

多功能智慧行車輔助系統設計

Multifunction Intelligent Driver Assistance System Design

孫義發 蔡佩容 陳澤民 李明華
Yi-Fa Sun, Pei-Jung Tsai, Tse-Min Chen, Min-Hwa Li

中文摘要

多功能智慧行車輔助系統可協助駕駛者感知行車周遭環境，進而提升道路行車安全與駕駛環境便利性。本文所提出的解決方案包含硬體平台設計、底層軟體開發、多功能演算法開發與硬體系統整合，本平台可支援多種異質感測器、八通道的標準解析度類比影像輸入、三通道全高清解析度數位影像輸入、數位和類比影像輸入與兩組控制器區域網路等功能，並且於符合車用規格標準的R-Car M2系統晶片，成功開發整合基於影像感測器之車道偏離警告系統、前方碰撞預警系統、盲點警告系統與四通道行車紀錄器的功能。本文所開發高度整合多功能智慧行車輔助系統，就現階段測試結果顯示，在各種道路、天候條件的測試結果顯示，平均正確率可達90%以上，在720x480的影像解析度下並且同時啟動四種功能條件下，其執行速度每秒可達25張畫面，具高偵測正確率、高穩定性與低記憶體需求的特性，適合車載嵌入式的應用，此系統持續實車測試驗證中，以利系統可適應更多元的場域。

Abstract

Intelligent driver assistance systems could help drivers perceive the surrounding environment that will enhance driving safety and convenience. The proposed solution includes hardware platform design, board support package development, algorithm development, and system integration. Besides, the platform could support multiple heterogeneous sensors, eight channels of standard definition (SD) video analogy input, three-channel full HD resolution (Full-HD) digital video input, digital and analog video input, two sets of controller area network (CAN), and etc. With R-Car M2 vehicle regular SoC, the lane departure warning system (LDWS), forward collision warning system (FCWS), blind-spot warning system (BSWS) with four-channel driving record (4Chs DVR) functions are successfully developed. Under various roads and weather conditions, verification result shows the highly integrated system could achieve 90% accuracy rate in the average. As simultaneously enabling the four functions, system performance achieve 25fps (Frame Per Second) with 720x480 resolution videos. This system advantages high detection accuracy, high stability characteristics and low memory requirements that is suitable for automotive embedded application. And, we are continuously field try to adapt more and more condition.

關鍵詞(Key Words)

車道偏移警示系統(Lane Departure Warning System ; LDWS)
前方碰撞警示系統(Forward Collision Warning System ; FCWS)
盲點偵測警示系統(Blind Spot Warning System ; BSWS)
四通道行車紀錄器(Four Channels Digital Video Recorder ; 4Chs DVR)

1 · 前言

交通事故肇事原因大多數來自變換車道不當、未注意車輛周遭環境狀態與未保持行車安全距離，然而其有高達79.1%的交通事故是有機會事先預防發生的[1]，智慧行車輔助系統有助降低交通事故發生率，確保生命財產安全，除此之外，如車燈與雨刷等等，車輛亦可根據行車環境自動控制達到更便利的駕駛環境。

基於影像的偵測辨識技術是目前最為廣泛的應用範疇，其包含一般的車子及行人的辨識，影像中顏色資訊和物件結構的細節，在道路和交通號誌的辨識應用上，能夠發揮顯著功能。一般來說，影像感測器在物件辨識與追蹤表現上，目前明顯優於其它主動式感測器，即使是像車子進入彎道或是在道路上移動的追蹤，我們也都可以僅僅用影像視訊來判斷。但是影像感測器又有先天的特性，其視角若窄，可辨識距離就長，反之若是廣視角其距離則短，換而言之廣角鏡頭在越遠處的成像，其物件所占像素就會越少，亦有可能會發生破碎的情況，進而造成特徵點資訊更加不明顯，此亦是影像偵測辨識的另一挑戰，因此目前已有各種感測器融合技術逐步發展當中[2-4]。

隨著車用系統晶片規格不斷的大步往前邁進，車用規格多核心系統晶片如Cortex A15[5]或Cortex A57[6]，因此高度整合的智慧行車輔助系統的軟體解決方案，將大大提升其可行性，其將有機會克服效能問題，相較於硬體解決方案，其可以有低成本、高產品組合性、場域高適應性等優勢，因此多功能智慧行車輔助系統將是未來趨勢之一。

車用影像辨識系統面對許多不同的問題，不僅是即時系統反應，亦包含物件種類、位置、移動、辨識準確度等等，多種線索的分析固然能夠產生更好的辨識結果，但是其運算量相對增加。車用辨識系統設計需在考量各種需求跟可行性之下，在之間換取一個最佳的平衡點。如有必要，感測器訊號融合的機制也可加以考慮來提升系統物件偵測的可靠性還有運算速度。

本文所開發的系統包含硬體平台設計、開

發板支援套件、視訊串流分析、演算法開發與系統整合優化，完成高度整合的多功能智慧行車輔助系統，本系統包含車道偏移警示系統(LDWS)[7-8]、前方防碰撞警示系統(FCWS)[9-10]、盲點偵測警示系統(BSWS)[11]與四通道行車紀錄器(4Chs DVR)。除了可以透過本系統防範他人駕駛因疏忽或故意違規而發生交通事故意外，使用者可以透過本系統預測可能發生意外之情境，盡快採取必要的防禦措施以避免意外的發生，亦可以達到還原事發現場的功能，該演算法可以減少記憶體使用量和運算複雜度，各種場域驗證結果顯示，該演算法保有高偵測辨識準確率。

2 · 智慧型車用輔助系統

2.1 車道偏移警示系統

車道偏移警示系統包含「車道線偵測」與「車道偏移偵測」兩個部分，在車道線偵測方面，因為無法預測車道線與道路的顏色差距，例如梯度程度等，演算法中預設的參數就無法偵測出所有類型的車道線。除此之外，為了強化車道線的特性，往往需要重疊多張連續的畫面，加以延伸車道線，另外由於使用直線偵測演算法，其無法提供直線是否屬於車道線或是非車道線，所以傳統的車道偏移系統，需要一個手動設定的畫面，標示出可能的車道線區域，濾除掉非道路線，而在車道偏移偵測方面，需要分析連續畫面的變化，才能夠判斷車輛是否偏移，如此系統便無法即時警示駕駛有關車道偏移的資訊。有鑑於此，本文自行開發出一種快速且穩定的車道偏移警示系統，藉由結合「快速影像分割」的結果，我們所開發的車道線偵測演算法，可以偵測出各種類型的車道線，同時，本演算法的車道偏移偵測系統，不需要分析連續畫面的變化，僅由一張畫面便可以判斷出車輛是否偏移，本演算法的執行流程如下圖一所示。其主要有五個步驟，首先對原始影像進行「區域化」影像分割的步驟，將影像分成若干區域，然後結合「影像分割後的結果」以及「梯度分析」，完成「車道線區域偵測」，之後使用「區域標記」的方式標記每個連通區域，進而分析各區域的特性，去除「非

車道線區域」完成「車道線候選區域」的工作，接著進行「車道線判定」的步驟，最後藉由判斷左右車道線的角度，完成「車道偏移警示」的功能。執行結果如下圖二所示。

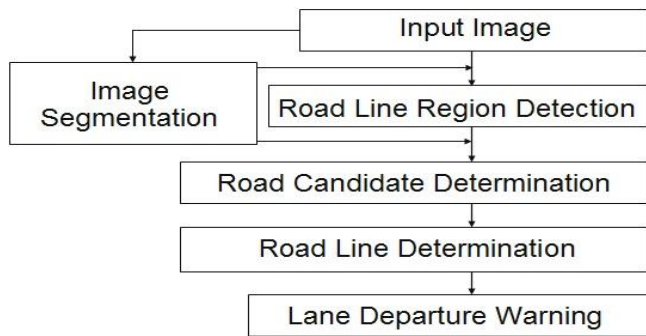


圖 1 LDWS Algorithm Flow Chart

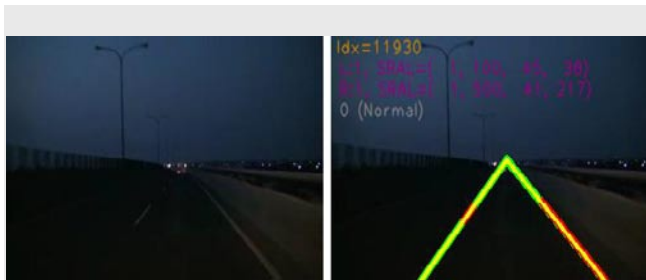


圖 2 LDWS Detection Result

2.2 前方防碰撞警示系統

保持安全車間距離是駕駛的基本守則，尤其是在高速公路上，當前方車輛有任何狀況發生時，才能有足夠的時間進行防禦駕駛。所以本文所開發的前方防碰撞警示系統，目標為當前方車輛與本身車輛距離30公尺時即發出警示訊號。前方防碰撞警示系統主要包含「前方車輛偵測」以及「車距計算」兩大部分。目前的前方車輛偵測研究中，有許多方法是使用「車底陰影」來當作特徵值。但是陰影容易受到外在光線的影響，造成偵測正確率不穩定的問題。此外為了克服夜間、陰雨...等天候問題，有許多方法是以「後車燈」為偵測的特徵值。雖然可在夜間獲得良好的成果，但是僅適用於夜間。有鑑於此，本文開發適合於嵌入式系統的快速且穩定之前方車輛偵測演算法，其藉由Sobel濾波器取得前方車輛的水平、垂直邊緣，並且透過梯度分析將「水平邊緣」擷取出來。

「水平邊緣」是很重要的特徵，因為可以從很多測試影片觀察到，前方車輛必定有「水平邊緣」，例如：保險桿、後擋風玻璃、行李箱...，然而，有時後場景中亦可能出現一些非車輛的水平邊緣，為了避免誤判，我們可以使用標記化(Labeling)、邊角偵測(Corner Detection)、紋理分析(Texture Analysis)等方法將前方車輛準確的偵測出來，該演算法的前方車輛偵測系統，亦不需要分析連續畫面的變化，可以僅由一張畫面便判斷出前方車輛，本演算法的執行流程如下圖三所示，而執行結果如下圖四所示。

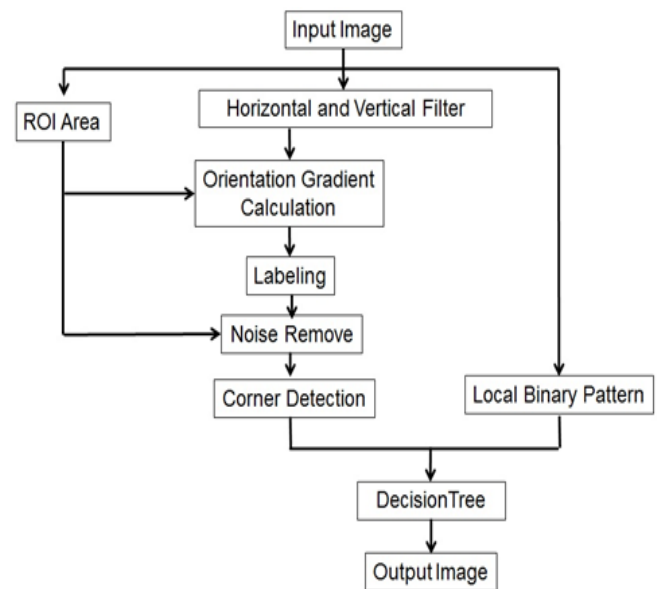


圖 3 FCWS Algorithm Flow Chart



圖 4 FCWS Detection Result

在車距計算方面，由於系統僅有單一前方鏡頭，所以無法使用雙鏡頭演算法來計算距離，因此本文透過固定鏡頭的方式，於靜止狀

態預先量測距離，建立對應查詢表的方式進行計算。將鏡頭架設且校正完畢後，透過實際量測可知，此鏡頭對於5公尺距離所對應至影像的第162行，10公尺對應至第137行，15公尺對應至第126行、20公尺為第123行，藉由實際距離與影像座標的對應產生對應表，當行進間前方車輛被偵測時，再利用查表的方式換算出前車距離。利用影像座標對應的方法，其誤差值將會隨著距離增加而增加，且也會因為鏡頭視野範圍(FOV)不同而會有所改變，70度視野範圍的鏡頭，在實際距離小於30公尺時，其誤差值仍在公尺級的接受範圍內，當鏡頭視野範圍越小時其誤差將會越小。

2.3 盲點偵測警示系統

車輛在高速行駛中若要變換車道，駕駛人會先觀察左右兩側的後視鏡，確定後方具備足夠的切入空間後，才會變換車道。然而後視鏡有其視覺上的盲點，會造成觀察上的困擾。有鑑於此，本文開發一套可自動偵測左右兩側後方車輛的警示系統，由於該系統必須在日間與夜晚皆需要能夠正常運作，所以在日間與夜晚將會有不同的演算法。本文所提出的盲點偵測警示系統演算法主要有3個大部份，如圖五所示。首先透過影像亮度來判斷目前為日間或夜間，以便接下來選擇適當的方法來偵測左右兩側後方的車輛，其次為後方車輛偵測演算法，在日間將採用車底陰影為影像特徵，而在夜間是以車頭燈為影像特徵。

首先預先設定一個紅色矩形區域做為判斷依據，統計該區域的亮度值，如圖六所示。去除該區域最亮、最暗的15%來進行亮度平均值計算，若該區域的亮度平均值高於門檻值時，則目前是處於日間場景，反之若亮度平均值低於門檻值時，則目前是處於夜間場景。在日間，車底陰影是最好的影像特徵，加上分析陰影的運算量低，所以很適合用於嵌入式平台。然而車底陰影必定出現在路面上，所以在偵測車底陰影之前，演算法必須先定義出車道線與路面，在此本文直接使用2.1節中的車道線偵測演算法，藉由偵測出來的結果即可以得知場景中的路面區域，進而在這些區域中偵測車底陰影。

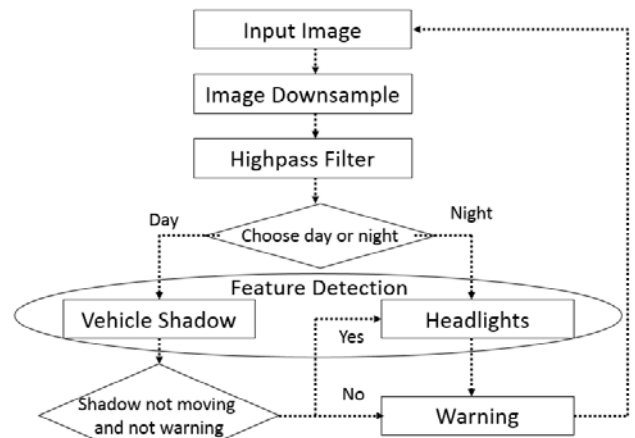


圖 5 BSWS Algorithm Flow Chart

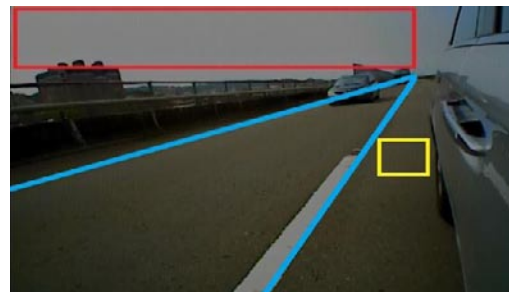


圖 6 BSWS日間判斷區域

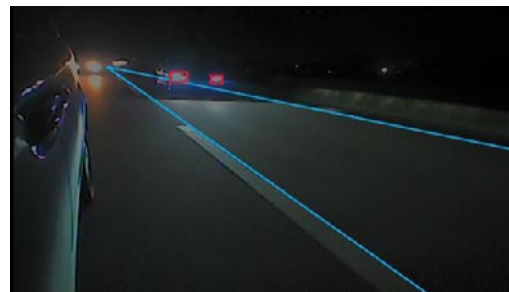


圖 7 BSWS車頭燈偵測結果

由於陰影的灰階值通常比路面低，所以演算法首先是要擷取路面的灰階值。如圖六所示。預先設定一個黃色矩形區域做為路面灰階值取樣區域，一般而言柏油路面的灰階值偏低，所以我們只取灰階值低於128的像素，以避免將車道線、路面反光等非路面像素取樣，當完成路面像素取樣後，即可計算路面亮度平均值，由於車底陰影的灰階值會低於路面亮度平均值，所以當路面區域的像素灰階值低於路面亮度平均值時，即可判斷為車底陰影。在夜間，車頭燈是最容易偵測的影像特徵，然而車頭燈亦必須克服地面反光的現象，本文是結合車頭

燈偵測演算法[12]和車道線偵測演算法，即可將路面反光濾除；如下圖七所示，紅色區域為車頭燈偵測結果。

2.4 四通道數位影像紀錄器

GStreamer是用於創建媒體應用的框架，其由單元、輸入輸出端口、盒子和管線來建構特定應用。單元是構成管道的組件，每一個單元(Element)實際上就是個插入元件，在框架中得到組裝成一個管線(Pipeline)，待處理資料從源單元流向目的地單元，完成整個流程。單元之間是可以鏈接起來的，而來源墊(Source Pad)與接收墊(Sink Pad)是個單元的輸入輸出端口，通過墊(Pad)才能夠將兩個單元鏈接到一起。每個墊都有個別規格，所以不同規格的墊就限制了數據的規格。只有規格相符的墊才能鏈接在一起，盒子(Bin)是一組單元的集合，而管線是一種特殊的盒子。然而盒子也可視為一種單元，操縱盒子就可以改變內部所有單元的屬性，其能傳遞內部單元的信號事件，這樣就簡化了外界使用的難度。管線是一個頂層的盒子，可以設置狀態為暫停或者執行，其內部是啟動一個獨立線程來執行接收。

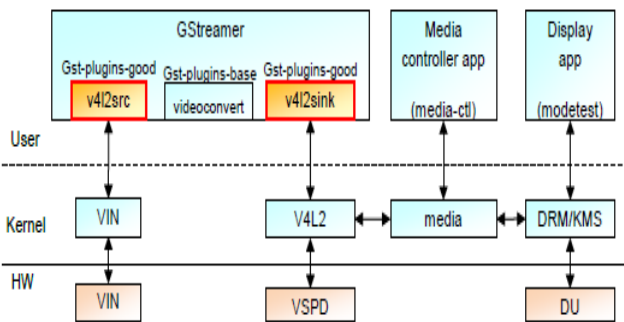


圖 8 Encoding by Gstreamer

本文所開發平台的底層軟體，其已加入GStreamer框架並已整合H.264編解碼器，其可透過Linux Kernel VIN或者V4L2等模組，能夠接收數位音訊編解碼器資料，然後進行全高清視訊壓縮，如圖八所示。然而，許多的開發應用，其輸入資料形式並非原本框架所支援，因此，如何透過其它方式使得可以插入自有資料於管線中是重要的。此框架支援虛擬數據輸入

(appsrc)和虛擬數據輸出(appsink)的元件，因此將可透過這些元件插入或從管線中擷取數據，如此就可以將四路的視訊資料拼接成一個四分割畫面，再插入至管線中編碼，亦可透過管線進行相關影像資料格式轉換與縮放等處理，以利進行後續多功能智慧行車輔助系統的演算法處理，虛擬數據相關的程式如下所示。

```
static void _need_data (GstElement *_appsrc, guint
unused_size, gpointer user_data)
{
    GstBuffer *_buffer_input;
    guint _size;
    GstFlowReturn ret;
    unsigned char *_app_input;
    _size = constants;
    _app_input = malloc(_size);
    _buffer_input = gst_buffer_new();
    gst_buffer_insert_memory(_buffer_input, -1,
gst_memory_new_wrapped (0, _app_input, _size,
0, _size, _app_input, g_free));
    g_signal_emit_by_name (_appsrc, "push-buffer",
_buffer_input, &ret);
    gst_buffer_unref(_buffer_input);
    free(_app_input);
}
static GstFlowReturn _new_sample (GstElement
*_appsink, gpointer user_data)
{
    GstMapInfo _map;
    GstBuffer *_buffer_output;
    GstSample *_sample = NULL;
    unsigned char *_app_output;
    int _size;
    GstFlowReturn ret;
    _size = constants;
    _app_output = malloc(_size);
    g_signal_emit_by_name (_appsink, "pull-sample",
&_sample);
    if (display_sample)
    {
        _buffer_output = gst_sample_get_buffer (_sample);
        gst_buffer_map (_buffer_output, &_map,
GST_MAP_READ);
        memcpy(_app_output, _map.data, _size);
        gst_buffer_unmap (_buffer_output, &_map);
        gst_sample_unref (_sample);
    }
    free(_app_output);
    return GST_FLOW_OK;
}
```

2.5 硬體平台設計

多功能智慧行車輔助系統若要適合市區的使用，在交通號誌、路況及車況外還有其他相關的移動的物件都考驗著系統設計上的困難度。因此影像辨識系統需要足以能夠應付市區各式各樣複雜的交通狀況，而多影像感測器影像辨識與異質感測器融合是重要的方法之一，藉著多影像來源影像辨識與感測融合的結果，物件辨識的感測空間範圍以及感測的精確度都會相對增加，利用各個感測的優點及其合理的偵測範圍，我們可以有效的增加感測區域，進而改善物件偵測辨識正確率。

透過多影像感測器可以增加影像偵測辨識區域，如AVM的應用，其需要四通道的影像輸入，另外感測融合是利用異質感測器的不同屬性，如偵測範圍、資訊型態與失效模式，結合個別感測器偵測出來的結果，並且驗證彼此的物件偵測區域，以期降低整體系統不正確的比率。在許多的著作中，感測融合已經在多篇論文中討論及研究[2-4]，感測器間相輔相成的互動將有助於我們了解物件完整的面貌，如物件的識別以及物件的位置。舉例來說，光達可偵測障礙物並給予精確距離，且不受光強度的影響，但是其物件辨識的能力較弱，在自駕車應用上，其無法針對障礙物件，提供屬性、移動預估與狀態等資訊，如紅綠燈無法得知燈號的狀態。而影像感測器可辨識物件，但是對於距離卻不精確，且光強度會影響辨識結果，另外，鏡頭視野範圍小其可辨識距離就長，反之若大其距離就短。透過影像拼接可以達到辨識範圍寬距離長的目標，但是不同影像感測器，其亮度、形變量、縫合與調和等問題，其將不利於影像辨識，因此感測融合將會比用單一感測器更有優勢，尤其在安全法規嚴格要求的智慧行車輔助系統或是需要車子自動介入操控的應用中，如車輛自動煞停等功能，降低系統整體的錯誤率是重要的。

本文所開發智慧行車硬體平台，如圖9與圖10所示，可支援定位、毫米波雷達與激光雷達等感測器，因此該硬體平台設計亦可開發整合多種異質感測器融合技術，發展更多元與穩定的智慧行車輔助系統，以防止更多不同的事故隱患。另外亦支援多通道全高清視頻輸入，其

將有助後續提升影像偵測辨識準確率，也可以與進階車用面板進行整合聯結。而其處理器為雙核心Cortex A15@1GHz，記憶體架構包含2Gbytes DDR3、512Mbit Flash、32MBit Flash、L1 Cache@64Kbytes與L2 Cache@2Mbytes，而亦以散熱片取代風扇的散熱設計，並且以車用規格的輸入輸出設計取代原先消費性電子規格的輸入輸出設計，而平台大小規格則為12.5x12.5cm，將更適合與便捷安裝使用於行車相關應用，其設計和原型可為軟硬體參考設計解決方案，將可以幫助相關業者能夠無縫的適應快速增長和高競爭力的智慧行車輔助應用。



圖 9 硬體平台

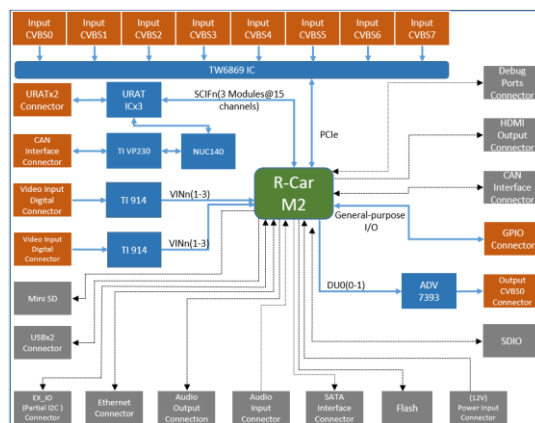


圖 10 平台功能方塊圖

3. 測試與驗證

本文所開發的系統已基於多種場景進行測試驗證，系統偵測到車輛向左側偏移而且偏移量達到危險預設值時，則系統會藉由螢幕圖示與喇叭發出警示音，加以警告駕駛者，若發生右側偏移時會以紅色線條標示右側車道線，其亦會有警示音。當前方車輛與我方車輛的距離低於30公尺時，系統會立即發出警示，而螢幕上將會用紅色線條將前方車輛標示出來並顯示

距離，而在BSWS的部分，當系統在盲點區域偵測到車輛時，會發出警示音外亦於螢幕上用紅色矩形標示。除了透過實車測試車手的自我判斷準確性外，亦同時將行駛路徑上的道路環境影片錄製，最後於個人電腦上逐張判斷是否偵測判斷準確，進而獲得確切的偵測辨識準確率，其平均準確率可達95%以上，如表一至表三所示，而目前使用單核心效能可達25fps。

表1 LDWS測試結果

Sequence Type	Accurate Rate
Day	96%
Tunnel	100%
Rainy	99%
Night	99%
Backlight	95%

表2 FCWS測試結果

Sequence Type	Accurate Rate
Day	94%
Cloudy	98%
Shadow	91%
Rainy	92%
Night	94%
Backlight	93%

表3 BSWS測試結果

Sequence Type	Accurate Rate
Afternoon City	100%
Afternoon Outskirt	100%
Night City	90%
Night Outskirt	96%
Nightfall Outskirt	98%

4. 結論

在本文中，我們開發了智慧行車輔助系統，其包含了車道偏離警告系統、前方碰撞預警系統、盲點警告系統與四通道行車紀錄器的功能，車道偏離警示系統可用來偵測道路線和分析車輛的行駛軌跡，而前方防碰撞警示系統與盲點偵測警示系統能夠準確地偵測前方與盲

點車輛，協助駕駛者保持安全的跟車距離與安全的切換車道，避免盲點車輛的追撞。本系統優點為使用單一畫面即可進行影像分析，故執行速度極快、穩定性高且記憶體使用量低，而本系統亦持續實車測試，就目前測試結果顯示皆可保持良好的準確度。除此之外，該平台的散熱設計、輸出輸入規格、平台尺寸與多通道全高清影像輸入等等，將更適合智慧行車輔助的應用，然而基於影像感測器的偵測辨識系統，其於各種環境和光照條件下是嚴苛的挑戰，如不同天氣條件下的快速道路、高速公路、開放道路、隧道進出口等等，為了加強智慧行車輔助系統對於各種環境的偵測辨識穩定度，該硬體平台設計亦支援開發整合多種異質感測器融合技術，發展更多元與穩定的輔助系統，以防止更多不同的事故隱患。

參考文獻

- [1] 國道高公局網站 [Online]. Available:// www.freeway.gov.tw/Publish.aspx?cnid=516&p=2849
- [2] Hyunggi Cho, Young-Woo Seo, B.V.K. Vijaya Kumar, and Rangunathan Rajkumar, "A Multi-Sensor Fusion System for Moving Object Detection and Tracking in Urban Driving Environments," IEEE Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 1836-1843, 2014.
- [3] Feihu Zhang, Daniel Clarke, and Alois Knoll, "Vehicle Detection Based on LiDAR and Camera Fusion," IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 1620-1625, 2014.
- [4] Patrick Y. Shinzato, Denis F. Wolf, and Christoph Stiller, "Road Terrain Detection: Avoiding Common Obstacle Detection Assumptions Using Sensor Fusion," IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, pp. 687-692, 2014.
- [5] 瑞薩半導體網站 [Online]. Available:// www.renesas.com/en-us/solutions/automotive

/products/rcar-h2.html

- [6] 瑞薩半導體網站 [Online]. Available://
www.renesas.com/zh-tw/solutions/automotive/products/rcar-h3.html
- [7] M.D. Enjat Munajat, Dwi H. Widyantoro, and Rinaldi Munir, "Road Detection System based on RGB Histogram Filterization and Boundary Classifier," IEEE Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), pp. 195-200, 2015.
- [8] Keyu Lu, Jian Li, Xiangjing An, and Hangen He, "A Hierarchical Approach for Road Detection," IEEE Conference on Robotics & Automation (ICRA), pp. 517-522, 2014.
- [9] Ritesh Kanjee, Asheer K. Bachoo, and Johnson Carroll, "A Three-Step Vehicle Detection Framework for Range Estimation Using a Single Camera," IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, pp. 442-448, 2015.
- [10] Guan-Yu Chen, Po-Chun Shen, Chao-Yi Cho, M. S. Vinay, and Jiun-In Guo, "A Forward Collision Avoidance System Adopting Multi-feature Vehicle Detection," IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp. 125-126, 2014.
- [11] Pasy Pyykonen, Ari Virtanen, and Arto Kyytinen, "Developing intelligent Blind Spot Detection system for Heavy Goods Vehicles," IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP), pp. 293-298, 2015.
- [12] Bing-Fei Wu, Hao-Yu Huang, Chao-Jung Chen, Ying-Han Chen, Chia-Wei Chang, and Yen-Lin Chen, "A Vision-Based Blind Spot Warning System for Daytime and Nighttime Driver Assistance," Computers and Electrical Engineering, Vol. 39, pp. 846-862, 2013.

作者簡介

孫義發



資通所/嵌入式系統與晶片技術組/嵌入式系統軟體部/工程師，於2000年取得國立交通大學統計所碩士。專長為驅動程式開發、通訊編碼演算法及嵌入式系統設計。

[E-mail: YFSun@itri.org.tw](mailto:YFSun@itri.org.tw)

蔡佩容



資通所/嵌入式系統與晶片技術組/系統整合與應用部/工程師，於2011年取得國立台灣科技大學電機所碩士。專長為系統架構規劃、硬體電路設計實現。

[E-mail: AnitaTsai@itri.org.tw](mailto:AnitaTsai@itri.org.tw)

陳澤民



資通所/嵌入式系統與晶片技術組/嵌入式系統軟體部/副經理，於2015年取得國立雲林科技大學工程科技研究所博士。專長為數位多媒體、電腦視覺、電腦繪圖、嵌入式軟體及系統整合。

[E-mail: ZMChen@itri.org.tw](mailto:ZMChen@itri.org.tw)

李明華



資通所/嵌入式系統與晶片技術組/嵌入式系統軟體部/經理，畢業於逢甲大學自動控制工程碩士(1990)。專長為嵌入式系統軟體設計、Linux Kernel及驅動程式開發。

[E-mail: liminhwa@itri.org.tw](mailto:liminhwa@itri.org.tw)