

## 利用感知對比能量將診斷資訊隱藏於醫學影像之研究

翟皓緯 陳文儉

大葉大學資訊工程學系

51591 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

### 摘 要

近年來，隨著醫療影像的數位化，醫療影像的保護及認證在醫療機構的資訊傳遞中已愈顯重要。為了避免病人資訊或編號遭到惡意的篡改，在這篇論文中，我們提出了利用基於人類感知技術的數位浮水印方法將病人診療資訊嵌入醫療影像當中，首先利用 Perceptual Quality Measure (PQM) 並控制臨界值大小將醫療影像分為明顯與不明顯區域，將病人資訊嵌入不明顯區域中以減少醫師的誤判可能。然後使用在離散餘弦轉換 (discrete cosine transform, DCT) 域下的浮水印方法，來維持加入浮水印後影像的視覺品質及強韌度。實驗顯示出在加入浮水印後影像遭惡意偽造或是一般影像處理，譬如提高對比亮度、清晰化及 JPEG 壓縮後，在不需要原圖的情況下仍可萃取出病人診療資訊，以達到認證的效果。

**關鍵詞：**醫療影像，perceptual quality measure (PQM)，數位浮水印，離散餘弦轉換

## Patient Information Concealed in a Medical Image by Perceptual Contrast Energy

HAO-WEI JHAI and WEN-JAN CHEN

*Department of Computer Science and Information Engineering, Da-Yeh University*

*No. 112, Shanjiiao Rd., Dacun, Changhua, Taiwan 51591, R.O.C.*

### ABSTRACT

Recent developments in computer science have enabled the digitalization of medical images; moreover, the copyright and authentication protection of these images is becoming increasingly important in the transmission of data between hospitals. In this research, a perceptual model-based digital watermarking technique for embedding patient information in a medical image is proposed. First, the Perceptual Quality Measure (PQM) method is used to classify a medical image into significant and insignificant regions by controlling the threshold, and embedding patient information in the insignificant regions to increase the peak signal-to-noise ratio (PSNR). Then, a blind-image watermarking method in the discrete cosine transform (DCT) domain is used to achieve high quality and robustness in the concealed images. The experimental results indicate that the watermark can be clearly extracted by illegal forgery and image-processing techniques such as brightness/contrast enhancement, filter-sharpening, adding noise and JPEG lossy compression.

**Key Words:** medical image, perceptual quality measure (PQM), digital watermarking, discrete cosine

transform (DCT), blind image watermarking

## 一、緒論

在醫學資訊日益進步的今天，許多病徵可由磁核共振 (magnetic resonance imaging, MRI) 或是電腦斷層掃描 (computed tomography, CT) 檢查得知，然而要存放這些醫療影像需要龐大的資料庫，所以病人所被拍攝的醫療影像會因為轉院而在不同的醫院間被傳遞。醫療影像的傳遞需要有效而且可靠的傳輸及存放技術，以減少醫生從資料庫取得影像後對病人的診斷產生錯誤。目前的醫療記錄格式是將醫療影像與文字資訊，譬如病人資訊或醫師建議，分開存放。由於分開存放的關係，在醫院間的醫療影像交換傳輸中，為了傳遞文字資訊會增加額外的記憶體使用率與傳輸負荷，並且容易產生傳輸上及存取時的錯誤，更無法抵抗惡意的篡改。於是有作者提出將一維訊號資料或文字資訊與醫療影像做結合來達到資料的安全性及有效的記憶體使用 [1]，利用浮水印技術將文字資訊隱藏到醫療影像中。浮水印技術通常被提出用在認證及預防篡改數位多媒體資料上，通常需要滿足隱蔽性、強韌性、低複雜度及不可混淆性。浮水印技術大致上可分為兩類：(a) 在空間域上的浮水印技術及 (b) 在頻率域上的浮水印技術。前者是直接將浮水印的位元對被藏入影像像素值的最低位元或較低位元作取代。優點是方法簡單，但幾乎無安全性可言，無法抵擋一般的影像處理或惡意的攻擊。後者使用特定的方法，譬如離散傅利葉轉換 (discrete Fourier transform, DFT)、離散餘弦轉換 (discrete cosine transform, DCT) 及離散小波轉換 (discrete wavelet transform, DWT) 來轉換影像像素值至頻率域係數，再將浮水印套用算式藏入 [2, 6, 8, 9]，較不易被偵測且可抵擋適度的攻擊。然而，目前大部分的論文對於醫療影像的浮水印都採用空間域的方式嵌入，安全性甚低。不然就是在頻率域上做嵌入浮水印的動作，但是在萃取時需要原圖，不符合實際的操作環境。於是，本論文旨在應用一個在頻率下的浮水印技術在醫療影像上，將病人診療資訊嵌入在影像中，當病人資訊遭受篡改的時候，即如圖 1 左上角遭偽造或篡改時，演算法能在影像被攻擊或一般影像處理，譬如壓縮後的情形下，仍可萃取出辨識度高的病人診療資訊，保護其所有權。

在醫療影像的特性中，不同於一般自然靜態影像的是，它具有區域高對比的特性。譬如醫療機構在替民眾照射磁核共振 (MRI) 影像的時候，如果要觀察血管內的情況醫師會

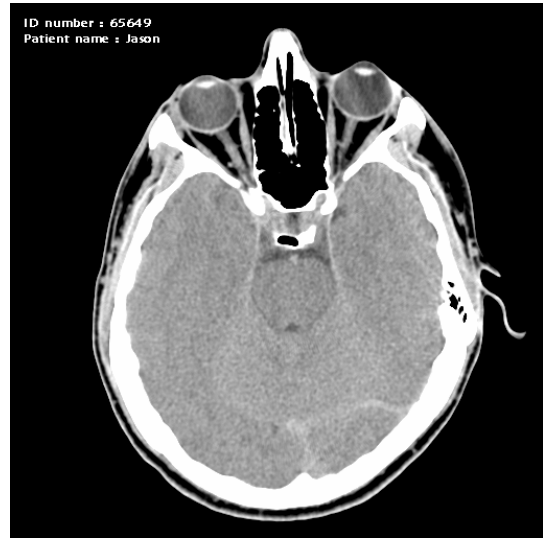


圖 1. 4096×4096 灰階 CT 影像，左上角為病人資訊

事先要求病人喝下顯影劑之類的藥物，在拍攝出來的影像上高亮度的區域通常是醫師特別要觀察的區域。所以我們利用這個特點，計算醫療影像區域性的對比度 (contrast)，將影像分類成亮度明顯與不明顯的區域。在亮度明顯的區域，我們將它視為重要特徵，不對其做浮水印藏匿的動作以維持影像的訊號雜訊比 (peak signal to noise ratio, PSNR)，而將浮水印 (病人診療資訊) 藏在 ROI (region of interest) 以外且亮度不明顯的區域。然而本論文採取在 DCT 頻率域下的浮水印技術，藉由修改 DCT 係數來做藏匿的動作，並且萃取時可在不需要原圖的情況下取出浮水印。在加入浮水印後影像遭受到攻擊或一般影像處理之後也能萃取出高品質的浮水印。

綜合以上方法，讓我們能在保護醫療影像的所有權上達到良好的效果。流程圖如圖 2。

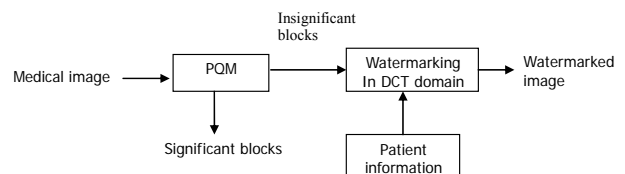


圖 2. 嵌入病人診療資訊的流程圖

## 二、相關技術回顧

數位浮水印技術主要應用在智慧財產權的保護，它是經由一些處理的程序，將一些智慧財產權的資料加入不同型式的數位媒體上，這包括有文字檔，靜態影像，動態影像，聲頻信號等等。這些被加入的資料 (watermark)，大部份是屬於人們察覺不出或聽不出來的浮水印 (invisible watermark)。但也有些公司或作者會將一些標幟或符號顯示在上面，這稱為可視的浮水印 (visible watermark)。為了使非法拷貝和非經授權傳播可以被偵測出和證明它是非法的，大部份數位浮水印技術至少必須符合以下二項基本的要求。首先對於數位媒體具有可視浮水印標幟者，除非經過所有者允許，否則自行將浮水印去除，將會嚴重破壞媒體上信號的效果。對於不可視的浮水印必須達到無法移除和修改等特質。再者一個浮水印必須能抵擋任何攻擊和額外的處理。這些處理包括有過濾處理 (filtering)，壓縮 (compression)，修剪和旋轉等等。

### (一) 空間域浮水印技術

在空間域上加入浮水印最大的優點就是可以明確的掌控加入浮水印後圖片的品質，其中最低位元法 (least significant bit embedding, LSB) 是最早被開發出來，也是使用最為廣泛的嵌入技術。灰階影像，通常是用 8 個位元 (bit) 來記錄每一個像素 (pixel) 的灰階值 (gray-value)，不同的灰階值就代表了不同的顏色。將資訊嵌入至最低位元，對於掩護影像 (cover-image) 的影像品質影響最小，其嵌入容量為影像檔案大小的八分之一。當然，我們可以不只藏入一個位元，但相對的，嵌入後影像品質自然較差。例如：灰色圖素的值是 90 轉換結果值將為 01011010 選擇圖素的 Least significant bit 插入 watermark 一個位元轉換成新的資料。但是這些系統都易被入侵者以一些方法來破壞浮水印資料。例如利用過濾處理都會改變一些最低位元的值。最低位元嵌入技術的缺點就是嵌入的資訊完全沒有強韌性，對於雜訊十分的敏感，對於一些影像處理也無法抵抗。

### (二) 頻率域浮水印技術

頻率域浮水印技術最主要的轉換技術有離散餘弦轉換 [2, 3]、快速傅立葉轉換及小波轉換 [4]。這些技術的主要目的是將整張影像或是影像區塊轉換至頻率域，以便調整其頻率域係數值來嵌入浮水印，其主要過程如下：

#### 1. 浮水印加入步驟

(1) 將原圖及浮水印做隨機重排。

- (2) 將影像以  $8 \times 8$  大小的區塊切割，並做離散餘弦轉換，以求 DCT 之係數。
- (3) 選取中頻帶的係數，並將代表浮水印的資料加入。
- (4) 將修改後的係數以逆向離散餘弦轉換 (inverse DCT)，轉回至空間域。

#### 2. 浮水印取出步驟

- (1) 將未加浮水印之原圖與加入浮水印的圖做離散餘弦轉換。
- (2) 求出中頻帶的位置，比較兩張圖的差別，就可將浮水印取出。
- (3) 與原浮水印比較，即可知道該圖之所有權。

大部分的頻率域浮水印技術在嵌入浮水印時的動作原理與空間域浮水印技術類似，差別只在於所更改的是像素值或是頻率域的係數值。但是在遭受攻擊後的強韌度上卻會得到很大的改善。

## 三、基於人類感知對影像的分類

一般來說，對比被認為是一個主要且恆常的感知屬性。在高對比的區域對於人眼來說感知度較高 [7]。所以，局部區域的對比被用來決定這個區域是否適合藏匿浮水印。即灰階影像中，其灰階值 (若為彩色影像則取其輝度影像)，經由 Perceptual Quality Measure (PQM)，如圖 3，由使用者自行設定的臨界值大小得到明顯與不明顯的區域，將浮水印嵌入不明顯的區域中，以達到減少醫師誤判的可能性。實作的流程如下：

- (1) 將影像的灰階值轉為  $8 \times 8$  的區域對比度。
- (2) Contrast sensitivity function filtering (CSF)。
- (3) 離散傅利葉 (DFT) 轉換。
- (4) 機率加總。

以上步驟會在下方詳細的討論。

在這裡，我們定義在影像  $8 \times 8$  區塊中每個像素的對比度為其灰階值減掉區塊的平均值。

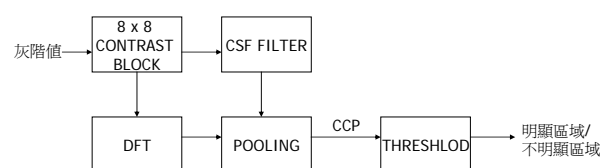


圖 3. PQM model

每個 8×8 對比區塊的值要通過 CSF 濾波器，是由 Mannos 及 Sakrison 所提出 [5]。如下：

$$A(f) = 2.6(0.0192 + 0.114f)e^{-(0.114f)^{1.1}} \quad (1)$$

而  $f = (f_x^2 + f_y^2)$ ， $f_x$  及  $f_y$  為空間頻率。

這個濾波動作由三個步驟來得到 [7]。第一，將每個 8×8 區塊作離散傅利葉 (DFT) 轉換，令  $\chi(u, v)$  為 DFT 係數；而將 8×8 對比區塊像素值帶入公式 (1)，經由 CSF Filter 計算出增益矩陣  $a(u, v)$ ，得到  $a(u, v)\chi(u, v)$ 。最後利用 Minkowski metric ( $\beta$ -norm) 將所有  $a(u, v)\chi(u, v)$  做機率加總，其中  $\beta$  值設為 2。

$$CCP = \left( \sum_u \sum_v \{a(u, v)\chi(u, v)\}^\beta \right)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2)$$

CCP 為對比特徵參數。於是，每一個 8×8 區塊都會有一個 CCP 參數值。再根據使用者的需求自行訂定臨界值  $T_{th}$ ，將原影像二極化，產生明顯與不明顯的區域。

$$\hat{Y}(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{if } CCP < T_{th} \\ 255, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$Y(x, y)$  代表原影像的某一個 8×8 區塊的各像素灰階值 ( $0 \leq x \leq 7, 0 \leq y \leq 7$ )，如該區塊其 CPP 值小於臨界值  $T_{th}$ ，則該區塊  $\hat{Y}(x, y)$  的所有像素值全為 0，該區塊為不明顯的區域，可用來藏匿浮水印。否則區塊所有像素值全為 255，該區塊為明顯的區域，不去修改它。臨界值  $T_{th}$  愈小，可藏匿浮水印的區塊愈少，臨界值  $T_{th}$  愈大，可藏匿浮水印的區塊愈多。如圖 4 所示。

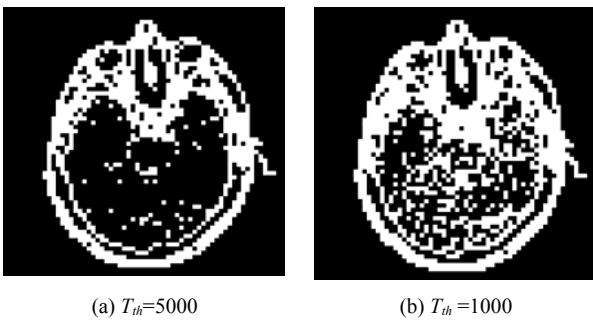


圖 4. 分類出的明顯與不明顯區域

#### 四、在 DCT 頻域下萃取不需原圖的浮水印技術

在本論文中，如同在 JPEG 標準中一樣，每個 8×8 區塊轉換為 DCT 頻率。令  $O$  是大小為  $K \times L$  的原圖， $O = \{f_{kl}; 0 \leq k < K, 0 \leq l < L\}$ ，而  $f_{kl}$  是在位置  $(k, l)$  的灰階值，令  $b^{ij}$  為在原圖  $O$  中第  $i$  列第  $j$  行的區塊， $b^{ij} = \{f_{mn}^{ij}; 0 \leq m, n \leq 7\}$ ， $f_{mn}^{ij}$  為在  $b^{ij}$  中第  $m$  列第  $n$  行的像素值。當  $B^{ij}$  為  $b^{ij}$  的 DCT 係數， $B^{ij} = \{F_{uv}^{ij}; 0 \leq u, v \leq 7\}$ 。對每一個  $B^{ij}$  來說，只有區塊中特定的  $h$  個係數會被修改去嵌入浮水印，其他的係數則都維持不變。令  $W$  為要被藏入的浮水印，正規化後  $w^{ij} = \begin{cases} 1 \\ -1 \end{cases}$ 。嵌入浮水印的演算法如下：

步驟一：將原圖  $O$  分割為 8×8 的區塊

$$\left\{ b^{ij}; 0 \leq i < \frac{K}{8}, 0 \leq j < \frac{L}{8} \right\};$$

步驟二：將第  $i$  列第  $j$  行的 8×8 區塊  $b^{ij} = \{f_{mn}^{ij}; 0 \leq m, n \leq 7\}$

$$\text{作 DCT 轉換，得到 } B^{ij} = \{F_{uv}^{ij}; 0 \leq u, v \leq 7\};$$

步驟三：在  $B^{ij}$  中，只有  $h$  個特定的 DCT 係數會被修改。

If  $w^{ij} = 1$ , then

$$\hat{F}_{uv}^{ij} = \begin{cases} 1.25\theta^{ij} \text{sgn}(F_{uv}^{ij}), & \text{if } 0 \leq |F_{uv}^{ij}| \leq S * \theta^{ij} \\ 1.5\theta^{ij} \text{sgn}(F_{uv}^{ij}), & \text{if } S * \theta^{ij} < |F_{uv}^{ij}| \leq T * \theta^{ij} \\ F_{uv}^{ij}, & \text{if } |F_{uv}^{ij}| > T * \theta^{ij} \end{cases} \quad (4)$$

If  $w^{ij} = -1$ , then

$$\hat{F}_{uv}^{ij} = \begin{cases} F_{uv}^{ij}, & \text{if } 0 \leq |F_{uv}^{ij}| \leq S * \theta^{ij} \\ 0.5\theta^{ij} \text{sgn}(F_{uv}^{ij}), & \text{if } S * \theta^{ij} < |F_{uv}^{ij}| \leq T * \theta^{ij} \\ 0.75\theta^{ij} \text{sgn}(F_{uv}^{ij}), & \text{if } |F_{uv}^{ij}| > T * \theta^{ij} \end{cases} \quad (5)$$

而  $\text{sgn}()$  為 sign function， $\theta^{ij}$  是一個函數。S、T 分別為分割區間的最小與最大係數。表 1 為以  $S=0.75$ ， $T=1.25$  為基準做縮小與放大區間的測試，所得到的 PSNR(dB) 與 NC 值的比較，其中 NC 值如公式 (8) 所定義。

在表 1 的八個 case 中，case 一、二分別為將 S、T 值平移放大及縮小，case 三、五、八為將區間放大，而 case 四、六、七則將區間縮小。由結果可看出，當區間縮小時，PSNR 值會些許的上升，但 NC 值會稍微的下降，然而當區間放大

表 1. S、T 值的選取對 PSNR 值 (dB) 及 NC 值的影響之比較

case	S	T	NC	PSNR(dB)
	0.75	1.25	0.94562	48.890
一	1.25	1.75	0.94378	48.904
二	0.50	1.00	0.94636	48.844
三	0.75	1.75	0.94578	48.883
四	0.85	1.25	0.94504	48.896
五	0.50	1.25	0.94642	48.840
六	0.75	1.00	0.94549	48.892
七	0.85	1.15	0.94504	48.897
八	0.50	1.75	0.94658	48.835

時，則是 NC 值稍微的上升，PSNR 值些許下降。由此可知，在區間的選取上會遇到 PSNR 及 NC 值的取捨問題。然而，S=0.75，T=1.25 時可達到兩者兼顧的效果。

步驟四：在  $\hat{B}^{ij}$  中做 Inverse DCT；

步驟五：重複步驟二到步驟四直到浮水印全部被藏入，產生加入浮水印的影像 X。

在上述的演算法中，嵌入浮水印時的臨界值  $\theta^{ij}$  是一個決定性的參數。它決定了加入浮水印後影像的視覺品質及強韌度。當使用較小的  $\theta^{ij}$  值，影像的平滑區域改變比較小，相對的訊號雜訊比 (PSNR) 較高，所以視覺品質較佳；但是浮水印抵抗雜訊及攻擊的能力就較差。相反來說，如果使用的  $\theta^{ij}$  值較大，影像的視覺品質會變的比較差，但是強韌性相對的提高。在本論文，我們使用適應性的選取臨界值的方法，依照醫療影像的區域性對比特性，將  $\theta^{ij}$  值做適應性的改變，以期兩者能夠兼顧。

$$\theta^{ij} = \begin{cases} \theta_0, & \text{if } \sigma^{ij} \leq \sigma_0 \\ \theta_0 + \frac{(\sigma^{ij} - \sigma_0)}{(\sigma_1 - \sigma_0)}, & \text{if } \sigma_0 < \sigma^{ij} < \sigma_1 \\ \theta_1, & \text{if } \sigma^{ij} \geq \sigma_1 \end{cases} \quad (6)$$

而  $\theta_0$  與  $\theta_1$  是  $\theta^{ij}$  的最小與最大值， $\sigma^{ij}$  為  $\{g_{mn}^{ij}\}$  的標準差。 $\sigma_0$ ， $\sigma_1$ ， $\theta_0$  及  $\theta_1$  均由實驗的經驗所決定。CPP、 $\theta_0$ 、 $\theta_1$ 、 $\sigma_1$  等參數皆沒有嵌入原影像中，由使用者自行保存，萃取時代入式 (6) 來計算，將於後面萃取演算法說明。

我們在這邊做了一個統計，希望能在不需要對每張影像做 full search 的情形下就能得到適當的  $\sigma_0$  及  $\sigma_1$  值。我們發現在醫療影像中，灰階值為零的像素個數通常佔了接近總像

素個數的 50%，所以對每張影像我們都將  $\sigma_0$  取為零，而由實驗經驗發現，在經過由小到大排序的標準差的直方圖中，以 85% 的像素個數為界線所在的標準差位置取其為  $\sigma_1$  最為適當，本實驗  $\sigma_1=6$ ，而  $\theta_0=35$ ， $\theta_1=40$ 。圖 5(a)(b)(c) 為三張不同的測試影像，表 2 為 full search 和我們所提出的取標準差方式的 PSNR 及 NC 值比較。由表 2 可發現，經過比較後 NC 值幾乎相同，PSNR 值也相去不遠，然而所花費的時間會節省相當多，並可適用在相同性質的醫療影像上。

令  $D = \{d^{ij}\}$  為從加入浮水印後影像 Y 所萃取到的浮水印。萃取浮水印的演算法如下：

步驟一：將 Y 分割為  $8 \times 8$  的區塊  $b^{ij} = \{g_{mn}^{ij}; 0 \leq m, n \leq 7\}$ ；

步驟二：將  $b^{ij}$  作 DCT 轉換，得到  $B^{ij} = \{C_{uv}^{ij}; 0 \leq u, v \leq 7\}$ ；

步驟三：對每個在  $B^{ij}$  的  $h$  個特定 DCT 係數令  $r_{ij} = 0$ ，

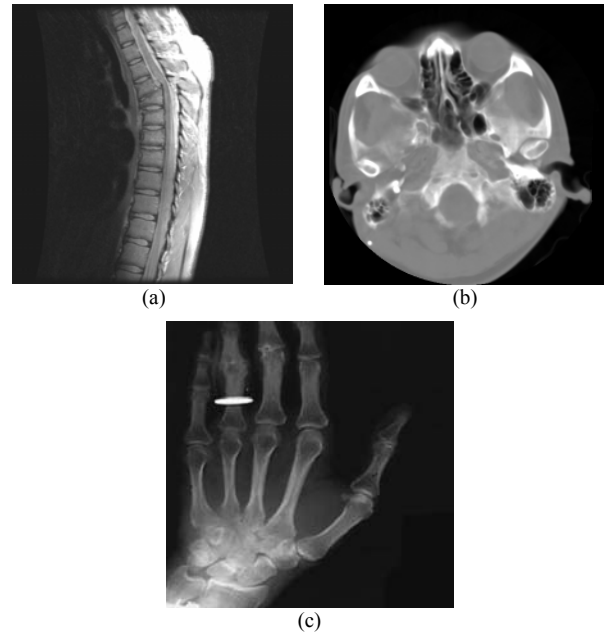


圖 5. 三張不同的醫療測試影像

表 2. 所提出方法與 full search 的 PSNR 及 NC 值比較

		Full search	Proposed method
(a)	PSNR(dB)	38.31 dB	37.8 dB
	NC	0.94	0.93
(b)	PSNR(dB)	38.89 dB	38.36 dB
	NC	0.94	0.94
(c)	PSNR(dB)	37.60 dB	36.91 dB
	NC	0.93	0.92

if  $|G_{uv}^{ij}| > \theta_D^{ij}$ , then  $r_{ij} = r_{ij} + 1$

$$d^{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } r^{ij} \geq (h+1)/2 \\ -1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

而  $\theta_D^{ij}$  為萃取浮水印時的臨界值，同樣由式子 (6) 計算得來，但必須將  $\theta_0$  由  $(\theta_0 - \theta_2)$  取代，而  $\theta_2$  是一個常數。如果  $\theta_2$  為零，換句話說， $\theta_D^{ij}$  等於嵌入浮水印的臨界值  $\theta^{ij}$ ，在沒有任何攻擊的情況下所萃取出的浮水印應幾乎與原浮水印相同，但是若遭受到攻擊，其強韌性會變的很差。所以，通常會選擇  $\theta_D^{ij}$  稍低於  $\theta^{ij}$ ，也就是說， $\theta_2 > 0$ ，如此一來，其強韌性就會得到改善。

為了評估這個演算法的效果，我們使用 normalized correlation (NC) 來做評估，定義如下：

$$NC = \frac{\sum_{i=0}^h \sum_{j=0}^h w(i,j)d(i,j)}{\sum_{i=0}^h \sum_{j=0}^h [w(i,j)]^2} \quad (8)$$

而  $w$  為原本的浮水印， $w = \{0,1\}$ ， $d$  為根據演算法所萃取出的浮水印，NC 值在 0~1 間，愈接近 1 表示萃取的效果愈好，與原浮水印愈相似。

## 五、實驗結果與討論

在實驗當中，我們採用腦部的電腦斷層掃描 (CT) 灰階影像 (4096×4096)，如圖 1。而含有病人資訊、簡單的診斷結果及醫師簽名的黑白影像 (300×150)，如圖 6，作為要嵌入的浮水印。先將原圖分割為 8×8 的區塊，並做 DCT 轉換，接著在每一個 8×8 的區塊當中，選取在位置  $(u, v) = (1,3), (2,2)$  及  $(3,1)$  的三個 DCT 係數去做嵌入浮水印的動作，也就是說  $h=3$ 。圖 7 為嵌入浮水印後的影像，PSNR 維持在 48.89 dB，在沒有遭受攻擊的情況下，使用我們的演算法所萃取的到浮水印 NC 值為 0.94，如圖 8。

接下來我們使用幾種一般的影像處理做為對加入浮水印後影像的惡意攻擊，包含了清晰化、亮度與對比的修改及加入雜訊，如表 3。在表 3 中，可發現到對於清晰化遮罩為 3×3 及 5×5 的攻擊，NC 值仍可維持在 0.91 以上。對於亮度及對比的提高 NC 值也有 0.9。加入雜訊 (變異度=10) NC

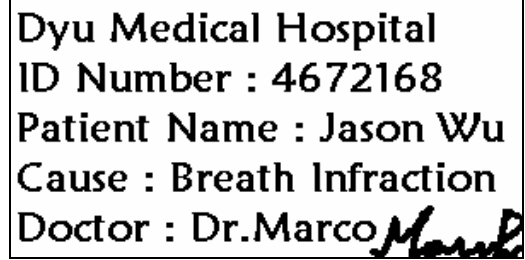


圖 6. 300x150 的診斷資訊影像



圖 7. 嵌入浮水印後的影像，PSNR=48.89 dB

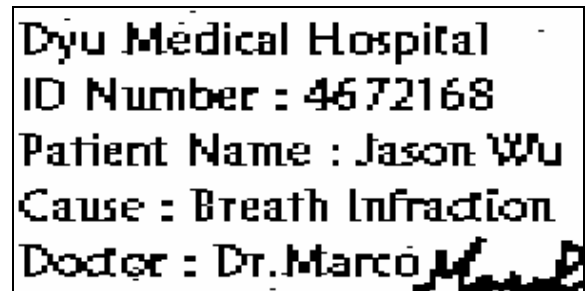


圖 8. 沒遭受攻擊下萃取出的浮水印，NC=0.94

表 3. 加入浮水印後的影像遭受各種不同攻擊及影像處理的 PSNR 值 (dB) 與 NC 值

	Watermarked image	Attacks			
		Sharpen filter 3×3	Sharpen filter 5×5	Bright\ contrast enhancement	add noise
PSNR(dB)	48.89	41.76	39.84	36.75	41.87
NC	0.94	0.93	0.91	0.93	0.89

值為 0.89。得知對於一般的影像處理，我們的方法可維持一定的強韌性，而不會在遭受攻擊後，失去浮水印的辨識度。圖 9~12 為經過各種影像處理萃取出的浮水印及 NC 值。然而，在表 4 中，分別顯示出 PSNR 及 NC 值與 QF 的關係。由於一般入侵者也常以壓縮來做攻擊，所以我們所做的實驗採用 JPEG 標準壓縮，QF=90~40，來評估演算法的 PSNR 及 NC 值。在表 4 中可觀察到在 QF=40 的情況下 PSNR 仍維持在 45 以上，且在 QF=40 時，NC 值維持在 0.91 左右，可得知在一般的影像壓縮下，使用我們的方法仍可萃取出有一定辨識度的浮水印；表 4 中 QF=40 及 QF=50 時其 NC 值反而比 QF=60 及 QF=70 好 0.01~0.02 左右，NC 值差 0.02 並不是很不顯著，因本方法對於壓縮的攻擊較不敏感，除非將 QF 值定低於 20，其 NC 值就會明顯下降。圖 13~18 為 JPEG 標準壓縮在 QF=90~40 下萃取出的浮水印及 NC 值。

## 六、結論

在數位化資訊發達的現代，數位化資訊的保護及安全機制愈顯重要。我們在這篇論文中所提到的方法，主要是應用

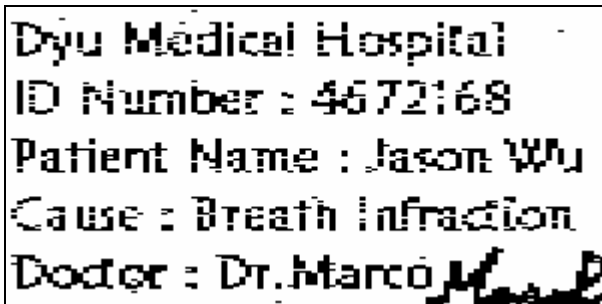


圖 9. 影像經過 3×3 清晰化濾波器後萃取出的浮水印，NC=0.93

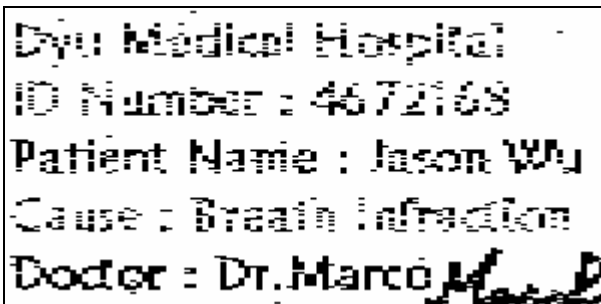


圖 10. 影像經過 5×5 清晰化濾波器後萃取出的浮水印，NC=0.91

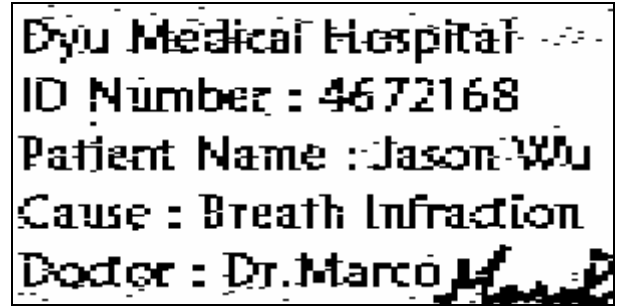


圖 11. 影像經過亮度及對比加強後萃取出的浮水印，NC=0.93

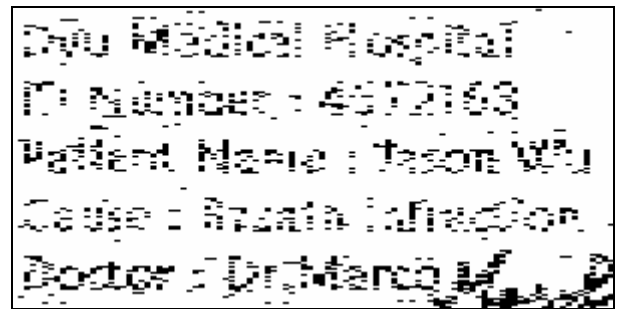


圖 12. 影像經過加入雜訊（變異度=10）萃取出的浮水印，NC=0.89

表 4. 在不同的 JPEG Quality Factor 下的 PSNR 值 (dB) 與 NC 值

JPEG Quality (%)	PSNR (dB)	NC
90	48.34	0.9146
80	47.66	0.9127
70	47.00	0.9073
60	46.47	0.8958
50	46.01	0.9047
40	45.57	0.9101

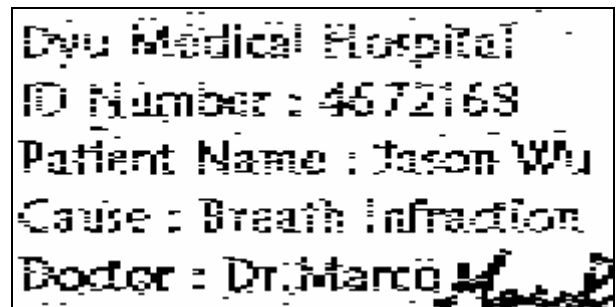


圖 13. JPEG QF=90 時萃取出的浮水印，NC=0.9146

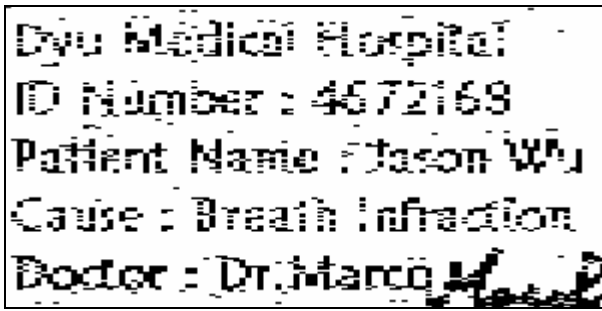


圖 14. JPEG QF=80 時萃取出之浮水印，NC=0.9127

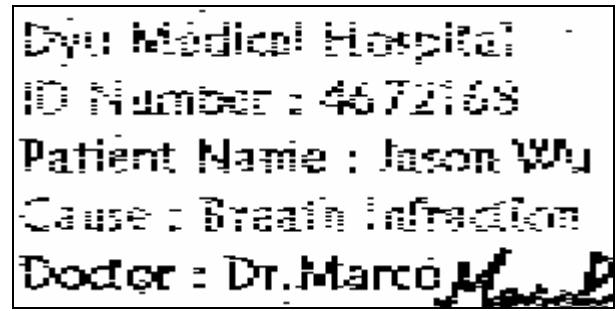


圖 18. JPEG QF=40 時萃取出之浮水印，NC=0.9101

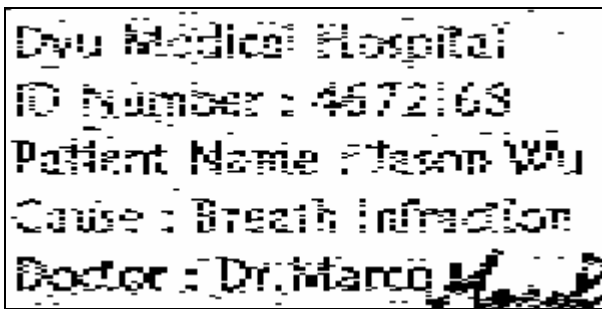


圖 15. JPEG QF=70 時萃取出之浮水印，NC=0.9073

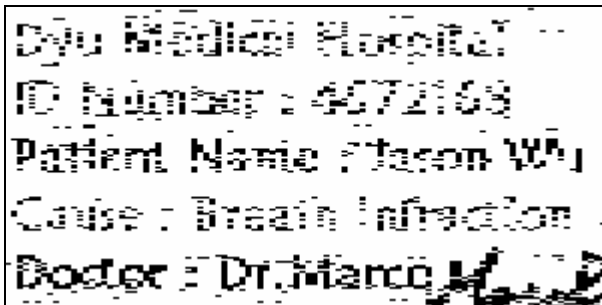


圖 16. JPEG QF=60 時萃取出之浮水印，NC=0.8958

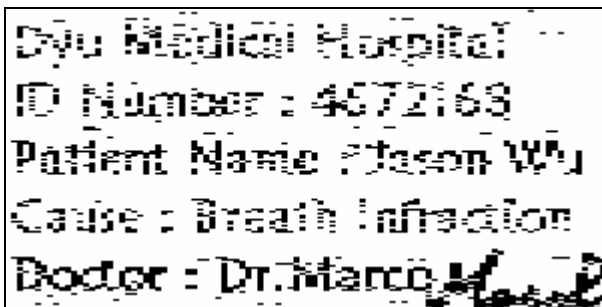


圖 17. JPEG QF=50 時萃取出之浮水印，NC=0.9047

在醫療影像上。將病人診斷資訊使用浮水印的方法嵌入在影像中，防止在影像遭受到攻擊或篡改的時候無法得知此影像的所有權。在論文中，我們使用了 PQM 的分割方式，將影像分為明顯與不明顯區域，並將浮水印僅藏在不明顯區域，接著採用 DCT 的浮水印方法藏入浮水印在影像的中低頻係數中，可維持較高的 PSNR 值以減低醫師的誤判可能。並且在萃取的時候，以不需要原圖的前提，能在遭受攻擊或一般影像處理的情況下達到令人滿意的強韌性。由實驗得知，萃取出之浮水印可達到一定的辨識度。但是在加入雜訊或是讓影像平均亮度降低的影像處理效果會稍差，希望將來能將其改進。未來的方向期望能將此方法試著移植到實際的醫療系統軟體上實作。

### 參考文獻

1. Berghel, H. (1997) Watermarking cyberspace. *Communications of the ACM*, 40(11), 19-24.
2. Cox, I., J. Kilian, F. T. Leighton and T. Shamoon (1997) Secure spread spectrum watermarking for multimedia. *IEEE Transactions on Image Processing*, 6(12), 1673-1687.
3. Hsu, C. T. and J. L. Wu (1999) Hidden digital watermarks in images. *IEEE Transactions on Image Processing*, 8(1), 58-68.
4. Kang, X., J. Huang, Y. Q. Shi and Y. Lin (2003) A DWT-DFT composite watermarking scheme robust to both affine transform and jpeg compression. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 13(8), 776-786.
5. Mannos, J. L. and D. J. Sakrison (1974) The effects of a visual fidelity criterion on the encoding of images. *IEEE Transactions on Information Theory*, 20(4), 525-536.



- 
6. Podilchuk, C. I. and W. Zeng (1998 ) Image adaptive watermarking using visual models. *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, 16(4), 525-539.
  7. Puhon, N. B. and A. Makur (2004) A robust image watermarking scheme based on perceptual contrast energy. The First International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing, Chennai, India.
  8. Ruanaidh, J. J. K. and T. Pun (1997) Rotation, scale and translation invariant digital image watermarking. 1997 IEEE International Conference on Image Processing, Santa Barbara.
  9. Shih, F. Y. and Y. Wu (2005) Robust watermarking and compression for medical images based on genetic algorithms. *Information Sciences*, 175(3), 200-216.
- 收件：96.07.05 修正：96.08.08 接受：96.09.27