

紅外線數位浮水印結合資訊加密之防偽設計

張家龍

國立台灣師範大學科技學院圖文傳播學系研究生
magicmax2003@msn.com

摘要

本研究目的在提出以噴墨列印輸出建立的防偽機制，構成具多重防偽功能的實體浮水印，與圖文整合時，經過編碼的隱藏資訊可接受一定程度的破壞，達到噴墨印刷品加值的效果。利用數位半色調技術構成二維條碼形式的浮水印，將其整合設計於身份證件的應用，編碼過程利用 BCH Code 錯誤校正碼針對兩階浮水印影像進行容錯編碼，之後利用紅外線攝影裝置觀察，隱藏的浮水印資訊經由程式語言進行解密。結果顯示經目視觀察時，隱藏浮水印資訊乃呈現一致階調的影像，但透過紅外線攝影裝置觀察，可發現浮水印中碳黑墨形成的半色調影像呈現深色，中性灰則幾乎透明，視覺上即可看出顯著的對比，進而達到版權宣告的目的。浮水印可經由紅外線攝影裝置驗證，隱藏資訊遭攻擊時也能一定的容錯能力。

關鍵詞：噴墨印刷、數位半色調、浮水印、紅外線偵測、二維條碼。

Abstract

The objective of this research is to propose a method for inkjet printing to build anti-counterfeiting features by infrared detection. The method also provides many value-added application for ink-jet printing process. The watermark designed as form of the 2D barcode. The result that binary watermark has error correction capability by BCH error correction code. Digital halftoning technique and the threshold matrix are used to generate the watermarked printed image. The integrated design of ID card is successfully implemented. The method achieve the purpose to declare copyright on the basis of the digital watermark. The results show that the watermark can be detected either by infrared camera or by copying machine and to withstand the noise attack.

Keywords: Inkjet printing, Digital halftone, Watermark, Infrared detect, 2D barcode.

1.前言

色彩影像可分為兩類，一為數位檔案影像藉由螢幕表現，另一則是運用色料混合或疊色將影像呈現於印材上，後者為印刷圖像，若要應用在有價證券或安全文件，則是需要材料或以印刷方式藏入特定資料或圖案。

隨著數位時代的來臨，數位印刷流程已經普遍運用於商業印刷，只要透過簡單的設備如掃描器、桌上型印表機與影印機，即可快速地完成文件複製；但另一方面，偽造者更容易靠著容易取得的設備偽造出高品質的複製品，因此文件防偽機制在數位印刷中極為重要，以往傳統凹版使用細節紋路和幾何圖形(圖1-1)作為防偽特徵，但面對現今高解析度的掃描設備已不足以作為主要的安全特徵，因此數位化的實體浮水印也逐漸廣泛應用於印刷防偽當中。

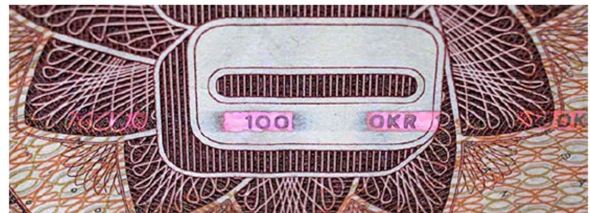


圖1-1、鈔票防偽設計使用之細節紋路和幾何圖形[7]

在複製設備容易取得的背景條件之下，實體文件多重保護的機制極需要建立，數位資訊的加密可以保護數位檔案的流通，實體文件的保護功能還需配合人眼直觀的判斷或輔以特殊器材來偵測防偽特徵，因此有價證券或安全文件的防偽特徵設計必須配合視覺特性且要能方便判斷。

由於青、洋紅、黃色在紅外線下幾乎呈現透明，碳黑物質則是極佳的紅外光源吸收體[6]，而碳黑物質在印刷工業上已廣泛使用在顏料的成分中，又因為目前實體浮水印的相關研究多針對改變網點的形狀與排列進行資訊隱藏，較少針對經特殊光源進行驗證之浮水印，因此本研究之浮水印設計將利用上述光學特

性應用到紅外線攝影來偵測與驗證。

近年來浮水印技術已廣泛應用於印刷品的防偽，有價證券、郵票、鈔票等類比化的媒材都是應用範圍，其浮水印防偽特徵大多是在類比的輸出圖案中藏入加密資訊和浮水印，且隱藏圖文大多是方便直觀判斷的圖形，例如新台幣紙鈔中使用頭像、歐元使用具代表性的建築物，但是具備條碼功能的實體浮水印應用卻不多見。

目前廣泛使用的二維條碼，雖然是具有加密能力，但卻甚少以實體浮水印的形式呈現，舉一實際例子如(圖1-2)為具有信息郵戳(information-based indicia, IBI)的信封，二維條碼可藏入面額、日期、信件種類、郵遞資料等訊息[18]，就目前設計而言，條碼和圖文是分開呈現的，但對於人眼來說，二維條碼的影像是沒有意義的，條碼影像必須經由電腦解讀才能轉換成資訊。



圖 1-2、具有信息郵戳之信封(a)信封之整體樣式；(b)信息郵戳放大圖(圖片來源：掃描自 IS&T 協會之專用信封)

若有一機制能將二維條碼與圖文作視覺上的整合，也就是給予機器判讀的影像能隱藏於圖文設計中，解密時再利用特殊光源擷取條碼影像資訊，如此不但強化條碼的隱密性，亦增加圖文的使用空間。而目前二維條碼資訊加密應用都還沒有與圖文整合的機制，因此本研究將結合二維條碼設計經由特殊光源驗證的浮水印。

二維條碼雖然可隱藏資料量大，但是影像可能遭受各種攻擊，如壓縮、切割、旋轉、平移等，尤其經由特殊光源進行驗證，取像時必

然會有雜訊的產生，如何抵抗攻擊而成功的取出隱藏之中的浮水印是一非常重要的課題，因此本研究嘗試採用 BCH code 錯誤校正編碼針對兩階影像進行容錯編碼，使隱藏資訊具有錯誤校正的能力。

本研究目的在於建立二維條碼應用於紅外線浮水印之系統，實驗此系統之可行性，利用二維條碼浮水印藏入個人化的訊息，整合給予機器判讀的條碼影像與給予人眼視覺觀看的圖文。因此研究目的可歸納為以下三點：

- (1) 利用噴墨印刷中碳黑墨水的特性，設計隱藏浮水印的方法。
- (2) 進行浮水印之影像處理及加密圖像的輸出實作。
- (3) 對已加密之圖像擷取影像及進行解密。

綜合以上目的，本研究必須先瞭解數位半色調浮水印技術應用於浮水印設計之特性為何？噴墨墨水中顏料在紅外線下的光學特性為何？實際完成實體浮水印後，除了以紅外線攝影進行觀察，最後也必須驗證二維條碼的解密效果。

2. 實體浮水印與數位半色調

2.1 浮水印之應用

目前圖像浮水印以其呈現的方式可區分為數位影像浮水印[1][2][9]及實體影像浮水印[16]。數位浮水印製作原理在於藏匿秘密訊息至不同的媒體當中，我們可透過解密的方式來判斷文件的真偽，浮水印的存在除具備防偽功能，更可依據解密訊息循線找出原出處，進而達到保護版權的目的。然而，數位浮水印以電腦編碼方式加密，故必須經由電腦才能達到解密的效果，若考慮以人眼即可辨讀，實體浮水印與即時防偽特徵存在必要性，也因此本研究將以實體浮水印的概念作為浮水印設計的主軸。

2.2 實體影像浮水印相關研究

圖像防偽技術應用於日常生活中的有價券、安全文件等，其目的都是在進行所有權及有效性的認證[11]。印刷品的實體浮水印技術中，半色調影像結合資料隱藏技術亦為一重要的課題，在這方面的研究上，有利用半色調算法過程中或在完成後嵌入資訊等不同的機制，本節將介紹數位半色調技術中相關的浮水印技術。

先前有關數位浮水印技術的研究當中，網

點變形的技術，屬於調幅網點中點陣調色法，可依需要設計及調整點矩陣 (Threshold Matrix)，以網點排列形成的位置作為隱藏資訊的依據，其中最早在 1994 年 David L. Hecht 所提出的 Glyph Code[3]設計的網點較為人知，由兩階的資料 0 或 1 對應於左斜或右斜的變形網點(如圖 2-1)，2002 年有部分研究著重於透過改變局部區塊網點形狀、網點尺寸，用微小字型取代網點，來達到隱藏資訊的效果[4]。

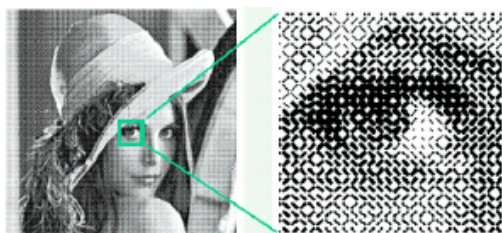


圖 2-1、Glyph Code 網點設計示意圖[4]

2002 年有部分研究著重於透過改變局部區塊網點形狀、網點尺寸，用微小字型取代網點，來達到隱藏資訊的效果[4](如圖2-2)。

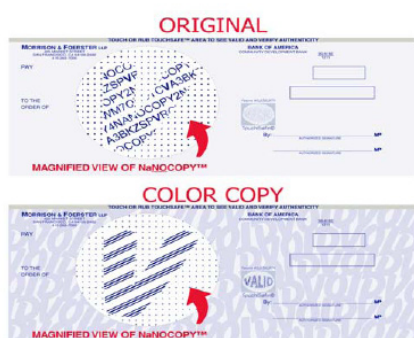


圖2-2、微小字型網點技術之實體浮水印[4]

2002 年有研究者透過改變過網區塊的網點數，進行資訊隱藏[8](如圖2-3)，藉由多種網點的疏密，造成取樣頻率不同，藉由不同濾鏡觀察可顯現出相異之隱藏浮水印影像。

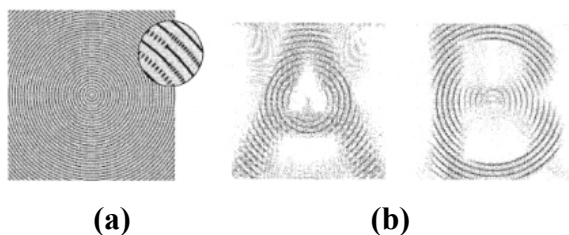


圖2-3、透過改變過網區塊的網點數之實體浮水印(a)為區塊網點放大圖；(b)藉由不同濾鏡觀察

之效果[8]

2004 年有研究者討論以混合網點技術製作浮水印[20] (如圖2-4)，當時的研究是以45度臨界值矩陣建立AM區域網點與FM網點結合之浮水印研究，複印時，兩種尺寸的網點所需的取樣頻率不同，而複製設備無法滿足其中之一的取樣需求時，即能顯示隱藏之浮水印，以防止以複印機或掃描印列影像的偽造。

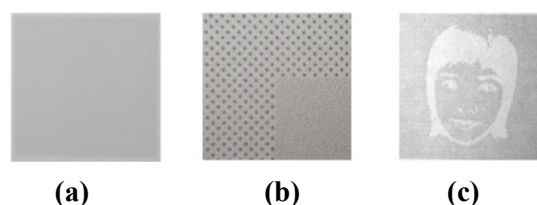


圖2-4、(a)為肉眼觀看之效果；(b)為浮水印細部結構圖；(c)為經複印後之效果網點細部結構示和效果示意圖[20]。

2007 年有研究者調配螢光油墨後，建立 CIE 色彩空間與自行調配的螢光油墨之間色域對應模式，再使用自行設計的網點演算法進行過網，最後模擬油墨在紫外光照射下發散出可見光而產生的色彩影像，此研究目的在於讓螢光的色彩效果儘量達到與原始影像色彩的一致性，藉以作為防偽特徵[5] (如圖2-5)。

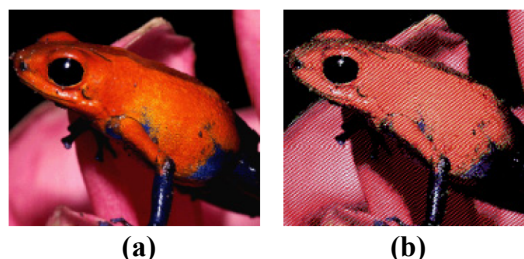


圖2-5、(a)為原始彩色影像；(b)照射紫外光後的效果[5]

由上述相關研究可知目前較少利用半色調技術應在特殊光源下驗證防偽特徵的研究，大多都是針對複印後，因為掃描設備取樣頻率不一而造成浮水底紋顯現或細節的消失，也因此本研究欲建立利用紅外線觀察裝置能進行驗證的浮水印。

2.3 數位半色調過網技術

傳統半色調技術是利用網屏照相的方式對影像進行過網；隨著電腦直接製版(CTP)及數位印刷流程的成熟，數位印刷製程利用半色

調技術模擬連續調影像，達到圖像複製的目的，而數位半色調演算法就是將數位影像轉換成符合輸出設備特性的網點，使之造成包含許多不同種類的灰階效果，也就是給予印刷圖紋影像強度的變化，影像在視覺形成的基礎就是人眼具有低頻率波器的特點，在一定距離觀看半色調影像時，視覺會產生錯覺而對影像墨點有積分的效果[17]，舉例而言，在 25 公分(10 inch)的觀看距離時印刷圖像大於 175 線(lpi)，則人眼觀看其圖像灰度是相同的，無法察覺網點之細微結構，如(圖 2-6)所示，橫座標為圖像之頻率；縱座標為圖像之解析度。頻率太高或太低的訊號，人眼都較難察覺。

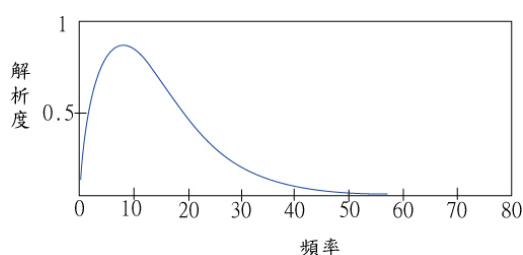


圖 2-6、人眼視覺曲線圖(Modulation Transfer Function, MTF)[14]

數位半色調演算法種類繁多，比較常見的演算方式依照網點呈現方式的不同，數位過網的技術主要分為兩類：點陣調色法(order dithering)和誤差擴散法(error diffusion)，點陣調色法所形成的網點稱為調幅網點或AM(Amplitude Modulation)網點，其主要是由大小不同但距離相同的網點所組成，而點陣調色法最常見的演算方式是將影像劃分成不重疊的連續區塊，再以臨界值矩陣對影像區塊進行半色調處理，其中臨界值矩陣排列的方式和大小可依實際輸出的情形作調整，如(圖2-7)為點陣調色法中網屏角度0度大小為 8×8 的臨界值矩陣，(圖2-8(a))為所得到的調幅影像，而點陣調色法的優點為演算的速度快，但容易造成部分空間解析度(spatial resolution)的喪失。而誤差擴散法所形成的網點稱調頻網點或FM(Frequency Modulation)網點，其主要是由大小相同但距離不同的網點所組成，如圖(圖2-8(b))。

61	53	41	33	37	52	60	64
57	45	25	13	17	32	48	56
49	29	21	5	9	24	28	44
39	19	11	1	3	8	16	36
35	15	7	4	2	12	20	40
43	27	23	10	6	22	30	50
55	47	31	18	14	26	46	58
63	59	51	38	34	42	54	62

圖 2-7、網屏角度 0 度大小為 8×8 的臨界值矩陣

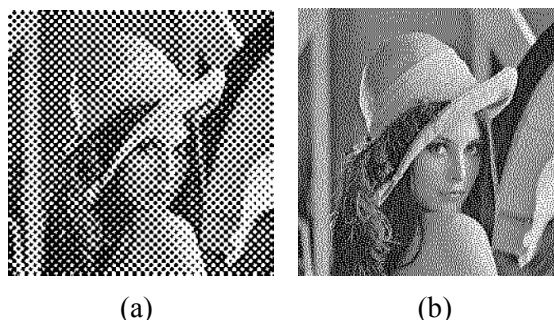


圖 2-8、不同網點結構的半色調影像(a)AM 網點；(b)FM 網點

FM 網點主要的特徵為網點基本單位大小一樣，但點與點之間的距離不同，也就是頻率改變，但振幅固定，因此所形成的半色調影像因利用網點疏密來表現階調，所以對於影像中亮部表現佳，暗部則易因網點擴張，造成暗部階調表現差，由於本研究設計之浮水印目的在達到視覺灰平衡的隱藏效果，因此在階調表現與網點分佈位置有一定的要求，AM 網點雖然會因網屏角度的問題，而有干涉花紋的情況產生，而會造成視覺上強烈的對比，稱為錯網(moiré)，但相對於 FM 網點，AM 網點比較不會有網點擴張(dot gain)的問題，本研究需針對網點的位置作較為精確的調整與控制，因此以下小節將探討常見的網點演算法，找出適合建構隱藏資訊的半色調網點。

2.3.1 定階量化法

定階量化法是最簡單的半色調技術，其概念為將一連續調影像 O 中的每一點像素(pixel)經由一個臨界值矩陣量化成兩階的半色調影像 P，只要大於門檻值(threshold)，其像素值為 1，反之為 0，流程如(圖 2-9)。

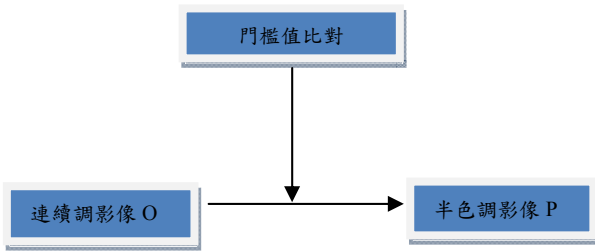


圖 2-9、定階量化法流程圖

其演算法可以透過方程式(1)來表示，而(圖 2-10)為 Lena 經過臨界值為 0.5 所量化的結果。

$$P(x, y) = \begin{cases} 1, & O(x, y) > threshold \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$



圖 2-10、定階量化法 (a)原始連續調影像；(b)半色調影像

定階量化法可快速將影像轉為半色調，但在影像中平滑階調部份會因為量化而使得誤差累積，造成高反差，因此幾乎無法表現影像層次。為了改善此一問題，有學者提出以增加隨機雜訊(random noise)的方式來對影像作調變，藉此降低影像的高相關性，以降低反差。流程如(圖 2-11)所示，而(圖 2-12)為 Lena 影像經此方法量化之結果。

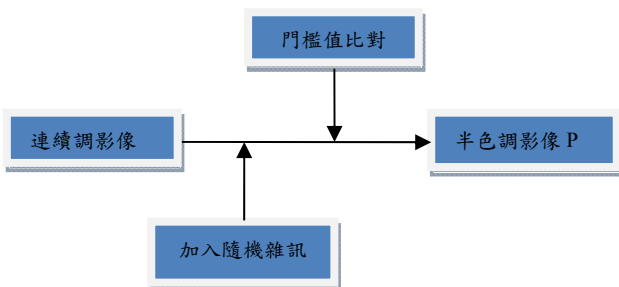


圖 2-11、影像加入隨機雜訊之定階量化法

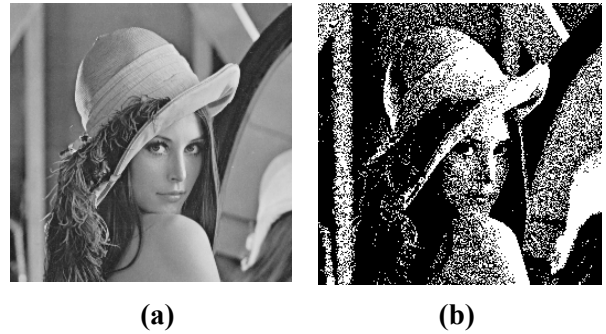


圖 2-12、影像加入隨機雜訊量化後的結果(a)原始連續調影像；(b)半色調影像

雖然影像在添加雜訊並經過量化後能減少高反差的情形，但卻會因為外加的隨機雜訊而使得影像出現顆粒狀，增加與原稿間的誤差。

2.3.2 點陣調色法

點陣調色法(ordered dithering)[17]演算精神在於透過連續調原稿與臨界值矩陣的比對，決定個別像素點成為0或1的訊號值。也就是將影像劃分成不重疊的連續區塊，再利用所設計之含不同階權重係數的臨界值矩陣，所生成的網點排列方式與形狀受到矩陣內的數值影響，不一樣的臨界值矩陣可形成不同網點排列結果，對區塊影像進行半色調處理。

其臨界值的產生就是先將原灰階 $g(i, j)$ ，透過方程式(2)將原灰階值量化成臨界值矩陣的階調數 $t(m, n)$ ，其中 N_1 與 N_2 代表臨界值矩陣的長和寬。

$$t(m, n) = N_1 \times N_2 \times \left(1 - \frac{g(i, j)}{255} \right) \quad (2)$$

得到臨界值矩陣的階調數 $t(m, n)$ 後，再透過方程式(3)與臨界值矩陣作比較：

$$b(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{when } g'(i, j) \geq t(m, n) \\ 0 & \text{when } g'(i, j) < t(m, n) \end{cases} \quad (3)$$

其中， $b(i, j)$ 為二階影像個別像素點(在此我們以1表示黑點，0表示白點)。

$g(i, j)$ = 灰階影像階調值。

$g'(i, j)$ = 調整後階影像階調值，其調整方式與臨界值矩陣尺寸有關。

對於數位輸出來說，點矩陣調色法就是指引機器如何去著墨的方式。其依臨界值矩陣權

重設計的方式不同可分為叢聚式(clustered dithering)及分散式(dispersed dithering)兩種。一般而言,矩陣當中的臨界值排列,若呈現規律的順序,我們可視為叢聚式點陣調色法,反之若臨界值呈現隨機狀分散排列,我們稱之為分散式點陣調色法 [18]。

叢聚式的點陣調色法中,臨界值矩陣階權重的設計是由中間向外擴展,此種方式對於固定階調的影像表現效果較佳,缺點為所產生之半色調影像會造成部分空間解析度的喪失;分散式主要針對影像高頻部份做設計,對影像邊界能保留較多的資訊,可產生較佳之影像品質,但是因為像點為獨立產生,因此較容易有網點擴大(Dot Gain)的情形,其臨界值矩陣如(圖 2-13)所示,藉由此兩種方式輸出之半色調影像如(圖 2-14)。

61	53	41	33	37	52	60	64
57	45	25	13	17	32	48	56
49	29	21	5	9	24	28	44
39	19	11	1	3	8	16	36
35	15	7	4	2	12	20	40
43	27	23	10	6	22	30	50
55	47	31	18	14	26	46	58
63	59	51	38	34	42	54	62

(a)

1	17	5	21	2	18	6	22
25	9	29	13	26	10	30	14
7	23	3	19	8	24	4	20
31	15	27	11	32	16	28	12
2	18	6	22	1	17	5	21
26	10	30	14	25	9	29	13
8	24	4	20	7	23	3	19
32	16	28	12	31	15	27	11

(b)

圖 2-13、點陣調色法之臨界值矩陣 (a)叢聚式; (b)分散式

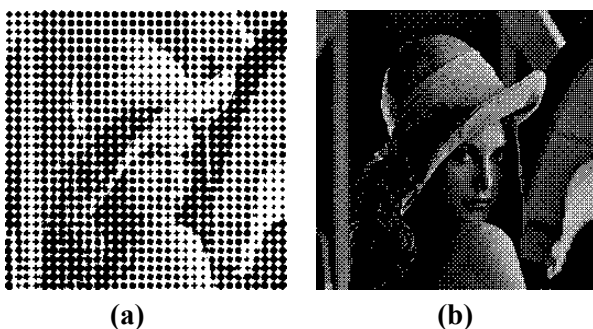


圖 2-14、經點陣調色法輸出之半色調影像 (a)叢聚式; (b)分散式

2.4 紅外線與噴墨墨水的光學特性

紅外線光譜涵蓋的波長範圍為 $0.7 \sim 14 \mu\text{m}$, 雖因儀器設備組件的不同, 發散之紅外線波長會有所差異, 紅外線波長涵蓋區域大致可分為三類, 其示意圖如(圖 2-15):

1. 波長從 $0.7 \sim 2 \mu\text{m}$ 的範圍為近紅外線區(Near-Infrared region)
2. 波長從 $3 \sim 5 \mu\text{m}$ 的範圍為中紅外線區

(Middle-Infrared region)

3. 波長從 $8 \sim 14 \mu\text{m}$ 的範圍則為遠紅外線區(Far-Infrared region)

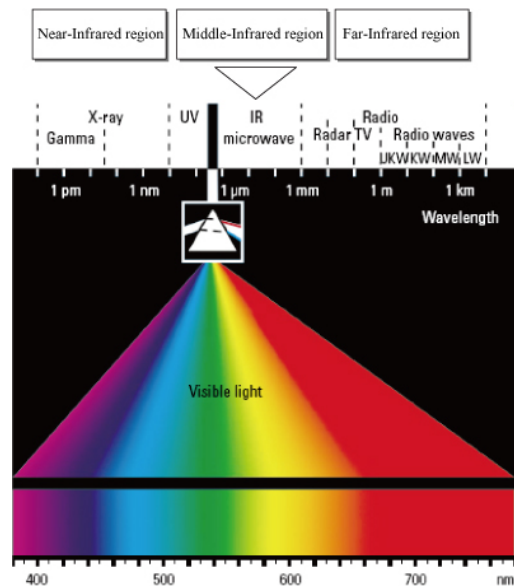


圖 2-15、光譜示意圖[22]

當波穿過物質時, 把它的能量傳遞給物質。聲波、電磁波和其他波的能量與波的振幅的平方成比例。當波穿過物質時, 它的振幅逐步下降, 如果只有很小部分能量被吸收, 則稱此媒質對於該種輻射是透明的; 如果所有的能量都被吸收, 便稱該媒質為不透明, 已知的一切透明物質都有一定程度的吸收作用, 物質的吸收作用是有選擇性的, 即它們吸收某些特定波長的輻射[22]。

碳黑在中紅外線區域表現較大的被吸收率, 另外工業上常以碳黑來加強色彩的黑度值(blackness), 其原因為碳黑的粒徑較小, 對於色調表現相當有幫助, 因此碳黑為各種顏料中經常使用的配料[10]。

由於噴墨印表機是依 Cyan、Magenta、Yellow 三個色版由數位過網程式計算後在設定的位置進行著墨, 且在實際應用上, 除 C、M、Y 三色之外, 也增加了黑色, 因此利用程式過網四色輸出即可以模擬出網點的分佈, 由上述可知碳黑吸收紅外線區, 而青、洋紅、黃色等色料在紅外線下則幾乎呈現透明, 本研究即是利用此特性製作具有隱藏資訊的浮水印。

而使用碳黑(carbon black)在紅外線下的光學特性應用, 日本國立印刷局在 2004 年曾發表名為 ImageSwitch 的半色調網點技術[6][8], 不過並不是以浮水印的概念進行設計, 而

是類似變圖標籤的形式呈現，利用青、洋紅、黃色與碳黑經由特殊設計的網點演算法如(圖 2-16)所示進行輸出，將防偽特徵以碳黑網點隱藏於複雜影像中，在紅外線攝影觀察下便有變圖的效果如(圖 2-17)，由於其研究碳黑網點的排列會影響圖像色彩階調的表現，因此 ImageSwitch 的防偽標籤通常是小區塊的圖像，而後 ImageSwitch 另一新應用是利用溫度變化產生變圖效果，亦是使用相同網點結構原理，但屬於熱致變油墨的應用，不在本研究探討範圍。

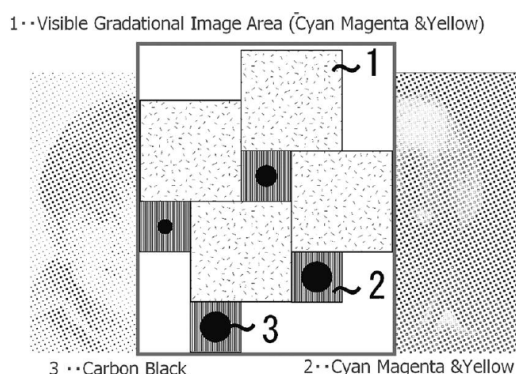


圖 2-16、ImageSwitch 技術之網點結構示意圖 [6]

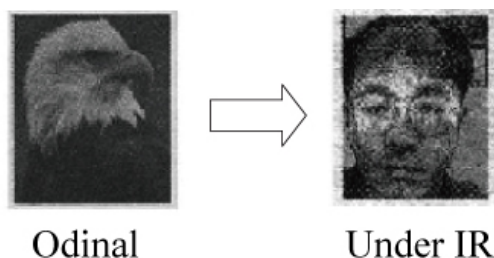


圖 2-17 ImageSwitch 技術之範例圖 [6]

3. 研究方法

3.1 研究流程

本研究以半色調技術製作實體影像浮水印，主要概念是透過改變圖像區塊的網點特徵，當原稿經紅外線光源下觀察時，人眼可以透過器具清楚看到碳黑墨水組成的隱藏浮水印，且不同的網點造成取樣頻率不一致，促使浮水印顯現造成複印失敗。

在本研究當中，採用程式語言進行影像處理，使用點陣調色法以網屏角度0度的臨界值矩陣建立網點，首先以不同臨界值矩陣尺寸產生的網點與中性灰進行匹配實驗，同時考慮數

位影像經由輸出設備列印時，會受到網點結構、設備條件、被印媒材等不同條件的影響，易產生不同的網點擴張效應(dot gain)，在進行視覺灰平衡試驗時也同時在適應印機所產生的網點擴張效應。

經多次的測試和調整網點得到最佳組合，產生已加密的數位影像作為底紋後，實際設計於身份證件中並觀察浮水印的隱藏效果，最後考慮在取像過中流失影像資訊，亦可能有攻擊產生，因此藉由容錯編碼提升容錯能力，再來實際以自行設計之身份證件為輸出樣本，利用紅外線攝影裝置進行取像工作，最後驗證是否能順利解密。綜合以上，本研究流程可大致歸納如(圖3-1)所示。

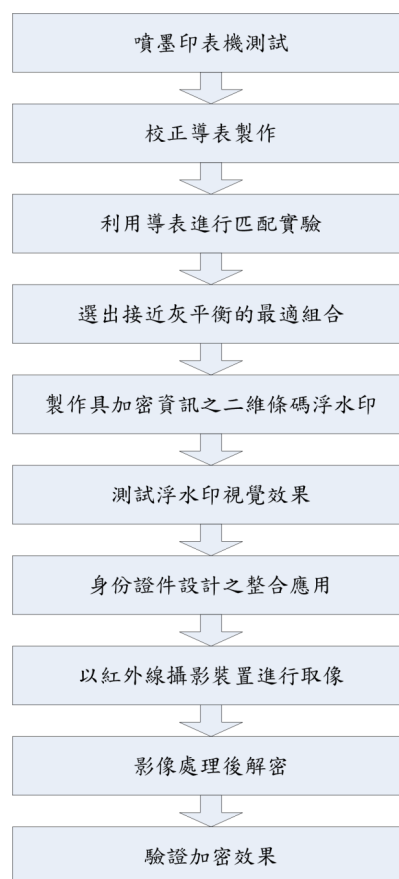


圖 3-1、實驗步驟流程图

本研究所使用的設備及工具如下表 3-1：

表 3-1、研究所使用的設備及工具

設備	Hp Deskjet 1280 噴墨印表機
	DORS 1100 INFRA-RED DETECTOR 紅外線攝影器材
工具	Matlab 2007a 程式語言軟體
	Photoshop CS2 影像處理軟體

3.2 紅外線數位浮水印之設計

3.2.1 網點校正導表

由於在結合浮水印及印刷的條件中，可利用網點的不同網線數來將浮水印嵌入一平網中，在網點的機制中，網線數越高則網點則越小；反之，網線數越低則網點越大，對於人眼視覺模式之下在一定的距離時是無法分辨其差異，因此導表設計隱藏資訊底紋將採用AM網點構成。

本研究採用 Hp Deskjet 1280 噴墨印表機以解析度 600dpi 輸出，底紋部分使用 6×6 臨界值矩陣進行半色調過網 (如圖 3-2)，其餘部分由印表機 C、M、Y 三色混和之中性灰構成，實際將導表置於光學顯微鏡下觀察，導表網點結構如(圖 3-3)所示。

33	25	13	17	32	36
29	21	05	09	24	28
19	11	01	03	08	16
15	07	04	02	12	20
27	23	10	06	22	30
35	31	18	14	26	34

圖 3-2、本實驗浮水印過網之 6×6 臨界值矩陣

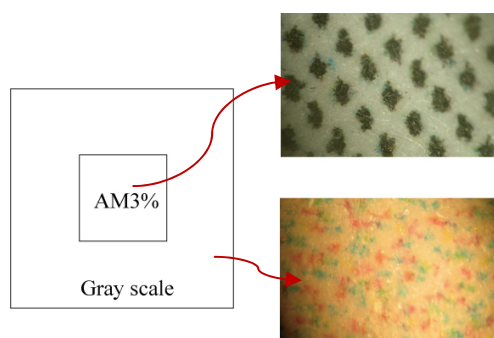


圖 3-3、實驗導表網點結構示意圖

實驗以不同濃度網點比較後，最後採以 3%K 濃度碳黑網點為比較基準，實際上浮水印底紋視覺濃度越低越好，但 1%濃度碳黑網點受限於以 8×8 臨界值矩陣進行過網，會使其線數過低，導致網點易於為人眼察覺，喪失隱藏浮水印的效果，而 4×4 臨界值矩陣進行網點配置雖然能提高線數，但是碳黑網點濃度過高，顏色過深不適合作為浮水印底紋，因此最後使

用 3%K 濃度之碳黑網點作為比較基準。

本研究製作校正導表進行匹配實驗(圖 3-4)，選定印表機在相同的環境設定下進行輸出，選出 3%網點和一定範圍階調之中性灰(灰階值 200-250)作比較，最後找出視覺接近灰平衡的組合。

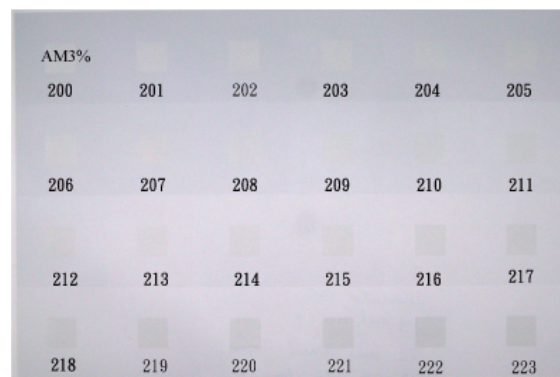


圖 3-4、實驗導表輸出稿件

經過網點校正導表比較後，灰階值210-215之間的中性灰與3%K濃度網點在視覺上的差異較小，也最符合浮水印隱藏設計的標準，在進行導表實驗的同時，我們也發現臨界值矩陣的過網效果對於浮水印的形成會有所影響，若網點品質不良產生錯網(moiré)會造成浮水印品質低劣；若網點位置分佈不良會在浮水印邊界產生黑邊，導致隱藏效果不彰，因為本研究對於網點的位置和品質需要精準的控制，因此選用叢聚式點陣調色法(clustered ordered dithering)便於控制浮水印中網點的分佈，避免在浮水印邊界產生黑邊。

3.2.2 二維條碼設計

本研究編碼方式首先將身份證件編號由十進位轉二進位，使欲加密的數字都以 0 與 1 的方式呈現，再將個人資訊 ID number：695720118 作為編碼元素，利用 BCH code 的概念控制黑與白的排列進行重複編碼，針對兩階浮水印進行容錯編碼，其中「 n 」代表編碼後的位元數、「 k 」代表原始資料位元數、「 t 」代表編碼後之容錯值，而參數之間的關係必須符合下列三項條件[7]：

1. $2^m - 1$ 且 $m \geq 3$
2. $t < n/2$
3. $n - k \leq mt$

(表 3-2)為 BCH code 編碼之部分參數內

容，以本研究為例，隱藏資訊為 695720118 換算成二進位共由 30-bit 組成，經由容錯編碼後位元數增加為 63-bit，容錯值為 6。

3-1、BCH code 編碼之部分參數內容

n	k	t
63	57	1
63	51	2
63	45	3
63	39	4
63	36	5
63	30	6
63	24	7
63	18	10
63	16	11
63	10	13

經過容錯編碼之後已具有二維條碼的形式(圖 3-5)，但圖形過於規律，資訊隱藏效果不良，易受影像中雜訊的攻擊導致解密結果不精確，為提高資訊隱藏的能力，後續將將密碼部分隨機打散位置，建立二階影像資訊位置的對照表便於之後解密時重新取樣的還原工作，加入定位點後可得(圖 3-4)之結果。

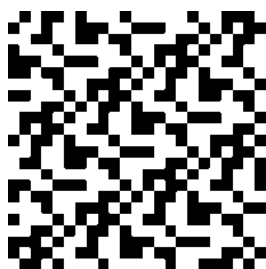


圖3-5、經容錯編碼後重複排列之二維條碼



圖3-6、經隨機打散位置並加入控制點之結果

3.2.3 身份證件之整合應用

利用導表經匹配實驗找出符合灰平衡的最適組合，下一步便是實際製作浮水印並觀察其效果，我們將編碼後的影像設計於身份證件作為測試樣本，最後找出灰階值 210 能達到良好的加密效果，取得此一組參數作為浮水印設計的指標，在正常的視覺距離，混合網點底紋呈現一致的階調，成果如(圖 3-7)。



圖 3-7、本研究設計之身份證件於正常光源下觀看

本研究使用 DORS 1100 紅外線攝影裝置作為取像工具，經目視觀察時，隱藏浮水印資訊乃呈現一致階調的影像，但透過紅外線攝影裝置觀察，可發現浮水印中碳黑墨形成的半色調影像呈現深色，中性灰則幾乎透明，透過攝影裝置即可看出顯著的對比(圖 3-8)。



圖 3-8、本研究設計之身份證件經紅外線攝影裝置觀察之效果。

影像經由攝影裝置擷取後二維條碼影像部分如(圖 3-9)，可發現二維條碼因為與圖文整合的緣故，部分印紋覆蓋於條碼上，因此條碼影像資訊有遺失的情形，且影像亮度分佈不均，因此必須對擷取之影像作影像處理才能正確地重新取樣。

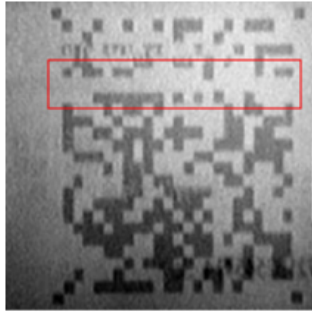


圖 3-9、二維條碼與圖文整合所遭的攻擊(紅框處所示)

3.2.4 影像之線性化處理

使用紅外線攝裝置擷取畫面後要對擷取後大小為170 x 170 pixel的影像分成8個區塊進行影像處理，因為擷取的畫面可能會因為環境或機具設備的影響而使亮度分佈不均，因此本研究以線性反差調整或轉換方程式(transfer function)之影像處理方式將階調作適度壓縮，此階調修正之影像(如圖3-7(b))可提升解密之效果。公式(3)為線性反差調整之方程式， F 是原始影像之灰度值， G 是階調修正後的灰度值， $f_{\min}$ 是原始影像中最小的灰度值， $f_{\max}$ 是原始影像中最大的灰度值。

$$G = \frac{(F - f_{\min} \times 255)}{(f_{\max} - f_{\min})} \quad (3)$$

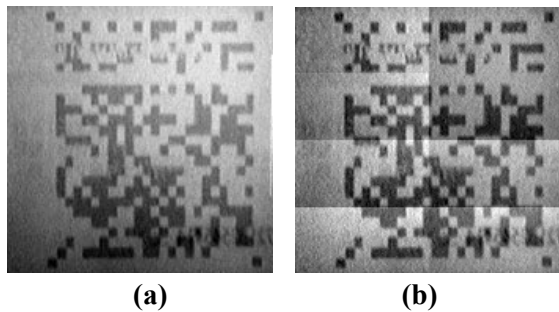


圖 3-10、(a)紅外線攝影裝置擷取之影像；
(b)經過轉移函數處理後之影像。

3.2.5 幾何轉換定位與浮水印還原

本研究將製作好之身份證件進行實際輸出，再以紅外線攝影裝置 DORS 1100 進行取像，由於在取像的過程中，其影像可能遭受到位移、放大縮小及旋轉等幾何轉換，因此在解密前需針對影像座標加以定位，本研究以影像的三個角點當作定位點(分別為左上、右上、右

下)，透過一次轉換矩陣求得其相對的關係，如公式(4)所示。

可以獲得三個角落座標。然而原始數位影像的三個角落座標為已知，則兩者之間的幾何轉換關係，可以下列方程式表示：

$$\begin{bmatrix} u_1 & u_2 & u_3 \\ v_1 & v_2 & v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ b_0 & b_1 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中 (X_1, Y_1) 、 (X_2, Y_2) 、 (X_3, Y_3) 為原始影像上的三個角落座標(以 X 表示)，而 (u_1, v_1) 、 (u_2, v_2) 、 (u_3, v_3) 則為經角點定位後所對應的座標(以 U 表示)，則可將公式(4)改寫成 $U = A X$ ，並求得轉換矩陣係數 A 如公式(5)所示，透過此轉換矩陣 A ，即 a_0 、 b_0 、 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 ，此為定位參數，帶回公式便可以將影像加以轉換及定位。

$$A = U X^T (X X^T)^{-1} \quad (5)$$

經由幾何轉換定位影像，再將事先階調壓縮過的八個區塊影像，分別藉由各區塊之臨界值(threshold)將其影像兩階化，以便進行浮水印的還原，而還原後之浮水印影像如(圖 3-8)所示。



圖 3-11、重新取樣後之二階影像浮水印

理想情況下若擷取的影像品質良好，像素便能完全取樣，但實際上條碼影像會受灰階值分佈不均、雜訊或圖文破壞所影響，因此解密時我們必須考慮到部分編碼資訊遺失的情況，最後反相解密，以統計次數累積最多的數值為正確解，以本實驗為例，經反像解密後所得累計出現最多次的數值為695720118，與當初加密的數值一致。

4. 結論與建議

完成浮水印基本的組成架構，將此防偽技術應用於身份證件當中，整合輸出後也確實達到隱藏效果，因此本研究浮水印提供一項以數位半色調為架構的防偽機制，當安全文件被試圖偽造時，除了印刷材料必須具備碳黑成分的基本條件，偽造者將遇到的第一門檻便是網點與中性灰之間的調配，且隱藏圖紋邊界的處理會影響浮水印的整體效果，如此建立文件安全性、達到版權宣告。

除了實體浮水印的防偽功能，本研究將二維條碼設計於浮水印底紋，利用容錯編碼與分散二階影像的資訊位置便能提高其容錯能力，進行適當的影像壓縮、幾何轉換等影像處理，最後亦能成功進行解密工作，目前二維條碼的編碼技術已相當成熟，本研究經實驗驗證了二維條碼的資訊加密技術能應用於紅外線浮水印的系統中，未來能採用容錯能力更高的編碼方式進行資訊加密。

而依個人化的資訊製作隱藏浮水印，此技術相當適合應用在可變印刷的製程中，未來可將防偽特徵設計成編碼的防偽底紋應用於大量的重要文件當中，包裝或文件都有其特定的序號資訊，一旦遭受非法複製，便可透過當中隱藏的特定序號檢查權限，有助於重要文件或包裝的管理工作，而二維條碼也不一定只限於隱藏數字編號，只要編碼者建立一套相對應解譯模式，使用者便能透過二維條碼浮水印獲取更多形式的隱藏資訊，配合噴墨輸出的特性，利用此系統即可輸出認證時效性較短的安全文件，達到噴墨印刷品加值的效果。

5. 致謝

感謝國立台灣師範大學圖文傳播學系次媒體實驗室的伙伴們，在此言謝。

參考文獻

- [1] C.M. Chou, W.C. Wang, H.C. Wang, "Watermarking a Holographic image on CD-R Disks," proceedings, **2006 Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing**, pp. 804-811, Taoyuan, Taiwan, August, 2006.
- [2] D. Gruhl, and W. Bender, "Information Hiding to Foil the Casual Counterfeiter," proceedings (Lecture Notes in Computer Science; 1525), **2nd International Workshop on information hiding**, pp. 1-15, Portland, Oregon, April 1998.
- [3] D.L. Hecht, "Embedded Data Glyph Technology for Hardcopy Digital Documents," in Proc. **SPIE Color Hard Copy and Graphic Arts III**, pp. 341-352, 1994.
- [4] G.K. Philips, "Combining Nanocharacter Printing, Digital Watermarking and UV Coded Taggents for Optimal Machine-Readable Security," SPIE proceedings, **Conference on Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques V**, vol.4677, pp. 150-158, 2002.
- [5] H. Roger, D. Philipp, C. Sylvain, "Color images visible under UV light," **ACM Transactions on Graphics**, Vol. 26, No. 3, Article 75, 2007.
- [6] H. Nagashima, and K. Saito, "New Security System for ID Certificates in IT Society," SPIE proceedings, **Conferences on Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques V**, vol.5310, pp. 142-150, 2004.
- [7] I.S. Reed and X. Chen, **Error-Control Coding for Data Networks**, Kluwer, 1999.
- [8] M. Kiuchi, and K. Saito, "Frequency Analysis for Security Printing Lines," SPIE proceedings, **Conference on Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques V**, vol.4677, pp. 110-120, 2002.
- [9] M.S. Fu, and O.C. Au, "Data Hiding Watermarking for Halftone Images," **IEEE Transaction on Image Processing**, 11(4), pp. 477-484, 2002.
- [10] O. Kohei, and S. Mitsuo, "Carbon black" (United States Patent 6136286), Japan: Mitsubishi Chemical Corporation, 2000.
- [11] R.L. van Renesse, **Optical Document Security**, 2nd Ed., Artech House, London, 1997.
- [12] R. Eschbach, "Recent Progress in Digital Halftoning", **Recent Progress in Digital Halftoning II**, Reprinted from IS&T

- Proceedings, pp. 9-11, 1999.
- [13] T. Uematsu, "Combining overt and covert anti-counterfeiting technologies for securities," SPIE proceedings, *Conferences on Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques V*, vol.6075, pp. 248-255, 2006.
- [14] T. N. Pappas, Jan P. Allebach, David L. Neuhoff, "Model-Based Digital Halftoning," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 14-27, July 2003.
- [15] W. Bender, and D. Gruhl et al., "Techniques for data hiding," *IBM System Journal*, vol. 35, no. 3&4, pp. 313-336, 1996.
- [16] Y.T. Chen, and H.C. Wang, "A watermarking technique for print-and-scanned digital pictures with the modification of geometrical transformation," *15th Conference on Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, proceedings, Shinchu, Taiwan, August 2002.
- [17] R. Ulichney, "Digital Halftoning", MIT Press, Cambridge, MA, 1987.
- [18] 林茂興 (民 96)。 *自動化集郵年刊. 第 2 期*。台北：郵政自動化集郵學會。
- [19] 赫爾穆特·基普漢 (2000)。“*印刷媒體技術手冊*,”(謝普南、王強 主譯)，廣州：廣東世界圖書出版。(原著出版年：2001 年)
- [20] 蕭佩琪、王希俊、連啟明 (2004)。“文件底紋之混合網點數位浮水印技術,” *第三屆數位典藏技術研討會論文集*，223-230。
- [21] 吸收。(2007)。*大英百科全書*。2007 年 11 月 28 日取自大英線上繁體中文版。
<<http://wordpedia.eb.com/tbol/article?i=000290>>.
- [22] 紅外輻射。(2007)。*大英百科全書*。2007 年 11 月 28 日取自大英線上繁體中文版。
<<http://wordpedia.eb.com/tbol/article?i=036840>>.