

# 即時指紋辨識演算法

## A Real-Time Fingerprint Identification Algorithm

連國珍

輔仁大學資訊工程學系

lien@csie.fju.edu.tw

李宗翰

輔仁大學資訊工程學系

wahaha89@csie.fju.edu.tw

### 摘要

行動電話、筆記型電腦、個人數位助理等行動裝置在今天已經成為人們生活中不可或缺的一部份。但是過去基於成本或是處理速度方面的考量，並沒有一套有效的安全認證機制，萬一不慎遺失，裡面的個人資料將無所遁形，因此能夠有效地在行動裝置上運作的安全控管機制，實是迫切需要的。

本文中提出了一套登錄和認證的機制，利用熱感式指紋晶片，將指紋片段掃描進來；在指紋登錄階段，保留數個片段以供辨識之用，在認證階段，則將掃描進來的指紋片段和登錄片段做比對，並分析比對結果以判定成功或失敗。本文採用「正規比對索引」的比對方式，將雜訊在比對過程中可能造成的影響降至最小。由實驗結果來看，本方法能夠大幅減少處理時間，提供個人行動裝置上安全認證機制一個有效的解決方案。

**關鍵詞：**即時、熱感式、指紋、片段、辨識

### 一、序論

在科技發達的今天，資訊裝置早已成為了許多人生活上的必需品，從工作到娛樂，在不同的領域均提供了人們極大的幫助。資訊裝置通常具有體積小、使用方便的特性，使用者可以將個人的行程、心得感想及私人資訊等常用的資料輸入至資訊裝置中，方便隨時查閱或是執行任務，但也由於現代人的生活與資訊裝置之間已經如此緊密的結合，一旦機器遺失，無形的軟體所造成的損失，往往比有形的硬體大得多。因此，如何保護資訊裝置中的個人資料，是一個重要且急需處理的課題。

#### (一) 研究動機與目的

個人資料只限資料擁有者有權存取，因此保護個人資料首重於使用者的身份認證。傳統的身份認證採用個人識別碼、使用鑰匙或識別證等方式辨別身份，這種方式最大的缺點在於

個人識別碼容易被有心人士取得，鑰匙或識別證則有遺失或遭到偽造的可能，所以被認為是比較不安全的方法，近年來已經逐漸式微。另一類的認證方法—生物測定學(Biometrics)，則有取而代之的趨勢。生物測定學可以定義為「生物特徵分析」，透過分析的結果，進而辨識出使用者的身份。

對於資訊裝置而言，選擇何種生物特徵當做身份特徵的依據，有以下幾點考量：一、生物特徵的公信力；二、擷取裝置的價格；三、辨識的效能。在眾多生物特徵中，研究指紋辨識的人最多，研究也最透徹，因此指紋認證的公信力與辨識的效果是無庸置疑的；再者考量到擷取設備的成本問題，一般的生物特徵大部份必須使用光學設備擷取，指紋則有成本更低的電容式感測器及熱感式感測器，在商用上佔有極大的優勢，故本文選擇以指紋作為生物特徵，嘗試將其整合至資訊裝置的身份認證機制。

#### (二) 研究方法

本文主要以 Shigematsu 和 Morimura 使用矩陣式感測器辨識指紋的方法為參考，並針對熱感式感測器的特性提出改良並擴充辨識的方法和步驟，期能達到正確且快速的辨識之目的。

常用的指紋辨識法分為兩類，一類是特徵點比對法(Minutiae Matching)，另一類則是樣式比對法(Pattern Matching)。在特徵點比對法中，程式將輸入的指紋影像經過前處理、細化、特徵點萃取後，與資料庫內的指紋影像做特徵點比對。特徵點比對法的前置處理較多，使得處理速度較慢，但由於精確度高，因此是最被廣泛使用的方法。樣式比對法則是將指紋影像以逐點比對(Pixel by Pixel)的方式，與資料庫中的指紋影像進行比對，如果比對率(Matching Rate)在某個使用者自訂的門檻值(Threshold Value)之上，則代表比對成功。此方法適合用在使用者不多，能夠犧牲一點精確度，以處理速度為導向的系統。本文中採用了

樣式比對法，針對其缺點研究改善的方法，並提出一個比對後的分析程序，藉以排除錯誤的比對結果，以提高辨識率。

## 二、單晶片快速指紋辨識系統

日本電信電話公司 (NTT, Nippon Telegraph and Telephone corporation) 生活與環境技術實驗室的 Shigematsu 和 Morimura 提出了一個快速指紋辨識方法，使用一個整合感測器和識別器的單晶片，以平行處理的方式，有效率地感測輸入指紋並進行比對。

### (一) 運作原理

單晶片快速指紋辨識系統採用的感測晶片由點陣 (Pixel Array) 所組成，並由一個控制器負責傳送控制訊號給點陣。點陣中的每一點均為一個感測電路，當使用者將手指放到識別晶片上時，每一點負責感測指紋相對應點的灰度值並將其二值化。每一點均有一個 1-bit 的記憶體，用來儲存使用者的登錄指紋畫素值，一個 1-bit 的暫存器用來儲存認證指紋的畫素值，以及一個比對器，用來比較記憶體和暫存器中的資料。比對器在比對結束後，會將比對結果傳送給控制器，控制器根據每一個點的比對結果計算出比對率。比對率代表了認證指紋與登錄指紋的符合程度，根據比對率，控制器便可以輸出辨識結果，意即認證指紋是否與登錄指紋相符。

### (二) 位移修正

在實際上使用時，使用者手指放在感測器上的位置每一次都會不同，因此辨識電路必須先修正位移的誤差，才能進行正確的比對。首先將輸入影像向左或向右移動，為了在不增加暫存器數目的情況下仍能保存多出來的影像，將多出來的部份移到對面的暫存器中存放，這個方法可以充分地使用空白點的暫存器，避免增加晶片的電路，接著辨識晶片便逐點比對移動過的認證指紋和登錄指紋。在比對的過程中，由於部份的暫存器中存放的是移動過後多出來的指紋部份，因此識別電路必須將這些暫存器忽略，只與範圍內的指紋進行比對。垂直方向的位移也是使用同樣方法修正，重覆以上步驟，便可以計算出認證指紋和登錄指紋的最大比對率。

### (三) 實驗結果

實驗結果顯示，在處理效能方面，由於指紋識別晶片是由點陣所組成，各點的比對可以平行處理，因此硬體時脈的需求不高；當識別晶片的處理速度為 1-MHz，水平與垂直的移動範圍為四十個點距時，比對一枚指紋所需的時間為 100ms。硬體時脈需求低，連帶使得耗電

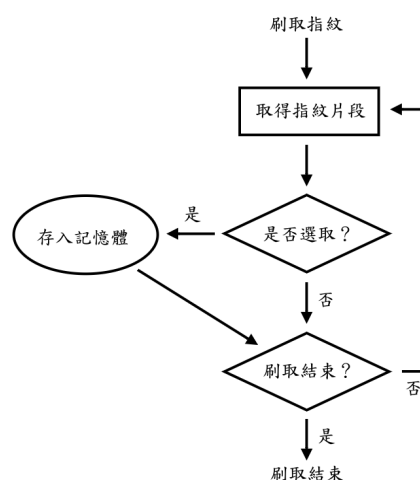
量大幅減少，延長使用時間。由此可知，這個方法的確能夠快速、省電地辨識指紋。最後，在辨識率方面，500 次測試當中，辨識錯誤的比例低於 1%，這個結果也證明了單晶片快速指紋辨識系統的可靠與有效。

## 三、即時指紋辨識演算法

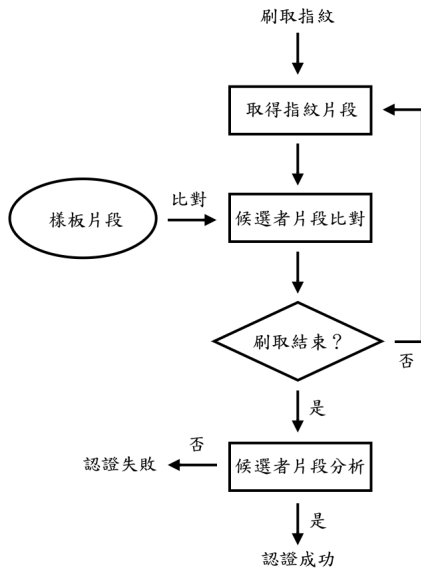
一般的資訊裝置由於成本或是功能的關係，處理器的速度及記憶體的容量通常並不高檔，亦不具備硬體擴充的功能，這些原因使得資訊裝置的效能並不足以執行太過繁雜的工作。為了解決效能上的瓶頸，本文所提出的即時指紋辨識方法研究重點將放在：快速地完成指紋辨識工作、減少記憶體的使用量以及合理的可信度。

### (一) 運作流程

圖一及圖二為片段比對式指紋辨識方法的運作流程圖，在登錄階段，系統隨機選取數個片段影像存入記憶體內，稱為樣板片段，在認證階段，擷取的片段與樣板片段進行比對。



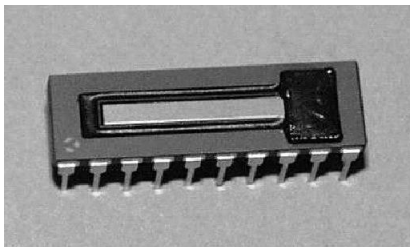
圖一 片段比對式指紋辨識方法的登錄流程



圖二 片段比對式指紋辨識方法的認證流程

## (二) 指紋片段與感測晶片

本文中所使用的感測晶片 FCD4B14 為 ATMEL 公司所生產的指紋感測晶片，其感測區域是由 2240 個像素所組成，此 2240 個像素所擷取下來的指紋影像即為一個指紋片段 (Slice)，或稱為一個指紋頁框 (Frame)。像素的排列為每行八個，共 280 行，每擷取完一個指紋片段，擷取下來的影像便由第一行開始傳送，直到第 280 行，當一個片段傳送結束後，感測晶片會在片段最末端加上一個特定的虛擬行 (Dummy Column)。圖三為感測晶片的外觀，當手指放上感測裝置時，FCD4B14 感測晶片藉由溫度的變化偵測到指紋的存在，便會開始擷取工作，擷取下來的指紋片段如圖四。由於擷取一個指紋片段的時間遠低於手指刷取的速度，因此擷取下來的連續指紋片段之間會存在冗餘的部份，應用程式可以經過一些處理程序將冗餘的部份去除，重建成完整的指紋影像。



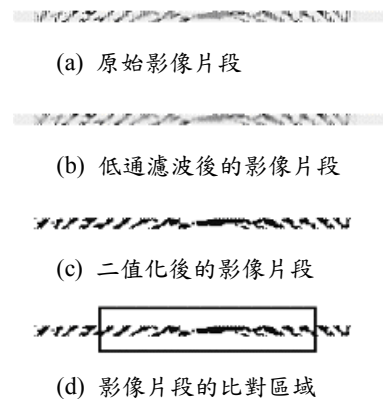
圖三 熱感式指紋感測晶片的實際外觀



圖四 指紋片段影像

## (三) 指紋片段的前處理

本文中對於樣板片段以及認證階段時擷取的指紋片段均經過低通濾波及二值化的處理，以便濾除擷取時產生的雜訊以及方便比對程序的進行。濾波器採用 (1,2,1)(2,4,2)(1,2,1) 的低通濾波器，二值化則使用平均值比較法 (Mean Value Thresholding)，所得結果如下圖五 (b) 與 (c)，最後為了確保樣板片段能夠包含於使用者輸入指紋的範圍之內，樣板片段影像的左右兩部份均捨棄不用，而以自訂大小的中央區域作為樣板片段的比對區域，如圖五 (d)。



圖五 原始影像片段及前處理

## (四) 比對策略

針對指紋感測晶片的特性，本文採用了以下三個比對策略：樣式比對法、相對位置及位移和候選者片段分析的觀念，期能達成即時完成指紋辨識工作、減少記憶體使用量等目標。

### 1. 樣式比對法

系統的效能和處理器的速度並不全然是個線性的關係，系統的架構、記憶體及輸出入設備等週邊裝置，對於系統效能的影響往往巨大的多，處理器在運作過程中，如果需要向週邊取得資料，常常必須閒置一段時間，等到週邊將資料準備完成後才能取用，為了解決這類問題以便提升系統的效率，許多人開始研究如何避免閒置的情況發生，有效率地使用處理器效能。光學文字辨識 (OCR, Optical Character Recognition) 即為一例，當掃瞄器在掃瞄文章的同時，處理器可以利用等待下次資料輸入的閒置時間進行辨識。

FCD4B14 熱感式指紋感測晶片的運作原理和一般的掃瞄器類似，晶片不斷地感測，將擷取下來的影像一張張地送至系統中進行處理。如果使用特徵點比對法，必須等到全部指紋片段影像感測完成後才能重建指紋，再經由特徵點萃取後始能比對，這種比對方法無法利

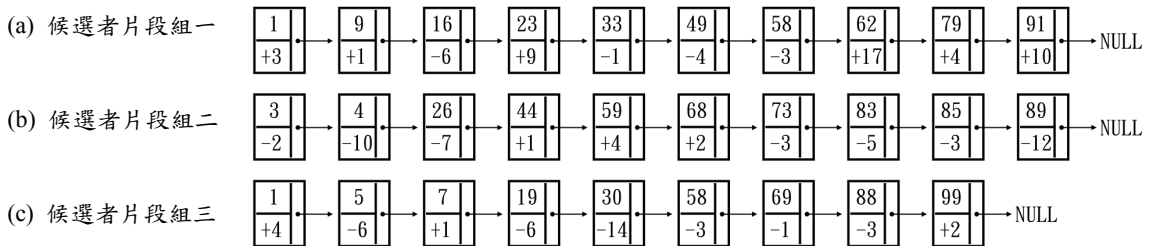
用感測片段的間隔時間進行對資料即時處理，不符合本文的前提，故在此採用樣式比對法。樣式比對法最大的好處在於連續兩個指紋片段間並沒有特殊的關聯性存在，因此一個指紋片段進入之後，可以直接與每一個樣板片段進行比對工作，不用等到特定數量的指紋片段到齊後才能比對，因而大幅縮短了處理時間。另外，輸入片段經過了即時處理之後，便可以捨棄不用，也降低了記憶體使用量。

## 2. 相對位置及位移

使用者在輸入指紋時，手指放在感測器上的位置每一次都不會相同，因此，在比對過程中，樣板片段必須在輸入指紋上不斷地進行位移並計算比對分數，位移的方式如圖六。比對分數的計算是採用正規比對索引法(NMI, Normalized Match Index)計算，公式如下：

$$NMI = \frac{M^+ - M^-}{M^+ + M^-} \quad (1)$$

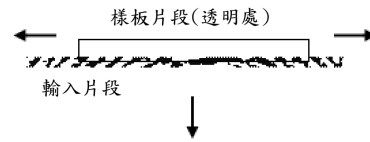
其中  $M^+$  為比對成功的點數， $M^-$  則為比對失敗的點數。 $NMI$  的範圍在 1 和 -1 之間，如果比對區域內有八成的像素是正確的，則求出來的比對分數為 0.6，若是只有七成的像素是正確的，比對分數則降至 0.4。若是比對分數高於門檻值，則將此片段的位移以及第幾個輸入片段記錄下來，並將該片段加入對應樣板片段的候選者清單中。(接右上)



圖七 候選者片段組(樣板片段數量=3)

(承右上) 假設樣板片段有三個，分別為登錄資料庫時的第 40, 50, 60 個輸入片段，第一個樣板片段的候選者清單為使用者輸入指紋的第 1、9、16、23、33、49、58、62、79、91 個輸入影像片段，第二個樣板片段的候選者清單為 3、4、26、44、59、68、73、83、85、89，第三個樣板片段的候選者清單為 1、5、7、19、30、58、69、88、99，分析程序由第一個樣板片段的清單找起，首先選擇 1 當作樣板片段一的候選者，接著從樣板片段二的清

(承左上)



圖六 樣板片段修正位置的方式

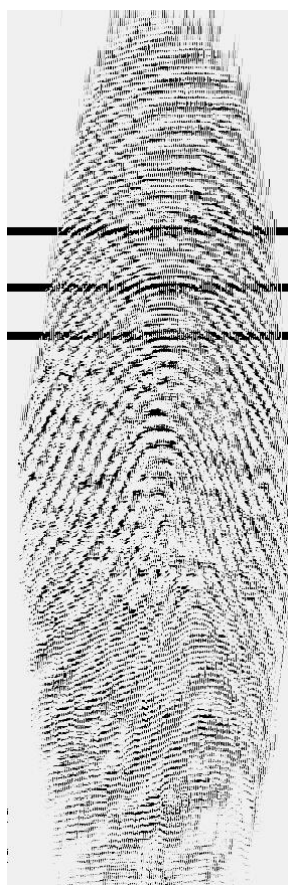
## 3. 候選者片段分析

由於樣式比對法較不精確，因此如果採用每個輸入片段首先與樣板片段一比對，比對成功之後開始與樣板片段二比對，比對成功後再與樣板片段三比對，樣板片段三也比對成功即代表輸入指紋為正確指紋的方法，常常會發生比對錯誤的情況發生，而當某個樣板片段比對錯誤，很有可能連帶地使後面的樣板片段也發生比對錯誤，因此本文提出了一個新的方法——候選者片段分析，來彌補這個缺點。候選者片段分析利用了相對位置及位移來判斷一組候選者片段是否為正確的指紋片段。正確的片段組在比對過程中，算出最大比對分數的位置必須相同，因此水平位移必須一樣；如果水平位移誤差太大，則判斷該候選者片段組為錯誤的片段組。此外相對位置也是指紋所具有一個很重要的特性，如果一組候選者片段是正確的指紋片段，那麼其兩兩間的距離比應該和樣板片段的距離比是一樣的，否則即為錯誤的指紋片段。(接左下)

單中比 1 大的候選者找起，例如選擇 26 當作樣板片段二的候選者，接著根據相對位置的觀念可以得知，樣板片段一與樣板片段二的距離，應該等於樣板片段二與樣板片段三的距离，因此如果候選者一和候選者二是正確的，第三個候選者應該出現在第 51 個輸入指紋片段。進入樣板片段三的候選者清單中搜尋，發現第 51 個輸入片段並不是候選者，如果考量感測時可能造成的誤差，可以再找找看 50 或 52 是不是候選者，如果也不是，那麼這一組候選者片段與樣板片段並不相符，分析程序到

樣板片段二的候選者清單繼續往下找。如果找到最後沒有任何一組候選者片段符合樣板片段的指紋特性，則系統判定認證失敗，如果找到一組符合距離特性的候選者片段，如此例中的 58、73、88，這時便檢查三個候選者是否具有相同的水平位移，如果三者的水平位移也相同，則此組候選者即與樣板片段相符，系統判定認證成功。本例中還可以找到 9、59、99 及 1、3、5 等兩組候選者片段，這種不合理的間隔可以在分析程序中加入一些限制直接跳過，避免剛好兩組候選者均有相同的水平位移而造成誤判的情況發生。

另外一個比較簡單的分析方法為，尋找具有同樣位移量的候選者片段，如果可以在三個片段組中各找出一個具有相同位移量的片段，且其相對位置也符合樣板片段的相對位置特性，則同樣可以判定認證成功。



(a) 原始指紋片段



(b) 經過候選者片段分析後的比對結果

圖八 候選者片段分析(樣板片段數量=3)

#### 四、實驗結果與討論

樣板片段的數量與系統的可靠度有極為密切的關係，候選者片段越多，辨識工作便會越精確，但相對地處理工作也會越繁複。本文中使用了相對距離的觀念來分析候選者片段，因此至少需選取三個樣板片段，另外由實驗中得知，三個樣板片段已經可以達到不錯的正確率，四個以上的樣板片段除了讓計算量增大外，對於提升正確率的助益非常有限，因此在實驗中，樣板片段的數量將固定選取三個。

實驗數據的表格中，由左到右的數據分別代表樣板片段一的候選者數量、樣板片段二的候選者數量、樣板片段三的候選者數量以及分析結果是否正確。

##### (一) 比對區域的大小

比對區域越大，雜訊所造成的影響就會越小；比對區域越小，由於雜訊的影響程度較大，候選者片段的比對也會較不精確。下表中列出了比對區域大小與候選者片段個數及比對正確率的關係，可以看出比對區域若是越大，候選者片段的個數會比較固定，表示不容易把錯誤的片段當成候選者，或是把正確的片段忽略，比對的正確率也會越高。相反的，比對區域如果越小，則越有可能將錯誤的片段挑出，或將正確的片段忽略，因此候選者片段的個數變動較大，正確率也會較低。

從表一中顯示，當比對區域降至  $6 \times 100$  時，會開始產生比對錯誤的情況，因此在選擇時應該盡量避免小於  $6 \times 100$ 。此外，比對區域

如果太大，可能會將樣板片段與輸入片段非共有的區域也包含進去，若是非共有的區域進行比對，比對時可能會產生不可預期的錯誤，因此也不宜選取過大。

### (二) 水平位移搜尋範圍

使用者手指放在感測器上的位置每次都不相同，使得感測下來的指紋片段影像間存在著一個水平方向位移的誤差。水平位移的誤差能夠藉由位移搜尋來解決，搜尋的範圍越大，正確的片段就越有可能被挑選出來，搜尋的範圍越小，則越有可能被忽略。根據經驗，使用者的指紋位移在正常感測的狀況下差距並不會太大，搜尋範圍太大不但會造成效能上的浪費，還有可能會把錯誤的片段挑選出來，因此在選取範圍時不宜過大或過小。

表二為搜尋範圍與候選者數量的關係，搜尋區域在-10到10、-15到15及-20到20時，候選者數量並沒有太大的差異，而當搜尋區域只有從-5到5時，搜尋區域明顯過小，使得系統無法有效地挑選出候選者片段。

### (三) 比對分數的門檻值

門檻值是影響比對結果最直接的因素，門檻值過高可能會使得正確的片段被忽略，過低則會造成候選者片段數過多，如果其中剛好出現一組符合樣板指紋特性的錯誤指紋片段，將會造成比對錯誤，因此門檻值的選擇是很重要的。從實驗數據中可以得知，門檻值介於0.3至0.5，意即片段中有65%到75%的像素是正

確的時候，比對結果最準確。

### (四) 錯誤接受率(FAR)

本處使用比對區域6x140，水平位移搜尋範圍-10到10，比對門檻值0.35的參數設定值來計算錯誤接受率(FAR, False Acceptance Rate)，正確指紋與錯誤指紋各取五枚，每枚指紋均重複認證一百次。經過實驗可以計算出錯誤接受率為0.2%，其原因可能有二：一是由於樣本數不夠大，因此計算結果不夠精確，再者是即時指紋辨識演算法並未處理登錄指紋和認證指紋間角度差的問題，因而可能導致辨識錯誤的情況發生。如要提高系統的安全程度，可以提高樣板片段的數量或是比對候選者片段時的門檻值，或是再針對本演算法進行改良，但由於本演算法的目的在於提高資訊裝置的安全程度，目前並未提供法律上的保障，因此千分之二的安全程度已足堪使用。

### (五) 錯誤拒絕率(FRR)

本處使用比對區域6x140，水平位移搜尋範圍-10到10，比對門檻值0.35的參數設定值來計算錯誤拒絕率(FRR, False Rejection Rate)，正確指紋與錯誤指紋各取五枚，每枚指紋均重複認證一百次。經過實驗可以計算出錯誤拒絕率為6.2%，雖然並未達到理想的拒絕率，但與理想值相去不遠；未來如果能改善登錄指紋和認證指紋間角度差的問題，相信錯誤拒絕率還是能夠再降低。

表一 比對區域大小對於辨識所造成的影響(搜尋範圍-20至20，門檻值0.5)

	6x160	6x150	6x140	6x130	6x120	6x110	6x100
次數1	5 4 3 Y	3 4 7 Y	5 5 4 Y	2 8 12 Y	8 8 12 Y	11 10 17 Y	6 7 13 Y
次數2	3 2 1 Y	1 2 6 Y	2 10 1 Y	9 4 6 Y	2 12 4 Y	13 6 1 Y	3 6 15 Y
次數3	2 2 3 Y	2 6 5 Y	8 2 3 Y	4 3 2 Y	4 6 2 Y	2 9 15 Y	8 11 4 Y
次數4	4 2 2 Y	2 4 7 Y	9 9 3 Y	6 8 7 Y	8 1 3 Y	7 8 5 Y	21 6 3 N
次數5	3 4 2 Y	3 3 3 Y	3 2 6 Y	7 4 1 Y	6 7 6 Y	10 5 3 Y	6 20 4 Y
次數6	5 4 4 Y	6 5 2 Y	6 2 7 Y	6 2 6 Y	7 11 1 Y	4 8 7 Y	7 7 21 Y
次數7	2 1 3 Y	4 7 5 Y	1 7 5 Y	8 4 8 Y	3 2 2 Y	7 1 6 Y	4 3 13 Y
次數8	3 2 3 Y	5 2 1 Y	4 3 5 Y	3 6 6 Y	11 5 4 Y	6 4 3 Y	7 7 16 Y
次數9	3 4 5 Y	2 3 6 Y	9 6 2 Y	4 4 9 Y	1 5 9 Y	4 5 8 Y	2 9 7 Y
次數10	2 5 1 Y	2 6 3 Y	3 4 8 Y	2 1 10 Y	8 4 5 Y	7 8 12 Y	19 5 5 Y
次數11	4 3 5 Y	1 3 4 Y	2 3 10 Y	3 8 10 Y	4 7 12 Y	3 17 6 Y	6 16 2 Y
次數12	2 7 2 Y	3 2 6 Y	6 1 5 Y	5 7 6 Y	6 1 13 Y	8 14 6 Y	8 23 2 Y
次數13	1 6 2 Y	4 5 3 Y	8 2 3 Y	7 3 9 Y	4 9 2 Y	7 3 8 Y	4 6 19 Y
次數14	3 4 3 Y	2 7 1 Y	8 5 2 Y	3 2 1 Y	8 9 6 Y	14 11 6 Y	7 8 20 Y
次數15	5 2 4 Y	5 6 3 Y	1 3 7 Y	3 7 2 Y	3 14 4 Y	1 16 8 Y	18 3 7 Y

次數 16	3 1 5 Y	5 2 2 Y	2 5 2 Y	1 4 4 Y	7 3 3 Y	6 5 9 Y	15 4 13 Y
次數 17	2 3 3 Y	5 2 4 Y	3 2 4 Y	7 2 7 Y	4 13 9 Y	9 10 3 Y	22 16 19 N
次數 18	5 2 3 Y	4 3 2 Y	8 4 3 Y	13 5 2 Y	16 2 8 Y	16 8 6 Y	3 8 16 Y
次數 19	6 5 4 Y	5 4 2 Y	3 7 1 Y	9 6 3 Y	2 5 7 Y	15 6 4 Y	6 3 8 Y
次數 20	2 3 2 Y	4 3 5 Y	6 10 8 Y	6 3 7 Y	1 4 5 Y	5 3 10 Y	13 11 5 Y

表二 水平位移搜尋範圍與比對結果的關係(比對區域 6x160，門檻值 0.5)

	-20~20	-15~15	-10~10	-5~5
次數 1	5 4 3 Y	1 4 2 Y	3 5 3 Y	2 0 6 N
次數 2	3 2 1 Y	3 5 6 Y	5 6 4 Y	4 5 5 Y
次數 3	2 2 3 Y	4 2 3 Y	3 2 4 Y	2 3 4 Y
次數 4	4 2 2 Y	5 5 3 Y	2 3 3 Y	3 1 1 Y
次數 5	3 4 2 Y	7 1 2 Y	3 3 1 Y	5 2 5 Y
次數 6	5 4 4 Y	3 4 4 Y	2 4 2 Y	1 3 4 Y
次數 7	2 1 3 Y	2 3 5 Y	6 3 5 Y	1 2 1 Y
次數 8	3 2 3 Y	5 4 2 Y	2 1 1 Y	2 2 3 Y
次數 9	3 4 5 Y	4 3 3 Y	5 6 5 Y	6 4 2 Y
次數 10	2 5 1 Y	1 5 2 Y	1 4 3 Y	0 0 1 N
次數 11	4 3 5 Y	3 4 1 Y	3 3 6 Y	2 5 4 Y
次數 12	2 7 2 Y	6 4 3 Y	4 6 2 Y	3 2 2 Y
次數 13	1 6 2 Y	3 1 5 Y	2 1 3 Y	4 3 6 Y
次數 14	3 4 3 Y	5 4 6 Y	1 4 5 Y	1 5 1 Y
次數 15	5 2 4 Y	2 3 2 Y	1 6 3 Y	1 1 1 Y
次數 16	3 1 5 Y	5 4 6 Y	2 6 2 Y	3 2 2 Y
次數 17	2 3 3 Y	1 5 3 Y	4 2 1 Y	2 5 5 Y
次數 18	5 2 3 Y	4 3 2 Y	6 6 3 Y	4 2 1 Y
次數 19	6 5 4 Y	3 2 5 Y	4 4 1 Y	5 1 4 Y
次數 20	2 3 2 Y	6 1 2 Y	2 3 3 Y	6 2 6 Y

表三 門檻值與比對結果的關係(比對區域 6x160，搜尋範圍-20 至 20)

	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
次數 1	33 6 14 Y	24 21 22 Y	10 12 11 Y	5 4 3 Y	2 2 5 Y
次數 2	16 36 22 Y	7 15 18 Y	9 11 13 Y	3 2 1 Y	2 4 3 Y
次數 3	27 22 43 Y	18 20 23 Y	11 10 10 Y	2 2 3 Y	0 4 2 N
次數 4	38 20 25 Y	20 10 13 Y	8 15 9 Y	4 2 2 Y	5 3 3 Y
次數 5	24 50 44 Y	21 19 20 Y	10 14 8 Y	3 4 2 Y	1 2 1 Y
次數 6	48 51 49 N	13 22 12 Y	11 12 6 Y	5 4 4 Y	2 5 2 Y
次數 7	43 39 41 Y	15 20 16 Y	9 3 9 Y	2 1 3 Y	5 2 4 Y
次數 8	39 38 34 Y	8 7 11 Y	8 4 13 Y	3 2 3 Y	1 5 1 Y
次數 9	38 34 37 Y	17 20 16 Y	7 10 8 Y	3 4 5 Y	2 3 4 Y

次數 10	40 6 29 Y	12 22 19 Y	7 6 11 Y	2 5 1 Y	4 3 0 N
次數 11	32 9 24 Y	14 22 21 Y	1 12 8 Y	4 3 5 Y	4 2 2 Y
次數 12	40 45 37 Y	16 19 12 Y	10 11 9 Y	2 7 2 Y	2 1 5 Y
次數 13	26 25 50 Y	17 17 16 Y	6 6 10 Y	1 6 2 Y	3 4 4 Y
次數 14	50 42 37 Y	18 13 11 Y	9 6 5 Y	3 4 3 Y	3 0 3 N
次數 15	45 44 39 N	19 19 19 Y	3 2 12 Y	5 2 4 Y	4 5 1 Y
次數 16	21 13 34 Y	4 19 23 Y	13 4 7 Y	3 1 5 Y	1 1 2 Y
次數 17	45 27 38 Y	14 17 18 Y	7 3 10 Y	2 3 3 Y	1 4 5 Y
次數 18	23 43 19 Y	11 23 20 Y	4 8 8 Y	5 2 3 Y	4 2 0 N
次數 19	41 35 30 Y	16 8 18 Y	11 9 5 Y	6 5 4 Y	2 3 2 Y
次數 20	33 33 6 Y	9 20 21 Y	10 11 8 Y	2 3 2 Y	1 4 2 Y

## 五、結論

本文的研究目的主要是針對資訊裝置提出一套高效率的指紋認證機制，從根本的演算法開始改良，在不犧牲可靠度的前提下，以即時處理指紋資訊及降低記憶體使用量為目標，讓效能較低的裝置也能夠享受生物測定學所帶來的便利。

即時指紋辨識演算法利用了樣式比對法提高處理器的工作效率，並有效降低了記憶體使用量；而為了解決樣式比對法較不精確的缺點，本文提出了候選者分析的觀念，將所有可能的指紋片段挑出，再根據相對位置的特性找出正確的片段。由實驗結果可以得知，即時指紋辨識演算法能夠在近乎即時的時間內精確地辨識指紋，並且只需使用少量的記憶體，完全達到本文的研究目標。

## 六、參考文獻

- [1] 連國珍, 數位影像處理, 儒林, 2000.
- [2] 曾銘崧, “熱感式指紋成像及其自動辨識之研究”, 中原大學電子工程研究所碩士論文, 2001.
- [3] J C Amengual, A Juan, J C Perez, F Prat, S Saez and J M Vilar, “REAL-TIME MINUTIAE EXTRACTION IN FINGERPRINT IMAGES”, IPA97, IEE Conference Publication 443, July 1997.
- [4] Sugata Ghosal, Raghavendra Udupa, Sharath Pankanti and Nalini K. Ratha, “Learning Partitioned Least Squares Filters for Fingerprint Enhancement”, WACV00 IEEE, 2000.
- [5] R. Gonzales and R. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing

Company, 1992.

- [6] Henry, Sir Edward Richard, C.S.I., *Classification and Uses of Finger Prints*, George Routledge & Sons Ltd., London, 1901.
- [7] Anil Jain (IEEE Fellow), Lin Hong and Ruud Bolle (IEEE Fellow), “On-Line Fingerprint Verification”, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, VOL. 19, NO. 4, April 1997.
- [8] J.R. Parker, *Algorithms for image processing and computer vision*, John Wiley and Sons, 1997.
- [9] Fernando L. Podio, *BIOMETRICS - TECHNOLOGIES FOR HIGHLY SECURE PERSONAL AUTHENTICATION*, NIST, May 2001.
- [10] Satoshi SHIGEMATSU and Hiroki MORIMURA, “A High-Speed Pixel-Parallel Fingerprint Identifier for Fingerprint Identification System on a Single Chip”, *IEEE*, 1999.
- [11] Richard Zunkel, *Biometrics and Border Control*, Security Technology & Design, May 1995.
- [12] *Fingerprint recognition based on silicon chips White Paper*, ATMEL, 2001.
- [13] *FCD4B14 FingerChip™*, ATMEL, 2000.
- [14] *IAFIS Image quality specification CJIS-RS-0010 (V4) Appendix F & G*, August 24, 1995.
- [15] <http://biometrics.cse.msu.edu/fingerprint.html>