

第二章 文獻探討



第一節 半色調技術

一、半色調印刷

傳統的印刷設備只能輸出二階的影像，意即輸出的印刷品色階非黑即白，所以在印刷媒介物上複製如照片、繪畫、自然界之可視現象等連續調影像時，其實是輸出一連串疏密不同的黑點。在早期印刷製程中，傳統半色調(halftoning)技術[10]是以網屏置於原稿及底片間，經過曝光顯影的過程，依原稿的階調表現，而形成不同大小的網點在底片上。而網屏的功能是在一個像素上，把光量的隨機分佈，變換成近似連續分佈。將其與高反差的感光材料配合，便可形成最小基本單位—網點。

傳統網屏的部份大致可分為玻璃網屏及接觸網屏，網屏是在兩片玻璃各雕刻平行線，使用黑色不透明漆進行處理，然後把兩片玻璃上的線條直交成 90°密合。後改用密著式膠質製成，網屏上由不同層次的網點構成，可分陰陽片用、過網用及特殊畫面效果用網屏。玻璃網屏是利用兩塊玻璃上雕刻或腐蝕相同寬度、深度及距離的線條，再將腐蝕凹下部份塗黑，將相同的兩塊玻璃疊合交錯形成網格形狀。

而在接觸網屏部份，主要是以膠片為媒介材料，上面有距離一樣的暈點呈現，暈點由中間向外濃度由深至淺，中央濃度最高周圍最低，以圖 2-1 表示。因此，我們可藉由傳統照相過網的原理，以正常光源投射在連續調，或反射原稿上的濃度，進而形成不同亮度的光源表現，再經過接觸網屏上，便可得所謂的半色

調影像，如圖 2-2。我們以圖 2-2 將接觸網屏以數位模擬放大表示，可以發現到其網點結構會依網屏的設計，而形成中心密度高，邊緣密度低，每個網點具有連續階調的特性。但其細微上可以發現，不管在暗部或亮部，都會仍有許多因過網不均而產生的小點，進而影響其品質表現。

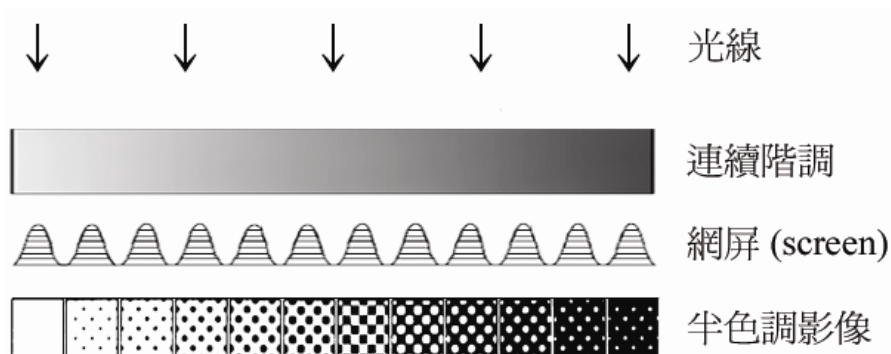


圖 2-1: 傳統半色調影像形成示意圖[5]

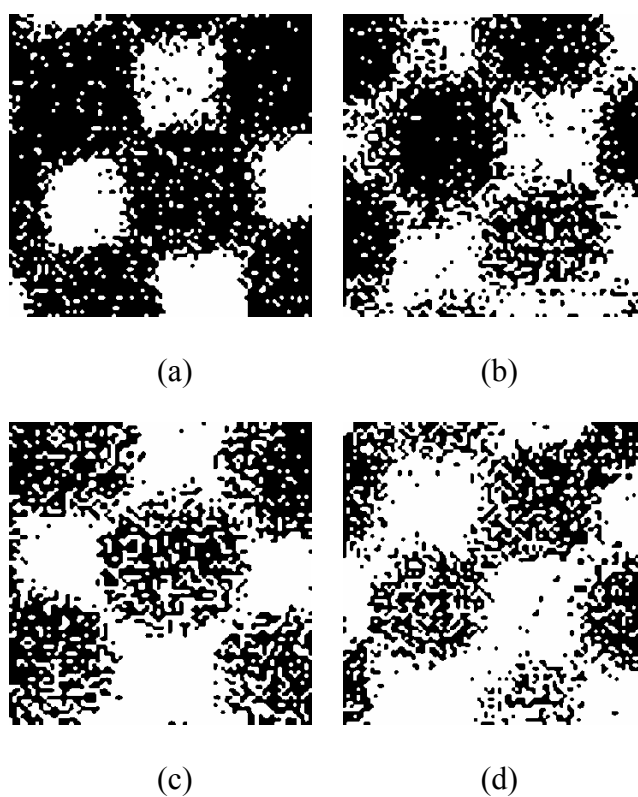


圖 2-2: 放大的接觸網屏示意圖[10]

(a)~(b)為依不同階調接觸網屏過網形成之網點

二、數位半色調

在傳統的印刷中，半色調影像都是利用玻璃網屏過網所產生的，但隨著科技的進步，印刷也開始採用數位化的方式，以減少傳統半色調所需要的複雜製程，相對於傳統網屏固定不變的過網方式，利用數位的方式去計算半色調影像來模擬連續調影像，更能適合現今各式不同媒介所取得的連續調影像，甚至可以依照連續調影像的特性，進而選擇不同的數位半色調演算法。

在傳統的印刷製程中，半色調影像都是利用網屏過網產生網點的，但隨著科技的進步與發展，半色調製程也數位化，所以，許多的數位化半色調演算法被提出[12][16][31]，雖然不同的數位半色調演算法有著不同的產生網點方式，但他們都有著相同的目的，就是希望能將連續調原稿藉由列印過程能完整地重現。

而數位半色調技術(digital halftoning)是一項以基本的印刷技術，用以程式設計不同矩陣以表現往點的方式來進行處理，一樣是藉著不同形式、不同大小的色點來模擬自然界變化豐富影像的層次。因受到輸出設備在階調表現的限制上，只能以著墨和不著墨來進行輸出，在一定的觀察距離時，我們人類視覺系統(human visual system) [26]如同一個低頻通過濾波器(low-pass filter)，使得兩階調的影像重現連續調的感覺。

隨著電腦資訊科技的進步，數位半色調主要可分為兩大類型：為點陣調色法(ordered dithering)及誤差擴散法(error diffusion)[3][9][32]。點陣調色法可以產生調幅網點(amplitude modulation)，網點基本尺寸大小不一，網點與網點之間距離相同，如圖 2-3；而誤差擴散法則是產生基本尺寸大小相同，但是，網點與網點之間距離不同的調頻網點(frequency modulation)，如圖 2-4。

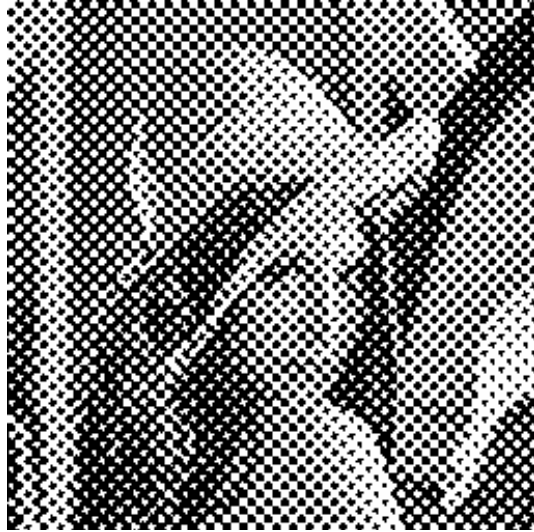


圖 2-3: 調幅網點(AM)半色調影像



圖 2-4: 調頻網點(FM)半色調影像

因此，數位半色調(digital halftoning)技術的演進與發展，在印刷製程中扮演極重要角色，除了可以降低印刷成本之外，也同時在通訊傳輸中降低頻寬需求。在數位的環境中，資訊科技與複製技術的進步下，對於跨媒體設備的應用，印刷製程的設計，以輸出為實體影像做資訊隱藏利用在印刷品上[9][23][30]，並可實際應用於如有價證券上藉以保護其文件內容，更是為近幾年來國內外學者研究的議題。

(一) 點陣調色法(ordered dithering)

AM(amplitude modulation)的演算方法是先分割輸入影像成大小相同的不重疊區塊，每一區塊與大小相等的臨界值矩陣(threshold matrix)相比決定輸出網點的大小或形狀，可以依臨界陣列的選擇自行設計不同之矩陣。

而點陣調色法(ordered dithering)的演算方式上，大致可以分為兩種，一為集中式網點(clustered dot)，以表 2-1 之矩陣過網，所形成的半色調影像如圖 2-5 表示之；另為分散式網點(dispersed dot)，以表 2-2 之矩陣過網，所形成的半色調影像如圖 2-6 表示之。這兩種演算方式原理都相同，它們的差別在於集中式的影像品質，在細微部份的表現上較分散式來得差，主要是與臨界值矩陣內所設計之數字排列有相對的關係。由於集中式的矩陣數值排列較分散式的矩陣來得規則，最後所獲得的網點結構便會以分散式的隨機排列表現較為好。

其演算方式如下，原始灰階影像 $x(i,j)$ ，透過方程式 2.1 將原灰階值量化成臨界值矩陣的階調數， $N1$ 和 $N2$ 則是臨界值矩陣的長與寬的設定。再以方程式 2.2 來完成兩階化的動作。在方程式 2.2 中， h 是最終所獲得的半色調影像，其中 1 代表的是黑點，0 代表的是白點， T 是臨界值矩陣中我們可自行設計的數值，可由方程式 2.3 求得。

$$x(i, j) = N1 \times N2 \times \left(1 - \frac{g(i, j)}{255} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$h(i, j) = \begin{cases} 1, x(i, j) > T(i, j) \\ 0, x(i, j) < T(i, j) \end{cases} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$T(i, j) = T(i+k_1 \times N_1, j+k_2 \times N_2) \dots\dots\dots(2.3)$$

表 2-1: 集中式(clustered dot)矩陣

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

表 2-2: 分散式(dispersed dot)矩陣

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

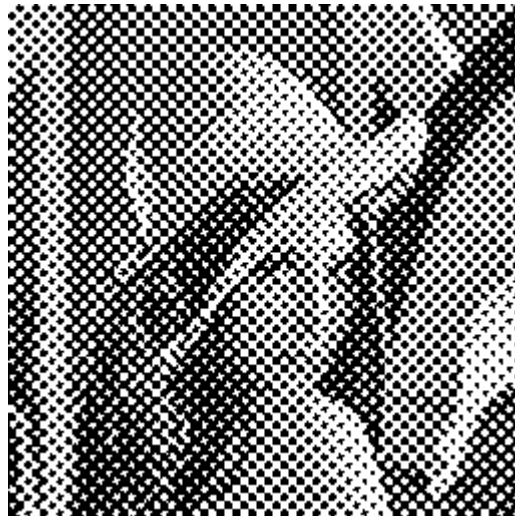


圖 2-5: 集中式(clustered dot)半色調影像

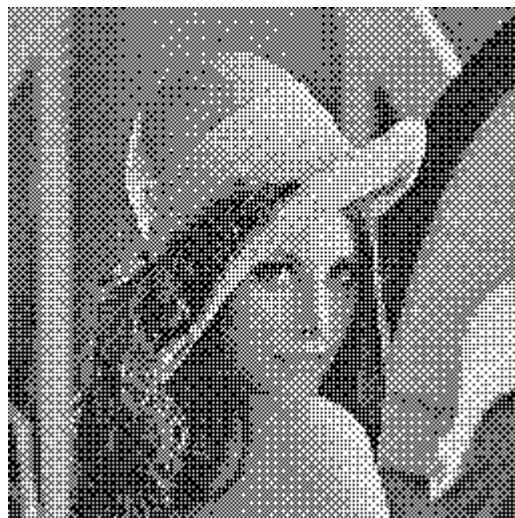


圖 2-6: 分散式(dispersed dot)半色調影像

由於點陣調色法的演算速度較為快速，是目前印刷製程時主要採用的網點表現方式。在 AM 網點的數位半色調處理，是以一臨界值矩陣的概念來形成，而矩陣的尺寸以 8x8 為單位大小為被使用，其臨界值矩陣大小與排列可依需要作調整，並可形成不同網線數的半色調影像。

因此，本研究以 8x8 為臨界值矩陣，並自行設計矩陣內數字的排列方式，針對 lena 人像為樣本，選擇其灰階影像實際進行應用，便可以產生出不同網屏角度，或網點形狀的數位半色調影像，其經過演算後之範例結果將如圖 2-7 中的 (a)~(f) 表示。

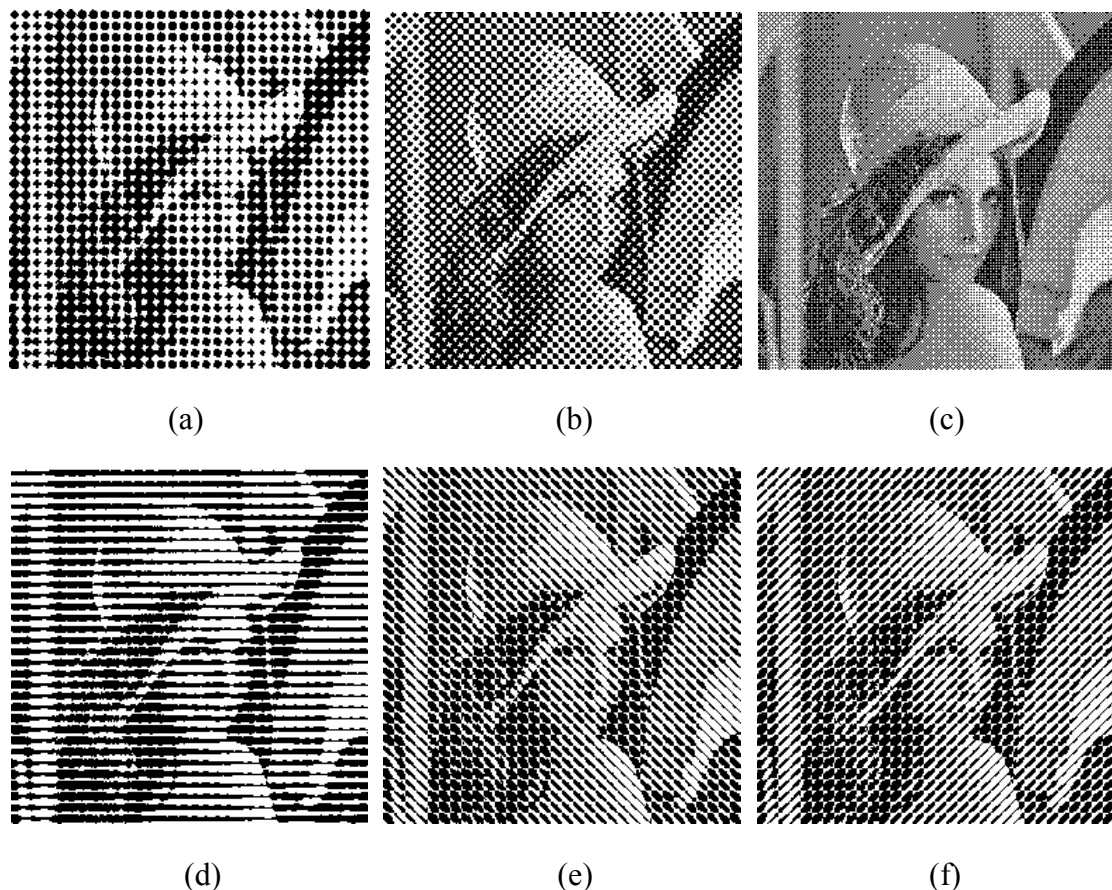


圖 2-7: 設計不同臨界值矩陣所產生之半色調影像

(a)網屏角度 0° 集中式網點，(b)網屏角度 45° 集中式網點，(c)分散式網點
(d)水平(horizontal)線條網點，(e)左斜 45° 線條線網，(f)右斜 45° 線條網點

(二) 誤差擴散法(error diffusion)

在FM的數位半色調技術方面，其演算法較先前所提及的AM繁瑣，因AM的數位半色調，是以每一個相同大小臨界值網點矩陣為單位進行兩階化，所以在高解析或大尺寸的影像過網時，可以平行處理的方式進行運算。

但是，在FM的數位半色調演算法有因果關係，其原理為將每張灰階影像先轉換成黑度值(blackness)後，依照每一個像素所計算出的黑度值，來判斷是否為1或0，並將量化誤差擴散至鄰近的像素，再進行下一個像素的兩階化運算整個系統流程以圖2-8表示。

FM的網點的形成方式，主要是以誤差擴散的原理來過網，計算整個影像的區域平均濃度，與原稿的灰階影像是相同。並將量化後不足或多餘的數值，依一定的比例擴散至鄰近的像素上，其比例與權重(weight)可以自行設計。

目前比較常用的誤差擴散方式為Folyd-Steinberg Error Diffusion(FSED)的權重[16]，如圖2-9。實際經過Folyd-Steinberg Error Diffusion(FSED)所產生之半色調影像如圖2-10為例。我們可以發現在細部表現上，其影像品質相對於AM影像是比較優秀，不過若實際在輸出列印上應用，仍有些問題待可服[9]。

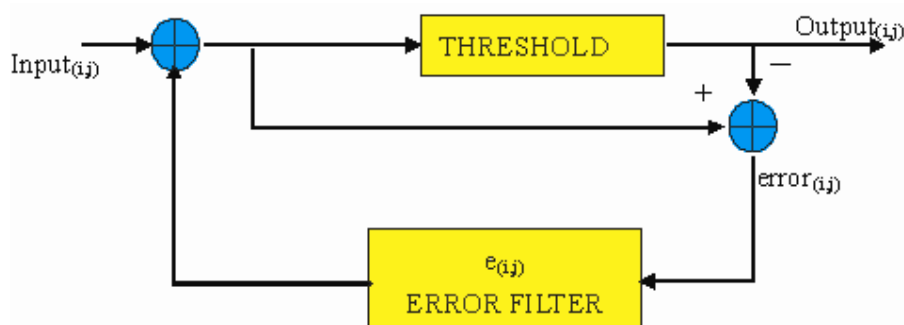


圖 2-8: 誤差擴散(Error Diffusion)系統流程示意圖

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -16 & 7 \\ 3 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

圖 2-9: 誤差擴散(Folyd-Steinberg Error Diffusion)的權重[16]



圖2-10: 以Folyd-Steinberg Error Diffusion(FSED)之半色調影像

Fu和Au[17][18][19]等相關學者，也在近幾年間提出了加強Folyd-Steinberg Error Diffusion演算法在數位浮水印技術的應用，目的是希望以Folyd-Steinberg Error Diffusion演算結合加密技術進行半色調影像的數位浮水印研究。

所以，AM的方法是依臨界值矩陣來決定是輸出網點的形狀與大小，如果在臨界值矩陣自行做排列與設計，便可產生特殊的網點結構；而FM的方法則是將輸入影像之像數點(pixel)與純數臨界值量化(scalar threshold quantizer)，根據量化結果產生的誤差，藉著權重或以不等加權比，將量化誤差擴散(Error Diffusion)至其相鄰尚未處理的像素點。

而誤差擴散法所形成的網點是以像素為基本單位，從影像左上角之像素點開始進行兩階化，其兩階化後像素點與連續調影像與門檻值作比對，接著作下一點的運算時，必需先將之前已經完成的半色調網點造成的誤差一併考慮。加上前面像素的階調誤差值後依比例加權到鄰近的像素點，接著再進行下一個區塊的計算，如此至最右下角的像素點[16]。

因此，如果以誤差擴散法進行影項的處理，在解析度(resolution)上面會比點陣調色以臨界值矩陣的大小為單位來得高。目前實際應用大多於現在許多的桌上型噴墨印表機，皆是採用誤差擴散的演算法進行，將連續調影像經印表機內部分析後並轉換為以網點的方式為最小單位，進行輸出列印後則以半色調方式呈現以達使人眼看起來類似連續調之感覺。

在國外更有學者將 AM 與 FM 之演算法相互搭配[21]，發展出一套可以結合 AM 與 FM 彼此優點的數位半色調演算法。對於 AM 與 FM 的選擇上根據實驗，對網點濃度與網點位置上做校正並得數據補償，並在輸出設備上也做輸入訊號的修正，讓從數位影像至實體影響所遇到之問題，包括如網點擴大對於網點位置上的排列與濃度上的選擇，或是考量 FM 的權重設計，進而得到更好的影像品質，並對於整個系統流程參數做分析。

數位半色調(digital halftone)技術除了對於印刷製程中有更進一步應的，亦可運用數位浮水印(digital watermarking)技術加以相互整合。因此，本研究欲將設計數位浮水印於數位影像中，針對網點為基本單位進行變化，發展出一套網點在不同角度進行位置之偏移，並且經由輸出列印為實體影像後，依然保存在其浮水印之內容，在以人眼直接觀察無法得知其隱藏資訊，可以使用輔助工具做浮水印的判讀與解密，藉以對於數位內容所轉為類比媒材後，亦具其保護文件內容之安全，並可達到多重防偽之功能。

第二節 印刷複製

一、網點控制

在印刷輸出過程中，網點擴大(dot gain)的問題是在印刷領域中令人關注的研究項目，而在印刷過程中網點面積的擴大是不可避免的，如何使之影響的程度降低並加以控制才是重點[5]。而階調補償、色調修正等分色技巧，對於原稿的輸入也扮演關鍵的角色。

網點擴大是指在影像至輸出過程中網點因物理或光學的特性，所產生的擴大情形，如圖 2-11。在數位影像中每個單位的色彩是以像素(pixel)為單位，多以矩形格式表示；而輸出列印時由於只能以著墨或不著墨的方式進行，在被印體上則是比較接近圓形的墨點，此時對於的被印體上之覆蓋率是必需要做取捨的。

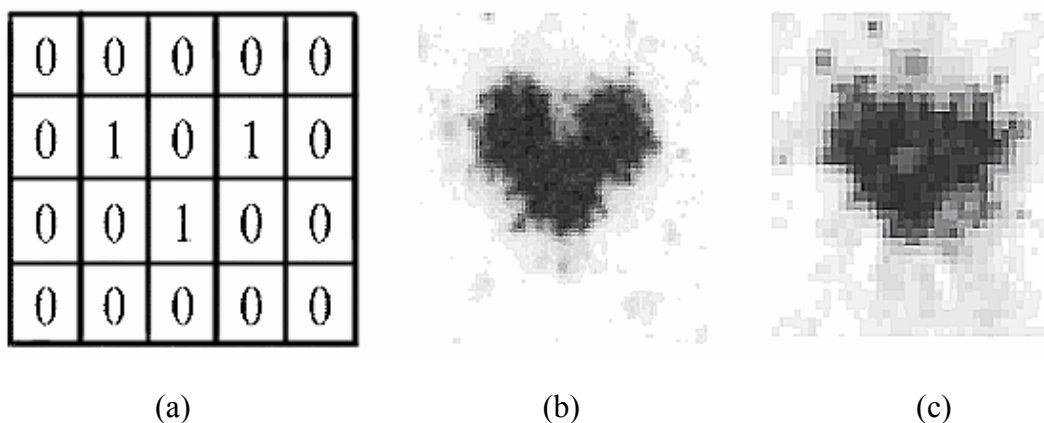


圖 2-11: 網點擴大之比較情形[26]

(a)數位半色調以 4000 dpi 設定，(b)以 300 dpi 輸出列印，(c)以 600 dpi 掃瞄取樣

而對半色調影像來說，是利用網點的大小或排列間距，來模擬連續調影像中的階調變化，但半色調影像的品質不管如何改進，與連續調影像的品質還是有些

許差距，為了讓半色調影像品質能更接近連續調影像，可透過不同的網點排列方式或是改進演算法來達成。在印刷所使用的網點演算法多屬於集中式點陣調色法，也就是所謂的 AM(amplitude modulation)做為表現，網點與網點之間的排列是呈現矩形排列，但集中式點陣調法網點的排列除了可用矩形排列外也可呈現出類似蜂窩狀的六角形排列方式[2][13][33]。

以數位半色調技術在印刷輸出時，需考慮輸出列印後的網點覆蓋率，而網點的排列方式及形狀，與網點覆蓋率有密切的關係。其中以六角形網格排列如圖 2-12 的網點形成機制，可以較高的面積使用效率覆蓋每一個網格單位。

在圖 2-12 中，矩形網格排列的網點其覆蓋率 $E(\alpha)$ ，以 2.4 式進行演算，較六角形網格排列的網點為差。這其中計算覆蓋率方式是以 α 值（寬/高）做為基礎[32]，即為網點中心的寬與高的比值，以此可設計不同形狀的網點。

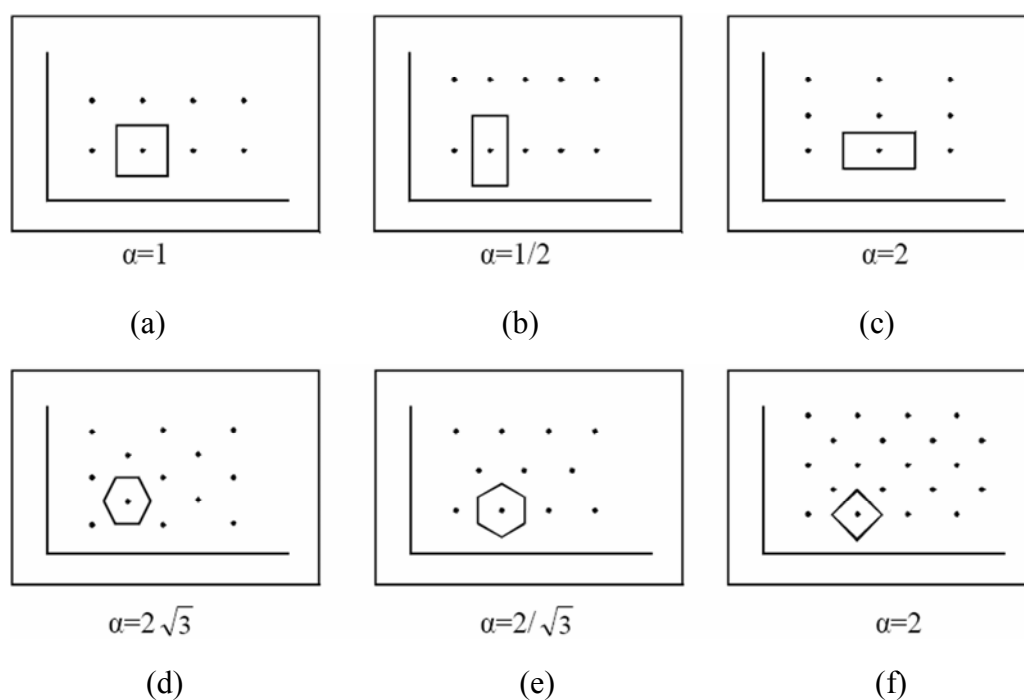


圖 2-12: (a)(b)(c)為各種不同形式之矩形網格與

(d)(e)(f)為各種不同形式六角形之網格的寬高比[32]

$$E(\alpha) = \begin{cases} \frac{4}{\pi(\alpha^{-1} + \alpha)} & \text{矩形網格} \\ \frac{64\alpha^{-1}}{\pi(4\alpha^{-1} + \alpha)^2} & \text{六角形網格, } \alpha \leq 2 \\ \frac{16\alpha}{\pi(4\alpha^{-1} + \alpha)^2} & \text{六角形網格, } \alpha \geq 2 \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

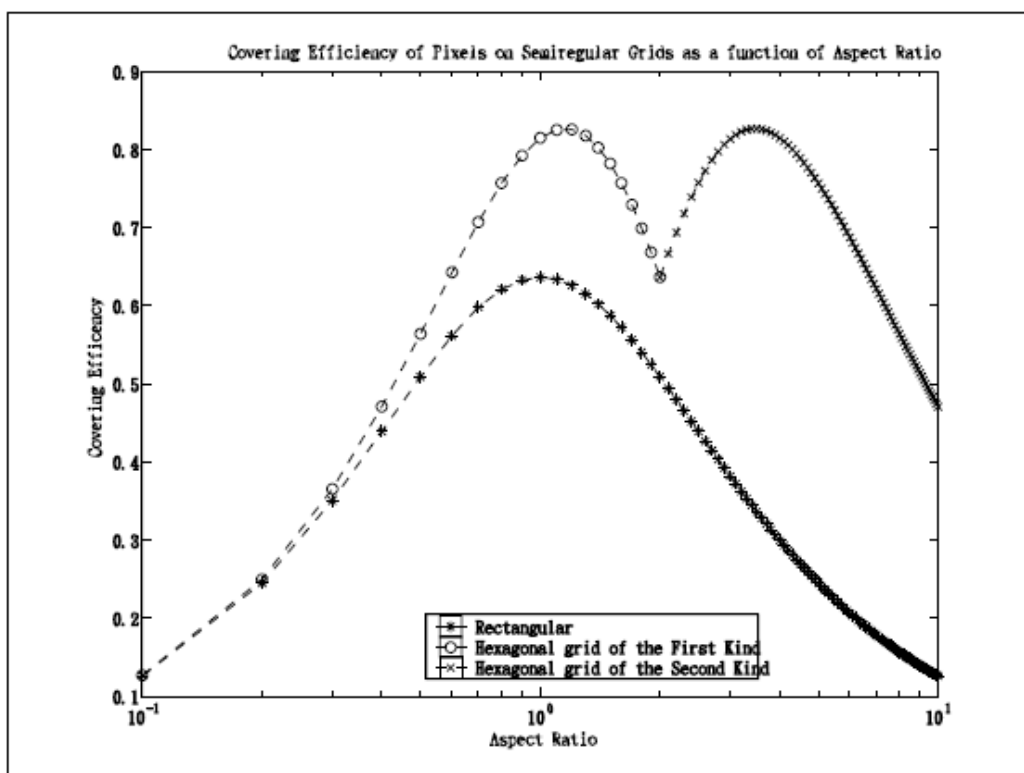


圖 2-13: 矩形排列網點與六角形排列半色調影像比較圖[37]

在圖 2-13 中有兩條曲線，呈現雙峰形狀的曲線代表六角形排列的網點所能表現出的網點影像覆蓋率，在此線下面呈現單峰形狀的曲線代表矩形排列的網點所能表現出的網點影像覆蓋率。橫座標則代表著網點大小的寬高比，所以，基本上如果縱座標上愈接近 1.00 的話，表示對於網點面積使用的表現上愈優秀。因此，可以發現到六角形排列所繪出來的曲線，比起矩形排列有較高的所覆蓋面積，在影像品質方面的便有著相對地提高[32]。

二、色彩表現

在前幾章節探討網點的因素後，當我們欲將數位影像輸出為實體影像之前，必須進行分色(color separation)的動作，然後把由 RGB 色彩模式如圖 2-14，轉換成 CMYK 色彩模式如圖 2-15。而青(Cyan)、洋紅(Magenta)、黃(Yellow)為減色法原理所使用的三原色[4]。

由於在實際的環境條件中，對於印刷輸出受到油墨與色料的限制，以及印刷製程中，機械壓力和被印材料所產生的因素影響，使得如果只使用青(Cyan)、洋紅(Magenta)、黃(Yellow)三色無法達到良好的彩色複製品質。因此，必須都另再加上純黑色(Black)藉以修正影像的暗部，以及中間調部份的色彩，例如：可以使用底色移除(under color removal)或灰色置換(gray component replacement)[4][10]等技術進而來提升整體影像在印刷輸出品質的表現。



圖 2-14: RGB 色彩模式(a)為 Red, (b)為 Green, (c)為 Blue



圖 2-15: CMYK 色彩模式(a)為 Cyan, (b)為 Magenta, (c)為 Yellow, (d)為 Black

所以，不同於數位影像中的像素點(pixel)，是使用 0-255 的資訊的表現方式（灰階、RGB 或 CMYK），在印刷輸出時，由於只能控制影像位置上油墨網點附著的有無，並非控制油墨濃度的深淺，所以印刷影像中深淺濃淡的變化必須藉由印刷網點面積大小的差異或是分佈間距的疏密不同來表現。

底色去除(under color remove)的原理，並不是指三原色(C,M,Y)等量疊印成的黑色，還包括彩色中含有的黑色成分任何一個顏色，只要它的明度不是最高，那它可能會含有些許的黑色成分。所有以 C,M,Y 所疊印而成的這部分底色代之以黑色，這便是底色去除的概念[4]，如圖 2-16。

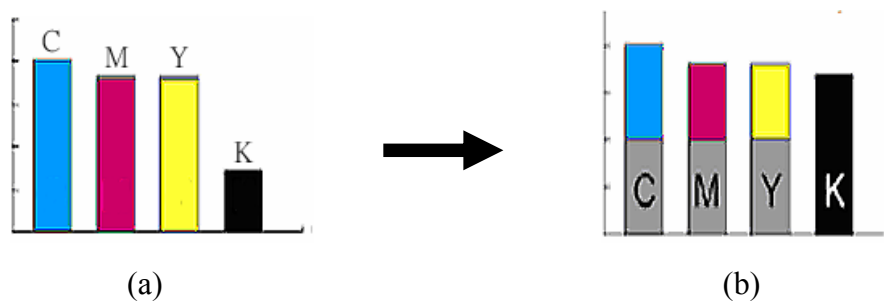


圖 2-16: UCR 系統機制示意圖

而灰色置換(gray component replacement)，是將三色的地方以黑色版來取代，針對任何階調內灰色成份做取代，包含是中間調和亮部區域，也就是說從亮部、中間調至暗部都有進行處理，產生的黑版層次及細節也較豐富，如圖 2-17。

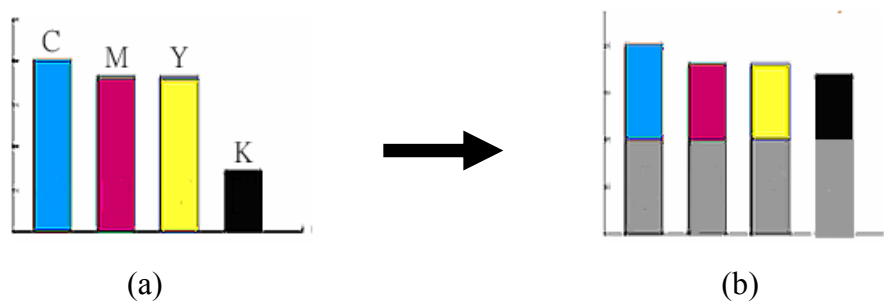


圖 2-17: GCR 系統機制示意圖

因此，印刷製程主要是藉由 CMYK 四色網點輸出後，相互疊印產生豐富的色彩變化。但是，為了達到良好的彩色影像複製品質，各色版在進行過網時須使用不同的網屏角度。如果各色版之間所設定的網屏角度組合不正確，就會因為各色版間網點的相互影響干擾，而產生錯網現象(moiré)如圖 2-18，使得人眼在觀看時會感覺有令眼睛不適的紋路出現，稱為網花(moiré pattern)，如圖 2-19 所表示，導致影像複製品質的降低。

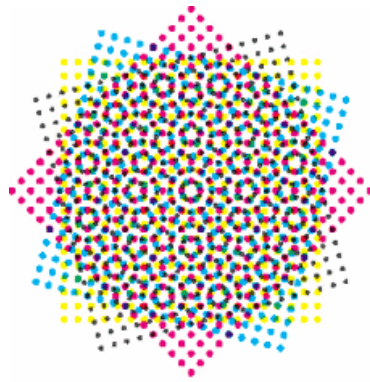


圖 2-18: 錯網現象(moiré)之示意圖[2][4]

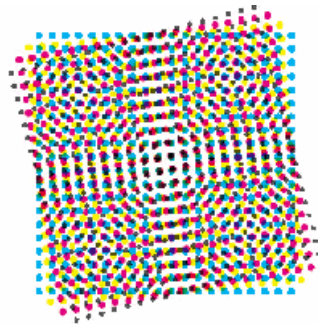


圖 2-19: 網花(moiré pattern)之示意圖[2][4]

所以，網屏角度的選擇，是根據網點與網點間對角線和水平面之間的度數來決定的。對於四色印刷製程中，各色版的網屏間的角度必須錯開 15° ，或其整數倍為原則，才不會產生錯網的效應[10]。使用者也可以依原稿影像、輸出設備的特性，或是特殊應用上的需求（如多重防偽功能設計等），進而改變各個或單獨網屏角度的設定，以得到最佳化的印刷影像品質[24][25][31]。

第三節 加密技術

一、資訊隱藏

資訊隱藏(information hiding)技術是一種將秘密資訊隱藏入一般公開的文件或影像中而來傳送秘密資訊的程序[8]，。其中秘密資訊利用一套加密編碼程序嵌入至公開的傳送媒介裡，雖然此公開媒介是一般人均可複製取得的物件，例如：數位影像、印刷文件等，但是只有瞭解解碼程序的指定訊息接收者才知道該如何還原出原始的祕密訊息，而達到資訊保密的效果，現今社會有價資訊的流通頻繁，資訊隱藏是一項有實用價值的技術。

資訊隱藏也是防偽功能設計的重要基礎，一方面可以達到版權認證的目的，另一方面也可以防範非法的變造或複製。如果將資訊隱藏概念，應用在實體影像輸出上，則包括的層面便相當廣泛，從被印材料、輸出設備到原稿製作，整個系統流程的設計，每個環節都是相互影響的。並且可依不同的防偽功能設計，有著不同的解密判讀媒介。所以實際上一項看似簡單容易的防偽技術，其中往往已經包含了許多各方面科技領域的技術成果整合。

在數位浮水印技術方面，主要的概念是利用0與1的訊號所形成的編碼，嵌入於欲保護的影像檔中[14][20][22]。對於現今資訊科技的快速進步與發展，若將有版權之數位檔案經使用或流傳於網際網路上，為防止他人非法使用或複製，就必須對此數位檔案的內容設計數位浮水印。

以灰階影像的數位浮水印應用，之LSB(Least Significant Bit)為例[5]，由於灰階影像中每一像素的深度皆為8位元的256階，在二進位表示法中共有256不同階

數，LSB是在最後一個位元置換成數位浮水印資料，而解密則針對影像中每個灰階像素取最後一個位元，如圖2-20。所以，以LSB的數位浮水印技術中，只將數位浮水印加入最後的一個位元或最後的第二個位元，才不容易查覺出，另從第一個位元至第八個位元之嵌入結果，以圖2-21表示。



圖 2-20: (a)為原稿影像，(b)為數位浮水印內容

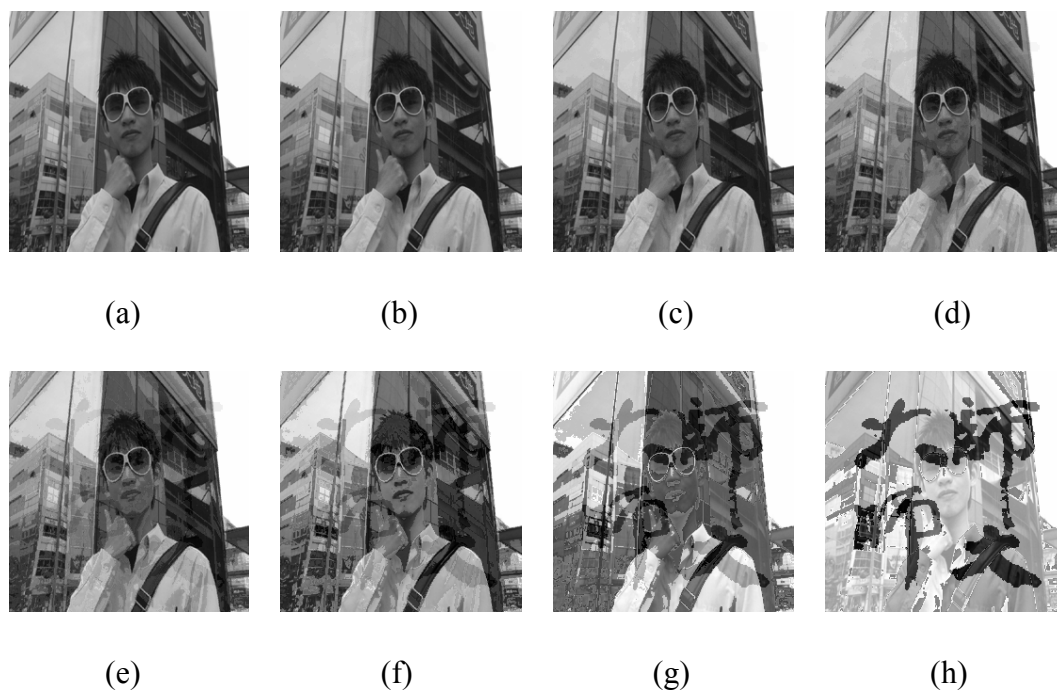


圖 2-21: 數位影像在不同位元中嵌入浮水印

(a)~(h)分別為在倒數第一至第八個位元中嵌入數位浮水印之情形

然而，這個方法只能針對數位影像進行處理，我們可以發現，在圖 2-21 中的(e)~(h)，已經可以人眼慢慢察覺其浮水印些微的顯現。如果將數位影像經過輸出過程，數位浮水印之強健性便因此破壞。所以，LSB 演算法主要是對於簡易的數位影像做保護，若不考慮輸出環境條件下，其隱藏資訊依然可做相對的版權宣告。

因此，雖然數位浮水印技術眾多，但大多仍只可使用於數位影像檔案，部份數位浮水印技術能抵抗一些以數位方式的攻擊，但並非適用全部的破壞。例如壓縮、裁切或是在影像上隨意塗改，其原先藏入之數位浮水印依然存在，而數位浮水印顯示的完整性則可看出加解密演算法的強健性。

二、安全文件之防偽

自有商品流通、貨幣交換以來，偽造品的出現一直是讓商家及消費者在意的議題。根據 Sweden Custom 統計[38]，2001 年全球仿冒品總值約為 5600 億美元，為杜絕仿冒品流竄於市，全球防偽市場每年約以 30% 的成長率持續成長中。而如何防止偽造品的盛行與流通，印刷防偽技術的精進成為當務之急。

然而，若將數位浮水印技術可以保護數位影像，並亦在輸出實體影像中依然存在，其中便有許多因素需要進行考量。目前將浮水印應用於印刷防偽技術的範圍很廣，最常見的是鈔票、有價證券[23]及信用卡，其他像郵票[5][24][25][30]、禮券、酒類及化妝品包裝，甚至企業的文件，都可見印刷防偽技術。印刷防偽科技可區分為顯性及隱性兩部分，所謂顯性指的是可見的材料、油墨、圖像的部分，消費者較易進行辨識，例如新台幣千元紙鈔，消費者可藉由鈔票上的窗式安全線來辨識真假，安全線的產生是在製造紙張時，就把安全線部份顯露，部份埋入於紙張中，如圖 2-22。



(a)

(b)

圖 2-22: 新台幣千元鈔卷在之變色窗式安全線防偽功能[35]

(a) 為正面觀察，(b)為偏轉角度

而隱性部分則是無法直接以肉眼辨識，需利用機器或儀器設備來辨識真偽，例如某些產品商標，採用微字體仿偽印刷，是運用奈米級光罩製程在商標上製作微小的字體，這必須用高倍的顯微鏡才可以看得到。在現今郵票的印刷防偽技術上，大多利用特殊的紙張，例如使用具有磷光郵票紙，或在印刷的方式或油墨的特殊功能，以及後加工的特殊邊緣齒孔等。也有使用網點的位置上的偏移以達到防偽功能[5][24][30][40]，並可使用光柵進行浮水印之判讀。

印刷技術除了結合生物辨識科技之外，防偽印刷技術的另一趨勢是朝機器辨識(machine-readable)方向發展[23][27]，也就是第三層級的防偽功能，主要是為了省去人為辨識的不便及錯誤。而在近年來被視為熱門科技的無線射頻識別(RFID)，則也是屬於機器辨識，其原理是利用射頻訊號以無線通訊方式傳輸資料，再透過 ID 辨識來分辨、追蹤以及管理物件，即可知得其所攜帶資訊與防偽功能。

二、網點為基礎之加密

對於以網點為基礎的加密形式，主要是針對網點的形狀與網點的位置，這兩方面來進行。在網點形狀上做改變是以 1994 年在 Xerox Corporation Palo Altos 的 David L. Hecht [28]所提出的 Glyph Code，所使用的臨界值矩陣可以表 2-3 所示。

表 2-3: 8x8 為基礎代表 “\” 的臨界值矩陣

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

而 DataGlyph 的設計是利用 8x8 臨界值矩陣，經數位半色調後的網點為基本單位，以網點形狀之左斜與右斜分別對應 0 與 1 來表示編碼，如圖 2-23 表示。如果我們就一個 256x256 的兩階影像而言，其中便可隱藏有 32x32 個 “0” 或 “1” 組合的數據。

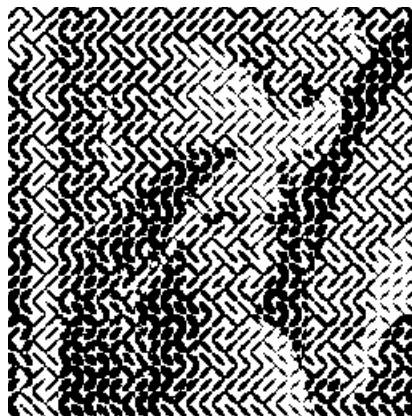


圖 2-23: 左斜 45° 與右斜 45° 形成已編碼之半色調影像

在網點偏移方面的技術，它主要是一項美國專利—「Scrambled Indicia」，由 Alfred V. Alasia[11]在 1976 年所發明，概念是將特定的圖案資訊隱藏在影像中，利用光學解碼器依所設計之某一特定角度，便可判讀出隱藏資訊的內容。透過光學解碼器的柱狀凸透鏡將聚焦在網線之上，如圖 2-24，網點位置差異使浮水印內容因而顯現出來。



(a)



(b)

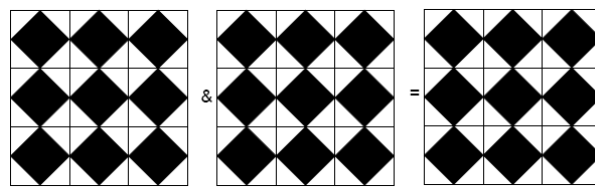


(c)

圖 2-24: 網點偏移實際在郵票上的應用[47]

(a)為正常觀察，(b)(c)為以光學解碼器判讀浮水印內容

如果網點偏移錯位經特殊演算法後，可使用雙面列印並因浮水印的圖案網點的位移，並將文件對向光源，因偏移的部份透光，未偏移部份因網點重疊，造成濃度不均，如圖 2-25 所示，便可因此而顯現其隱藏的資訊[28]，如圖 2-26 為美國 Xerox 公司所設計的概念，如此的設計可以人眼做第一層級的防偽，亦可使用光學解碼器進行判讀其隱藏資訊，來達到第暗層級的防偽。

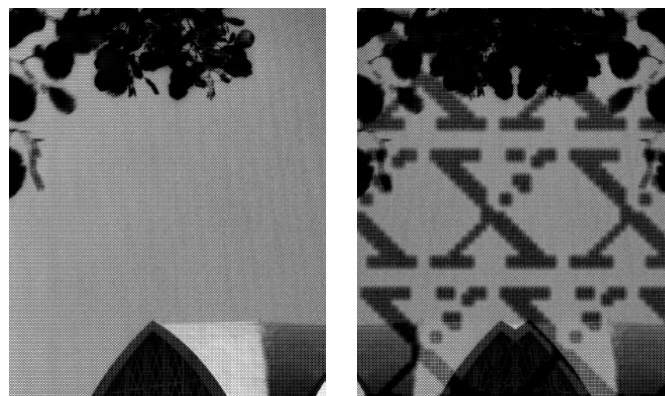


(a)



(b)

圖 2-25: 雙面列印的網點錯位示意圖[28]，(a)正常網點位置，(b)網點錯位位置



(a)

(b)

圖 2-26: 網點偏移在雙面列印而錯位顯現浮水印內容[28]

(a) 為半色調原稿影像，(b)為文件經對向光源顯現浮水印

將此技術應用在安全文件之底紋網點，來進行資訊隱藏，以各色版間的網點做不同角度的偏移，並一樣使用光學解碼器做解密，便可因不同色版網點的偏移與錯位，而顯現出浮水印的內容。其中，各色版間的網屏角度的選擇，是需要去控制與設計的，以人眼視覺模式來說，在 45°的觀察網點排列下，所感知網點結構變化的能力相較於 0°就比較低[26]。

在我國相關之研究中，目前直接與光柵做為結合並應用於印刷輸出的應用，以印刷工業技術研究中心與山水印刷股份有限公司提出「隨機點光柵版立體成像構造」，專利申請經濟部智慧財產局專利核准審定通過，它主要是結合立體印刷技術及隨機點立體影像概念，將資訊隱藏於印刷影像中，以達到多重防偽及難以防偽效果[36]。此外，也有將光柵的概念應用在藝術的表現上，由 3D 影像結合光柵板，所創作出來的立體且具動態的影像[39]。



圖 2-26: 以 3D 影像配合光柵進行數位藝術創作—「蝴蝶標本」[40]

利用光柵視覺軟體把不同的圖案轉化成光柵線數可觀察之影像，利用光柵折射的原理，在不同的角度呈現出不同的圖案，如 2-27 圖所示，不同規格的光柵會有不同的折射效果與折射角度，觀賞距離也會有所不同[37]。

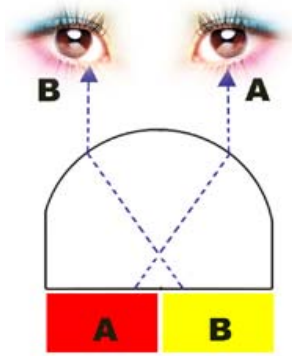


圖 2-27: 光柵在不同角度於人眼觀察以顯示立體之原理[37]

網點偏移的技術歷史演進，除了將之實際應用於有價證券與安全文件中 [5][23][25][30][40]，如圖 2-28 為使用在 ID 護照上做網點偏移做浮水印之效果，因為浮水印資訊與個人資訊做相關設計，若是將個人圖像部份做抽換或變更，在進行光學解碼器解密時，便會察覺其浮水印內容與個人資訊無法配合，更能達到有效地防止非法複製。

而在被印體為紙張發展至現在，更將網點偏移應用在全像(gologram)影像中做資訊隱藏[40]，如圖 2-29 所示。並成功地將此概念設計應用於各個種類的被印媒介(substrate)上，以半色調網點(halftone dot)至光學像素點(spot)，來達到資訊隱藏的功能。一樣使用光學解碼器可在全像影像中，判讀其浮水印內容，藉以使得除了人類知覺辨識，也可因輔助工具而進行真偽的鑑定。

上述技術是由 Scrambled Indicia[41]這家公司進行研發，主要是使用特殊光學像素點的演算方法，亦對光學底紋的像素點內容做不同角度的設定，使解碼器能針對先前之設計，做判讀解密其浮水印的。藉此將光學可變裝置(Optical Variable Device, OVD)更進一步發展，在防偽功能上也從第一層級也提升至第二層級，充分達到多重防偽功能。



(a)



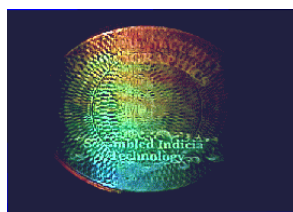
(b)



(c)

圖 2-28: 在安全文件中的實例[41]

(a)應用於 ID 證件，(b)判讀浮水印，(c)安全文件



(a)



(b)



(c)

圖 2-29: 全像影像應用細微點的角度偏移隱藏資訊[41]

(a) 原始全像影像，(b)(c)解密影像

第四節 小結

對於網點偏移與網點變形上，如果設計讓人眼不易察覺，對資訊隱藏容量的平衡考量下，是需要做總體性的取捨。由於資訊科技快速進步與發展，數位浮水印技術被廣泛的應用在各媒體中，在不同角度網點位置偏移，對我們人眼來說不是很容易可以分辨，不過具有宣告著作權且提供辨識真偽的目的。數位影像加密技術的成果一直不斷在改良與進步。但在實體影像上加密技術較少，因為在輸出列印相關條件因素等，所以便更具有許多的挑戰性。

由於數位半色調影像以網點大小，不同的網屏角度來表現階調與色彩，而我們人眼視覺系統基本上是一個低頻通過濾波器，可將鄰近的網點做積分而產生連續調的感覺。本研究結合數位浮水印與輸出列印條件中，利用自行設計的 AM 臨界值矩陣，並發展出在平網區域中不同角度網點偏移來進行浮水印之嵌入。

藉由影像與光柵的組合，可以造成因光線的折射，使影像產生立體視覺。而光柵板由許多細長直條之平凸透鏡並排構成，以光學折射原理所設計，且於透鏡底部之影像，必須與光柵板作精密準確之整合，即可將處理後之影像透過透鏡之折射，可見影像之變化、移動、變形、縮放等立體效果，並將其應用於變圖、動畫、3D 立體效果的印刷品上[37]。因此，依此概念用於實體影像之防偽功能設計，提高其非法複製的難度門檻，以加強印刷文件的安全。

故本研究對平網區域的網點上做位置偏移的演算，從單一色版中的網點在不同角度偏移，加以網點結構的變形，讓輸出影像的品質更加精細。不但在輸出實體上有著多重防偽的功能，並可設計不同的浮水印內容。未來，可以對安全文件上做宣告與保護，且資訊隱藏的內容可作個人化的實體輸出。