

建立於 Android 系統之鑰匙自動辨識系統

王建仁 沈英謀 蔡哲民 鄭承淵

崑山科技大

電腦與通訊系、資訊管理系、資訊傳播系、電腦與通訊所

{ cjw, shenyin, tjm }@mail.ksu.edu.tw ; jim122664@livemail.tw

摘要

生活中有許多地方都必須利用鎖來防止財物被他人竊取，所以一般人都會擁有一把以上的鑰匙來解開各種不同的鎖具。由於鑰匙在外型上都很相似，對於視力模糊、記憶力退化的年長者或是其他具有類似障礙的族群來說，可能難以分辨出鑰匙的種類。

本論文提出一套 Android Based 的鑰匙自動辨識系統，使用者只須使用智慧型手機的 Camera 拍攝欲辨識的鑰匙，系統就會自動從影像中切割出物件，與特徵資料庫進行比對，並將分析出來的鑰匙種類回傳給使用者。特徵資料庫主要分為「形狀」與「紋理」兩種特徵，為了防止使用者物件擺放的角度與位置的不同影響辨識結果，系統會先進行角度與大小正規化，再進行特徵擷取。形狀特徵是利用擷取物體的 Centroid-Contour Distance(CCD)來描述，紋理特徵則是先將影像透過 Sobel 進行邊緣偵測(Edge detection)，並將影像分成 N 個區域，再計算各個區域的邊緣數量，做為紋理區域分佈特徵。綜合以上兩種特徵值，再利用 K-nearest neighbor(KNN) 進行特徵比對。

本系統經過實際測試後，成功辨識率為 82.81%，未來將尋找測試對象，實際將此系統運用於使用者的日常生活，並持續探討如何優化使用者介面以及提高辨識率。

關鍵詞：鑰匙辨識、智慧型手機、中高齡。

Abstract

Locks are widely used for preventing property stolen by others. Generally, most people would have lots of locks in various environments and results in possessing lots of keys. Since the appearances of the keys are similar, specifying the correct key is difficult for the people with blurred vision, memory loss or other obstacles.

This paper introduces an Android based automatic key recognition system based on image techniques. The system stores the features of all the keys owned by the user. The user only needs to use his/her smart phone to take the photo of the selected key. The system will automatically extract the features of the key and compare these extracted features with those in the database. The system will

select the one in the database which is the most similar to the testing key as the recognition result. The features used in our system are shape and texture. In order to avoid the influence resulted in different position and angle of the key, after segmenting the key image from the background, the system would first rotate the key and align the key image on the y-axis of the test plane. Then the key image is scaled to a predefined size. The feature of the shape is the Centroid-contour-distance (CCD). The texture feature extraction is as follows: The key image is processed by Sobel edge-detection algorithm first, and then the divided into N regions and the edge points of each region is counted. These edge point counts serve as the texture distribution. The K-nearest neighbor (KNN) method is applied to perform the comparison task.

The recognition rate of the system reaches 82.81% during the field test. In the future, we will continue to explore ways to improve the recognition rate and optimize the user interface.

Keywords: Key Recognition, Smart Phone, Senior People

1. 前言

都市化人口集中後的結果，導致治安一直是現代人的顧慮。為了保護私人的財產與個人的人身安全，門戶管制已經成為必要的手段。平常最常見的門戶管制方式就是利用鎖來管制進出的人員。由於鎖的成本較低、牢固且使用方便，所以被廣泛的運用在人們生活中，從家中大門、後門、汽機車、辦公室、甚至電腦、保險箱....到處都可以看到鎖的蹤跡，也因此幾乎每個人都會擁有一把以上的鑰匙。雖然鎖具可以使個人財物多一分保障，但對於視力模糊、記憶力退化的年長者或是其他具有類似障礙的族群來說，當擁有多把以上的鑰匙時，會經常無法分辨所持有的鑰匙與對應的鎖頭，而產生諸多不便。

近年來智慧型手機已越來越普及，雖然主要用戶還是以中低年齡層為主，但已經有越來越多業者開始針對高齡族群的使用者作研發設計，而且因為智慧型手機或平板電腦的螢幕比傳統手機還要寬大，市面上專為高齡族群設計的產品也越來越多，因此很多人都已將智慧型手機或平板電腦作為贈送長輩禮物的首選。也因為高齡族群的使用者越來

越多，許多軟體開發業者也開始投入開發適合高齡族群使用的手機應用程式，目前最常見的功能有拍照、攝影及健康管理[1]等，因此我們希望開發更多能夠融入高齡族群日常生活的應用程式。

目前已經有許多的平台逐漸開始運用影像辨識技術來辨識物件，但能夠真正用於日常生活中的卻不多，許多系統都只適用於特殊的研究單位，或者是必須仰賴特殊設備，讓一般民眾無法自行建立完整的辨識系統。過去我們曾經製作一套辨識平台[2]，透過辨識物件提供使用者一個互動式的學習環境。另外也製作過一套昆蟲影像辨識系統[3]，包含貝殼、甲蟲及蝴蝶等物種，使用者透過網頁上傳昆蟲的影像，即可辨識出相對應的昆蟲資訊。但這些影像辨識系統大多需要一個穩定的環境(辨識箱)，或是倚賴網路傳回雲端上的伺服器作運算，若使用者沒有適合的環境或是無線網路，便無法即時取得想要的資訊，因此本系統除了製作一套鑰匙辨識系統，最主要的目的，是希望能夠讓影像辨識流程可以直接在手機上獨立完成，以減少系統的使用限制。

本研究提出一套鑰匙辨識系統，用來幫助使用者辨識出鑰匙的用途。使用者只須使用智慧型手機的 Camera 拍攝欲辨識的鑰匙，系統就會自動擷取影像，然後利用由蔡哲民等人發展的影像自動切割技術[4]將 Camera 輸入之影像進行物件切割，再依據權重式主體判斷物件大小以及物件與畫面中心距離之比重取出標的物件。由於使用者物件擺放的角度與位置可能不完全相同，為了避免因這些狀況影響辨識率，系統會將擷取出的物件進行正規化，再進行特徵擷取。並且系統利用擷取物體的 Centroid-Contour Distance(CCD)[5]以及 Sobel 影像作為形狀與紋理特徵，以進行物件種類的比對。我們期望本系統能夠成為視覺與記憶退化者的居家幫手。

2. 研究方法

傳統的鑰匙辨識系統[6]擷取影像的設備為一內嵌 Webcam 的鑰匙辨識盒，因為辨識盒中 Webcam 為固定高度，並且附有固定光源，受控條件較多、環境也單純，因此能夠獲得極高的辨識率，但因為辨識盒體積過於龐大，且必須連接傳統電腦，仰賴電腦的硬體設備進行運算，因此在使用環境上有很大的限制。

目前應用於智慧型手機上的影像辨識系統，很多都是利用手機擷取影像後，透過網路將影像傳到雲端伺服器進行運算[7][8]，與特徵資料庫比對後，再將辨識結果回傳到手機。雖然雲端伺服器的運算能力較強，但使用上卻受限於手機必須連接網路，倘若使用者沒有網路可用或是網路品質不佳，將導致大量延遲甚至系統無法運作。而實際尚無線網路的普及率還不是 100%，且許多人礙於費率問題也無法隨時使用 3G 網路，因此實現一個利用手機本

身取像與運算能力進行辨識的系統，是本研究希望完成的目標。

本系統的影像擷取設備為智慧型手機的後置鏡頭，並且將特徵資料庫儲存於手機端，由於一般家庭使用的鑰匙數量不多，因此透過智慧型手機本身即可完成整個影像辨識流程。

2.1 系統架構

圖 1 為系統運作流程圖，使用者利用本系統之拍照功能擷取影像後，由影像中擷取出欲辨識物件，先進行影像正規化，再將影像送入特徵擷取流程。若使用者選擇建立特徵資料庫，系統會將所擷取出之鑰匙特徵建立於資料庫中，若使用者選擇進行鑰匙辨識，系統會將擷取出的鑰匙特徵與資料庫中的數據進行比對，並判斷該物件種類或「非資料庫種類」。如果辨識物件不屬於資料庫內種類，則告知使用者重新放置其他物件，如果存在於資料庫，則輸出和檢索最相近的物件資訊給使用者。

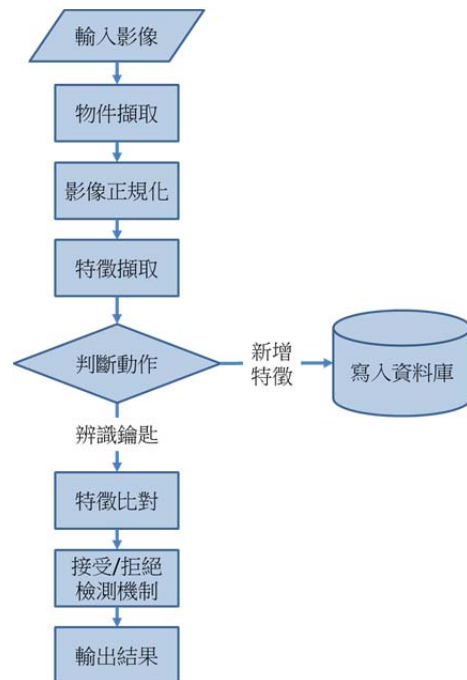


圖 1 系統運作流程圖

2.2 影像物件擷取

實際處理影像辨識之前，必須先將前景物件和背景影像分離，以避免受到背景物件的干擾。目前物件切割技術較常見的有背景相減(Background Subtraction) [9]、顏色分群(Color Clustering) [10]、分水嶺演算法(Watershed)[11]或是經由人工定義初始輪廓的方式擷取物件[12]。但是上述這些方式大都需要使用者介入，如標示初始輪廓、擷取背景、設定參數等，較不易於建置全自動化系統。

因此本系統採用由蔡哲民等人所發表的影像自動切割技術[4]進行擷取。首先將彩色影像轉為灰

階影像，利用 9x9 的均值濾波器(Mean Filter)去除多餘雜訊，再用 Sobel 邊緣偵測演算法，利用 3x3 遮罩分別對影像之水平軸與垂直軸進行掃描，取得二值化影像，再將此影像利用鏈碼(Chain Code)掃描取得物件的輪廓，最後依據權重式主體判斷物件大小以及物件與畫面中心距離之比重取出標的物件。

2.3 物件正規化

經由物件擷取程序取得之鑰匙影像，可能因拍攝時的角度不同或鑰匙擺放的位置不同，而導致擷取到的物件大小及角度不一致，這些差距將會影響物件特徵的擷取，所以為了讓所有物件可以在相同的條件下做比對，必須將所有影像調整至相同角度與大小。因此我們統一將鑰匙較窄的一端轉到上方，並且將物件影像較長的一邊正規化為 320 像素的長度，另一邊則等比例縮放，如圖 2 所示。



圖 2 (A)原始圖片、(B)物件擷取、(C)正規化

2.4 物件特徵擷取

本系統主要利用「形狀」與「紋理」做為描述影像的特徵。擷取形狀特徵時，是將整把鑰匙都列入特徵值計算，而擷取紋理特徵時，考量到鑰匙的握把大多為黑色，較無明顯的變化，因此只針對鑰匙前端金屬的部分擷取特徵。

2.4.1 形狀特徵

以往學者曾提出許多形狀特徵的演算法，本系統是採用 Centroid-Contour Distance(CCD) [5] 的方法來擷取形狀特徵。在取得完成正規化之影像後，計算其質心與物件輪廓之間的歐基里德距離，並以正 Y 軸為 0 度，依照順時鐘方向每 1 度取一次距離作為物件的 CCD 特徵，最後取出 360 個數值作為物件形狀的特徵。

2.4.2 紋理特徵

紋理特徵中較常見的有 Sobel 邊緣特徵[13]、哈爾小波轉換(Harr Wavelet Transformation) 以及統計矩(Moment)等方法，Sobel 邊緣特徵本身包含了許多非顏色的特徵資訊，非常適合應用在非顏色的影像辨識上；哈爾小波轉換是一種將空間域影像轉換成頻率域影像的演算法，但此種方法只能描述物件表面的複雜度，卻無法詳細描述物件紋理的分布；統計矩是使用強度直方圖的統計特性，通常用來分辨兩個影像之間的統計差異，雖然可以描述物件的

顏色比例，但卻無法描述顏色的分佈位置，並且鑰匙表面較無明顯的顏色差異，因此本系統選擇利用 Sobel 邊緣特徵作為描述紋理特徵的方法。但由於此方法特徵數量較大，且在比較差異時可能因為些微的誤差導致辨識率降低，因此本系統將影像切割成 2 x 10 個相同大小的區塊，如圖 3 所示，並統計各區塊內邊緣的數量做為本研究的紋理區域分佈特徵，如此一來不僅可縮減資料量、增加比對速度，還可以有效降低正規化過程中的誤差所產生的影響。



圖 3 紋理特徵擷取過程

2.5 建立特徵資料庫

使用者進入系統時，若是選擇「建立特徵資料庫」(如圖 4)，系統完成特徵擷取後，就會自動寫入檔案並存入手機，每支鑰匙都必須建立兩次資料，包含垂直拍攝與水平拍攝，建立完成後，即可使用辨識功能。

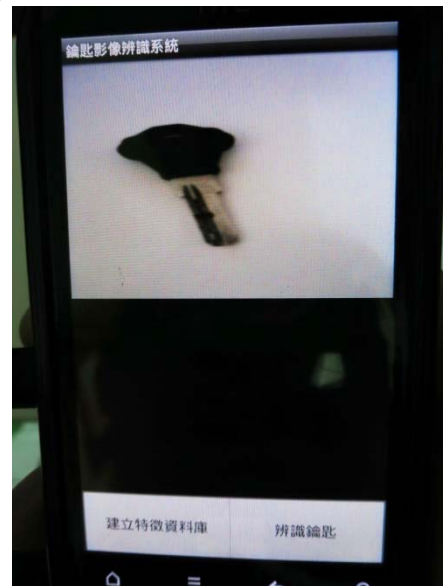


圖 4 選擇動作畫面

2.6 特徵比對演算法

使用者進入系統時，若是選擇「辨識鑰匙」，系統完成特徵擷取後，就會自動進行特徵比對，特徵比對演算法有很多種，常見的有 K 最近鄰居法(K-Nearest Neighbor)、投票法(vote)及類神經演算法(Neural Network Algorithm) 和高斯演算法

(Gaussian-Based Algorithm)，由於一般家庭的鑰匙數量不會太多，對於類神經和高斯等演算法來說，在樣本數量較少的情況下，因缺少大量樣本的訓練，無法有良好的辨識率，但在樣本數較少的狀況下，能有良好辨識率的演算法並不多，K 最近鄰居法和投票法二種演算法就是比較具代表性的演算法。因為一般人所擁有的鑰匙通常不多，因此我們僅選用 K 最近鄰居法(K-nearest neighbor, KNN) [14]來進行特徵之比對演算。

K 最近鄰居法是採用向量空間模型的觀念來進行分類，其原理是同種類的樣本，彼此間的相似度會較高，所以可以藉著計算與已知種類樣本之間的相似度，來找尋未知種類樣本可能歸於哪一種類中。K 最近鄰居法的執行步驟如下。

1. 依歐基里德距離(Euclidean distance, Ed)公式計算未知種類樣本與已知種類樣本之間的特徵值相似度。
2. 將其樣本特徵相似度大小排序，將其放入一相似集中。
3. 從相似集合 NN 中取出前 K 名，依照多數種類決定，而得到該未知種類樣本的可能相似種類。

由於辨識的樣本種類並不多，所以我們僅採用 K=1，取最近的一個樣本做為分類依據，並以最近樣本之 Ed 值作為接受/拒絕檢測機制判斷的依據，辨識完成的結果如圖 5 所示。



圖 5 辨識結果畫面

2.7 接受/拒絕檢測機制

為了判斷使用者放置樣本是否為正確辨識樣本，所以本研究提出接受/拒絕檢測機制，利用 K 最近鄰居法去計算資料庫樣本之間的差異值 Euclidean distance (Ed)作為基礎，求出資料庫內的同一物種之間差距最大值 Max 和每一物種與其它不同種之間的差異最小值 Min。

關於門檻值的計算，本系統分別計算 Max 和

Min 之算術平均 Ari_{ave} (式 1)與幾何平均 Geo_{ave} (式 2)，作為該種鑰匙的門檻值。

$$Ari_{ave} = (Max_{Ed} + Min_{Ed})/2 \quad (1)$$

$$Geo_{ave} = \sqrt{Max_{Ed} * Min_{Ed}} \quad (2)$$

當特徵比對演算法找出資料庫內最接近使用者辨識樣本的物種後，接受/拒絕檢測機制便會將最接近物種之 Ed 值與門檻比較，當 Ed 值大於門檻則使用者辨識樣本為非辨識樣本，反之如果 Ed 值小於門檻則使用者辨識樣本為正確辨識樣本。經過測試我們最後選用非辨識樣本拒絕率較高的方法 (2)。

3. 實驗結果與討論

本系統使用的實驗設備為 HTC Desire S，CPU 為 Qualcomm Snapdragon MSM8255 1GHz 單核心處理器、記憶體為 768MB 的智慧型手機，在 Android 系統下使用 JAVA 程式語言開發辨識系統。

我們總共進行了三項實驗，實驗內容為辨識 8 種不同的鑰匙，如圖 6 所示，並且分別旋轉八個方向進行測試，如圖 7 所示。我們分別利用形狀特徵與紋理特徵單獨進行辨識，最後再將兩種特徵以權重的方式混合進行辨識，以驗證同時利用兩種特徵進行辨識可以有效提升辨識率。

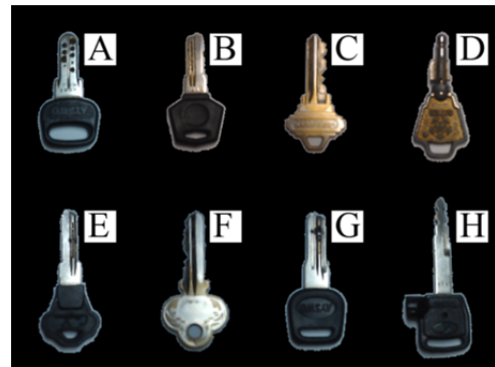


圖 6 鑰匙樣本



圖 7 拍攝鑰匙示意圖

表 1 辨識率測試結果

| 鑰匙樣本 | 形狀(%) | 紋理(%) | 形狀+紋理(%) |
|------|-------|-------|----------|
| 樣本 A | 62.5 | 50 | 75 |
| 樣本 B | 75 | 0 | 75 |
| 樣本 C | 100 | 62.5 | 100 |

| | | | |
|------|------|-------|-------|
| 樣本 D | 87.5 | 62.5 | 87.5 |
| 樣本 E | 87.5 | 75 | 87.5 |
| 樣本 F | 62.5 | 62.5 | 75 |
| 樣本 G | 62.5 | 75 | 62.5 |
| 樣本 H | 100 | 62.5 | 100 |
| 平均 | 79.7 | 56.25 | 82.81 |

實驗結果如表 1 所示，形狀特徵的平均辨識率為 79.7%，其中樣本 A、B、G 因其形體較接近，因此辨識率較低；紋理特徵的平均辨識率為 56.25%，因為鑰匙為金屬表面，拍攝影像時容易受到光線影響，因此也影響到 Sobel 的結果，但測試的過程中，部分因形體過於接近而導致形狀特徵無法正確辨識的鑰匙，卻因為紋理特徵的加權而辨識成功，因此雖然紋理特徵整體辨識率較低，但因紋理特徵能夠輔助形狀特徵達到提升辨識率的效果，因此證明同時利用形狀特徵與紋理特徵能有效提高辨識率。

4. 結論

過去的影像辨識系統大部分都偏向研究性質，或者是必須仰賴特殊設備才能使用，因為這些使用限制，而讓一般民眾無法享受到影像辨識系統所帶來的便利性。隨著智慧型行動裝置的發展，開發能夠融入民眾日常生活的應用程式已成為目前的趨勢，因此本論文提出一套基於 Android Based 的鑰匙自動辨識系統，讓民眾能夠利用自己的智慧型手機或是平板電腦，自行建立完整的影像辨識系統，讓家中的高齡族群或是記憶退化者，能夠藉由這套影像辨識系統，改善日常生活中的不便。

本系統目前已達到 82.81% 的辨識率，未來將持續針對如何提高辨識率以及使用者操作方面進行改善。

參考文獻

- [1] Newton Circus, 2013 年 8 月 15 日取自 <http://newton-circus.com/silverline/>
- [2] 蔡哲民、王建仁、吳明昆、蔡文吉。2007。基於影像識別技術之實物教學平台。臺灣網際網路研討會。
- [3] 以顏色與梯度特徵為基礎的昆蟲影像辨識系統，2013 年 8 月 15 日取自 <http://iden.vexp.idv.tw/iden1/>
- [4] 蔡哲民、蔡濟鴻、王建仁、沈英謀。2010。權重式之自動切割技術。優質家庭生活科技關鍵技術研討會 (Uhome2010)。
- [5] Wang, Z., Z. Chi, and D. Feng, 2003. Shape based leaf image retrieval. IEE Proceedings-Vision Image and Signal Processing, 150(1): 34 – 43.
- [6] 蔡哲民、蔡濟鴻、王建仁、傅耀賢、沈英謀，2011，鑰匙自動辨識系統，優質家庭生活科技關鍵技術研討會 (Uhome2011)。
- [7] Google Goggles, 2013 年 8 月 15 日取自 <http://www.google.com/mobile/goggles/#text>
- [8] 台灣大學蝴蝶辨識系統，2013 年 8 月 15 日取自 <http://www.flyingman.com.tw/portfolio/item/43-%E8%9D%B4%E8%9D%B6%E8%BE%A8%E8%AD%98>

- [9] Kehtarnavaz, N. and F. Rajkotwala. 1997. Real-Time vision-based detection of Waiting pedestrians. Real-Time Imaging 3: 433-440.
- [10] Hong, A., G. Chen, J. Li, Z. Chi, and D. Zhang. 2004. A flower image retrieval method based on ROI feature. J. of Zhejiang Univ. Sci. 5: 764-772.
- [11] Vincent, L. and P. Soille. 1991. Watersheds in digital spaces: an efficient algorithm based on immersion simulations, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intell. 13: 583-598.
- [12] Kass, M., A. Witkin and D. Terzopoulos. 1987. Snakes-Active contour models. Inter. J. of Comp. Vis. 1: 321-331.
- [13] T. Lindeberg, "Edge detection and ridge detection with automatic scale selection", in Proc. of the IEEE Conf. on CVPR, pp. 465, June 1996.
- [14] Iwerks, G.S., H. Samet and K. Smith. 2003. Continuous-nearest neighbor queries for continuously moving points with updates, VLDB 29 : 512-523.