



## 影像式適路性頭燈

### Image type Adaptive Front-lighting System, IAFS

財團法人車輛研究測試中心 蘇一峰、廖學隆

同時具備有車道偏移警示、車距監控、自動左右轉向與水平調整車燈等整合多項功能系統的產品-「影像式適路性頭燈」即將問世。

在中高階車輛中，車輛先進照明系統具備自動左右轉向與水平調整功能的頭燈系統，已屬非常普遍的基本配備，不過要達成自動轉向控制功能，需要藉助昂貴的方向盤轉角Sensor與車姿水平Sensor量測訊號來達成。然而，車電訊號要透過網路(CAN-bus)傳遞，使得燈具共通性不佳，不易達成cost down，以致系統普及速度緩慢。此外，現有的自動轉向系統，駕駛者需要轉動方向盤才能控制頭燈轉動，往往又無法即時調整照明位置。

本中心的『光學設計中心』近期所發表的「影像式適路性頭燈」是採用影像辨識技術，在完成車道線辨識後，計算出頭燈組所需轉動角度，就可預先提供轉彎處的路況照明，從而提高夜間彎路行駛安全，且可避免炫光問題。另外也可透過取得影像平面上交會的視覺消失點，計算該視覺消失點以及基準點之位移量，估算出車輛傾斜角度，據以控制頭燈水平角度，來達成自動頭燈水平調整之目的。換言之，本系統不同於目前市售的AFS系統，而是採用影像辨識技術，因此也不需要昂貴的Sensor，

即可達成車燈轉向與水平自動調整功能。整體來說，安裝配置簡便且產品成本低，自然可以增加售後改裝產品市場的競爭力。

#### 一、「影像式適路性頭燈」系統介紹

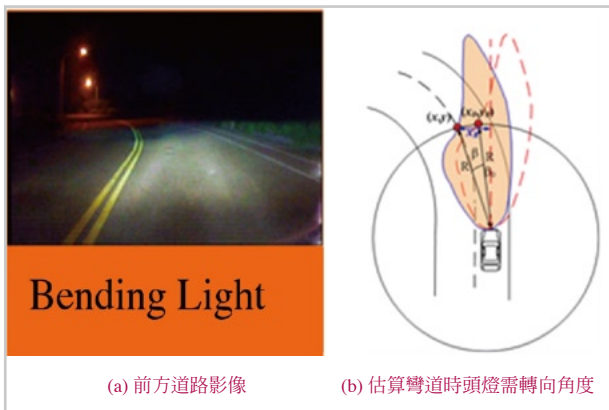
由於影像辨識技術日益精進，在車輛安全領域中一般多是應用在駕駛輔助系統上，如車道偏移警示系統。其中車道線辨識之技術在文獻上有各種不同的方式，並各自存有優缺點與其基本的假設[2]，有研究利用電腦視覺的方式將影像轉換到鳥瞰圖以移除透視效應，利用道路與標線寬度固定的特徵，在鳥瞰圖中偵測道路的標線[3][4]，缺點是運算複雜所以無法達成及時運算。此外，近期的研究也包括將Hough Transformation與道路模型整合在一起[5]，用以偵測出直線的車道線，但卻無法克服在有彎道的車道上辨識率較差的情況。針對此上缺點，車輛中心開始利用多年來研發駕駛輔助系統的技術，改善車道辨識的演算法以應用於車道偏移警示系統。本文所介紹的「影像式適路性頭燈」也正是採用中心的車道偏移警示系統的車道線辨識演算法[6]。

在影像式適路性頭燈(IAFS)主要有兩種功能：

1. 自動頭燈轉向控制(Bending Light): 一般未設置

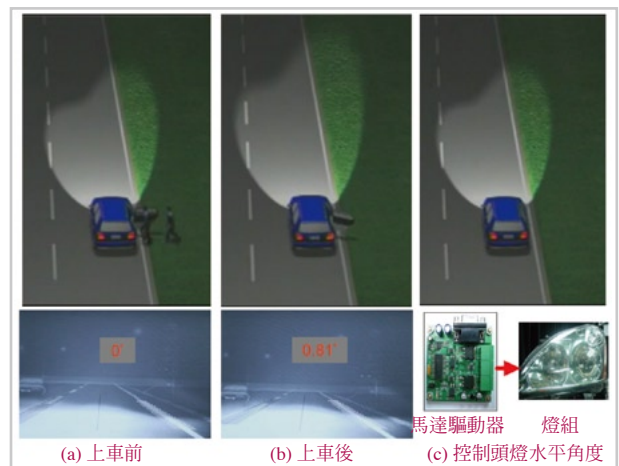


有自動轉向頭燈的車輛，由於頭燈為固定設置，行經轉彎時車燈總是打在正前方，卻照不清楚行車方向的道路區域，因此傳統自動轉向頭燈的設計即是利用方向盤轉角sensor以偵測方向盤轉動方向及角度，並據以主動調整頭燈照射方向，來補足照明死角；本系統主要利用攝影機擷取前方道路影像，以辨識車道線的方式，偵測車道曲率；並同時調整頭燈轉向使車燈光軸中心對準於車道邊線上，使頭燈轉向而照亮行進方向死角區域並達成降低光線干擾對向來車之目的，如圖1所示。

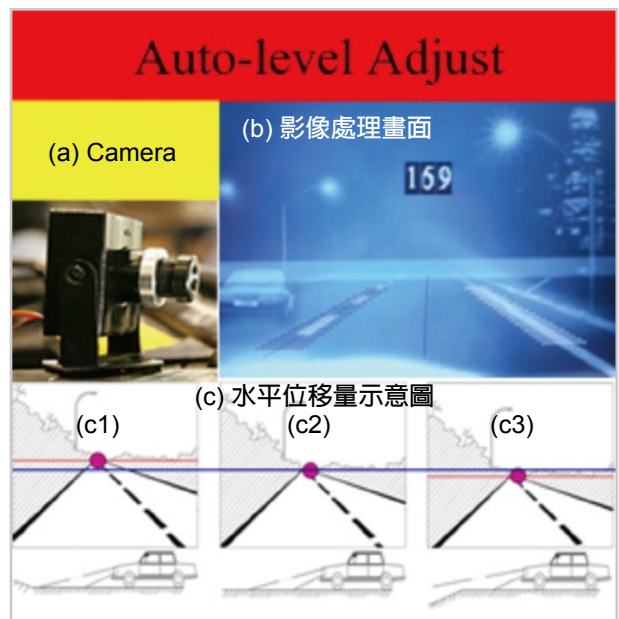


▲ 圖1. 自動頭燈轉向控制系統示意圖

2. 自動頭燈水平調整(Auto-level Adjust): 本系統利用前方道路影像辨識車道線，取得二車道線於影像平面上交會的視覺消失點，並藉由預設一個絕對水平之基準消失點，進而計算該視覺消失點以及基準消失點之位移量，估算出車輛傾斜角度，再據以控制頭燈使之維持與道路平行之狀態，達成自動頭燈水平調整之目的，避免因車輛載重不均或道路狀況(上坡/下坡)而影響頭燈照射之距離，如圖2、3所示。



▲ 圖2. 自動頭燈水平調整-車輛前後負載改變之示意圖



▲ 圖3. 自動頭燈水平調整-道路狀況(上坡/下坡)之示意圖

影像式適路性頭燈(IAFS)系統雛型，主要將攝影機架設在頭燈上面，並搭配影像處理器及控制器，達成IAFS的系統功能，如圖4所示。表1為IAFS的系統規格。





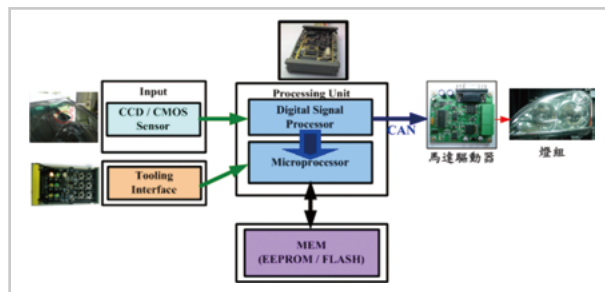
▲ 圖4. 系統雛型

▼ 表1. 系統規格

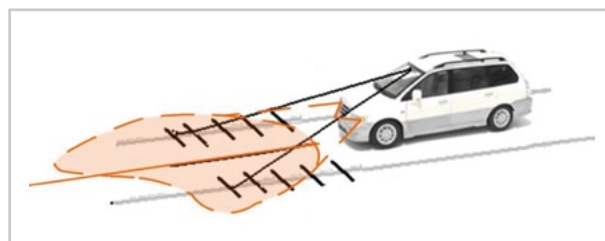
影像輸出頻率	20 frame/s以上
嵌入式硬體電路	DSP系統
操作頻率	600MHz
介面	1. CAN BUS (車速、方向燈) 2. NTSC或PAL (攝影機) 3. GPIO (蜂鳴器)
操作溫度	-40°C ~ 85°C
彎道半徑	> 250 m
車道偵測寬度	3 m ~ 4 m
前方偵測距離	30 m ~ 50 m
頭燈轉向角度	0° ~ 15°
傾斜角度精度	± 0.1°

## 二、系統架構

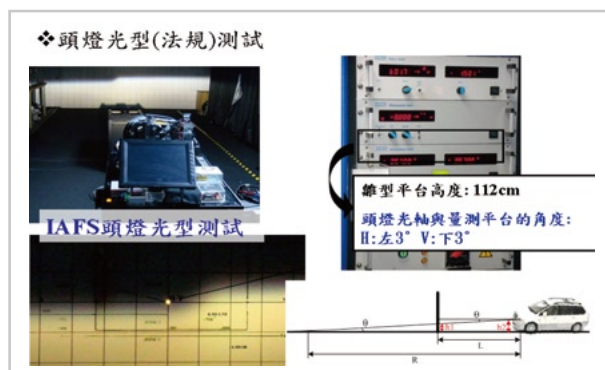
本系統之硬體架構如圖5所示，主要的感測裝置為一部裝設在車內的攝影機，其裝設位置位於車輛前擋風玻璃與車內後視鏡之間或者是裝在頭燈中，並藉由此攝影機擷取到前方之路況影像；影像傳送到裝設在車內之數位訊號處理器，判斷車輛的是否在彎道？或解析出影像上車道線的曲率及消失點位置，再分別計算出頭燈轉向及水平調整角度，經馬達驅動器使頭燈能自動轉動，提供駕駛者最佳照明。圖6即為車道辨識的示意圖，圖7為IAFS的光型測試。



▲ 圖5. 系統架構



▲ 圖6. 車道辨識與頭燈光型之關係示意圖



▲ 圖7. IAFS頭燈光型測試

## 三、車道線辨識

主要是根據高灰階值、邊緣特性、成對特性與標線寬度等特徵進行偵測。由於車道線辨識是在影像座標上進行，因此需藉由座標轉換建立世界座標與影像座標間的關係，藉以求取所需的道路參數。本系統所使用的道路模型，如式(1)所示。

$$y_L = k \cdot x^2 + m \cdot x + b \quad \dots\dots\dots(1)$$



# 專 題 報 導

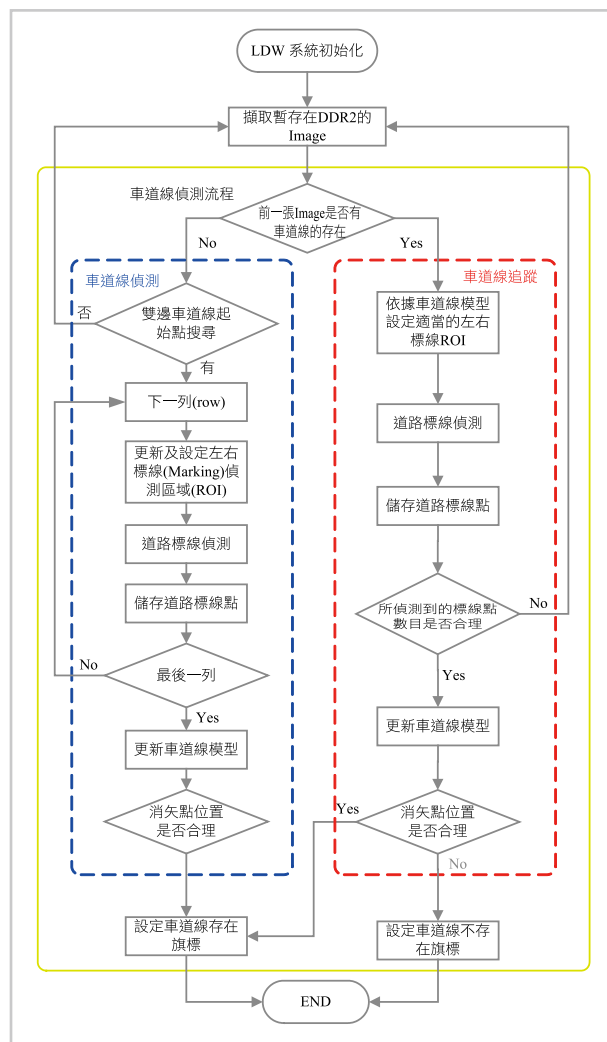
其中、為平面空間之縱軸及橫軸； $k$ 、 $m$ 、 $b$ 為隨時間因子改變的參數值。透過偏離估算方程式(式(1))推算出行進路線斜率以及道路曲率，如式(2)以及式(3)所示：

$$\varepsilon_L = 2 \cdot k \cdot x + m \dots\dots\dots(2)$$

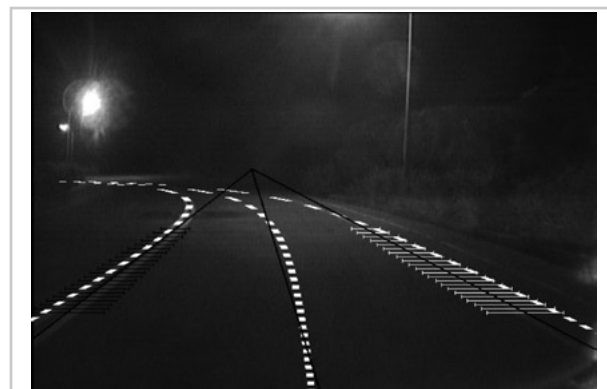
$$\rho_L = \frac{2 \cdot k}{(1 + (2 \cdot k \cdot y + m)^2)^{3/2}} \dots\dots\dots(3)$$

車道辨識之影像演算法流程，如圖1所示。首先擷取一張影像，並判斷前一張是否有車道線的存在，否則進入車道線偵測；有則作車道線追蹤。在車道線偵測部分，先從影像最底下的一列開始往上搜尋，找有同時偵測到左右車道線的列當作起始列。接著設定左右標線的偵測區域(ROI)，在ROI偵測範圍內找標線點並儲存其位置，重複上面步驟只到執行到最後一列，才進行車道模型的更新。由於在影像中的兩條車道線延伸會在遠端交於一點，稱之為消失點。因此可利用消失點的位置來判定車道辨識模組所偵測出來的車道線是否為實際的車道線，藉此增加判定的準確度；而車道線追蹤跟車道線偵測的處理步驟，最大差異在於ROI的設定條件，其餘步驟大同小異。

而所得到的車道線辨識結果如圖9所示。其中白色曲線部分是用來當作自動頭燈轉向控制邏輯的依據。而三條紅線的焦點，即消失點。由消失點可得知車輛目前的傾斜角度，進而控制頭燈的水平角度。



▲ 圖8. 車道線偵測流程圖



▲ 圖9. 車道線辨識結果 (請改紅線)

#### 四、自動頭燈轉向控制

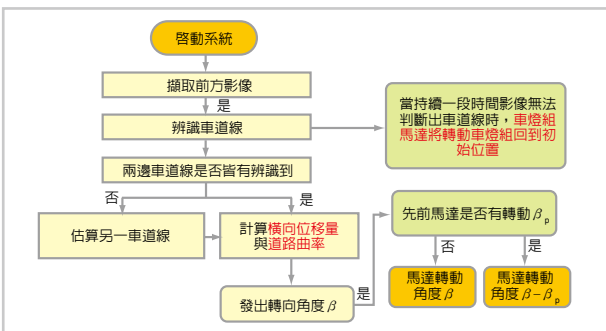
圖10為頭燈轉向控制之流程圖，將辨識到的車道線資訊(曲率、橫向位移量等)，配合圖1(b)，將原預視點A(頭燈直射的位置)移動到第二預視點B(頭燈在彎道時需要照到的位置)。利用法規(如美規FMVSS108)之方式先取得頭燈到原預視點A之距離R，並以頭燈為圓心，此距離R為半徑畫圓，求得位在車道線上之第二預視點B的位置，再利用原預視點A及第二預視點B的相對座標與距離R求得A、B間之角度 $\beta$ ，其計算如式(4)所示：

$$\beta = \frac{\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}}{R} \dots\dots\dots(4)$$

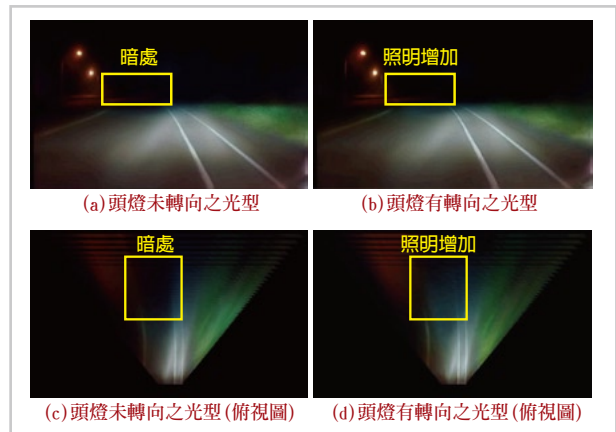
其中使用之符號 $\beta$ 為A、B預視點間之角度， $(x_0, y_0)$ 為第一預視點座標A， $(x, y)$ 為第二預視點座標B，R為頭燈到第一預視點距離。

將式(4)所得到的角度 $\beta$ 發送到轉向控制機構，驅動轉向馬達使光型能照到彎道前方的死角部分。同時可知系統會記錄每次轉動的角度，以穩定控制頭燈轉向。

頭燈轉向前後之光型變化可自圖11看出。圖11(a)跟圖11(b)為前方攝影機拍到的影像；圖11(c)跟圖11(d)分別為圖11(a)跟圖11(b)的俯視圖。由俯視圖可知在左彎道R的距離之處(即紅色框的區域)，經頭燈轉向之後，此處的照度會明顯增加。



▲ 圖10. 頭燈轉向控制之流程圖



▲ 圖11. 頭燈轉向之光型變化

#### 五、自動頭燈水平調整

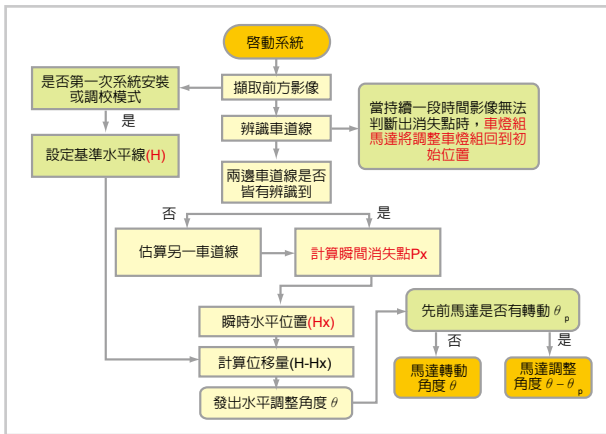
圖12為頭燈水平調整之控制流程圖，將辨識到的車道線延伸取得遠方一瞬時消失點(Px)，通過此消失點(Px)建立一瞬時水平線(Hx)，並估算基準水平線(H)與瞬時水平線(Hx)於影像上的位移量，進一步，即可利用所取得之道路影像焦距與此位移量計算車輛之傾斜角度 $\theta$  (如式(5)所示)，從而產生一控制訊號操控連接頭燈之水平調整控制器，使得車輛頭燈依據此傾斜角度改變照射方向。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{a-b}{f} \dots\dots\dots(5)$$

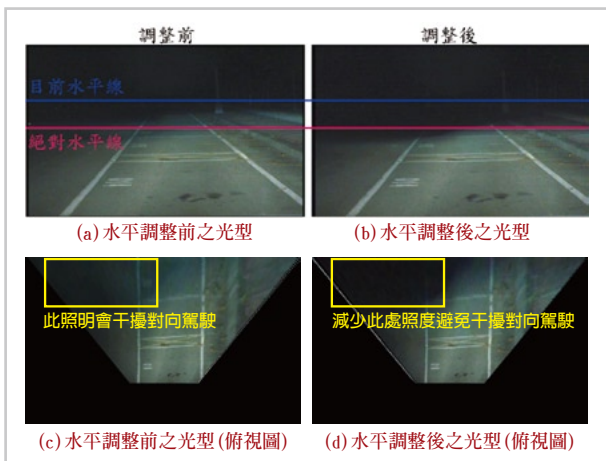
其中， $\theta$ 係以攝影機透鏡之中心軸作旋轉之夾角， $b$ 為影像平面中的基準消失點位置； $a$ 為影像平面中的瞬時消失點位置，故， $\overline{ab}$ 為水平線位移量； $f$ 為攝影機之透鏡至影像平面間之距離，亦即為焦距。

圖13為頭燈水平調整前後之光型變化，圖13(a)跟圖13(b)為前方攝影機拍到的影像；圖13(c)跟圖13(d)分別為圖13(a)跟圖13(b)的俯視圖。由俯視圖可知在車子有傾斜時，在R的距離之處(即紅色框的區域)的光型，經頭燈水平調整之後，此處的照度會減少以避免干擾到對向車道的駕駛之行車安全。





▲ 圖12. 頭燈水平調整之控制流程圖



▲ 圖13. 頭燈水平調整之光型變化

## 六、結論

頭燈是重要的汽車主動安全部件，尤其在夜間行車時，能夠提供適當照明功能，特別是在夜間過彎時，如果不能及時看到對方來車，更容易發生嚴重的交通事故。又由於具備高亮度的特性的氣體放電式頭燈(HID, High Intensity Discharge)燈源日益普及，可大大提升夜間行車之安全性，但若無頭燈調整系統做燈光照準調整的話，反而會影響其他的用路人的視覺，如刺眼、產生眩光等現象。因此，國內車輛驗證機關也著手規劃，將要求無論新車或使用中車輛，若配備為HID頭燈，均需具備自動水平調整系統，方能合法上路行駛。可預見未來能同時

整合多項功能系統的產品將會成為市場主流。

車輛光學設計中心累積先進照明系統開發技術經驗，結合影像辨識技術，已完成影像式適路性頭燈系統開發，正積極進行實車相關法規驗證與元件可靠度測試，此系統具備安裝配置簡便且產品成本低廉，適合售後改裝市場等優點，又可兼具車道偏移警示、車距監控功能整合的特色，已有不少車燈廠與車電廠看上未來商機，正洽談合作開發計畫中，相信不久後，國內有機會領先國際車燈大廠，率先推出完全自主開發的先進照明系統產品，為國內車燈產業帶來創新希望。

## 七、參考文獻

- [1] 李旺軒, "適路性前方照明系統控制系統架構評估報告", P.5-10, 車輛中心, 2003/4。
- [2] M. Bertozzi, A. Broggi, M. Cellario, A. Fascioli, P. Lombardi, and M. Porta, "Artificial Vision in Road Vehicles", in Proc. IEEE, vol. 90, July 2002.
- [3] Yong Zhou, Rong Xu, Xiaofeng Hu and Qingtai Ye, "A robust lane detection and tracking method based on computer vision," 2006 IOP Publishing Ltd, vol. 7, pp. 62-81, February 2006
- [4] A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, C. Guarino Lo Bianco, and A. Piazzi, "Visual Perception of Obstacles and Vehicles for Platooning," IEEE Trans. on Intelligent Transportation systems, vol. 1, pp. 164-176, Sept. 2000.
- [5] Suzuki A., Yasui N., Kaneko M., "Lane Recognition System for Guiding of Autonomous Vehicle", Intelligent Vehicle '92, pp. 196-201, Sept. 2000.
- [6] 蘇一峰、劉景富, "以DSP晶片實現視覺辨識之車道偏移警示系統", "2008安全管理與工程技術國際研討會, 嘉義, 2008。