

財團法人車輛研究測試中心

暨

國立中山大學

委託學術界研究契約書

計畫名稱：Lidar與影像異質感知融合之車前物件偵測技術
執行單位：國立中山大學

中 華 民 國 106 年 3 月

目 錄

<u>條 次</u>	<u>條文名稱</u>	<u>頁 次</u>
第一條	研究計畫名稱及內容.....	1
第二條	研究期間.....	1
第三條	研究進度.....	1
第四條	成果交付.....	1
第五條	成果諮詢.....	1
第六條	研究費用.....	2
第七條	付款方式.....	2
第八條	請款及支出憑證.....	2
第九條	設備借貸.....	2
第十條	智慧財產權歸屬.....	3
第十一條	擔保責任.....	3
第十二條	保密義務.....	3
第十三條	成果發表.....	4
第十四條	研究限制.....	4
第十五條	權利義務轉讓.....	4
第十六條	聯絡管理.....	4
第十七條	契約終止.....	4
第十八條	契約修改.....	5
第十九條	不可抗力因素.....	5
第 廿 條	一部無效.....	5
第廿一條	合意管轄.....	5
第廿二條	附件效力.....	5
第廿三條	契約份數.....	6
附 件	計畫書	

財團法人車輛研究測試中心委託學術界研究契約書

財團法人車輛研究測試中心（以下簡稱「甲方」）為辦理經濟部106度科技專案研究計畫，特委託國立中山大學（以下簡稱「乙方」）負責執行本研究計畫，甲乙雙方訂定本契約，經雙方協議訂定條款如下：

第一條：研究計畫名稱及內容

本研究計畫名稱為Lidar與影像異質感知融合之車前物件偵測技術(以下簡稱本計畫)，其詳細內容如附件計畫書。

第二條：研究期間

乙方執行本研究計畫自民國106年1月1日起至106年12月31日止。本契約自簽約日起生效。

第三條：研究進度

- 一、乙方應依計畫書之約定，進行本研究。
- 二、甲方得視需要要求乙方就本研究之進度提出口頭報告及相關資料，或派人員至乙方了解乙方執行本研究之情形，乙方對該人員應提供一切必要之協助。

第四條：成果交付

- 一、乙方應於106年6月30日前，完成本研究之期中報告乙份及其電子檔交付甲方，經甲方審核通過後繳交4份期中報告。
- 二、乙方應於106年11月30日前，完成本研究之期末報告乙份及其電子檔交付甲方，經甲方審核通過後繳交4份期末報告。
- 三、乙方應依規定繳交相關資料，並進行期中、期末成果簡報，研究成果之內容及形式應依甲方之規定辦理。

第五條：成果諮詢

乙方應依甲方之要求，至甲方指定之處所，提供其研究成果有關之諮詢講解。諮詢講解之時間不得少於甲方實際需要之12小時。但本計畫書另有約定者，依其約定。

第六條：研究費用

本研究經費(包含營業稅)共計新台幣(以下同)陸拾萬元整，計費採總包價法方式，其詳細用途依照所附之研究計畫書。

第七條：付款方式

研究費用應依下列條件，由甲方分期支付乙方：

- 一、第一期款：本契約生效後30日內，支付貳拾肆萬元整。
- 二、第二期款：乙方交付甲方期中研究成果，經甲方審核認可後30日內支付壹拾捌萬元整。
- 三、第三期款：乙方交付甲方期末總研究成果，經甲方審核認可後30日內，支付餘額壹拾捌萬元整。
- 四、甲方支付乙方各期研究費用如依法應扣繳稅捐者，概由乙方負責。

第八條：請款及支出憑證

- 一、乙方應於付甲方各期研究成果後，開立發票或收據送交甲方，甲方於審核認可後始撥付本契約第七條訂定之款項。
- 二、乙方應將研究費用單獨設帳，並依計畫書所載之研究費用預算科目動支研究費用，相關支出憑證、單據由乙方分類保管，惟甲方認為必要時，得要求乙方函送甲方審核。

第九條：設備借貸

- 一、乙方執行本研究有必要時，得向甲方租賃或借用有關設備。甲方以不影響其正常運作之情形下，得同意將前述設備貸與乙方。乙方應支付甲方相關之租借暨維護費用。
- 二、乙方限於執行本研究有關之工作時，始得使用借用物。
- 三、自甲方將相關設備交付運送人起，至相關設備送達甲方指定之處所為止，乙方應以善良管理人之注意義務保管借用物，如有損害應負損害賠償責任。
- 四、乙方向甲方借用之設備，其往返運送運費及產險均由乙方負擔。

第十條：智慧財產權歸屬

- 一、本研究成果所可能獲得之專利權、著作權、電路布局權及其他智慧財產權皆歸甲方或（及）其指定之人所有，乙方不得將其向任何機關申請專利權、著作權、電路布局權或其他智慧財產權之註冊登記。甲方若須將本研究成果向任何有關機關申請專利權、著作權、電路布局權或其他智慧財產權之註冊登記時，乙方應提供一切必要之協助。
- 二、甲方若將本研究成果申請專利權、著作權、電路布局權或其他智慧財產權時，於申請書中列為發明人或實際創作之乙方人員，得準用申請當時甲方對其員工之獎勵辦法，以書面方式向甲方申請獎勵。

第十一條：擔保責任

- 一、乙方擔保本研究成果，完全係由其自行研究發展所得，並無任何抄襲或仿冒之情事。
- 二、乙方同意如其係以聘用或僱用之人員在其職務上所完成之創作為交付甲方本契約之研究成果時，乙方保證已與該人員簽訂受僱人及/或受聘人創作契約，對於該人員職務上之創作均由甲方為智財權人。
- 三、乙方應交付之本契約研究成果如需以第三人之研究成果為基礎，則乙方應自行以其費用取得該第三人之合法授權，以完成本契約研究成果，乙方並應於簽訂本契約時取得此種授權。
- 四、乙方應保證其所交付予甲方之本契約研究成果並無抄襲任何第三人之智財權之情事。乙方如有違反致甲方遭權利人之請求或訴訟時，乙方除應負責協助甲方處理外，並應賠償甲方因此所受之損害（包括但不限於律師費、訴訟費等）。

第十二條：保密義務

乙方為執行本契約所取得或持有的資訊，非經甲方事先書面同意，不得洩漏或交付予任何第三人或運用於與本契約無關之工作。乙方應要求其參與本研究之人員遵守本契約之約定。乙方或其參與本研究之人員違反本條契約約定者，乙方應負責賠償甲方因此所受之損害，惟損害賠償責任以本計畫實收研究經費為上限。

第十三條：成果發表

- 一、乙方得將其在本研究之成果公開發表之，但應於事前得到甲方書面之同意。
- 二、甲方得要求乙方將本研究成果發表一篇論文，並列掛共同發表人。
- 三、乙方違反本條所約定之情事時，乙方應支付本契約第七條總金額百分之五十為懲罰性違約金予甲方。

第十四條：研究限制

非經甲方事前書面同意，於本研究之研究期間內，乙方不得為第三人從事與本研究相同或類似之工作。

第十五條：權利義務轉讓

乙方在本契約中之權利及義務，非經甲方書面同意，不得轉讓予任何第三人。

第十六條：聯絡管理

本契約有關之通知或要求應以書面送達下列之處所及人員（以下稱「聯絡人」），經送達該聯絡人者，即視為已送達該方當事人。

甲方聯絡人： 姓名：謝旻秀

職稱：工程師

聯絡電話：04-7811222分機2314

電傳號碼：04-7812336

地址：彰化縣鹿港鎮彰濱工業區鹿工南七路6號

乙方聯絡人： 姓名：彭昭暉

職稱：副教授

聯絡電話：07-5252000分機4281

地址：高雄市804鼓山區蓮海路70號

第十七條：契約終止

- 一、除本契約另有約定者外，任一方當事人不履行本契約時，他方得以書面通知其於10日內改正。逾期未能改正者，他方得另以書面通知終止本契約。

- 二、本契約因甲方違約經乙方依前項約定終止後，乙方得沒收其已受領自甲方之研究費用。但乙方不得另行要求甲方賠償損害。
- 三、本契約因乙方違約經甲方依本條第一項之規定，終止本契約後10日內，乙方應將其受領自甲方之研究費用中未使用之部分返還甲方。甲方並得停止支付其應支付乙方之研究費用。如有損害，甲方並得向乙方請求損害賠償，惟損害賠償責任以本計畫實收研究經費為上限。
- 四、甲方認為本研究之繼續執行不能達到預期之目的必要時，甲方得終止本契約。於此情況下，乙方應於本契約終止後10日內，將其已受領自甲方之研究費用中未使用之部分返還甲方。乙方不得因此要求甲方賠償損害。
- 五、本契約終止或解除後，乙方應立即將本研究有關之所有文件資料、成果及其他物品交付甲方。
- 六、乙方在第十、十一、十二條及本款之義務，不因本契約終止或解除而免除。

第十八條：契約修改

本契約之增刪或修改非經雙方當事人以書面協議，不生效力。

第十九條：不可抗力因素

因水災、火災、風災、地震或其他不可抗力之事由，致一方不能履行本契約之義務時，倘若該方於不可抗力發生後儘速通知另一方，該方免給付義務或不負延遲責任。

第廿條：一部無效

本契約部分條款依法被認為無效時，其他條款仍應繼續有效。

第廿一條：合意管轄

因執行本契約而發生爭議時，雙方同意以中華民國法律為準據法，並以臺灣彰化地方法院為第一審管轄法院。

第廿二條：附件效力

- 一、附件視為本契約之一部分，但附件與契約本文有牴觸時，以契約本文為準。

二、任何於本契約生效前經雙方協議而未記載於本契約之本文或其附件之事項，對雙方均無拘束力。

第廿三條：契約份數

本契約壹式肆份，正本貳份，副本貳份，由甲方執正本壹份，副本貳份，乙方執正本壹份，以資信守。

立約人：

甲方：財團法人車輛研究測試中心

代表人：黃隆洲

職稱：總經理

地 址：彰化縣鹿港鎮505彰濱工業區鹿工南七路6號

統一編號：01802247

乙方：國立中山大學

代表人：鄭英耀

職稱：校長

計畫主持人：彭昭暉

地 址：80424高雄市鼓山區蓮海路70號

統一編號：76211194

中 華 民 國 1 0 6 年 3 月 3 1 日

經濟部 106 年度科技研究發展專案計畫

轉委託學研界計畫書

Lidar 與影像異質感知融合之車前物件偵測技術

執行單位：中山大學機械與機電工程學系

執行期間：中華民國 106 年 01 月 01 日至 106 年 12 月 31 日

計畫申請單位基本資料

本計畫 名稱	中 文	Lidar 與影像異質感知融合之車前物件偵測技術		
	英 文	Detection Technology of Vehicle Front Object based on Heterogeneity Perception Fusion of Lidar and Image		
申請機關	國立中山大學		申請系所 (單位)	機械與機電工程學系
本計畫主持人姓名	彭昭暉 協同計畫主持人：謝東利			
聯絡電話	07-5252000-4281		E - M A I L	jwperng@faculty.nsysu.edu.tw
手機	0918706053		計畫連 絡人	賴怡宏
通訊地址	高雄市 804 鼓山區蓮海路 70 號			
執行期限	自民國 <u>106</u> 年 <u>1</u> 月 <u>1</u> 日起至民國 <u>106</u> 年 <u>12</u> 月 <u>31</u> 日			
研究計畫預算			年 度	
研究費	人事費		288,000 元	
	旅運費		60,000 元	
	材料費		18,500 元	
	業務費		58,500 元	
	其他費用(先期技轉金)		90,000 元	
管理費			85,000 元	
合 計			600,000 元	
評審意見：(以下由本中心填寫)				

一、計畫中文摘要：請於五百字內就本計畫要點作一概述，並依本計畫性質自訂關鍵詞。

行車安全的提升為整體交通運輸產業發展的重要議題。近年來許多學術單位與車廠也紛紛投入相關車用技術的開發行列。本計畫藉由單點光達(1D LiDAR)與攝影機(Camera)建構一套異質感知融合之車前物件偵測系統。系統由 1D 單點光達偵測系統、網路攝影機偵測系統以及物件決策與警示系統組成。透過單點光達可以即時且準確地測量車前環境的距離資訊，系統即時地偵測車前興趣區間(Regions of Interest)是否有障礙物。因為單點光達會發生遮蔽現象和偵測距離較短等限制，本計畫進一步整合網路攝影機影像資訊。影像處理使用 OpenCV 1.0 開發套件中的 Shi-Tomasi 角點偵測，並於影像的興趣區間中萃取出物件之角點作為特徵點，藉由 Lucas-Kanade 光流法偵測出影像中障礙物的位置，完成車前物件偵測功能。當兩者感測器中的其中一種發生偵測失效時，系統以決策機制來切換偵測所需採用之對象，補償單一種感測器之缺失，增加系統偵測的可靠度。車前障礙物偵測結果以人機介面及時警示駕駛人以確保行車安全。

關鍵詞：光達、影像處理、資料融合

二、計畫英文摘要：請於五百字內就本計畫要點作一概述，並依本計畫性質自訂關鍵詞。

The improvement of traffic safety is an important issues of transportation industry. In recent years, both academic and industrial institutes have invested in the development of related automotive technology. This project proposes a pre-vehicle object detection system based on heterogeneous data fusion of 1D LiDAR and camera. The all system consists of 1D LiDAR detection component, camera detection component and decision making and warning component. The real time distance information in Regions of Interest (ROI) can be measured precisely by using 1D LiDAR and utilized to determine whether there are obstacles in front of vehicle.

Due to the limitation of occlusion phenomena and shorter detection range in 1D LiDAR, this project integrates camera image information also. OpenCV 1.0 development kit, Shi-Tomasi corner detection algorithm and Lucas-Kanade optical flow method are used in image processing component. When anyone of the two sensors fails, the decision mechanism can automatically switch the detection mode to increase the reliability of system. The result of detection will be triggered in the man-machine interface (MMI) of system to improve the safety of driver.

Keywords : LiDAR, image process, data fusion.

三、研究計畫之背景及目的：請詳述本研究計畫之背景、目的、重要性以及國內外有關本計畫之研究情況，重要參考文獻等。

(一)研究計畫之背景。

1.1.研究背景及重要性：

行車安全的提升為整體交通運輸產業發展的重要議題。大多數的交通事故肇因於駕駛人的反應速度、判斷錯誤等駕駛人本身的駕駛行為，透過駕駛輔助系統的發展可以有效防範並減少事故率的發生[1]。在輔助安全系統的發展上，利用感測器來偵測前方的障礙物，並適時給予駕駛者危險警示，是一個相當重要的工作[2, 3]。因此在此計畫中，將建立一套障礙物偵測的感知融合道路探勘系統，其中測距器擬採用單點光達(LiDAR)，影像感測器則採用攝影機。透過此系統將偵測行車前方障礙物，可輔助駕駛者在遇緊急狀況時，給予駕駛人安全警示提醒，來做為剎車控制單元啟動的依據，以降低整體交通安全事故的數量。

1.2.研究計畫目的：

1. 設計建置一套可安裝於測試車，障礙物偵測的感知融合道路探勘系統。
2. 以個人電腦為基礎，建立光達和攝影機影像融合演算法，開發行車前方障礙物的偵測技術。
3. 建構視覺化的駕駛環境人機介面，並將車輛和障礙物的座標位置顯示於螢幕上。
4. 設計依車輛距離障礙物的遠近給予不同程度的警示。

1.3.國內外相關研究及重要參考文獻：

文獻[4]以光達來進行車前汽、機車或行人的偵測，將光達的距離資訊經過 Ramer Algorithm 進行物件切割。經由切割之後，萃取其物件之特徵，如物件位置、長、寬等特徵資訊，即可追蹤與分類該物件，達到物件偵測之功能與應用(圖 1)。

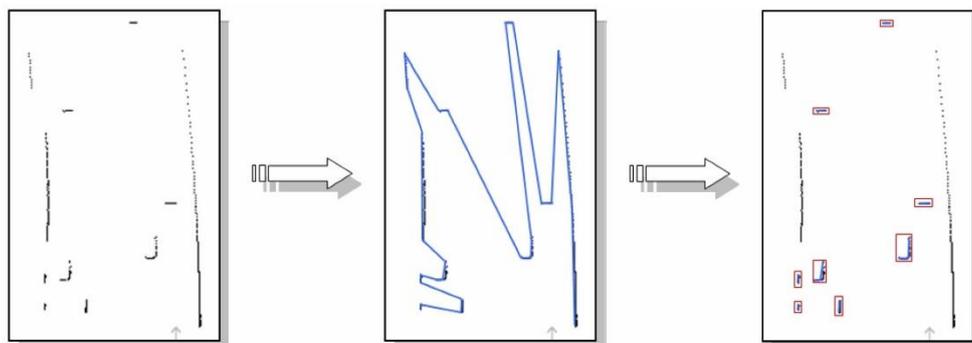


圖 1. 物件切割結果

文獻[5]透過攝影機的影像資訊進行影像處理來抓取興趣物件。利用 Haar-like Features、Directional Edge Features 等特徵資訊，可在影像中偵測出車輛位置，並追蹤以及辨識目標物件(圖 2)。



圖 2. 物件切割結果

由於雷射測距儀會發生遮蔽現象與資料遺失等缺點而影響偵測，攝影機則會發生目

標物件重疊現象與陰影環境等造成偵測錯誤，因此，文獻[6, 7]將雷射測距儀以及攝影機結合，整合此兩種感測器並應用於偵測車前行人或是車輛。

文獻[8]探討異質感測器資料融合的技术。將光達座標經由旋轉矩陣以及平移矩陣轉換至影像座標上(圖 3)，光達平面掃描前方的距離資訊，經由座標轉換後在影像中顯示偵測出物件的寬度及深度等訊息，完成此兩種感測器整合之方法。

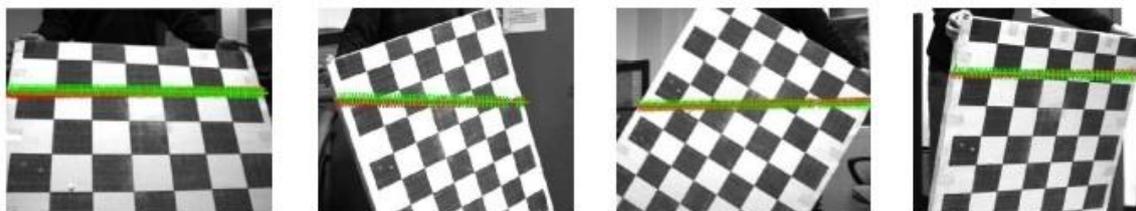


圖 3. 異質感測器資料融合座標轉換後之結果

文獻[9]透過馬爾可夫邏輯網路(Markov Logic Network, MLN)之應用(圖 4)，將光達偵測之結果與攝影機偵測之結果進行整合與輸出，以雙感測器偵測的輔助或修正，來提升系統偵測物件的正確率，並增加系統的可靠度與強健性。若以雷射測距儀偵測到車前興趣區間有物件時，則於影像中以藍色方框標示來做為顯示，若以攝影機偵測到車前物件，則以白色方框標示來做為顯示，最後藉由馬爾可夫邏輯網路整合，將此兩種感測器偵測之結果完成整合並輸出。

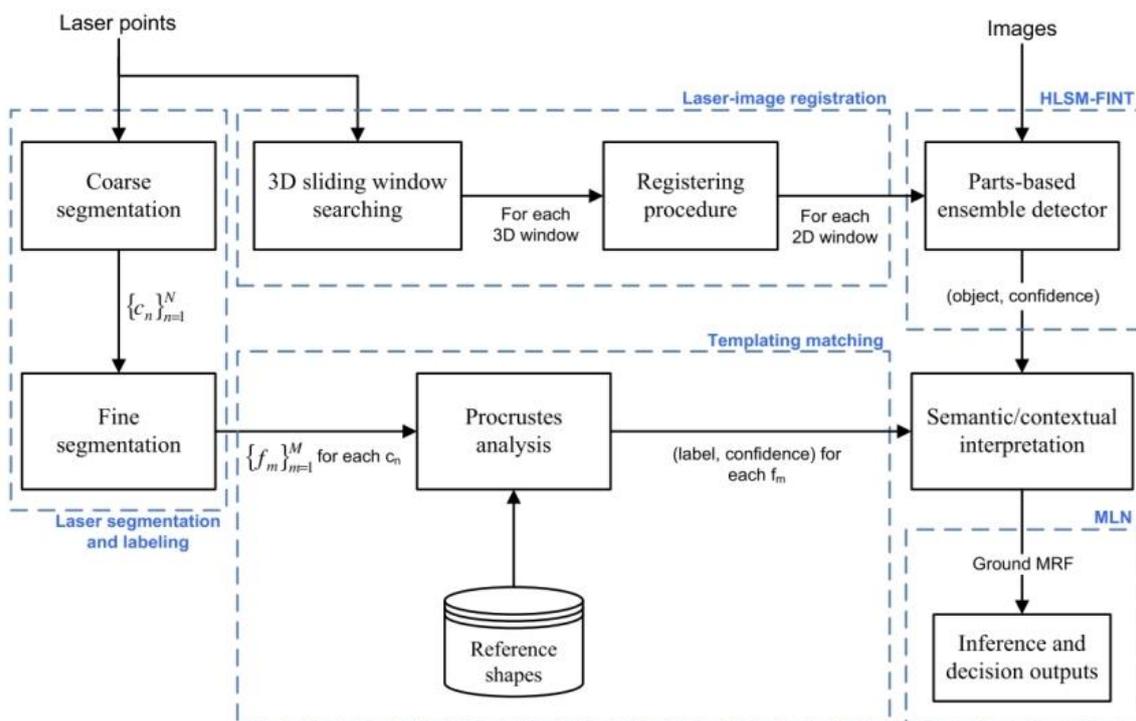


圖 4. 以馬爾可夫邏輯網路整合光達與攝影機

國內財團法人車輛研究測試中心(ARTC)對於車輛安全的研究以及長年累月的技術開發，使得車輛安全系統的種類更是琳瑯滿目、應有盡有，不但研發出車道偏移警示系統、立體視覺前方安全警示系統來提醒駕駛人，更發展出雙視覺前方安全系統，涵蓋了近距離以及遠距離的車輛偵測與警示，透過人性化的使用者介面提醒駕駛人前方車輛或障礙物，以提高行車安全，且降低交通事故發生[10] (圖 5)。

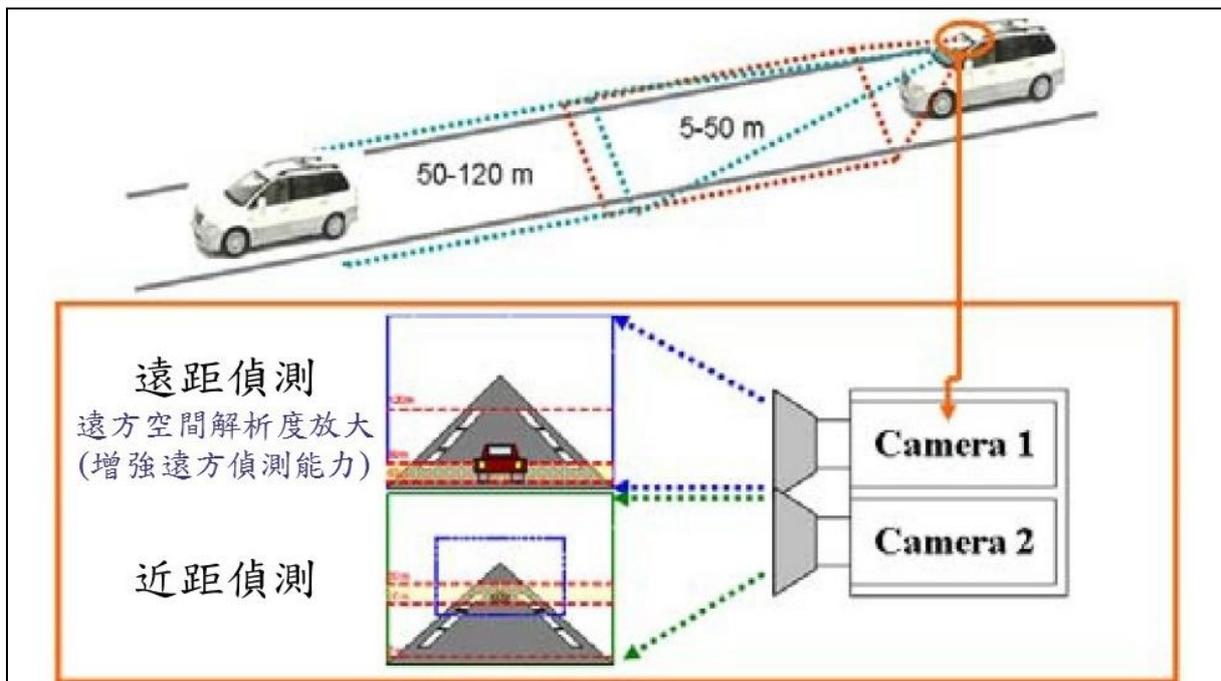


圖 5. ARTC 雙視覺前方安全系統

由於光達會發生遮蔽現象(Occlusion)與資料遺失等問題，光學攝影機則易受到光線天候與陰影環境等影響，兩感測器偵測特性比較表如表 1 所示。為了解決此兩種感測器之缺點，本計畫擬設計一套可安裝於車輛之感知融合道路探勘系統，此套系統擬採用 1D 光達與攝影機影像來做為障礙物偵測資訊的融合，用來判斷行車時前方障礙物的存在並提供在危險情況下做為警示或煞車控制啟動的依據。

當系統啟動時，系統隨即建構出視覺化的駕駛環境人機介面，並將車輛的座標位置顯示於螢幕上，當偵測到前方障礙物時，進行光達和影像感測器的資訊融合，輸出障礙物之相對於駕駛者車輛的資訊。此系統並根據偵測到的障礙物資訊來分段提供駕駛者適當危險警示，以有效預防意外事故之發生。

表 1. 光達與攝影機偵測特性比較表

	雷射測距儀	光學攝影機
優點	掃描頻率高 量測距離大 距離精度高 資料傳輸量少 穩定性高 不易受天候影響	使用簡易 價格合宜 自動對焦 解析度高(Full HD) 可用資訊多 穩定性高
缺點	價格昂貴 遮蔽現象	資料傳輸量大 易受光線變化影響

參考文獻

- [1] M. Lu, K. Wevers, and R. Van Der Heijden, "Technical Feasibility of Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) for Road Traffic Safety," *Transportation planning and technology*, 28(3): p. 167-187, 2005.
- [2] Premebida, C., et al. "A LiDAR and Vision-based Approach for Pedestrian and Vehicle Detection and Tracking," *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, 2007.
- [3] Liu, J., et al., "A Framework for Applying Point Clouds Grabbed by Multi-Beam LIDAR in Perceiving the Driving Environment," *Sensors*, 15(9): p. 21931, 2015.
- [4] Nashashibi, F. and A. Bargeton. "Laser-based vehicles tracking and classification using occlusion reasoning and confidence estimation," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 2008.
- [5] Kim, G. and J.-S. Cho, "Vision-based vehicle detection and inter-vehicle distance estimation for driver alarm system," *Optical Review*, 19(6): p. 388-393, 2012.
- [6] Zhang, F., D. Clarke, and A. Knoll. "Vehicle detection based on LiDAR and camera fusion," *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2014.
- [7] García, F., et al. "Fusion procedure for pedestrian detection based on laser scanner and computer vision," *14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 2011.
- [8] Zhou, L., "A New Minimal Solution for the Extrinsic Calibration of a 2D LIDAR and a Camera Using Three Plane-Line Correspondences," *IEEE Sensors Journal*, 14(2): p. 442-454, 2014.
- [9] Oliveira, L., et al., "Semantic fusion of laser and vision in pedestrian detection," *Pattern Recognition*, 43(10): p. 3648-3659, 2010.
- [10] 陳育菘、蘇一峰、陳加增, 雙視覺前方安全系統. 車輛研究測試中心, 2010.

四、研究方法及進行步驟：

- 1.請細述本計畫採用之研究方法與原因。
- 2.預計可能遭遇之困難及解決途徑。
- 3.施作依據與內容概要。

4.1. 本計畫採用之研究方法與原因

基於單點光達與影像異質感知融合之車前物件辨識系統由 1D 單點光達偵測系統、網路攝影機偵測系統以及物件決策與警示系統組成，如圖 6 所示。其主要功能為雙感測器分別偵測前方興趣區間之移動物件，並透過系統決策機制來補償此兩種感測器的個別缺點，使得系統偵測的可靠度增加，最後以決策結果以人機介面警示提醒駕駛人注意前方路況。

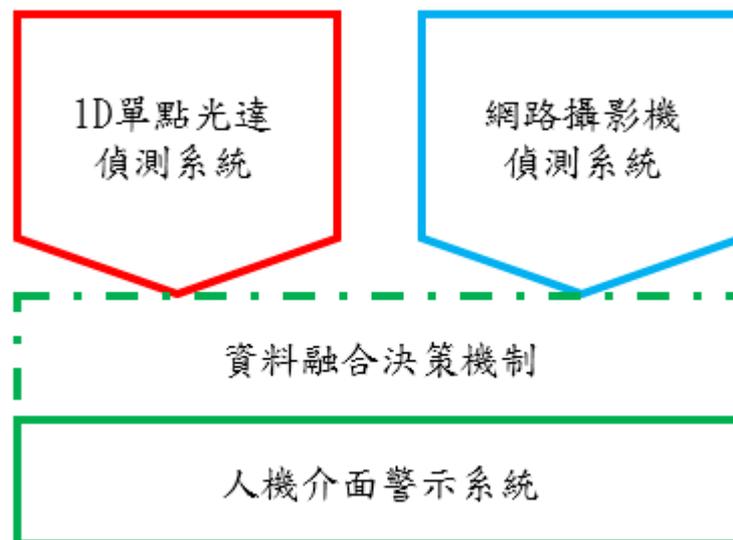


圖 6. 系統方塊圖

● 1D 單點光達偵測系統

於車頭上方架設一台單點光達，離地高度約 160 公分，水平角度為-10 度，以收集車前光達資訊並進行障礙物偵測。光達運作原理是利用時間飛行法 (Time of Flight)。當雷射光波掃射到一個物體時，一個脈衝的雷射光柱將被折射和反射回來，反射光被雷射測距儀接收器接收儲存，介於脈衝發射與接收的這段時間即為雷射測距儀與物體之間的飛行時間，進而可以按比例求出所要的距離與位置。光達可適用於室內及室外環境，不易受到溫、濕度和光線變化之影響。

● 網路攝影機偵測系統

於車頭上方架設一台網路攝影機，離地高度約 160 公分，水平角度為-30 度，以收集車前影像資訊進行影像處理，並以車前道路線標定的興趣區間在影像上之座標位置來標定影像的興趣區間，並透過 OpenCV 1.0 開發套件中的角點偵測與 Lucas-Kanade 光流法等函式庫，來偵測移動物件之位置，若偵測結果於興趣區間中，則以聲音警示提醒駕駛人注意前方路況，達到移動物件之偵測。

● 決策機制

將 1D 單點光達及網路攝影機兩大系統之偵測結果，以決策機制來輔助系統進行後續的物件辨識，當其中一種感測器失效時，可由另一個感測器補償偵測。其完整流程圖如圖 7。

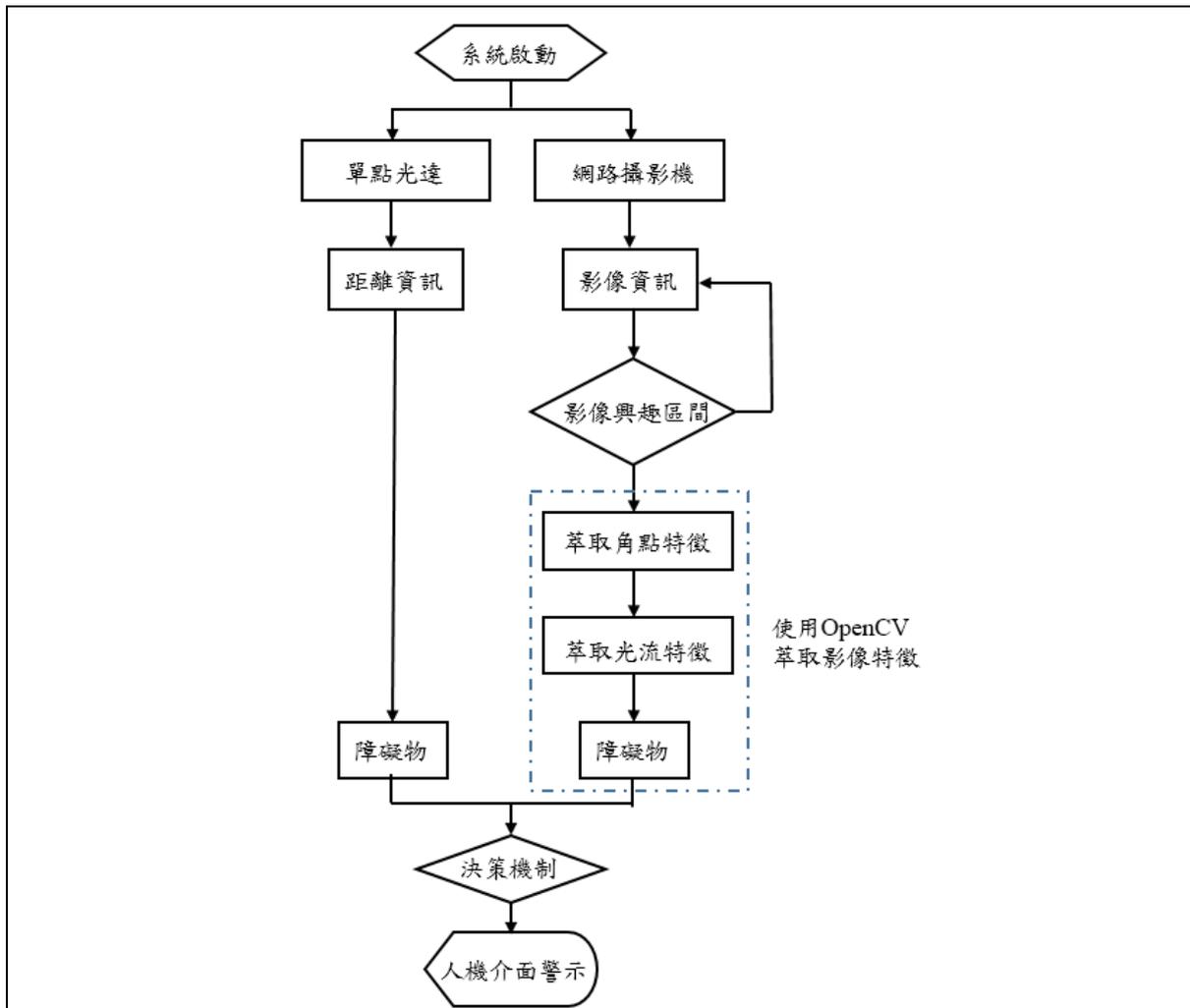


圖 7. 系統流程圖

4.2. 系統實現

4.2.1 實驗車

比起使用一般汽車，電動車擁有較為簡單的機構，可以免去車輛改裝的複雜過程。故本計畫以市售兩人座電動式高爾夫球車為實驗車並在車頭上方位置架設一個感測器固定架。固定架分別安裝一台 1D 單點光達，收集前方物件的資料及一台網路攝影機 (Camera)，擷取車輛前方影像資訊。實驗車詳細規格詳見表 2。系統組成如圖 8。

表 2. 實驗車規格

產品名稱	Club Car
乘載人數	2 人
淨重	327kg
引擎最大出力	8.5kw(11.5ps)
引擎最大扭力	26Nm
最高速度	19km/h
驅動馬達	DC 48V Motor 2.5kw



圖 8. 系統組成圖

4.2.2 1D 單點光達

由於光達對於物體之輪廓、體積以及位置等檢測判斷之效果優異，因此，本計畫使用德國 Contenental 公司 SRL1 單點光達，如圖 9 所示，其運作原理是利用紅外線雷射光束脈衝高速來回進行物體距離之量測，即時間飛行法 (Time of Flight)。最大掃描角度可達 27 度，偵測範圍可達 13.5 公尺，量測誤差為 $\pm 1\text{mm}$ ，適用於室內及室外環境，不易受到溫、濕度和光線變化之影響，常被使用於區域監控、目標物件偵測以及位置定位等相關應用，其光達規格詳見表 3。

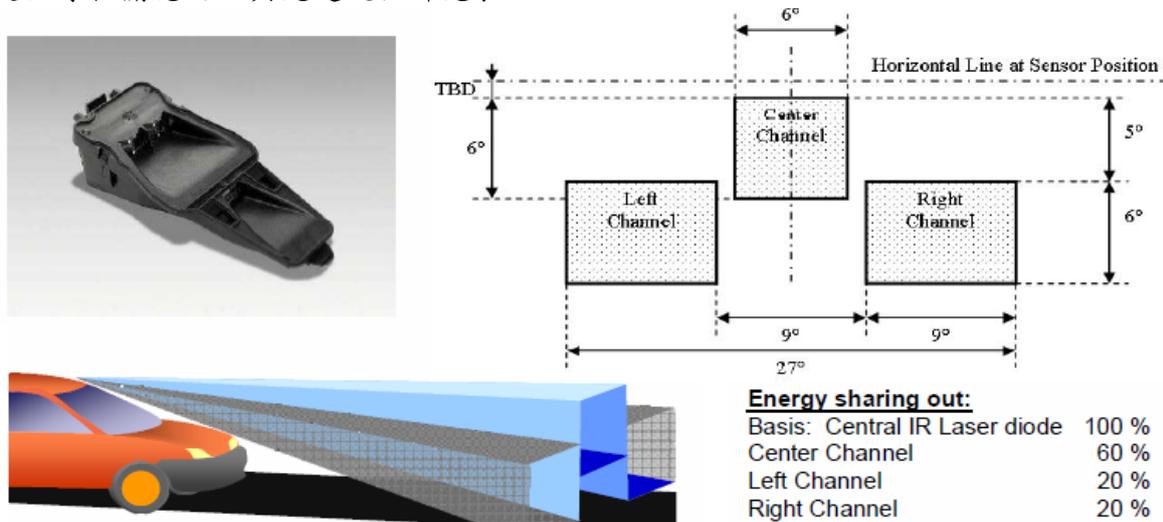


圖 9. 單點光達

表 3. 單點光達規格

產品名稱/產品	SRL 1
量測原理	TOF (TIME OF FLIGHT) 光線飛行時間
投光方向	水平 27 度；俯仰 11 度
雷射發光器	紅外線雷射
雷射安全等級	CLASS 1 (IEC 60825-1 1993+A2:2001)
掃描頻率	100HZ
距離解析度	1 mm
反應時間	10 ms
量測距離	最大達 13.5M
電源電壓	7.5-16 VDC
資料輸出介面	CAN bus

本計畫為比較 1D 單點光達與毫米波雷達在短距離的偵測效果，預計採用 Continental 公司 ARS300 77GHz 毫米波雷達與德國 SICK 公司 LMS-291-S05 2D LiDAR 為比較感測器。ARS300 毫米波雷達適用於中長距離防碰撞系統，偵測距離可達 200 公尺。毫米波雷達如圖 10 所示。

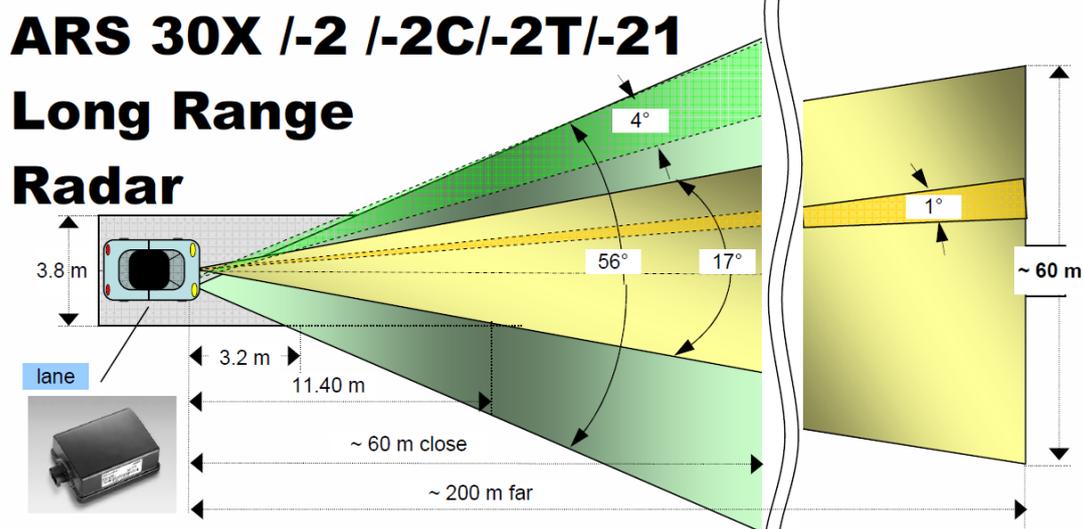


圖 10. Continental ARS300 毫米波雷達

4.2.3 網路攝影機 (Camera)

由於光達會發生遮蔽現象，因此，本計畫透過攝影機來擷取前方的影像資訊，進行移動物件之偵測，進而補償或是輔助光達偵測系統之缺陷，達到系統整合之作用，幫助系統提升偵測的可靠度。為了減少影像資料量運算，故本實驗所使用的影像解析度為 320x240，網路攝影機如圖 11 所示，其規格詳見表 4。



圖 11. 網路攝影機 C910

表 4. 攝影機規格

產品型號	Logitech C910
感應器	SVGA CMOS
通訊傳輸	USB 2.0
視野角度	83°
影片解析度	最高 Full HD 1080p 1280×1080
影像傳輸速度	最高每秒可達 30 fps

影像興趣區間 (Regions of Interest, ROI)

Intel 公司所開發出來的 Open Source 圖形演算法的函式庫(Image Process Library)可應用於影像處理、電腦視覺以及圖形識別等開發，因此，本計畫使用 OpenCV 開發套件用於後續的影像處理。

影像前處理階段，首先標定影像興趣區間(ROI)。將校正物件(三角錐)擺設於車前方約 2 公尺處與偵測範圍最遠距離 20 公尺處，在影像物件上觀察並找出正方形特徵記號如圖 12 所示。最後修正校正物件座標位置，讓偵測範圍貼近道路線。以 4 個角點的影像座標位置標定出影像興趣區間(如圖 13)。影像後處理階段，先將興趣區間影像以二值化演算法(Thresholding)進行處理，可得到影像興趣區間的影像遮罩。



圖 12. 興趣區間特徵記號

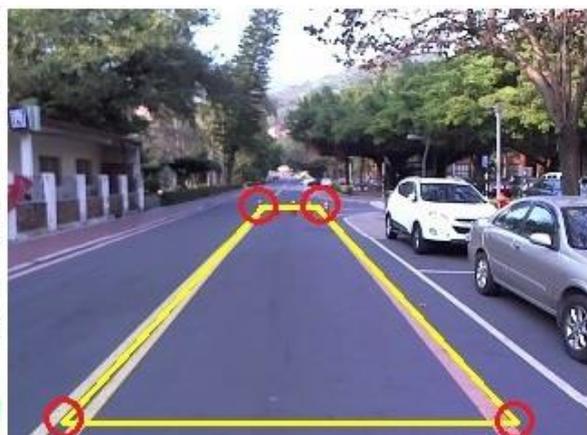


圖 13. 影像興趣區間

影像處理演算法

A. 角點偵測：首先需要設定角點數量、角點偵測函式以及精確偵測角點函式之參數，

透過 OpenCV 函式庫的功能應用，將影像進行角點偵測擷取出影像上角點位置，如圖 14 所示。其中角點偵測函式使用了 Shi-Tomasi 演算法來進行偵測。



圖 14. 角點偵測

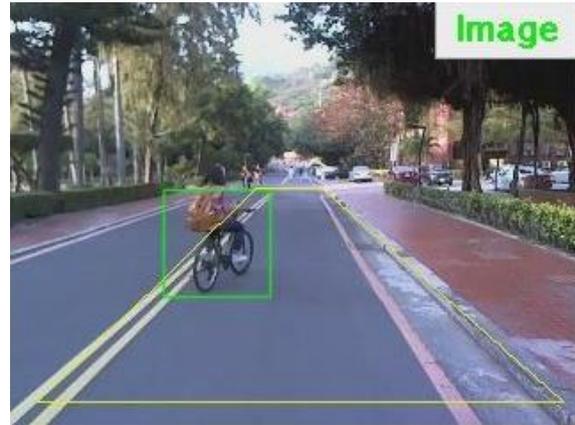


圖 15. 光流法偵測

B. 移動物件光流法偵測：光流法利用觀察成像平面上的像素運動，透過連續影像中各像素點的亮度變化，進行像素點的位置與方向估測，藉此推導出移動物的相對運動速度。使用時需先設定 Lucas-kanade 光流偵測函式之必要參數，例如迭代次數，比對視窗以及特徵點間最小距離等參數。再匯入物件特徵於函式中進行偵測，經由前後兩張影像之變動，抓取出像素點位置的移動及追蹤。當建立物件追蹤後，以框選物件顯示(圖 15)。

4.2.4 決策機制與人機介面

資料融合決策機制

本計畫單點光達與攝影機將獨立運作偵測障礙物。但因為單點光達偵測距離較短，而攝影機會受天氣光影變化所影響，兩種偵測系統皆會產生失效或誤判之問題。因此，將兩偵測系統進行整合補償其缺陷。本計畫以 MATLAB 中的曲面擬合工具箱 SFTOOL (Curve Fitting Toolbox) 進行資料的分析與學習演算並驗證轉換後之座標是否為另一感測器之座標位置。

依據 ARTC 網頁所提供的煞車距離及反應時間所示，反應時間為 0.3~0.6 秒，換踏時間為 0.15~0.25 秒，踏下時間為 0.05~0.15 秒，空走距離即為上述三者時間相加，如圖 16 所示，並以最大值 1 秒來進行計算。而制動距離即為汽車完全停止所需之時間，會依照每輛汽車而不同。

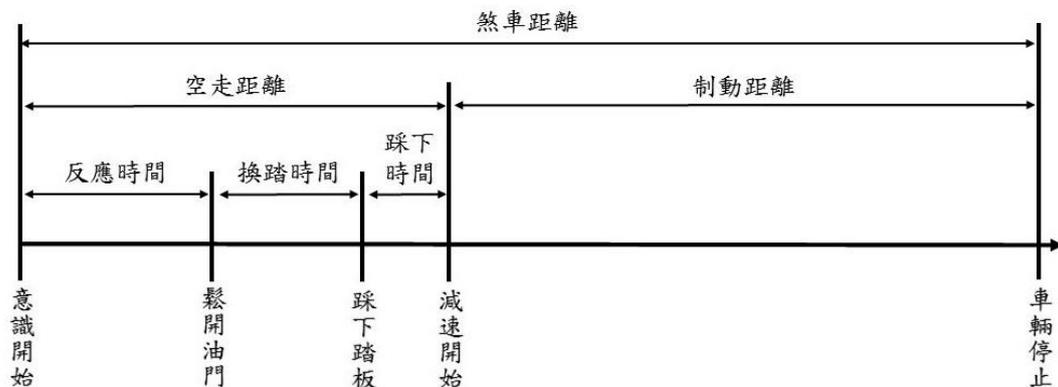


圖 16. 煞車距離示意圖

若是前方物件於 20 公尺處被偵測出，則駕駛可有 3.33 秒來做出反應動作，因此本計畫採用偵測空間以車前寬度±1.4 公尺、長度 2~20 公尺之範圍來標定出偵測系統的興

趣區間，其中車前 10~20 公尺以影像偵測為主，車前 10 公尺以內以影像及光達資料融合偵測為主。

人機介面

人機介面設計將分別顯示單點光達與影像偵測結果。車前 10~20 公尺物件以影像偵測為主，偵測結果顯示於人機介面左半部(圖 17)。車前 10 公尺以內物件以影像及光達資料融合偵測為主。偵測結果同時顯示於人機介面左、右半部(圖 18)。

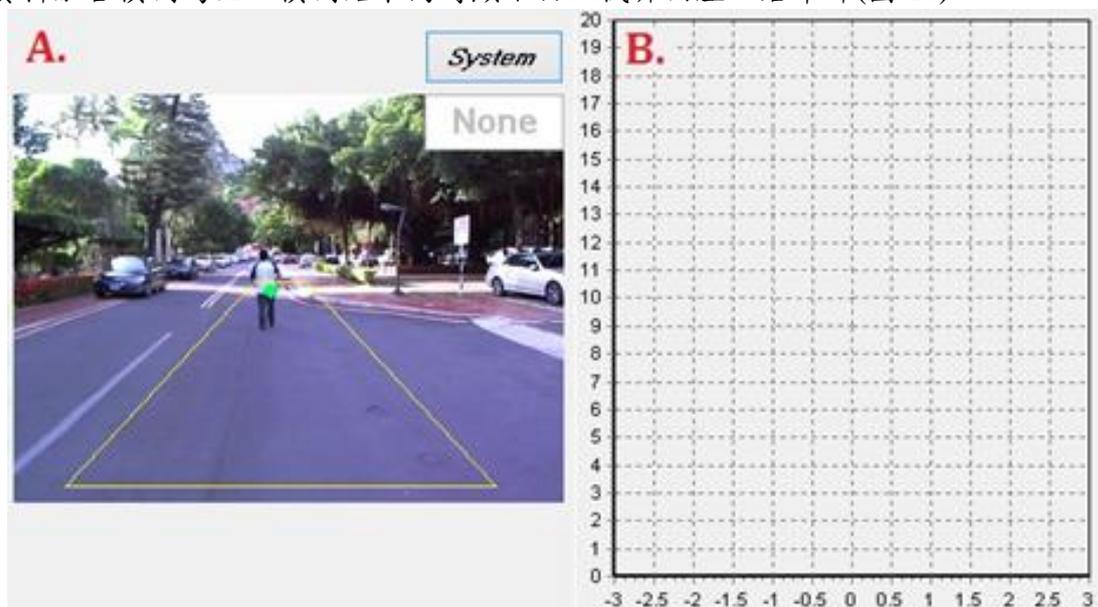


圖 17. 車前 10~20 公尺物件影像偵測示意圖

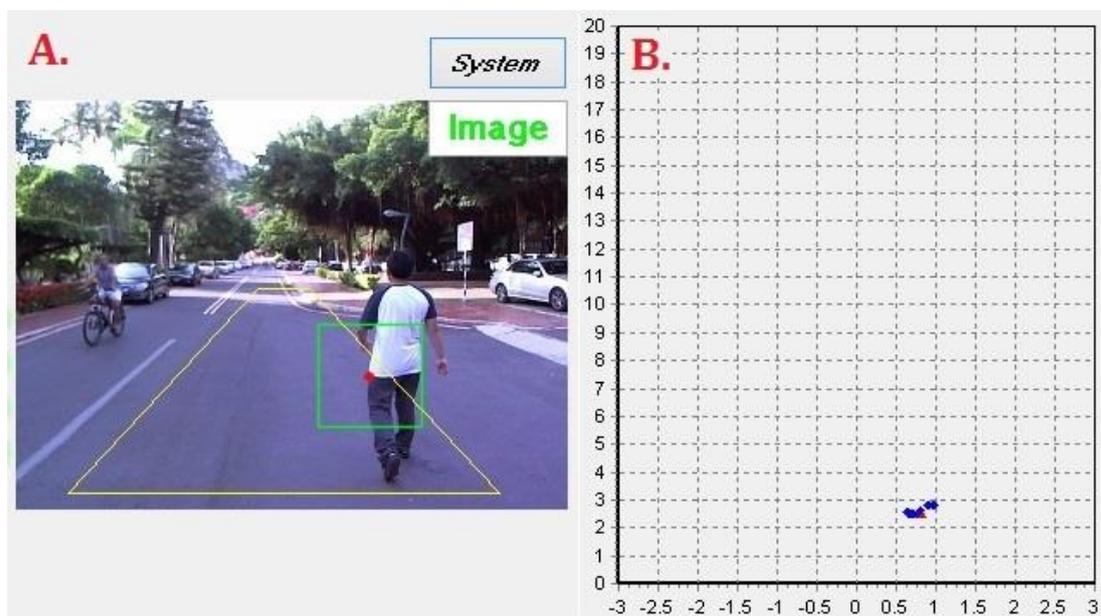


圖 18. 車前 10 公尺內物件影像(左)光達(右)偵測示意圖

4.3.系統驗證

4.3.1 實驗場景

實驗場景為國立中山大學校園中之平面道路進行系統偵測實驗，如圖 19 所示。



圖 19. 實驗場景

4.3.2 實驗想定

障礙物(包括汽車及行人)置於實驗車前。實驗車以固定車速接近障礙物並分別以攝影機及單點光達進行偵測。環境設定包括日、夜間多元情境以更接近實際行車狀況。

實驗想定一：

	障礙物	障礙物運動型態	實驗車車速
場景 1：CCRs	汽車	靜止	15km/h
場景 2：CCRm	汽車	3km/h	18km/h

驗證：

- (1) 實驗車可於車前 10~20 公尺以影像偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (2) 實驗車可於車前 10 公尺內以影像及單點光達偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (3) 當攝影機因天候光影變化失效時，實驗車可於車前 10 公尺內以單點光達偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (4) 當單點光達失效時，實驗車可於車前 10 公尺內以影像偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。

實驗想定二：

	障礙物	障礙物運動型態	實驗車車速
場景 1	行人	直行於車道	15km/h
場景 2	行人	橫行於車道	15km/h

驗證：

- (1) 實驗車可於車前 10~20 公尺以影像偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (2) 實驗車可於車前 10 公尺內以影像及單點光達偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (3) 當攝影機因天候光影變化失效時，實驗車可於車前 10 公尺內以單點光達偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。
- (4) 當單點光達失效時，實驗車可於車前 10 公尺內以影像偵測障礙物並於人機介面上警示駕駛者。

五、預期完成之工作項目及具體成果：

- 1.請列述執行期限內預期完成之工作項目。
- 2.對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻。
- 3.一年期以上之計畫，請分年列述。
- 4.本計畫如為延續性計畫，請就以上各點分別說明與延續性計畫之相關性。
- 5.說明相關完成之工作項目細部規格及允收標準。

5.1. 預期完成之工作項目：

- (1) 感知融合道路探勘系統雛型。
- (2) 技術文件(期中、期末各 1 份。期末技術報告附測試驗證結果)。
- (3) 合作發表 1 篇國外研討會論文。
- (4) 專利建議書 1 份。
- (5) 期中與期末至少各 1 次系統使用與演算法之教育訓練。
- (6) 研發成果轉移，含：系統使用與軟體安裝使用說明文件、程式變數與流程說明文件、演算法電子檔與程式碼模組、開發與測試驗證影片。
- (7) 至少擔任研討會講師一次。

5.2. 對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻。

- (1)人員在參與此研究之過程中，可學習到單點光達與影像之多感測器整合開發。同時可以學習到團隊合作及虛心學習與努力完成研究之精神。
- (2)培養碩士級學生人才。
- (3)參加與研究主題相關之國際研討會或競賽
- (4)研究成果可進行專利申請或技轉國內廠商。

5.3. 說明相關完成之工作項目細部規格及允收標準。

5.3.1 細部規格：

- (1)測距感測器為 LiDAR (單點)，影像感測器為攝影機。
- (2)系統可偵測的障礙物標的為車輛和行人。
- (3)系統可偵測距離為 2-20 m，偵測誤差 $\pm 10\%$ 。
- (4)系統可適用在相對速度 15kph 下偵測。
- (5)系統需經以下 4 種道路環境測試，並達到 9 成偵測率(在 10 次測試中至少有 9 次偵測到前方障礙物(偵測率 $\geq 90\%$))。
 - 車前障礙物(車)靜止
 - 車前障礙物(車)緩慢前進
 - 車前障礙物(人)直行移動
 - 車前障礙物(人)橫向移動

5.3.2 允收標準：

- (1)發展符合規格之障礙物偵測感知融合系統技術。
- (2)車輛和障礙物的位置需顯示於人機介面中。
- (3)根據障礙物之資訊提供駕駛者適當的危險警示。
- (4)融合演算法需具有單一感測器失效補償和決策機制。
- (5)系統測試情況除 4 種場景外，另需考慮天候和複雜場景影響，影像及 LiDAR 失效情況，並提供偵測率及結果分析說明。
- (6)分析雷達在短距離的測試情況，並與單點 LiDAR 做比較，提供分析說明。
- (7)提供國內或國際間相關技術應用之分析說明。

六、預定進度甘梯圖 (Gantt Chart)：

- 1.本表作為進度控制及檢討之依據。
- 2.工作項目：請視計畫性質及需要自行訂定。預定進度以粗線標示其起迄月份。
- 3.預定進度累計百分比：係為配合追蹤考核作業所需，請視工作性質就以下因素擇一估計訂定：(1)工作天數，(2)經費之分配，(3)工作之比重，(4)擬達成目標之具體數字。

月次	第1月	第2月	第3月	第4月	第5月	第6月	第7月	第8月	第9月	第10月	第11月	第12月	備註
異質感知融合車前物件辨識系統設計及分析	■	■											
實驗車加改裝		■	■										
系統人機介面設計			■	■									
單點光達偵測系統開發驗證			■	■	■	■							
影像偵測系統開發驗證			■	■	■	■							
資料融合決策系統開發驗證				■	■	■	■						
全系統整合測試						■	■	■					
模擬路況實驗驗證							■	■	■				
實際路況實驗驗證								■	■	■	■		
撰寫結案報告											■	■	
預定進度累計百分比 %		10	20	30		50	60	70	80		90	100	

七、主要研究人力：分為「主持人」、「共同主持人」、「協同研究人員」等類別。

類 別	姓 名	工作月數	在本研究計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍		
計畫主持人	彭昭暉	12	負責計畫之規劃、管理、協調		
主持人、共同主持人、協同研究人員近三年內曾參與之專題研究計畫。					
姓 名	計 畫 名 稱	計畫內擔任工作	起迄年月	補 助 機 構	
彭昭暉	智慧物聯雲實現智慧居家生活—子計畫六：智慧居家環境與安全評估系	主持人	105/8~106/7	科技部	
彭昭暉	結合地形分類與路面品質分析之智慧型道路檢測系統	主持人	104/8~105/7	科技部	
彭昭暉	雷射積層複合加工網宇實體系統開發(1/3)	共同主持人	105/10~106/9	科技部	
彭昭暉	智慧影像分析在物聯網的應用：智慧購物的技術研發(2/3)	共同主持人	105/3~106/2	科技部	
彭昭暉	凸輪傳動組件的先進製造技術開發	共同主持人	104/5~105/3	科技部	
姓名： <u>彭昭暉</u> 近五年相關之著作及研究報告：(A.期刊論文 B.研討會論文 C.著作) (以三頁為限)					
A. 期刊論文					
1. Jau-Woei Perng, Yi-Horng Lai (2016, Sep). Robust Longitudinal Speed Control of Hybrid Electric Vehicles with a Two-Degree-of-Freedom Fuzzy Logic Controller. Energies, 9(290) 1-15. 2. Jau-Woei Perng, Shan-Chang Hsieh, Li-Shan Ma, Guan-Yan Chen (2016, Jul). Design of Robust PI Control Systems Based on Sensitivity Analysis and Genetic Algorithms. Neural Computing & Applications, DOI 10.1007/s00521-016-2506-2. 3. Jau-Woei Perng, Guan-Yan Chen, Ya-Wen Hsu (2016, Feb). FOPID Controller Optimization Based on SIWPSO-RBFNN Algorithm for Fractional-order Time Delay Systems. Soft Computing, DOI 10.1007/s00500-016-2050-0. 4. Jau-Woei Perng and Yi-Horng Lai (2016, Jan). Synchronizing Fractional Order Model Uncertain Chaotic Systems with Unknown Parameters and Disturbances through Robust Adaptive Sliding Mode Control. ICIC Express Letters, Part B: Applications, 7(1), 91-96. 5. Jau-Woei Perng and Yi-Horng Lai (2015, Oct). Optimal Based Robust Fuzzy Parametric Uncertain Controller Design For a SMIB Power System Stabilizer. International Journal of					

- Innovative Computing, Information and Control, 11(5), 1691-1702.
6. Jau-Woei Perng, Guan-Yan Chen, Shan-Chang Hsieh (2014, Jan). Optimal PID Controller Design Based on PSO-RBFNN for Wind Turbine Systems. *Energies*, (7) 191-209. MOST 102-3113-P-110-006.
 7. Jau-Woei Perng (2013, Sep). Limit-cycle analysis of dynamic fuzzy control systems. *Soft Computing*, 17(9), 1553-1561.
 8. Jau-Woei Perng (2012, Dec). Application of parameter plane method to pilot induced oscillations. *Aerospace Science and Technology*, Vol. 23, No. 1, pp.140-145. (SCI).
 9. Jau-Woei Perng (2012, Jul). Stability analysis of parametric time-delay systems based on parameter plane method. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, Vol.8, No.7(A), pp. 4535-4546.
 10. Jau-Woei Perng, Yi-Hsuan Wen, Guan-Yan Chen, Wei-Jen Chang (2012, Jul). Intelligent Vehicle Driving Controller Design and Implementation Evaluation. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, Vol. 2, No. 7, pp.422-430.
 11. Jau-Woei Perng (2012, Apr). Describing function analysis of uncertain fuzzy vehicle control systems. *Neural Computing & Applications*, Vol. 21, No. 3, pp. 555-563.

B.研討會論文

1. Ya-Wen Hsu, Jau-Woei Perng, Zong-Han Wu (2016, Jul). Design and Implementation of an Intelligent Road Detection System with Multisensor Integration. 2016 International Conference on Machine Learning and Cybernetics.
2. Jau-Woei Perng, Guan-Yan Chen, Ya-Wen Hsu (2016, Apr). PID Control Design Based on PSO Methods for Power Systems. 2016 International Conference on Computer Science and Information Security.
3. Guan-Yan Chen, Jau-Woei Perng and Li-Shan Ma (2015, Dec). DSP Based BLDC Motor Controller Design with Auto Tuning PSO-PID Algorithm. 2015 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Nagoya, Japan.
4. Ya-Wen Hsu, Jau-Woei Perng and Hui-Li Liu (2015, Dec). Development of a Vision Based Pedestrian Fall Detection System with Back Propagation Neural Network . 2015 IEEE/SICE International Symposium on System Integration , Nagoya, Japan.
5. Yi-Horng Lai, Jau-Woei Perng and Li-Shan Ma (2015, Dec). Stability Margin Analysis of DC-DC Converter with Fuzzy Parametric Uncertainty. 2015 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Nagoya, Japan.
6. Jau-Woei Perng, Jia-Yi Lin, Ya-Wen Hsu, Li-Shan Ma (2014, Oct). Multi-sensor Fusion in Safety Monitoring Systems at Intersections. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, San Diego, USA.
7. Jau-Woei Perng, Pei-Lun Huang, I-Chieh Chiang, Tsu-Tian Lee (2013, Dec). System Integration of a Walking-aid Mobile Robot. 2013 International Automatic Control Conference, Nantou, Taiwan. NSC 99-2221-E-033-075-MY3.
8. Shan-Chang Hsieh, Guan-Yan Chen, Jau-Woei Perng and Der-Min Tsai (2013, Dec). PI Control Design Based on Genetic Algorithms and Parameter Space. International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, Taipei, Taiwan.
9. Jau-Woei Perng, Chia-Hui Tai, Chia-Hao Kuo, and Li-Shan Ma (2013, Sep). 3D Environment Mapping and Pothole Detection for a Mobile Robot. International Conference on Mechanical Engineering, Industrial Materials and Industrial Electronics, Hong Kong.
10. Jau-Woei Perng, Cheng-Kang Chuang, Wen-Hao Liu, Guan-Yan Chen (2012, Nov). Vision-based control for an autonomous transportation robot in intersections. Proceedings of 2012 CACS International Automatic Control Conference, Yunlin, Taiwan.
11. Jau-Woei Perng, Pei-Lun Huang, Guan-Yan Chen, Tsu-Tian Lee (2012, Nov). Development of an Intelligent Walking-aid Mobile Robot System. Proceedings of 2012

CACS International Automatic Control Conference, Yunlin, Taiwan.

12. Jau-Woei Perng, Cheng-Kang Chuang (2012, Aug). Vision-Based Human Following and Obstacle Avoidance for an Autonomous Robot in Intersections. The Sixth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, Kitakyushu, Japan.

