

可應用在螢幕解鎖之動態人臉辨識技術

蔡耀弘

玄奘大學資訊管理所

助理教授

tyh@hcu.edu.tw

黃曉萍

玄奘大學資訊管理所

研究生

f950056@gmail.com

摘要

本論文開發動態人臉辨識技術，並應用在手機上做為螢幕解鎖工具。一般使用者在手機輸入密碼或是在手機上畫圖形進行解鎖，但這些方式可能會發生輸入錯誤、忘記密碼等問題，因此市面上有幾款手機利用內建相機擷取臉部的靜態影像進行身分比對做為解鎖的方式，但因為是靜態影像辨識，盜用者可以竊取該使用者的臉部影像輕易完成解鎖動作。為了解決上述問題，本論文開發動態人臉辨識技術，以手機內建相機從左至右掃描臉部影像，擷取人臉連續影像，進行可調適膚色偵測獲得臉部區域，再使用主成份分析將主要特徵擷取出來，最後與資料庫中註冊者臉部特徵值比對，輸出辨識結果做為解鎖依據。經由實驗證實本方法可應用在不同環境下的手機解鎖需求。

關鍵詞：人臉辨識、膚色偵測、主成份分析。

Abstract

In this paper, a dynamic face recognition technology is proposed and applied to be a tool for the screen unlock on a cell phone. For the scenario of the present screen unlock, users enter a password or draw graphics on the phone to unlock but usually some input errors may occur, e.g., password forgotten. As a result, there are several mobile phone using the built-in camera to capture still images of the user's face to verify

and unlock the screen. Unfortunately, A static face image of the user is probably stolen and succeed in the verification process for the unlock action. In order to solve the above problems, this paper has developed a dynamic face recognition technology using the built-in camera of the cell phone to capture several facial images continuously from left to right. Adaptive skin color is then used to detect the facial area and principal component analysis is used to extract the main features of the human face. The experimental results showed that the proposed method can be applied in variant environments to unlock the screen of the cell phone. Keywords: Face recognition、Skin color detection、Principal Component Analysis.

1. 簡介

生物特徵除了基因相同，否則每個人的生物特徵皆會不同，經由特徵擷取[13]，發展出不同的生物識別技術。目前發展出的生物識別技術有指紋辨識[15]、虹膜辨識[17]、語音辨識[11]、人臉辨識[20]等，可讓使用者更便利以及安全性的提高。

指紋辨識是最早期的生物識別技術。機場、銀行、住家、公司大樓、保險箱，皆可看到需要用指紋辨識的蹤跡，但因部分民眾有手汗症或乾手症，導致指紋不明顯，不易辨識。

有些機場的門禁系統上使用虹膜辨識來

認證身分[26]，阿姆斯特丹的 Schiphol 機場、加拿大的 Calgary 機場、德國的法蘭克福機場等，但辨識虹膜需要使用專門的儀器，花費成本昂貴。

Apple[24]的 iPhone 4s 提供語音助理 (Siri)，只要使用者說出想輸入的文字，像平常與人對話一樣，不用自己動手，可省去輸入文字時間，且此功能不僅只是語音輸入文字，連操作功能也可用語音，如傳簡訊、打電話、設定鬧鐘等，但常會發生的問題是無法正確辨別使用者語音輸入的內容，導致輸出的文字不是自己想要的。聯想[22]和百度推出的智慧型手機 Lenovo LePhone A586，如圖(1)，提供語音解鎖技術(Speaker Verification Technology)，此款手機號稱全球第一隻使用聲紋辨識解鎖的手機，但因此款手機未在台灣發售，所以無法得知其優缺點。



圖(1) 號稱全球第一隻使用聲紋辨識解鎖的手機，Lenovo LePhone A586，提供語音解鎖技術(Speaker Verification Technology)。

目前市面上的手機解鎖方式多為密碼輸入或者是圖形解鎖，但常發生忘記密碼、輸入錯誤等問題，Google 與三星[25]聯名發表了一款智慧型手機 Google GALAXY Nexus，如圖

(2)，這款為第一隻用臉部辨識解鎖 (Face Unlock) 的手機，利用內建相機擷取臉部的靜態影像進行身分比對做為解鎖的方式，但因為是靜態影像辨識，盜用者可以竊取該使用者的臉部影像輕易完成解鎖動作[23]。



圖(2) 首款使用臉部辨識解鎖 (Face Unlock) 的手機，Google GALAXY Nexus。

本論文利用手機內建相機從左至右掃描臉部，擷取人臉連續影像，膚色偵測使用 YCbCr 色彩空間提取膚色像素，提取出來的膚色像素使用主成份分析 (Principal Component Analysis, PCA) 當濾波器，將主要特徵擷取出來，最後與資料庫中註冊者臉部特徵值比對，輸出辨識結果做為解鎖依據。

本研究主要將內容分為五個章節，第二節介紹使用之相關方法的背景；第三節為建置認證系統的方法，包含膚色偵測、主成份分析當過濾器等方法；第四節為測試後之實驗結果；最後章節則為本論文的結論。

2. 相關研究之文獻探討

膚色偵測大多數應用在臉部偵測、行為分

析等用途。目前有人利用膚色偵測[6]以及特徵擷取來偵測出正確的臉部位置，也就是所謂的臉部偵測[21]，而臉部偵測出來的結果可進而做成臉部辨識[9]系統；當人與人溝通不清楚時，很容易比手劃腳來輔助自己要表達的意思，所以手便是最直接表達情緒以及含意的行為之一，有人利用膚色偵測以及手勢特徵[12]做分析以及判斷，再依據所得到的結果製成行為分析系統[10]，可以做為人與人的情緒表達以及互動交流。

王元凱和王金發提出的”人臉偵測於數位相機自動對焦之應用”[5]這篇文章使用高斯混和模型來建立臉部膚色機率模型，並且建立灰階色溫曲線自動化白平衡方法進行色溫偏差補償修正，使用在數位相機的自動對焦定位功能上。

陳沛仲和林立偉提出的”應用網路攝影機來辨識頭部轉向動作”[3]這篇文章先做膚色偵測找出臉部區域，再找出眼睛以及嘴巴位置的座標取得特徵值，最後使用類神經網路發展出頭部轉向辨識系統。

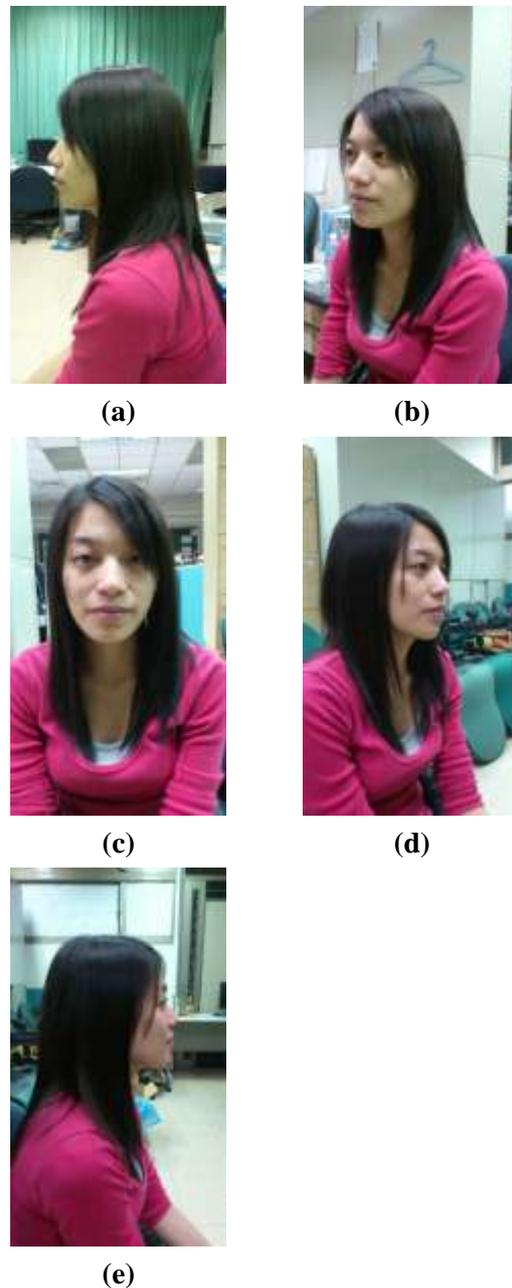
鄭芳炫和陳駿賢提出的”人臉偵測於數位相框之應用”[4]這篇文章使用邊緣偵測、Adaboost 等方法來做影像的前處理，再使用 OpenCV 進行人臉偵測的比較；以上方法可解決記憶體空間不足、程式存放空間不足。此應用最後會使用到數位相框。

3. 研究方法

本論文使用 YCbCr 色彩空間做為膚色偵測方法來偵測連續影像的人臉，二值化後的影像會留有雜訊，所以利用型態學中的開放運算 (Opening) 及標記法裡的 4-連通區域將雜訊去除，再使用主成份分析擷取主要特徵。

3.1. 連續影像擷取

本論文在動態影像中擷取使用者的臉部角度，臉部角度為 0、45、90、135、180 度。如圖(3)。



圖(3) 使用者臉部(a)0 度角。(b) 45 度角。(c) 90 度角。(d) 135 度角。(e) 180 度角。

3.2. 膚色偵測

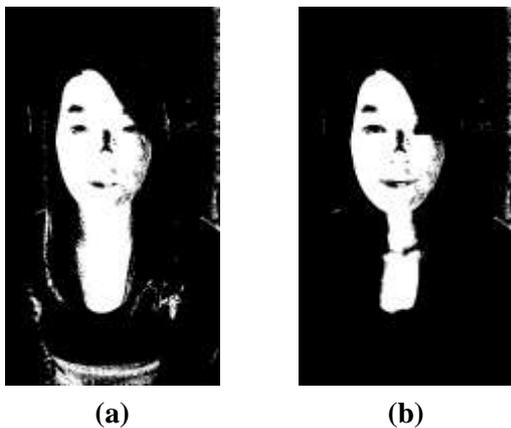
YCbCr 色彩空間常被拿來做為影片中的連續影像處理或是數位攝影系統的使用[8,7]。

在 YCbCr 色彩空間中，Y 指的是亮度、Cb 與 Cr 指的是濃度偏重的藍色與紅色。

一般常看到的顏色為 RGB 色彩空間所組成的三原色，R 為紅色成份、G 為綠色成份、B 為藍色成份。上段敘述的亮度 Y 則是由彩色轉換成灰階影像的灰階值，灰階影像只有亮度，沒有色彩成份，因此可以在偵測時忽略亮度的影響，而且因為它的處理簡單容易使用，所以在許多膚色偵測的研究上仍然被廣泛的應用。YCbCr 是一種針對 RGB 資訊所做的資訊轉換。轉換為 YCbCr，如式(1) [18]。

$$\left. \begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ Cr &= R - Y \\ Cb &= B - Y \end{aligned} \right\} (1)$$

膚色偵測的部分選擇使用 YCbCr 色彩空間，因為 YCbCr 能有效的將亮度資訊分離，在偵測時忽略亮度的影響，建立膚色範圍可有效將膚色與非膚色分離，以達到較佳的影像辨識率[14]。人類的臉型也比較符合橢圓形，因此，在偵測臉部的部份使用 YCbCr 色彩空間也使用橢圓模型。如圖(4)。



圖(4) (a)利用 Cb 和 Cr 檢測膚色像素是否掉落在橢圓模型。(b)使用 Y 亮度成分排除較暗的像素。

3.3. 形態學

目前有關膚色偵測的研究中，大多數都使用形態學為去除雜訊的技術。將影像二值化

後，會發現影像中存在許多雜訊，形態學可以把影像中不必要的雜訊做清除的動作，或是將影像中有些破碎的地方填滿，以獲取更完整的影像資訊。在形態學中分為膨脹運算(Dilation)以及侵蝕運算(Erosion)，再結合這兩種方式並延伸為封閉運算(Closing)以及開放運算(Opening)[16]。

膨脹運算主要是將目標物的邊緣結構向外擴張，以形成將影像中的小區域破碎部分作填滿的動作，來得到較完整的大區域影像資訊。侵蝕運算主要是將目標物的邊緣結構向內縮，用來刪除影像中不必要的雜訊，以降低影像之後識別的誤判率。開放運算先做侵蝕運算在做膨脹運算，以便處理影像中因光線所產生的雜訊及處理影像中有斷開現象的問題。封閉運算先做膨脹運算在做侵蝕運算，主要可將影像中雜訊的部分去除，以降低因雜訊所產生的誤判率。

輸出後的影像使用開放運算將影像中雜訊的部分去除，以降低因雜訊所產生的誤判率，如圖(5)。

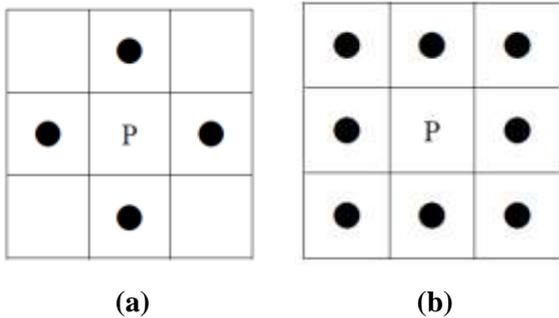


圖(5) 使用開放運算後的影像。

3.4. 標記法

本文使用的是標記法裡的連通區域，運用近鄰(neighbor)以及相鄰(adjacency)的概念將兩像素連接，連通區域分為 4-連通(4-connected)與 8-連通(8-connected)兩種，如圖(6)。連通區域可去除點狀雜訊也可以找出影像中同一物

件的相連像素[2]。



圖(6) (a)為 4-連通示意圖。(b)為 8-連通示意圖。

二值化的影像經由形態學處理過後，可能還殘留無法過濾掉的點狀雜訊，因此連通區域可再過濾掉非人臉區域或是雜訊，做完開放運算後再使用標記法中的 8-連通，如圖(7)。



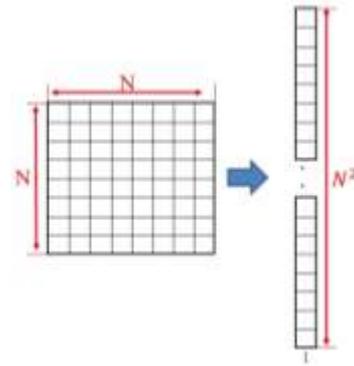
圖(7) 使用開放運算後的影像。

3.5. 主成份分析(Principal Component Analysis, PCA)

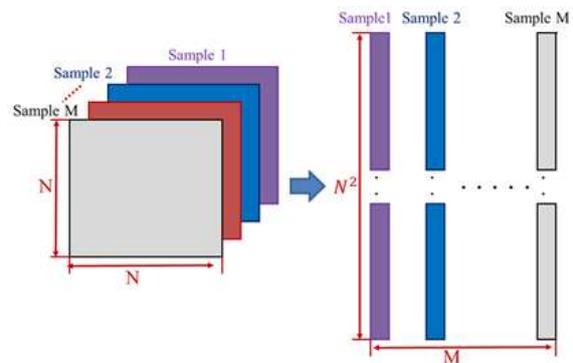
主成份分析能夠快速處理複雜的影像資訊，且將其影像資訊簡化又可保留影像資訊的主要成份[19,1]。主成份分析計算方式如下：

3.5.1. 計算出共變異數矩陣(Covariance matrix)

步驟 1：先將 M 個樣本的二維陣列轉為一維陣列，如圖(8)、(9)。



圖(8) 將 $N*N$ 的二維陣列影像資訊轉成 N^2*1 的一維陣列。



圖(9) 將 M 個樣本的 $N*N$ 二維陣列影像資訊轉成 M 個 N^2*1 的一維陣列。

步驟 2：計算 M 個樣本的平均值，如式(2)。

$$\bar{\mu} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \bar{X}_i = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n]^T, n = N^2 \quad (2)$$

步驟 3：計算每個樣本的差值向量，如式(3)。

$$\bar{D}_i = \bar{X}_i - \bar{\mu} = [X_{1i} - \mu_1, X_{2i} - \mu_2, \dots, X_{ni} - \mu_n]^T, i = 1, \dots, M \quad (3)$$

步驟 4：求 M 個樣本的差值向量矩陣，如式(4)。

$$A = [\bar{D}_1, \bar{D}_2, \dots, \bar{D}_M] \quad (4)$$

步驟 5：求得共變異數矩陣，如式(5)。

$$C = AA^T = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1M} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{M1} & C_{M2} & \cdots & C_{MM} \end{bmatrix}_{M \times M} \quad (5)$$

3.5.2. 計算出共變異數矩陣的特徵值

求出特徵值 $\lambda_i, i=1,2,\dots,M$ ，如式(6)。

$$\det(C - \lambda_i I) = \begin{vmatrix} C_{11} - \lambda_i & C_{12} & \cdots & C_{1M} \\ C_{21} & C_{22} - \lambda_i & \cdots & C_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{M1} & C_{M2} & \cdots & C_{MM} - \lambda_i \end{vmatrix} \quad (6)$$

3.5.3. 計算出單位特徵向量

步驟 1：求出向量解，利用聯立方程式，如式(7)。

$$(C - \lambda_i I) \vec{a}_i = \begin{bmatrix} C_{11} - \lambda_i & C_{12} & \cdots & C_{1M} \\ C_{21} & C_{22} - \lambda_i & \cdots & C_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{M1} & C_{M2} & \cdots & C_{MM} - \lambda_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{i1} \\ a_{i2} \\ \vdots \\ a_{iM} \end{bmatrix} \quad (7) \quad (11)$$

步驟 2：使用 Gram-Schmidt orthogonalization process 求線性的獨立單位特徵向量，如式(8)、(9)、(10)以此類推。

$$\hat{u}_1 = \frac{\vec{a}_1}{\|\vec{a}_1\|} = [b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1M}] \quad (8)$$

$$\vec{u}_2 = \vec{a}_2 - (\vec{a}_2 \cdot \hat{u}_1) \hat{u}_1,$$

$$\hat{u}_2 = \frac{\vec{u}_2}{\|\vec{u}_2\|} = [b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2M}] \quad (9)$$

$$\vec{u}_3 = \vec{a}_3 - (\vec{a}_3 \cdot \hat{u}_1) \hat{u}_1 - (\vec{a}_3 \cdot \hat{u}_2) \hat{u}_2,$$

$$\hat{u}_3 = \frac{\vec{u}_3}{\|\vec{u}_3\|} = [b_{31}, b_{32}, \dots, b_{3M}] \quad (10)$$

步驟 3：求得主成份向量，如式(11)。

$$\vec{Z}_1 = \sum_{i=1}^M b_{1i} \vec{X}_i$$

$$\vec{Z}_2 = \sum_{i=1}^M b_{2i} \vec{X}_i$$

⋮

$$\vec{Z}_k = \sum_{i=1}^M b_{ki} \vec{X}_i, k \leq M \quad (11)$$

4. 實驗結果

本實驗有四位人員進行測試，從連續影像中取得臉部的 0、45、90、135、180 度，分別在三種不同的環境以及光線下拍攝當訓練集，如圖(10)。



(a) (b) (c)

圖(10) (a)、(b)、(c)分別為三種不同環境以及光線拍攝連續影像擷取之 90 度角當訓練集。

經由 PCA 計算取得臉部的特徵向量，如圖

(11)。



(a) (b) (c)

圖(11) (a)、(b)、(c) 為經由 PCA 計算出之特徵臉。

使用四位人員的臉部影像當測試集，如圖(12)。



(a) (b)



(c)



(d)

圖(12) (a)、(b)、(c)、(d)為測試集。

使用者的訓練集以及錯誤率，如表(1)。

表(1) 使用者的訓練集以及錯誤率

測試集\角度	0	45	90	135	180
1	4.63E-12	2.90E-12	1.38E-12	6.12E-12	1.98E-12
2	4.35E+03	5.10E+03	5.98E+03	5.10E+03	6.14E+03
3	4.41E+03	6.09E+03	6.23E+03	5.71E+03	6.63E+03
4	4.78E+03	6.47E+03	7.50E+03	6.45E+03	5.54E+03

5. 結論

在本文中，我們開發了動態人臉辨識技術，以手機內建相機從左至右掃描臉部影像，擷取人臉連續影像，進行膚色偵測判定人臉，形態學、標記法去除雜訊等作為影像前處理，再使用主成份分析將主要特徵擷取出來。

錯誤率越低代表越接近使用者本人，經由實驗證明，我們的實驗可以有效的辨識人臉。

PCA 需要大量的資料來訓練以及測試，所以往後還需蒐集更多的臉部資訊，可以使得辨識更準確。

參考文獻

[1] 邱奕禮, “植基於主成份分析的支持向量機網路人臉辨識系統於 DSP 之設計與實現”, 國立勤益科技大學 電子工程系碩士論文, 2009.

[2] 徐曉珮 譯, ”數位影像處理”, 高立圖書有限公司。

[3] 陳沛仲, ”應用網路攝影機來辨識頭部轉向動作”, 南台科技大學 機械工程系碩士論文, 2009.

[4] 陳駿賢, ”人臉偵測於數位相框之應用”, 中華大學 資訊工程系碩士論文, 2010.

[5] 王金發, ”人臉偵測於數位相機自動對焦之應用”, 輔仁大學 電子工程系碩士論文, 2007.

[6] Hajar BOUIROUGA, Sanaa ELFKIHI LRIT, Abdelilah JILBAB and Driss ABOUTAJDINE, “*Recognition of Adult Video by combining skin detection features with motion information*”, Multimedia Computing and Systems (ICMCS), 2011 International Conference on, pp. 1-5, 7-9 April 2011.

[7] C.N.Ravi Kumar, A.Bindu, “*An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection*”, IEEE Industrial Electronics, IECON 2006-32nd Annual Conference on, pp. 3444-3449, 6-10 Nov. 2006.

[8] Chandrappa D N, M Ravishankar, D R RameshBabu, ”*Face Detection in Color Images using Skin Color Model Algorithm based on Skin Color Information*”, Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd International Conference on, vol. 1, pp. 254-258, 8-10 April 2011.

[9] Wonjun Hwang, Haitao Wang, Hyunwoo Kim, Seok-Cheol Kee and Junmo Kim, “*Face Recognition System Using Multiple Face Model of Hybrid Fourier Feature Under Uncontrolled Illumination Variation*”, Image Processing, IEEE Transactions on, vol. 20, no. 4, pp. 1152-1165, April 2011.

[10] Hye-Jin Kim, Jaeyeon Lee, Do-Hyung Kim, Ho-Sub Yoon and Suyoung Chi, ”*Calling Motion and Natural Hand Detection for*

- Gesture Recognition*”, SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference, pp. 313-316, 18-21 Oct. 2006.
- [11] S. Ben-Yacoub, Y. Abdeljaoued and E. Mayoraz, “*Fusion of face and speech data for person identity verification*”, Neural Networks, IEEE Transactions on, vol. 10, no. 5, pp. 1065-1074, Sep 1999.
- [12] Xiaohui Shen, Gang Hua, Lance Williams and Ying Wu, “*Motion Divergence Fields for Dynamic Hand Gesture Recognition*”, Automatic Face & Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference on, pp. 492-499, 21-25 March 2011.
- [13] Wei Sun, Weigong Zhang, Xiaorui Zhang, Gang Chen and Chengxu Lv, “*Multi-feature driver face detection based on area coincidence degree and prior knowledge*”, Industrial Electronics and Applications, 2009. ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on, pp. 222-225, 25-27 May 2009.
- [14] L. H. Chung, L.D. Parker, “*Business Strategy and the Environment*”, Article first published online: 16 MAY 2006 DOI: 10.1002/bse.546.
- [15] L. Hong, A. Jain, “*Integrating faces and fingerprints for personal identification*”, Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 20, no. 12, pp. 1295-1307, Dec 1998.
- [16] Olivier Cuisenaire, “*Locally adaptable mathematical morphology using distance transformations*”, Pattern Recognition, vol. 39, no. 3, pp.405-416, March 2006.
- [17] Perez, Lazcano and Estévez, “*Real-Time Iris Detection on Coronal-Axis-Rotated Faces*”, Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on, vol. 37, no. 5, Sept. 2007.
- [18] V. Vezhnevets, V.Sazonov and A. Andreeva, “*A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques*”, Proc. of Graphicon conference, 2003.
- [19] Jizeng Wang, Hongmei Yang, “*Face Detection Based on Template Matching and 2DPCA Algorithm*”, Image and Signal Processing, 2008. CISP '08. Congress on, vol. 4, pp. 575-579, 27-30 May 2008.
- [20] Ping Zhang, “*A Video-based Face Detection and Recognition System using Cascade Face Verification Modules*”, Applied Imagery Pattern Recognition Workshop, 2008. AIPR '08. 37th IEEE, pp. 1-8, 15-17 Oct. 2008.
- [21] Qieshi Zhang, Sei-ichiro Kamata and Jun Zhang, “*Face Detection and Tracking in Color images Using Color Centroids Segmentation*”, Robotics and Biomimetics, 2008. ROBIO 2008. IEEE International Conference on, pp. 1008-1013, 22-25 Feb. 2009.
- [22] http://appserver.lenovo.com.cn/Lenovo_Mobile_Detail.aspx?gdsid=A2500018744
- [23] <https://sites.google.com/site/mygadgetgo/cn/newscn/androidrealfacencn>
- [24] <http://www.apple.com/iphone/ios/>
- [25] <http://www.samsung.com/tw/support/model/GT-I9250TSABRI-techspecs>
- [26] <http://www.schiphol.nl/Travellers/AtSchiphol/Privium/Privium/IrisScans.htm>