

一個錯誤還原編碼技術植基於自我隱藏與分類式編碼簿之邊緣吻合向量量化於 JPEG 影像傳輸

李金鳳
朝陽科技大學
資訊管理系副教授
lcf@cyut.edu.tw

李懷恩
朝陽科技大學
資訊管理系 研究生
s9514614@cyut.edu.tw

摘要

網際網路為人類帶來便利性，但通訊時的雜訊干擾使得傳輸檔案時產生許多問題與不便，像圖片及視訊這一類的影像檔案受到干擾時，將產生污損與遺失的現象，而影像的失真將對於醫學或軍事用的影像造成無法使用的困擾，為了解決影像受到污損時的這些問題，有許多的學者們提出了影像恢復的技術。透過資訊隱藏技術將鄰近區塊的像素值經過向量量化後記錄為區塊特徵值並藏入影像其他區塊中，將來產生污損時可透過取回其特徵值的方式來還原影像像素值，其中區塊特徵值為邊緣吻合向量量化索引值，透過預測邊緣來還原像素值可還原出相當良好的影像品質。然而當區塊與區塊之間的差異程度過高時，邊緣的預測將產生出軌的現象，還原的影像品質將會不如預期來的好。因此本研究提出植基自我隱藏及分類式編碼簿的邊緣吻合向量量化的還原方法，藉由變異性分析來分類編碼簿為變異與平滑編碼字，進而改善使用邊緣直接預測時產生的出軌現象，並透過減少搜尋編碼字量，達到提升運算速度的效果。

關鍵詞：影像還原、污損還原、資訊隱藏、邊緣吻合向量量化、分類式編碼簿。

1. 導論

現今通訊技術的發展，使得人與人的交流透過網際網路的四方八達，能更方便更快速，也讓圖片或是視訊之類的影像有了更多元的交流管道。但未經壓縮後的影像則需要相當大量的空間來儲存，因此傳輸未經壓縮的影像則需要花費過多的傳輸成本，而為了能減少影像

的資料量，達到節省儲存空間及降低網際網路上的傳輸成本，發展了許多影像壓縮技術，如 JPEG、VQ、GIF 等。

JPEG 影像壓縮[7]技術為目前最被廣泛使用的失真壓縮技術。JPEG 壓縮將影像的空間域經過離散餘弦轉換為頻率域處理，達成高壓縮率的效果，但也因影像在空間與頻率域間轉換而造成像素值的失真。不過由於人類的視覺系統對於影像的細微改變，無法察覺，因此只要能將失真度控制在合理範圍內，失真壓縮將能為影像帶來更高的壓縮率，而 JPEG 壓縮的編解碼速度快及壓縮率高的優點，符合在網際網路或是行動通訊使用上要求的快速計算，因此 JPEG 常使用於網際網路上影像傳輸的壓縮格式。

雖然透過網際網路可以方便的與他人分享影像，但封包在網際網路傳輸時卻充滿了各種的干擾與雜訊[10]。影像透過行動通訊這類的雜訊通道傳輸，容易受到干擾與雜訊的影響，如圖 1，造成封包的正確率下降及遺失，而產生影像像素中顏色的污染失真或是遺失，使得影像品質下降或無法瀏覽其內容。干擾與雜訊的產生是無可避免的，而像是軍事用途的影像或是醫學用途的影像，大部份都不允許像素失真或是像素遺失的情況產生。

當影像有失真或遺失情形時，一般來說解決的方式是將影像重新傳輸。然而這樣子的做法將會造成傳輸成本的增加。因此目前許多學者積極投入影像還原技術[10][11][12]，在發展污損偵測、污損預測及污損還原等技術

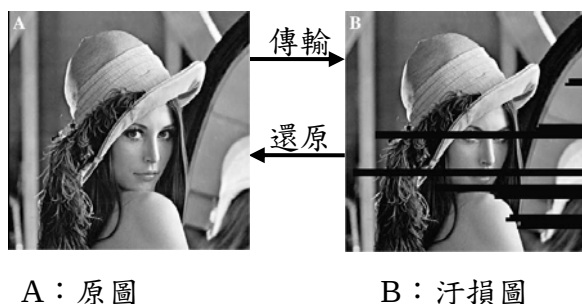


圖 1、雜訊通道下傳輸影像造成的污損現象

Kang及Leou學者[4]對於JPEG影像提出錯誤恢復方法，此方法運用自我隱藏與邊緣吻合向量量化[5]於JPEG影像傳輸之錯誤恢復[8]的方法，透過邊緣吻合向量量化壓縮(Side Match Vector Quantization, SMVQ)[5]的索引值做為將來污損區塊的還原預測參考值，再運用資訊隱藏技術，藏入JPEG影像的頻率域中，藉由影像的傳輸，一併將參考資訊傳送給接收端。而接收端取回的影像像素產生失真或遺失時，就可以透過從影像頻率域中取出污損區塊特徵值來預測原始影像像素值，達到還原的效果。由於使用鄰近區塊邊緣值預測像素值的方法在資料遺失率高達 30%時，依然保有良好的影像預測還原能力。

然而影像還原注重的是影像還原的品質。使用邊緣吻合向量量化壓縮[5]，參考鄰近邊區塊的像素值來預測區塊像素值時，如果鄰近邊區塊與區塊變異過大時，將造成像素預測值不準確，而影響到其邊緣區塊使用其值預測後更加不準確，產生出軌(Derailment)[1]現象，而出軌的情形常發生在邊緣區塊通過平滑區塊的影像區塊，造成影像的還原品質不如預期來的好的。

為提升影像還原品質，避免出軌現象的產生，本研究將編碼字與影像區塊透過變異性分析分類為變異與平滑的方法，來解決邊緣區塊與平滑區塊間可能預測不準確所造成的出軌問題。由於事先分類編碼字與影像區塊的優點，可使得變異類與平滑類的區塊不會互相影

響其預測結果，故可改善預測不準確所造成的出軌現象。在本研究的方法，首先將編碼字經過變異數計算，分類為變異類與平滑類，之後才分別處理其邊緣吻合向量量化索引值並記錄其區塊特徵，之後將索引值與區塊特徵一併藏入 JPEG 影像中傳送給接收端，當接收端發現區塊污損時，可以透過取出區塊特徵與索引值，對於變異區塊與平滑區塊分別透過變異類與平滑類的編碼字預測其影像像素值，改善使用邊緣吻合向量量化在預測影像時因失真所產生的出軌現象，提升影像還原品質與並透過編碼簿的分類，減少編碼字的搜尋比對，使計算速度再提升。

2.文獻探討

本節將介紹相關的影像壓縮技術及資訊隱藏技術，藉由文獻探討，了解技術本身的用途與優缺點，以便能將其優點運用於本研究中的影像還原方法。

2.1.邊緣吻合向量量化 (Side Match Vector Quantization, SMVQ)[5]

向量量化(Vector Quantization, VQ)壓縮[6][13][9][3]是將影像切割為區塊處理，因此解碼後的影像將會產生明顯的區塊效應(Block Effect)，區塊與區塊邊緣由於切割的關係，會有明顯的差異，而這種差異性，對於人類視覺系統，是很容易感知出來的，因此可以看到解碼後的影像區塊與區塊邊緣的差異而形成許多塊的顏色所組成的影像，而為了改善區塊效應的問題，Kim學者[5]提出了邊緣吻合向量量化編碼法(Side Match Vector Quantization, SMVQ)的方法。

SMVQ 以區塊與區塊之邊緣像素值將會很相似的特性，做為區塊編碼時的參考值，之後利用區塊上方與左方兩個區塊來預測其區塊編碼。首先將影像的第一排與第一列的區塊做 VQ 壓縮，接著將剩餘區塊透過上方與左方的

區塊來預測其邊緣值，並將邊緣值與編碼字做比對，找出相似的編碼字產生一本新的狀態編碼簿(State Codebook)，透過狀態編碼簿中找出與原始區塊最接近的編碼字改成為索引值，由於狀態編碼簿的小大較原始編碼簿小，因此可以增加 VQ 的壓縮率之外，同時也改善 VQ 壓縮時產生的區塊效應。

2.2.JPEG(Joint Photographic Experts Group) 壓縮

JPEG壓縮是頻率域壓縮技術的一種，主要是用於靜態影像壓縮方面，JPEG採用失真編碼法的概念，利用離散餘弦轉換法(Discrete Cosine Transform, DCT)[7] 將影像資料先切割成 8x8 區域，再依照每一個區域中的資料較不重要的色彩部份予以去除，僅保留重要明度的資訊，以達到高壓縮率的目的。

首先一般的影像是由RGB三元色所組成，透過YUV系統的轉換成為不同的色彩空間[7]，其中Y用來表示影像亮度，而U及V表示色調與影像飽和度，由於人類視覺系統對於影像的亮度較敏感，因此亮度的表示盡量保持不變，避免視覺上可察覺其壓縮的失真，而視覺上對於其中的色調與飽和度來說，是較不敏感的，對於其中細微的改變是不受到察覺的。因此透過色度抽樣的技術，對於JPEG壓縮前的U及V空間做 4:4:4 的無縮減抽樣，或是 4:2:2 及 4:2:0 這種對於色調與飽和度做減少取樣的抽樣方式，接著將經過YUV系統處理好的影像以 8x8 的區塊做離散餘弦轉換，如公式(1)，將其空間域轉換至頻率域，接下來要將影像做量化(Quantization)[7]的處理，由於人類的視覺系統對於高頻的變動不易察覺，因此可

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C_{(i)} \times C_{(j)} \times \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(x, y) \times \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \times \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right]$$

$$\text{其中 } C_{(i)} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, i = 0 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

以透過量化矩陣對 DCT 轉換後的矩陣降低其資訊量。量化為整個 JPEG 壓縮過程中最主要的失真運算，但能將高頻部份的值減少為 0，可增加其壓縮率。經過量化後將對每一組 8x8 的矩陣做鋸齒狀掃描(Zigzag Scan)，使二維變為一維編碼，經過掃描後，對連續的零編碼，以達到壓縮的目的，而最後可以透過霍夫曼編碼使資料量降低，以達壓縮效果。

2.3.基於自我隱藏與 SMVQ 的 JPEG 污損恢復

Kang及Leou學者[4]對於JPEG影像提出錯誤恢復方法，其中包含下列幾個議題。

2.3.1 影像特徵值：

Kang及Leou學者[4]使用VQ及SMVQ技術的壓縮方式。首先透過一個指示位元(指示其區塊壓縮方式)，當使用VQ壓縮時，其區塊特徵值則為指示位元後接上其壓縮索引值，若為SMVQ時其區塊特徵值則為指示位元。

2.3.2 掩蔽遮罩：

影像區塊的特徵值需要藏入不同的區塊，將來產生污損時，才可以藉由參考的掩蔽遮罩區塊，取回原本的影像區塊特徵值。

2.3.3 藏入技術：

利用奇偶藏入法[14]，當要藏入資料為 0 時，將其影像像素值調整為偶數，而要藏入資料為 1 時，將影像像素值調整為奇數。此藏入法的好處在於正負號的處理不會使-1的資料被修改為 0，並且運算快速。

2.3.4 影像特徵值藏入方法：

首先計算區塊特徵值並取得，透過掩蔽遮罩公式的計算得知遮罩區塊位置，將此區塊做 DCT 頻率域轉換，將區塊特徵值藏入遮罩區塊的非 DC 及非零值之中，藏入順序依鋸齒狀掃描，將特徵值全部藏入後完成。

2.3.5 影像污損的預測與還原方法：

當接收端發現影像產生污損時，首先計算其污損區塊之掩蔽遮罩區塊位置。判斷是否遮罩區塊也產生污損，若無污損，將可取回其特徵值，透過指示位元的判斷是使用 VQ 取回索引值還原還是使用 SMVQ 參考鄰近區塊的邊緣值還原，若其遮罩區塊也產生污損時，則此區塊必需透過 SMVQ 參考鄰近區塊的邊緣值還原。

3.植基於自我隱藏及分類式 SMVQ 之錯誤還原方法

Kang及Leou學者[4]對於JPEG影像提出錯誤恢復方法，有效的還原影像污損的現象。然而透過SMVQ參考的鄰近邊緣值，若其鄰近邊緣值已預測不正確，將造成影像還原時，越來越偏離其原來影像的像素值，產生出軌的現象；並且由於SMVQ在編碼簿中比對歐基里德距離找出最相似編碼字的計算成本過高，造成運算時間過長的問題。因此以下將提出本研究的方法，目標在於：(1)改善出軌效應、(2)提升運算效率。

3.1 分類式編碼簿：

由於編碼字的數量與代表性，對於向量量化的影響很大，因為本研究提出編碼簿之改良，對編碼字進行變異性分析，根據編碼字的變異性大小分類為變異編碼字與平滑編碼字。

首先給定一本編碼簿 CB，對於每一個編碼字 $cw = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 做變異數計算，如公式(4)。

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^n (x_k - \mu)^2 / n$$

$$\text{其中 } \mu = \frac{\sum_{k=1}^n x_k}{n} \quad (4)$$

當其 σ^2 大於門檻值(TH)，表示此編碼字屬於變異性較大的區塊，因此將此編碼字歸類為 S_1 ，反之則為較平滑的區塊，則歸類為 S_2 。當編碼簿的大小有 N 組編碼字時，則 S_1 的大小 $|S_1|=m$ ，而 S_2 的大小為 $|S_2|=N-m$ ，即 cw_0 ，

$cw_1, \dots, cw_{m-1} \in S_1$ 是為變異類的編碼字，而

$cw_m, c_{m+1}, \dots, cw_{N-1} \in S_2$ 是為平滑類的編碼字。

由於Kang及Leou學者[4]所提出的方法，只針對區塊與區塊之間的相似性，運用SMVQ的方法預測其最相似的編碼字還原其區塊像素值，但區塊與區塊之間除了相似性，還有像是邊緣通過的變異性區塊，透過將編碼字的分類之後，以便將來可以針對區塊的不同特性，做出不同的預測判斷。

3.2 區塊特徵值藏入：

本方法在影像傳輸之前，先利用 VQ 或 SMVQ 技術，將特徵值取出，使用自我隱藏的方式藏入遮罩中。由於特徵值為將來還原的參考，因此必需具代表性，以下對於區塊特徵值藏入的方法做介紹。

3.2.1 YUV 色彩系統：

一般的數位影像是由紅(R)、綠(G)及藍(B)這三種原色所構成的RGB影像，而將其轉換為亮度、色調及飽和度，就成為了YUV色彩系統[2]，其中Y的意義是影像的亮度，U及V為色調及飽和度。而其轉換方式如公式(5)。

$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= -0.169R - 0.331G + 0.5B \\ V &= 0.5R - 0.419G - 0.081B \end{aligned} \quad (5)$$

由於將 YUV 可透過對於人類視覺系統較不敏感的 UV 元素減少取樣的方式，將影像及

編碼簿，透過轉換為 YUV 系統，以達到減少資料量的效果。

3.2.2 掩蔽遮罩：

網際網路傳輸是串流傳輸，污損通常為連續性的，因此資訊的藏入必需有良好的選擇，避免藏入位置有較高的機率同時污損。給予一個位於 (i, j) 的區塊，其相對應的掩蔽遮罩位置為 (p, q) ，掩蔽遮罩公式(6)，其中變數 a 表影像切割為 $a \times a$ ， b 變數為 $a-2$ ， c 為 $b \div 2$ ，變數可隨切割區塊之數量調整。將來產生污損時，才有較高的機率取回原本影像的區塊特徵值，而掩蔽遮罩的設計基本要求為遮罩區塊應該與其原始區塊距離越遠越好，並且遮罩區塊應該盡量避免與原始區塊位置座落在同一列上。

$$(p, q) = \begin{cases} (i, i \times 2 + j + 2) \bmod a & \text{if } 0 \leq i \leq (c-1), \\ (i, (i-c) \times 2 + j + 2) \bmod a & \text{if } c \leq i \leq (b-1), \\ (i, (i-b) \times 2 + j + 2) \bmod a & \text{if } b \leq i \leq (a-1), \end{cases} \quad (6)$$

3.2.3 奇偶藏密法：

奇偶藏密法[14]為資訊隱藏中常用的技術，如公式(7)。其藏入做法為調整影像像素值，使其藏入後的像素值與資料位元奇偶相同，例如要藏入資料位元為 1，則影像像素值將調整為奇數，反之則調整為偶數。此藏入法除了可保持正負號外，取出時只需判斷最後一個位元，使其具有效性。

$$Ci = \begin{cases} Ci + 1, & \text{if } Ci \bmod 2 \neq bj, \text{ and } Ci > 0, \\ Ci - 1, & \text{if } Ci \bmod 2 \neq bj, \text{ and } Ci < 0, \\ Ci, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

3.2.4 影像特徵值藏入方法：

首先將編碼簿與影像做 YUV 色彩系統的轉換，之後透過 VQ 與 SMVQ 的壓縮方式，取得各區塊的影像特徵值。若此區塊使用 SMVQ 壓縮時與原圖差異過大，則使用 VQ 壓縮，若遮罩區塊的藏密能力不足時，依然使用 SMVQ 壓縮為其特徵值。假設某區塊 B，會使用到 VQ

壓縮時，其區塊特徵值將設定為 $b_1 \parallel i(B)$ ，其中 $b_1=1$ 是一個指示位元，表示 B 區塊使用 VQ 壓縮，而 $i(B)$ 是指其 VQ 壓縮的索引值；若區塊 B 使用 SMVQ 壓縮時，其區塊特徵值將設定為

$b_2 \parallel b_3$ ，其中 $b_2=0$ 是指示位元，表示 B 區塊

使用 SMVQ 壓縮，且若區塊 B 的 $\sigma^2 > TH$ 時，則 $b_3=1$ ，表示區塊 B 為變異性區塊，反正則 $b_3=0$ ，表示區塊 B 為平滑性的區塊。取得影像特徵值後，就可透過公式(6)，計算其遮罩區塊位置 MS(B)，並將遮罩區塊做 DCT 轉換，接著使用奇偶藏密法，透過鋸齒狀掃描的方式，將資料依序的藏入非 DC 及非零值的其它位置內，其藏入架構如圖 2。

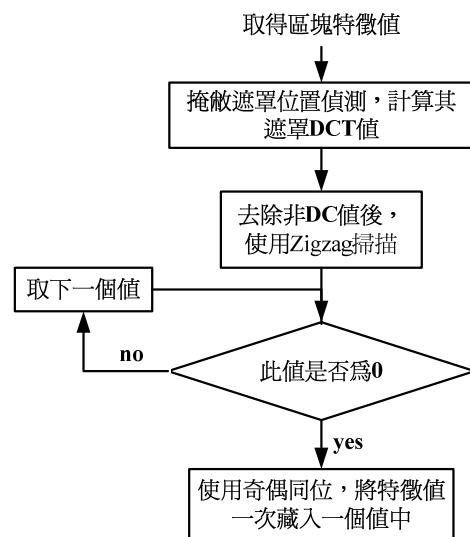


圖 2、藏入架構圖

範例 1：

給定一張 512x512 之 JPEG 影像 I，將影像切割為 64x64 個區塊，每一區塊為 8x8 個像素值，並取得一本 $N=512$ 字的編碼簿，經過變異性分析將編碼簿重新調整為分類式編碼簿，而 $m=200$ ，也就是分類式編碼簿中 $cw_0, cw_1, \dots, cw_{199}$ 為變異類編碼字， $cw_{200}, c_{201}, \dots, cw_{511}$ 為平滑類編碼字。將位置(1, 1)

的區塊以 $B(1, 1)$ 表示之。假設此區塊 $B(1, 1)$ 需使用 VQ 編碼壓縮，索引值為 3，因此其特徵值 $b_1 || i(B) = 1000000011$ ，利用公式(6)掩蔽遮罩的計算得知區塊 $B(1, 1)$ 應該藏入的遮罩區塊位於 $MS(1, 1)=(1, 5)$ ，將其遮罩區塊 $B(1, 5)$ 經 DCT 轉換後，DC 值是不藏入資料的，接著利用鋸齒狀掃描法依序取得 $B(1, 5)$ 的 AC 值，假設前 14 個 AC 值依序為 (14, -10, 0, 5, -4, 2, 2, 0, -1, 1, -1, -1, 0, 0)，再使用奇偶藏密法將 $B(1, 1)$ 的特徵值 $b_1 || i(B)$ 藏入。首先 $AC_1=14$ 要藏入 1 (即 b_1)，則 AC_1 將被調整為 15；而 $AC_2=-10$ 要藏入 0 (即 $i(B)$ 的第一個 most significant bit)，因為 AC_2 為偶數，則不做調整；接著遇到 $AC_3=0$ 不藏資料，以下為依序將特徵值藏入遮罩區塊後，則前 14 個 AC 值將被調整為 (15, -10, 0, 6, -4, 2, 2, 0, -2, 2, -1, -1, 0, 0)，完成藏入的動作。

3.3 影像污損還原

影像傳輸後，接收端收到影像時若產生污損時，便可透過本研究的還原方法將污損的區塊特徵值由對其對應的遮罩區塊中取出，並透過特徵值預測來還原污損區塊之像素值。

3.3.1 污損還原方法：

接收端收到影像後，本研究假設污損產生時，其污損的位置是可偵測的。透過污損位置

的偵測，計算其遮罩區塊位置，並判斷遮罩區塊是否也產生污損，當污損區塊使用 SMVQ 編碼時，則需先判斷其鄰近邊區塊是否可取得鄰近邊像素值，否則需先計算鄰近邊區塊像素值。當遮罩區塊產生污損時，表示此污損區塊必需透過 SMVQ 預測其鄰近區塊之邊緣值還原其區塊像素值；若遮罩區塊尚未污損，將可透過從其中取回污損區塊特徵值。當取得特徵值第一個位元為 1 時，表示使用 VQ 編碼，因此接下來要連續取回 $\lceil \log_2 N \rceil$ 個編碼簿的索引位元，並以此索引至分類編碼簿中取得編碼字來還原污損區塊。若取得特徵值第一個位元為 0，表示此污損區塊使用 SMVQ 編碼，接著要再取得下一個位元，來判斷此區塊類型，當類型位元為 0 時，表示此污損區塊為平滑類，可透過鄰近區塊邊緣值，至分類編碼簿中的 $CW_m, C_{m+1}, \dots, C_{N-1}$ 等平滑類編碼字中找出最相似的編碼字來還原污損區塊，反之若類型位元為 1 時，表示此區塊為變異類，透過鄰近區塊

邊緣值，至分類編碼簿的 $CW_0, CW_1, \dots, CW_{m-1}$

等變異類編碼字中搜尋最相似的編碼字來還原污損區塊。本研究所提出的區塊還原架構如圖 3。由於區塊對比的編碼字與其區塊類型相同，可改善變異區塊與平滑區塊間預測時的出軌現象。

範例 2

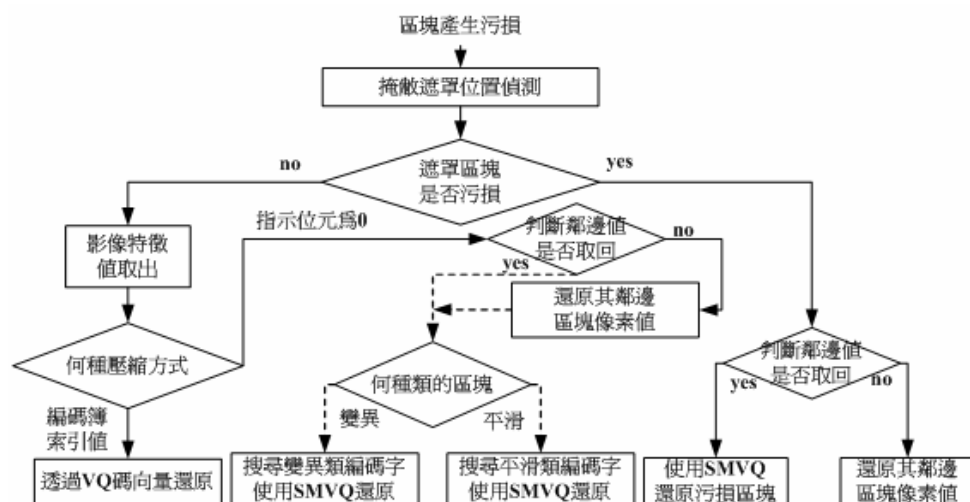


圖 3、分類式污損還原架構

承範例 1，當接收端發現影像區塊 B(1, 1) 有污損現象時，經公式(6)計算得知其遮罩區塊為 $MS(1, 1)=(1, 5)$ 。透過污損判斷區塊 B(1,5) 尚未污損，因此將 B(1, 5) 中的前 14 個 AC 值取出得 (15, -10, 0, 6, -4, 2, 2, 0, -2, 2, -1, -1, 0, 0)。因為 AC_1 值為奇數，因此第一位特徵值為 1，表示此區塊是使用 VQ 編碼。接著從非零值中取回 $\lceil \log_2 512 \rceil = 9$ 個位元的二進位字串 000000011，表示此區塊是透過 VQ 編碼，編碼字 3 為其區塊特徵值，故可透過分類式編碼簿的編碼字 cw_3 還原其區塊。

若其區塊特徵值第一位元為 0 時，則表此區塊利用 SMVQ 編碼，故需在 AC 值的非零值中，再接著取得一個位元(此即為類型位元)，假如類型位元為 0，表示此區塊為平滑區塊，則至編碼字 0 至編碼字 199($m-1$)中搜尋最相似者還原，反之則為變異區塊，則至編碼字 200(m)至 511($N-1$)中搜尋最相似者還原。

3.3.2 改善出軌效應：

本研究將編碼字分類為變異與平滑，事先計算其區塊為變異類或平滑類，做為其特徵值。假設有 512x512 的影像，其編碼簿之大小為 512 字，當區塊使用 VQ 編碼時，與 Kang 及 Leou 學者[4]的編碼方法相同，但是當區塊使用 SMVQ 編碼時，本研究使用方法使用 1 個 bit 儲存其指示位元及 1 個 bit 的類型位元，共花 2 個 bits 為來表示區塊特徵值。將來在還原時，則可透過搜尋與自己類型相符的編碼字，避免搜尋結果與區塊類型差異過大，假設有一如圖 4 的區塊，及如圖 5 的分類式編碼簿為例。

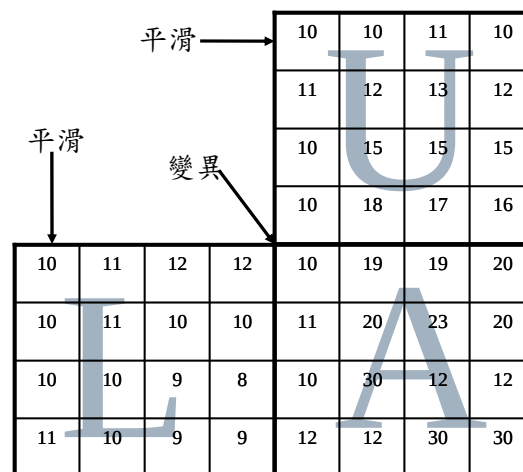


圖 4、變異與平滑區塊像素值

在分類式編碼簿中，變異類編碼字為 cw_0 及 cw_1 ，而平滑類編碼字為 cw_2 、 cw_3 及 cw_4 ，在這例子之中，變異的區塊 B 應該與編碼字 cw_1 最相似。但是利用邊緣預測，只得知 (11, 18, 17, 16, 10, ?, ?, ?, 8, ?, ?, ?, 9, ?, ?, ?) 為此向量的預測值來搜尋編碼簿時，卻會搜尋到編碼字 cw_3 ，主要的原因在於只透過邊緣預測時，當區塊變異性大時，將無法準確找到一個真正相似於區塊的編碼字，以致於產生出軌效應。若透過本研究所調整的分類式編碼簿，搜尋時將只比對編碼字 cw_0 與編碼字 cw_1 ，經過歐基里德距離計算找到編碼字 cw_1 與之最相似。故運用分類式編碼簿，植基於 SMVQ 技術，可提高其區塊預測相似度，使還原結果更接近原始的區塊像素值，使預測結果更準確，因而提升影像品質。

索引	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
cw_0	12	20	19	20	23	30	40	50	70	20	19	30	42	50	62	10
cw_1	11	19	20	20	12	20	24	20	12	30	12	13	12	30	30	30
$cw_2=m$	10	19	19	19	11	10	19	18	16	10	12	13	12	11	10	9
cw_3	11	18	17	17	10	12	10	9	8	11	10	10	9	10	10	11
cw_4	10	19	19	19	11	12	13	12	13	10	12	14	16	19	18	10

圖 5、分類式編碼簿中編碼字內容

3.3.3 提升運算效率：

Kang及Leou學者[4]所提出方法中，在搜尋編碼簿的情形可分為污損區塊是使用VQ或是SMVQ兩種技術。假設影像中使用VQ之區塊共有 t_1 個，其搜尋時間花費為 t_1 ；而使用SMVQ之區塊共有 t_2 個，由於未儲存區塊的編碼索引值，因此需完整的掃描具有 N 個編碼字的編碼簿，其所需花費的搜尋時間為 $t_2 \times N$ ，因此針對一張影像所需花費的搜尋時間總共為 $t_1 + (t_2 \times N)$ 。

本研究所提出的分類式編碼簿，將編碼字透過變異數的計算，將向量變化大於 TH 者分為變異類，變化小於 TH 者為平滑類，經分類及調整後可得到一個 m 為分界點，分類編碼簿的設計是為了可以在編碼簿上搜尋適合的編碼字及減少比較數提升時間，其原因如下：首先在搜尋編碼簿的情形如同Kang及Leou學者[4]所提出方法一樣可分為VQ與SMVQ兩種技術。而本研究提出的VQ搜尋時間與其同樣為 t_1 ，但SMVQ的搜尋時間因為有 m 變數將 t_2 個區塊分為平滑或變異編碼字兩類，假設 $t_2 = p + q$ ，其中 p 代表變異類的區塊個數，而 q 代表為平滑類的區塊個數，因此，搜尋時間為 $t_1 + (p \times m) + [q \times (N - m)]$ 。如果假設 $m = N/2$ ，代入上式之後則搜尋時間為 $p \times (N/2) + q \times (N/2) = (N/2) \times (p + q)$ ，而 $p + q = t_2$ ，最後則其搜尋時間為 $(N/2) \times t_2$ 。

表1為Kang及Leou與本研究所提出方法的搜尋時間比較表。

表1、搜尋時間比較表

	Kang 及 Leou 學者的架構	本研究的方法 設 $m = (N/2)$
VQ：	t_1	t_1
SMVQ：	$t_2 \times N$	$t_2 \times (N/2)$
搜尋時間：	$t_1 + t_2 \times N$	$t_1 + t_2 \times (N/2)$

由表1的搜尋時間比較上，可以比較出本研究的搜尋時間在 $m = (N/2)$ 的情況下，比Kang及Leou方法[4]在使用SMVQ技術的區塊上，由

$t_2 \times N$ 改善為 $t_2 \times (N/2)$ ，因此在本研究的方法中若使用SMVQ區塊 t_2 數量越多，或編碼字數量 N 越多，則較Kang及Leou方法[4]來的更節省編碼字的搜尋時間。

4. 結論

本研究提出一個改良Kang及Leou學者[4]所提出的基於自我隱藏與SMVQ技術的JPEG影像還原方法。因為SMVQ在使用所造成的嚴重問題在於影像不是全然為平滑的區塊。當邊緣通過區塊時造成的出軌現象，使其影像在預測結果上會變得不準確。而本研究提出將區塊透過變異數分類為變異區塊與平滑區塊，當SMVQ在搜尋編碼簿時，只搜尋與其相同類型的編碼字，提高命中編碼字的相似性，進而改善其出軌的現象，並在搜尋時間上透過減少搜尋編碼字的數量，來達到提升運算速度的效果，使影像在預測還原的方法可更準確，並且更快速。

5. 參考文獻

- [1] 張真誠、黃國峰、陳同孝，”電子影像技術”，**旗標出版股份有限公司**，pp.43-45，2003。
- [2] 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=JPEG&variant=zh-tw>
- [3] Baek, S. J., Jeon, B. K. and Sung, K. M., “A Fast Encoding Algorithm for Vector Quantization,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 4, No. 12, pp. 325-327, 1997.
- [4] Kang, L. W. and Leou, J. J., “An Error Resilient Coding Scheme for JPEG Image Transmission Based on Data Embedding and Side-match Vector Quantization,” *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol. 17, No. 4, pp. 876-891, 2006.

- [5] Kim, T., "Side Match and Overlap Match Vector Quantizers for Images," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 1, pp.170-185, April 1992.
- [6] Linde, Y., Buzo, A. and Gray, R.M. "An Algorithm for Vector Quantization Design," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 28, pp. 84-95, 1980.
- [7] Pennebaker, W. B. and Mitchell, J. L., "JPEG: Still Image Data Compression Standard," *Computer Standards & Interfaces*, Vol. 15, No. 4, pp. 365-366, 1993.
- [8] Redmill, D. W. and Kingsbury, N. G., "The EREC: An Error-resilient Technique for Coding Variable-length Blocks of Data," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 5, No. 4, pp. 565-574, 1996.
- [9] Tsai, J. C., Hsieh, C. H. and Hsu, T. C. "A New Dynamic Finite-state Vector Quantization Algorithm for Image Compression," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 9, No. 11, pp. 1825-1836, 2000.
- [10] Wang, Y., Ostermann, J. and Zhang, Y. Q., *Video Processing and Communications*, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- [11] Wang, Y., Wenger, S., Wen, J. and Katsaggelos, A. K., "Error Resilient Video Coding Techniques," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 17, No. 4, pp. 61-82, 2000.
- [12] Wang, Y. and Zhu, Q. F., "Error Control and Concealment for Video Communication: a Review," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 86, No. 5, pp. 974-997, 1998.
- [13] Wei, H. C., Tsai, P. C. and Wang, J. S., "Three-sided Side Match Finite-state Vector Quantization," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 51-58, 2000.
- [14] Yin, P., Liu, B. and Yu, H. H. "Error Concealment Using Data Hiding," *Proceedings, IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 3, pp. 1453-1456, 2001.