

第三章 立體影像浮水印嵌入技術



3.1 研究步驟

本研究採實驗法，根據點矩陣全像片表現立體的原理進行影像拍攝與設計，並利用浮水印嵌入的技術，將設計好的影像原稿經半色調過網的同時，加入欲隱藏之浮水印。再將含有浮水印之半色調影像，透過點矩陣全像製版機實際輸出於光阻(photo resist)玻璃板上，藉由高解析度的數位相機搭配micro鏡頭進行取像，針對取得之影像利用幾何轉換的方式重新定位，並將所嵌入之浮水印影像解出。圖3-1為本研究之實驗架構圖。

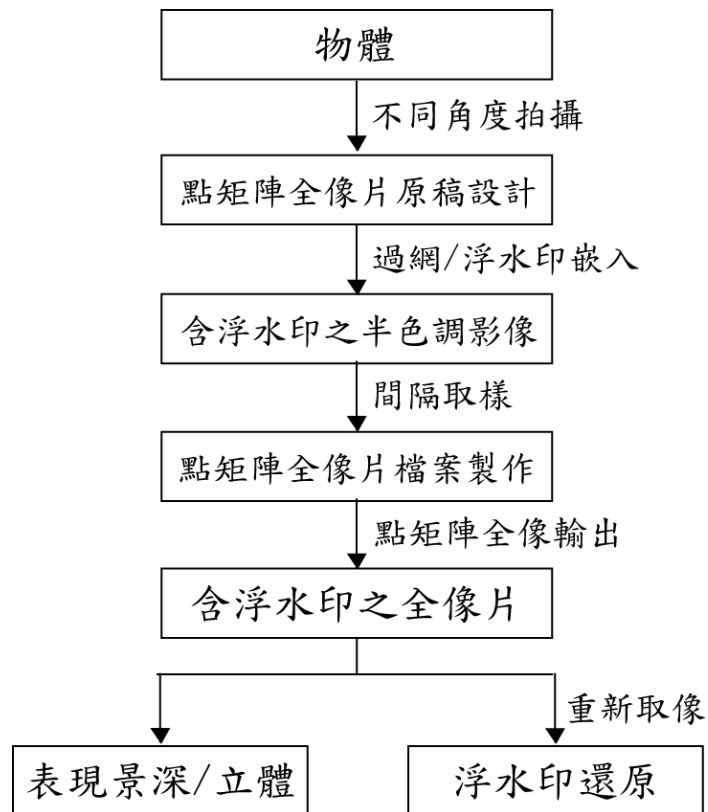


圖 3-1 實驗架構圖

3.2 研究設備及工具

本研究所使用的設備及工具如下：

表 3-2 研究所使用的設備及工具

設備	Ahead Sparkle I 點矩陣全像製版機
	半導體製程光阻玻璃板(442nm)
	Nikon D100 數位單眼相機 加近攝 Micro 鏡頭
工具	Matlab 6.5
	Photoshop 7.0

在設備部份，本研究採用 Ahead Sparkle I 的全像製版機進行全像片的輸出，實際輸出的全像影像解析度為 400dpi 及 1000dpi，設備及系統介面如圖 3-3(a)、(b)所示。



(a)



(b)

圖 3-2 (a)點矩陣全像設備；(b)系統介面

Sparkle I 的全像製版機是使用 He-Cd 雷射當作入射光源，其波長約 442nm，經過系統光路後，將分光後的兩道雷射光相交於光阻上（採用半導體製程光阻）

曝光，顯影後製作成全像母版，而其系統光路架構如圖 3-4 所示。

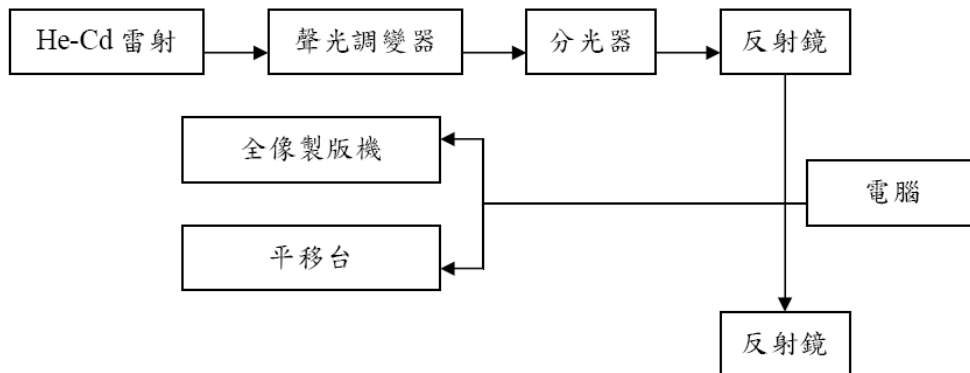


圖 3-3 點矩陣全像系統架構圖[25]

3.3 全像片浮水印嵌入技術

所拍攝不同角度之影像原稿，在設計成全像片檔案前，必須先針對原稿進行浮水印的嵌入，由於點矩陣全像片僅能以七個純色來表現色彩，且光柵點大小固定，與半色調的表現方式相似，因此本研究以數位半色調過網技術為基礎，在過網的同時，利用像素相關性的運算，將浮水印嵌入半色調影像當中。

首先將欲嵌入的灰階浮水印影像 $G(i,j)$ 進行黑度值轉換，轉換後的黑度值 $b(i,j)$ 介於 0~1 之間，轉換關係如方程式(3-1)所示。

$$b(i,j) = 1 - \frac{G(i,j)}{255} \dots\dots\dots(3-1)$$

在浮水印的嵌入部分，主要是將原始灰階影像兩階化後與自行設計之遮罩 (mask) 進行邏輯運算。遮罩的設計上，利用擬隨機亂數 (pseudo-random number) 來形成兩階遮罩影像。由於 mask 是做為加密及解密的依據，過大或過小的 mask 均不適宜，過大尺寸的 mask 在有雜訊時，於解密後的影像會依 mask 的大小可能形成黑或白的叢聚點；另若尺寸過小則易被破解，所以在選擇 mask 的維度是

要特別作考量的。

將兩階化之影像與遮罩影像進行 XOR 運算，其中遮罩影像與對應之兩階影像（data）的維度必需一樣[23]。邏輯運算時，由於加密的資訊是以遮罩影像中像素的相關性做決定，在起始區域為方便處理，故不足的 mask 維度(n-by-n)，對加密影像(N-by-N)的上方邊界 n-by-N 及左方邊界 N-by-n，可先以 Error Diffusion 處理得到二階影像。圖 3-5(a)、(b)為自行設計之遮罩影像與運算示意圖。而經運算後可得到加入浮水印之新的兩階影像。

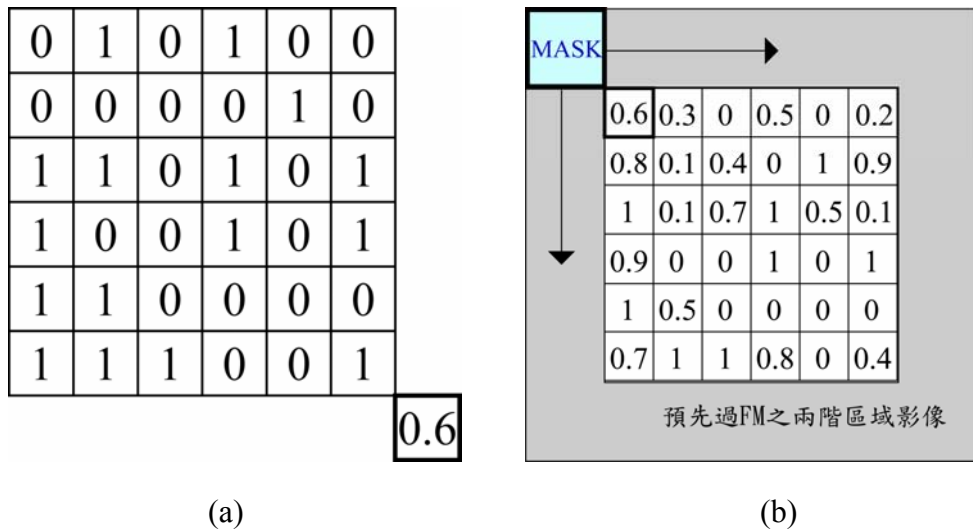


圖 3-4 (a)遮罩影像與 (b)運算示意圖

因 mask 尺寸為 n-by-n，則欲加密之影像應由 $b(n+1, n+1)$ 開始進行過網加密。其加密方式是以欲過網及加密的 $b(i, j)$ 位置，如圖 3-4(a)、(b)所示，將自行設計之兩階化遮罩（mask）及對應之兩階影像（data）進行 XOR 運算求出一 n-by-n 的矩陣 $x(i, j)$ ，將 $x(i, j)$ 內的 1 與 0 求出總和（SUM）後，再以 $mod 2$ 求出餘數 r 為 1 或 0，並配合浮水印來決定新的兩階藏密影像 $g(i, j)$ 的值為 0 或 1， $g(i, j)$ 為過網及加密後之二階化影像。可參考圖 3-5 及計算方程式(3-2)。

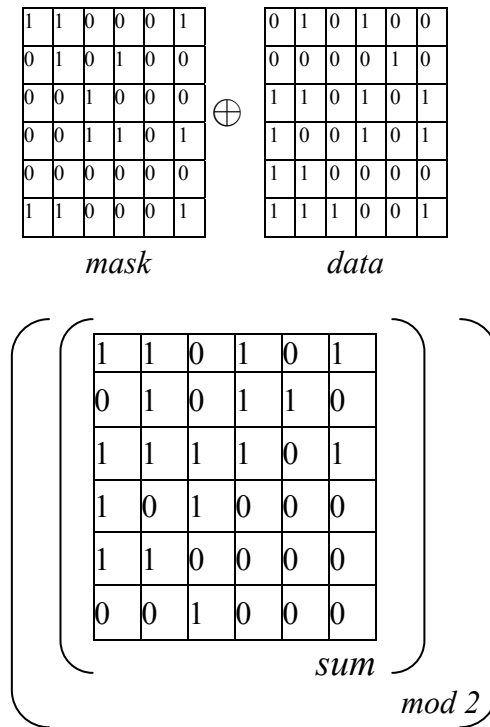


圖 3-5 過網加密演算方法

$$r = \left[\sum_j^N \sum_i^N [mask(i, j) \oplus data(i, j)] \right] \text{mod } 2 \dots\dots\dots(3-2)$$

經過 mod 2 後的 r 與 $watermark(i, j)$ 做比較，當 $r = watermark(i, j)$ 則 $g(i, j) = 1$ 不變，反之則為 0，如方程式(3-3)所示：

$$g(i, j) = \begin{cases} 1, & r = watermark(i, j) \\ 0, & r \neq watermark(i, j) \end{cases} \dots\dots\dots(3-3)$$

當決定 $g(i, j)$ 後則將不足或多餘的值利用 FSED 平均擴散至鄰近的像素[1]。如此即完成該影像 $G(i, j)$ 的過網及加密。另外若加密的影像較大時，誤差必定累積至後面且數值可能會非常大，所以在加密的過程中要再設定一門檻植 $Threshold (T)$ ，在過網過程中小於 $Threshold$ 則做植入浮水印及 error diffusion 的動作，如式(3-4)所示，大於則不做。如此才不會影響加密後的影像品質。

$$\begin{cases} True, & |error| \leq T \\ Fales, & |error| > T \end{cases} \dots\dots\dots(3-4)$$

3.4 防偽全像片設計—景深

如前 2.5 及 2.6 節所述，想要在全像片上表現景深效果，就必須設計能符合左右眼觀看的影像，再透過控制全像片觀看角度的設計，分別對應到兩張不同的影像，來達成景深的效果。

而根據 2.5 節立體的文獻我們可以知道，在距離 30cm 的物體，左右眼相差 6.5cm 的情況下，若要表現 0.25cm 的景深，則參考平面上投影兩點的距離應為 0.0542cm（相當於 7 個像素點）。因此在設計上，本研究以台南孔廟所拍攝的孔子像當作背景，並取位移 7 個像素點前後之兩張影像進行景深的設計(400 dpi)，如圖 3-6(a)、(b)所示。

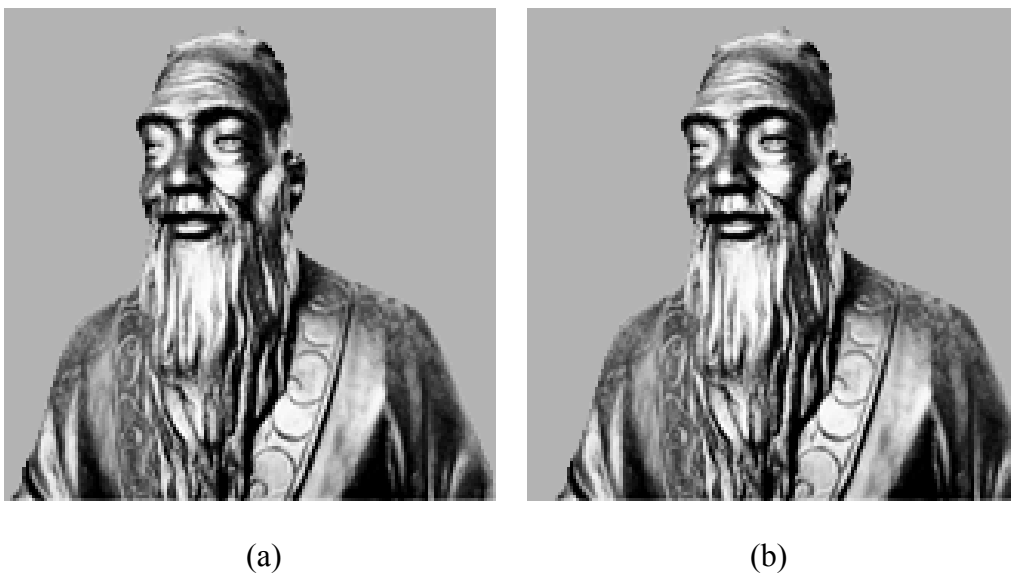


圖 3-6 左右相差 7 個像素之孔子像 (a)左眼 (b)右眼

在設定角度之前，先以前一節所述之相關運算的方式將浮水印嵌入左右兩張

影像當中，圖 3-7 為欲嵌入之浮水印，而圖 3-8 為含有浮水印之半色調影像。



(a)



(b)

圖 3-7 欲嵌入之浮水印：(a)師大大師；(b)HML Logo。



(a)



(b)

圖 3-8 含有浮水印之半色調影像—(a)師大大師；(b)HML 之加密孔子像(160×160)

由於左右眼間有著 65mm 的距離，透過 2.5.2 節中對於觀看角度的定義可以獲得相當於 12.36 度的可觀看角度，接著透過光柵角度的計算，入射光 30 度時，可以算出左右眼觀看全像片所對應的光柵角度為正負 12.16 度。

接著透過 2.2 節中對於點矩陣觀看角度的參數設定可知，12.16 度所對應的



(a)

(b)

圖 3-11 全像檔案製作—(a)彩色檔；(b)灰階檔 (160×160, 400dpi)



圖 3-12 全像預覽程式模擬之景深效果 (需搭配紅藍眼鏡觀看)

3.5 防偽全像片設計—全彩立體 (3 channel)

以表現景深效果的原理為基礎，本節將嘗試透過多張影像來表現立體感，首先針對欲表現立體的影像進行多角度的拍攝，如圖 3-13 所示。



圖 3-13 多角度拍攝之王建民影像 (間隔 5 度，感謝宏基公司提供)

取其中三張連續影像進行立體全像片的設計，分別代表左視、正視及右視角度的影像 (影像大小為 260×260)，由於正視影像對立體表現效果的影響最小，因此取其 R 版及 G 版進行浮水印 (如圖 3-7) 的嵌入，而 B 版則利用 Error Diffusion 的方式直接進行過網，圖 3-14 為正視影像 R 及 G 版嵌入浮水印後的半色調影像。

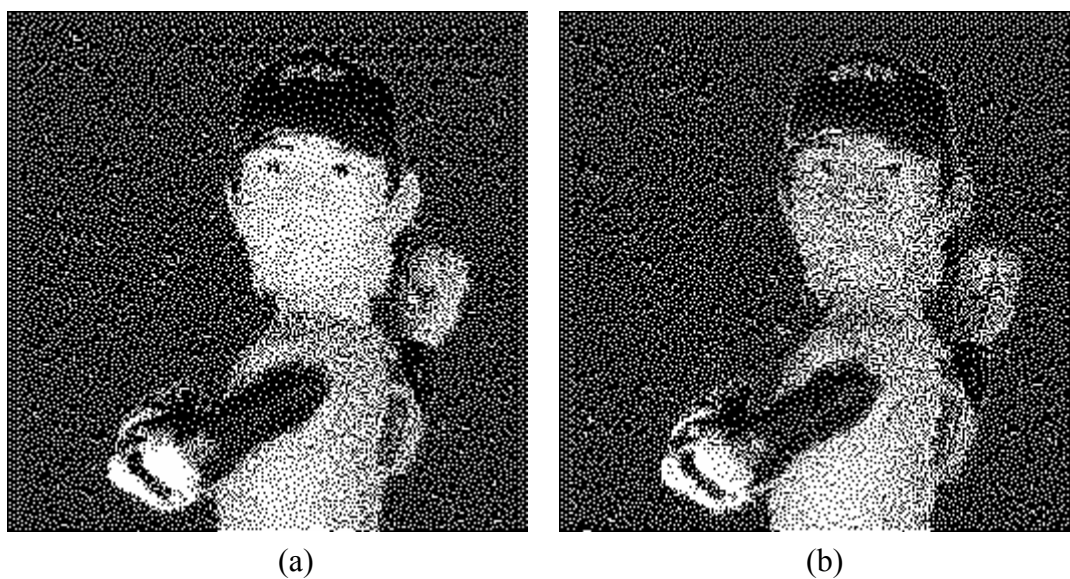


圖 3-14 嵌入浮水印之半色調影像-正視影像(260×260) (a) R 版 (b) G 版

在全像輸出檔案的製作部份，為了表現全彩，利用 9 個像素為單位進行間隔取樣，分別代表三個視角影像的 R、G、B 三個 channel，如圖 3-15(a)所示。而三個視角間相隔 5 度，光柵角度約為 9.89 度，因此在灰階值的部分則設為 113、128 及 142。

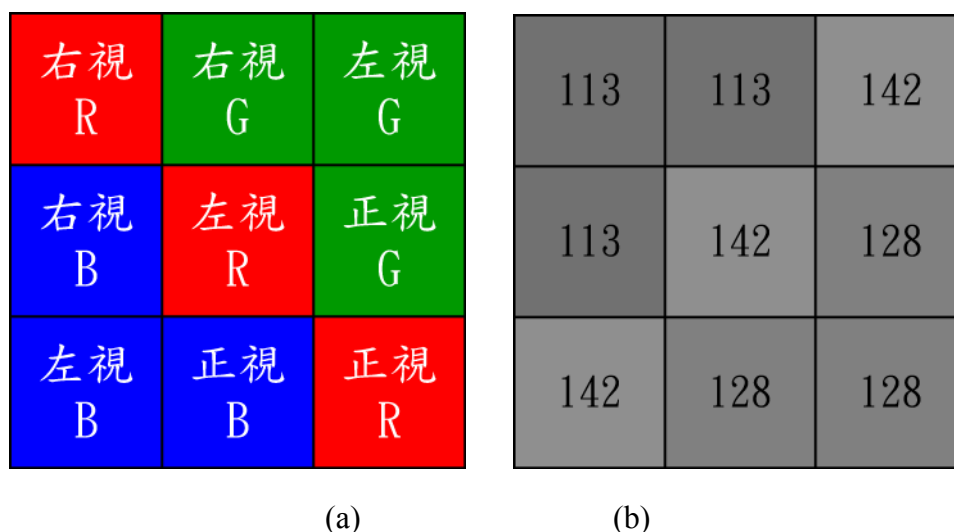


圖 3-15 全彩間隔取樣示意圖 (a)彩色檔 (b)灰階檔

對於左右兩視角的影像，分成 R、G、B 三個色版後，分別進行 Error Diffusion 半色調過網，為了表現較佳的畫質，經過間隔取樣設計成全像片輸出檔案（影像大小為 760×760），以便進行 1000dpi 的輸出，如圖 3-16 及圖 3-17 所示。

除此之外，為了進一步增加全像片的防偽功能，本實驗在輸出檔案左上角部分加入了隱藏字的功能，透過特殊光柵結構的排列，將隱藏字「師大」(如圖 3-18 所示)藏於數字「40」當中，使用者可以透過適當角度雷射光的照射，將「師大」隱藏字顯示出來。

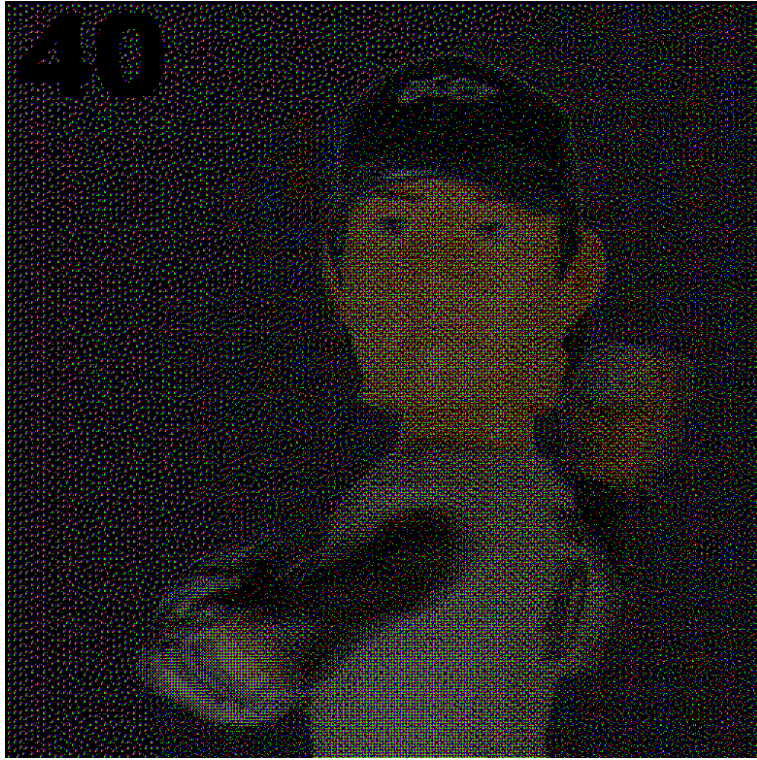


圖 3-16 點矩陣全像輸出檔案製作—彩色檔

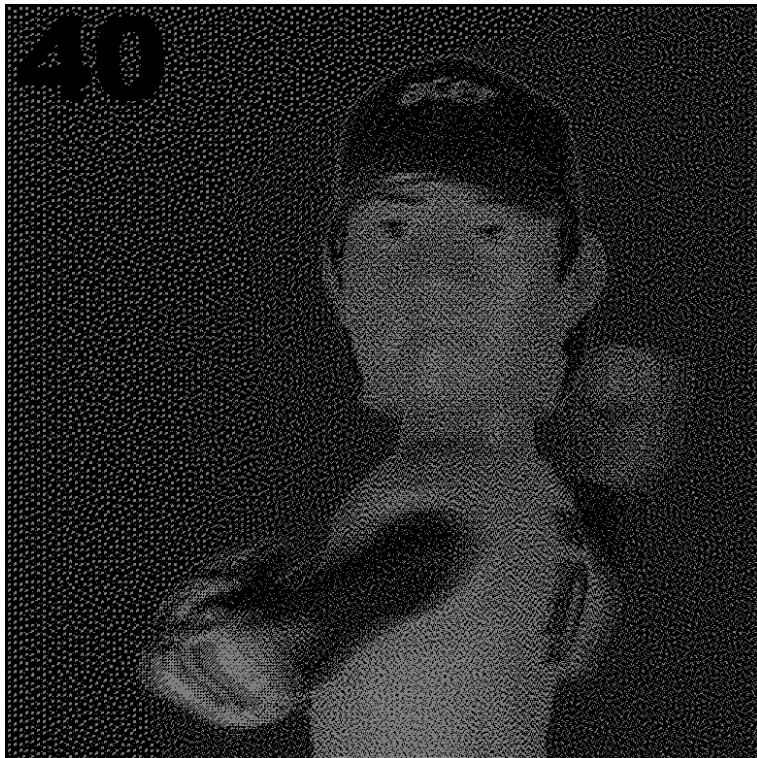


圖 3-17 點矩陣全像輸出檔案製作—灰階檔

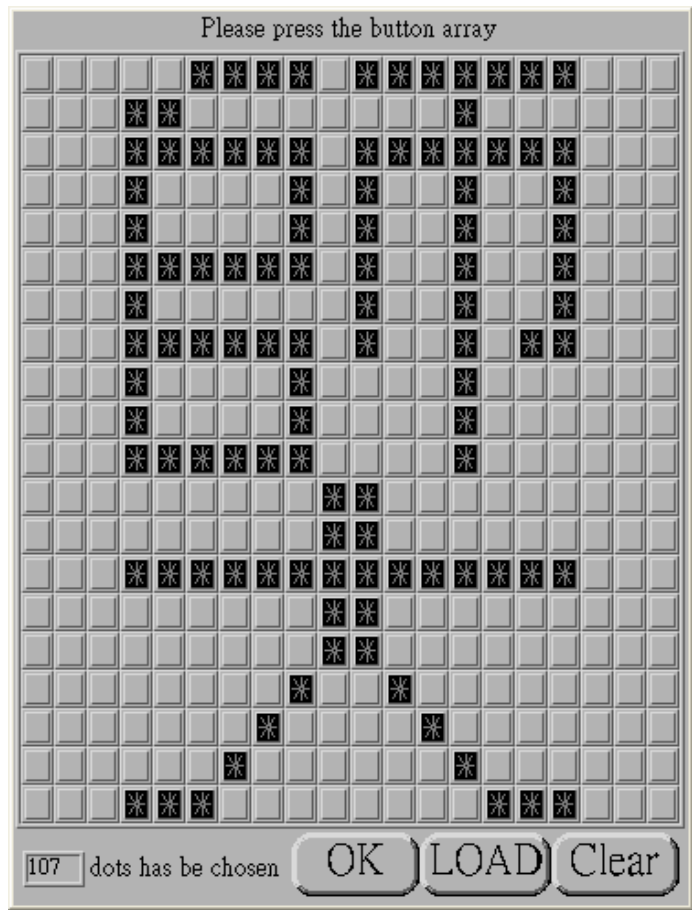


圖 3-18 全像製版機中所設計之隱藏字「師大」(20x20)