料庫中的 tile 影像與 grid 進行比對以找出與 grid 相似的 tile 影像。
- (3) 再將每一個 grid 由這些相似的 tile 影像取代之。

其中步驟(2)由資料庫中挑選出與 grid 相似的 tile 影像的 驟稱為以內容為基礎的影像搜尋技術 (content-based image retrieval) ，此步驟在產生圖片馬賽克的系統中扮演極為關鍵的角色，所挑選出 tile 影像的好壞將會直接影響最後馬賽克影像的品質，也因此現今在探討產生圖片馬賽克的研究上，都是將重點著重在如何找出與 grid 相似的 tile 影像，以產生較佳的圖片馬賽克作品。

在近代對馬賽克影像圖的產生有著相關的文獻及研究 [1][25][26][27]，MIT 多媒體實驗室 R. Silvers[25]是最早提出圖片馬賽克概念與實作方法的學者，他透過計算兩張影像之間的像素灰階值的平方根誤差 (root mean square error) 的方式來決定影像的相似程度，利用色彩配置 (color layout) [28]把影像分割成 $n \times n$ 個相同大小的區塊，並計算各區塊的像素平均值，再比較兩張影像經過色彩配置後像素平均值的平方根誤差，再經由搜尋與原始影像中的區塊(grid) 誤差值最小的 tile 影像，加以取代以產生圖片馬賽克。

N. Tran[26]除了採用與 R. Silvers 類似的演算法外，並另外提出了將影像中的每一列像素值量化成字串表示，利用計算字串間誤差的方式來計算影像間每一列的誤差值，之後利用誤差總合來判斷影像間的相似度，並以其相似度做為選擇 tile 影像的依據。

Y. Zhang[27]使用 color histogram 來尋找 tile 影像，他認為 global color histogram 在影像比對會有缺失情況，例如尋找到的 tile 影像在色彩上雖與 grid 會有相似的 histogram，但卻是不相似，因此他提出使用 local color histogram 方法來比對。該方法主要是先將 tile 影像分成更小且重疊的區塊，之後再針對這些小區塊計算 color histogram，使每一個 color histogram 具有區域性，以加強比對的正確性。

Tsai[1]利用小波轉換理論來分析影像，藉由不同頻率的影像對人

類視覺會呈現不同效果的原理，以 Haar 小波將影像分解成數個次頻帶影像，之後再將次頻帶影像經過色彩配置以擷取影像的色彩與紋路資訊做為該影像特徵，並比對各不同影像間相同子頻率位置的資訊，來建立一個以小波轉換為基礎的圖片馬賽克建構技術，最後並證明以該方法所產生的圖片馬賽克在色彩表現上未較前述所提，單純以顏色做為影像特徵比對的方法來的差，且會有較細緻的紋理表現。

2.3. 小波轉換理論 (Wavelet transform)

小波轉換是一種將空間域訊號轉換至頻率域訊號的方法。將訊號轉換至頻率域主要的好處在於能將重要的訊號能量加以集中，在根據資料的不同重要性分開作處理。影像經過小波轉換後，能夠分解成低頻 (low frequency) 區域與高頻 (high frequency) 區域，低頻部分代表影像最重要的資料，組成成份為影像色彩資訊，高頻部分則代表影像紋理線條分佈情形。

小波轉換具有多重解析的特性[29][30]，指的是能將影像以各種不同解析度來呈現。二維小波基底函數是由兩組一維的小波基底函數經過 tensor product 後的結果，其比例函數 (scaling function) 為：

$$\phi(x, y) = \phi(x)\phi(y), \quad (2.1)$$

而其他三組小波函數(wavelet function)則分別為

$$\psi^H(x, y) = \phi(x)\psi(y),$$

$$\psi^V(x, y) = \psi(y)\phi(x) ,$$

與

$$\psi^D(x, y) = \psi(x)\psi(y) . \quad (2.2)$$

我們可以定義這四組函數在二維情況時的放大平移版本為

$$\begin{aligned} \phi_{j;m,n}(x, y) &= 2^{\frac{j}{2}} \phi(2^j x - m, 2^j y - n) \\ \psi_{j;m,n}^p(x, y) &= 2^{\frac{j}{2}} \psi^p(2^j x - m, 2^j y - n), \end{aligned} \quad (2.3)$$

其中 $\{p = H, V, D\}$ 。因此，對二維訊號 $f(x, y) \in L2(R^2)$ 而言，

其二維小波分解可以表示為

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \frac{1}{\sqrt{XY}} \sum_m \sum_n c_{j_0}(m, n) \phi_{j_0;m,n}(x, y) + \\ &\quad \frac{1}{\sqrt{XY}} \sum_{p=H,V,D} \sum_{j=j_0}^{\infty} \sum_m \sum_n d_j^p(m, n) \psi_{j;m,n}^p(x, y), \end{aligned} \quad (2.4)$$

其中 $c_{j_0}(m, n)$ 與 $d_j^p(m, n)$ 可以由以下求得

$$\begin{aligned} c_{j_0}(m, n) &= \frac{1}{\sqrt{XY}} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x, y) \phi_{j_0;m,n}(x, y) \\ d_j^p(m, n) &= \frac{1}{\sqrt{XY}} \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x, y) \psi_{j;m,n}^p(x, y), \end{aligned} \quad (2.5)$$

其中 $\{p = H, V, D\}$ ； X, Y 為離散訊號 $f(x, y)$ 分別在橫軸與縱軸的訊號個數， $c_{j_0}(m, n)$ 表示在尺度為 j_0 時趨近於 $f(x, y)$ 的比例係數，小波係數 $d_j^p(m, n)$ 表示 $f(x, y)$ 在尺度為 j 時分別在水平(horizontal)、垂直(vertical)及對角(diagonal)等方向的細節資訊。則影像經過二階二維離

散小波轉換之後的結果如圖 2.2 所示，影像的最左上角為低頻區域，其餘則為高頻區域。

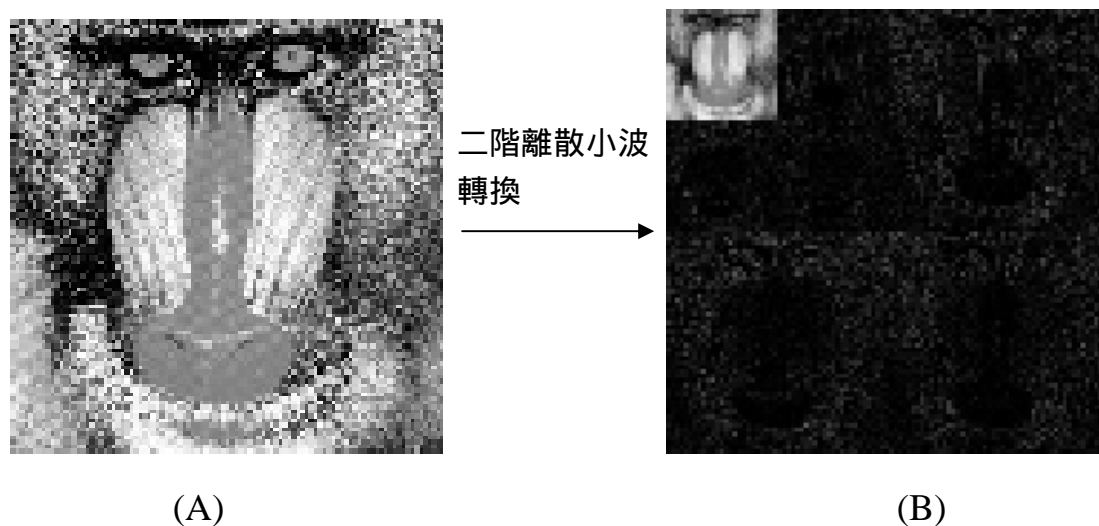


圖 2.2 二階離散小波轉換(A)Baboon 影像，(B)經由二階離散小波轉換後的結果

小波理論在 1985 年後經由不同領域學者應用的結果，使得小波不再只是數學家們所討論的問題，而是一種能夠被廣泛應用在不同領域上的理論方法。在經由學者們一系列的研究及探討之後，發展出了更多族類的小波函數，如小波包 (wavelet packets)、半正交 (semiorthogonal) 小波函數、雙正交 (biorthogonal) 小波函數、四種有限區間中的小波函數 (wavelet on finite intervals)、等。而這些族類的凌波函數，大多有一個共同的最低階級，那就是 Haar 函數 [19]。因此，本論文將使用 Haar 函數做為小波轉換時的基底函數。以下為利用 Haar 函數做為小波轉換時的簡要說明。

已知

$$V_0 = W_1 \oplus W_2 \oplus \dots \oplus W_m \oplus V_m ,$$

於是只要我們知道如何在兩個層次之間做小波轉換(分解與合成)

$$V_m = V_{m+1} \oplus W_{m+1} ,$$

其它的步驟就可以遞迴執行

假設數位訊號是

$$v = (v_0, v_1, \dots, v_{N-1}) \in \mathfrak{R}^N$$

則有 ,

$$\begin{aligned} \sum_n v_{m,n} \phi_{m,n}(x) &\in V_m \\ &= \sum_n c_{m+1,n} \phi_{m+1,n}(x) + \sum_n d_{m+1,n} \psi_{m+1,n}(x) \in V_{m+1} \oplus W_{m+1} \end{aligned} \quad \circ$$

而離散小波轉換就是在

$$\{v_{m,n}\} \mapsto \{c_{m+1,n}, d_{m+1,n}\} \quad \text{和} \quad \{c_{m+1,n}, d_{m+1,n}\} \mapsto \{v_{m,n}\}$$

之間的做轉換動作。

本論使用 Haar 函式為小波轉換之母函式。因此 , 若 $v_{m,n}$ 已知 ,

則

$$\begin{aligned} c_{m+1,n} &= \frac{1}{2}(v_{m,2k} + v_{m,2k+1}) \\ d_{m+1,n} &= \frac{1}{2}(v_{m,2k} - v_{m,2k+1}) \end{aligned} \quad 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \quad \circ \quad (2.6)$$

以上被視為分解的過程。若 $c_{m+1,n}$ 及 $d_{m+1,n}$ 為已知 , 則

$$\mathbf{v}_{m,k} \begin{cases} c_{m+1,n} + d_{m+1,n} & \text{if } k = 2n \\ c_{m+1,n} - d_{m+1,n} & \text{if } k = 2n + 1 \end{cases} \quad 0 \leq k \leq N - 1 \quad (2.7)$$

以上被視為合成的過程。

我們還要再執行一次二維離散小波轉換，則將所得的輸出影像左上角即大小為 $\frac{N}{2} \times \frac{N}{2}$ 的 LL 部份當成原始影像，再套入上述演算法取得第二次轉換後的影像，並將該影像取代原始影像的左上角部份，即可獲得經兩次二維離散小波轉換後的影像。

第三章 資料隱藏於馬賽克影像圖技術

欲將資訊隱藏在馬賽克影像圖中其中，必需能夠將馬賽克影像的特性充分運用，這主要取決於二種目標，其一個目標為如何挑選相似影像圖，另一個目標為如何將資訊隱藏於小圖之中。我們提出資料隱藏的技術，是利用馬賽克影像圖的特性，在原始影像圖轉換馬賽克影像圖的過程中，達到資訊隱藏的目的。首先將原始影像圖分割成各個的區塊(grid)，並且使用對各個區塊(grid)以及影像資料庫，我們利用Tsai[1]中所提出的小波轉換產生馬賽克影像圖相關技術，對原始影像圖各個 grid 及影像資料庫中所有影像圖做小波轉換產生高頻及低頻，使得能夠找出最相近於區塊(grid)的影像資料庫中的影像圖(tile)成為候選影像群組，再將候選影像群組和欲隱藏資料相互比較，使用低頻區中小波係數值和欲隱藏的資料數據做交叉比對，以取得和資料有相關聯且相似原始影像區塊(grid)的影像圖，做為取代原始影像圖，以產生含有隱藏資料的馬賽克影像圖，使得馬賽克影像圖保有其特性，亦不需破壞或改變各 tile 的影像品質，當被非法者取得該圖時，亦只會察覺其圖為藝術影像圖。圖 3.1 是本系統的流程架構圖。

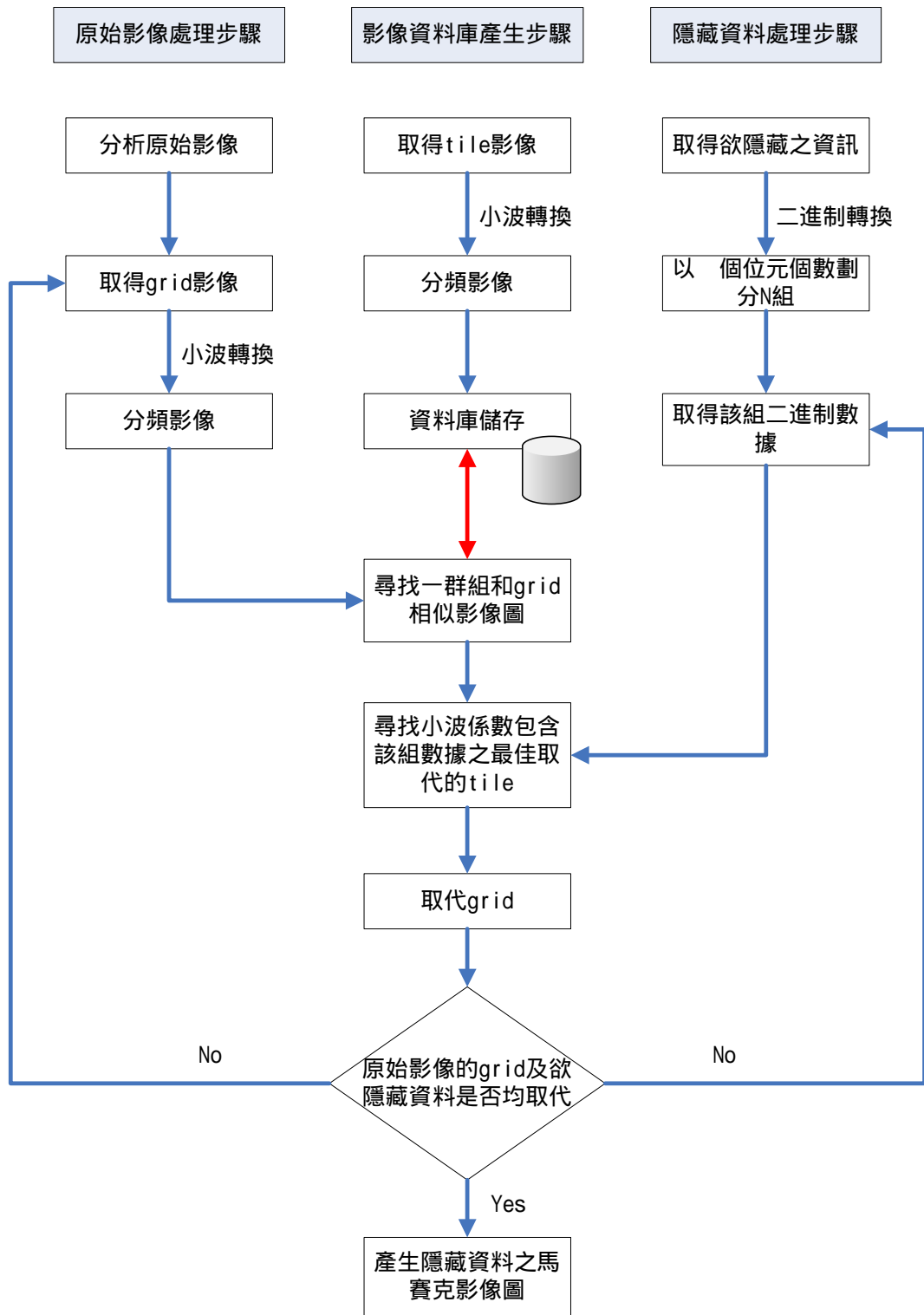


圖 3.1 產生隱藏資料之馬賽克影像流程圖

接下來我們將依序對相似影像圖群組取得、篩選符合資料之影像圖、產生隱藏資料之馬賽克影像圖、擷取隱藏資訊等步驟的方法與原

理做說明。

3.1. 相似影像圖群組取得

採用 Tsai[1]利用小波轉換理論,首先對原始影像圖各個 grid 及影像資料庫中所有影像圖(tile)來分析影像,將影像分解成高低頻的數個頻帶(subband)做為該影像的特徵,而該特徵值將足以描述影像的灰階分佈、紋路感覺,並可比對各不同影像間相同頻率位置的係數,產生各不同影像之間的相似程度值,再針對二圖之間相似度最近的影像資料庫之影像圖,做為最佳取代原始影像圖中區塊(grid)的影像圖,以此方式將所有原始影像圖中區塊(grid)皆取得相似影像圖群組,進而產生候選資料隱藏影像圖群組,如圖 3.2 所示。

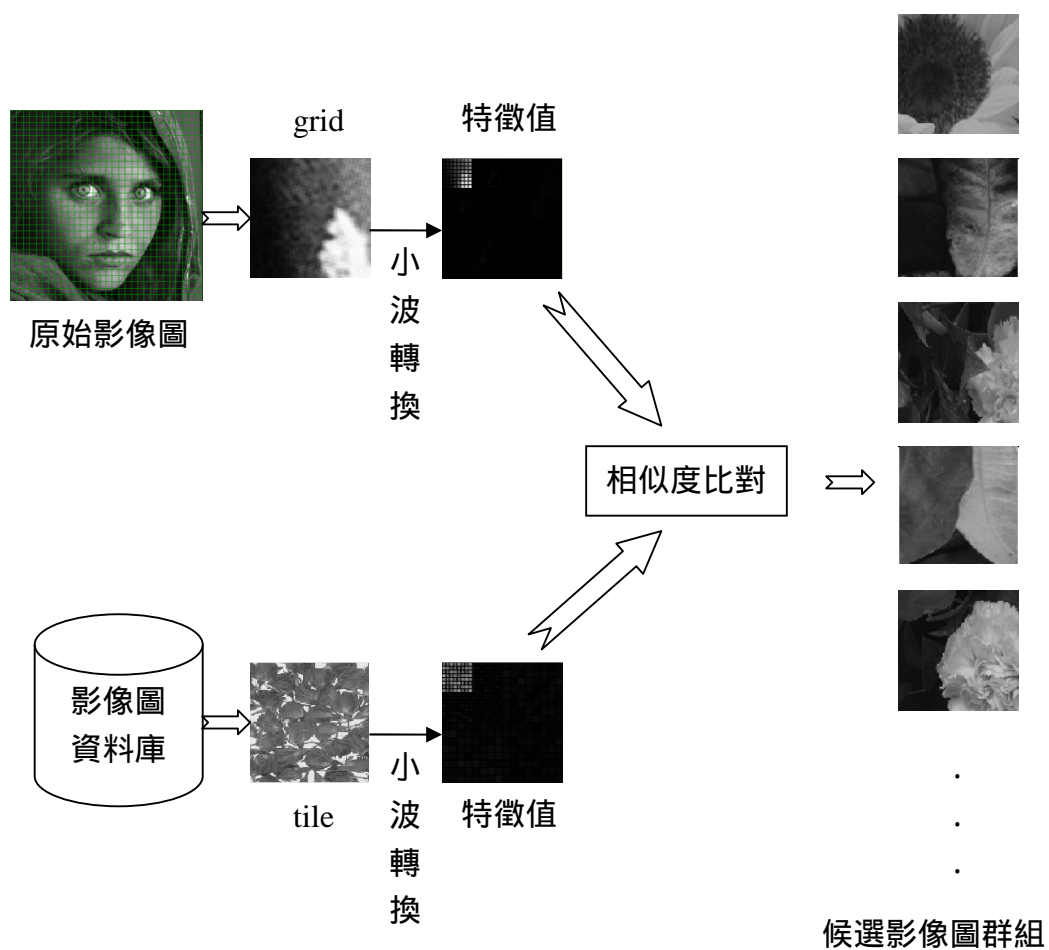


圖 3.2 相似影像圖群組取得

3.2. 篩選符合資料之影像圖

我們將所取得的候選影像圖群組所有的 tile，經由二階離散小波轉換理論分析後的低頻帶區域為主要所資料隱藏的特徵值區域，進而取此區域的第一個的小波係數值並轉換成二進制值，然後將隱藏資料皆轉成二進制值，再與茲比對，如二值相等，則此 tile 為符合篩選的圖，如圖 3.3 所示。

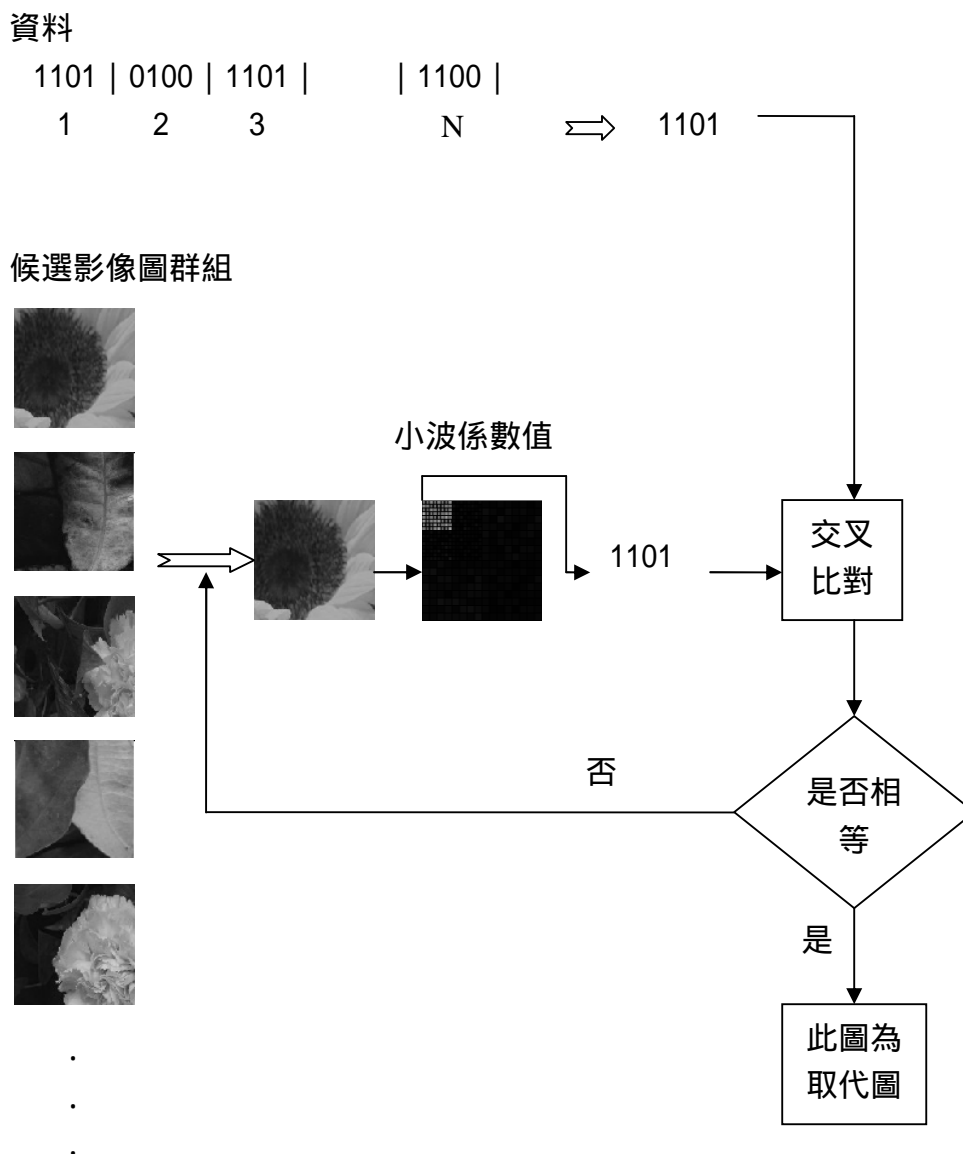


圖 3.3 篩選符合資料之影像圖

3.3. 產生隱藏資料之馬賽克影像圖

根據第 3.1 節及第 3.2 節的技術說明，以下是將資料隱藏於馬賽克影像圖的整體步驟：

步驟 1：首先將原始影像圖 M ，其大小為 $M_1 \times M_2$ ，根據影像資料庫中影像圖的大小，其大小為 $N_1 \times N_2$ ，分割成不互相重疊的 grid，

產生原始影像圖的區塊(grid) $\frac{M_1}{N_1} \times \frac{M_2}{N_2}$ 個數，其中每個 grid 的大小與影像資料庫中影像圖的為大小 $N_1 \times N_2$ 。如資料庫內每一張影像圖(tile)大小都為 128x128 pixels，則分割的區塊(grid)大小必需為 128x128 pixels 的大小，原始影像圖為 5120x5120 pixels，則分割為 40x40 的 grid 個數，每 grid 為 128x128pixels 大小。

步驟 2：取得原始影像圖中每一區塊(grid)，根據二階離散小波轉換理論分析、取得該區塊(grid)的所有特徵值 G 並記錄。

步驟 3：選擇來源影像資料庫以前先行分析所有的影像圖，以小波轉換理論基礎分析、記錄每一張影像圖的所有特徵值 T 。

步驟 4：將原始影像圖的各個區塊，與影像資料庫中各個影像圖，利用式(3.1)這兩張影像圖的特徵值，記錄與各個區塊和影像圖比對後的相似值 $S(G;T)$ ，並且在一定 threshold 的相似值之內，產生各個區塊的相似影像圖群組。

$$S(G;T) = dis(G,T) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \left(\sum_{l=1}^4 \alpha_l \left(\sum_{i,j} (G_{k,l}[i,j] - T_{k,l}[i,j])^2 \right) \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

其中 dis 代表一歐幾理德距離(Euclidean distance) [31]， $G_{k,l}[i,j]$ 及 $T_{k,l}[i,j]$ 則代表影像在經過二階小波轉換分析後，位於小波金字塔中第 k 層中第 l 張灰階配置圖中 i, j 位置上的

小波係數值，當中 n 代表小波轉換的次數 ($n=2$)， α_l 用來控制每一個次頻帶影像的比對權重，而 α_k 則是用來代表每一層次頻帶影像的比對權重值。

步驟 5：將欲隱藏的機密數位資料轉換成二進制值 B ，再根據所分割的 $grid$ 個數使用式(3.2)取得，產生的 β 為其所隱藏於 $tile$ 的資訊量，根據 β 將 B 分割成 N 個區域，當資料量不足 $grid$ 的個數時，必須將其不足量補足，再使用 PRG(pseudo-random generator) [32]將隱藏的資料打散，其值為 B' 。如隱藏的資料的二進制值為 800bits，但 $grid$ 的個數為 40×40 的 1600 個，產生 $\beta = 1$ 的個位元做影像圖隱藏個數，資料二進制值需補足為 1600bits，分為 1600 個區域，再利用 PRG 將隱藏的資料做打散。

$$\beta = \left\lceil \frac{B \text{的位元數}}{grid \text{的總數}} \right\rceil \quad \beta \leq 8 \quad (3.2)$$

步驟 6：將所取得的候選影像圖群組所有的 $tile$ ，經由二階離散小波轉換理論分析後的低頻帶區域為主要所資料隱藏的特徵值區域，進而取此區域的第一個的小波係數值並轉換成二進制值，然後將隱藏資料皆轉成二進制值，各別取 β 個位元後，再與茲比對，如二值相等，則此 $tile$ 為符合篩選的圖，不相等則往下找下一張圖。

步驟 7：對每個 grid 重覆步驟 6 後，即完成資料的嵌入。

以上步驟，欲隱藏之資料分別產生最佳取代的影像圖，直到全部的區塊都比對完畢，並且產生最佳取代的影像圖，組合產生資料隱藏後的馬賽克影像圖 M' ，其保有馬賽克影像圖相似於原始影像圖的特性，並且資料隱藏於馬賽克影像圖之中時，不需破壞影像圖 (tile) 的影像品質，以保持原影像圖品質。

3.4. 擷取隱藏資訊

資料隱藏的馬賽克影像圖和一般的馬賽克影像圖相似度極高，有相同的特性，皆可以因視覺的遠近關係產生不同的效果，當在一定的距離觀察其圖時，即會因視覺的影響而產生一張圖像，但當非常靠近觀察時，所看到的只是一堆雜亂的圖像，無法得知此馬賽克影像圖是否有隱藏資料於其中，所以不是知道其原理及函意之人或系統，是無法取得所隱藏其內的資訊，欲取得馬賽克影像圖中之機密資料，需有隱藏時相同之特色、方式的步驟才能完全正確的取得；以下為擷取隱藏資訊的步驟：

步驟 1：首先對資料隱藏之馬賽克影像圖 M' ，大小為 $M_1 \times M_2$ ，分割成不互相重疊的區塊 (grid)，必須依據原始切割區塊數相同大小，每個區塊大小為 $N_1 \times N_2$ ，來分割成 $\frac{M_1}{N_1} \times \frac{M_2}{N_2}$ 個 grid。

步驟 2：取得各個區塊 (grid)，再根據小波轉換理論分析、取得該

區塊 (grid) 小波係數值，對其係數值轉換成二進制值，對該二進制值取 \log_2 個位元， E'_j 代表該影像圖取得的二進制值，其中 $j = 1, \dots, N$ 。

步驟 3：將各個區塊 (grid) 的小波係數值中取得之二進制位元值，組合成二進制位元串列 $E' (E' = E'_1 E'_2 \dots E'_N)$ ，即可對其 E' 還原成原來的資料，如在嵌入時有做補足資料量的動作時，必需將其補足的部分去除。

在原始影像圖轉換為馬賽克影像圖過程中，可以達到資料隱藏的目標，並且能夠保持馬賽克影像圖的特性，亦不需破壞或改變各 tile 的影像品質，當接收者接收到馬賽克影像圖時，能夠完全取得隱藏中的資料，而被敵手取得馬賽克影像圖時，亦只會察覺其圖為藝術影像圖，更不知真正資訊，能夠有效雙重保護資料的安全。

第四章 實驗結果

在實驗中使用的影像資料庫是取自富爾特素材辭典 91，由 5207 張取景內容均為自然界中花、草、樹木的灰階影像圖所組成，影像大小為 128x128pixels。在實作小波轉換理論，我們以 Haar 函式作為小波轉換之母式，主要原因在於 Haar 小波計算快速及簡單。

為了對本論文所提出的資料隱藏於馬賽克影像圖系統加以評估，我們將四張原始灰階影像圖(Afghan girl、Baboon、Lena、Peppers) 分別切割為 40x40、35x35、30x30 個的 grid 個數，並做 3600bits、4800bits、6400bits、7200bit、9600bits、12800bits 等資訊量的隱藏，於產生資料隱藏於馬賽克影像圖作品上。

在產生的資料隱藏之馬賽克影像圖都會有某種程度與原始影像圖不一樣。為了衡量經過處理後的影像品質，我們參考 PSNR 值來評估二圖之間差異性，PSNR 值越大，就代表失真越少，以下為 PSNR 定義：

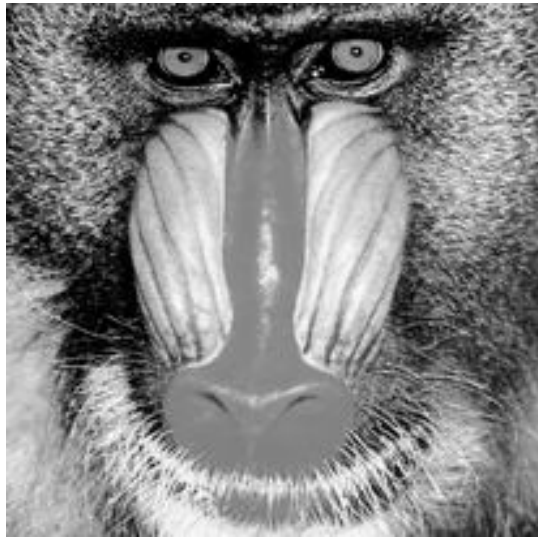
$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255}{\|x - \hat{x}\|} \right) = \left(\frac{255}{\sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{i,j} - \hat{x}_{i,j})^2}} \right) \quad (4.1)$$

4.1 於 40x40 個 grid 數下不同資訊量的隱藏

將資料量為 3600bits、4800bits、6400bits、7200bit、9600bits、12800bits 等，分別隱藏於四張原始灰階影像圖(Afghan girl、 Baboon、 Lena、 Peppers)，其切割為 40x40 個的 grid 個數，產生資料隱藏於馬賽克影像圖結果，如圖 4.1~4.4，為 7200bits 的隱藏資訊量所產生的結果。表 4.1 為其隱藏資訊量後的 PSNR 值。



圖 4.1 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Afghan girl 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

圖 4.2 為 Baboon 實驗結果,隱藏資訊量為 7200 bits,(A)為 Baboon 原始影像,(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

圖 4.3 為 Lena 實驗結果,隱藏資訊量為 7200 bits,(A)為 Lena 原始影像,(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

圖 4.4 為 Peppers 實驗結果,隱藏資訊量為 7200 bits,(A)為 Peppers 原始影像,(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。

表 4.1 PSNR 值(40x40 grid 個數)

| 資訊量 (bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 | 9600 | 12800 |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl | 21.515197 | 21.202196 | 20.658800 | 17.606973 | 16.663473 | 16.138286 |
| Baboon | 15.929559 | 15.588476 | 15.561266 | 13.859618 | 13.382387 | 12.424489 |
| Lena | 21.962718 | 20.370159 | 19.959842 | 17.527372 | 16.639333 | 15.668756 |
| Peppers | 19.963776 | 19.479095 | 19.012727 | 15.930249 | 15.194046 | 13.756424 |

4.2 於 35x35 個 grid 數下不同資訊量的隱藏

將資料量為 3600bits、4800bits、6400bits、7200bit、9600bits 等，分別隱藏於四張原始灰階影像圖 (Afghan girl、Baboon、Lena、Peppers)，其切割為 35x35 個的 grid 個數，產生資料隱藏於馬賽克影

像圖結果，如圖 4.5~4.8 為 9600bits 的隱藏資訊量所產生的結果。表 4.2 為其隱藏資訊量後的 PSNR 值。

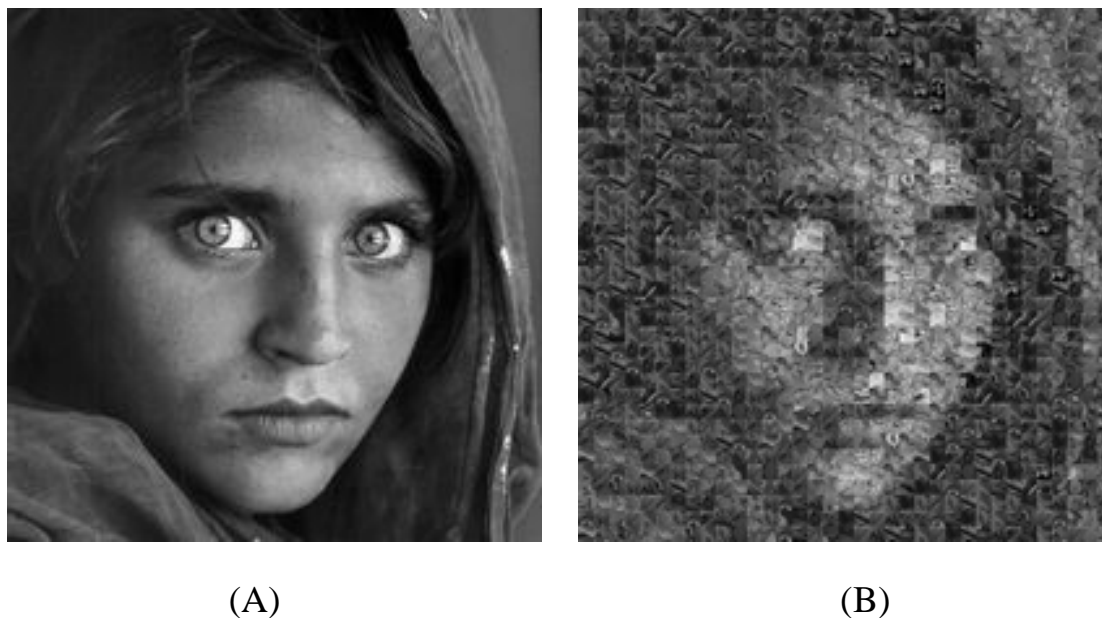


圖 4.5 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits，(A)為 Afghan girl 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。

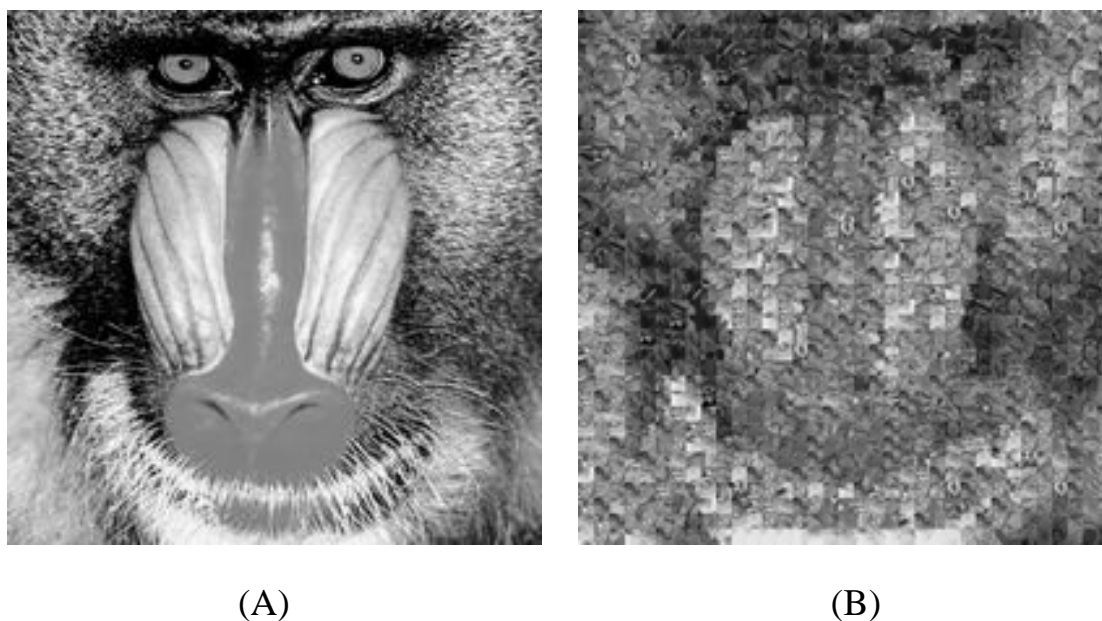


圖 4.6 為 Baboon 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits，(A)為 Baboon

原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(B)

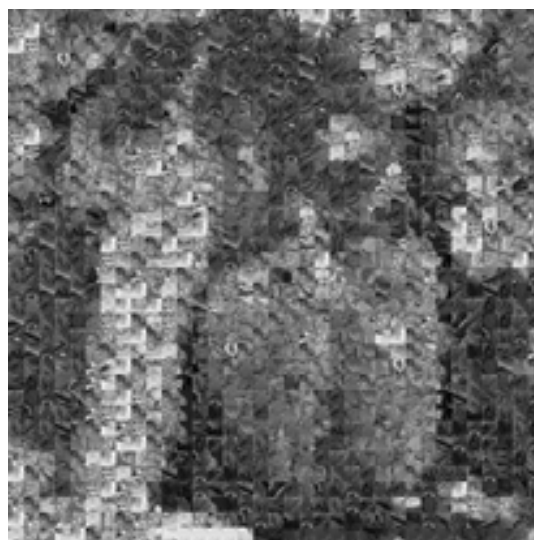


(C)

圖 4.7 為 Lena 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits，(A)為 Lena 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

圖 4.8 為 Peppers 實驗結果，隱藏資訊量為 9600 bits，(A)為 Peppers 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。

| 資訊量(bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 | 9600 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl | 20.817367 | 20.550132 | 20.055139 | 16.398548 | 15.564146 |
| Baboon | 15.609544 | 15.502566 | 14.037737 | 13.945289 | 13.454823 |
| Lena | 19.521289 | 19.168390 | 17.253992 | 16.903066 | 16.066801 |
| Peppers | 19.142417 | 18.794712 | 15.520899 | 15.304587 | 14.148649 |

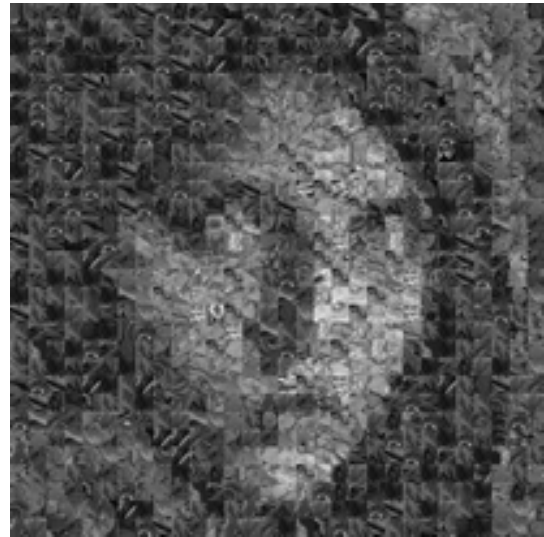
表 4.2 PSNR 值(35x35 grid 個數)

4.3 於 30x30 個 grid 數下不同資訊量的隱藏

將資料量為 3600bits、4800bits、6400bits、7200bit 等，分別隱藏於四張原始灰階影像圖（Afghan girl、Baboon、Lena、Peppers），其切割為 30x30 個的 grid 個數，產生資料隱藏於馬賽克影像圖結果，如圖 4.9~4.12 為 7200bits 的隱藏資訊量所產生的結果。表 4.3 為其隱藏資訊量後的 PSNR 值。

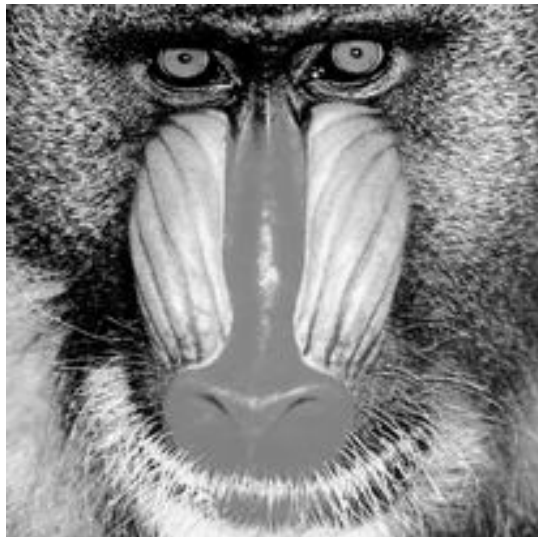


(A)

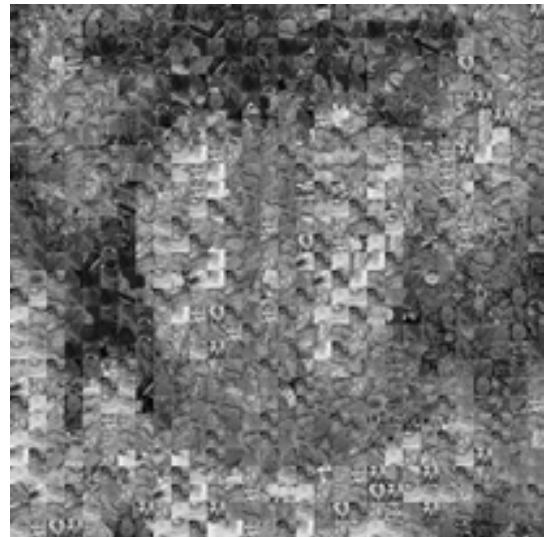


(B)

圖 4.9 為 Afghan girl 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Afghan girl 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)

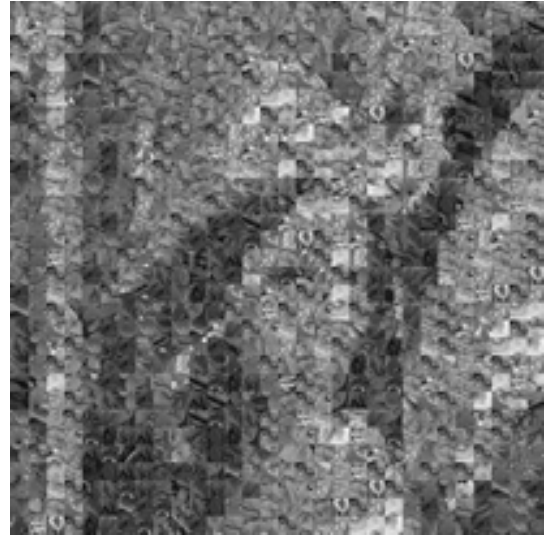


(B)

圖 4.10 為 Baboon 實驗結果，藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Baboon 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)

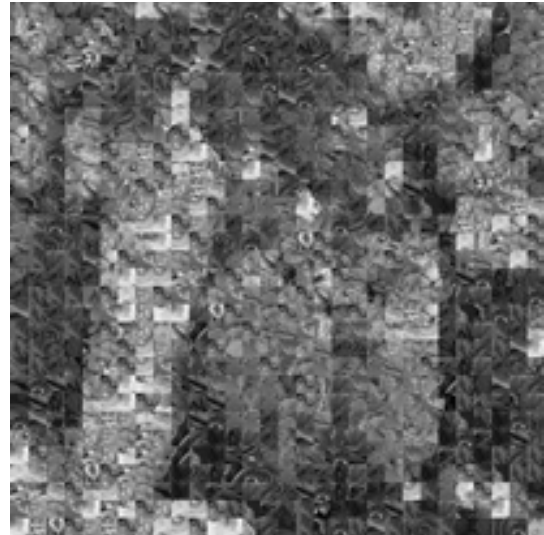


(B)

圖 4.11 為 Lena 實驗結果，藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Lena 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

圖 4.12 為 Peppers 實驗結果，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Peppers 原始影像，(B)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。

表 4.3 PSNR 值(30x30 grid 個數)

| 資訊量(bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl | 20.408170 | 16.701423 | 15.927323 | 15.564163 |
| Baboon | 15.221298 | 13.862721 | 13.525733 | 13.253824 |
| Lena | 18.955736 | 17.159442 | 16.319215 | 15.968769 |
| Peppers | 18.430158 | 16.018783 | 15.265282 | 14.650111 |

由圖 4.1~4.12 中，在不同的原始影像圖以及不同的隱藏資料量下，所產生之馬賽克影像圖，皆可以從人眼的視覺中，產生一張在圖像的特徵、灰階分佈及紋路都可以很明顯表現，和一般的馬賽克影像圖完全相似，完全屬於藝術影像圖，當在一定的距離觀察其圖時，即會因視覺的影響而產生一張圖像，但當非常靠近觀察時，所看到的只是一堆雜亂的圖像，。

在表 4.1~4.3 中，使用 PSNR 來評估我們所產生的馬賽克影像圖和原始影像圖之間的差異，在不同的資料量下，其 PSNR 值可以保持相當高的數值。

第五章 比較與討論

為了比較本文提出的方法與其他提出的資料隱藏技術在馬賽克影像圖上的優劣。由於 Carlo[2]與本文的方法同樣採用以馬賽克影像圖作為資料隱藏的 cover image，因此我們將之實作出來作為比較的對象。比較方法中，在主觀上採用的人類視覺分析比較，在客觀上採用 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 比較。

5.1 人類視覺分析比較

我們以四張原始灰階影像圖在相同的分割大小及隱藏同等資訊量下，分析比較 Carlo[2]和利用我們的方法所產生的馬賽克影像圖。圖 5.1~圖 5.12 為實驗結果，採用人類主觀視覺分析比較，在以上的各圖中可以發現，以圖 5.1 為例(A)為原始影像圖，(B)為 Carlo[2]所產生隱藏資訊的馬賽克影像圖，相較於原始影像圖有極大的差異，在視覺上只能明顯看到影像的輪廓，但再細部的輪廓卻無法明顯展現，而利用我們的方法所產生的馬賽克影像圖(C)中，在整體品質表現上明顯優於 Carlo[2]的方法所產生的馬賽克影像圖，能夠充分展現馬賽克影像圖的特性，在視覺上可以明顯看出其圖為 Afghan girl 的馬賽克藝術影像圖。

在其他組的數據中，皆充分顯示 Carlo[2]所產生的馬賽克影像

圖，亦只有保有部分的輪廓，使得馬賽克影像圖的特性無法充分顯露出來，利用我們的方法所產生之馬賽克影像圖，能夠將資料隱藏於馬賽克影像圖之中，並且充分保有馬賽克影像圖的特性，而且不影響影像圖品質。



(A)



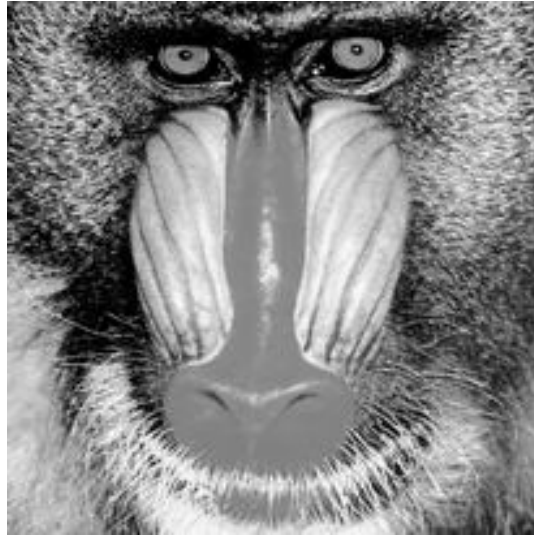
(B)



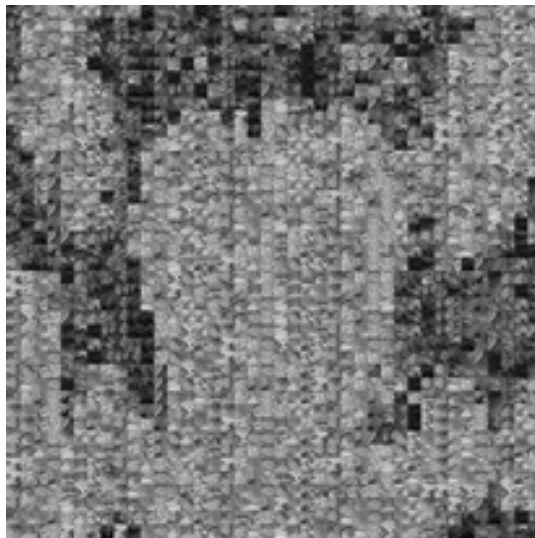
(C)

圖 5.1 為 Afghan girl 實驗結果，區塊分格數為 40x40，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Afghan girl 原始影像，(B)為利用 Carlo[2]方法

所產生的馬賽克影像圖，(C)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)



(C)

圖 5.2 為 Baboon 實驗結果，區塊分格數為 40×40 ，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Baboon 原始影像，(B)為利用 Carlo[2]方法所產生的馬賽克影像圖，(C)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)

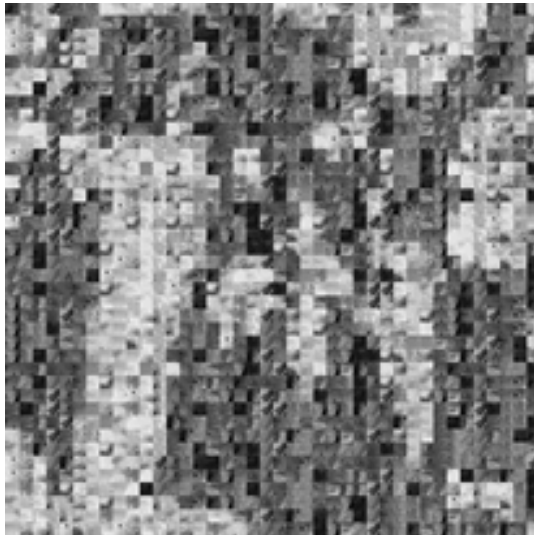


(C)

圖 5.3 為 Lena 實驗結果, 區塊分格數為 40×40 , 隱藏資訊量為 7200 bits, (A) 為 Lena 原始影像, (B) 為利用 Carlo[2] 方法所產生的馬賽克影像圖, (C) 為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。



(A)



(B)



(C)

圖 5.4 為 Peppers 實驗結果，區塊分格數為 40×40 ，隱藏資訊量為 7200 bits，(A)為 Peppers 原始影像，(B)為利用 Carlo[2]方法所產生的馬賽克影像圖，(C)為利用我們所提出的方法所產生的馬賽克影像圖。

5.2 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 比較

我們將使用客觀的方式來評估，並採用 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 測量原始影圖像與完成後之資料隱藏於馬賽克影像圖間的差異。

依據 PSNR 評估方式，以四張原始灰階影像圖在相同的分割大小及隱藏同等資訊量下，分析比較 Carlo[2]和利用我們的方法所產生的馬賽克影像圖進行客觀評估分析。表 5.1~5.3 的分析結果中，充分的顯示，Carlo[2]方法所產生的馬賽克影像圖和原始影像圖之間差異，相較於我們的方法所產生的馬賽克影像圖和原始影像圖之間差異更加明顯及差異更大。在 PSNR 的評估方式上，我們所使用的方法均相對於 Carlo[2]方法所產生的馬賽克影像圖的 PSNR 值高許多。在表 2 中所隱藏的資訊量為 6400bits 的 Afghan girl 圖，Carlo[2]所提的方法和我們的方法所產生的 PSNR 值，我們的方法就相對增加了 3.966295dB，並且在可以隱藏的資訊量中，在 40x40 個 grid 的個數，Caro[2]可隱藏的資訊量只可以到 7200bits，我們的方法可以隱藏的資訊量可以到 12800bits 及更多資訊量，相較於 Carlo[2]有二倍以上的資訊量可以隱藏。因 Carlo[2]在馬賽克影像圖所切割的 grid 個數以及所產生的影像資料庫編號之情況，在二個限制之下，所能隱藏的資訊量受到限制，而我們的方法因其所隱藏資訊量及馬賽克影像圖的 grid 個

數做適當的調整，可以達到更大量的資訊隱藏。

在圖 5.5~5.16 的分析中，固定的 grid 個數下隱藏不同資訊量，產生和原始影像圖的 PSNR 值，在我們的方法下，不同的資訊量隱藏於馬賽克影像圖，於各分析圖中，充分顯示在隱藏資訊量不斷增加時，產生 PSNR 值的影響為一穩定的值，保持在良好的馬賽克影像圖特性值。

因此，透過了客觀及主觀的比較說明，可以證明我們的方法運用小波轉換理論取得影像特徵值，將資料隱藏於馬賽克影像圖，較 Carlo[2]所使用的方法所產生的資料隱藏馬賽克影像圖來的佳。

表 5.1 PSNR 值比較(40x40 grid 個數)

| 資訊量 (bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 | 9600 | 12800 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl (carlo) | 17.548902 | 17.045551 | 16.361850 | 15.906002 | NA | NA |
| Afghan girl (our) | 21.515197 | 21.202196 | 20.658800 | 17.606973 | 16.663473 | 16.138286 |
| Baboon (carlo) | 12.655798 | 12.269242 | 12.039204 | 11.705463 | NA | NA |
| Baboon (our) | 15.929559 | 15.588476 | 15.561266 | 13.859618 | 13.382387 | 12.424489 |
| Lena (carlo) | 15.498040 | 15.153792 | 14.638468 | 14.167144 | NA | NA |
| Lena (our) | 21.962718 | 20.370159 | 19.959842 | 17.527372 | 16.639333 | 15.668756 |
| Peppers (carlo) | 15.040879 | 14.577923 | 13.910809 | 13.027194 | NA | NA |
| Peppers (our) | 19.963776 | 19.479095 | 19.012727 | 15.930249 | 15.194046 | 13.756424 |

表 5.2 PSNR 值比較(35x35 grid 個數)

| 資訊量(bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 | 9600 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl (carlo) | 13.318437 | 13.488391 | 13.019325 | NA | NA |
| Afghan girl (our) | 20.817367 | 20.550132 | 20.055139 | 16.398548 | 15.564146 |
| Baboon (carlo) | 12.835594 | 12.649250 | 12.371702 | NA | NA |
| Baboon (our) | 15.609544 | 15.502566 | 14.037737 | 13.945289 | 13.454823 |
| Lena (carlo) | 14.853730 | 14.267858 | 13.810793 | NA | NA |
| Lena (our) | 19.521289 | 19.168390 | 17.253992 | 16.903066 | 16.066801 |
| Peppers (carlo) | 14.493349 | 13.742670 | 13.002195 | NA | NA |
| Peppers (our) | 19.142417 | 18.794712 | 15.520899 | 15.304587 | 14.148649 |

表 5.3 PSNR 值比較(30x30 grid 個數)

| 資訊量(bits) | 3600 | 4800 | 6400 | 7200 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Afghan girl (carlo) | 16.281177 | 15.943415 | NA | NA |
| Afghan girl (our) | 20.408170 | 16.701423 | 15.927323 | 15.564163 |
| Baboon (carlo) | 12.591429 | 11.633737 | NA | NA |
| Baboon (our) | 15.221298 | 13.862721 | 13.525733 | 13.253824 |
| Lena (carlo) | 14.278477 | 13.907170 | NA | NA |
| Lena (our) | 18.955736 | 17.159442 | 16.319215 | 15.968769 |
| Peppers (carlo) | 13.671044 | 12.848755 | NA | NA |
| Peppers (our) | 18.430158 | 16.018783 | 15.265282 | 14.650111 |

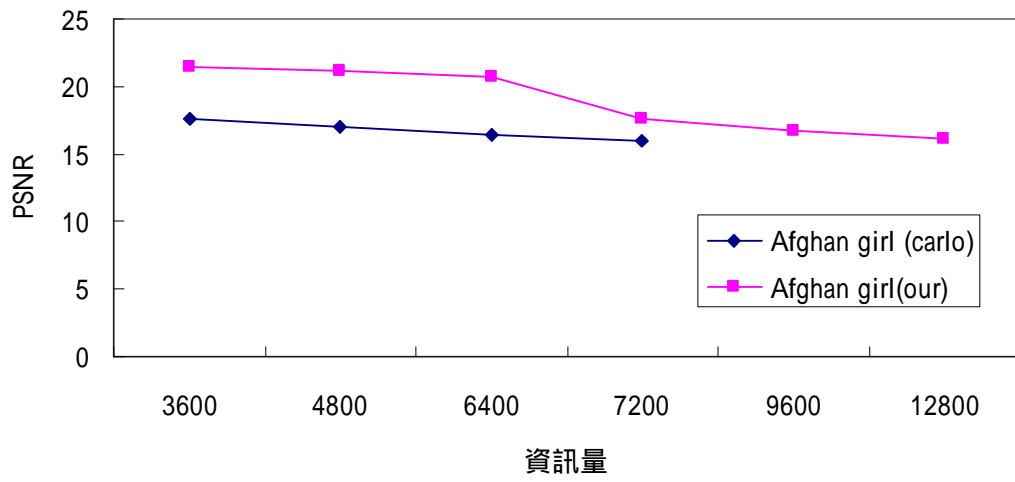


圖 5.5 為 40x40 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析

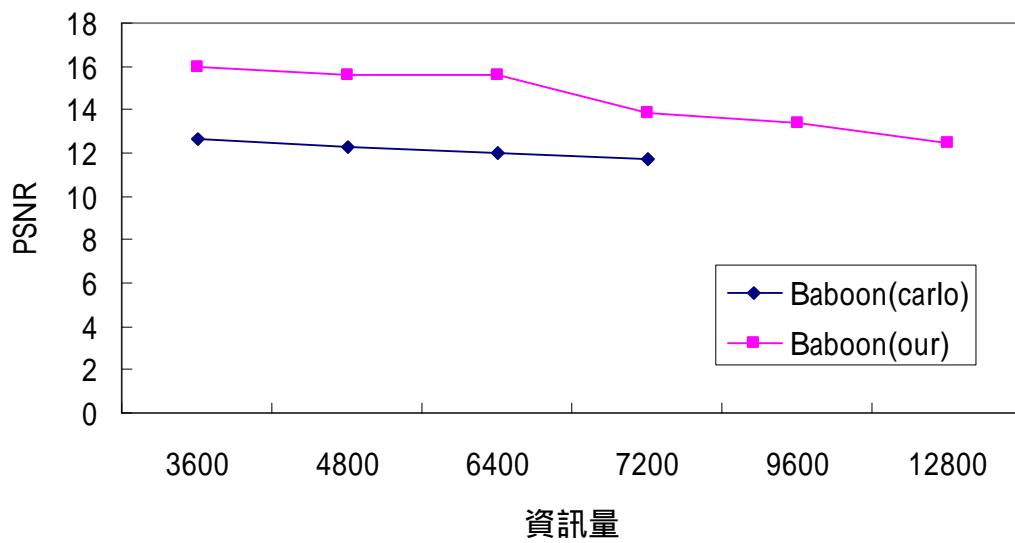


圖 5.6 為 40x40 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析

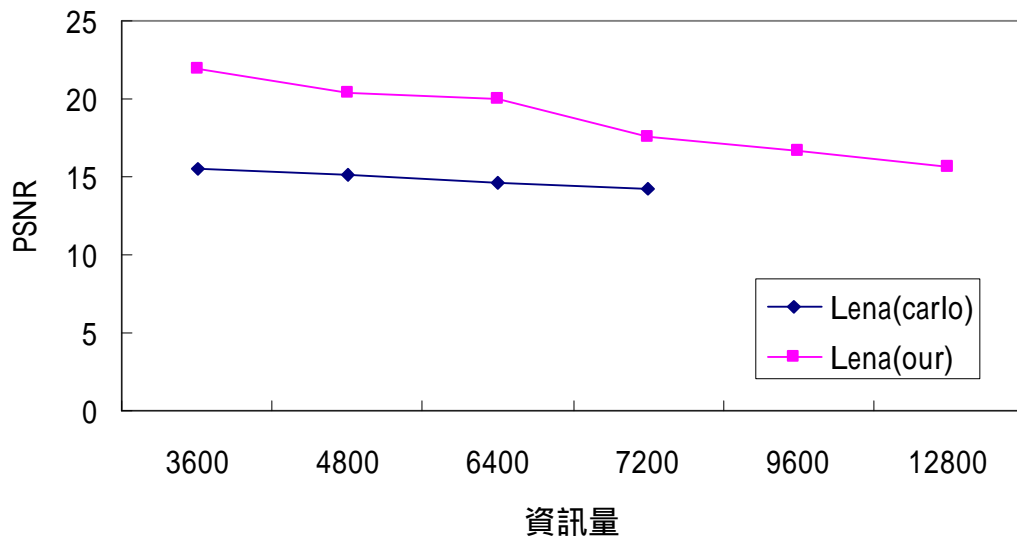


圖 5.7 為 40x40 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析

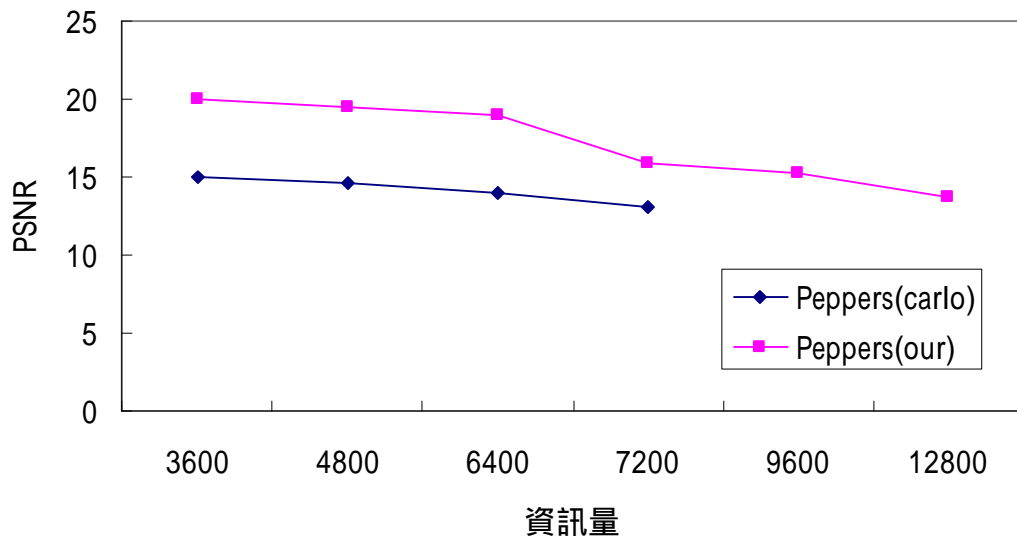


圖 5.8 為 40x40 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析

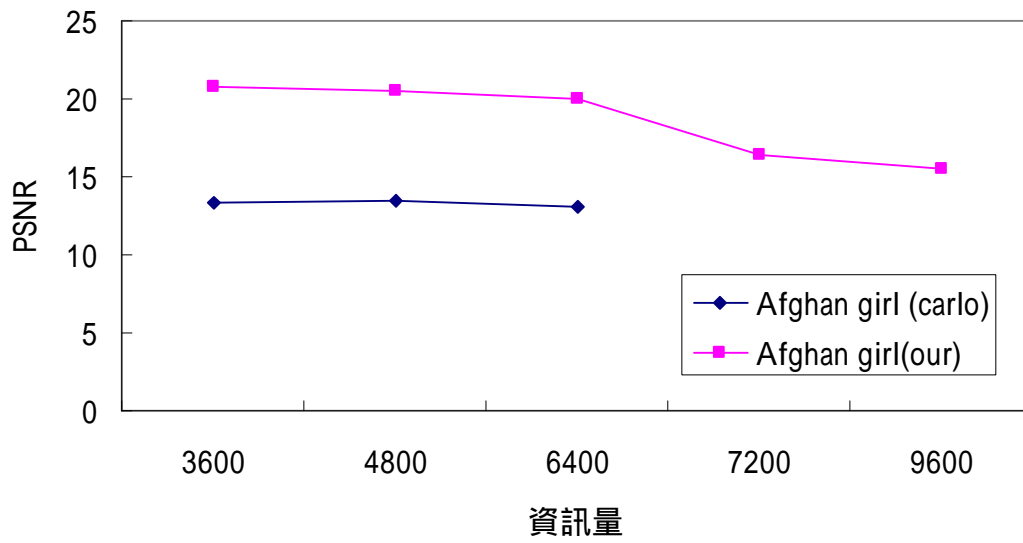


圖 5.9 為 35x35 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析

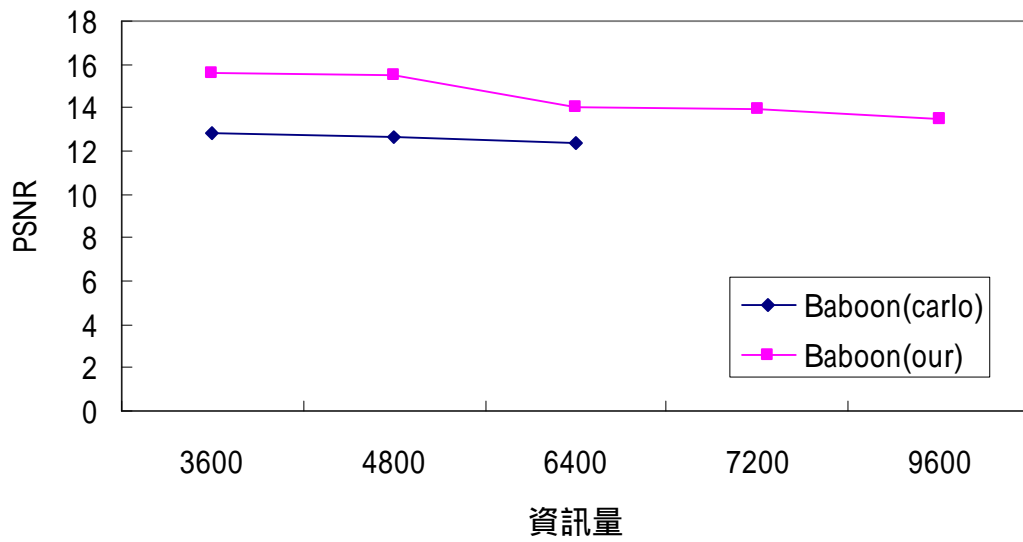


圖 5.10 為 35x35 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析

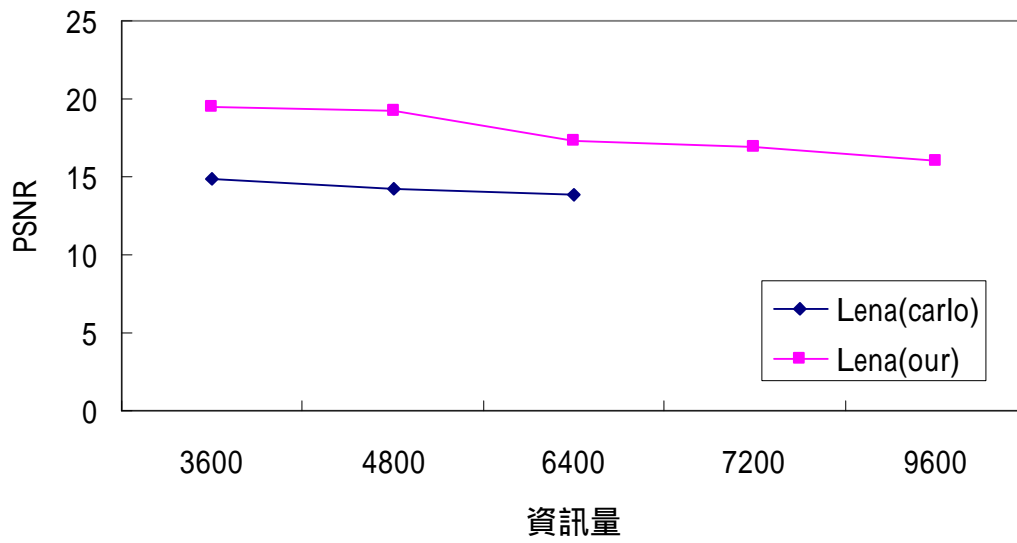


圖 5.11 為 35x35 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析

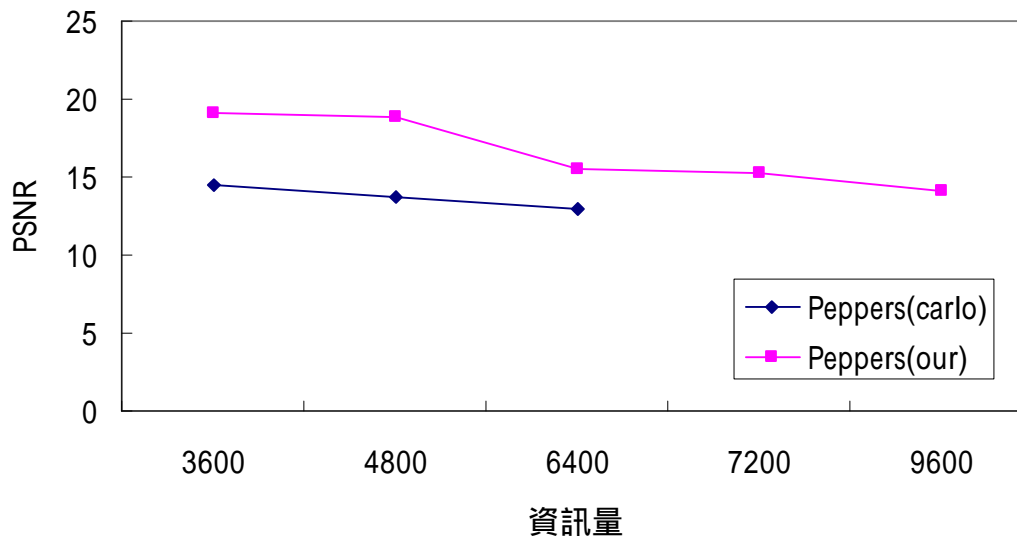


圖 5.12 為 35x35 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析

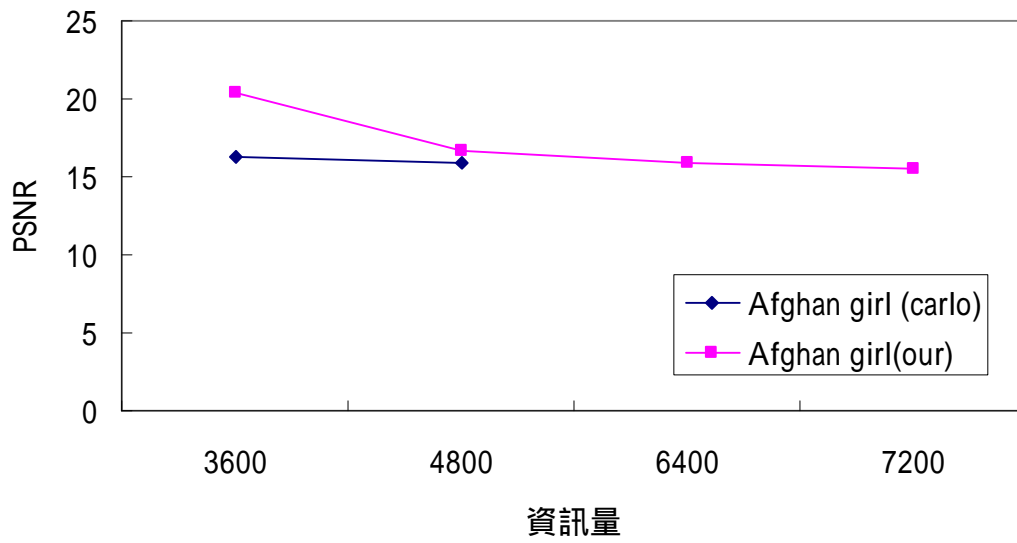


圖 5.13 為 30x30 個 grid 個數之 Afghan girl 馬賽克影像圖 PSNR 分析

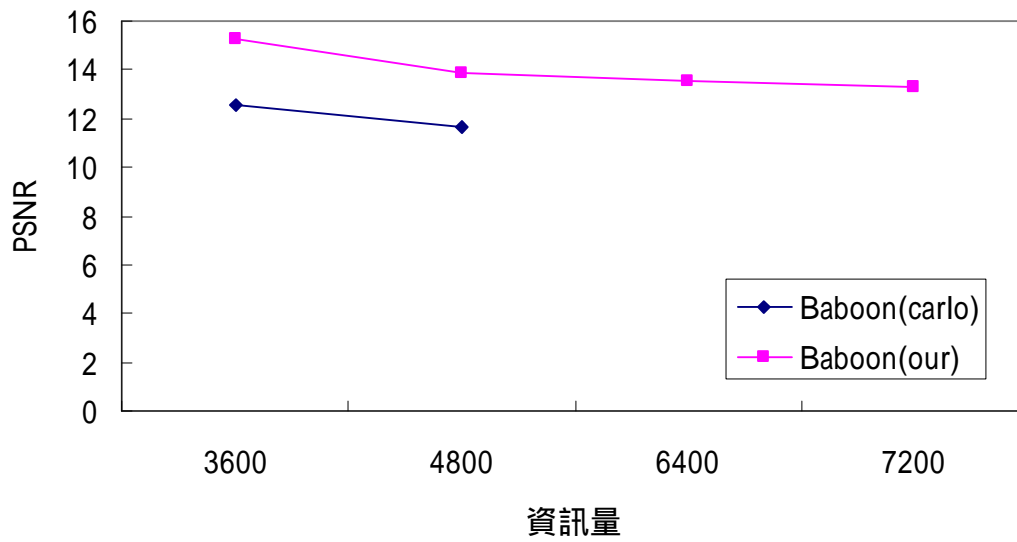


圖 5.14 為 30x30 個 grid 個數之 Baboon 馬賽克影像圖 PSNR 分析

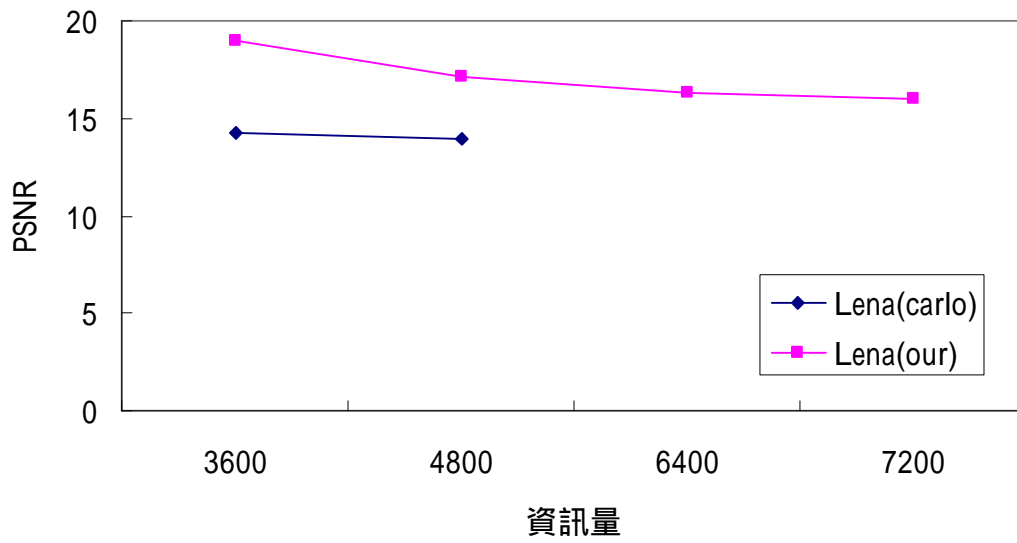


圖 5.15 為 30x30 個 grid 個數之 Lena 馬賽克影像圖 PSNR 分析

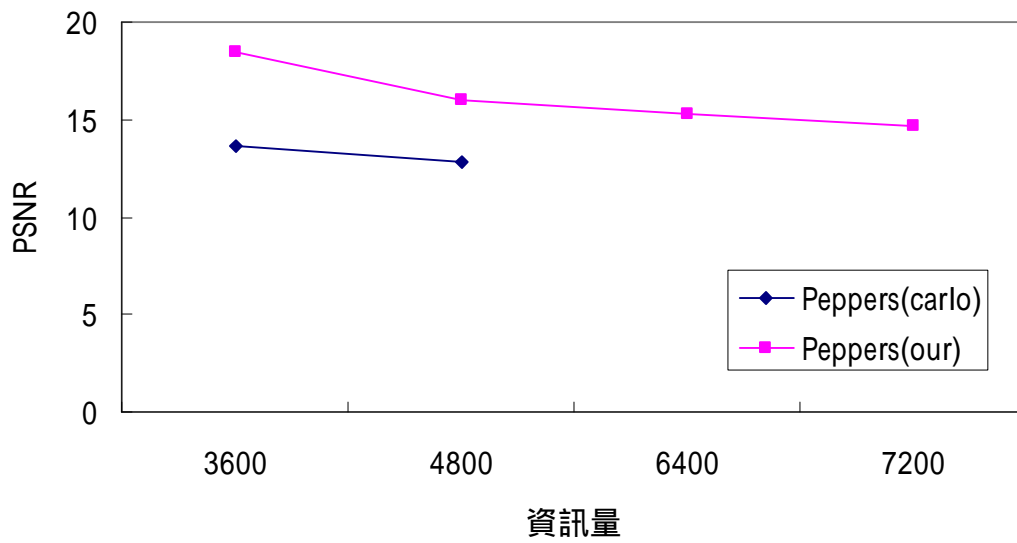


圖 5.16 為 30x30 個 grid 個數之 Peppers 馬賽克影像圖 PSNR 分析

第六章 結論

我們所提出一個以基於馬賽克影像的特性之資料隱藏技術，充分運用馬賽克影像圖的特性，能夠將欲隱藏的資料，與將產生馬賽克影像圖之各影像圖做比對，產生相對應的關係，使得產生馬賽克影像圖之後的各小圖是含有資料意涵，讓資料達到安全保護，且保持馬賽克影像圖品質及特性，並且在傳送過程中，只需將馬賽克影像圖傳送過去，不需再額外傳送資料庫及對應索引值，即可從傳送的馬賽克影像圖之中擷取出隱藏資料。

最後經過實驗結果證實，在影像資料庫大小為 5207 張 tile 及原始灰階影像圖分割為各種不同 grid 個數下，以及在不同的隱藏資料量，以我們的方法產生資料隱藏馬賽克影像圖，相較 Carlo[2]方法所產生的資料隱藏馬賽克影像圖，能夠充分將資料隱藏於馬賽克影像圖之中，保持馬賽克影像圖應有的特性，並且隱藏的資料量可為 Carlo[2]的更多，也能夠有效保護數位資訊的安全。

參考資料

- [1] Seng-Ta Tsai, “以小波轉換與拉普拉斯金字塔為基礎之圖片馬賽克技術研究”, 碩士論文, 東海大學資訊工程與科學系, 2002.
- [2] Carlo Blundo and Clemente Galdi, “Hiding Information in Image Mosaics,” *The Computer Journal*, Vol. 46, No. 2, pp. 202-212, 2003.
- [3] Fabien A. P. Petitcolas, Ross J. Anderson, and Markus G. Kuhn, “Information Hiding Survey,” *Proceedings of the IEEE*, vol. 87, no. 7, pp.1062-1078, JULY, 1999.
- [4] Ran-Zan Wang and Yeh-Shun Chen, “High-Payload Image Steganography Using Two-Way Block Matching,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 13, No. 3, pp.161-164, March, 2006.
- [5] Xinpeng Zhang and Shuozhong Wang, “Steganography Using Multiple-Base Notational System and Human Vision Sensitivity,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 12, No. 1, pp.67-70, January, 2005.
- [6] Shalin Trivedi and R. Chandramouli, “Secret Key Estimation in Sequential Steganography,” *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 53, No. 2, pp.746-75, February7, 2005.

[7] Tzung-Her Chen, Gwoboa Horng and Wei-Bin Lee, " A Publicly Verifiable Copyright-Proving Scheme Resistant to Malicious Attacks, " IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 52, No. 1, pp.327-334, February, 2005.

[8] I.J. Cox, J. Kilian, F.T. Leighton and T. Shamoon, " Secure spread spectrum watermarking for multimedia, " IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 6, No. 12, pp.1673-1687, 1997.

[9] K. Satish, T. Jayakar, Charles Tobin, K. Madhavi and K. Murali, " Chaos Based Spread Spectrum Image Steganography, " IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 50, No. 2, pp.587-590, May, 2004.

[10] Der-Chyuan Lou and Chia-Hung Sung, " A Steganographic Scheme for Secure Communications Based on the Chaos and Euler Theorem, " IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 6, No. 3, pp.501-509, June, 2004.

[11] L. Guillemot and J.M. Moureaux, " Hybrid transmission, compression and data hiding: quantization index modulation as source coding strategy, " Electronics Letters, Vol. 40, No. 17, pp. 1053-1055, August, 2004.

[12] Jessica Fridrich, Miroslav Goljan, and Rui Du, " Detecting LSB Steganography in Color and Gray-Scale Images, " IEEE Transactions on Multimedia, pp. 22-28, October, 2001.

[13] Michael Lesk, Bellcore, Morristown, " Digital Libraryies Meet Electronic Commerce: On-Screen Intellectual Property, " IEEE Proceedings of ADL, pp.58-64, 1996.

[14] M.M Amin, M. Salleh, S. Ibrahim, M.R. Katmin, and M.Z.I. Shamsuddin, " Information Hiding using Steganography, " IEEE National Conference on Telecommunication Technology Proceedings, pp.21-25, 2003.

[15] Ping Wah Wong and Nasir D. Memon, " Image Processing for Halftones, " IEEE signal processing magazine, pp.59-70, July, 2003.

[16] Yu-Chee Tseng and Hsiang-Kuang Pan, " Data Hiding in 2-Color Images, " IEEE Transactions on Computers, Vol. 51, No. 7, pp.873-878, July, 2002.

[17] J. T. Brassil, S. Low, N. F. Maxemchuk, L. O ' Gorman, " Marking Text Features of Document Images to Deter Illicit Dissemination, " IEEE National Conference on Telecommunication Technology Proceedings,

pp.315-319, 1994.

[18] Chin-Chen Chang, Wei-Liang Tai and Min-Hui Lin, " A Reversible Data Hiding Scheme with Modified Side Match Vector Quantization, " IEEE Proceedings of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp.947-952, 2005.

[19] Yuan-Hui Yu, Chin-Chang Chang and Yu-Chen Hu, " A Steganographic Method for Hiding Data in VQ Encoded Images, " Proceedings of 2004 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, pp.358-361, 2004.

[20] Yu-Chee Tseng, Yu-Yuan Chen, Hsiang-Kuang, " A Secure Data Hiding Scheme for Binary Images, " IEEE transactions on communications, Vol. 50, No. 8, pp.1227-1231, August, 2002.

[21] Wei-Liang Lin and Wen-Hsiang Tsai, " Data Hiding in Image Mosaics by Visible Boundary Regions and Its Copyright Protection Application against Print-And-Scan Attacks, " Proceedings of 2004 International Computer Symposium, pp.449-454, 2004.

[22] B. Pfitzmann, " Information hiding terminology, " In Proc. First

Workshop on Information Hiding, Cambridge, MA, May 30 – June 1, pp. 347 – 350. Springer, Berlin, 1996.

[23] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, A. Lu, “ Techniques for data hiding, ” IBM Systems Journal, Vol. 35, No. 3, pp.313-336, 1996.

[24] Guorong Xuan, Jiang Zhu, Jidong Chen, Yun Q. Shi, Zhicheng Ni and Wei Su, ” Distortionless data hiding based on integer wavelet transform, ” Electronics Letters , Vol. 38, No. 25, pp.1646-1648, December, 2002.

[25] R. Silvers, ” Digital composition of a mosaic image, ” United States Patent:6,137,498, US Patent & Trademark Office.

[26] N. Tran, “ Generating photomosaics: An empirical study, ” Proceedings of the 1999 ACM symposium on Applied computing, pp.105-109, 1999.

[27] Y. Zhang, M.A. Nascimento, and O.R Zaiane, “ Building image mosaics: an application of content-based image retrieval, ” IEEE Proceedings of International Conference on Multimedia and Expo, vol.3, pp.317-320, July, 2003.

[28] Linda G. Shapiro and George C. Stockman, "Computer Vision," Prentice Hall.

[29] J. Ashley, R. Barber, M.D. Flickner, J.L. Hafner, D. Lee, W. Niblack, and D. Petkovic, "Automatic and semiautomatic Methods for Image Annotation and retrieval in QBIC," Proc. Storage and Retrieval for Image and Video Databases Conf., pp.23-32, Feb., 1995.

[30] J.S. Smith and S.-F. Change, "Visualseek: A Fully automated Content-Based Image Query System," In Proceedings of ACM Multimedia 96, pp.87-98, 1997.

[31] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing," Prentice Hall, 2002.

[32] R. J. Anderson, R. Needham and A. Shamir, "Steganographic file system," Proc. Second Workshop on Information Hiding, pp.86-90, 1998.