

# A Driver Doze Detection System Based on Head-Rotation Judgments

Jiann-Shu Lee\* ,Sih-Cian Peng and Yu-Tang Liao

Department of Computer Science and Information Engineering,  
National University of Tainan, Tainan 70005, Taiwan

*Abstract* —Long time to drive a car is likely to cause physical fatigue and results in accident. Hence, we want to develop a system that can alert the driver when he is dozing to reduce accidents. This study presents a new driver doze detection scheme by judging if the driver's head rotates. Hence, our system can successfully operate even the driver wear sunglasses. When the system finds the driver keep no head rotation for a predefined period it will alert the driver.

*Index Terms* —Doze Detection 、 Face Detection 、 Head Rotation



-----  
\* Corresponding author:cslee@mail.nutn.edu.tw

DOI : 10.6159/IJSE.2015.(5-4).04

# 植基於頭部轉動判斷之駕駛瞌睡偵測系統

李建樹, 彭思倩, 廖禹棠

國立臺南大學資訊工程系

## 摘要

長時間開車很容易造成身體上的疲勞,如果在身體疲勞的狀態下開車很容易發生事故,因此我們期望開發一駕駛瞌睡偵測系統,能在駕駛人打瞌睡時發出警示,以降低交通意外發生的機會。本論文提出一具強健性之駕駛瞌睡偵測系統,此系統對環境光線要求不高,且能容許駕駛者配戴太陽眼鏡或墨鏡,避免了現有植基於眼睛閉閩偵測的瞌睡警示系統的使用限制,經實驗證實本系統能以相當強健的性能進行運作。

關鍵詞: 瞌睡偵測、臉部偵測、頭部轉動

## 1. 緒論

近年來在政府透過強力宣導、立法與祭出高額罰款等多重管道的努力之下,社會大眾普遍都知道酒後開車的危險性,然而卻鮮少人知道昏睡跟疲勞駕駛也同樣致命。和酒精一樣,昏昏欲睡跟疲勞會降低駕駛者對外界的反應、減少警覺度、影響判斷,進而發生危險駕駛。國外的研究甚至發現:連續24小時不睡覺,其駕駛的危險性與酒後駕駛相當,且事故發生時,駕駛者往往都沒有煞車,造成直接衝撞,因此傷亡都比較嚴重。根據美國國家高速公路交通安全管理局(NHTSA)保守估計每年約10萬件車禍是因為疲勞駕駛所引起。在澳洲、英國、芬蘭和其他歐洲國家的統計,有高達10%至20%的車禍是因為疲勞駕駛所造成的。在我國,根據警政署[1]的統計資料顯示,交通事故發生比例佔全國意外事故的第一位,其比例高達55%,而且其中有44%的交通事故的肇事可歸因於駕駛人不當駕駛或精神不濟打瞌睡。

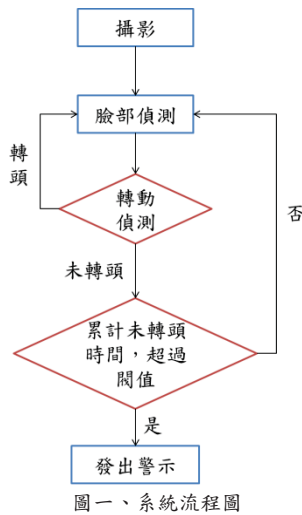
由於昏睡與疲勞駕駛的高危險性,因此有許多研究者投入開發偵測駕駛人打瞌睡的技術[2-9],以期當駕駛人打瞌睡時能予以喚醒,減少事故發生的可能。其中又以採電腦視覺技術偵測眼睛閉閩的方法最常被使用[6-8],當系統偵測到駕駛人的眼睛閉閩時間超過閩值時,系統會認定駕駛打瞌睡,而進行提醒。雖然這些既有的研究均聲稱可以獲得精確的結果,然而這類系統卻忽略了駕駛人的重要現實需求—配戴太陽眼鏡,這些研究所進行的實驗對象都是未配戴太陽眼鏡者。一旦駕駛人配戴深色太陽眼鏡,加上鏡片反光,要在這種條件下,以電腦視覺技術精確定位眼睛並偵測出眼球區域,是非常困難的,而為了迎合系統的適用條件,要求駕駛人在大白天開車不戴太陽眼鏡是不切實際的,尤其是在地處亞熱帶的台灣更是如此。另外,偵測眼睛閉閩需要偵測眼球,這需要在光線充足的環境下才能獲致可靠的結果,然而當夜間駕駛時,這條件通常很難被滿足,由此可見現有的眼睛閉閩偵測機制有其使用上的限制。

一個理想的駕駛瞌睡偵測系統理應盡可能適用於所有使用情境,不必對駕駛者加諸額外的限制,同時能適用於白天與夜晚,基於此動機本研究提出一具強健性之駕駛瞌睡偵測系統。此系統必須對環境光線要求不高,且能容許駕駛者配戴太陽眼鏡或墨鏡,為避免現有植基於眼睛閉閩偵測方法的適用限制,本研究摒除傳統採用微觀的特徵—眼睛為判斷是否打瞌睡的做法,改採巨觀特徵—頭部轉動為判斷依據。根據 Popieul 等人的研究[10]指出,傳統的生理參數:像是 EEG、心率、眨眼間隔與頻率,以及開車行為:車速、方向盤轉向角度等等,皆存在可觀的個體差異,反倒是駕駛的頭部轉動頻率與其是否打瞌睡有高度關連性,且個體差異甚小,這是因為正常開車時,駕駛會不自覺地觀看後視鏡,以確保行車安全,因此頭部會不定時的轉動,若駕駛頭部長時間沒轉動,便有打瞌睡的極大可能性,所以偵測駕駛打瞌睡的問題變成了偵測駕駛頭部轉動的問題。

本研究偵測駕駛人頭部轉動的方法採用臉部的對稱性量測法[11],當駕駛人正視前方時,臉部正對攝影機,所以有極高對稱性,當駕駛轉頭去觀看後視鏡時,由於臉部偏轉,所以臉部影像的對稱性會顯著降低,藉此便能區分駕駛頭部轉動與否。由於採用對稱性量測,對於環境光源的亮度要求不高,即時在夜間昏暗環境下依然能夠正常運作,而當白天駕駛人有配戴太陽眼鏡時,由於太陽眼鏡也具有對稱性,所以不會對運作機制產生顯著地減損影響。藉由隨時記錄駕駛人的轉頭間隔,便能在駕駛人超過設定時間未轉頭時予以警示,達到預防駕駛人打瞌睡的目的。本論文共分成四個章節,第一節介紹研究動機、背景及論文架構,第二節介紹系統架構,第三節介紹本研究如何進行臉部偵測以及擷取臉部特徵後的轉動偵測,第四節為實驗說明並進行系統效能分析,第五節則對本研究做出結論及描述未來發展的方向。

## 2. 系統架構

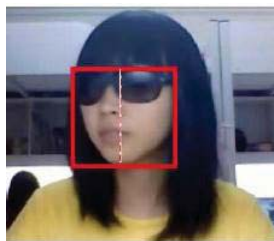
本研究開發一個能在駕駛人打瞌睡時發揮提醒功能的瞌睡偵測系統,本研究將攝影機架設於駕駛座前方正對駕駛人的位置,利用此攝影機偵測駕駛人的臉部,並進行轉頭判斷,藉此評估駕駛人是否有打瞌睡的情形發生,系統的運作流程如圖一所示。



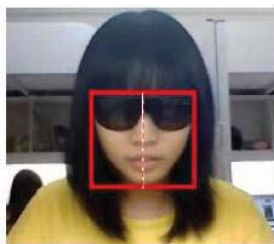
### 3. 研究方法

#### 3.1 脸部偵測

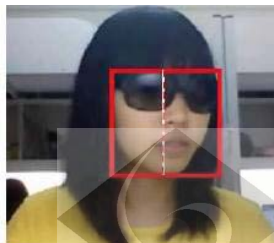
本研究採用 OpenCV 的人臉偵測方法，偵測各影格中車內駕駛的人臉，圖二是不同面向的人臉偵測結果，其中的中間虛線被用來輔助呈現不同面向人臉的對稱性差異。



(a)



(b)



(c)

圖二、不同面向的人臉偵測結果圖，中間虛線被用來輔助呈現不同面向人臉的對稱性差異

#### 3.2 轉頭偵測

人臉區域的每一列像素亮度形成一維信號  $y$ ，該信號可分解成對稱性函數(偶函數)與反對稱性函數(奇函數)的和，經過傅利葉轉換後，對稱性成分會轉換成頻譜的實部，方程式(2)為對應的對稱性，其以能量型式來測量，而反對稱性成分會轉成頻譜的虛部，方程式(3)為對應的反對稱性，其亦以能量型式來測量，藉此實部與虛部的能量，即可反應該原始一維信號的對稱性強弱，如果是正面人臉，則人臉區域的每一列均具有較高之對稱性，所以統合每一列的對稱性，就可以得出較高的對稱度  $D$ ， $D$  為結合對稱性和反對稱性所定義出來的對稱度，如方程式(4)所示，其中  $e_{aj}$ 、 $e_{bj}$  表脸部區域序列第  $j$  列的對稱性量度， $h$  表脸部區域的寬度；相反地，如果轉頭則對應的脸部區域對稱性就會下降，換句話說，當駕駛人正臉朝前時，對應到較高的  $D$  值，而當駕駛人轉頭看後視鏡時，會對應到較低的  $D$  值，這意味著對稱度能被用來反應駕駛人的頭部是否有轉動。至於  $D$  值判斷的適當門檻值設定，則是透過收集各種轉頭與不轉頭的錄影資料進行統計後加以訂定。我們將擷取的人臉影像資訊做對稱度計算，取得整張人臉影像的  $D$  值，預設一轉頭閾值，當  $D$  值大於此閾值則判為未轉頭，小於該閾值則判為轉頭。

$$Y_k = \sum_{j=0}^{n-1} e^{-\frac{2k\pi i j}{n}} y_j = a_k + i \times b_k \quad (1)$$

$$e_a = \left( \sum_{k=0}^{n-1} a_k^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$e_b = \left( \sum_{k=0}^{n-1} b_k^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$D = \frac{1}{h} \sum_{j=1}^h \frac{e_{aj}}{e_{aj} + e_{bj}} \quad (4)$$

### 4. 實驗結果

#### 4.1 實驗環境

本研究所採用的程式語言為 LabVIEW 與 C++，作業系統採用 64 位元的 Win7，硬體平台為配有 i5 CPU 的筆記型電腦，並以錄製的行車記錄影片進行剪輯，並加以標記為轉頭與非轉頭兩個測試集去進行系統效能測試。

#### 4.2 實驗結果與分析

##### 4.2.1 脸部偵測之結果

此系統的脸部偵測是以 C++ 撰寫，利用 Microsoft Visual Studio 搭配 OpenCV 函式庫，並使用 OpenCV 中訓練好的人臉偵測器，將偵測到的臉

部區域以方形圈出。為所錄製的開車影片中的一張影格影像，圖為將在圖三所偵測到的臉部區域影像去除左右部分區域後的結果。



圖三、單一影格影像



圖四、臉部區域影像

#### 4.1.2 轉動偵測之實驗

將得到的臉部區域影像的左右兩邊頭髮部分消除，以減少頭髮對對稱度的干擾，接著再去取得縮減後的臉部區域影像每一列的亮度資訊，將每一列的亮度資訊經由方程式(1)、(2)與(3)，取得屬於該列的對稱成分與反對稱成分，然後利用方程式(4)求得該張臉部區域影像的整體對稱度。

轉頭偵測的判斷主要就是以每張影像的對稱度為依據來進行，經過一系列的實驗，以訂定轉頭的門檻值，若大於此值，則判斷該影格沒有發生轉頭事件；小於此值則判斷為有轉頭事件，經過反覆測試後，本系統將轉頭所對應的對稱度門檻值訂為 0.83，採用此門檻值，系統將沒轉頭的影格正確判為沒轉頭的正確率 TPR 為 1，而將轉頭誤判為沒轉頭的錯誤率 FPR 為 0.2。

#### 4.2.3 瞌睡之判斷

此系統判斷駕駛是否打瞌睡的方式為，當系統持續一段時間未偵測到轉頭事件，則判斷駕駛可能打瞌睡，因為未轉頭持續時間長短的訂定需要仰仗生理方面的專業知識，因此本研究並未對此進行實驗，所以系統運作效能的評估是採用上述的轉頭偵測正確率來進行。

#### 4.2.4 實驗遭遇到的困難與解決辦法

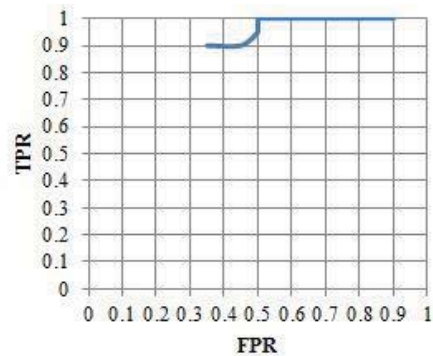
為讓此系統的操作效能達到最好，我們利用

ROC 曲線當做轉頭閾值的設定參考，我們想要達到比較高的 detection rate，那麼 false positive rate (FPR) 可能就會比較高一點；而如果想達到比較低的 false positive rate，那麼正確率難免就會下降，我們能接受的錯誤率約為 2 成。

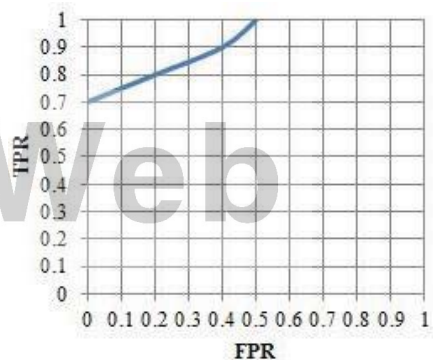
我們利用拍攝的測試影片，將整段影片剪接出 40 個片段，每個片段的長度為 5 秒，並加以分類成 20 個有出現轉頭的片段及 20 個沒出現轉頭的片段，以這 40 個片段進行測試系統的操作效能。圖為第一次測試所獲得的 ROC 曲線圖，TPR 為系統正確判斷率，當 TPR 為 1 時，FPR 高達 0.5，經過進一步檢視，我們發現這是因為影片會出現轉頭幅度太大，導致臉部偵測失敗的情況發生，這導致系統做出錯誤判斷，將有轉頭的影片當成沒轉頭。

針對上述錯誤，我們將演算法修改為，若偵測不到臉部的影格數大於某值時，即是有轉頭。據此重新測試系統效能，繪製出圖的 ROC 曲線圖。對結果做進一步分析，發現其中有 3、4 個樣本是在人工分類階段被錯誤分類，後來將有分類錯誤的樣本影片予以重新剪輯分類後，再進行系統測試，最後得出系統最終的效能 ROC 曲線圖(圖)。

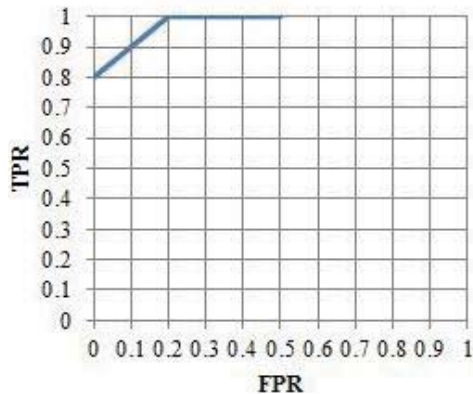
原本預訂將此系統移植到嵌入式平台 myRIO(圖八)上運行，但是因為 LabVIEW 在呼叫動態連結 dll 檔的時候持續發生問題，導致無法成功燒入程式碼到嵌入式平台中，上網找尋解決方法並加以實測，但還是無法解決此問題，最後求助 NI 技術支援中心，他們提供了另一種可能的解決方案，建議可將 C++ 所撰寫的程式碼改成使用 eclipse 來撰寫，再進行編譯連結，這樣應該就可以順利產生執行檔，未來我們將採用此方案進行嘗試。



圖五、第一次測試的 ROC 曲線圖



圖六、第二次測試的 ROC 曲線圖



圖七、最終系統的 ROC 曲線圖

## 5. 結論與未來展望

基於考慮到現有以偵測眼睛閉闔時間長短進行駕駛瞌睡判斷的系統無法應付當駕駛因外在環境光線過於強烈必須配戴太陽眼鏡的情境，本研究提出捨棄既有以眼睛閉闔偵測為基礎的做法，改採以巨觀頭部轉動偵測為基礎的新思維，經過反覆測試後，確認不管駕駛是否有佩戴墨鏡或太陽眼鏡，本系統皆能正確執行轉頭偵測，符合當初系統開發的目標。由於目前系統乃針對預錄的影片片段進行測試，尚未進行線上實測，未來會先將系統移植至嵌入式平台上，以縮小系統體積，然後進行線上實測，以提供駕駛一個簡便且有效的瞌睡預警系統。



圖八、myRIO 外觀

## 參考文獻

- [1] 內政部警政署, <http://www.npa.gov.tw/>.
- [2] Yu-Hang Liu, and Chin-Teng Lin, "Real-time Wireless System based on Multiple Bio-signal Parameters for Drowsiness Detection", A Thesis of Institute of Biomedical Engineering College of Computer Science, National Chiao Tung University, pp.1-19, 2010.
- [3] Ching-Chih Fan and Terng-Ren Hsu, "Drowsiness Detector and Its Applications", 發明公開公報, pp.1900-1901, 2011.
- [4] Yu-Jie Chen, and Chin-Teng Lin, "EEG-Based Drowsiness Estimation Using Independent Component Analysis in Virtual-Reality Dynamic Driving Simulator", A Thesis of Electrical and Control Engineering College of Engineering and Computer Science, National Chiao Tung University, pp.1-12, 2005.
- [5] Che-Jui Chang, and Chin-Teng Lin, "Real-time Wireless Brain Computer Interface for Drowsiness Detection," A Thesis of Institute of Electrical and Control Engineering College of Electrical Engineering, National Chiao Tung University, pp.1-17, 2009.
- [6] Chi-Lun Huang, and Cheng-Chin Chiang, "Automatic Surveillance on Driver's Gaze and Dozing," A Thesis of Department of Computer Science and Information Engineering, National Dong-Hwa University, pp.6-28, 2003.
- [7] I-Ling Tsai, Chao-Lung Ting and Ray-I Chang, "Sleepy Warning System by Tracking Human Eyes on Images", A Thesis of Department of Engineering Science and Ocean Engineering College of Engineering, National Taiwan University, pp.10-54, 2010.
- [8] 白能勝, 張世平, 郭逸平, 黃聖富, "人臉追蹤與疲勞偵測系統," 第五屆智慧生活科技研討會, 2010.
- [9] Po-Ying Chen, Wen-Kuan Yeh, Pin-Han Li, and Keng-Chang Tu, "Study on Using the Heart Rate Peak Sensor to Detect the First Moment of Doze", IEEE 2nd International Symposium on Next-Generation Electronics (ISNE), pp.531-533, 2013.
- [10] J.C. Poupieul P. Simon, P. Loslever, "Using Driver's Head Movements Evolution as a Drowsiness Indicator," Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp. 616-621, 2003.
- [11] B. Ma, S. Shan, X. Chen, and W. Gao, "Head yaw estimation from asymmetry of facial appearance," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. B, Cybern., vol. 38, no. 6, pp. 1501-1512, Dec. 2008.
- [12] P. Viola and M. Jones, "Robust Real-time Object Detection," In Proceedings of the Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision - Modeling, Learning, Computing, and Sampling, pp. 1-25, 2001.