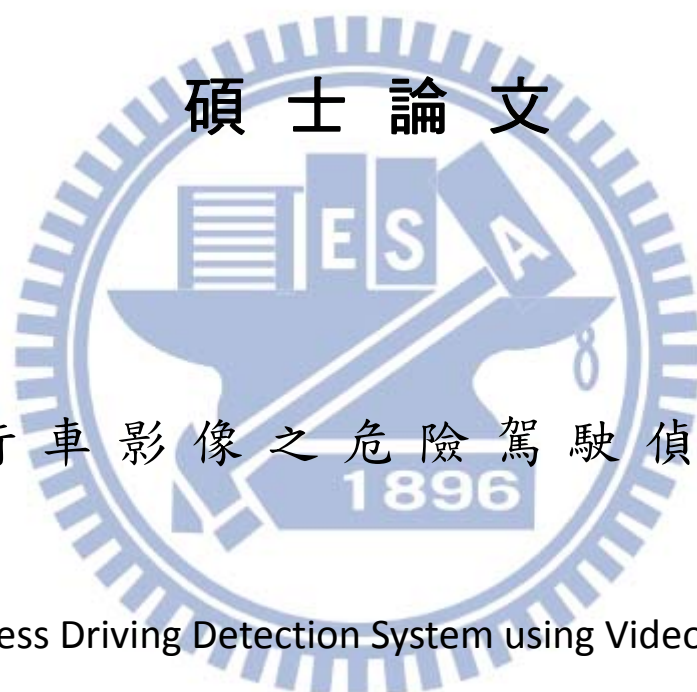


國立交通大學

資訊科學與工程研究所



基於行車影像之危險駕駛偵測系統

Reckless Driving Detection System using Video Sensor

研究生：戴瑋劭

指導教授：簡榮宏 教授

中華民國 102 年 8 月

基於行車影像之危險駕駛偵測系統

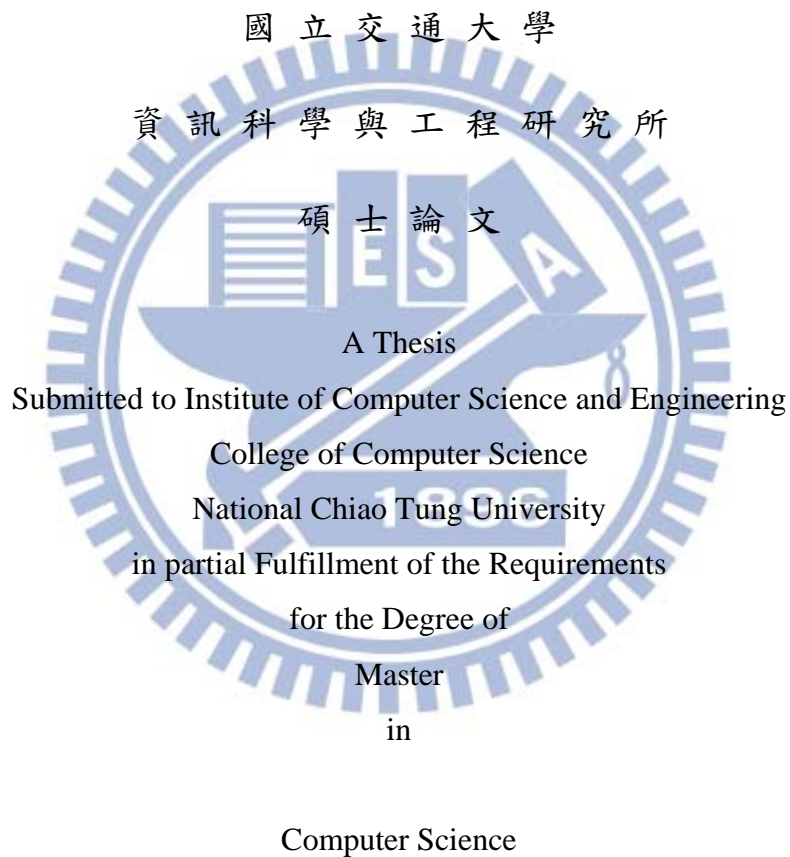
Reckless Driving Detection System using Video Sensor

研究生：戴瑋劭

Student : Wei-Shao Tai

指導教授：簡榮宏

Advisor : Rong-Hong Jan



July 2013

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 102 年 8 月

基於行車影像之危險駕駛偵測系統

研究生：戴瑋劭

指導教授：簡榮宏 博士

國立交通大學 資訊科學與工程研究所

摘要

隨著無線通訊網路技術的進步，加上電子元件價格漸漸的下降以及行車安全問題越來越受重視，各國對智慧型交通運輸系統(Intelligent Transport Systems, ITS)的研究[1-5]。ITS 利用先進的電子、通信、資訊與感測等技術，以整合人、路、車的管理策略，其主要的目地為提供即時(real-time)的資訊，使有限運輸資源發揮最大效用的系統，並增進運輸系統的安全、效率及舒適性，同時也減少交通對環境的衝擊。

本篇論文對目前發展快速的智慧型影像裝置(如行車紀錄器或具有影像擷取功能的智慧型手機)，收集視訊資料，經過影像辨識處理過的各項行車特徵資料(如車道分隔線、車輛種類、車輛速度與車間距離等)。進而開發一套危險駕駛偵測系統。

Reckless Driving Detection System using Video Sensor

Student: Wei-Shao Tai Advisor: Rong-Hong Jan

Institute of Computer Science and Engineering
National Chiao Tung University

Abstract

Due to the advances on wireless technologies and the dramatic cost down on electronic components, the development of Intelligent Transportation System (ITS) has drawn intensive attention in recent years.

ITS applies advanced technologies, such as electronic, communication and sensing technologies, to achieve a safe, efficient, and comfort transportation system. It can also reduce the traffic accidents.

In this thesis, we apply an on-board video device (e.g., driving recorder or smart phone with video component) to collect the traffic information. Then, by pattern recognition techniques, we extract the useful road and traffic features (e.g. Barrier line, vehicle type, vehicle speed and vehicle distance) to develop a Reckless Driving Detection System. The performance evaluation is also given to show the effectiveness of the proposed system.

誌謝

在此我要特別感謝指導教授簡榮宏博士，在我的研究生涯中給予關切的指導。不論是在課業、研究、計畫以及生涯規劃上老師都給予了不少的引導與關懷。並且在進行學術研究的過程中提出了不少建議，得以在多次的方法設計與實驗中完成我的碩士研究。同時，學生也很感謝口試委員交通大學資訊學院王國禎教授、陳健教授以及工研院資通所鄭安凱博士對本碩士論文不吝給予指正與建議，使本論文更臻完善。並感謝安凱學長與我不斷的討論改進方法，致使我的碩士研究能夠更加完善與完整。

在兩年的研究生活中，感謝計算機網路實驗室的學長姐、同學以及學弟們，在課業與生活上的共同努力、互助與關懷，使我獲益良多。也感謝家人與朋友所付出的關懷與鼓勵，使我能夠堅持完成研究。在此特別將本文獻給我女友宜靜，沒有她我沒辦法完成這篇論文。

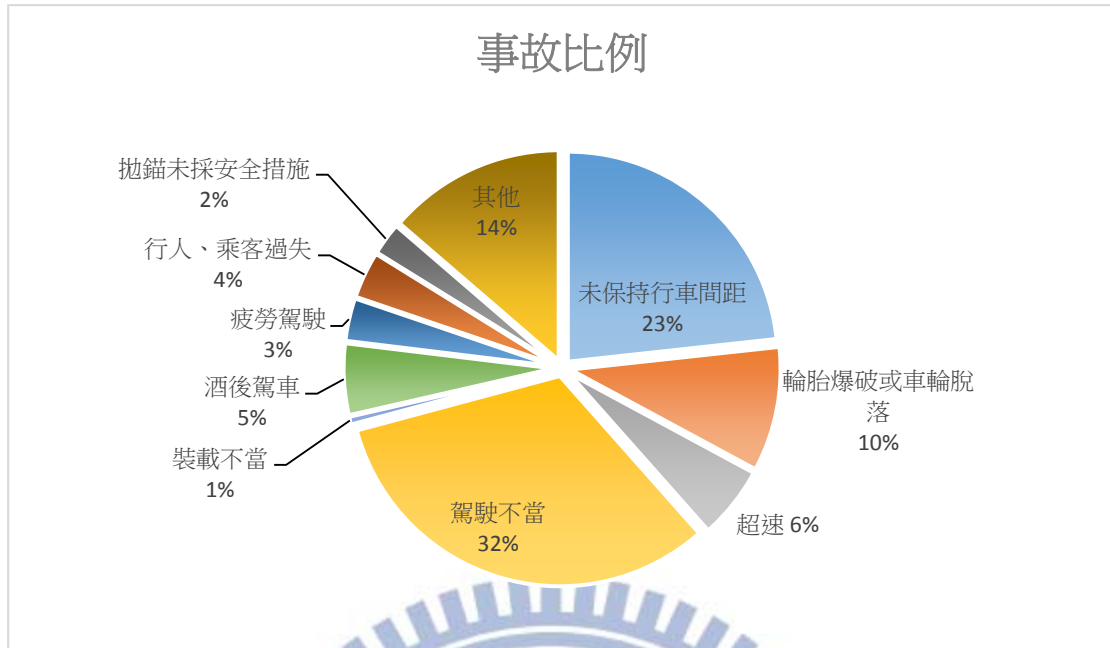
目錄

第一章、	序論	1
1-1	研究動機.....	1
1-2	系統架構.....	3
1-3	論文結構.....	4
第二章、	相關研究	5
2-1	行車影像辨識研究文獻回顧.....	5
2-2	車輛警示系統研究文獻回顧.....	8
第三章、	危險駕駛偵測系統	10
3-1	行車記錄器影像辨識.....	12
3-1-1	車道辨識.....	12
3-1-2	辨識區域繪製.....	13
3-1-3	車輛辨識.....	14
3-1-4	車速計算.....	16
3-1-5	車距計算.....	17
3-2	危險駕駛行為辨識系系統.....	19
3-2-1	車輛超速辨識.....	19
3-2-2	未保持安全車距偵測.....	21
3-2-3	任意變換車道.....	22
第四章、	實驗結果與討論	24
4-1	實驗環境.....	24
4-2	實驗結果.....	25
4-2-1	未保持安全車距偵測.....	25
4-2-2	超速偵測.....	29
4-2-3	車速計算.....	33
4-3	結果分析.....	34
4-3-1	實驗結果.....	34
4-3-2	結果分析.....	35
第五章、	結論與未來展望	36
5-1	結論.....	36
5-2	未來展望.....	36
第六章、	參考文獻	37

第一章、序論

1-1 研究動機

根據國道高公局:100年國道事故檢討分析報告[6]中指出，國道公路事故主要肇事原因第一位為「駕駛不當」(包括變換車道不當及未注意車前狀態)佔32.4%，第二位為「未保持行車安全間距」佔23.3%，第三位為「輪胎爆胎」佔9.6%而第四位「超速」佔5.6%，以上四項佔總肇事原因的七成以上(如圖一所示)，而根據美國國家公路交通安全管理局（National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA）的事故數據也顯示[7]，追撞事故占28%為最大比率，其次是偏離車道佔23%，第三位變換車道造成的碰撞有9%。因此，駕駛人行駛於高速公路路段時，除了專注於自身駕駛的行車安全外，還必須掌握行駛中的各項交通環境，才能有效的避免交通事故發生。因此各類型的駕駛輔助系統因應而生，藉由駕駛輔助系統在緊急狀況時能夠適時的提供警示與輔助功能，達到降低交通事故發生率。本年度的研究分成兩大項:(A)行車記錄器影像收集與分析(包含前方車輛車速，位置，車道線與車間距等)與(B)開發危險駕駛車輛偵測系統。



圖一. 歷年肇事原因分析圖

A. 行車記錄器影像收集與分析

由於近年來行車紀錄器逐漸的普及，但行車紀錄器收集到的路況資訊卻沒有被有效的應用，若能在行車紀錄器加入影像辨識系統，則可有效的辨識出前方車輛的相關資訊(車輛總類、車速以及車間距)。在本年度的研究中，我們透過行車記錄器所錄製的影像，分別辨識出行進中車輛所在的車道線架構(Lane Detection)[8]與前方車輛(Vehicle Detection)[9]。經由車輛辨識給予車輛編號後，即可持續計算車輛的車速及車間距做進一步的應用。

B. 危險駕駛行為偵測系統

目前的行車警示輔助系統，大多屬於被動式提供資訊，藉由警示訊號或輔助影像來提供駕駛人所在的行車環境。而本系統為主動式偵測系統，藉由精確的影像辨識結果分析周遭車輛行為，根據危險駕駛特徵(如超速、惡意逼車、未

保持安全車距或任意變換車道等)偵測危險駕駛車輛，除了即時警示駕駛人周遭有危險駕駛車輛，並將該危險駕駛車輛相關資訊上傳至雲端平臺回報並儲存處理，可提供其他駕駛人更安全的道路行駛環境。

1-2 系統架構

本系統是利用行車紀錄器所錄製的行車影像，即時性的偵測前方車輛的危險駕駛行為。因此為了達到即時性的反應時間，首先利用影像處理先將三維度的彩色影像轉為灰階與二值化影像降低計算量，接著根據各類型影像辨識演算法分析出車道線、前方車輛位置以及車速等資訊。

取得前方車輛資訊後，將會對每輛車給予唯一的編號做持續的追蹤，並將該車輛資訊顯示於行車畫面左上方，以提供駕駛人相關的安全資訊

經過行車影像的偵測與追蹤後，我們已可以精確的知道前方車輛的駕駛資訊，藉由危險駕駛包含:未保持安全車距、車速與任意變換車道等三項特徵分析每台追蹤的車輛駕駛行為。

對於未保持車距部分，安全車距主要是根據自身車輛目前所行駛之車速搭配公路法所定出，當前方車輛發生緊急煞車或惡意逼車等未保持安全車距行為。

對於超速部分，當系統追蹤到前方車輛後，將會立即計算該車輛車速，當車速大於所在道路的車速限制時，即表示車輛發生超速事件。

對於任意變換車道部分，當行車紀錄器辨識到前方車輛後，會給予該輛車一個編號，並追蹤該輛車所行駛的車道。當車輛切換車道後會更新其所在的車道位置，藉此計算該車輛切換車道之頻率，當切換頻率超過某一門檻值時，即表示該車輛有蛇行危險駕駛的可能。

藉由以上三項危險駕駛行為分析後，我們可以偵測出前方車輛是否發生危險駕駛行為，因此駕駛者前方的每台車輛皆會有一個狀態向量(State vector)，根據

狀態向量分析車輛是否符合危險駕駛條件。當危險駕駛條件成立時，系統將會立即發出警示訊號提醒駕駛者，並且標示該危險車輛的車速所在車道以及車距。

1-3 論文結構

本論文的組織架構如下所示：

第二章主要是介紹適用於即時性的行車影像所使用的辨識偵測演算法，相關文獻並討論他們的做法與優缺點和目前常見的行車輔助、警示系統。

第三章主要是論述本系統危險駕駛偵測系統的方法與流程，首先會介紹我們用來辨識行車影像的各項演算法，包含：車道辨識、車輛辨識、車距計算與車速計算演算法。根據辨識結果定義出三項危險駕駛行為，分別為：未保持安全車距、超速與任意變換車道等。根據即時的影像辨識資訊，我們可以將危險駕駛行為快速、準確地偵測出。

第四章主要是討論實驗的結果和分析系統效能。

第五章主要是本篇論文的結論與未來本篇論文所提出的偵測系統結合 VANET/3G 網路以無線傳輸方式將經過系統偵測出的危險駕駛車輛相關資訊，上傳至雲端平台儲存回報處理。

第二章、 相關研究

本研究含兩大類型『行車影像辨識』與『車輛警示系統』，以下針對這兩大類相關參考文獻加以介紹。有關行車影像辨識的部分將介紹目前對於即時性的車輛影像辨識相關的研究，而在車輛警示系統中將會分析各類型的行車警示系統及其搭配的感測裝置。

2-1 行車影像辨識研究文獻回顧

在行車影像辨識(Driving Detection)相關的研究中，主要辨識的項目可歸納為下列四大類：

1. 車道辨識(Lane Detection): 車道辨識為駕駛影像辨識中最基本的項目。藉由所截取到的道路影像，經過色彩空間轉換，再利用霍氏轉換(Hough Transform) [10]偵測到道路邊緣，並根據車道邊緣追蹤車道，即可辨識並建立出目前行車環境的車道架構。這類型的研究中，大多集中在探討有了車道邊緣線後，如何去建立出車道線。相關的演算法主要可分為三類：

- 第一類為車道特徵匹配(Lane feature-based matching)，主要是利用車道線特徵(如車道顏色、邊緣變化大、方向性與線段斜率等)來擷取車道位置，此方法主要優點為能夠快速偵測到車道線位置，但缺點是影像中車道線的結構特徵必須完整才易辨識，否則容易造成辨識誤差[11-12]。
- 第二類為利用可變車道模型(Deformable lane model)來辨識車道，此方法是於影像中尋找車道控制點(Lane control point)，利用控制點的變化量來

建立出車道模型，此方法的可隨著車道彎曲的變化量建立彎曲車道模型，但缺點為若車道的變化量過大則繪製車道模型不易，且易受到車輛影響擷取錯誤控制點[12-14]。

- 第三類為基於車道模型的辨識方法(Lane model-based detection)，此方法根據車道彎曲度、長度以及斜率建立各類模型參數，再對應至影像中建立車道線。其優點在於不容易受到前方車輛或是遮蔽物影響，但缺點是若車道為多彎道車道或複雜車道則不易偵測並建立車道模型[15-20]。

2. 車輛辨識(Vehicle Detection):目前大多數的車輛辨識都只辨識所屬同車道的車輛，而辨識出的車輛大多利用於防碰撞警示與計算車距。有關車輛辨識與追蹤演算法可分為下列三類:

- 第一類是基於車輛特徵匹配(Vehicle feature-based matching)，車輛在於影像中都通常都有強烈的邊緣變化量以及明顯的特徵(如車燈、車牌與車底陰影)，利用此特徵進行辨識。此方法的好處在於計算量少，可快速偵測到車輛特徵。但缺點在於容易受到其他相似物體影響如前方障礙物、交通號誌與隧道山洞。相關的文獻如[21-24]。
- 第二類是使用模板匹配(Template matching)方式來辨識車輛，此方法必須於資料庫中建立各類型車輛影像模組，將影像中出現的物體，利用模組資訊進行匹配與辨識。此方法的優點為準確度高，若物體匹配成功則可以確定此物體為車輛，但缺點是若為高解析度影像則必須花大量時間進行匹配計算[25-27]。
- 第三類型是使用均值位移追蹤法(mean shift tracking)辨識並追蹤車輛，此

方首先先定義核心模組(Kernel model)來表示車輛，利用車輛每一特徵點的位移變化量，運用疊代方式不斷更新車輛位置，直到車輛位置不再變化為止。此方法若物體移動量不大則能快速追蹤到物體，適用於固定式的攝影裝置用於辨識追蹤車輛，若用於移動式車輛上的影像擷取，則較不適用於此法[27-33]。

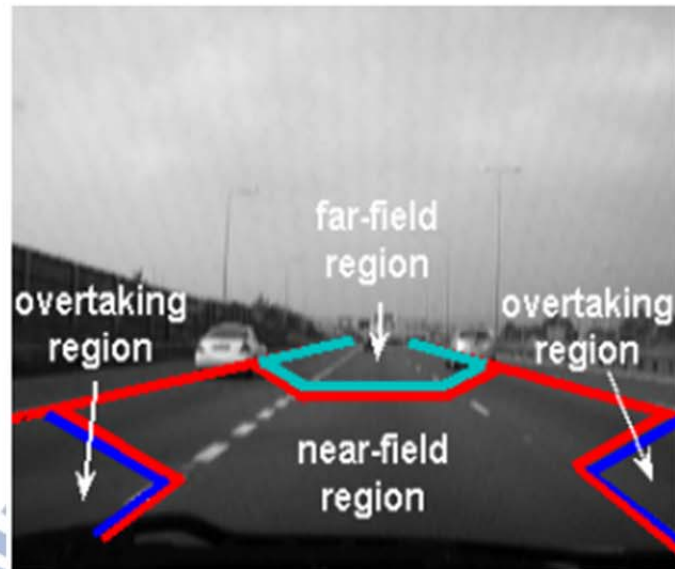
3. 車距計算(Vehicle Distance Measure):車距計算主要是先藉由影像中車輛特徵或車體大小辨識出前方車輛，再計算出前方車輛與自身車輛的實際車距，以下可分為兩類計算方法[34]

➤ 第一類基於寬度的車距預測(Width-based Distance estimation)利用影像中車輛寬度與實際車輛寬度對應比例計算出前方車輛實際車距，此方法的好處不易被雜訊影響只要知道前方車寬，即可精確計算出車距，但缺點為由於同類型車種(如小轎車)的車寬因廠牌不同也有所差異，容易造成計算誤差[34]。

➤ 第二類基於位置的車距預測(Position-based Distance estimation)根據架設於車輛的行車紀錄器高度與角度，將三維實際行車畫面轉至二維影像中，根據辨識出車輛特徵點後，計算影像底部至車輛特徵點的像素量，藉此計算出前方車輛之車距。此方法的優點在於無須知道物體大小即可計算前方物體距離，但缺點為容易被雜訊影響[34]。

4. 辨識區域繪製(Region of Interest):車輛警示系統通常要求高即時性的反應，所以在行車影像辨識中，不僅是將影像經過色彩空間轉換(轉灰階與二值化)來減少計算量。更進一步是我們將處理的焦點放在有興趣的區域，藉此降低計算量。如圖二[35]所繪製的辨識區塊(如超車區塊(Overtaking region)，前方

區塊(near-field region)與遠方區塊(far-field region))即為所謂的有興趣區塊，我們只分析區塊內的前方車輛狀態與位置[35]。



圖二 辨識區域繪製[35]

2-2 車輛警示系統研究文獻回顧

目前常見的行車輔助警示系統可以分為下列四類，系統所對應之應用如表一 [36]。

1. 前方輔助:利用架設於車輛前方的行車紀錄器或是攝影機，辨識車輛前方的道路環境。若出現可能影響駕駛人行車安全的障礙物(如車輛、障礙物及行人等)，則即時通知駕駛者；目前多數的駕駛輔助系統包含:車道偏移警示、前方碰撞警示與行人偵測警示等。
2. 側方與全周輔助:藉由架設於車輛四周的行車紀錄器或攝影機，偵測與辨識

車輛所行駛的四周環境，通常用於擴大駕駛視野，避免發生駕駛盲點；現行車輛側方與全周輔助系統包含：盲點偵測警示、後方障礙物偵測警示與全周影像輔助系統等。

3. 停車輔助:根據裝置於車輛後方的行車紀錄器或雷達角度感測器，擷取與感測駕駛後方環境距離，協助駕駛人進行停車動作。
4. 車內監視:藉由安裝於車內的攝影機與駕駛人行為辨識模組，根據駕駛人的行為模式進行分析，例如辨識駕駛人的駕駛行為、疲勞與分心駕駛警示。

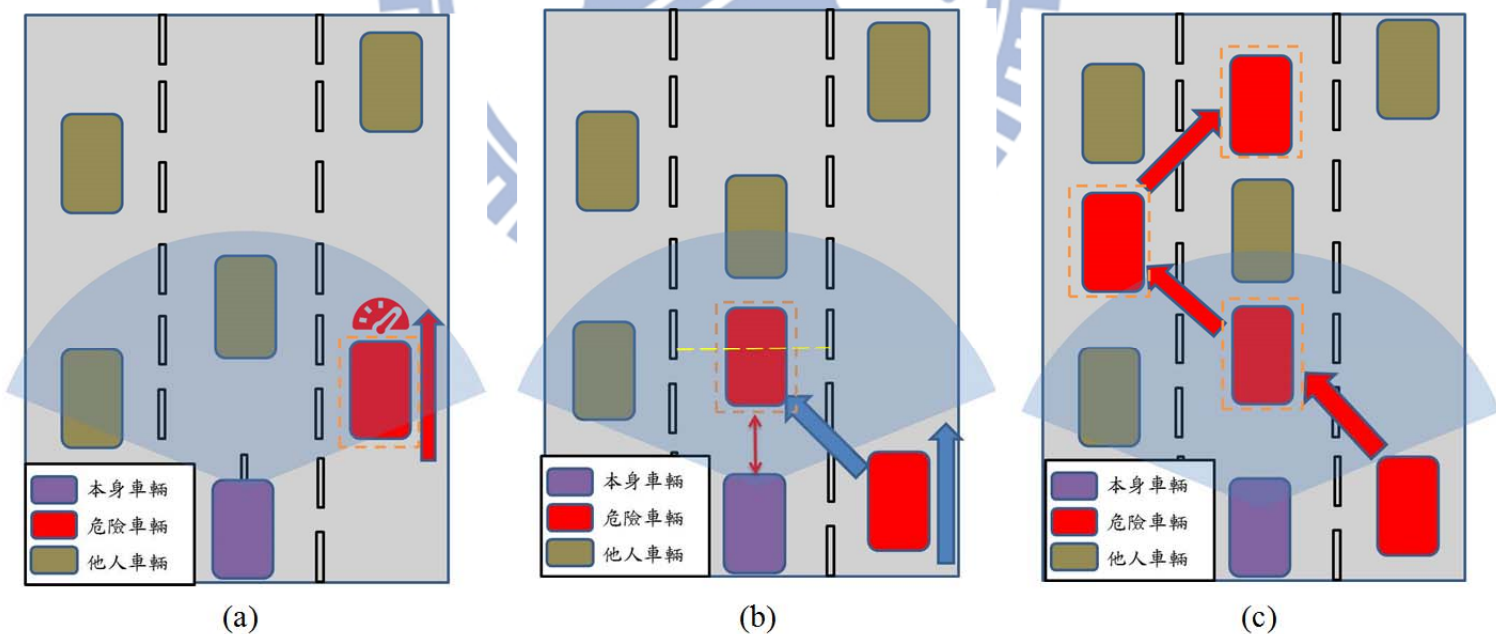
表1. 車用影像輔助系統[36]

應用範圍	技術
前方輔助	車道偏移警示
	前方碰撞警示
	行人偵測警示
	交通號誌辨識
	智慧車燈
	立體視覺道路環境偵測
側方與全周輔助	盲點偵測警示
	後方障礙物偵測警示
停車輔助	停車輔助
車內監視	疲勞與不專心駕駛輔助

第三章、危險駕駛偵測系統

以下就針對本論文所實施的方法與成果加以說明，分為兩大項目：收集前方行車特徵資料的『行車影像辨識』與分析前方車輛駕駛行為的『危險駕駛行為車輛警示系統』。

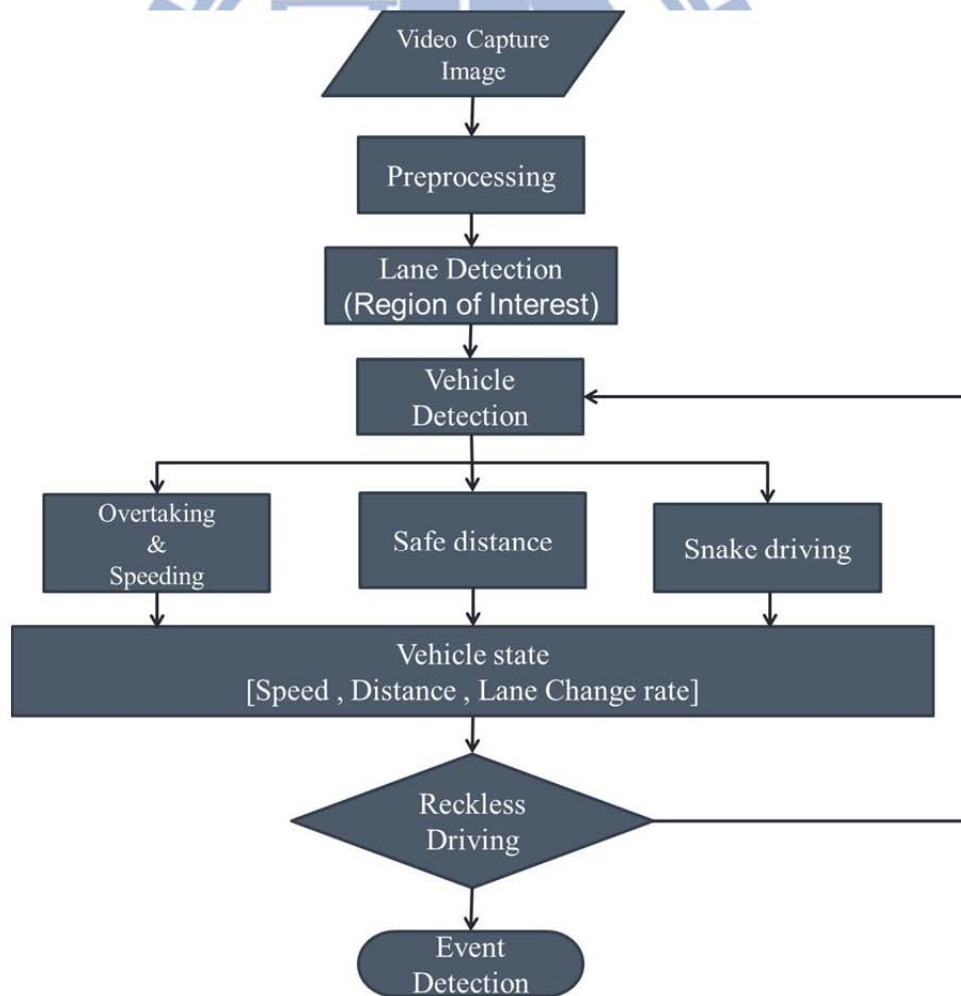
一般而言高速公路常為車禍發生地點，主要原因為行駛於高速公路的車輛通常車速較快，加上長時間駕駛反應時間變慢，造成交通事故。如圖三為例，當自身車輛行駛於高速公路時結合影像感測(扇形範圍)可辨識出車道線、前方車輛的車速與車距根據這些道路資訊，即可分析前方車輛的駕駛行為，若出現如紅色車輛的危險駕駛行為：(a).超速 (b).未保持安全車距 (c).任意變換車道(蛇行)，即定義該車輛為危險駕駛車輛，立即提供駕駛人警示訊息並且將該危險駕駛車輛上傳回報，提供其他用路人更安全的交通環境。



圖三. 危險駕駛行為偵測 (a).超速 (b).未保持安全車距 (c).任意變換車道

危險駕駛車輛偵測所使用到的技術分為兩大類：影像辨識處理與危險駕駛行為事件分析，其中影像辨識處理包含三項主要步驟：車道辨識、車體車型辨識與車距車速計算；而危險駕駛行為事件分析則可以分為三大項目：影像感測辨識、危險駕駛偵測與辨識與 GPS 行車資訊。

危險駕駛車輛偵測流程圖(如圖四)，當行車記錄器或裝置於車內的智慧型手持裝置取得駕駛前方的道路影像後，將會進行影像處理(Preprocessing)同時偵測車道線(Lane Detection)繪製出辨識區域，接著對於每台車輛進行「危險駕駛辨識」，前方車輛危險駕駛成立主要依據三項條件：超車超速、前車未保持安全車距與蛇行。因此駕駛者前方的每台車輛皆會有一個狀態向量(State vector)，根據狀態向量分析車輛是否符合危險駕駛條件。



圖四. 危險駕駛車輛偵測流程圖

3-1 行車記錄器影像辨識

圖五為行車所截取的影像，我們將利用這影像為例子來說明所開發的系統如何進行車道辨識、車輛辨識、車速辨識，車距計算與辨識區域繪製等。



圖五. 行車紀錄器擷取影像

3-1-1 車道辨識

在本系統主要使用霍夫線轉換(Hough Line Transform)[15]做車道辨識，霍夫線轉換是一種在圖像中尋找直線或圓的簡單方法。首先對輸入的影像(圖五)從三維度(RGB)的彩色影像轉為灰階圖(圖六)，接著將灰階圖(圖六)轉成二值圖並做邊緣檢測(圖七)，最後進行霍夫線轉換取得車道線資訊。

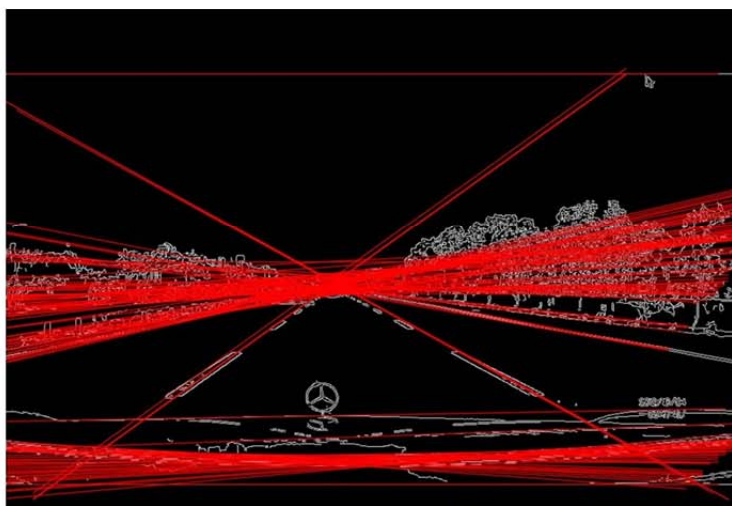


圖六. 灰階處理

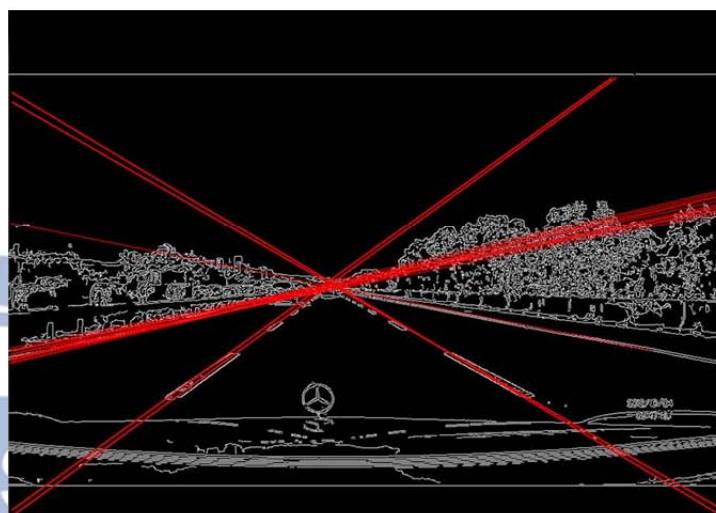


圖七. 邊緣檢測

使用霍夫線轉換的好處在於執行速度快能夠即時處理行車影像，但此方法容易受到雜訊影響造成錯誤辨識錯誤(如圖八)，所以在本系統中對於車道辨識部分加入了斜率的條件，藉由設定四組的車道斜率(左外車道、左車道、右車道與右外車道)門檻值來判斷所找到的直線特徵是否為車道線(圖九)。



圖八. 霍夫線轉換偵測車道線

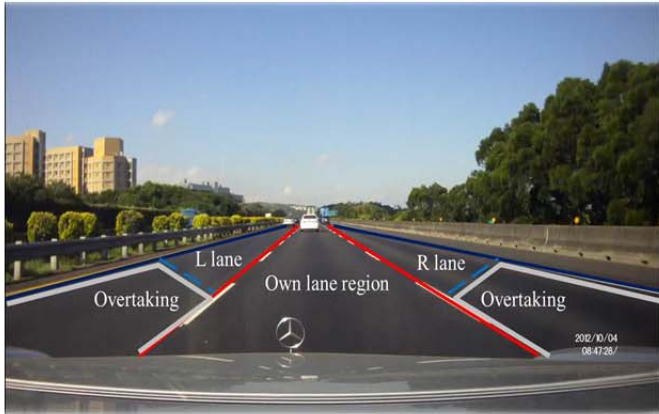


圖九. 車道線斜率特徵

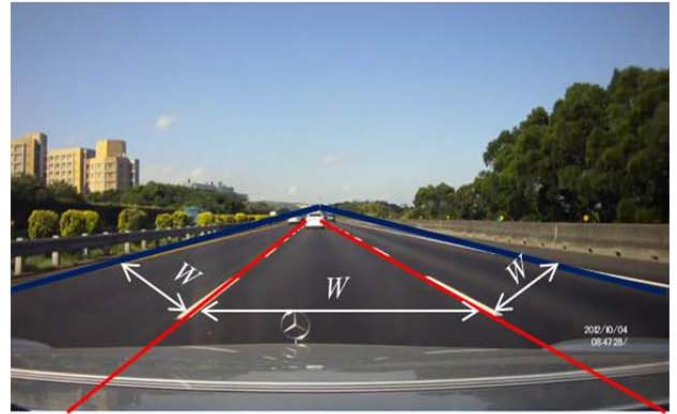
以往的车道辨識系統只辨識所在車道的兩條車道線，而本系統除了偵測所在車道的兩條車道線外，增加左外側車道線與右外側車道線的辨識，也就是說本系統可辨識四條車道線(三個車道)。

3-1-2 辨識區域繪製

本系統為了有效的提高系統效能達到高即時性的反應時間，我們根據車道辨識繪製出辨識區域(Region of Interest)。藉由系統中四條車道線的辨識結果(圖十)，將所擷取到的影像根據車道線分割出左車道(Left lane region)、右車道(Right lane region)、超車區塊(Overtaking region)與所在車道(Own lane region)，將藉由所繪製的區塊來分析前方車輛狀態與位置(如圖十一)。



圖十. 車道辨識結果



圖十一. 辨識區域繪製

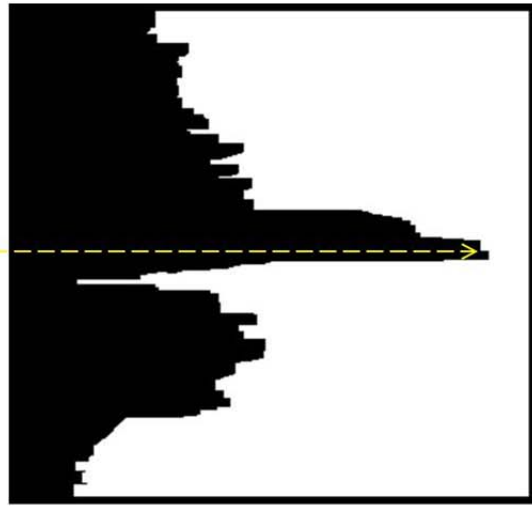
3-1-3 車輛辨識

本系統中所使用的車輛辨識演算法為：基於車輛特徵匹配的演算法(Vehicle feature-based matching)。根據影像中的強烈邊緣變化與車輛特徵，辨識前方移動的物體是否為車輛，此方法的計算複雜度小但卻容易受到影像中其他物體影響造成辨識的誤差。我們分析行車影像中前方車輛與障礙物、號誌或山洞隧道主要的差別有三點：1. 車輛底下陰影2.車輛的水平與垂直變化量 3.車輛左右對稱特性。利用這三項差異來提升車量辨識的精確度。

在本系統車輛追蹤，首先使用車輛底邊的陰影特性來擷取前方車輛大約的位置，由於白天車輛行駛於路面時(如圖十二)，車輛底邊的陰影灰階值會有強烈的變化，若畫條垂直線通過該車輛(如圖十三中紅線)，此垂直線上的灰階值變化量如圖十二所示，觀察圖十一車輛陰影的灰階值有強烈的變化，我們將此特性視為車輛的特徵點，因此我們掃描整張畫面的垂直線段來尋找所有可能的車輛特徵點。

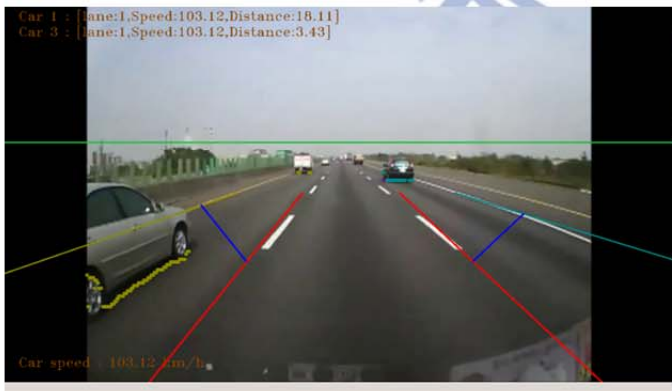


圖十二. 車底陰影

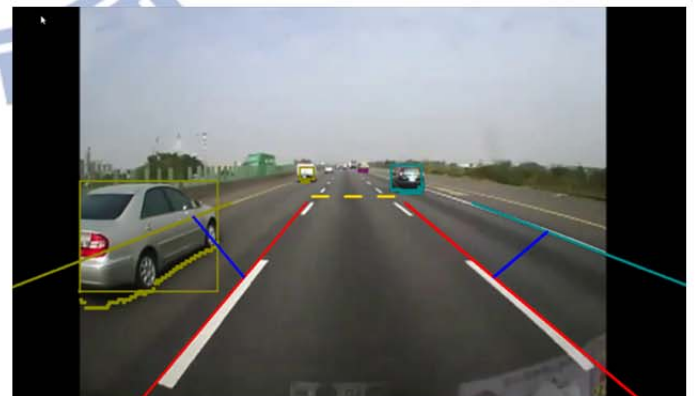


圖十三. 垂直變化量

將整張畫面的特徵點都建立後，若持續出現的特徵數量高於一定的門檻值時，我們將這些連續的特徵點視為候選車輛(如圖十四)。接著對於候選車輛進行水平分量掃描與車輛對稱性兩項特徵分析，藉由分析候選車輛的每條水平線是否有相同的強烈變化量，再用候選車輛上方區塊內影像做對稱性分析，檢查是否符合車輛的對稱特徵。當兩項特徵都符合時則確認該候選車輛即為車輛(如圖十五)。



圖十四. 連續車輛特徵點



圖十五. 車輛辨識

3-1-4 車速計算

一般行車時車速可由車輛的車速表獲得，也可利用車上行車導航系統 (Global Positioning System, GPS) 來獲取車速，但藉由 GPS 所取得的車速通常會略低於車速表中的車速，主要是由於 GPS 是以衛星測的移動直線距離，再由導航機計算出速度，因此會造成些微誤差。本系統提出另一種獲取車速的方法，即藉由行車紀錄器的影像來計算出車輛目前的速度。

一般而言物體本身的移動速度可藉由其他固定的參考物體於連續影像中出現的移動量來計算。而利用行車影像計算車輛本身的車速時，主要的挑戰在於如何從行進中的畫面來尋找可利用的固定參考物體。本系統使用車道線做為參考物體，藉由連續影像中車道線的移動量來計算本身車輛當時的車速。

本系統是以每秒25個幀(Frame)為處理單位，因此每個幀的間隔秒數為1/25秒，藉由前一個幀所辨識到的車道線與後一個幀所辨識到的車道線間距，即可算出目前駕駛人行車車速(如式(1))。

$$S = ((d1 - d2)/0.04) * 3.6 \quad (1)$$

其中

S：駕駛人車速(km/h)

d1：幀1的車道線邊點 p 到車身距離(m)

d2：幀2的車道線邊點 p 到車身距離(m)

以圖十六、十七為例，若圖十六為幀1所擷取到的車道位置距離為8m，圖十七為幀2所擷取到的車道位置距離為6.8m，由上述公式即可推算出駕駛人目前車速為108 km/hr。



圖十六. 幀1車道位置



圖十七. 幀2車道位置

3-1-5 車距計算

車距計算主要是藉由偵測到的車輛特徵或車體，計算出前方車輛與自身車輛的實際車距，計算方法可分為：基於寬度的車距預測(Width-based Distance estimation)與基於位置的車距預測(Position-based Distance estimation)兩類。由於位置車距預測法必須先取得行車紀錄器所架設的高度與角度在設定上較為複雜，因此本系統使用基於寬度的車距預測法。

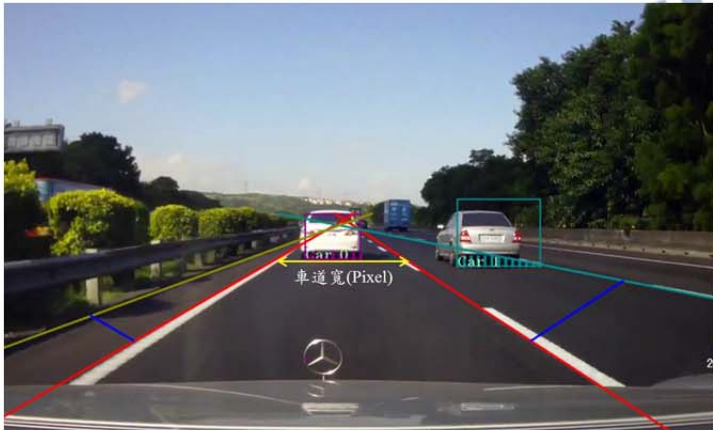
一般所使用的寬度車距預測是利用影像中車輛寬度與實際車輛寬度的對應比例，來計算出與前方車輛的實際車距。但由於同類型車種(如小轎車)的車寬因廠牌不同也有所差異，容易造成計算誤差，因此在本計畫中所使用的參考寬度為車道寬度，利用影像中前方車輛所在的車道寬度 w (已像數點(pixel)為單位)與實際道路的車道寬度 W 的對應比例，根據此對應比例(如圖十九)可計算出前方車輛車距 D (如式(2))。

$$W:D \cong w:f \quad (2)$$

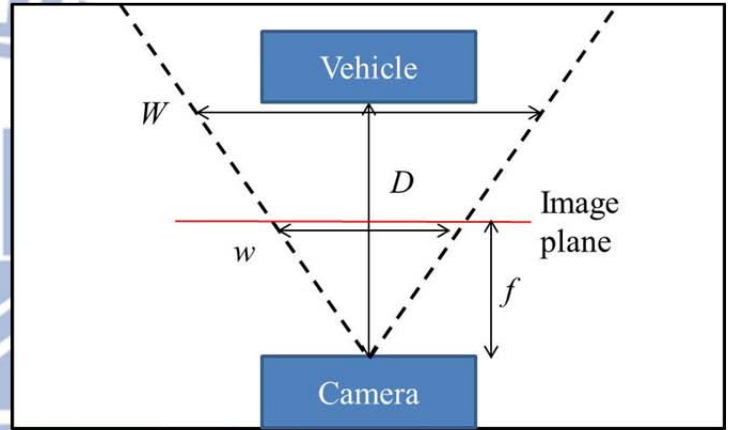
其中 f 為行車紀錄器焦距，因此前方車輛車距 D 可表為下列式子

$$D \cong \frac{f \times W}{w} \quad (3)$$

以圖十八為例，若前方車輛所在車道寬為220(pixel)，實際車道寬為3.65m，行車紀錄器焦距為10mm，即可計算出前方車輛車距 $D = \frac{10(mm) \times 3.65(m)}{220} = 16.5$ 公尺。



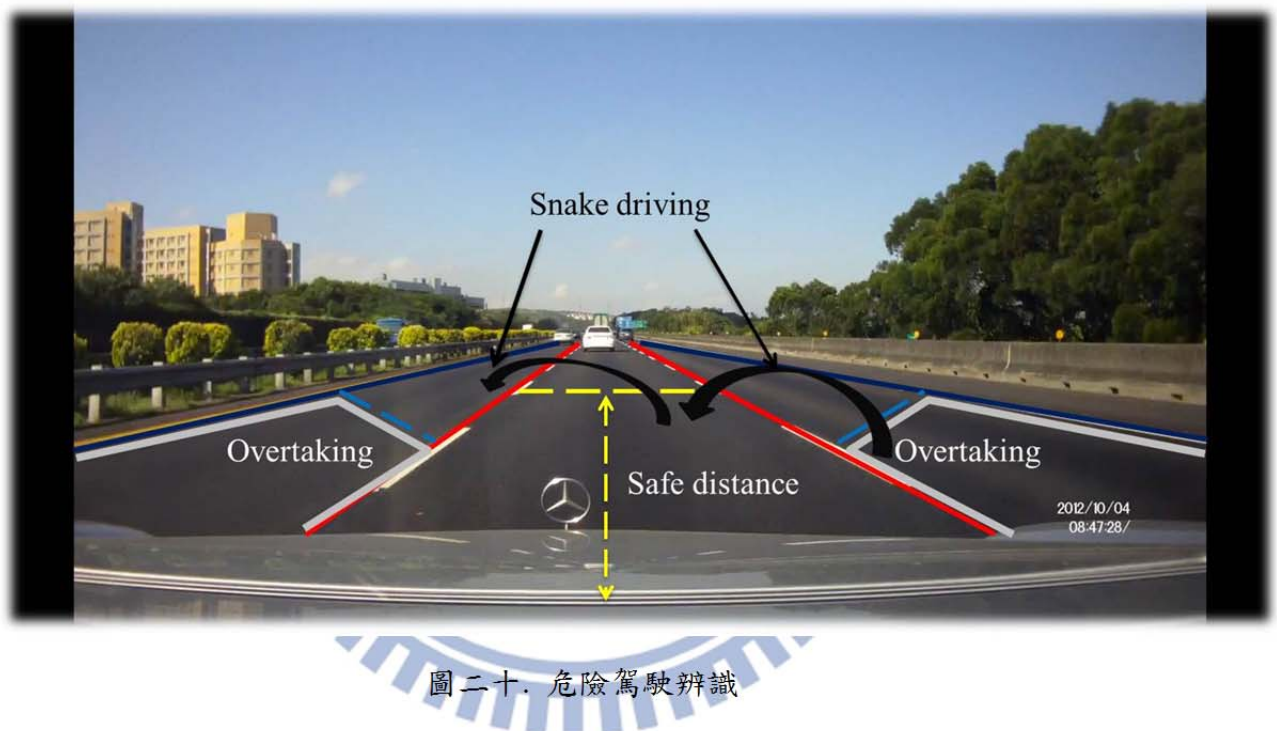
圖十八. 前方車距計算



圖十九. 計算比例圖

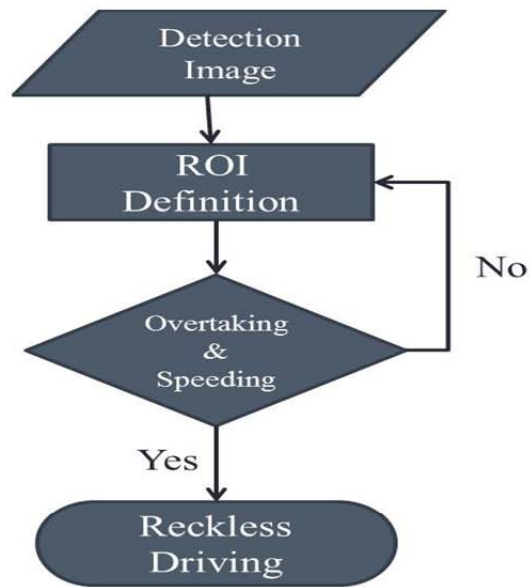
3-2 危險駕駛行為辨識系統

當行車紀錄器辨識到前方車輛後，將會給予每台車輛唯一的編號、計算其車距與車速，並且持續追蹤這些車輛，直到車輛離開影像辨識區域為止。除此之外系統將對前方所追蹤的車輛進行危險駕駛行為偵測，偵測內容分為三個主要分析項目：超速、前方車輛未保持安全車距與蛇行(如圖二十)。



3-2-1 車輛超速辨識

車輛超速辨識為當系統辨識到前方車輛時，首先會先根據 ROI(Region of Interest)區域定義該車輛所在的車道位置並且計算車輛車速，並且藉由超車區塊(Overtaking region)辨識是否有車輛正在進行超車或自身車輛正在超越其他車輛。整體流程如圖二十一。

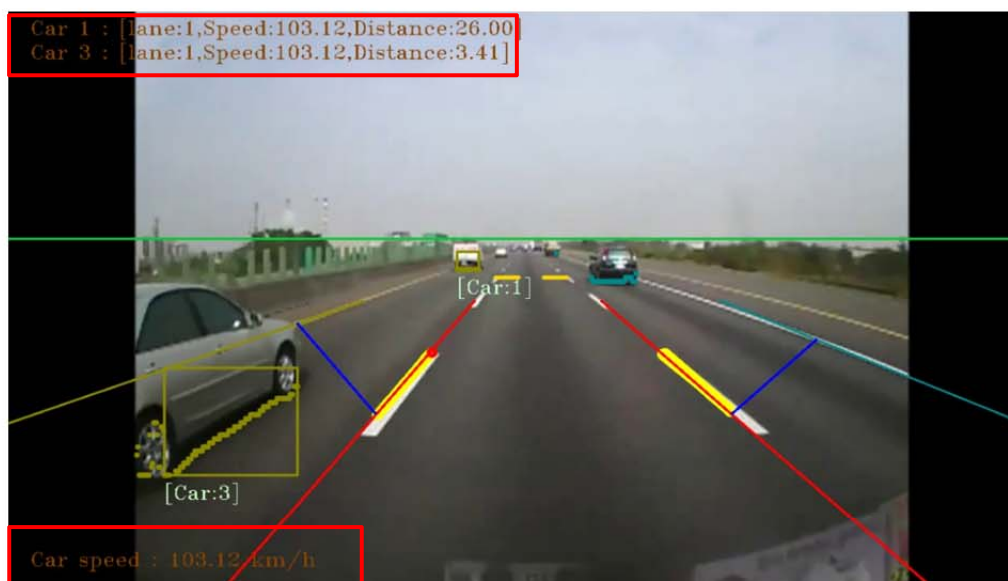


圖二十一. 超車超速流程

所追蹤車輛的車速 S_f (km/h)的計算，須先估計該車輛在連續兩個幀中的移動量，在依式子(3)來計算。

$$S_f = S_o + \left(\frac{d}{0.04}\right) * 3.6 \quad (3)$$

其中 S_o (km/h)為自身車速。將計算出的車輛車速 S_f 顯示在行車紀錄器螢幕的左上方(如圖二十二)。當前方車輛車速 S_f 大於所在道路的車速限制時，即表示前方車輛發生超速事件。



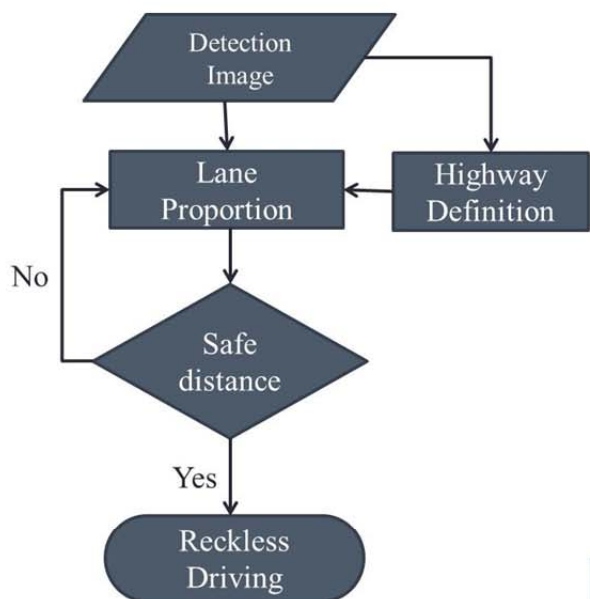
圖二十二. 前方車輛車速資訊

3-2-2 未保持安全車距偵測

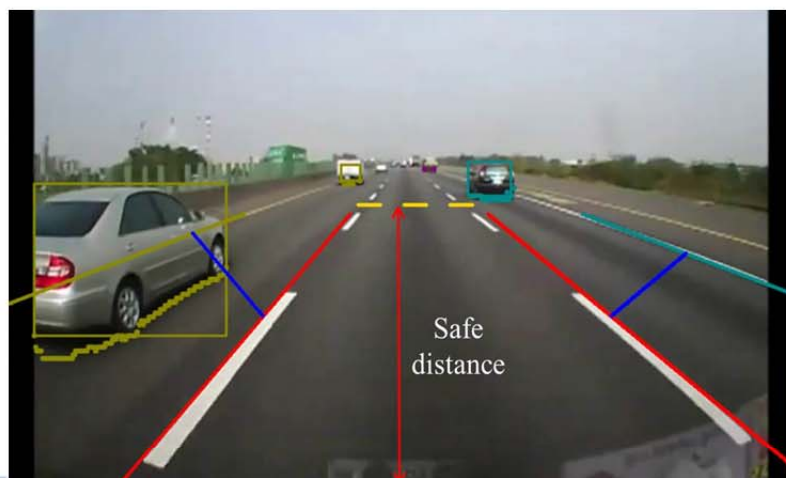
行車時所保持的安全車距是為了讓駕駛者有足夠的時間來應變突發狀況。因此本系統中將會根據自身車速，於影像中即時規劃出所需保持的安全車距，系統流程如圖二十三。當車輛影像輸入後，計算出自身車速，再根據高公局所定義[45]的行車安全距離(表二)規劃出應保持的安全車距區域(如圖二十四)顯現在螢幕中，當有其他車輛進入此安全車距區域內，即發生惡意逼車或是緊急煞車等危險行車事件，系統會發出警示訊號。

表二. 行車最小安全距離

車速(公里/小時)		60	70	80	90	100	110
最小距離 (公尺)	小型車	30	35	40	45	50	55
	大型車	40	50	60	70	80	90



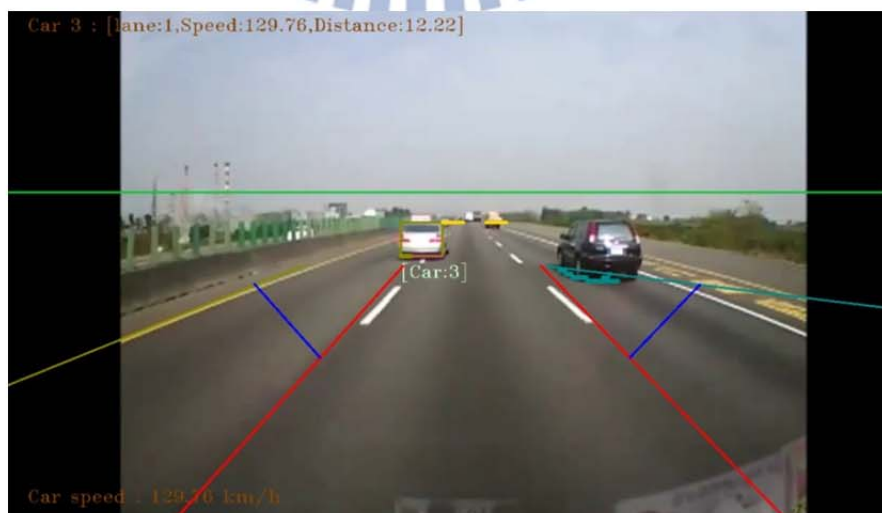
圖二十三. 未保持安全車距辨識流程



圖二十四. 安全車距警示距離

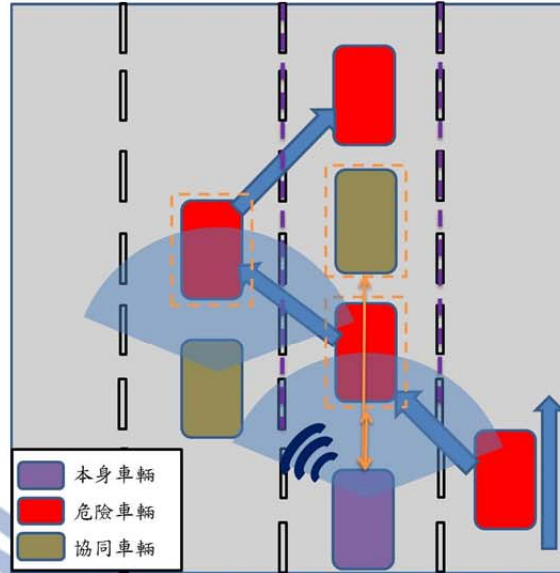
3-2-3 任意變換車道

對於蛇行的危險駕駛辨識主要是根據車道辨識、車輛追蹤與協同式資料分享三種方法來達成。當行車紀錄器辨識到前方車輛後，會給予該輛車一個編號，並追蹤該輛車所行駛的車道(圖二十五)。當車輛切換車道後會更新其所在的車道位置，藉此計算該車輛切換車道之頻率。



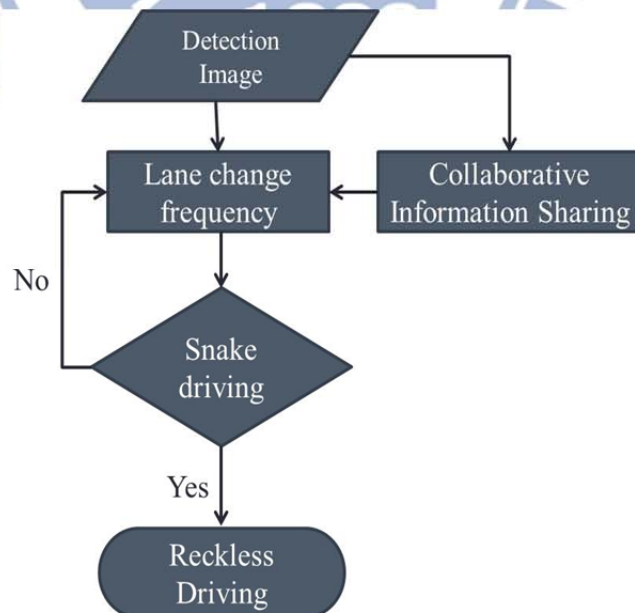
圖二十五. 蛇行辨識系統

由於行車紀錄器影像有拍攝角度的限制，當車輛跨越車道線並且離開影像畫面時，則藉由其他車輛的持續追蹤來更新該車輛切換車道的頻率，即協同輔助辨識(如圖二十六)。



圖二十六. 變換車道協同輔助辨識

當切換頻率超過某一門檻值時，即表示該車輛有蛇行危險駕駛的可能。圖二十五為蛇行駕駛危險辨識流程圖。



圖二十七. 蛇行辨識流程

第四章、實驗結果與討論

4-1 實驗環境

本論文是利用架設於車輛後照鏡下方的行車紀錄器，將車輛行駛於路面的影像擷取錄製，利用實驗室電腦執行本智慧型危險駕駛偵測系統處理。

本論文實驗所用的行車影像解析度為 1920×1080，並將影像縮放為 1280×720 以加快系統處理速度，影像頻率為每秒 25Frame，鏡頭焦距分別包含 5mm、10mm 與 12mm 等規格。本系統是在實驗室電腦上執行，系統所使用的電腦配備如表三所示。

表三:電腦配備規格表

電腦配備		
處理器	模組	Intel Core i3
	速度	2.4G
	形式	筆記型電腦
記憶體	2G DDR3	

本論文實驗所使用的行車影像以高速公路為主，實驗影像共為 22 筆，其中兩筆為正常行駛於公路未發生危險行為的影像時間約為 4 至 5 分鐘影片。另外二十筆以前面章節所定義之危險駕駛行為分類，包含正常行車車距影片五筆、未保持安全車距影片五筆，正常超車未超速影片五筆與超車並且超速影片五筆作為分析系統效能。

4-2 實驗結果

4-2-1 未保持安全車距偵測

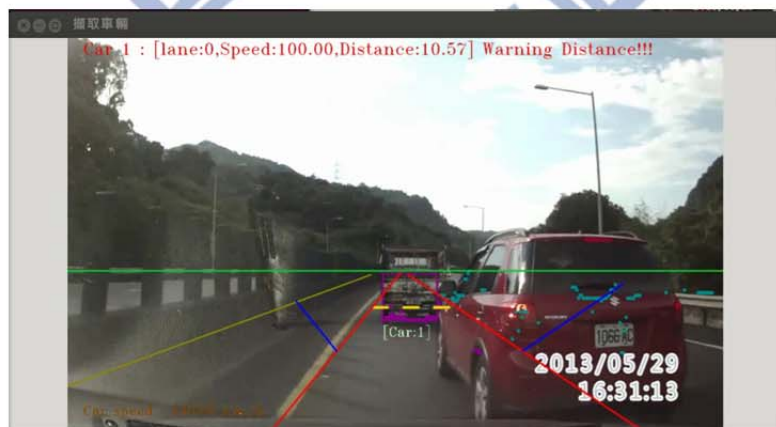
未保持安全車距偵測主要是利用，3-1 節中所使用的車速計算與車距計算為依據，當計算出自身車輛車速後，立即根據公路法規所定義之安全車距繪製出，前方車輛應保持的車距，當前方車輛進入危險車距範圍(畫面中黃色虛線內)，圖如二十八則前方車輛資訊立即轉為紅色警示，並標示未保持安全車距。以下將介紹各種未保持安全車距的實例，並且展示偵測成功與偵測失敗的情況。

本系統未保持安全車距偵測成功結果如圖二十九、圖三十與圖三十一所示。圖二十八為前方白色車輛持續進行惡意逼車行為，造成該車輛未保持安全車距。圖二十九紅色車輛從右方強行切入，並且未保持安全車距，因此偵測系統立即將該車輛資訊以紅色警示顯示。圖三十中原本前方車輛保持安全車距(a)，但由於前方發生追撞事件，造成車輛緊急煞車進入危險車距範圍內(b)。圖三十一前方車輛從右方強行切入，系統偵測到未保持安全車距後立即發發出警示，並且持續追蹤直到該車輛離開危險車距範圍(d)

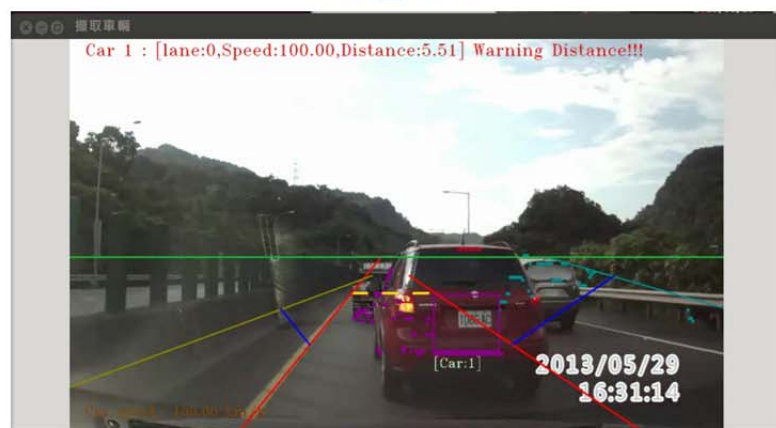
本系統未保持安全車距偵測失敗結果如圖三十二與圖三十三所示。圖三十二偵測錯誤主要因為系統對於前方車輛位置的辨識誤差，造成該車輛已進入危險範圍，但系統卻未發出警示訊號。圖三十三為路面標線造成錯誤的車輛辨識，導致系統誤以為前方有車輛進入危險車距範圍。



圖二十八. 前方車輛未保持安全車距



(a)



(b)

圖二十九. 左方車輛強行切入

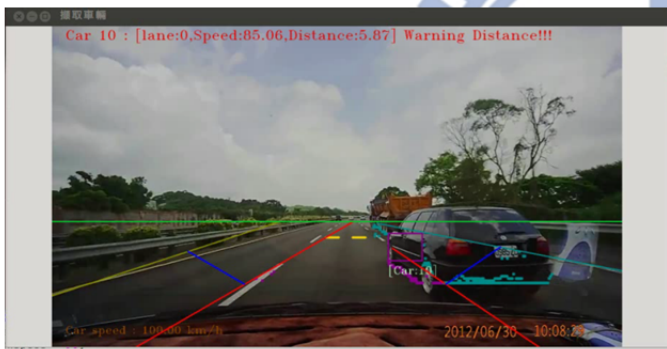


(a)



(b)

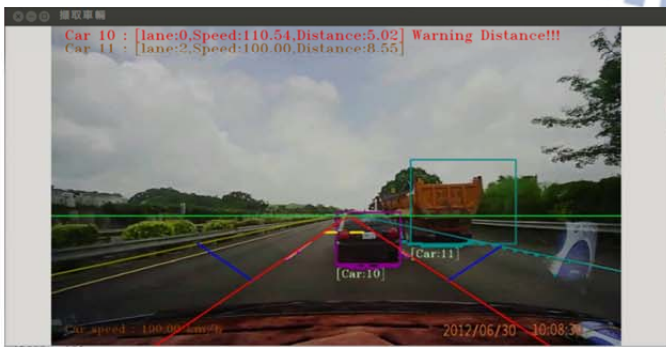
圖三十. 前方發生追撞事件造成未保持安全車距



(a)



(b)

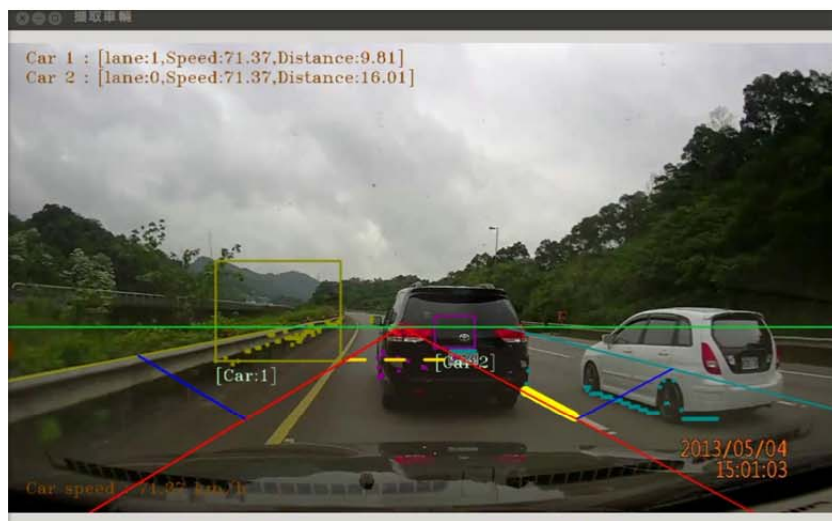


(c)

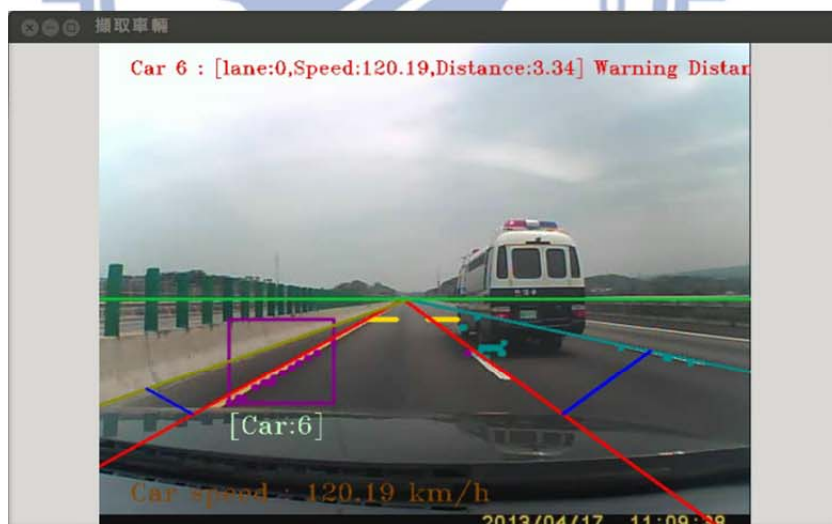


(d)

圖三十一. 右方車輛未保持安全車距切入並持續追蹤之結果



圖三十二. 車輛位置辨識誤差



圖三十三. 車道標線造成錯誤車輛辨識

4-2-2 超速偵測

超速的危險駕駛行為偵測，首先計算出本身車輛車速，藉由追蹤前方車輛於兩個幀中行進的移動量計算出相對車速，進一步計算該車輛之車速，並且根據所在車道的速限設定門檻值，若前方車輛車速大於門檻值則前方車輛資訊即變為紅色警示並標示為超速狀態，如圖三十四。以下將介紹各種未保持安全車距的實例，並且展示偵測成功與偵測失敗的情況。

本系統超速偵測成功結果如圖三十五、圖三十六與圖三十七所示。圖三十五為車輛從右方超車出現，並且由於車輛車速過快造成失速撞上分隔島的車禍事件，首先系統於圖(a)中辨識車輛特徵點於圖(b)進行車速計算最後在圖(c)中偵測出超速事件發生。圖三十六為車輛下閘道，由左方加速切入發生車速事件，由圖可看出當車輛出現於前方畫面時，系統將會持續追蹤該車輛，當車速事件發生時立即發出警示。

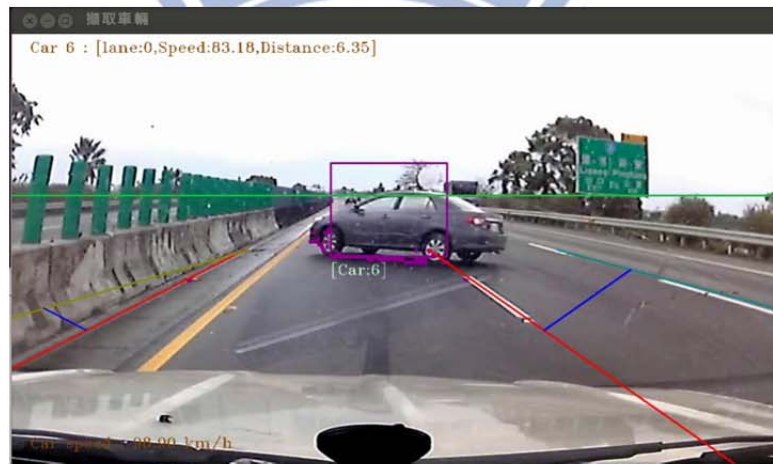
本系統車速偵測失敗結果如圖三十六所示。圖三十七偵測失敗主要因為，車速車輛於左後方出現，但由於超車車輛車速過快，導致系統上物追蹤到該車輛，該車輛即消失於行車畫面中，因此造成系統偵測失敗。



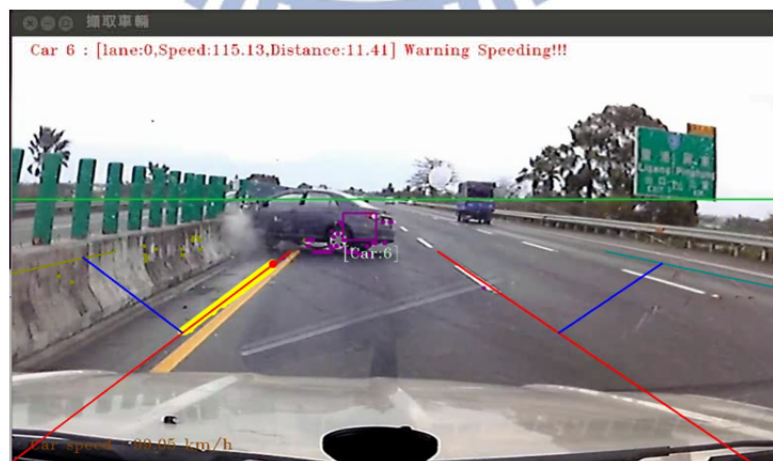
圖三十四. 左方車輛超車並且超速



(a)



(b)



(c)

圖三十五. 車輛於右方超車並且超速失控



(a)



(b)



(c)

圖三十六. 車輛為下閘道於右方超車並超速



(a)



(b)



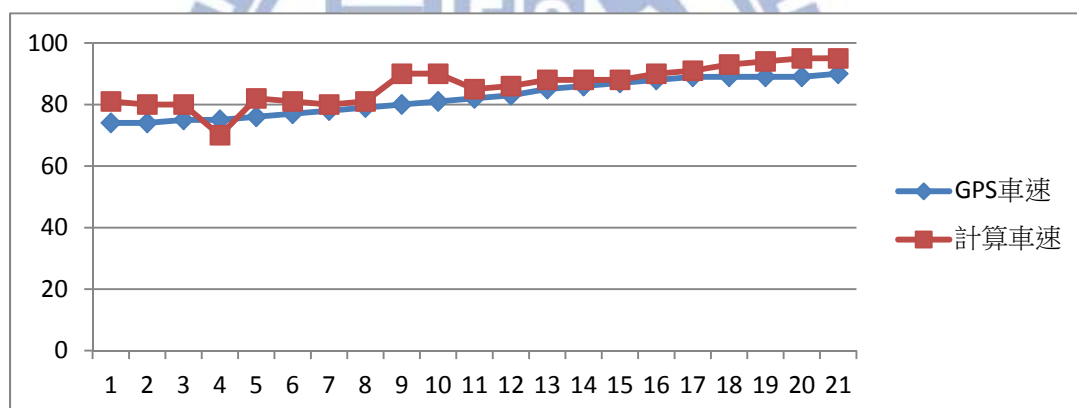
(c)

圖三十七. 超速行為偵測失敗

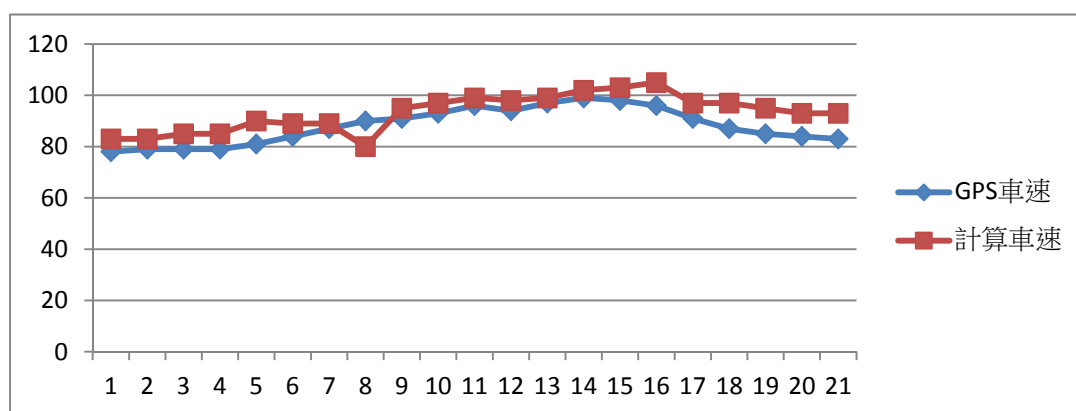
4-2-3 車速計算

接著對於本系統所提出的車速計算方式進行實驗分析。一般行車時車速可由車輛的車速表獲得，也可利用車上行車導航系統(Global Positioning System, GPS)來獲取車速，但藉由 GPS 所取得的車速通常會略低於車速表中的車速，主要是由於 GPS 是以衛星測的移動直線距離，再由導航機計算出速度，因此會造成些微誤差。本系統提出另一種獲取車速的方法，即藉由行車紀錄器的影像來計算出車輛目前的速度。

車速計算實驗是以 GPS 所取得的車速與本系統所提出的行車影像計算出的車速做比較，比較結果如圖三十八與圖三十九所示。



圖三十八. 車速實驗一



圖三十九. 車速實驗二

4-3 結果分析

4-3-1 實驗結果

根據前面章節的實驗解果，分析未保持安全車距是以 10 個 frame 為一個集合，當一個集合中 7 個 frame 發生警示訊號，則表示發生未保持安全車距的危險駕駛行為。分析超速行為是以 5frame 為一個集合，當一個集合中 3 個 frame 發生警示訊號，則表示發生超速的危險駕駛行為。

危險駕駛行為分析，我們以偽陽(False Positive, FP)與偽陰(False Negative, PN)為系統效能分析的依據，分析結果如表四所示。

偽陰(False Negative, FN)：當行車紀錄器影像中前方車輛出現危險駕駛行為，但系統未偵測出。

偽陽(False Positive, FP)：當行車紀錄器影像未出現危險駕駛行為，但系統卻發出危險駕駛警示。

表四.系統偵測結果

	Non-Safe Distance	Speeding
FN Rate(%)	7.14	6.25
FP Rate(%)	4.68	2.59

4-3-2 結果分析

系統結果分析中，未保持安全車距的 FN 主要是由於車輛辨識錯誤導致包含：車距計算錯誤與車種辨識誤差所造成當前方車輛已進入危險車距範圍，但系統卻未偵測出來。

未保持安全車距的 PN 主要是由於路面雜訊或路面標線造成辨識錯誤導致系統誤判前方出現車輛，並且辨識錯誤的車輛進入未保持安全車距範圍內。

超速偵測的 FN 主要是由於車輛車速過快導致系統尚未辨識到車輛，車輛就已消失於畫面中。

超速偵測的 FP: 主要是由於車輛位置辨識錯誤，造成該車輛於兩個幀之間的相對車速計算產生誤差，導致系統偵測錯誤。

車速計算結果由實驗可以觀察出，本系統所提出藉由行車影像計算目前車速的方法與 GPS 所取得的車速十分接近。而造成計算誤差主要的原因在於，影像中的參考物體，車道線標示不清或行車影像中出現雜訊，如擋風玻璃的污漬、雨刷等。

第五章、 結論與未來展望

5-1 結論

本論文已針對行車紀錄器開發一套智慧型危險駕駛辨識系統，並提出一套以行車紀錄器影像為基礎的即時性辨識系統，實驗結果已顯示駕駛人所行駛的道路環境包含車道線、車輛追蹤、車距與車速部分都已能夠正確辨識。

藉由精確的即時辨識資訊設計出一套智慧型危險駕駛辨識系統，根據行車環境分析前方車輛的駕駛行為是否已符合危險駕駛之等級。

對於前方每輛辨識車輛都給予一組狀態表包含：車速、車距以及切換車道頻率三項標準，藉由所定義的門檻值進行分析。

在超速偵測部分，利用影像中前方車輛於兩個幀中的移動量計算出前方車輛車速，當車速大於所在道路的車速限制時，即表示車輛發生超速事件。

在未保持安全偵測部分，根據車道寬度演算法計算前方車輛車距，當前方車輛進入危險車距範圍內，系統則即時的顯示警示訊息。

由實驗結果可看出系統對於危險駕駛行為的偵測十分精確。

5-2 未來展望

根據本論文所開發的智慧型危險駕駛辨識系統，不同於一般車輛警示系統，本系統屬於主動式裝置，將會自動辨識前方車輛行為給予駕駛即時性警示功能，未來藉由結合 VENET/3G 網路將危險駕駛車輛的駕駛資訊包含：所在路段、車牌與車速等資訊上傳至雲端儲存並且進行回報處理提升行車安全。

第六章、 參考文獻

- [1]. ITS Taiwan website, [Online]. Available: <http://www.its-taiwan.org.tw/>.
- [2]. Internet ITS Consortium, [Online]. Available: <http://www.internetits.org>.
- [3]. C.N.E. Anagnostopoulos, I.E. Anagnostopoulos, V. Loumos and E. Kayafas, "A License Plate-Recognition Algorithm for Intelligent Transportation System Applications", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 7, No.3, pp. 377-392, 2006.
- [4]. Jeffrey Miller, "Vehicle-to-Vehicle-to-Infrastructure (V2V2I) Intelligent Transportation System Architecture", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 715-720, June 2008.
- [5]. P. Papadimitratos, A. La Fortelle, K. Evenssen, R. Brignolo and S. Cosenza, "Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation", *IEEE Communications Magazine*, Vol. 47, No.11, pp. 84-95, Nov. 2009.
- [6]. 交通部國道高速公路局-交通管理組(2010), 100年國道事故檢討分析報告
- [7]. National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA (2011) *Traffic Safety Facts* [Online]. Available: <http://www.nhtsa.gov/>
- [8]. Yu-Chi Leng and Chen, Chieh-Li, "Vision-Based Lane Departure Detection System in urban traffic scenes" , *Control Automation Robotics & Vision (ICARCV), 2010 11th International Conference*, pp.1875-1880, Dec. 2010
- [9]. SamYong Kim, Se-young Oh, JeongKwan Kang, YoungWoo Ryu, Kwangsoo Kim, Sang-Cheol Park and KyongHa Park, "Front and rear vehicle detection and tracking in the day and night times using vision and sonar sensor fusion", *Intelligent Robots and Systems, 2005. (IROS 2005). 2005 IEEE/RSJ International Conference*, pp.2173-2178, Aug. 2005
- [10]. Opencv dev team (2011) *Hough Line Transform* [Online]. Available: http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/imgtrans/hough_lines/hough_lines.html

- [11]. Beucher, S. and Bilodeau, M. "Road segmentation and obstacle detection by a fast watershed transformation", *Intelligent Vehicles '94 Symposium*, pp. 296 – 301, Oct. 1994
- [12]. McCall, J.C. and Trivedi, M.M., "An integrated robust approach to lane marking detection and lane tracking", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, PP53-537, June 2004
- [13]. Kuo-Yu Chiu and Sheng-Fuu Lin, "Lane detection using color-based segmentation", *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings.*, pp. 706-711, June 2005
- [14]. Y. Wang, E. K. Teoh and D. Shen, "Lane Detection and Tracking Using B-Snake," *Image and Vision Computing*, vol. 22, no. 4, pp. 269-280, Apr. 2004.
- [15]. Y. Wang, D. Shen and E. K. Teoh, "Lane Detection Using Catmull-Rom Spline," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 51-57, Oct. 1998.
- [16]. Y. Wang, D. Shen and E. K. Teoh, "Lane Detection Using Spline Model," *Pattern Recognition Letters*, vol. 21, no.8, pp. 677-689, June 2000.
- [17]. Jung, C.R. and Kelber, C.R., "A robust linear-parabolic model for lane following", *Computer Graphics and Image Processing, 2004. Proceedings. 17th Brazilian Symposium*, pp.72-79 ,Oct. 2004
- [18]. Q. Li, N. Zheng and H. Cheng "Springrobot: A Prototype Autonomous Vehicle and Its Algorithm for Lane Detection," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 300-308, Dec. 2004.
- [19]. J. W. Lee, "A Machine Vision System for Lane-Departure Detection," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 86, no. 1, pp. 52-78, Apr. 2002.
- [20]. J. W. Lee, U. K. Yi and K. R. Baek, "A Cumulative Distribution Function of Edge Direction for Road-Lane Detection," *IEICE*, vol. E84-D, no. 9, pp. 1206-1216, Sep. 2001.
- [21]. J. W. Park, J. W. Lee and K. Y. Jhang, "A Lane-Curve Detection Based on An LCF," *Pattern Recognition Letters*, vol. 24, no. 14, pp. 2301-2313, Oct. 2003.
- [22]. A. Watanabe and M. Nishida, "Lane Detection for A Steering Assistance System," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 159-164, June 2005.
- [23]. A. Broggi, M. Bertozzi, A. Fascioli, C. G. L. Bianco and A. Piazzzi, "Visual

- Perception of Obstacles and Vehicles for Platooning," *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 1, no. 3, pp. 164-176, Sep. 2000.
- [24]. A. Broggi, P. Cerri and P. C. Antonello, "Multi-Resolution Vehicle Detection Using Artificial Vision,". *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 310-314, June 2004.
- [25]. J. V. Leuven, M. B. V. Leeuwen and F. C. A. Groen, "Real-Time Vehicle Tracking in Image Sequences,". *IEEE Conf. Instrumentation and Measurement Technology*, vol. 3, pp. 2049-2054, May 2001.
- [26]. A. W. K. So, K. Y. K. Wong, R. H. Y. Chung and F. Y. L. Chin, "Shadow Detection for Vehicles by Locating The Object-Shadow Boundary,". *IASTED Int'l Conf. Signal and Image Processing*, pp. 315-319, Aug. 2005.
- [27]. H. T. Nguyen and A. W. M. Smeulders, "Fast Occluded Object Tracking by A Robust Appearance Filter," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 26, no. 8, pp. 1099-1104, Aug. 2004.
- [28]. H. T. Nguyen, M. Worring and R. V. D. Boomgaard, "Occlusion Robust Adaptive Template Tracking,". *IEEE Int'l Conf. Computer Vision*, vol. 1, pp. 678-683, July 2001.
- [29]. G. D. Hager and P. N. Belhumeur, "Efficient Region Tracking with Parametric Models of Geometry and Illumination," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, no. 10, pp. 1025-1039, Oct. 1998.
- [30]. C. Yang, R. Duraiswami and L. Davis, "Efficient Mean-Shift Tracking via A New Similarity Measure,". *IEEE Computer Society Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 176-183, June 2005.
- [31]. C. Yang, R. Duraiswami, A. Elgammal and L. Davis, "Real-Time Kernel-Based Tracking in Joint Feature-Spatial Spaces," *Technical Report CS-TR-4567*, University of Maryland, 2004.
- [32]. K. She, G. Bebis, H. Gu and R. Miller, "Vehicle Tracking Using On-Line Fusion of Color and Shape Features,". *IEEE Int'l Conf. Intelligent Transportation Systems*, 2004.
- [33]. D. Comaniciu, V. Ramesh and P. Meer, "Kernel-Based Object Tracking," D. Comaniciu, V. Ramesh and P. Meer, "Kernel-Based Object Tracking," 564-577, May 2003.

- [34].J. G. Allen, R. Y. D. Xu and J. S. Jin, "Mean Shift Object Tracking for A SIMD Computer,". *IEEE Int'l Conf. Information Technology and Applications*, vol. 1, pp. 692-697, July 2005.
- [35].R. T. Collins, "Mean-Shift Blob Tracking through Scale Space,". *IEEE Computer Society Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp. 234-240, June 2003.
- [36].Giseok Kim and Jae-Soo Cho, "Vision-based Vehicle Detection and Inter-Vehicle Distance Estimation" *International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 625-629, Oct. 2012

