

SYS-03

眼控滑鼠之研究

陳淑斐* 孫振東** 吳憲忠* 杜子佑* 王太昌*

*中國文化大學資訊管理學研究所 blue10237@gmail.com

**中國文化大學資訊科學系 jdsun@faculty.pccu.edu.tw

摘要

由於資訊網路的發達與科技的日新月異,資訊相關產品越來越便宜、普及與多元化,電腦可搭配各種通訊與多媒體設備達到資訊運算與交換的目的。另為拓展使用者族群,讓肢障者也能透過電腦奔馳於科技進步的世代,因此,陸續有各種人機介面裝置的研究與製作,如聲控或眼控滑鼠與鍵盤等。

本研究利用網路攝影機(Webcam)及影像處理相關技術以實作一眼控滑鼠,此眼控滑鼠可估算人眼凝視的方向與位置,讓使用者僅需用眼球移動來控制滑鼠游標在螢幕上移動的方向與位置,藉此幫助肢障者與電腦互動。

本研究進行步驟為眼部偵測、虹膜偵測與瞳孔定位、及眼位追蹤。本研究使用Matlab 為軟體發展工具,眼控滑鼠經初步模擬實驗結果顯示可達預期功能。

關鍵字：影像處理、眼部偵測、眼位追蹤、瞳孔定位

1. 前言

由於資訊網路的發達與科技的日新月異，資訊相關產品越來越便宜、普及與多元化，電腦可搭配各種通訊與多媒體設備達到資訊運算與交換的目的。另為拓展使用者族群，讓肢障者也能透過電腦奔馳於科技進步的世代，因此，陸續有各種人機介面裝置的研究與製作，如聲控或眼控滑鼠與鍵盤等。

近年來瞳孔偵測與定位的研究推陳出新，延伸應用也相當多元。依據瞳孔中心位置可計算人類眼睛視線的方向與位置，推廣至軍事領域，可讓戰鬥機駕駛員用以鎖定敵機，或者偵測人類視覺習慣與狀態。在過去的研究中指出，為了精確算出瞳孔中心座標及瞳孔大小，大部分都需要精密的攝影器材與繁複的硬體設備，其設備價格多半較昂貴，非一般人所能負擔，且可能牽涉較複雜的演算法，此應用通常需花費較長的計算時間。但目前個人電腦運算速度快而且價格平價化，同時高解析度的網路攝影機(Webcam)價格便宜且都支援USB介面，與電腦連結簡易，因此，對於患有肌肉萎縮、大腦麻痺、肢體或臉部肌肉無法行動的患者，如果本身的眼睛器官仍然能夠活動自如，患者就可以依賴此瞳孔偵測與定位系統設計成眼控滑鼠，使其可獨立自主地與電腦溝通。

本研究利用網路攝影機(Webcam)及影像處理相關技術以實作一眼控滑鼠，此眼控滑鼠可估算人眼凝視的方向與位置，讓使用者僅需用眼球移動來控制滑鼠游標在螢幕上移動的方向與位置，藉此幫助肢障者與電腦互動。本研究進行步驟為眼部偵測、虹膜偵測與瞳孔定位、及眼位追蹤。本研究使用Matlab為軟體發展工具，眼控滑鼠經初步模擬實驗結果顯示可達預期功能。

2. 技術與文獻探討

近年來有相當多有關於視訊追蹤和眼位追蹤的研究在進行[1-11]。而眼位追蹤的方法可分為兩大類：接觸與無接觸。在接觸式方法中採用眼動電圖描記法(electrooculography, 簡稱EOG)潛在測量技術[4]，其參數電極必須放置於額頭上方。另有侵入性的將電磁線圈插入追蹤的眼睛內[3]。在文獻[2, 9]採用無接觸式紅外照明的方法，凝視追蹤系統是由單一的眼動儀盒組合而成，藉由紅外線光源照明眼睛，用瞳孔移動和角膜之紅外光靜態反射變化間的關係決定瞳孔位置，如Purkinje影像，此方法能高度精確且強化視線追蹤，並應用於市面上的商業產品。文獻[1, 5, 7, 8]採用無紅外光源方法，文獻[5]設計在視頻序列上追蹤瞳孔。文獻[8]提出以現有眼睛凝視表方向的模板圖像去配合核對眼睛凝視估算模板。目前較少有動態影像的眼位追蹤技術被提出，因為使用者頭部與照相機移動是獨立的，且使用者眼睛的移動常常是因為視覺的興趣與全方位的光圈影響所致。文獻[10]提出以自製的高效彩色膚色經過濾器用以分離與定位使用者的人臉位置，接著運用眼特徵的投影機制將其整合並找出人眼初步部位，進而使用FCM(Fuzzy C-means)演算法定位瞳孔中心點。文獻[11]以PC Webcam擷取使用者平面影像，再整合橢圓頭部模型、眼部雙態偵測、可變樣板比對、型變濾波器等處理技術，用逐步逼近的策略縮小搜尋範圍，藉以追蹤眼部狀態。在[10]研究中，用同心圓的方法

找出虹膜範圍，進而找出瞳孔。

本研究提出的方法中，我們基於靈活使用與安全性考量使用一至二台網路攝影機，可置於電腦上或使用者額頭附近。另本研究假設頭部運動與眼球運動之大小和旋轉變化不大，因此可以即時做眼位偵測與追蹤。

3. 研究方法

本研究的系統設計流程如圖1所示，首先從Webcam擷取影像，接著進行眼部偵測，將使用者的眼睛區塊標示出，最後進行虹膜偵測與瞳孔定位。後續我們介紹眼部偵測、虹膜偵測與瞳孔定位的相關技術與演算法。

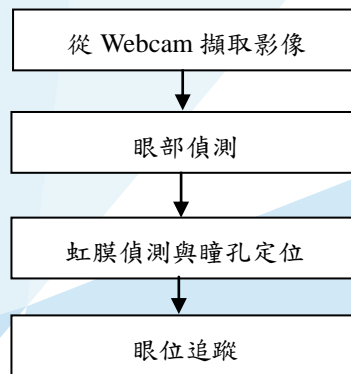


圖1：系統流程圖

3.1 眼部偵測

人臉各部位的偵測使用一般的特徵搜尋法，譬如藉由膚色定位人臉後，可適當選擇閾值(threshold)，由二元分割方式將特徵分離，分離的灰階特徵區塊，可選擇用labeling方式篩選出最適合面積大小的區塊如眉毛、鼻子、嘴巴等。雖然region labeling方式可清楚地作篩選，但其演算法所需之運算時間會隨著region數目的增加而成倍數成長。在眼睛區塊搜尋方面，我們採取兩步驟來處理，第一步是利用Sobel演算法求得影像垂直方向向量的梯度，藉此找出眼睛線位置，找出眼睛線是為了使處理後續找眼睛區塊更為準確，第二步則是找出的臉部區塊的高度H及寬度之比例，用以定義眼睛可能的所在區域。

3.1.1 Sobel邊緣檢測

邊緣檢測的演算法有很多，其中Sobel濾波器演算法具有提供差值，又有平滑效果的優點，而被廣泛使用，由於眼眶呈現水平邊緣，藉由Sobel濾波器的垂直方向向量的梯度，強化眼睛特徵部位，以找到眼睛線，以下為垂直向量梯度式(1)：

$$\begin{Bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{Bmatrix} \quad (1)$$

圖2是藉由Sobel演算法找到眼睛線。

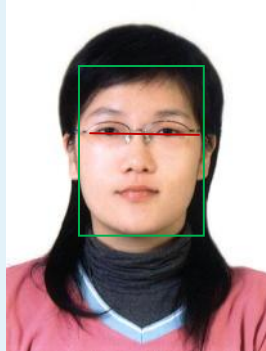


圖2：以Sobel垂直邊緣投影找眼睛線圖

3.1.2 找出眼睛區塊

一般來說，眼睛分布在人臉的相對範圍大致差不多，藉由臉部區塊高度及寬度的比例，定義出眼睛可能的所在區域，我們設定眼睛區塊的長度為人臉的1/5，眼睛區塊的寬度為人臉的1/3，圖3為取範圍後的眼睛區塊圖。

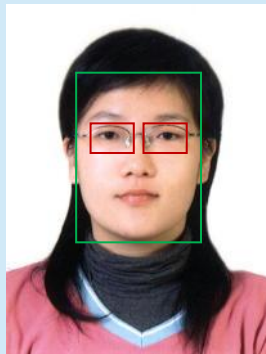


圖3：取範圍後的眼睛區塊圖

3.2 虹膜偵測與瞳孔定位

Hough轉換(Hough transform)是一種標準電腦視覺演算法，常用來決定簡單幾何形狀物件的參數，但在邊緣偵測時需要選擇適當的臨界值，否則常會偵測失敗，另它需要高的計算量，不適合即時應用，我們選用Daugman的方法，他利用一個積分微分算式(integro-differential operator)來定位虹膜與瞳孔的圓形區域，以及上下眼皮的弧形。該積分微分算式定義式(2)為：

$$\max_{(r, x_p, y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (2)$$

式中 $I(x, y)$ 為眼睛的影像， r 是要尋找的半徑， $G_{\sigma}(r)$ Gaussian平滑函數， s 為透過 r, x_0, y_0 的積分環。藉由圓輪廓的半徑 r 和圓心 x 和 y 的改變，Daugman積分微分算式用以尋找像素值變化最大的圓路徑，積分微分算式可看成Hough轉換的變化，只是避免了尋找臨界

值。我們選用CASIA虹膜影像資料庫中的一些影像進行靜態影像測試，由實驗顯示可以準確找到虹膜及瞳孔的位置，如圖4、5所示。

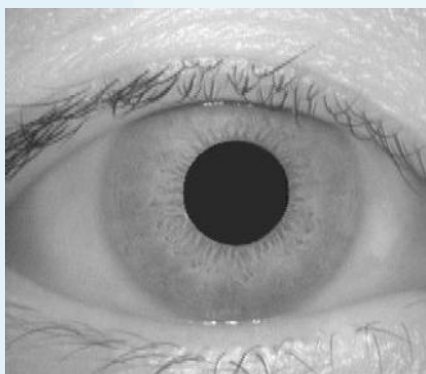


圖4：靜止影像

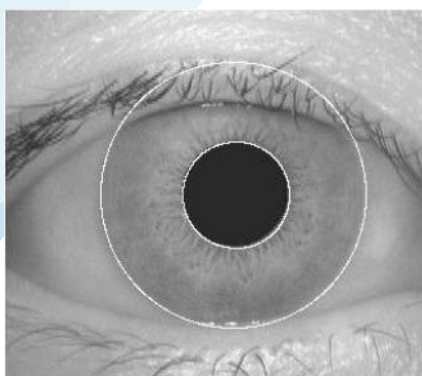


圖5：測試結果

3.3 眼位追蹤

為了計算在螢幕上使用凝視的點(眼位)，瞳孔中心位置與螢幕上的位置之間的對應關係必須決定，首先以兩個眼角連線為寬與中心線，選取涵蓋眼眶的適當高度或固定高度，確定眼部的座標，接著我們採用校正的方法，要求使用者凝視螢幕上幾個已知點，使用最小平方差近似法將瞳孔中心位置與螢幕上的位置關連起來，其關係一般是非線性的，但我們假設頭與螢幕之間的距離不變，如此可將關係簡單化而成線性關係，若頭會移動，則需要另一攝影機即時獲得螢幕座標，當我們知道瞳孔中心位置與螢幕上座標之間的對應關係，如圖6所示，則可以計算滑鼠游標的實際位置，達到模擬滑鼠的目的。

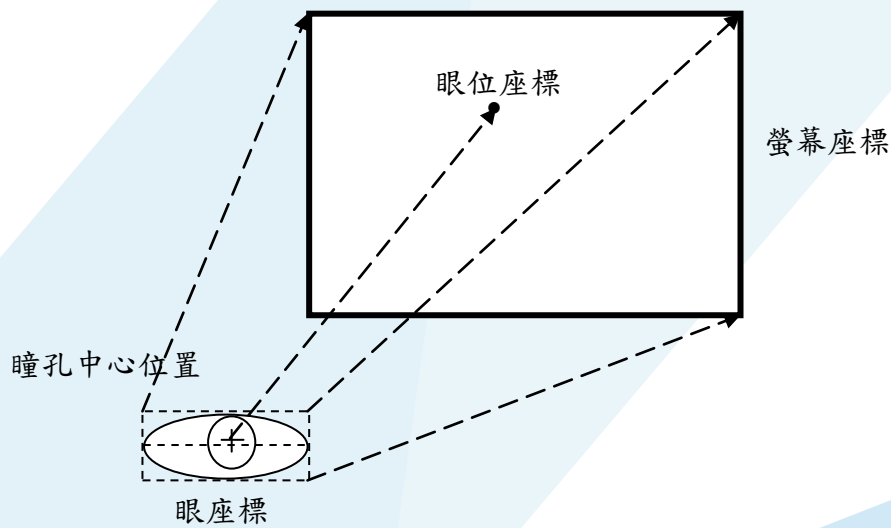


圖6：瞳孔中心位置與螢幕上座標之間的對應關係

4. 實驗結果

本研究使用Matlab軟體發展工具撰寫程式，以實際資料進行測試，這些資料分為靜止影像與即時動態影像，我們將對不同階段分析其實驗結果。

4.1 眼睛區塊定位

在眼睛區塊定位時，我們採取兩部份做處理：第一步利用Sobel演算法求得影像垂直方向向量的梯度，以找出眼睛線位置，而找眼睛線是為了使後續找眼睛區塊的處理更為精準。第二步找出臉部區塊的高度H與寬度W之比例，以定義眼睛可能的所在區域。圖7是由靜止影像實驗測試中找到的眼睛區塊，顯示找到正確的位置。

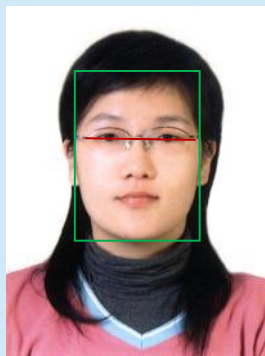


圖7：靜止影像經測試找到的眼睛區塊圖

4.2 虹膜偵測及瞳孔定位

我們選用CASIA虹膜影像資料庫中的一些影像進行靜態影像測試，由實驗顯示可以準確找到虹膜及瞳孔的位置，如圖8所示

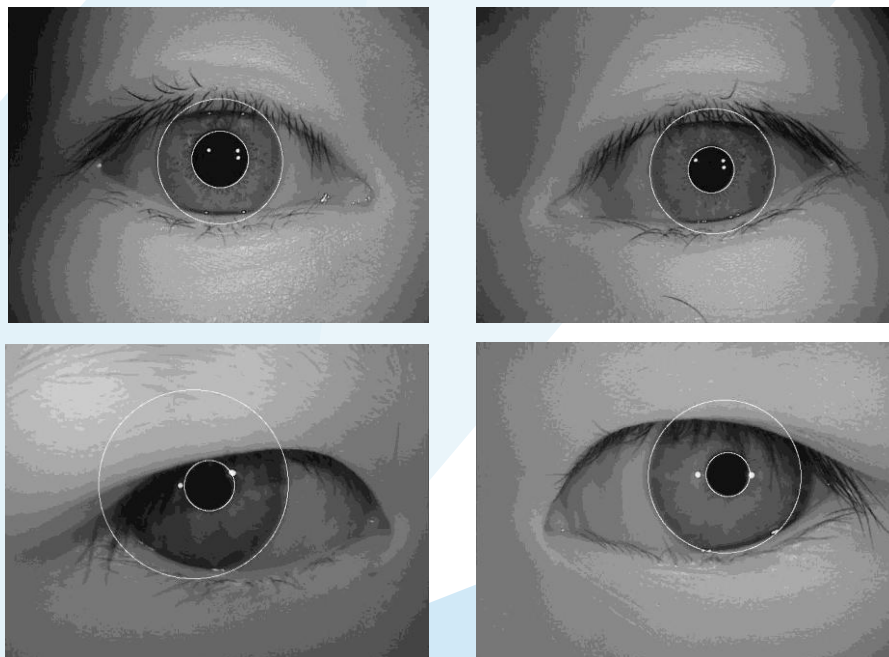


圖8(a) 原圖

圖8(b)：測試結果圖

在動態視訊的情況中尋找虹膜與瞳孔的位置，經實驗大部份可正確找到瞳孔中心位置，如圖9所示，但有部份擷取到的影像找不到雙圓，如圖10、11所示。

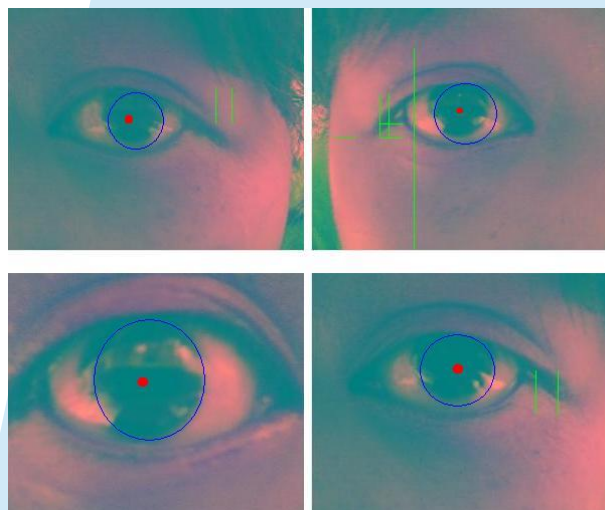


圖9：測試結果(動態)



圖10：測試結果(動態)

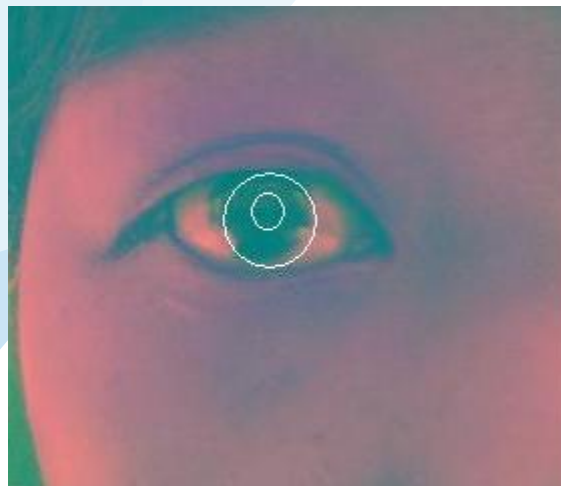


圖11：測試結果(動態)

4.3 滑鼠控制實驗

我們將1280x600之螢幕等分成4x4個區塊，每個區塊讓使用者凝視中心8次，經換算對應所得結果如圖12所示，大部份瞳孔中心位置與螢幕上的位置可正確對應到。

| | | | |
|----|----|----|----|
| 10 | 8 | 8 | 11 |
| 8 | 8 | 7 | 8 |
| 8 | 7 | 7 | 8 |
| 5 | 10 | 10 | 5 |

圖12：眼位測試結果

5. 結論

本研究利用網路攝影機(Webcam)及影像處理相關技術以實作一眼控滑鼠，此眼控滑鼠可估算人眼凝視的方向與位置，讓使用者僅需用眼球移動來控制滑鼠游標在螢幕上移動的方向與位置，藉此幫助肢障者與電腦互動。經使用Matlab為軟體發展工具，撰寫程式，初步模擬實驗結果顯示可達預期功能。

參考文獻

- [1] D. W. Hansen, J. P. Hansen, M. Niels, and M. B. Stegmann, "Eye typing using markov and active appearance models," in *Proceedings of the Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV2002)*, Orlando, USA, December 2002, pp. 132 - 136.
- [2] H. Kimmig, M. W. Greenlee, F. Huethe, and T. Mergner, "MR-eyetracker: a new method for eye movement recording in functional magnetic resonance imaging," *Experimental Brain Research*, vol. 126, no. 3, pp. 433 - 449, May 1999.
- [3] P. J. Murphy, A. L. Duncan, A. J. Glennie, and P. C. Knox, "The effect of scleral search coil lens wear on the eye," *British Journal of Ophthalmology*, vol. 85, pp. 332 - 335, March 2001.
- [4] R. Barea, L. Boquete, M. Mazo, E. L'opez, and L. M. Bergasa, "E.o.g. guidance of a wheelchair using neural networks," in *Proceedings of International Conference on Pattern Recognition (ICPR' 00)*, Spain, September 2000, pp.668 - 671.
- [5] R. Stiefelhagen and J. Yang, "Gaze tracking for multimodal human-computer interaction," in *Proceedings of the 1997 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP ' 97)*, vol. 4, Munich, Germany, April 1997, pp. 2617 - 2620.
- [6] S. Kawato and J. Ohya. "Two-step approach for real-time eye tracking with a new filtering technique," *Proc. Int. Conf. on System, Man & Cybernetics*, pp. 1366-1371, 2000
- [7] T. D. Rikert and M. J. Jones, "Gaze estimation using morphable models," in *Proceedings of the third International Conference on Face & Gesture Recognition (FG ' 98)*, Nara, Japan, April 1998, pp. 436 - 441.
- [8] T. Katada, M. Kobatake, Y. Yoshimura, Y. Mizukami, Y. Wakasa, T. Akashi, and K. Tanaka, "A communication system using eye gaze," in *Proceedings of International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology (SICE 2005)*, Japan, August 2005, pp. 3466 - 3469.
- [9] T. N. Cornsweet and H. D. Crane, "Accurate two dimensional eye tracker using first and fourth purkinje images," *Journal of the Optical Society of America*, vol. 63, no. 3, pp. 921 - 928, August 1973.
- [10] 王國強，民 92，人眼追蹤系統及其於人機介面之應用，國立中央大學資訊工程研究所碩士論文。
- [11] 林家瑋，民 92，眼位追蹤系統，國立中山大學資訊工程學系碩士論文。