

97-84-5320
MOTC-IOT-96-IBB008

自動化路況資訊偵測系統 研發與示範(二)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 6 月

97 自動化路況資訊偵測系統研發與示範(二)

交通部運輸研究所

ISBN 978-986-01-4533-5

ISBN 條碼

GPN : 1009701342

定價 300 元

97-84-5320
MOTC-IOT-96-IBB008

自動化路況資訊偵測系統 研發與示範(二)

著者：卓訓榮、吳炳飛、莊晴光、周幼珍、瞿忠正、曾明德；
陳昭榮、古閔宇、高志忠、范崇瑞、楊智壬、劉世程、
梁立偉、洪順煌、劉治君、朱遂強、蕭文淵（影像）；
蔣夢儒、王紳、蔡昆宏、吳孟霖、陳昱光、藍健綸、
黃 恆、劉至剛、李日錦、徐嘉駿、傅昱瑄、王之音、
李宜珊、卓學榮（微波）；
吳玉珍、李霞

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 6 月

國家圖書館出版品預行編目資料

自動化路況資訊偵測系統研發與示範. 二 / 卓
訓榮等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運
研所, 民97.06

面 ; 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-01-4533-5(平裝)

1. 交通管理 2. 自動化 3. 管理資訊系統

557.15029

97011206

自動化路況資訊偵測系統研發與示範(二)

著 者：卓訓榮、吳炳飛、莊晴光、周幼珍、瞿忠正、曾明德；
陳昭榮、古閔宇、高志忠、范崇瑞、楊智壬、劉世程、梁立偉、
洪順煌、劉治君、朱遂強、蕭文淵（影像）；
蔣夢儒、王紳、蔡昆宏、吳孟霖、陳昱光、藍健綸、黃恆、劉至
剛、李日錦、徐嘉駿、傅昱瑄、王之音、李宜珊、卓學榮（微波）；
吳玉珍、李霞

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>圖書服務>本所出版品)

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國 97 年 6 月

印 刷 者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 130 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組 • 電話：(02)23496880

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1009701342 ISBN：978-986-01-4533-5 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：自動化路況資訊偵測系統研發與示範（二）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-4533-5（平裝）	政府出版品統一編號 1009701342	運輸研究所出版品編號 97-84-5320	計畫編號 96-IBB008
本所主辦單位：運輸資訊組 主管：吳玉珍 計畫主持人：吳玉珍 研究人員：李霞 聯絡電話：(02) 23496886 傳真號碼：(02) 25450426	合作研究單位：國立交通大學 計畫主持人：卓訓榮 協同主持人：吳炳飛、莊晴光、周幼珍、瞿忠正、曾明德 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：(03) 5710657		研究期間 自 96 年 3 月 至 96 年 12 月
關鍵詞：影像式車輛偵測器、微波式車輛偵測器、交通參數			
<p>摘要：</p> <p>車輛偵測系統為推動智慧型運輸系統重要的基礎設備，國內目前所使用之車輛偵測器多直接引進國外產品，不但價格昂貴，其後續的維護及相關技術受限於國外，同時並不完全適用於國內的路況特性。面臨民眾及交通管理單位對於即時路況資訊的迫切需求，94~95年本所與交通大學合作研發完成適用於臺灣交通環境特性並具合理成本之車輛偵測器雛型，以影像及微波式偵測技術為研發重點，經實測分析證實國內確實具有研發車輛偵測器的能量。在前期計畫中，持續改善影像、雷達微波之雛形，並進行功能改善，將所研發偵測器實際裝設於路側進行不同天候環境下之測試，在車種辨識、車流量及車速之準確率上皆有所提昇。</p> <p>在影像偵測器方面，本系統已具日、夜間暨破曉、黃昏時刻，多車道之車種、流量及車速之辨識能力，並完成與CCTV之整合試作；在微波偵測器方面，本研究研發了國內第一顆車輛偵測器的CMOS晶片，並且結合了自行研發之雙陣列天線，完成國內第一個微波偵測器之雛型，本期計畫除了改善硬體單元，亦開發後端相對應之辨識軟體，以及人性化之操作及維護介面，使所研發之車輛偵測器雛型更適用於不同環境及交通特性之應用。</p> <p>本研究期望藉由影像與雷達微波車輛偵測系統的研發，發展國內相關產業的技術，達到扶植技術研究與落實產品開發的目標，未來經過技術轉移，與國內廠商合作達產品化階段後，將可投入市場大量生產，進而大幅降低設備成本，減少公部門成本支出。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97年6月	424	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
<p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/>年 <input type="checkbox"/>月 <input type="checkbox"/>日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，<input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Development and Demonstration of Automatic Traffic Information Detection System (II)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 978-986-01-4533-5 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009701342	IOT SERIAL NUMBER 97-84-5320	PROJECT NUMBER 96-IBB008
DIVISION: Information Systems Division DIVISION DIRECTOR: Jennifer Yuh-Jen Wu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jennifer Yuh-Jen Wu PROJECT STAFF: Hsia Lee PHONE: (02) 23496886 FAX: (02) 25450426			PROJECT PERIOD FROM March 2007 TO December 2007
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hsun-Jung Cho ASSOCIATE INVESTIGATOR: Bing-Fei Wu, Ching-Kuang C. Tzuang, Yow-Jen Jou, Chung-Cheng Chiu, Ming-Te Tseng ADDRESS: 1001Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan, R.O.C. PHONE: (03) 571-0657			
KEY WORDS: Vision-based Vehicle detector, Microwave Radar Vehicle Detector, Traffic Parameter			
ABSTRACT: <p>Vehicle detectors are basic infrastructures for ITS development. In Taiwan, most traditional vehicle detectors are foreign products. Thus, implementation costs are very expensive, and maintenance and related techniques are dominated by foreign agencies. In addition, these detectors cannot perform very well under the sophisticated traffic environment in Taiwan, such as mixed traffic flow. In order to expand the sources of traffic information, IOT and NCTU teams have cooperated on the feasibility study of vehicle detector prototype development, in 2005. The team developed two kinds of vehicle detector prototypes, vision-based and microwave-based; their performances were successfully verified. In 2006 and 2007, we continue to improve detection technique and enhance accuracy under different-condition field tests.</p> <p>For the vision-based vehicle detector, the system can successfully identify vehicles in multiple lanes during day or night. The system was also integrated with CCTV feasibly. As for the microwave-based vehicle detector, we developed the CMOS IC vehicle detector (which is first developed in Taiwan) and the antennas and composed the embryo detection system. The prototype performed very well under primary testing. In 2007, we improved the hardware of the microwave-based vehicle detector and its identifying software with self-designed user interface.</p> <p>We hope the outcomes of the study could drive and cooperate with the domestic manufacturers to produce low-cost and high-accuracy vehicle detectors through technology transfer in the future. Furthermore, vehicle detectors could be implemented more comprehensively and provide more complete traffic information.</p>			
DATE OF PUBLICATION June 2008	NUMBER OF PAGES 424	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

前言

車輛偵測器為道路交通資料收集系統重要一環，所有交通管理策略必須依賴所蒐集之正確資訊，方能制定、分析與執行相關策略，並可由車輛偵測器即時取得現場交通資訊，即時反應到資訊可變標誌、全球資訊網伺服器網站，藉由資訊可變標誌、網頁將交通資訊提供給用路人，作為用路人選擇行駛路徑決策之參考。

國內目前除了高速公路及省道、都市部分重要瓶頸路段佈設車輛偵測器，以產生自動化之路況資訊外，其它路段則須由警廣與全國路況資訊中心取得事件資訊，使得用路者往往無法預知起始地與目的地間之道路狀況，因而錯失其選擇最佳路徑的機會，如此不但影響用路者行車品質及交通管理者的決策精準外，更影響整體道路的使用效率，進而增加社會成本。

長久以來，國內使用的車輛偵測器多採用國外產品，且價格及維護受限於國外廠商，同時國外產品對於國內複雜的交通環境（如機車）在偵測上更有所限制，而民眾及交通管理單位對於即時路況資訊的需求日益迫切。為了落實擴充路況資訊之構想，94年起本所陸續與產官學研進行偵測器的研發，第1年與交通大學合作探討研發適用於臺灣交通環境特性並具合理成本車輛偵測器之可行性，以影像及微波式偵測技術為研發重點，經初步實測，證實國內確實具有研發車輛偵測器的能力；第2年進行系統雛型研發與功能提昇及改善；第3年則持續進行更多面向的功能擴充、測試及改善，期望能精簡硬體單元，搭配有效率之自動化學習軟體演算法，以及人性化之操作及維護介面，使所研發之車輛偵測器雛型更適用於不同環境及交通特性之應用。

本年度計畫內容延續前期所研發車輛偵測器雛型之成果，分別就影像式車輛偵測器及微波式車輛偵測器2部分進行探討分析，內容包含系統改善、功能提昇及實測資料分析等。

影像式車輛偵測器

目 錄

目 錄.....	目錄-I
圖目錄.....	目錄-IV
表目錄.....	目錄-XI
第一章 緒 論.....	1-1
1.1 研究背景與目的.....	1-1
1.2 與前期計畫關聯性.....	1-1
1.3 前期計畫研究成果.....	1-2
1.3.1 前期偵測器裝設位置概述.....	1-3
1.3.2 前期系統整合介面外觀.....	1-4
1.3.3 前期偵測器資料統計結果.....	1-8
1.4 本期計畫目標項目.....	1-35
1.5 文獻回顧.....	1-36
1.6 研究方法概述.....	1-38
第二章 系統硬體架構.....	2-1
2.1 硬體架構說明.....	2-1
2.2 硬體組成.....	2-1
2.3 實驗地點架設.....	2-14
第三章 系統軟體偵測原理.....	3-1
3.1 彩色影像背景擷取.....	3-2
3.2 物件切割與辨識.....	3-16
3.3 即時多車輛追蹤.....	3-28
3.4 系統偵測參數說明.....	3-37

3.5	系統介面說明	3-40
第四章	實測分析	4-1
4.1	台 68 快速公路實測數據	4-1
4.2	臺北市敦化南路實測數據	4-5
4.3	市區道路異常事件偵測評估分析	4-12
4.4	系統離型功能評估	4-19
4.4.1	偵測器功能分析	4-19
4.4.2	事件偵測試作	4-20
第五章	與 CCTV 整合試作	5-1
5.1	影像取得	5-1
5.1.1	雪山隧道	5-1
5.1.2	八卦山隧道	5-7
5.1.3	臺北交控中心	5-9
5.2	CCTV 影像特性分析	5-13
5.2.1	隧道內光線變化影響	5-14
5.2.2	影像幅數(Frame)分析	5-17
5.3	事件分類	5-19
5.4	CCTV 整合系統之關鍵技術說明	5-22
5.4.1	背景擷取	5-23
5.4.2	車輛切割	5-28
5.4.3	車輛偵測	5-32
5.4.4	車輛追蹤	5-34
5.4.5	車輛壅塞	5-39
5.4.6	變換車道	5-39
5.4.7	掉落物事件	5-41
5.4.8	靜止車輛	5-43
5.5	影像式車輛辨識系統整合於臺北市 CCTV 之試作分析	5-44

5.6	事件偵測實測分析	5-46
5.7	結語	5-51
第六章	系統建置及實際運作整體架構	6-1
6.1	影像式車輛偵測器建置規範建議	6-1
6.2	與 CCTV 整合之建置規範建議	6-2
6.2.1	每秒影像幅率規範	6-3
6.2.2	架設地點與高度建議	6-5
6.2.3	隧道內架設建議	6-5
6.3	影像式車輛偵測器路側端及中心端實際運作架構建議	6-6
第七章	結論與建議	7-1
7.1	影像式車輛偵測器離型系統準確率分析	7-1
7.2	結論與建議	7-5
參 考 文 獻	參-1
附錄 1	簡報	A.1-1
附錄 2	期中、期末審查會議紀錄暨意見回覆	B-1

圖目錄

圖 1.3-1 前期(95 年度)影像式偵測器裝設位置圖	1-2
圖 1.3.1-1 中華路五段 684 巷路口車道示意圖	1-3
圖 1.3.1-2 東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段車道示意圖	1-4
圖 1.3.2-1 前期系統整合介面外觀	1-4
圖 1.3.2-2 前期系統介面外觀區塊	1-5
圖 1.3.2-3 影像監視區	1-5
圖 1.3.2-4 車道運動車輛資訊區	1-6
圖 1.3.2-5 系統操作區	1-7
圖 1.3.2-6 功能鍵觸發對話框	1-7
圖 1.3.2-7 合作伙伴標示區	1-8
圖 1.3.3.1-1 尖峰時段(0640~0740)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖	1-9
圖 1.3.3.1-2 尖峰時段(0740~0840)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖	1-9
圖 1.3.3.1-3 尖峰時段(0640~0740)大型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-10
圖 1.3.3.1-4 尖峰時段(0640~0740)小型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-10
圖 1.3.3.1-5 尖峰時段(0640~0740)機車流量準確率比較圖－中華路五段	1-11
圖 1.3.3.1-6 尖峰時段(0740~0840)大型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-11
圖 1.3.3.1-7 尖峰時段(0740~0840)小型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-12
圖 1.3.3.1-8 尖峰時段(0740~0840)機車流量準確率比較圖－中華路五段	1-12
圖 1.3.3.1-9 離峰時段(1240~1340)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖	1-13

圖 1.3.3.1-10 離峰時段(1240~1350)大型車流量準確率比較圖—中華路五段	1-13
圖 1.3.3.1-11 離峰時段(1240~1350)小型車流量準確率比較圖—中華路五段	1-14
圖 1.3.3.1-12 離峰時段(1240~1350)機車流量準確率比較圖—中華路五段	1-14
圖 1.3.3.1-13 尖峰時段(0700~0800)東西向快速道路系統辨識率圖	1-15
圖 1.3.3.1-14 尖峰時段(0700~0800) 大型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-15
圖 1.3.3.1-15 尖峰時段(0700~0800) 小型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-16
圖 1.3.3.1-16 尖峰時段(0700~0800) 機車流量準確率比較圖 —東西向快速 公路	1-16
圖 1.3.3.1-17 離峰時段(1212~1312)時段東西向快速道路系統辨識率圖	1-17
圖 1.3.3.1-18 離峰時段(1212~1312)大型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-17
圖 1.3.3.1-19 離峰時段(1212~1312)小型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-18
圖 1.3.3.1-20 離峰時段(1212~1312)機車流量準確率比較圖 —東西向快速 公路	1-18
圖 1.3.3.1-21 離峰時段(1312~1412)大型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-19
圖 1.3.3.1-22 離峰時段(1312~1412)小型車流量準確率比較圖 —東西向快 速公路	1-19
圖 1.3.3.1-23 中華路五段車速準確率比較圖	1-20
圖 1.3.3.1-24 中華路五段車速準確率辨識率圖	1-20
圖 1.3.3.1-25 東西向快速公路車速準確率比較圖	1-21
圖 1.3.3.1-26 東西向快速公路車速準確率辨識率圖	1-21
圖 1.3.3.2-1 夜間時段中華路五段 684 巷巷口景像	1-22
圖 1.3.3.2-2 夜間時段大型車流量準確率比較圖—中華路五段	1-23
圖 1.3.3.2-3 夜間時段小型車流量準確率比較圖—中華路五段	1-23

圖 1.3.3.2-4	夜間時段機車流量準確率比較圖－中華路五段	1-24
圖 1.3.3.2-5	夜間時段中華路五段系統流量辨識率圖	1-24
圖 1.3.3.2-6	夜間時段大型車流量準確率比較圖－東西向快速公路	1-25
圖 1.3.3.2-7	夜間時段小型車流量準確率比較圖－東西向快速公路	1-25
圖 1.3.3.2-8	夜間時段機車流量準確率比較圖－東西向快速公路	1-26
圖 1.3.3.2-9	夜間時段東西向快速公路系統流量辨識率圖	1-26
圖 1.3.3.3-1	日夜交替時段大型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-27
圖 1.3.3.3-2	日夜交替時段小型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-27
圖 1.3.3.3-3	日夜交替時段機車流量準確率比較圖－中華路五段	1-28
圖 1.3.3.3-4	日夜交替時段中華路五段系統流量辨識率圖	1-28
圖 1.3.3.4-1	雨天時段中華路五段 684 巷巷口景像	1-29
圖 1.3.3.4-2	雨天大型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-29
圖 1.3.3.4-3	雨天小型車流量準確率比較圖－中華路五段	1-30
圖 1.3.3.4-4	雨天機車流量準確率比較圖－中華路五段	1-30
圖 1.3.3.5-1	國道一號南下 48 公里處前期(95 年度)計畫試作結果	1-32
圖 1.3.3.5-2	國道一號南下 34 公里處前期(95 年度)計畫試作結果	1-33
圖 1.3.3.5-3	國道一號北上 66 公里處前期(95 年度)計畫試作結果	1-34
圖 1.5-1	車輛偵測系統流程圖	1-39
圖 2.1-1	硬體單元示意圖	2-1
圖 2.2-1	KMS-63W3N-CCD 攝影機	2-2
圖 2.2-2	8mm 鏡頭	2-5
圖 2.2-3	GL-607 室外用防護罩	2-6
圖 2.2-4	微星 MS6404 準系統電腦	2-8
圖 2.2-5	ADLink - RTV24 高速影像擷取卡	2-9
圖 2.2-6	ADSL 數據機(康全 CT-511C)	2-11
圖 2.2-7	東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口門型鋼架	2-12
圖 2.2-8	43.5x38.5 訊號控制箱	2-14
圖 2.3-1	交通部運輸研究所空照圖	2-16
圖 2.3-2	交通部運輸研究所空照示意圖	2-16
圖 2.3-3	交通部運輸研究所空照示意圖	2-17
圖 2.3-4	交通部運輸研究所前車道示意圖	2-17

圖 2.3-5 太陽日照所產生的樹蔭	2-19
圖 2.3-6 敦化北路背景測試	2-19
圖 2.3-7 新竹市中華路背景測試	2-20
圖 2.3-8 路燈遮蔽所產生的樹蔭	2-20
圖 2.3-9 臨時照明設計圖	2-21
圖 2.3-10 活動燈架架設過程	2-22
圖 2.3-11 活動燈架架設前	2-23
圖 2.3-12 活動燈架架設後	2-23
圖 2.3-13 運研所前進行照明設備架設	2-24
圖 2.3-14 輔助光源裝設	2-24
圖 2.3-15 輔助光源架設後	2-24
圖 2.3-16 日、夜影像概況	2-25
圖 3-1 影像處理軟體架構圖	3-1
圖 3.1-1 即時彩色背景擷取程序圖	3-2
圖 3.1-2 燈光切換瞬間背景相減示意圖與結果	3-5
圖 3.1-3 背景更新流程圖	3-6
圖 3.1-4 燈光切換偵測區示意圖	3-7
圖 3.1-5 燈光切換的背景更新示意圖	3-11
圖 3.1-6 車道線偵測流程	3-12
圖 3.1-7 Sobel 遮罩	3-13
圖 3.1-8 背景影像進行 Sobel 邊緣偵測	3-13
圖 3.1-9 背景邊緣影像連通後影像	3-14
圖 3.1-10 斜率和截距相近線段	3-15
圖 3.1-11 車道劃分	3-15
圖 3.2-1 即時彩色背景擷取程序圖	3-16
圖 3.2-2 物件是否切割流程圖	3-17
圖 3.2-3 在車道線上物件判斷可切割	3-18
圖 3.2-4 在車道線上物件判斷不可切割	3-19
圖 3.2-5 陰影消除的方塊圖	3-20
圖 3.2-6 陰影消除示意圖	3-21
圖 3.2-7 連通後結果	3-22

圖 3.2-8	8 連通示意圖	3-23
圖 3.2-9	連通物件	3-24
圖 3.2-10	連通法流程圖	3-25
圖 3.3-1	即時多車輛追蹤程序圖	3-28
圖 3.3-2	追蹤參考點	3-29
圖 3.3-3	移動物體對應法流程	3-30
圖 3.3-4	車輛追蹤連續影像	3-31
圖 3.3-5	出現雜訊有追蹤未給予統計	3-33
圖 3.3-6	正確追蹤車輛	3-34
圖 3.4-1	等候長度示意圖	3-39
圖 3.4-2	等候長度側視圖	3-39
圖 3.5-1	本期系統整合介面外觀	3-42
圖 3.5-2	前期系統整合介面外觀	3-42
圖 3.5-3	本期系統介面外觀區塊	3-43
圖 3.5-4	影像監視區	3-43
圖 3.5-5	車道運動車輛資訊區	3-44
圖 3.5-6	系統操作區	3-44
圖 4.1-1	系統日出及日落時段，系統辨識準確度分析圖	4-2
圖 4.1-2	系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖	4-2
圖 4.2-1	系統日出及日落時段，系統辨識準確度分析圖	4-6
圖 4.2-2	系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖	4-6
圖 4.3-1	掉落物偵測	4-13
圖 4.3-2	行人違規穿越馬路	4-14
圖 4.3-3	車輛違規逆向行駛	4-15
圖 4.3-4	車輛違規路邊停放	4-16
圖 4.3-5	員樹林天橋作業	4-17
圖 4.3-6	員樹林壅塞路段示意	4-17
圖 4.3-7	壅塞偵測	4-18
圖 4.3-8	等待長度及壅塞偵測	4-19
圖 5.1.1-1	錄製雪山隧道影像資料之小型 PC	5-2
圖 5.1.1-2	雪山隧道機房內之影像多工器	5-2

圖 5.1.1-3 機房內錄影程式畫面	5-2
圖 5.1.1-4 雪山隧道 CCTV 編號 2076 攝影機畫面	5-3
圖 5.1.1-5 雪山隧道 CCTV 編號 2073 攝影機畫面	5-4
圖 5.1.1-6 雪山隧道 CCTV 編號 2069 攝影機畫面	5-5
圖 5.1.1-7 雪山隧道 CCTV 編號 2068 攝影機畫面	5-6
圖 5.1.2-1 八卦山隧道火燒車救災演習	5-8
圖 5.1.2-2 八卦山數位化監視系統畫面(相機翻拍)	5-8
圖 5.1.3-1 建國南路_信義路 CCTV 影像時間列表	5-9
圖 5.2-1 完整雪山隧道 CCTV 影像資料共 465GB	5-13
圖 5.2-2 以小時為單位整理所有的影像資料	5-13
圖 5.2.1-1 雪山隧道照明分區及輝度曲線圖	5-14
圖 5.2.1-2 隧道內燈光開啟狀況	5-15
圖 5.2.1-3 隧道內燈光關閉狀況	5-16
圖 5.2.2-1 FPS 為 1 之擷取影像	5-17
圖 5.2.2-2 FPS 為 3 之擷取影像	5-18
圖 5.3-1 隧道內壅塞狀況	5-19
圖 5.3-2 隧道內變換車道	5-20
圖 5.3-3 隧道內無故停止	5-21
圖 5.4-1 CCTV 影像有效偵測區域示意	5-22
圖 5.4.1-1 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機連續影像	5-24
圖 5.4.1-2 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像	5-24
圖 5.4.1-3 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機連續影像	5-25
圖 5.4.1-4 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像	5-25
圖 5.4.1-5 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機連續影像	5-26
圖 5.4.1-6 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像	5-26
圖 5.4.1-7 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機連續影像	5-27
圖 5.4.1-8 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像	5-27
圖 5.4.2-1 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機物件切割成果	5-28
圖 5.4.2-2 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機物件切割成果	5-29
圖 5.4.2-3 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機物件切割成果	5-30
圖 5.4.2-4 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機物件切割成果	5-31

圖 5.4.3-1 雪山隧道編號 2069 攝影機車輛偵測影像	5-32
圖 5.4.3-2 雪山隧道編號 2068 攝影機車輛偵測影像	5-33
圖 5.4.4-1 垂直軌跡示意圖	5-35
圖 5.4.4-2 水平軌跡示意圖	5-35
圖 5.4.4-3 水平校正示意圖	5-35
圖 5.4.4-4 雪山隧道編號 2068 攝影機連續影像車輛追蹤	5-37
圖 5.4.4-5 雪山隧道編號 2069 攝影機連續影像車輛追蹤	5-38
圖 5.5-1 臺北市建國高架橋信義路段 CCTV 影像試作成果	5-45
圖 5.6-1 無事件之原始車輛偵測流程圖	5-46
圖 5.6-2 事件警示車輛偵測流程圖	5-47
圖 5.6-3 連續影像靜止車輛偵測	5-48
圖 5.6-4 連續影像之變換車道	5-49
圖 5.6-5 連續影像之變換車道	5-50
圖 5.7-1 車輛間距示意圖	5-51
圖 6.2.3-1 車輛交疊示意圖	6-6
圖 7.1-1 台 68 快速公路武陵交流道口測試結果	7-2
圖 7.1-2 敦化北路交通部運輸研究所前測試結果	7-3
圖 7.1-3 台 68 快速公路武陵交流道口各種天候辨識統計結果	7-3
圖 7.1-4 系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖	7-4
圖 7.1-5 台 68 快速公路武陵交流道口各種天候辨識分析影像	7-5

表目錄

表 2.2-1 KMS-63W3N-CCD 攝影機	2-3
表 2.2-2 KMS-63W3N-CCD 攝影機優點	2-4
表 2.2-3 8mm 鏡頭規格	2-5
表 2.2-4 GL-607 室外用防護罩規格	2-7
表 2.2-5 康全 CT-511C 規格	2-10
表 3.2-1 實際車輛的長度及寬度	3-26
表 3.2-2 車輛視覺長度及寬度在中華路	3-26
表 4.1-1 車流量準確率統計表—台 68 快速公路	4-3
表 4.1-2 台 68 快速公路車速準確率統計表	4-4
表 4.2-1 車流量準確率統計表—交通部運輸研究所	4-7
表 4.2-2 交通部運輸研究所前車速準確率統計表	4-8
表 4.2-3 車流量準確率統計表—交通部運輸研究所(第一車道)	4-9
表 4.2-4 車流量準確率統計表—交通部運輸研究所(第二車道)	4-10
表 4.2-5 車流量準確率統計表—交通部運輸研究所(第三車道)	4-11
表 4.2-6 車流量準確率統計表—交通部運輸研究所	4-12
表 5.1-1 CCTV 影像特性分析	5-11
表 5.5-1 影像式車輛辨識系統整合於臺北市 CCTV 之試作分析	5-44

第一章 緒 論

1.1 研究背景與目的

根據目前各國交通單位實測評估報告中指出，於未來 ITS (Intelligent Transportation Systems) 的發展上，影像式車輛偵測器將逐步成為自動化路況資訊偵測系統的重要一環，透過影像式車輛偵測器，除了可以產生交通量、速度等相關交通參數，其影像辨識之演算邏輯並能與交控中心之 CCTV 加以整合，使它具有直觀的車流影像資訊，便於掌握交通動態，進而適時處置交通突發事件及採取適當的控制策略等，使得影像式車輛偵測器在 ITS 的發展上具有一定的重要性。

影像式車輛偵測器主要是由攝影機及控制處理器 2 部分組成，其偵測器系統功能在於利用現行道路用之監視攝影機來拍攝路面的連續影像，再經由控制處理器依影像處理及電腦視覺之概念運用，偵測出於道路上行駛的車輛，同時加以辨識與分析，控制處理器除了對各車道車輛精確的計數外，亦可依照辨識出的車輛，計算出各種車輛的車速、車種、車間距...等等的交通資訊，同時提供直觀式之即時影像畫面。

本研究期望可以研發具偵測國內複雜交通環境、降低系統設置成本與提高未來維修與改良空間之車輛偵測器，透過本研究成果的技術研發，將可提昇國內相關產業技術，達到扶植產學研之技術研究與落實產品開發的目標，未來經過技術轉移，與國內廠商合作達產品化階段後，將可投入市場大量生產，進而大幅降低設備成本，對於未來普遍設置偵測器以提供塞車資訊及提昇產業競爭力有莫大助益。

1.2 與前期計畫關聯性

94 年起本所陸續與產官學研進行影像式車輛偵測器的研發，第 1 年(94 年度)與交通大學合作研發完成適用於臺灣交通環境特性並具合理成本之影像式車輛偵測器雛型研發，其部分試作功能已超越國外產品，證實國內確實具有研發車輛偵測器的能量。第 2 年(95 年度)進行

功能之提昇及改善，同時在新竹市中華路五段以及新竹東西向快速公路武陵交流道口附近實地架設測試，並且完成初步系統介面設計。

本年度，除了持續進行更多面向的功能擴充、測試及改善，以期所研發之偵測器更適用於不同環境及交通特性之應用外，在測試地點方面，新增了交通狀況相當複雜的敦化北路(本所前方路段)以及雪山隧道，在偵測項目部份則納入事件偵測的試作，同時，考量到所開發系統與實務單位已建置 CCTV 之整合，本研究擷取臺北市交控中心 CCTV 影像系統所提供的影像進行車輛偵測之試作，以作為未來將車輛/事件偵測系統與 CCTV 整合之重要依據。

1.3 前期計畫研究成果

前期(95 年度)開發之影像式車輛偵測器，在考量 1 小時內所行駛車種之多樣性及一般市區道路會有汽機車混雜行駛之因素，擇新竹市中華路五段 684 巷巷口(N 24°45'54",E 120°54'50")及東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口(N 24°49'34",E 120°58'13")設置影像式偵測器各乙部(地圖位置如圖 1.3-1 所示)，進行現地影像擷取分析測試，前期偵測器裝設位置概述、系統整合介面外觀及資料統計結果如後述。



圖 1.3-1 前期(95 年度)影像式偵測器裝設位置圖

1.3.1 前期偵測器裝設位置概述

一、中華路五段 684 巷路口(N 24°45'54",E 120°54'50")

此路口係由中華路及中華路 684 巷所組成的岔型路口（如圖 1.3.1-1），由現場觀察發現，該路段由於鄰近工廠及地處連繫新竹市與南向交通之樞紐，故在任一時段均可見大型車輛行經。中華路路面寬約 20 公尺雙向 4 線混合車道，車道以中央分隔島分隔南北向車道，每一車道寬均約 3.9 公尺，其兩側均設有約 2~3 公尺的路肩及約 3~4 公尺的行人道。



圖 1.3.1-1 中華路五段 684 巷路口車道示意圖

二、東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口(N 24°49'34",E 120°58'13")

此一為快速公路台 68 線交流道口，由南寮至竹東（由西向東）銜接新竹市武陵路，貫連新竹市區與郊區。路面寬約 26 公尺雙向 4 車道，以中央護欄分隔南北向車流，每一車道寬均約 4 公尺，兩側均設有約 2~3 公尺的路肩，如圖 1.3.1-2 所示，尖峰時段進出該交流道口車輛頻繁。



圖 1.3.1-2 東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段車道示意圖

1.3.2 前期系統整合介面外觀

前期研究計畫採行以 Microsoft Visual C++ 為系統之主要編譯軟體，進行系統整合，前期系統整合介面外觀如圖 1.3.2-1 所示，介面外觀大致可區分為影像監視區、車道運動車輛資訊區、系統操作區及合作伙伴標示區 4 區塊如圖 1.3.2-2。



圖 1.3.2-1 前期系統整合介面外觀



圖 1.3.2-2 前期系統介面外觀區塊

系統介面操作簡述如下：

一、影像監視區：

本區主要顯示目前 CCD 攝影機即時監控所得影像，影像中辨識框顏色依車型及追蹤程度共計區分為 4 種顏：

1. 灰 色：大型車（如圖 1.3.2-3a）
2. 紅 色：機車（如圖 1.3.2-3b）
3. 粉紅色：小型車（如圖 1.3.2-3c）
4. 淡藍色：已追蹤但尚未辨識車型（如圖 1.3.2-3c）

大部份車輛在尚未進入辨識區前，皆先以淡藍色追蹤框標示，待被追蹤車輛進入系統所設定之辨識範圍，系統即依相關演算法對移動車輛進行辨識，當符合相關車種條件後，則依其標繪相對應車種之追蹤框完成辨識工作。



(a)灰色：大型車； (b)紅色：機車； (c)粉紅色：小型車

圖 1.3.2-3 影像監視區

二、車輛資訊區：

本區可同時顯示各車道內移動車輛車種的累加數量及不斷顯示更新在辨識區內之即時車速，另於該區最右邊附加顯示 3 車道所經各型車種累加及總和數量，如圖 1.3.2-4。



圖 1.3.2-4 車道運動車輛資訊區

三、系統操作區：

本區包含 7 個功能鍵及 1 個條件輸入框(如圖 1.3.2-5)，各鍵功能詳述如下：

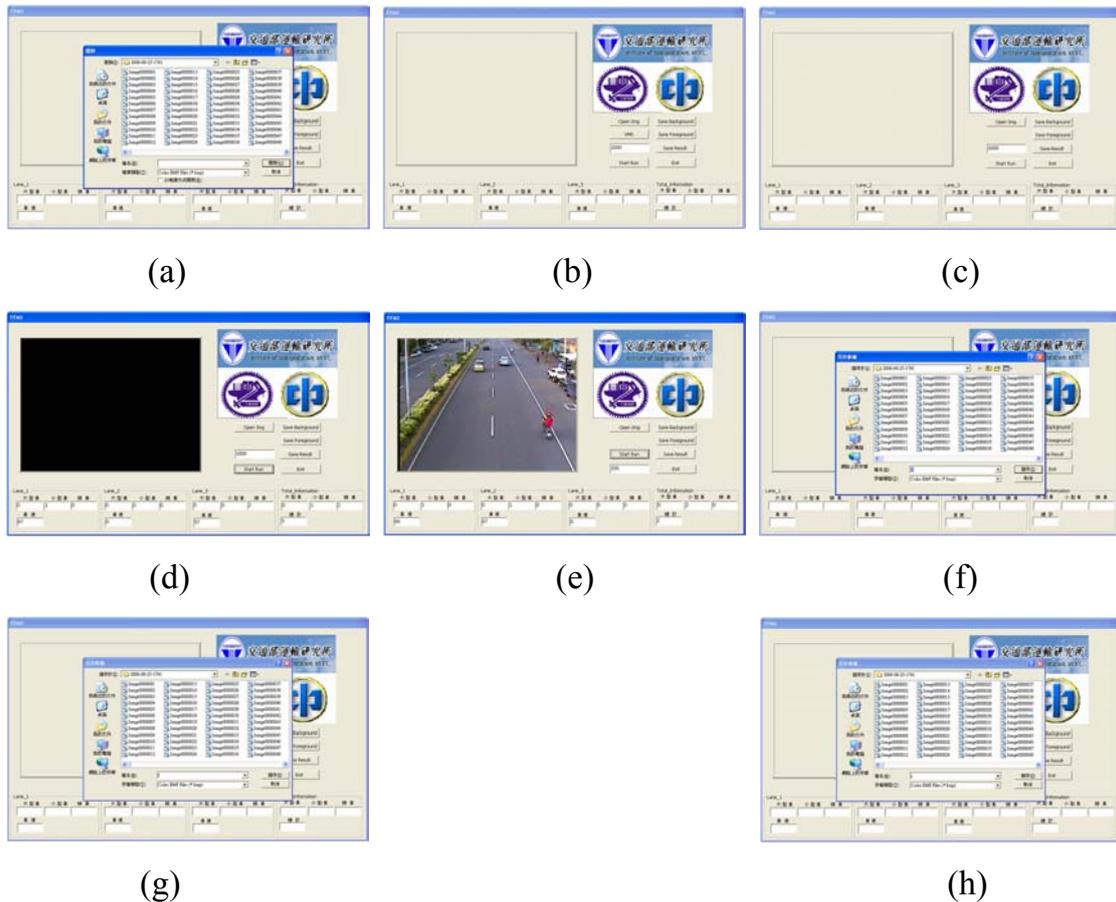
1. Open Img：開啟所要辨識圖檔的首張影像，其所觸發之對話框如圖 1.3.2-6a 及圖 1.3.2-6b。
2. VMS：使系統完成各項初始設定，此一功能鍵在使用者觸擊後，功能鍵將自動消失，此時系統將自行偵測影像完成各項參數設定，其所觸發之狀態如圖 1.3.2-6c。
3. Start Run：功能鍵在觸擊後，系統會先使影像監視區呈現黑色(約 2~3 秒)，系統此時正自行進行背影影像收斂，在自動完成背影收斂後系統正式執行車輛偵測辨識功能，如圖 1.3.2-6d 及圖 1.3.2-6e。
4. Save Background：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成背景收斂的結果，其所觸發之狀態如圖 1.3.2-6f。
5. Save Foreground：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成之前景切割結果，其所觸發之狀態如圖 1.3.2-6g。
6. Save Result：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成車輛辨識的結果，其所觸發之狀態如圖 1.3.2-6h。

7. Exit：離開操作區。

8. 條件輸入框：讓操作者輸入欲完成的影像張數。



圖 1.3.2-5 系統操作區



(a),(b) Open Img 功能鍵觸發對話框；(c)VMS 功能鍵觸發對話框；
(d),(e) Start Run 功能鍵觸發對話框；(f) Save Background 功能鍵觸發對話框；
(g) Save Foreground 功能鍵觸發對話框；(h) Save Result 功能鍵觸發對話框

圖 1.3.2-6 功能鍵觸發對話框

四、合作伙伴標示區：

本區分別由本所、國立交通大學及國防大學中正理工學院 3 單位徽章所組成，並共同協力完成此一系統之研發(如圖 1.3.2-7)。



圖 1.3.2-7 合作伙伴標示區

1.3.3 前期偵測器資料統計結果

前期偵測器分別於日、夜間、日夜交替及雨天時段進行測試，其測試結果概述如下：

1.3.3.1 日間準確率(含尖、離峰時段)

實測數據為前期影像式車輛偵測器於中華路五段 684 巷巷口 (N 24°45'54", E 120°54'50")及東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口 (N 24°49'34", E 120°58'13")之車行數量，並以人工計數方式與其比較，計算準確率。實際觀測時間為 6 小時(7~9 尖峰時段各 2 小時，離峰時段各 1 小時)，準確率計算方式為每分鐘誤差數的總和取絕對值之後再除以人工計數車輛總和，而車速之準確率則是將系統所得之車速與雷射槍所測得之結果相較所獲之準確率，如圖 1.3.3.1-1~圖 1.3.3.1-26 所示。

車流量：中華路五段／尖峰時段 (0640~0740、0740~0840)

中華路尖峰時段車輛偵測的平均準確率在 95 年度計畫成果統計中，兩個時段分別為 97%、96.97%，與 94 年度系統所進行準確率比較

之說明如圖 1.3.3.1-1 與圖 1.3.3.1-2(以兩個時段分別顯示)，車種準確率則以圖表方式呈現於圖 1.3.3.1-3 ~ 圖 1.3.3.1-8。

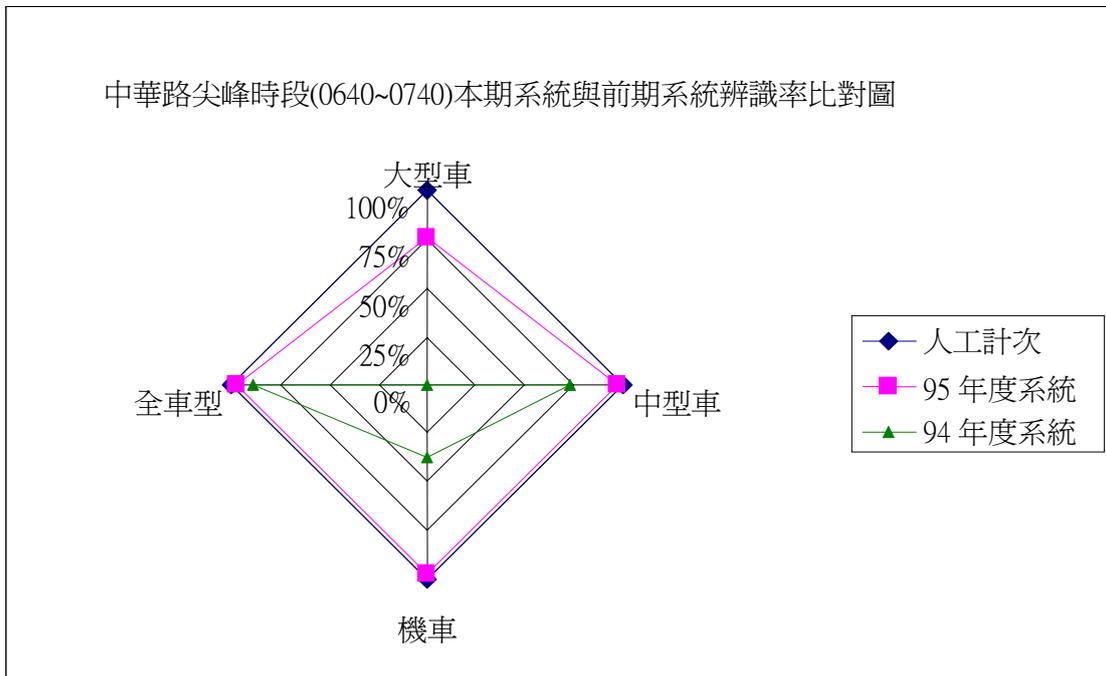


圖 1.3.3.1-1 尖峰時段(0640~0740)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖

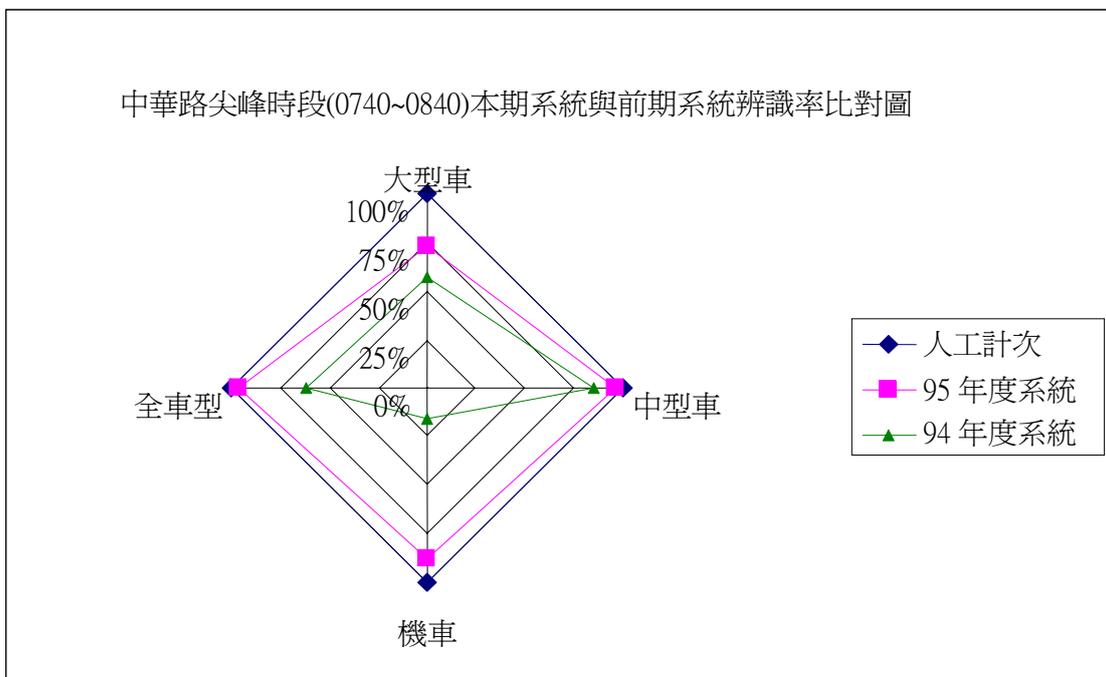


圖 1.3.3.1-2 尖峰時段(0740~0840)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖

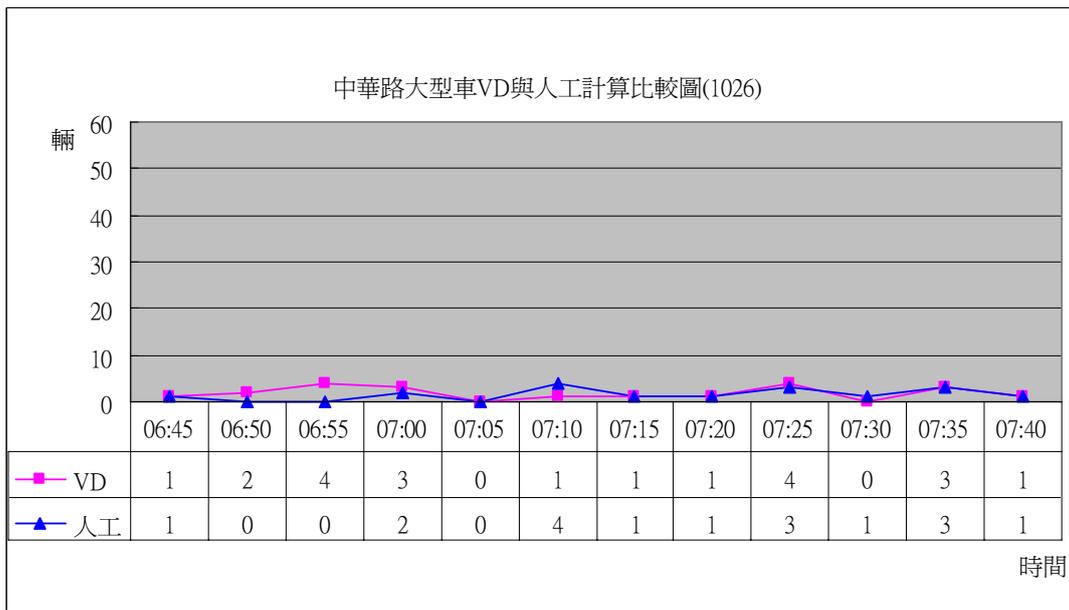


圖 1.3.3.1-3 尖峰時段(0640~0740)大型車流量準確率比較圖－中華路五段

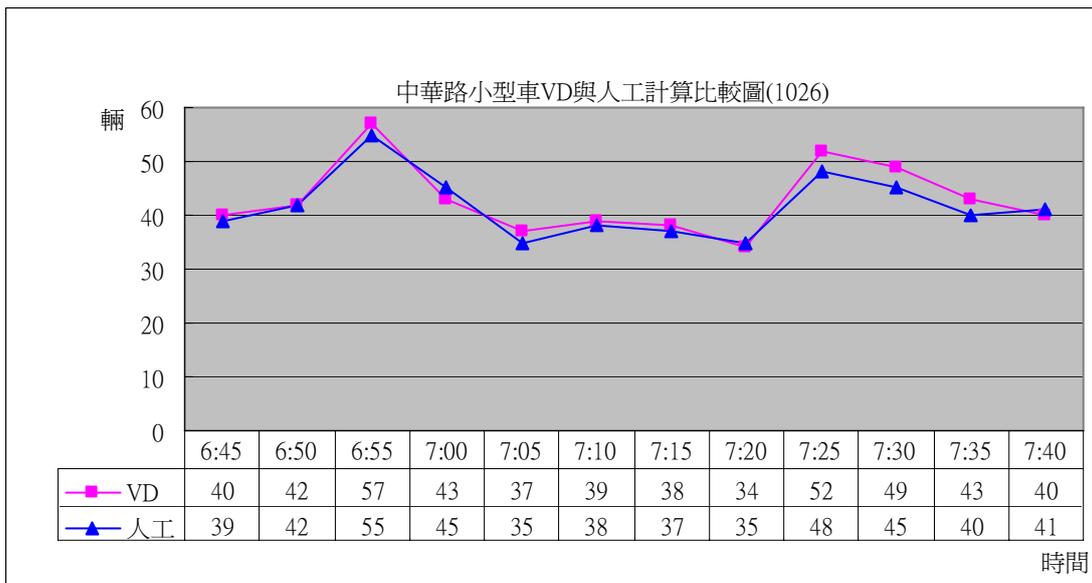


圖 1.3.3.1-4 尖峰時段(0640~0740)小型車流量準確率比較圖－中華路五段

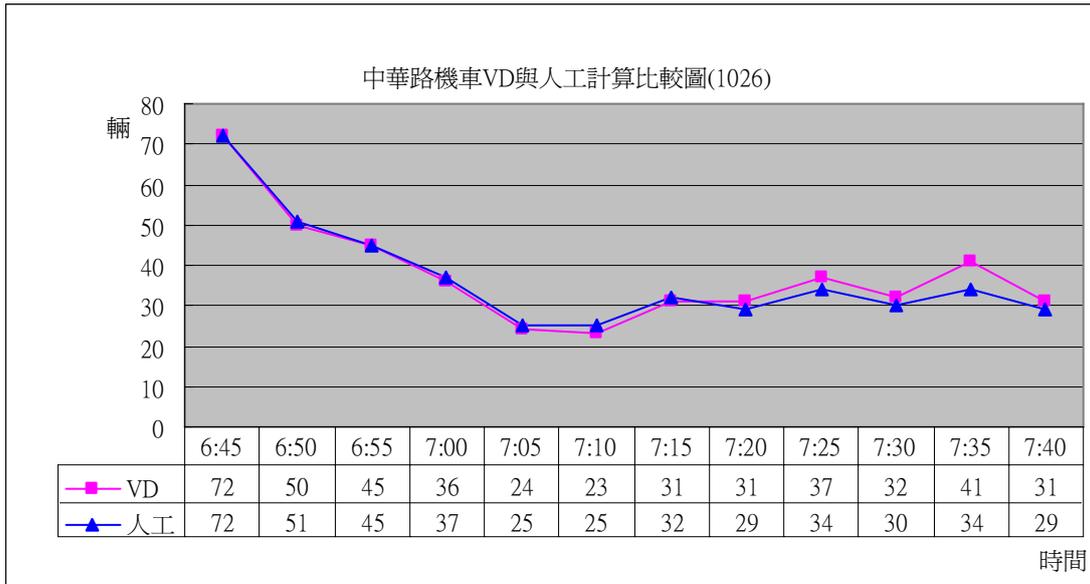


圖 1.3.3.1-5 尖峰時段(0640~0740)機車流量準確率比較圖－中華路五段

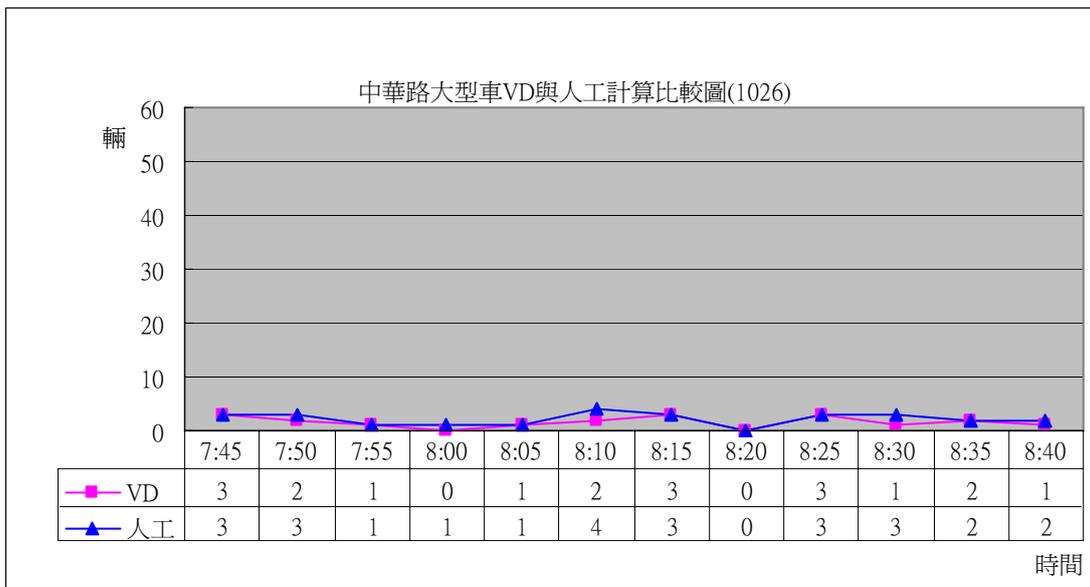


圖 1.3.3.1-6 尖峰時段(0740~0840)大型車流量準確率比較圖－中華路五段

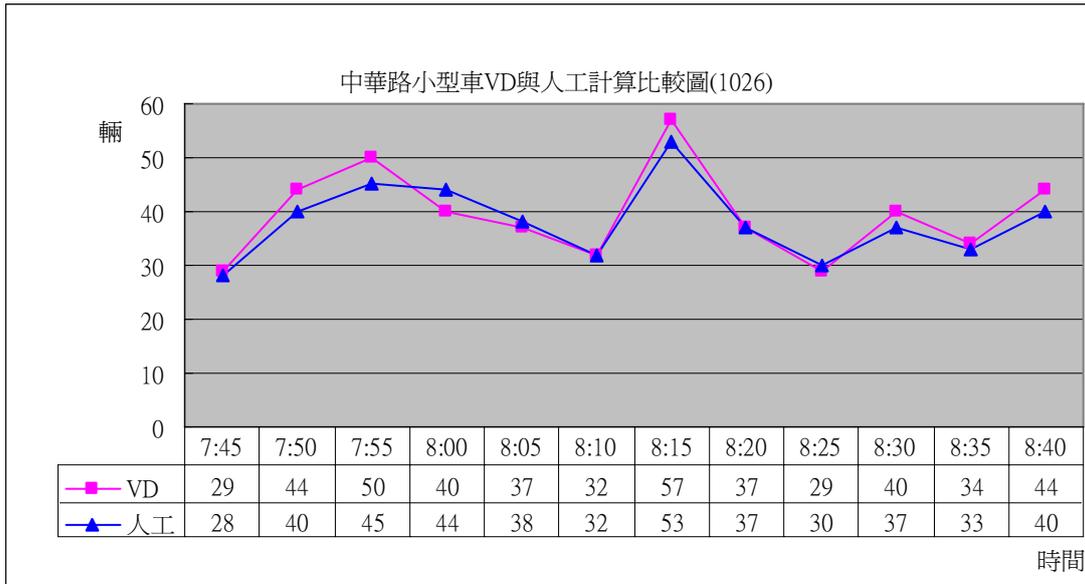


圖 1.3.3.1-7 尖峰時段(0740~0840)小型車流量準確率比較圖－中華路五段

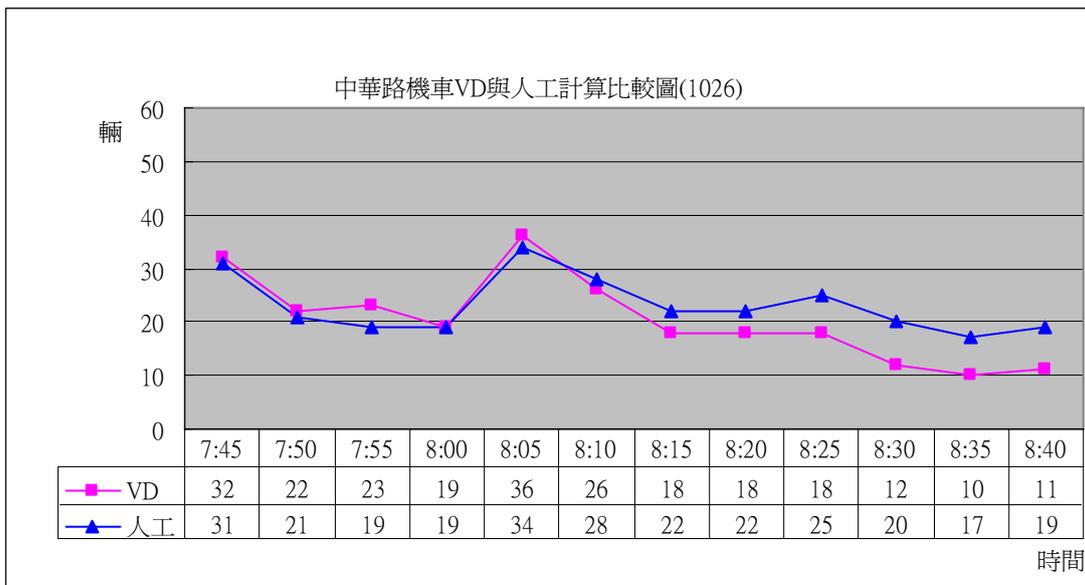


圖 1.3.3.1-8 尖峰時段(0740~0840)機車流量準確率比較圖－中華路五段

車流量：中華路五段／離峰時段(1240~1350)

中華路離峰時段車輛偵測的平均準確率在 95 年度計畫成果統計中為 96.74%，與 94 年度系統之比較說明如圖 1.3.3.1-9。車種準確率則以圖表方式呈現於圖 1.3.3.1-10 ~ 圖 1.3.3.1-12。

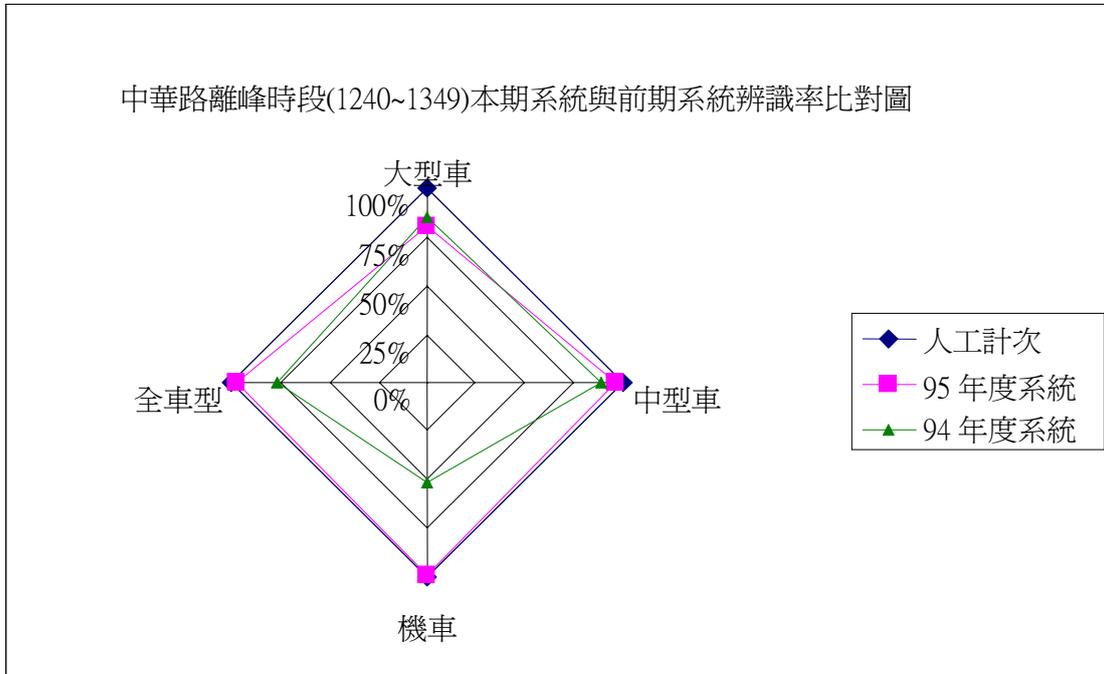


圖 1.3.3.1-9 離峰時段(1240~1340)中華路五段 95 年度系統與 94 年度系統準確率比較圖

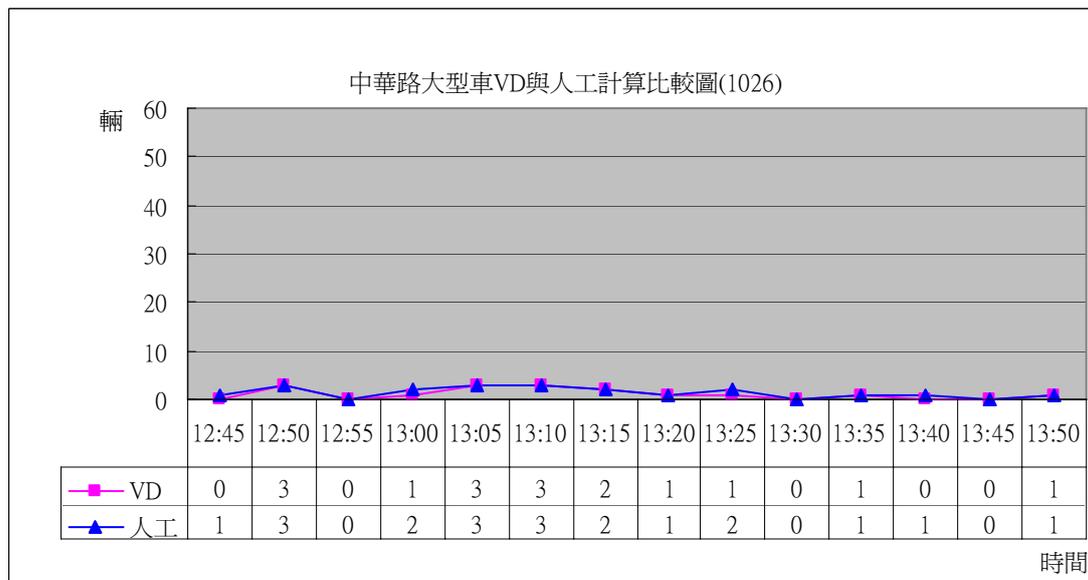


圖 1.3.3.1-10 離峰時段(1240~1350)大型車流量準確率比較圖－中華路五段

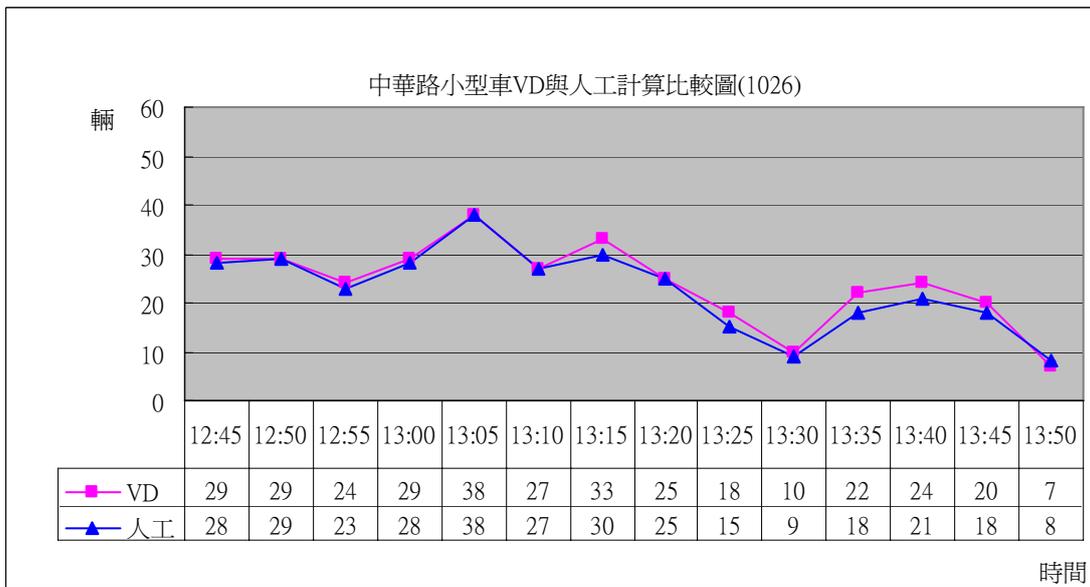


圖 1.3.3.1-11 離峰時段(1240~1350)小型車流量準確率比較圖－中華路五段

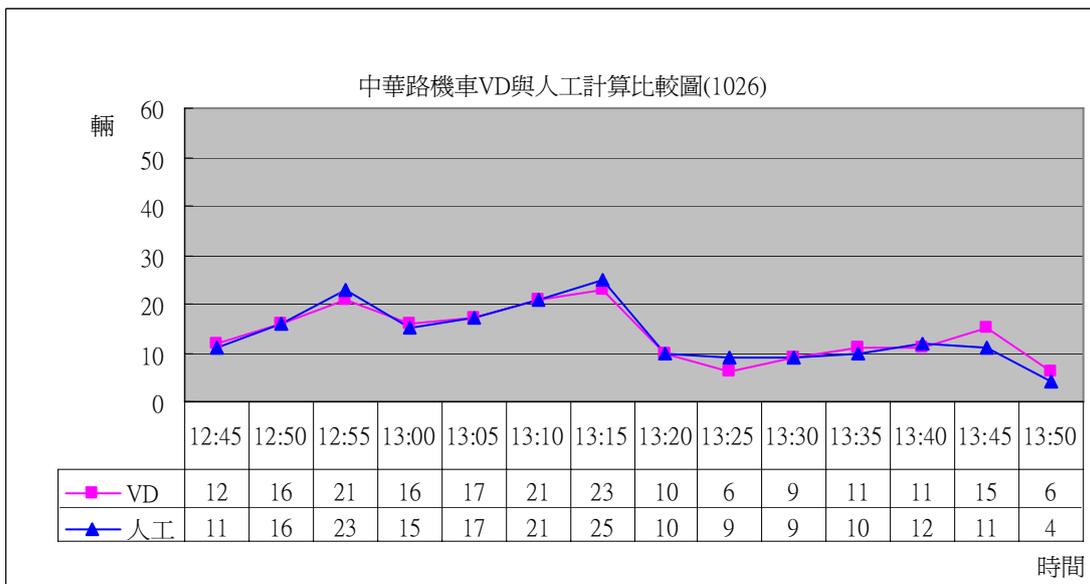


圖 1.3.3.1-12 離峰時段(1240~1350)機車流量準確率比較圖－中華路五段

車流量：東西向快速公路台 68 / 尖峰時段(0700~0800)

快速公路尖峰時段車輛偵測的平均準確率在 95 年度計畫成果統計中為 96%，統計時段內，每 5 分鐘的準確率如圖 1.3.3.1-13。車種準確率則以圖表方式呈現於圖 1.3.3.1-14 ~ 圖 1.3.3.1-16。

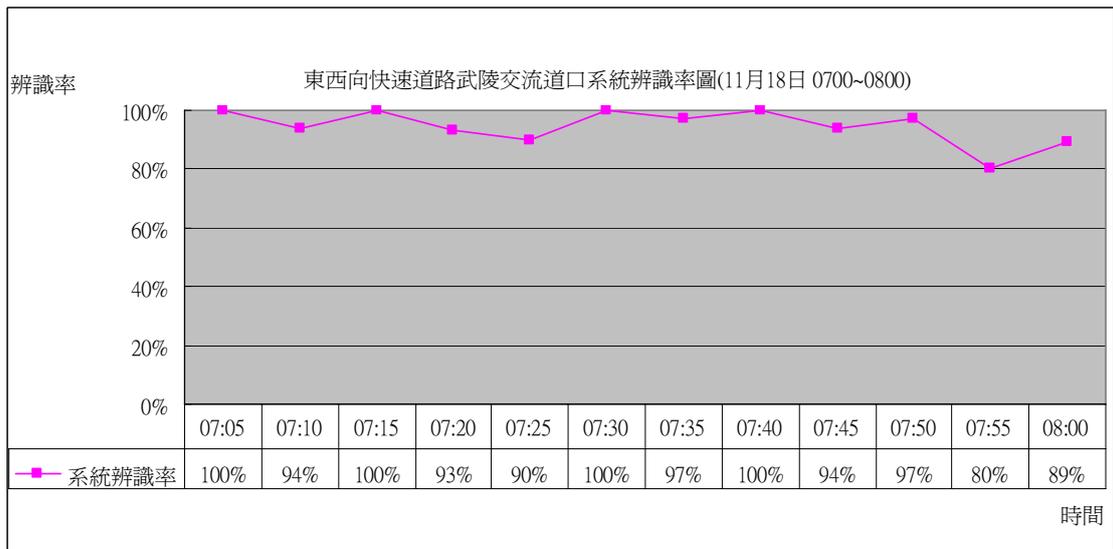


圖 1.3.3.1-13 尖峰時段(0700~0800)東西向快速道路系統辨識率圖

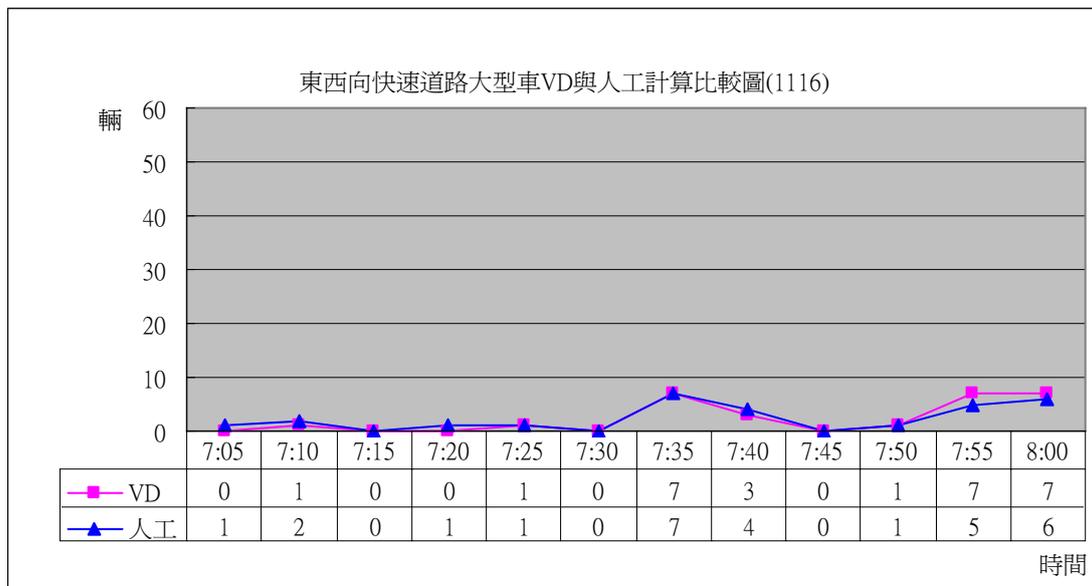


圖 1.3.3.1-14 尖峰時段(0700~0800) 大型車流量準確率比較圖

—東西向快速公路

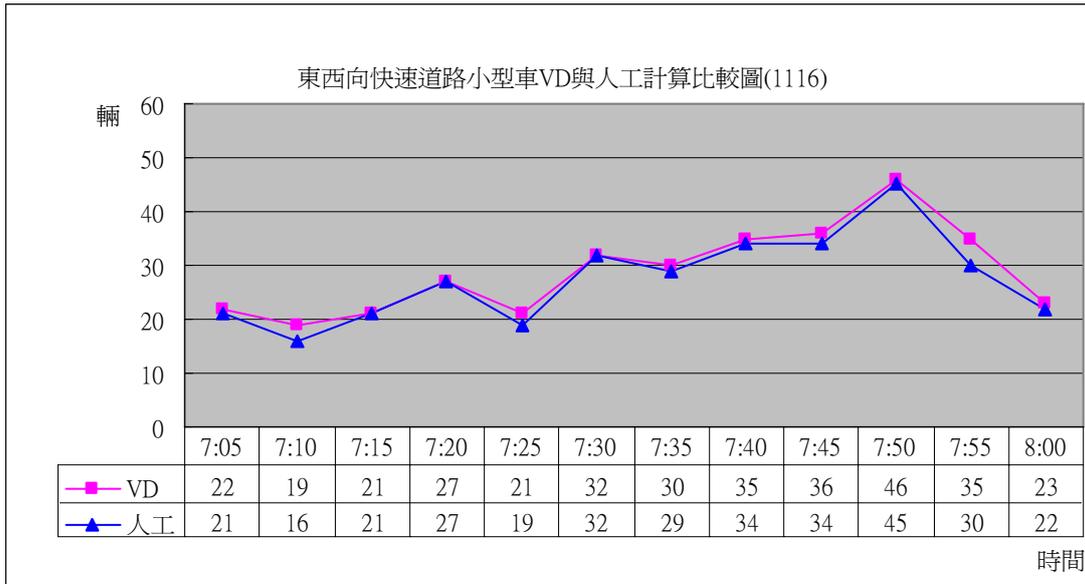


圖 1.3.3.1-15 尖峰時段(0700~0800) 小型車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

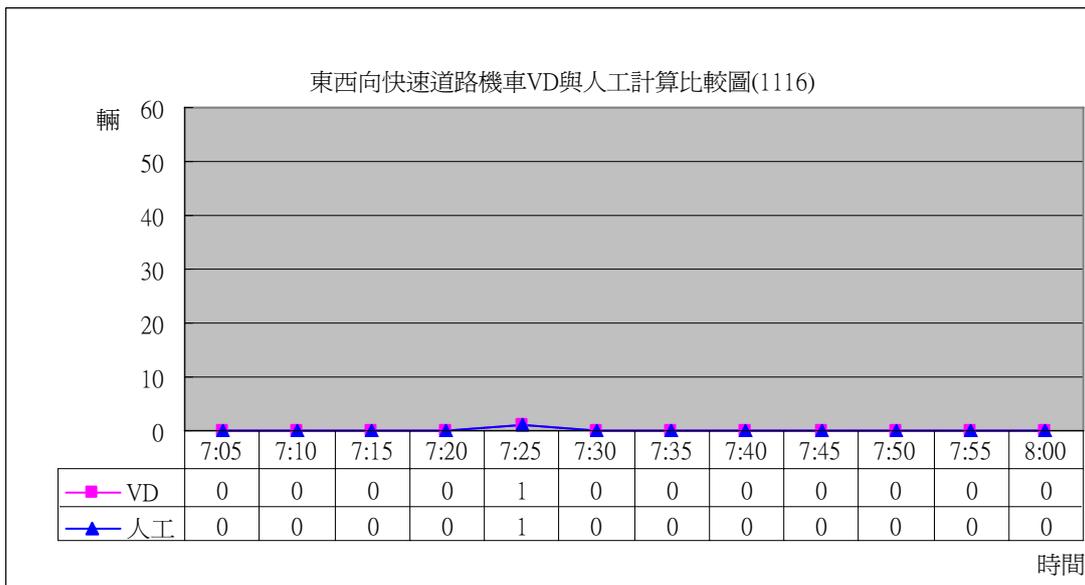


圖 1.3.3.1-16 尖峰時段(0700~0800) 機車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

車流量：東西向快速公路台 68 / 離峰時段(1212~1312)

快速公路離峰時段車輛偵測的平均準確率在 95 年度計畫成果統計中為 86%，統計時段內每 5 分鐘的準確率如圖 1.3.3.1-17。車種準確率則以圖表方式呈現於圖 1.3.3.1-18 ~ 圖 1.3.3.1-20。

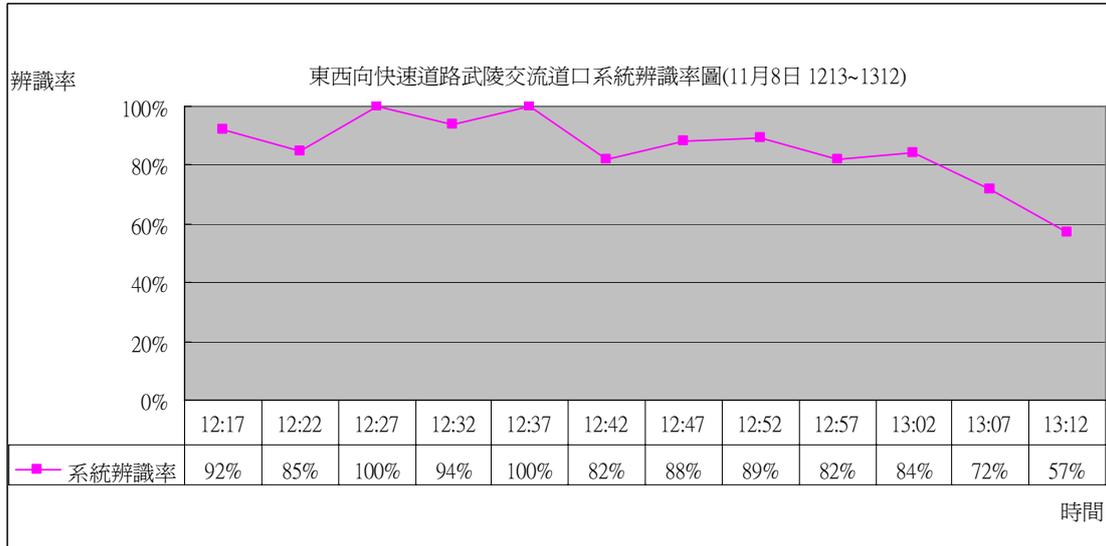


圖 1.3.3.1-17 離峰時段(1212~1312)時段東西向快速道路系統辨識率圖

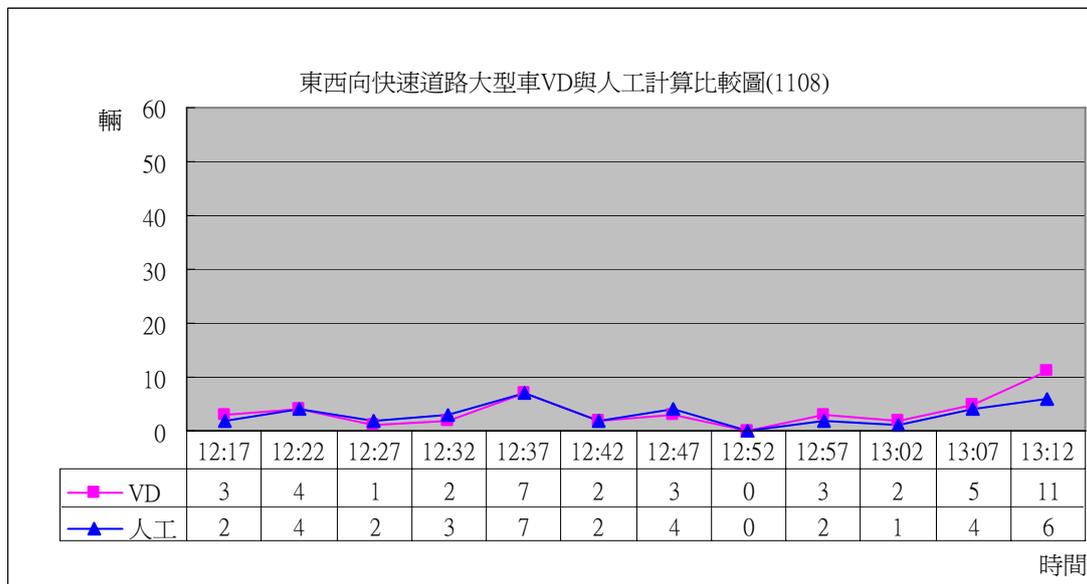


圖 1.3.3.1-18 離峰時段(1212~1312)大型車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

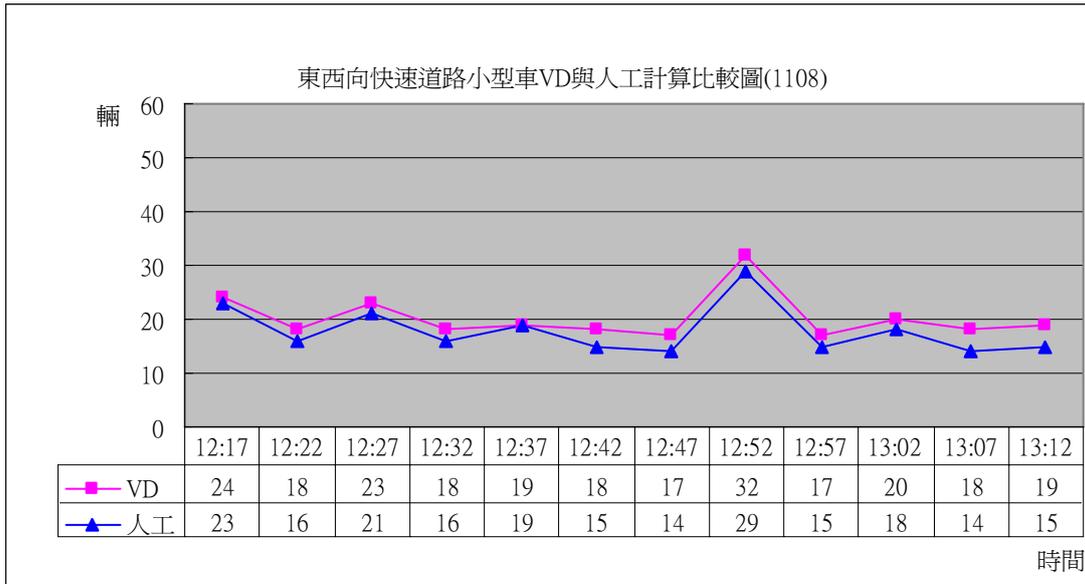


圖 1.3.3.1-19 離峰時段(1212~1312)小型車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

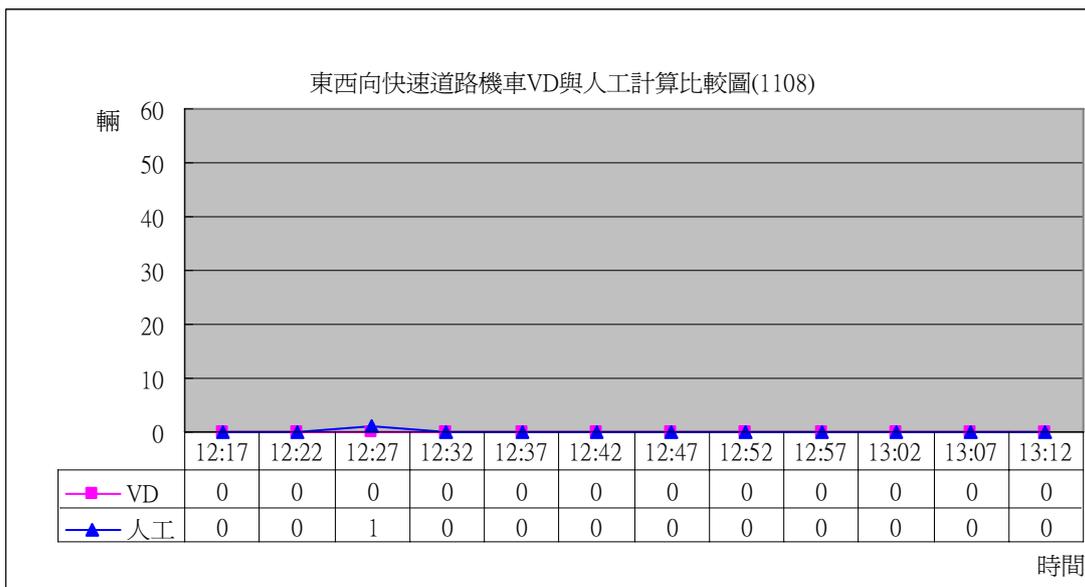


圖 1.3.3.1-20 離峰時段(1212~1312)機車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

車流量：東西向快速公路台 68 / 離峰時段(1312~1412)

快速公路離峰時段車輛偵測的平均準確率在 95 年度計畫成果統計中為 91%，車種準確率則以圖表方式呈現於圖 1.3.3.1-21 ~ 圖 1.3.3.1-22。

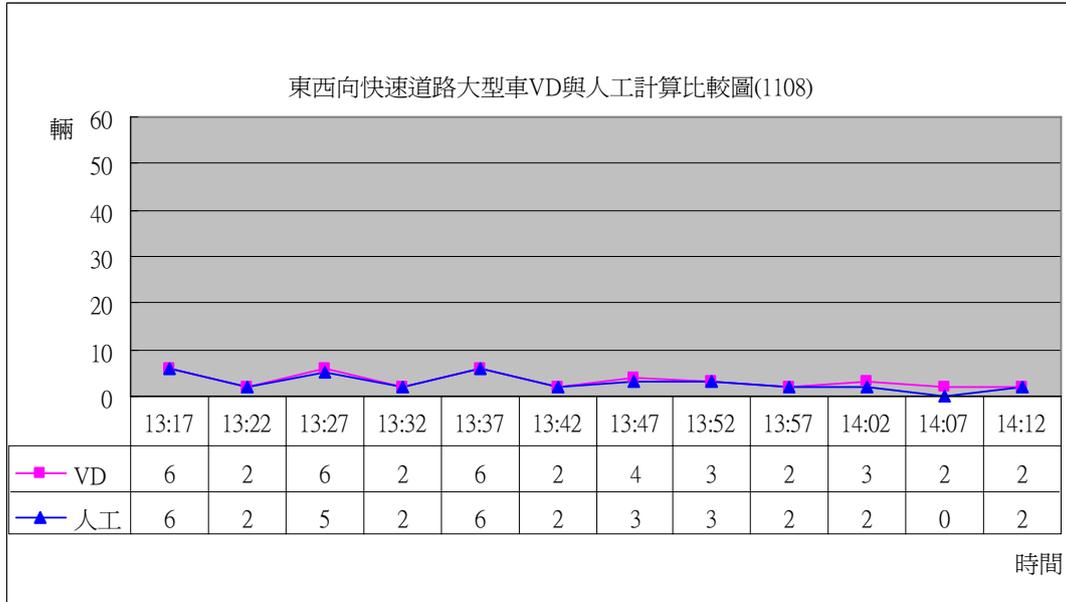


圖 1.3.3.1-21 離峰時段(1312~1412)大型車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

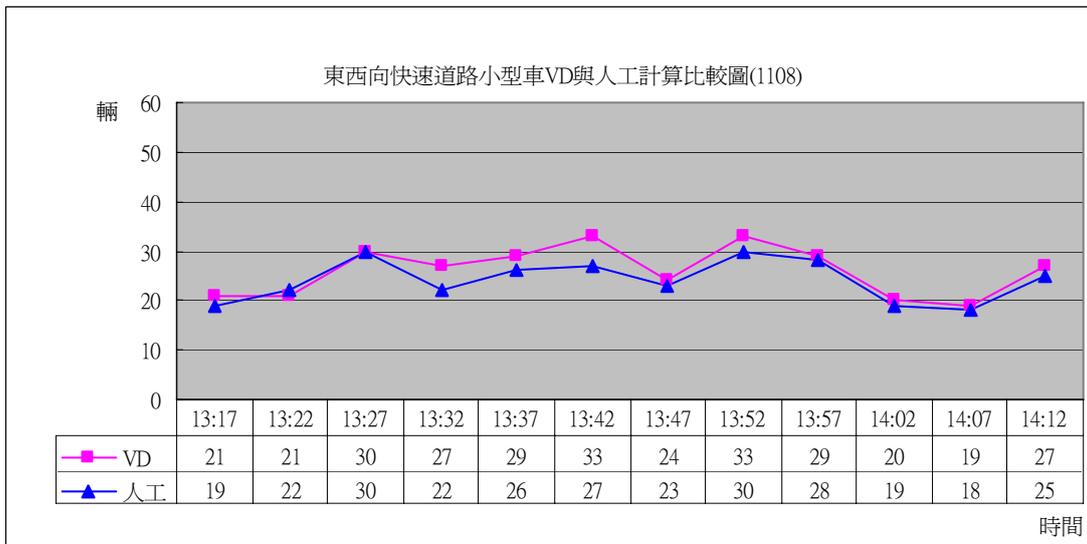


圖 1.3.3.1-22 離峰時段(1312~1412)小型車流量準確率比較圖
—東西向快速公路

在 30 個有效樣本統計下，與雷射槍測量相較，中華路五段路段其車速平均準確率為 95%，在快速公路路段同樣取 30 個有效樣本，平均準確率亦在 95% 以上。

車速：中華路五段

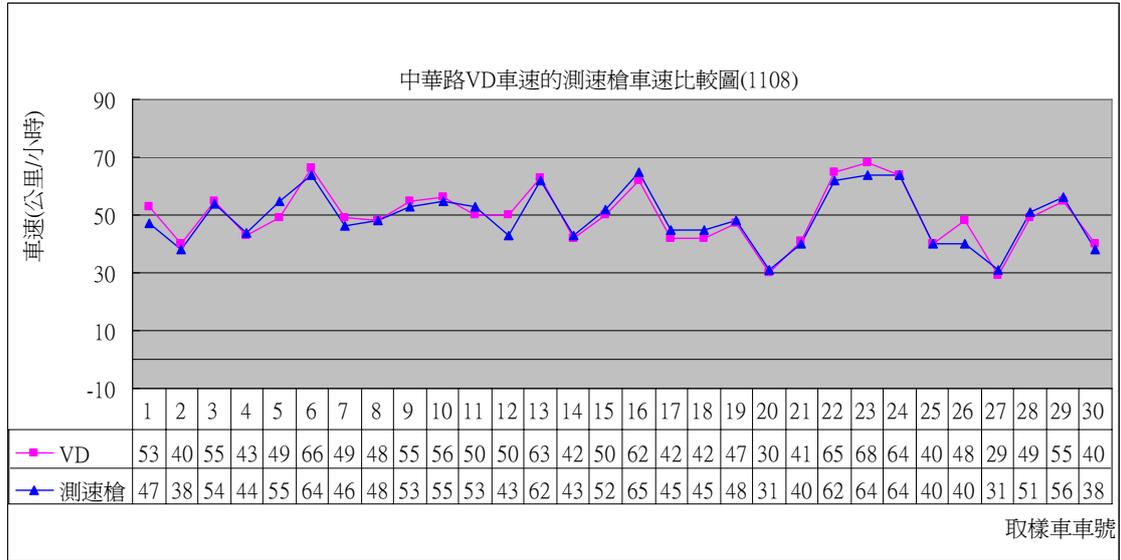


圖 1.3.3.1-23 中華路五段車速準確率比較圖

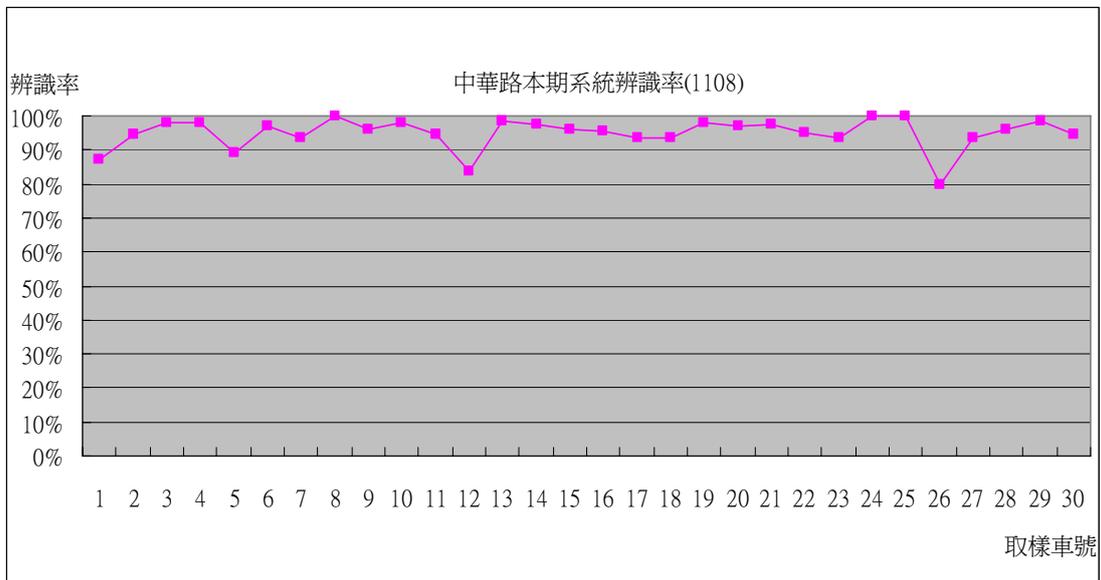


圖 1.3.3.1-24 中華路五段車速準確率辨識率圖

車速：東西向快速公路台 68

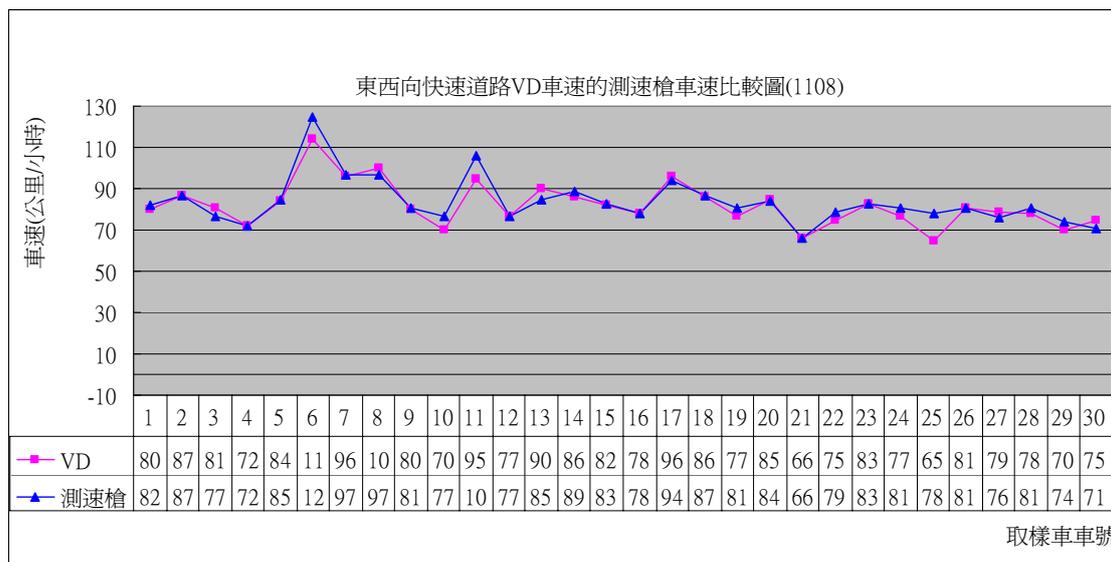


圖 1.3.3.1-25 東西向快速公路車速準確率比較圖

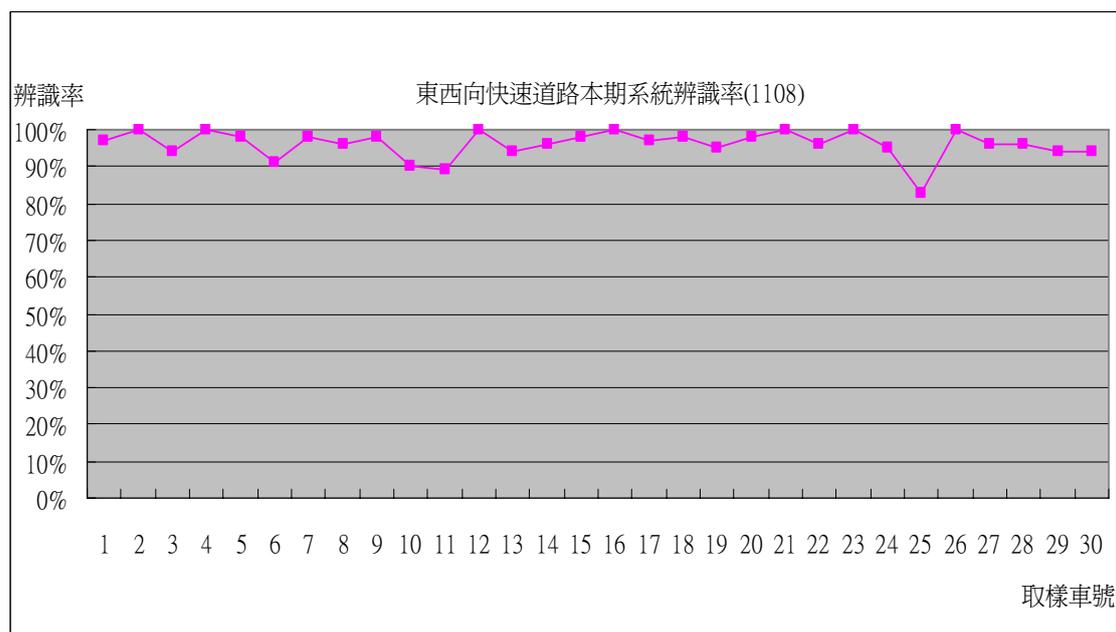


圖 1.3.3.1-26 東西向快速公路車速準確率辨識率圖

1.3.3.2 夜間準確率

實測地點為中華路五段 684 巷巷口(N 24°45'54",E 120°54'50")及東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口(N 24°49'34",E 120°58'13")，中華路五段之調查時間為 10 月 28 日 17:40 至 18:39 時段，天色已暗(如圖 1.3.3.2-1)，屬於夜間時段(根據中央氣象局資料 2005.10.28 當日日落為 17:19)，而東西向快速公路之調查時間為 11 月 08 日 22:12 至 23:12 時，相關之夜間準確率統計結果如圖 1.3.3.2-2~圖 1.3.3.2-8 所示，中華路五段之夜間辨識率約達九成，而快速公路部分，大部分時段皆可達九成之辨識率，惟部分時段由於車輛並不多，因此少數之誤判車輛即影響辨識之準確率。



圖 1.3.3.2-1 夜間時段中華路五段 684 巷巷口景像

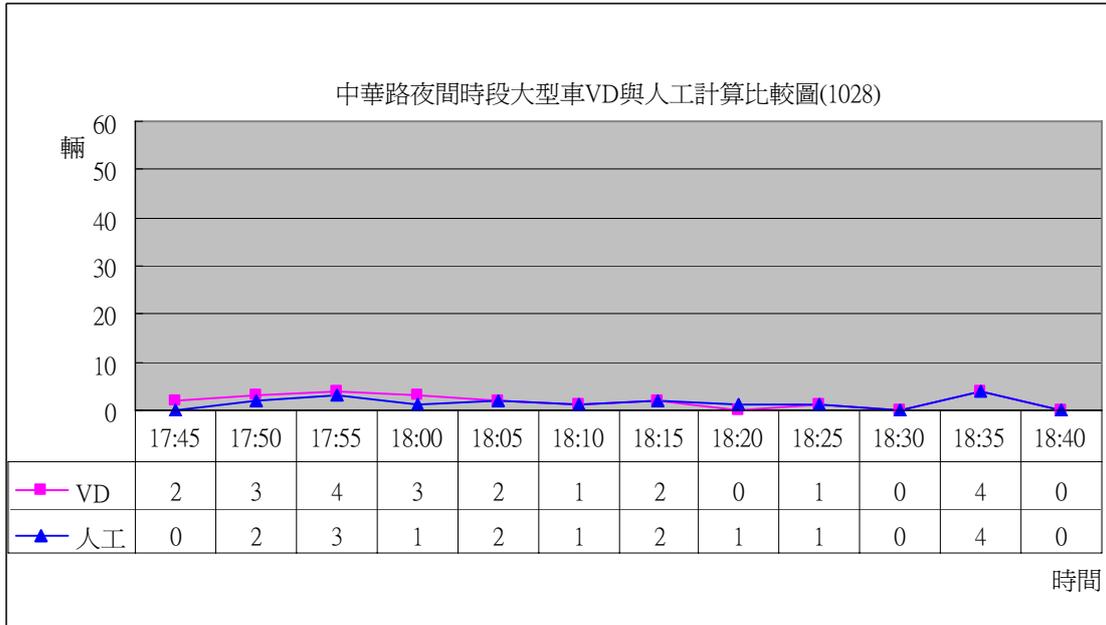


圖 1.3.3.2-2 夜間時段大型車流量準確率比較圖－中華路五段

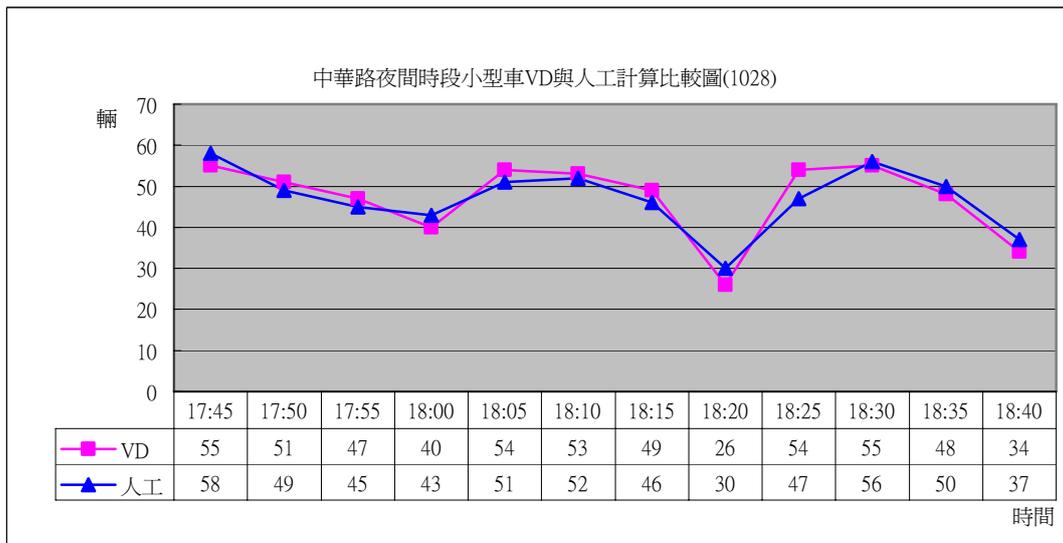


圖 1.3.3.2-3 夜間時段小型車流量準確率比較圖－中華路五段

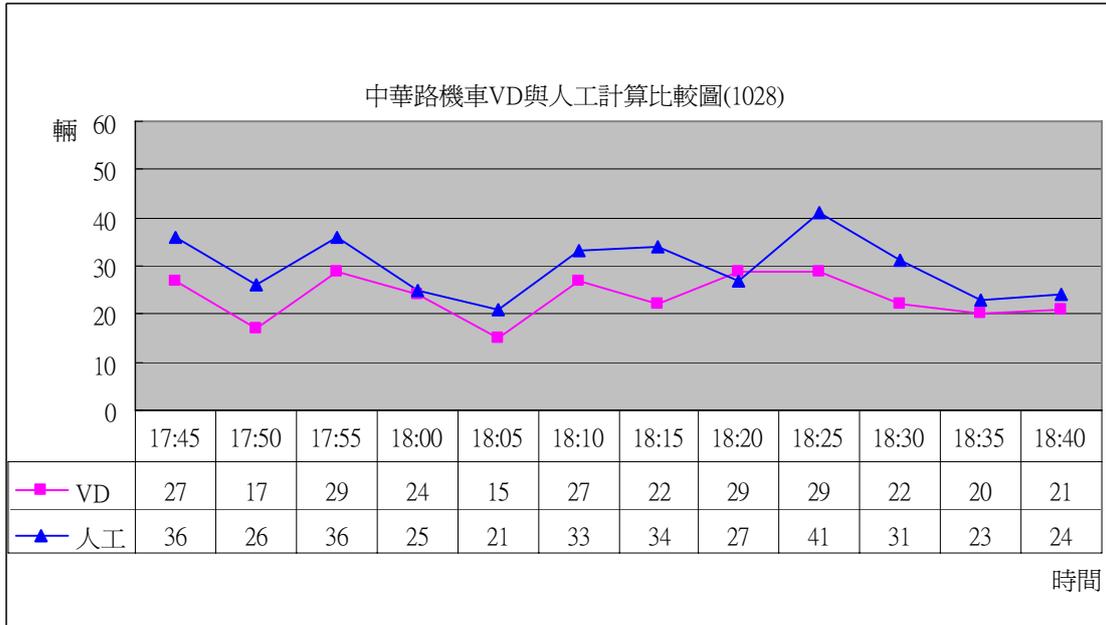


圖 1.3.3.2-4 夜間時段機車流量準確率比較圖－中華路五段

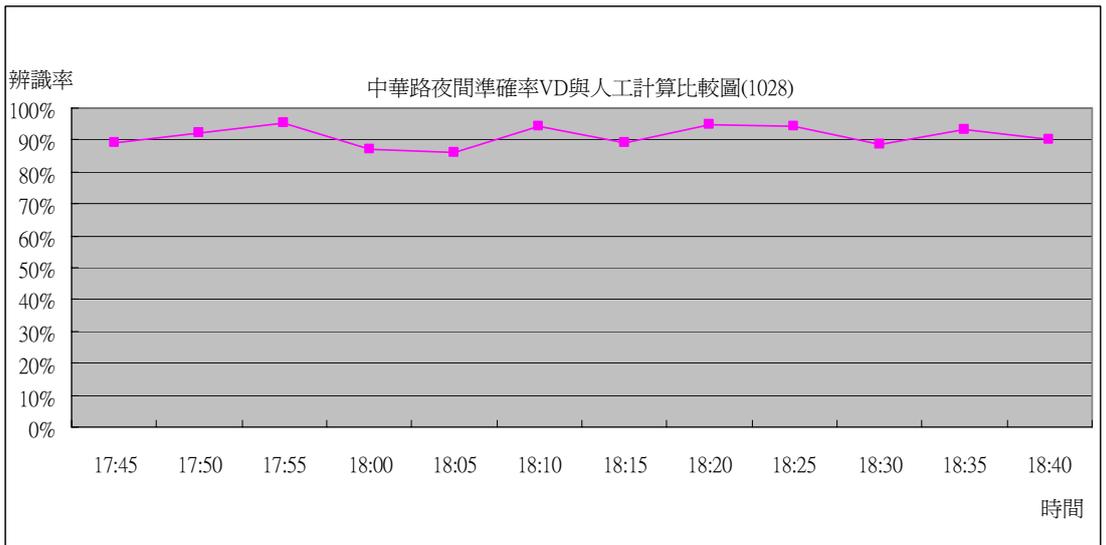


圖 1.3.3.2-5 夜間時段中華路五段系統流量辨識率圖

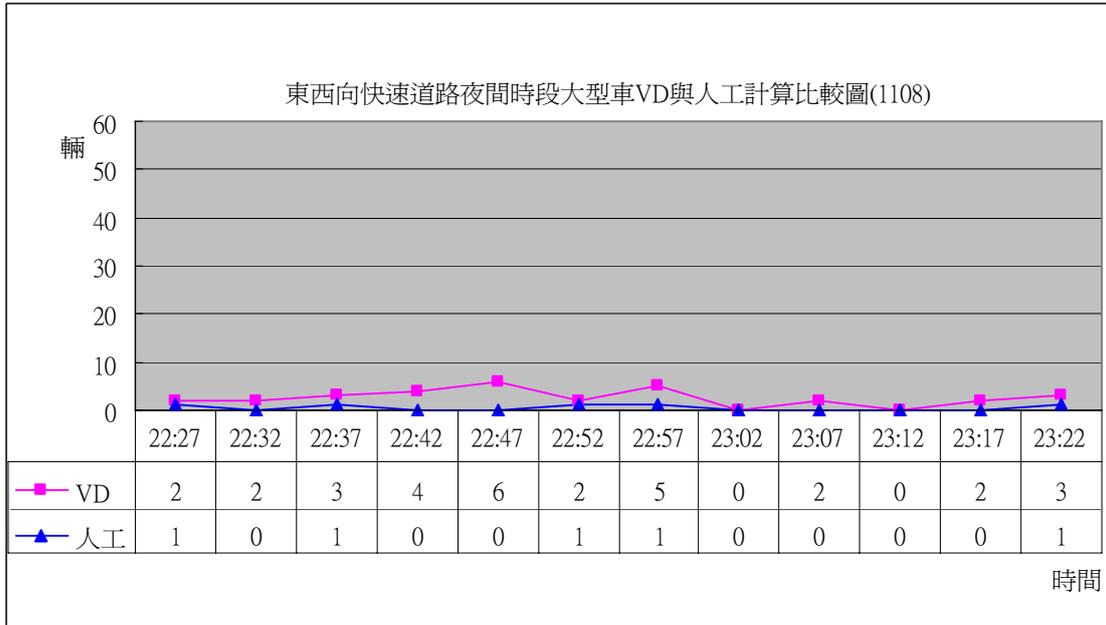


圖 1.3.3.2-6 夜間時段大型車流量準確率比較圖—東西向快速公路



圖 1.3.3.2-7 夜間時段小型車流量準確率比較圖—東西向快速公路

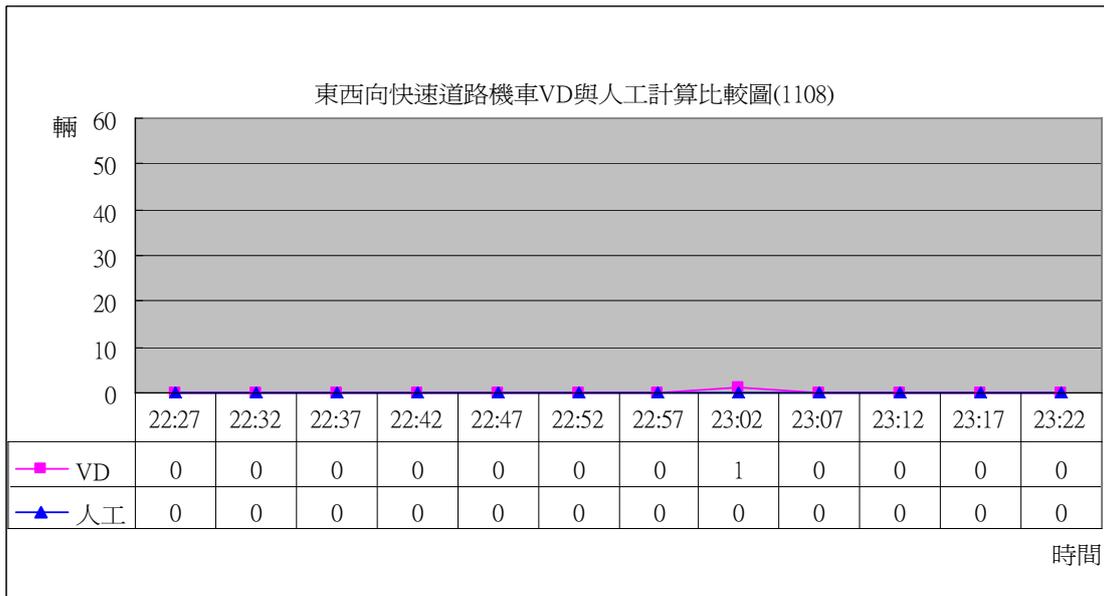


圖 1.3.3.2-8 夜間時段機車流量準確率比較圖－東西向快速公路

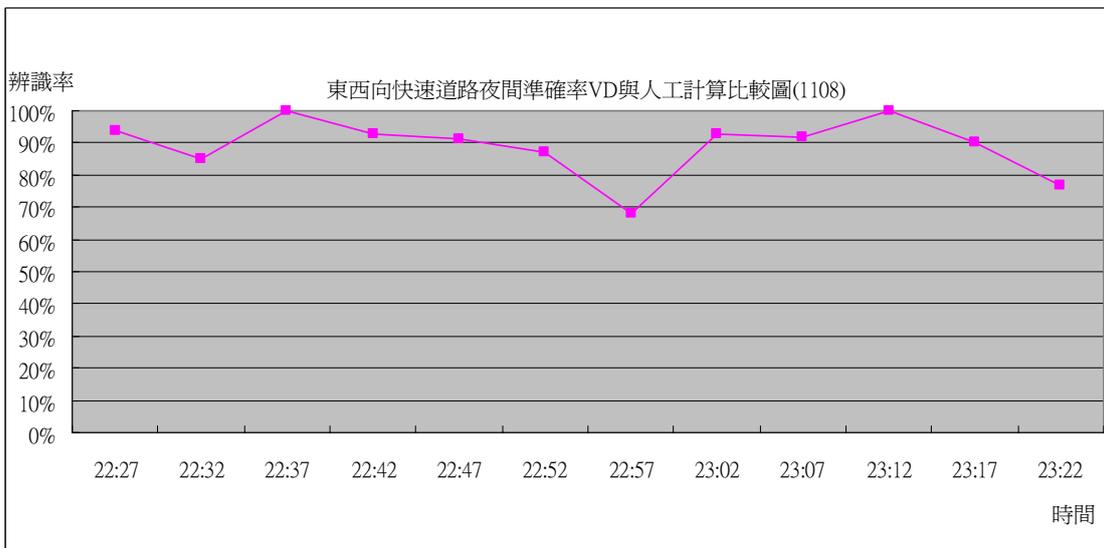


圖 1.3.3.2-9 夜間時段東西向快速公路系統流量辨識率圖

1.3.3.3 日夜交替辨識率

實測地點為中華路五段 684 巷巷口 (N 24°45'54", E 120°54'50")，實測時間為 10 月 28 日 16:40 至 17:40 時正處日夜交替（根據中央氣象局資料 2005.10.28 當日日落時間為 17:19）時段，相關準確率統計如圖 1.3.3.3-1~圖 1.3.3.3-4 所示，除一個時段未達九成，其它時段皆與一般時段無異，顯示所開發系統可克服日夜間交替之光線變化。

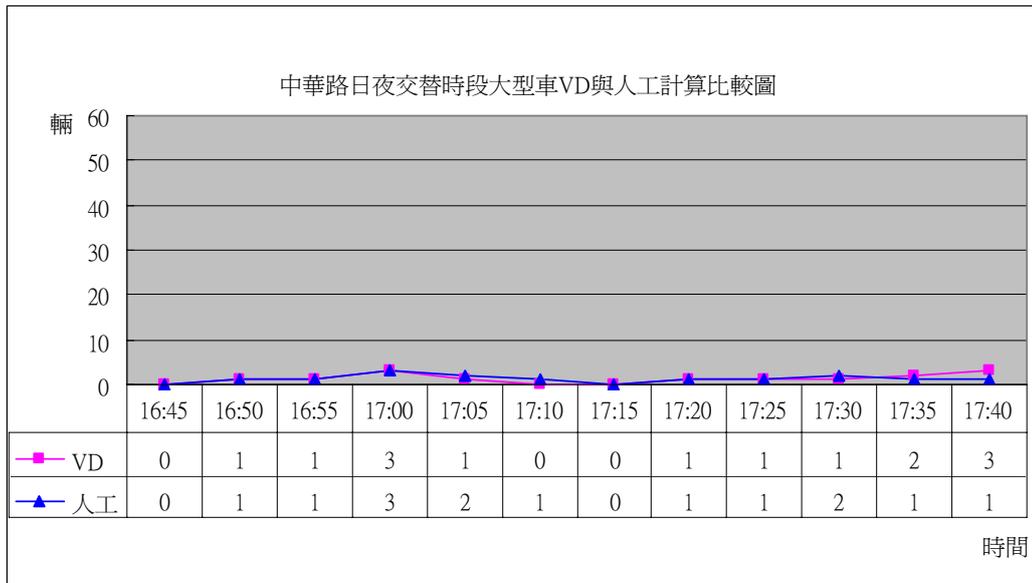


圖 1.3.3.3-1 日夜交替時段大型車流量準確率比較圖－中華路五段

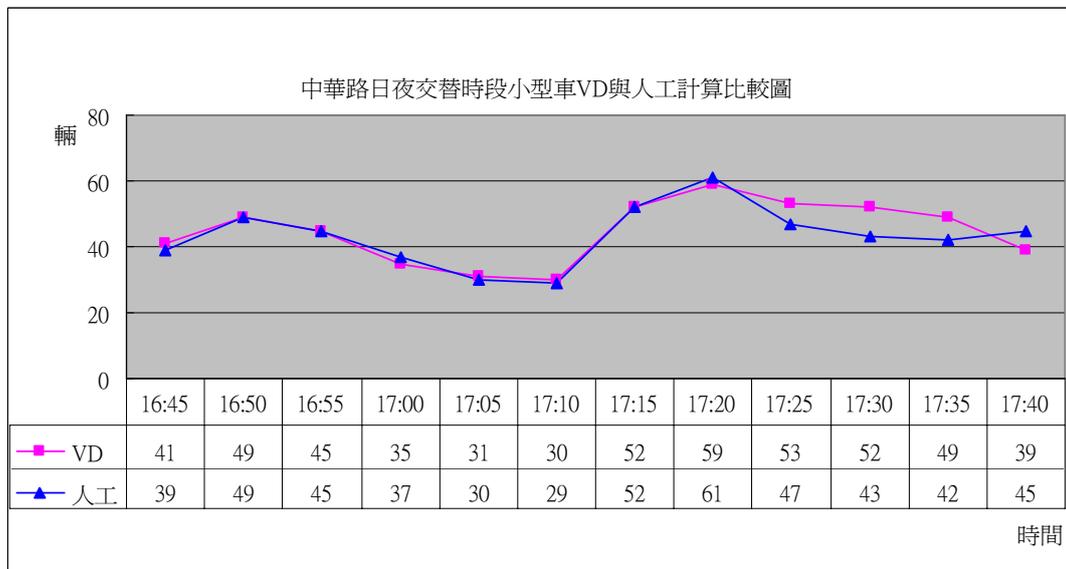


圖 1.3.3.3-2 日夜交替時段小型車流量準確率比較圖－中華路五段

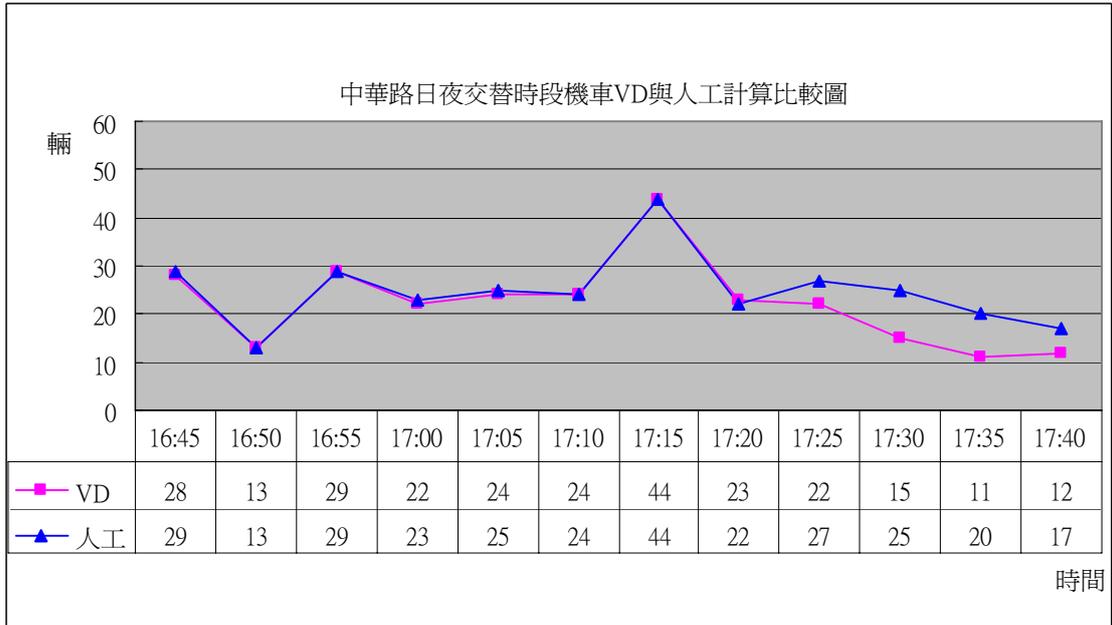


圖 1.3.3.3-3 日夜交替時段機車流量準確率比較圖－中華路五段

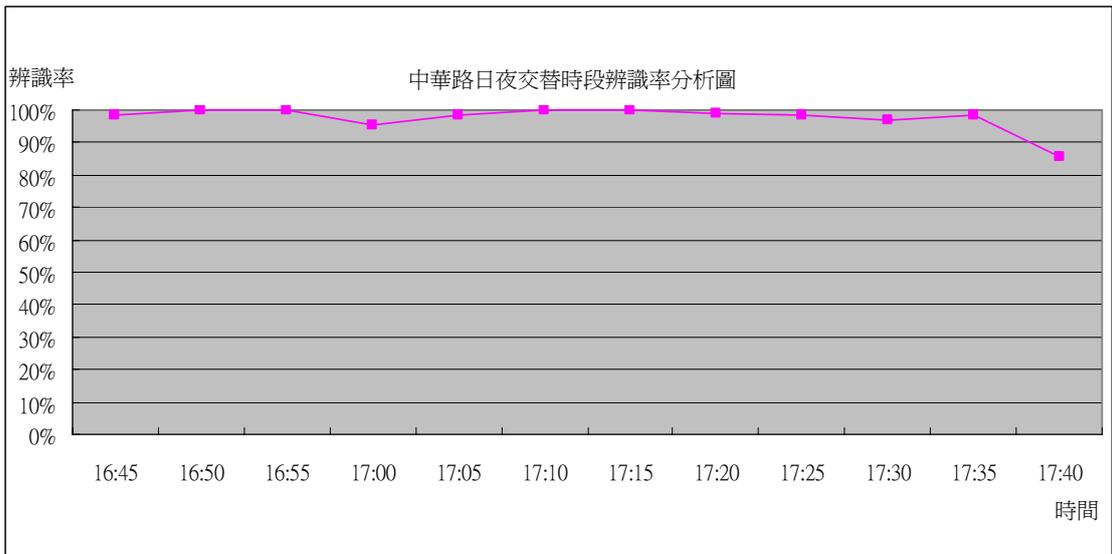


圖 1.3.3.3-4 日夜交替時段中華路五段系統流量辨識率圖

1.3.3.4 雨天準確率

實測地點位於中華路五段 684 巷巷口 (N 24°45'54", E 120°54'50")，時段為 11 月 02 日 09:10 至 10:09，該路段正處下雨時段如圖 1.3.3.4-1，所獲之準確率如圖 1.3.3.4-2~圖 1.3.3.4-5 所示，準確率皆可達九成以上，顯示系統不受雨天干擾。



圖 1.3.3.4-1 雨天時段中華路五段 684 巷巷口景像

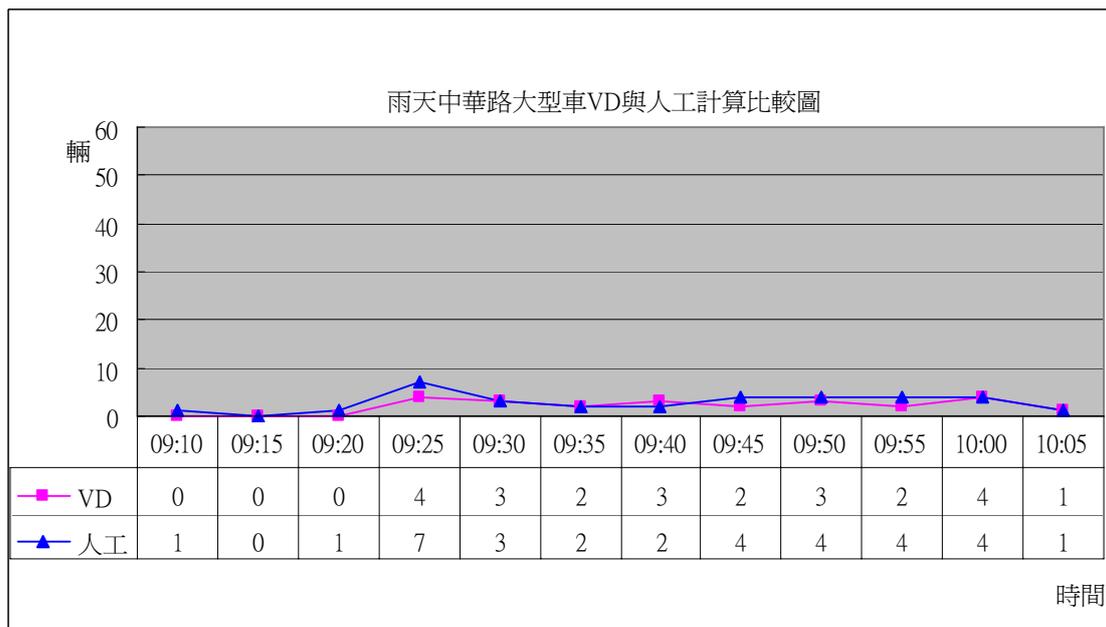


圖 1.3.3.4-2 雨天大型車流量準確率比較圖－中華路五段

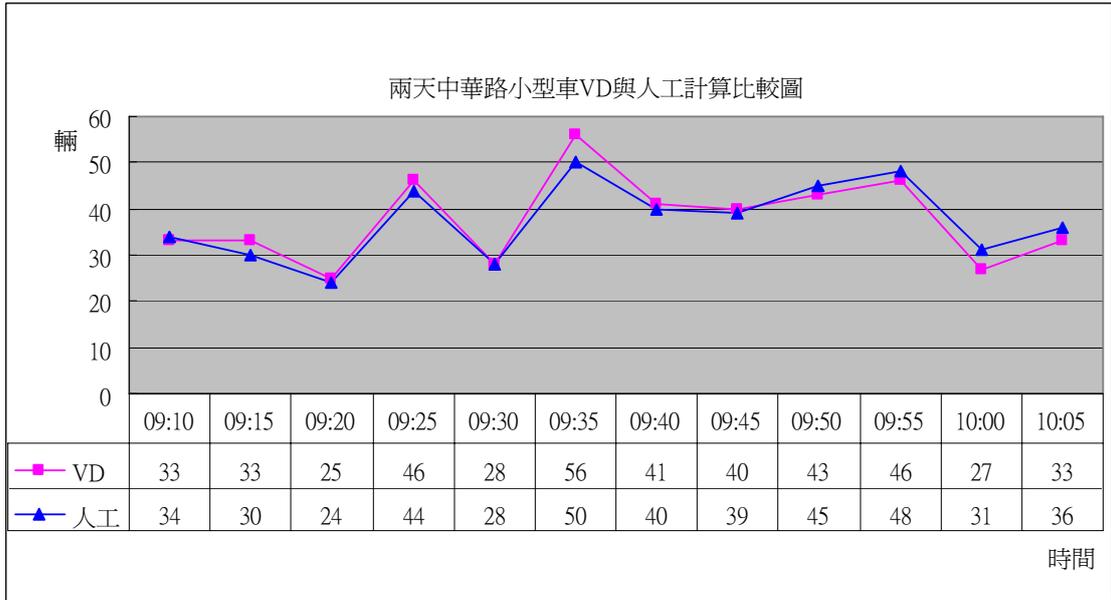


圖 1.3.3.4-3 雨天小型車流量準確率比較圖－中華路五段

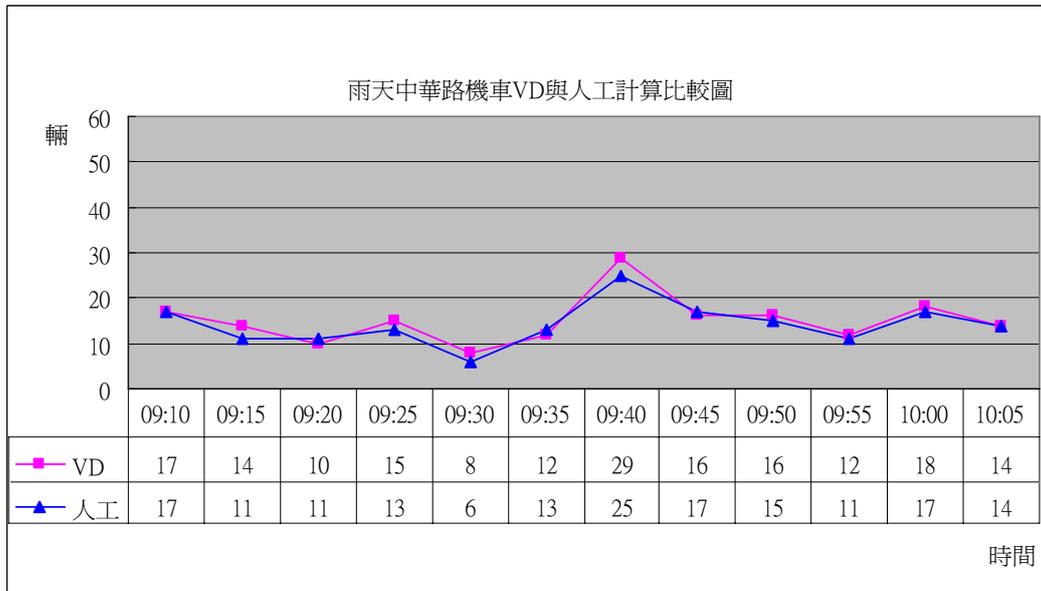
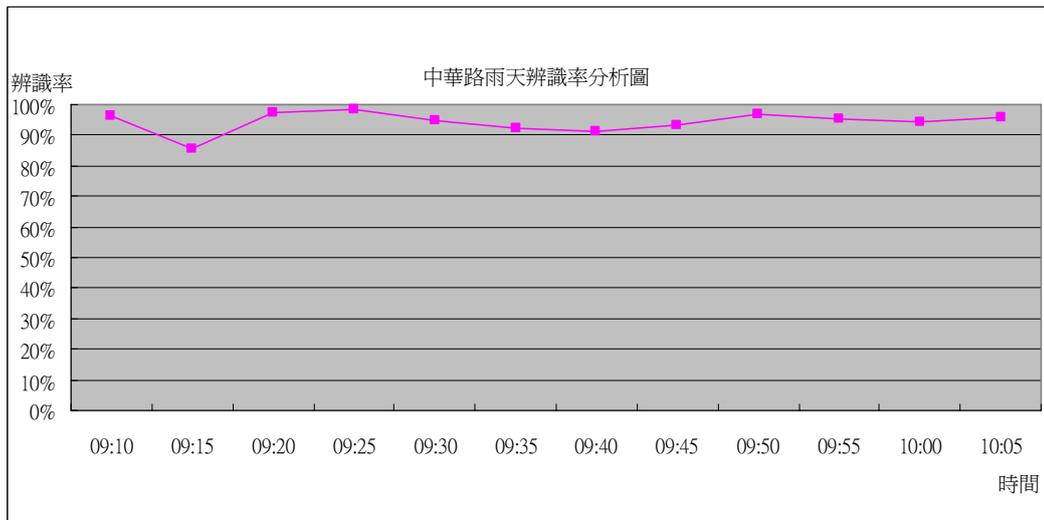


圖 1.3.3.4-4 雨天機車流量準確率比較圖－中華路五段



1.3.3.5 與 CCTV 整合試作

前期研究中，除了自行於快速公路及省道架設攝影機以瞭解系統辨識能力，如何將開發系統與既有架設於各縣市、高快速公路之 CCTV 影像結合，使 CCTV 影像除具原有之監視與紀錄功能外，更能夠同時得到交通車流之部分資訊，此亦為前期研究之重要工作項目之一，以期在現有架構以及不需增加太高成本的條件下，能夠提供便民的資訊予交通管理人及所有用路人。

前期計畫中，本研究得到國道泰山交控中心大力支援，取得一些國道 CCTV 影像片段，探討將影像式車輛偵測器的演算法移植至 CCTV 影像系統之可行性及初步試作，測試結果如圖 1.3.3.5-1 至圖 1.3.3.5-3 所示。



圖 1.3.3.5-1 國道一號南下 48 公里處前期(95 年度)計畫試作結果

表 1.3.3.5-1 國道一號南下 48 公里處前期(95 年度)計畫試作分析

拍攝路段	國道一號南下 48 公里處
拍攝日期	2006.6.28
拍攝時間	10：38 a.m.~10：39 a.m.
影片長度	1 分鐘
拍攝方向	反向
天候	陰天
交通狀況	塞車
車道數量	四線道
測試時間	1 分鐘
第 1 車道準確率	100%(40/40)
第 2 車道準確率	100%(34/34)
第 3 車道準確率	92.31%(24/26)
第 4 車道準確率	28.57%(10/35)



圖 1.3.3.5-2 國道一號南下 34 公里處前期(95 年度)計畫試作結果

表 1.3.3.5-2 國道一號南下 34 公里處前期(95 年度)計畫試作分析

拍攝路段	國道一號南下 34 公里處
拍攝日期	2006.10.18
拍攝時間	11：42 a.m.~17：08 p.m.
影片長度	5 小時 26 分鐘
拍攝方向	正向
天候	晴天
交通狀況	順暢
車道數量	四線道
測試時間	10 分鐘
第 1 車道準確率	88.89%(152/171)
第 2 車道準確率	83.44%(131/157)
第 3 車道準確率	76.28%(164/215)
第 4 車道準確率	78.78%(193/245)



圖 1.3.3.5-3 國道一號北上 66 公里處前期(95 年度)計畫試作結果

表 1.3.3.5-3 國道一號北上 66 公里處前期(95 年度)計畫試作分析

拍攝路段	國道 1 號北上 66 公里處
拍攝日期	2006.6.28
拍攝時間	10：02 a.m.~10：03 a.m.
影片長度	1 分鐘
拍攝方向	正向
天候	晴天
交通狀況	順暢
車道數量	四線道
測試時間	1 分鐘
第 1 車道準確率	100%(18/18)
第 2 車道準確率	100%(16/16)
第 3 車道準確率	100%(23/23)
第 4 車道準確率	96.15%(25/26)

由圖 1.3.3.5-1 至圖 1.3.3.5-3 可見，試作時段是白天，且車流較順暢，車和車可以保持一定的車輛間距，因此得到不錯之準確率，如表 1.3.3.5-1 至表 1.3.3.5-3 所示。另由於國道一號 CCTV 架設位置較高，因此可以看見車輛的範圍較廣，且視角較高，因此前後車輛的交疊並不嚴重，在處理車流壅塞時會有較明顯的車輛特徵可以切割車輛的彼此位置，然而，由於攝影機位置是架設在車道的側方，所以每一車道會因為視角的不同，偵測的準確率也會有不同的表現。整體而言，距離攝影機較遠的車道因為車輛視覺面積相對較小，且受隔壁車道遮蔽較為嚴重，如果隔壁車道出現大型車輛，小型車輛更有可能被完全遮蔽，因此，會比距離攝影機較近的車道擁有較低的準確率。

1.4 本期計畫目標項目

一、研發適合國內交通環境之車輛偵測器雛型

本期影像式車輛偵測器乃延續前期計畫之基本架構持續發展及精進系統功能，但為使本期系統較前期系統更能適應環境的變化及整體功能更為強健，在本期系統中加入新穎的背景更新概念，使系統可以適應環境光線的變化，同時也解決系統在一般攝影機功能上普遍存在的問題，如自動白平衡與自動電子快門。在一般特殊環境變化下，攝影機會自動啟動上述二項功能，造成輸入影像的顏色及亮度快速改變，而可能形成切割錯誤進而導致系統辨識效能下降，但此次系統在加入背景更新概念後，將可有效克服攝影機自動白平衡與自動電子快門的問題，提升系統辨識能力。所具備之偵測參數除了交通量、速率以及車種辨識之外，本期計畫亦納入等候長度參數偵測之功能。為考慮未來推展運用之考量，本期以本所大樓前方敦化北路路段為主要試作地點。

二、與 CCTV 整合進行試作及分析

有關影像式車輛偵測器結合 CCTV 系統整合試作部份，持續改善了前期計畫在 CCTV 系統整合試作的成果，並且加強壅塞警示功能，以雪山隧道為主要之測試路段。事件偵測部份則以異常停止車輛、變換車道車輛與掉落物偵測等功能之開發為主。

1.5 文獻回顧

影像式車輛偵測的演算法主要分為背景相減、連續畫面相減與特徵辨識 3 大方向。背景相減的方法是目前最普遍的使用方式 [1][2][3][4][5][6]，主要是因為利用在不同色彩空間 RGB[1]、HSI[7]、與 YCbCr[8] 的目前畫面與背景相減，當該像素的差值大於所設定的門檻值，即為前景像素。接著利用一些影像處理的方法將破碎的像素合併成為大型物件，然後再進行車輛的判定。Jodoin 等人[2]融合時間域與空間域切割出的資訊進行車輛偵測。Tai 等人[3]使用修正統計的方式來收斂背景，加快背景收斂的速度。Gao 等人[4]為了減低戶外光線變化對背景的影響，使用卡曼濾波器進行適應性的背景估計。M. Boninsegna 與 A. Bozzoli [5]利用卡曼濾波器去偵測是否有非預期的變化，當發現有變化時，快速正確的更新所使用的參考影像(背景)。Huang 等人[8]藉由分析連續的彩色影像，建構以影像為基礎的交通管理系統，此研究提出的系統包含：背景擷取、車輛追蹤、背景更新及車輛分類等。不同於 RGB 色彩空間，Huang 是採用 YCrCb 彩色空間來進行前景切割。因為 Huang 所提出的方法運算複雜度較低，所以可以達到即時處理並且適應亮度的變化。

除了使用背景相減的方法外，連續影像相減也是另外一種偵測方式。連續影像相減主要的優點是不受光線變化影響與不用事先收斂背景，利用前後張影像相減的差值大於所設定的門檻值，即可視為移動輪廓。減出移動輪廓後再使用影像處理的方法判斷是否是車輛。Lipton 等人[9]使用連續影像的方法切割出移動物體，然後再將這些物體區分為車輛、人與雜訊，因為使用連續畫面的緣故，當畫面中的車輛處於緩慢移動或是靜止狀態時，系統較不易偵測出車輛。

相較於前述的兩種方法，也有研究人員使用特徵辨識

[10][11][12][13][14][15]的方法來偵測車輛。Wu 等人[10]使用小波係數當作特徵來辨識車輛。Sun 等人[11]使用 Gabor 濾波器擷取出紋路特徵，經過主要分量分析找出主要的特徵點後，輸入到支援向量機(Support Vector Machine)做車輛的辨識，而 Bertozzi 等人[12]使用角點(Corners)特徵來進行車輛偵測與驗證，Guo 等人[13]則使用好幾個在 La^*b^* 色彩空間定義好的顏色區塊來偵測車輛顏色，當顏色落在所定義的區塊內即視為是車輛的像素，但是因為這些區塊不夠緊實的關係並且車輛顏色差異太大，導致容易將一些路面的顏色偵測為車輛像素而發生錯誤偵測。Tsai 等人[14] 利用色彩與邊緣資訊進行彩色影像中之車輛偵測。由於 Tsai 是在靜止影像上進行車輛偵測，因此相較於過去採用移動資訊(Motion features)的方法，Tsai 提出一種新穎的色彩空間轉換方法，快速地找出影像中屬於車輛顏色之像素點。因為如車輛具有各種不同之顏色、戶外環境伴隨著季節與天候不同會有複雜的光線變化等因素，導致極少論文以色彩資訊進行車輛偵測。但是 Tsai 採用將畫面中的像素轉換到所提出的色彩空間，在這個色彩空間之下足以在不同的光線條件下區分車輛與背景之像素點。同時又結合邊緣(Edge)、角點(corners)與小波轉換之係數，建構一多重維度(multi-channel)之車輛分類器，此分類器對輸入影像中可能之車輛像素點作有效之確認，整體的偵測結果不錯，但是因為運算複雜度高，如要進行色彩空間轉換與小波轉換，因此須較長之執行時間。Cheng 等人[15] 利用單張靜態影像進行車輛偵測。不同於大部分使用影像資料的車輛偵測研究，該研究嘗試以線段特徵為基礎的方法，在影像中進行車輛待選區域的定位，再以對稱性特徵進行確認，達到在靜態單張影像中偵測車輛的目的。

Tseng 等人[7]提出綜合背景、連續畫面相減與邊緣特徵的偵測方法來針對內側車道的大型車輛進行偵測和追蹤。該研究首先進行背景收斂，收斂出背景後進行車道偵測，並找出消失點且計算車道寬度。然後在 HSI 色彩空間進行背景相減，並綜合連續影像相減和 Sobel 邊緣偵測所找出的邊緣特徵進行大型車輛偵測，偵測出大型車輛後採用卡曼濾波器來進行車輛的追蹤。

Chuang 等人[16] 提出一套適用於夜間的車輛偵測。「夜間車輛偵測演算法」分成車道之間獨立運作與變換車道車輛群組 2 個部份。該研究使用車尾燈的偵測，以減少前方車燈強烈炫光的影像。第一階段有移動偵測、車輛追蹤與車種分類。「移動偵測」主要是依據夜間車輛發光的部分與亮塊之間的特徵，如間距與角度等等，進行偵測，若某一群亮塊穩定的前進，則將這些亮塊視為同一輛車所產生的亮塊，達到車輛追蹤，接著利用所框出同一車之亮塊群的方框寬度轉換到實際空間後進行車輛分類，為了降低誤判的情形，在這個研究中，使用變換車道車輛群組，利用相同時間點將變換車道車輛的亮塊亦歸類為同一車。

本期研究整合上述研究之概念，提出一個背景擷取、物件切割辨認、及物件追蹤方法，以進行車輛偵測，詳細方法說明詳見如後。

1.6 研究方法概述

本期影像式車輛偵測器乃延續前期計畫之基本架構持續發展及精進系統功能，但是為了更能適應環境的變化、整體功能更為強健及解決因為一般攝影機功能上造成的自動白平衡與自動電子快門問題，本研究利用快速更新的方式克服因為顏色及亮度快速改變造成的切割錯誤，提升系統辨識能力。

本研究所提出之系統是由背景擷取、背景更新、物體辨識及物件追蹤...等多項方法整合而成，車輛偵測系統處理的影像為 320×240 像素(pixel)的 24 位元全彩影像，車輛偵測系統流程如圖 1.5-1 所示，在此次所提系統內之背景擷取部份，我們改採以漸近式背景分類收斂的方法，由於在一連續影像中，相同位置的背景點其值變化很小甚至於不變，在經過數張連續影像後，各背景點出現的次數相較於其他非背景點的值會來得大，換句話說，背景點出現的機率相較於其它非背景點會來得大，利用這個特性就可以得到正確的背景圖像。此法之優點除可針對靜態背景有效且即時的擷取外，另影像之取得乃改採不同以往之彩色影像，以取代傳統的灰階影像，大幅減少彩色影像與灰階影像

相互轉換時所漏失的重要辨識資訊，並突破過去僅以灰階影像做為背景擷取的觀念。

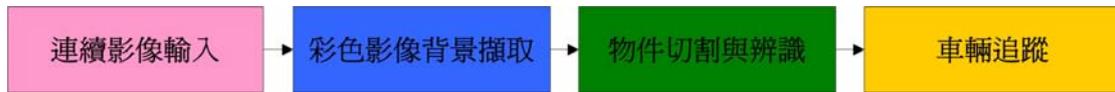


圖 1.5-1 車輛偵測系統流程圖

在移動物件切割部份，本次我們改以利用先進影像與背景影像顏色的差異性做為物件切割的依據，但為了有效解決攝影機振動、風吹樹葉所產生之搖晃雜訊及陰影影響...等干擾前景切割的因素，我們另系統中強化了原有的連通物件的形成及重建移動物體資訊的概念，使物件切割更為完善，而在辨識部份則以光學幾何的原理，藉由地面與影像平面對稱的原理推算量測移動物件外型及尺寸，達成辨識各式車種的目的，另系統辨識的資訊也可用以作為系統後續運用發展。

第二章 系統硬體架構

2.1 硬體架構說明

本系統主要由三個硬體單元組成，分別是影像擷取單元、資料數位化單元以及中央運算處理與演算核心單元，如圖 2.1-1 所示。其中，影像擷取單元採用 CCD 攝影機，資料數位化單元則是使用影像擷取卡，中央運算處理單元則是使用電腦執行演算核心。

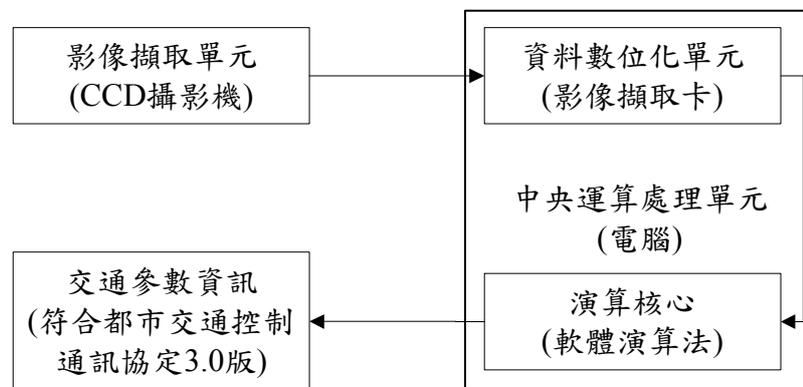


圖 2.1-1 硬體單元示意圖

2.2 硬體組成

一、CCD 攝影機

系統採用國內自行生產編號 KMS-63W3N 之 CCD 攝影機，如圖 2.2-1，此一系列是目前所生產的最高級攝影機，採用雙倍曝光技術和 16M 記憶體，攝影機首先使用如 1/100 秒的快門速度取得一張影像，為了取得黑暗區域的清晰影像，將其儲存在記憶體 1 位置，然後是用如 1/4000 秒的高快門速度取得影像亮區的優質圖片並儲存在記憶體 2 位置，兩幅圖片在經過 DSP 的處理取得一幅完美的影像，運用超寬動態範圍，這個過程 1 秒重複 25/30 次來取得 NTSC/PAL 制式的運動圖像。

傳統 CCD 和 CMOS 攝影機只有 3:1 的動態範圍，遠遠低於人

眼的 1000:1(人眼能同時看清門外 100,000 Lux 和門內 100 Lux 的影像，這種情況常會發生於在室內通過一扇窗戶看外面明亮的風景時)，63W1 美洲豹系列具有 280:1 的超寬動態範圍，154dB 漏光排斥比，優於傳統攝影機 90 倍（其他日本/臺灣/韓國製造商的傳統攝影機一般只具有 3:1 的動態範圍和 95~110dB 的漏光排斥比），CCD 規格及優點請參閱表 2.2-1 及 2.2-2。



圖 2.2-1 KMS-63W3N-CCD 攝影機

表 2.2-1 KMS-63W3N-CCD 攝影機

型號	KMS-63W3N	
電視系統	NTSC	PAL
影像感測器	1/3 英寸 CCD 影像感測器	
CCD 總像素	768(水平) X 494(垂直)	795(水平) X 596(垂直)
掃描系統	525 掃描線，60 圖場 每/秒	625 掃描線，50 圖場 每/秒
同步系統	內同步/Line-Lock	
最低照度	傳統模式	0.05 Lux (F1.2 5600°K 30IRE)
	星光模式	0.001 Lux (F1.2 5600°K 10IRE)
水平清晰度	600 線/580 線(數位信號強化處理)	
白平衡	模式	ATW/AWC 可切換(無色滾動)
	範圍	3200~10000°K
增益控制	模式	自動增益控制 ON/OFF 可切換
	範圍	0~18dB
信噪比	52dB(最小)/70dB(最大)(自動增益控制關閉)	
電子快門	1/60~1/120,000 秒連續	1/50~1/120,000 秒連續
自動光圈	自動電子快門/直流驅動	
螢幕選單顯示	所有控制選項均由螢幕選單顯示	
5 鍵關閉	螢幕顯示控制面板	
非閃爍功能	由螢幕選單選擇控制	
背光補償功能	由螢幕選單選擇控制	
數位放大功能 X2	由螢幕選單選擇控制	
鏡像功能	由螢幕選單選擇控制	
上下反轉功能	由螢幕選單選擇控制	
影像加強功能	由螢幕選單選擇控制	
負片功能	由螢幕選單選擇控制	
遮蔽區域	由螢幕選單選擇控制	
數字增益強化	由螢幕選單選擇控制	
超寬動態範圍	52dB(280:1)	
視訊輸出	複合式影像信號輸出，1.0V P-P at 75ohm	
伽瑪修正	0.45	
工作環境溫度	-20°C 到 50°C	
工作環境濕度	85%RH 以下	
電源	DC12V ± 1V/120Ma	
灰階校正	0.45/1.0 由螢幕選單控制	
尺寸	50.5(W) x 50.5(H) x 115(D) mm	
警報輸出	位移偵測	
<p>*產品規格如有變動，以產品實際規格為準。 *ATW:自動追蹤白平衡 *AWC:手動鎖定白平衡 *尺寸(單位:mm)</p>		

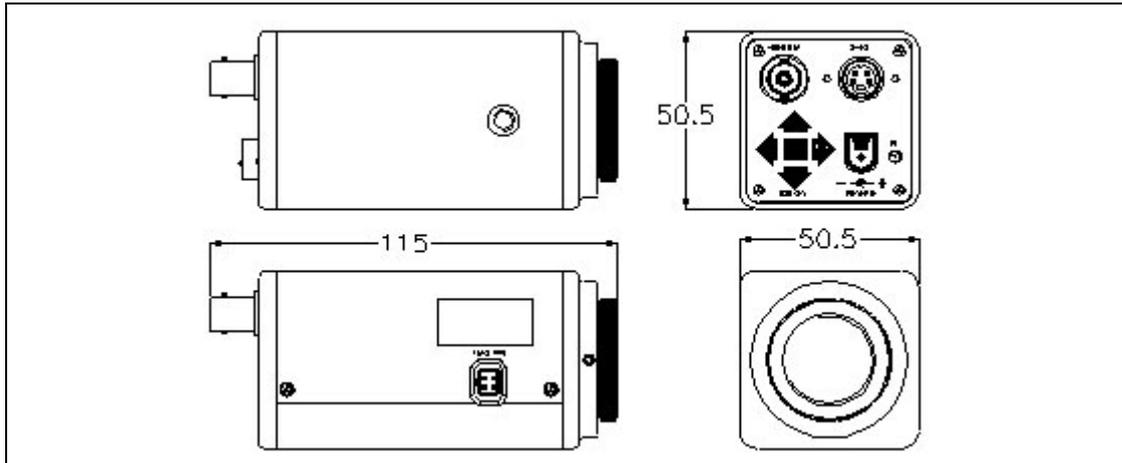


表 2.2-2 KMS-63W3N-CCD 攝影機優點

KMS-63W3N-CCD 優點	
超寬動態範圍	280:1 動態範圍(優於傳統攝影機 90 倍)
超高漏光排斥比	154db 漏光排斥比(優於傳統攝影機 50~100 倍)
數位放大	調整從 1 倍到 2 倍的 32 級放大範圍，或者 2 倍到 256 倍的特殊要求。
4 區域遮罩	通過遮蔽螢幕的部分區域保護他人的隱私。
48 區背光補償	48 小區域, 320X240 智慧微型區域。
數位自動增益控制	沒有雜訊提高 12dB 的感光度。
螢幕功能表顯示	互動功能表控制多數功能。
電源	直流 12V ± 10V/120mA 超低功耗。

二、鏡頭

系統採用 8mm 固定焦距鏡頭，相關規格資訊如表 2.2-3、圖 2.2-2 所示。



圖 2.2-2 8mm 鏡頭

表 2.2-3 8mm 鏡頭規格

型號		CCTV LENS 06	
影像格式		1/3 inch	
焦距		8mm	
最大孔徑		F1.2	
孔徑範圍		F1.2-C	
最小物件距離		0.1m(W) 1.0m(W)	
視角	對角	W54.39°	T5.89°
	水平	W43.62°	T4.73°
	垂直	W32.73°	T3.55°
尺寸規格		D34.0×L74.0	
重量		90g	
工作溫度範圍		-10°C~45°C	
工作溼度範圍		30%~70%	
底座		CS	

三、CCD 防護裝置

系統為使 CCD 攝影機可於各種天候下操作及維護使用年限，於 CCD 攝影機外配備 GL-607 室外用防護罩如圖 2.2-3，此型防護外罩計由外罩、風扇、加熱器、雨刷組成，其規格如表 2.2-4。



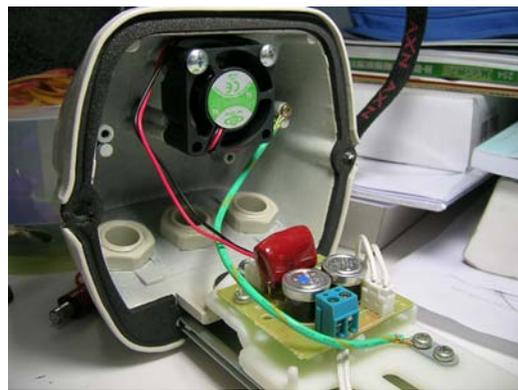
(a)



(b)



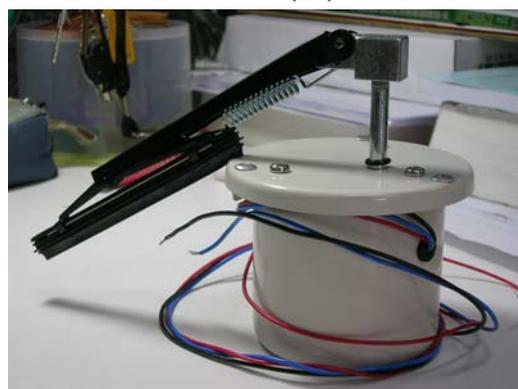
(c)



(d)



(e)



(f)

(a)防護外罩；(b)加熱器；(c)風扇；(d)、(e) 電源控單元；(f)雨刷組

圖 2.2-3 GL-607 室外用防護罩

表 2.2-4 GL-607 室外用防護罩規格

GL-607 室外用防護罩	
材 質 / 顏 色	鋁合金 米白色
外 觀 尺 寸	147(寬)X140(高)X470(長)mm
適 用 攝 影 機 尺 寸	105(寬)X100(高)X320(長)mm
取 得 認 證	IP66, CE
恆 溫 控 制	H 加熱器 B 風扇 ON : 15°C ON : 35°C OFF : 25°C OFF : 25°C
附 加 配 件	雨刷組(選配)
輸 入 電 壓	12VDC / 24VAC / 110VAC / 220VAC
淨 毛 重 材 積	20.8kg,23.6kg,3.7 材

四、電腦

為適應現地狹小空間及攜行方便之考量，系統採用微星 MS6404 準系統電腦如圖 2.2-4，作為現地演算進行及資料儲存之平臺，經過長時間的實驗與連續運轉測試，並無不穩或是當機現象，其規格如下：

- 型號名稱：MS-6404
- 中央處理器：Intel Pentium 940 3.2GH
- 硬碟：Seagate 200G/8MB/7200RPM/S-ATA
- 記憶體：TwinMOS 512MB PC2-4200*2
- 電源供應器：260W(PFC)
- 尺寸：210(寬)x330(長)175(高)mm
- Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

(a)~(d)為準系統外觀；(e)準系統內部；(f)~(g)準系統中央處理器及扇熱風扇；(h)外接影像擷取卡

圖 2.2-4 微星 MS6404 準系統電腦

五、影像擷取卡

系統採用凌華科技生產高速影像擷取卡（ADLink - RTV24），如圖 2.2-5 所示，規格如下：

- 四阜平行運算彩色影像數位取樣器
- 最快每秒擷取 120 張 32 位元彩色影像，並以頻率 33/66MHz PCI 匯
- 流排傳送
- 支援彩色(PAL / NTSC), 單色 (CCIR / EIA) 攝影機
- 最多支援 16 阜影像輸入
- 基版式 TTL 輸入/輸出 線路
- 內建看門狗計數器
- 提供安全考量為設計之保護電路



圖 2.2-5 ADLink - RTV24 高速影像擷取卡

六、ADSL 網路數據機

新竹東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口之系統傳輸介面目前採用中華電信 ADSL 網路傳輸技術，以現有的外掛電話加裝 ATU-R(ADSL 數據機-康全 CT-511C 規格如表 2.2-5)如圖 2.2-6，連結交通大學電算中心 (IP140.113.70.151 及 140.113.70.150)完成遠端監控及數據資料傳送(上傳速率：64k—1Mbps，下傳速率：256k—12Mbps)，而設置於交通部運研所之系

統則直接藉由本所網路，達成遠端監控及數據資料傳送。

表 2.2-5 康全 CT-511C 規格

Chipset	AD 6489 + Eagle
SDRAM	8 MB
WAN Interface (One ADSL port)	
ADSL standard	ANSI T1.413 Issue 2, ITU-T G.992.1, ITU-T G.992.2
G.DMT data rate	Downstream: 11 Mbps
	Upstream : 1 Mbps
G.lite data rate	Downstream: 1.5 Mbps
	Upstream : 512 Kbps
ATM Attributes	
PPP over AAL5	RFC-2364
Multi-protocol over AAL5 routed	RFC-2684
Multi-protocol over AAL5 bridged	RFC-2684
PPPoE	RFC-2516
IPOA	RFC-1577
VCs	8
AAL type	AAL5
ATM	service class UBR/CBR/VBR
ATM	UNI support UNI3.1/4.0, ILMI
OAM F4/F5	Yes
Management	
Console port	RS232/DB9
SNMP	Yes
RFC-1213 MIB II	Yes
Telnet	Yes
Web-based management	Yes
LED Indicators	CT-500C: Power, Alert, LAN Link, ADSL Link, ADSL Tx/Rx
	CT-500S: Power, Alert, LAN Link, ADSL Link, ADSL Act
Local interface (One Ethernet port)	
Standard	IEEE 802.3/IEEE 802.3u 10/100 Base-T
Transparent bridge and learning	Yes
Routing functions	
IP static route	Yes
RIP and RIPv2	Yes
Network functions	
ARP	Yes
DNS, NAT/PAT, DHCP/BOOTP	Yes
PAP, CHAP	Yes
IGMP proxy	Yes
Power Supply	
External power adapter	110 VAC or 220 VAC
Environmental Conditions	
Operating temperature	0~50degrees Celsius(operating)
Relative humidity	5~90% (non-condensing)
Dimensions	
CT-500C: 200 mm (W) x 44 mm (H) x 137 mm (D)	
CT-500S: 40 mm(W) x 140 mm (H) x 133 mm (D) (with cab. Holder)	
Weight	
CT-500C: 335 g (without power adapter)	
CT-500S: 245 g (without power adapter)	



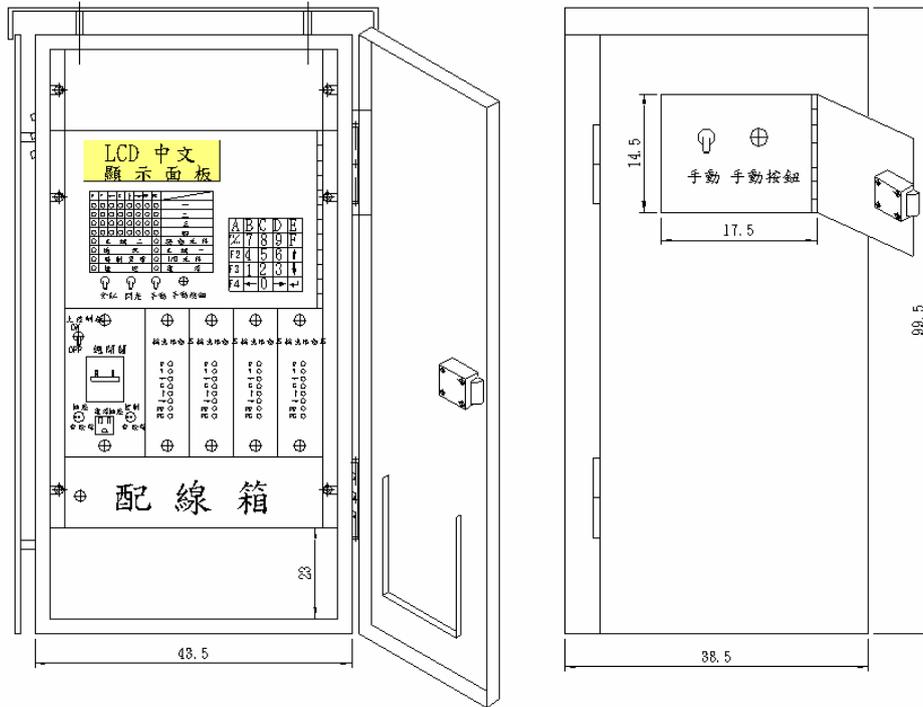
圖 2.2-6 ADSL 數據機(康全 CT-511C)

七、攝影機支架

系統分別於新竹市東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口及臺北市敦化北路交通運研所前設置 L 型鋼架及門型鋼架各一座，其基礎混凝土強度為 210kg/cm^2 ，以 ASTM 材質為主，如圖 2.2-7。

八、控制箱

系統位於新竹市東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口採用 43.5x38.5 訊號控制箱，其規格如圖 2.2-8，另位臺北市敦化北路交通運研所之系統則設置於本所 6 樓實驗室。



(a)



(b)



(c)



(d)

(a) 43.5x38.5 訊號控制箱規格；(b)~(c) 43.5x38.5 訊號控制箱外觀；
(d) 43.5x38.5 訊號控制箱外觀內部

圖 2.2-8 43.5x38.5 訊號控制箱

2.3 實驗地點架設

本期研究鑑於系統未來推展運用之考量，除續於前期所建置中華路五段及東西向快速公路武陵交流道口進行實測外，另於臺北市交通部運輸研究所前進行系統偵測能力之測試，以適應複雜之車流運行情形，使所研發系統同時適用市區道路及高快速公路之運用，有關中華路及快速公路地理環境特性請參閱前期報告及前期計畫執行概況，以下就本期新增運研所前測試點之地理環境特性及建置經過加以說明。

此一設置點位於臺北市松山區敦化北路 240 號交通部運輸研究所 (N 25°06'01",E 121°54'97")大樓右前方 (面向大樓) 車行道入口，距民權東路、敦化北路及松山機場出口交匯口以南 120 公尺處，攝影機監控畫面為敦化北路南向慢速車道，車道混行機(踏)車、小型車、大客車及少量的大貨車，設置點車流來自松山機場進出旅客車輛、中山高速公路南、北行進入市區車輛及內湖科學園區進入機場及市政中心之車輛，為連繫機場、科學園區及高速公路之重要樞紐，尖峰時段會呈現壅塞停滯現象，相關設置點位置如圖 2.3-1~圖 2.3-3 空照示意圖及圖 2.3-4 車道示意圖所示，該實驗路段的道路特性說明如下：

1. 設置點以北為松山機場及空軍松山指揮部，民用航空公司班機每日上午 0600~下午 2200 均為客機起降時間。
2. 設置點以南為住、商用地，現除少數住宅外、大部份為五星級飯店、醫院及各大行企業總部，商業活動熱絡。
3. 設置點以西及以東均為聯繫內湖科學園區、中山高速公路及各捷運系統，交通繁忙。
4. 攝影機所拍攝之敦化北路區段，其路面寬約 10 公尺、單向 2 線混合車道，車道左側以中央分隔道區隔快速車道及公車專用車道，右側為運研所車行道入口，每一車道寬均約 3.3 公尺，並有約 2~3 公尺的路肩，及約 3~4 公尺的人行道。



圖 2.3-1 交通部運輸研究所空照圖



圖 2.3-2 交通部運輸研究所空照示意圖



圖 2.3-3 交通部運輸研究所空照示意圖



圖 2.3-4 交通部運輸研究所前車道示意圖

由於該路段行道樹生長茂盛如圖 2.3-3 空照圖所示，測試點將分別於不同時段受到由太陽(日間)及路燈(夜間)照射行道樹所生成之樹蔭影響。在日間時段每日上午 8 時至下午 3 時，攝影機所拍攝的路面監視畫面會受太陽日照所產生的樹蔭影響如圖 2.3-5，嚴重干擾偵測器的

背景收斂，經強化演算法背景收斂更新流程，大幅降低樹蔭干擾，實測結果如圖 2.3-6，而同時也有效解決新竹市中華路類似受到樹蔭及建築物陰影的干擾，測試結果如圖 2.3-7。

在夜間時段每日日落後至隔日日出前，攝影機因受行道樹遮蔽路燈光源的影響，使所拍攝的路面監視畫面過暗而無法辨識如圖 2.3-8，因此於 5 月 24 日以臨時照明(仿路燈規格如圖 2.3-9，安裝過程如圖 2.3-10)設置解決夜間照明不足問題，照明前、後之路段影像如圖 2.3-11 及圖 2.3-12，並於 7 月 26 日期中報告中提報，會後本研究團隊參考專家學者建議，在考量未來系統架設原則，重新考量系統演算及系統照明之課題。

圖 2.3-13 至圖 2.3-18 為瞿忠正副教授帶領影像式研究人員於 9 月於運研所前進行照明設備架設及 CCD 攝影機於日、夜間參數調校實際情形，相關探討工作要項包含如下：

1. 攝影機是否可在現階段實測地點，配合經強化前景切割演算法流程，在無需輔助光源條件下維持系統日、夜間正常運作。
2. 如需輔助光源設置，光源獲得的方式應要符合架設方便、電源常規、光源安全及自然之原則，儘量符合一般路燈規格，俾利日後光源取得及架設之便利。
3. 在光源問題合理解決後，設定一組夜、日間均一的攝影機參數。

首先測試於夜間在不架設任何輔助燈光的環境下(僅憑現地路燈及運研所旁預售屋照明)，實際調整出 7 組攝影機參數進行系統測試，各組參數分別由系統進行 30 分鐘之即時辨識，在當日 1800~2200 時段，系統辨識的正確率約可達到 4~6 成，分析其主因，均為車輛進入照明不足區段後，前景切割破碎影響系統辨識，經研判系統流程再作部份調整，尚可將夜間辨識率維持在 6 成左右，但至當日 2200 時，運研所旁預售屋照明關閉，光源驟減前景完全無法切割。在考量原設計輔助光源裝設及電源接取不便，且光源本身與攝影機均為分離主體，因而重新設計、安裝系統輔助照明，考量未來可以作為產品之附屬配件下，重新設計於攝影機下方，裝設單一輕便之照明附件，該附件使

用一般市電，價格約新臺幣 2000 元左右，重量輕，其外型可依需求客制化修改後，附加於攝影機下方與攝影機共構成單一商品，經測試並不影響用路人安全，附帶增加區段照明具防堵治安死角之效，如圖 2.3-19，照明後區段如圖 2.3-20。在完成輔助光源設計後，CCD 攝影機配合白天選用一組適當參數進行測試，前景切割結果已可符合實際系統運作需求，如圖 2.3-21。



圖 2.3-5 太陽日照所產生的樹蔭

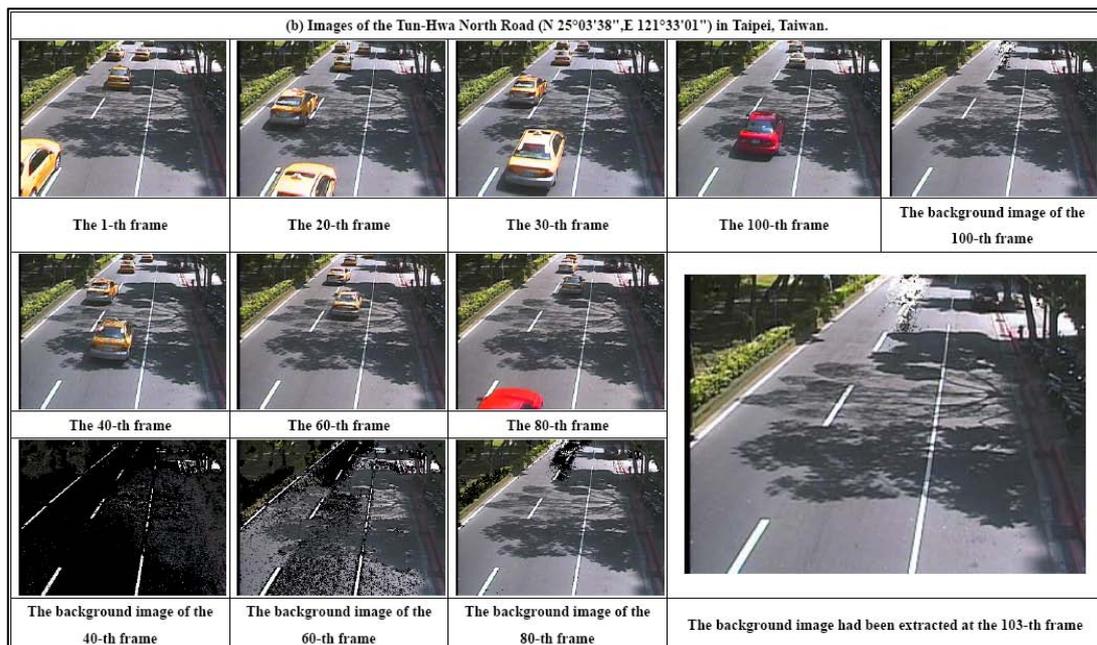


圖 2.3-6 敦化北路背景測試

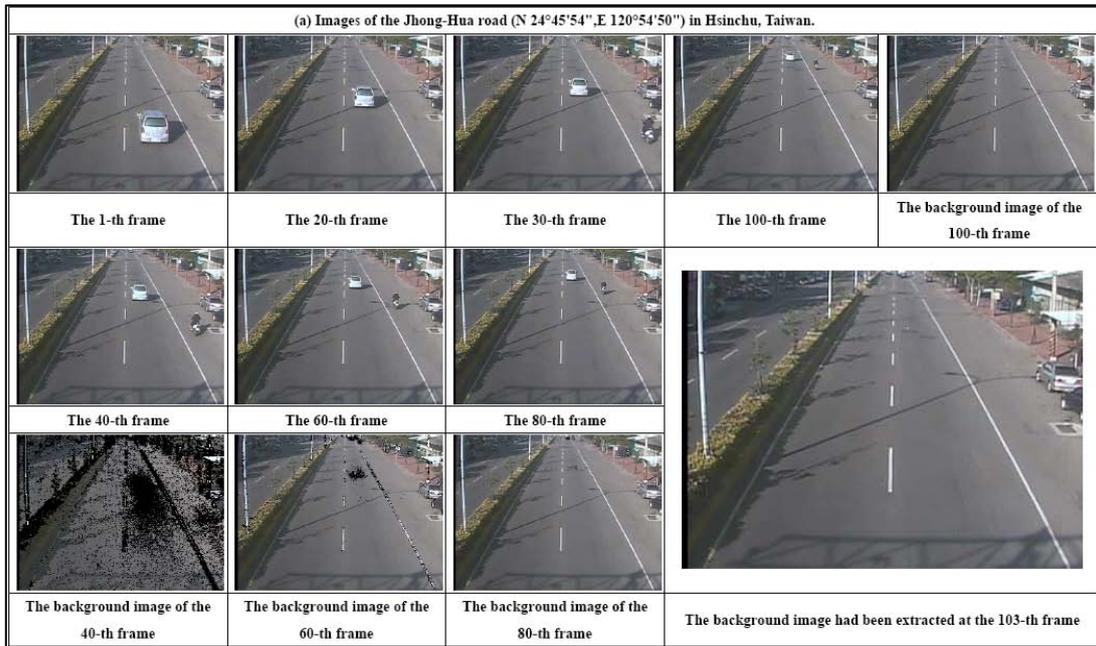


圖 2.3-7 新竹市中華路背景測試



圖 2.3-8 路燈遮蔽所產生的樹蔭

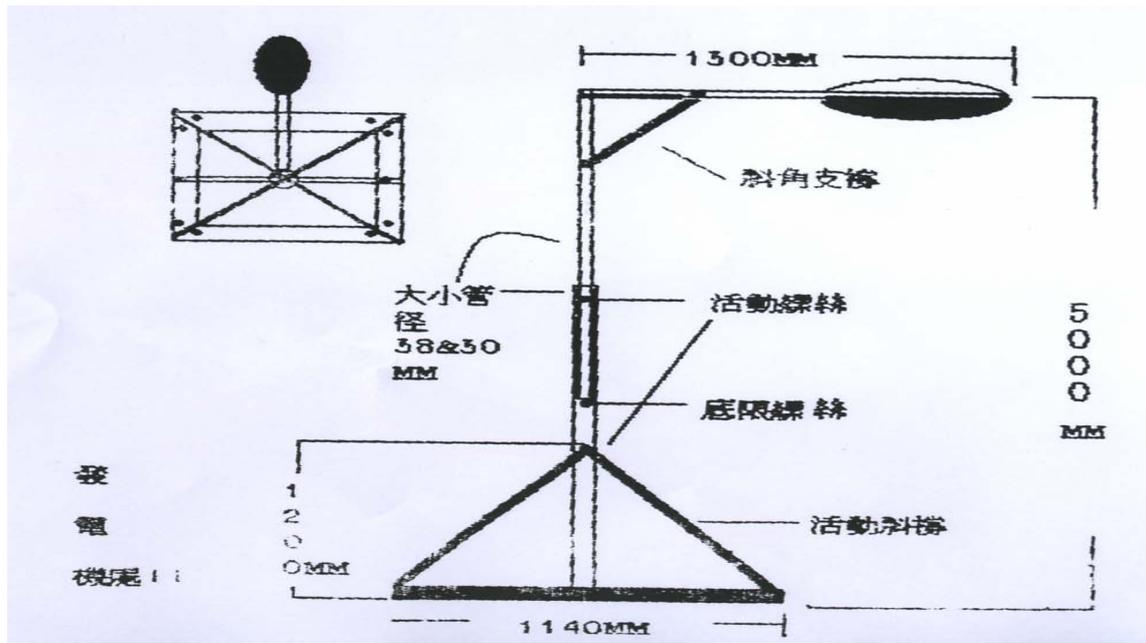


圖 2.3-9 臨時照明設計圖





圖 2.3-10 活動燈架架設過程

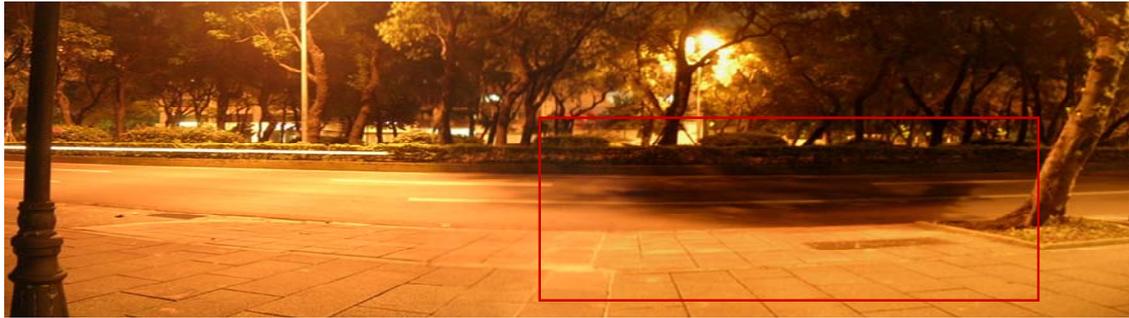


圖 2.3-11 活動燈架架設前



圖 2.3-12 活動燈架架設後





圖 2.3-13 運研所前進行照明設備架設



圖 2.3-14 輔助光源裝設



圖 2.3-15 輔助光源架設後



白天原始影像



白天車輛前景切割結果



夜晚原始影像



夜晚車輛前景切割結果

圖 2.3-16 日、夜影像概況

第三章 系統軟體偵測原理

本年度新增臺北市交通部運輸研究所前方敦化北路實機測試點，除了硬體架設之外，在系統軟體演算法部分，做了以下多項增進，以期更有效提昇偵測準確率。這套演算法同時將應用於雪山隧道事件偵測，因此在演算法的強健性上，研究團隊做了許多改善，以期達到預期之偵測效果。

車輛偵測演算原理不跳脫以下三個步驟：即時彩色背景擷取、即時移動物體偵測與即時多車輛追蹤，而整體軟體架構以及每個步驟的細節如圖 3-1 所示。在即時採測背景擷取部份，除了基本的背景擷取以及動態背景更新之外，還針對隧道內環境的瞬間光線變化推導出整張背景補償修正方法，以克服瞬間光線變化的狀況。當然，在背景資訊擷取完成後，立即進行車道線偵測工作，車道線資訊將提供後續偵測工作一個重要的參考指標。在物件切割與辨識部份，除了原有之移動物體偵測之外，還將利用車道線資訊來適度的切割物件，最後利用視覺長度修正來加強車輛辨識的準確率。在車輛追蹤部份，則是由參考點追蹤、移動物體對應法以及強化追蹤程序來完成。

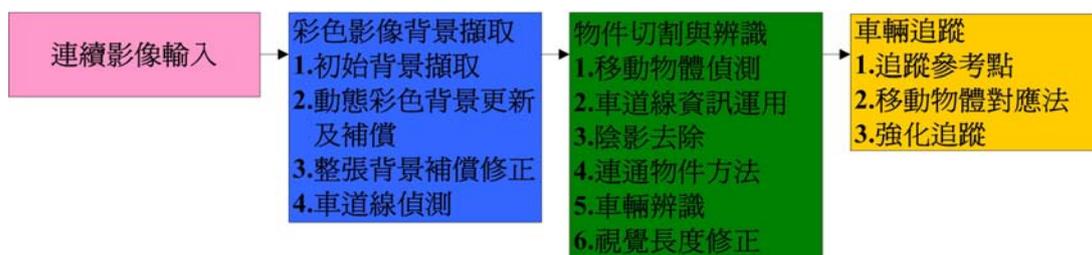


圖 3-1 影像處理軟體架構圖

3.1 彩色影像背景擷取

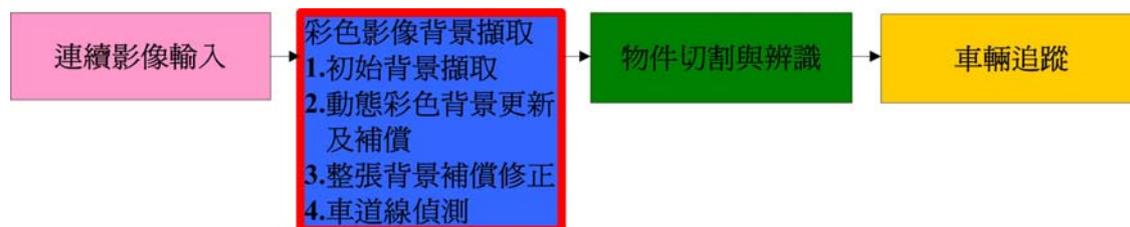


圖 3.1-1 即時彩色背景擷取程序圖

即時彩色背景擷取採用影像處理技術動態地擷取有著移動物體出現的連續影像，在無須人為操作以及無須給予架設環境資訊的條件下，此技術可以正確且即時的將背景擷取出來，且為了克服光線、天候、電荷耦合元件 (Charge Coupled Device: CCD) 的電子快門 (Automatic Electric Shutter: AES) 和背光補償 (Back Light Compensation: BLC) 變化的影響，將擷取出的背景不斷地更新，讓背景擷取技術，更能適應外在環境的變化，也讓整個背景擷取系統更為強健。

即時影像背景擷取主要是利用統計上，背景區域在連續影像中出現機率較移動物體的區域高，因此，此技術在初始時，會利用色彩聚類的技術，將每張連續影像中，每個圖素的顏色動態分類，並對每個圖素的每個顏色類別統計其出現過的次數，當統計了一定數量的影像以後，便開始針對每個圖素的顏色類別進行收斂，而當所有圖素的顏色類別都收斂完畢之後，背景也就得到了。

然而，如果此背景資訊是被即時移動物體偵測技術來分離移動物體與背景，那此背景還必須包含動態更新的功能，這樣才能適應光線、天候、CCD 的 AES 和 BLC 變化的影響。對光線與天候這兩種自然現象而言，其影響影像色彩的速度較慢，且影響的程度較小，因此利用偵測到的移動物體資訊回授來更新背景便已經足夠了，然而，對於 AES 和 BLC 這兩種攝影機功能而言，其影響影像色彩的速度非常快，而且影響程度甚劇，因此，適當選取更新速度才能讓每個時刻的背景皆為最佳的。

對於即時多車輛追蹤技術而言，必須還要有背景補償技術才能將

一開始就收斂錯的背景資訊，動態地回覆為正確的背景，而一開始就會收斂錯的背景，通常是因為在擷取初始背景的時候，有車輛停靠在路邊，使得收斂時把此停靠在路邊的車子當作背景，如果此車輛在之後開走了，那原本此車輛停靠的區域，就會一直被判斷為移動物體，因此，為了要修正這樣的現象，我們把車輛追蹤的資訊回授來分析，如此便能解決一開始背景收斂錯誤的問題。

雪山隧道屬於長隧道，對於燈光的管理有相關規範約束。隧道內所裝設的水銀燈在點亮的時候，是屬於緩慢變亮的情況，對我們的演算法並不會造成影響，但是當水銀燈突然被關閉的時候，整個影像畫面會造成瞬間劇烈的變化，再加上 AES 與 BLC 功能的影響，這會造成後續車輛物件切割時候的困難度。因此，研究團隊也針對這個狀況推導出偵測的機制，將背景更新的觀念更深入解決，當情況特殊時，適度的將整張背景作整體調整，讓背景資訊能夠符合瞬間變化光源的環境。

1. 初始背景擷取

即時彩色背景擷技術，對於連續影像的輸入，主要是獲得初始的彩色背景影像，而當獲得彩色背景影像後，會利用即時移動物體偵測所獲得的移動物體資訊來動態更新背景，最後還會利用即時多車輛追蹤所獲得的車輛追蹤軌跡，來補償背景。

將輸入的第一張影像作為每一個圖素顏色類別的第一類，之後利用絕對差值合 (Sum of Absolute Difference: SAD) 計算每一圖素的每一顏色類別與目前輸入影像的圖素的差異；如果差異大，則為此顏色建立新的類別，反之，則將此圖素歸類為”已知”類別，並更新顏色資訊，如此反覆進行，直到每一個圖素出現機率最大的類別都收斂為止。

由於剛開始的影像情形不同，會使得收斂的情形不同，例如，一開始都沒有移動物體的情況下，跟一直都有車輛在畫面中的情況下，每一個圖素出現機率最大的類別的機率值會有不同，因此，需要訂定一個動態臨界值 TH2 來因應各種可能的狀況。整個背景收

斂的判斷如式 3.1-1 所示。

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{收斂類別顏色為背景} & \text{背景尚未收斂且最大出現機率類別的出現機率大於 TH2,} \\ \text{不做事} & \text{其他} \end{array} \right. \quad \text{式 3.1-1}$$

2. 動態彩色背景更新及補償

動態背景更新是利用移動物體的資訊來判斷該對那些區域做背景更新的動作，而更新的方式如式 3.1-2 所示：

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{背景} = \frac{(n-1) \times \text{背景} + \text{目前影像}}{n} & \text{若此區域不為移動物體,} \\ \text{不做事} & \text{其他} \end{array} \right. \quad \text{式 3.1-2}$$

值得注意的是，在方程式中， n 越大，則背景更新的速度慢，不容易克服光線或天候所造成的影像顏色變化，但 n 越小，卻越容易被 AES 和 BLC 的功能影響，因此， n 的設定，必須要權衡這兩個情況。

動態彩色背景補償是利用車輛追蹤後的軌跡，判斷是否有將停止的車輛收斂為背景的情況出現，其判斷的方式是：

- (1) 移動物體的中心是否有一段時間沒有變化很多。
- (2) 移動物體追蹤軌跡的起始點是否沒有在影響的邊界。
- (3) 移動物體的輪廓區是否沒有邊界特性。

如果一個移動物體的追蹤資訊滿足上述的三個條件，則此移動物體就被認定為當初停止在此區域車輛所造成的，而此區域將在下次背景更新的時候修正回正確的背景值。

3. 整張背景補償修正

雪山隧道內對於燈光有動態的控制，隧道內的燈光環境，主要是使用水銀燈來提供光線照明。而水銀燈的開啟並非瞬間切換，因此需要一些時間才會完全亮起，在這一部分其實比較沒有太大的問

題。因為燈光開啟時，它是漸進式的開啟，這樣緩慢亮起的方式在平常的背景更新中就已經被補償掉了。然而，在燈光關閉的時候，則是瞬間熄滅，這個瞬間熄滅的動作，對車輛偵測影響甚鉅，這樣瞬間燈光熄滅所減出的前景如下圖 3.1-2，左邊為燈光關閉瞬間前的背景，右邊為燈光關閉瞬間的輸入影像。產生的結果於下圖，可以看出相減出的前景完全是因為燈光瞬間變化而產生的，而非車輛經過所產生的前景。



圖 3.1-2 燈光切換瞬間背景相減示意圖與結果

有鑑於此，本研究在既有的背景更新之下，加入了可解決燈光切換影響的光線偵測機制。當系統發現有光線劇烈變換的時候，系統將會為背景更新的權重進行調整，以達到更快速的轉換出新的背景。修正後的背景更新如下圖 3.1-3，更新程序的詳細流程會在下一頁接續說明。

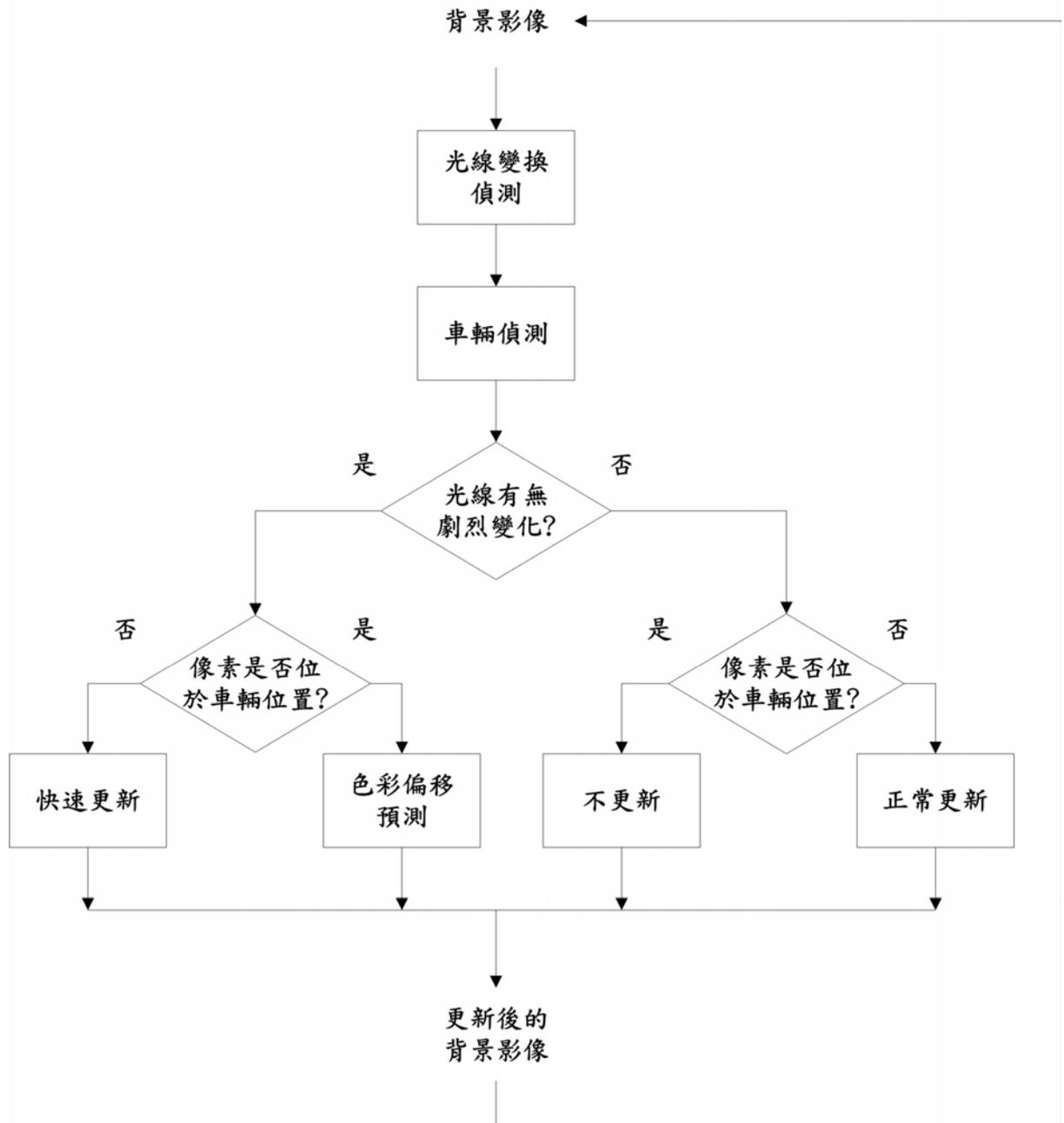


圖 3.1-3 背景更新流程圖

由上方流程圖可見，除了原本會進行的車輛偵測之外，我們加上了燈光切換偵測，若沒有燈光變化，則進行原來的背景更新。當發現有燈光切換時，若該像素上並非為車輛所在區域，則系統將該像素以切換燈光後的像素值直接更新掉。若該像素區域有車，則有無車資訊由前一時刻車輛偵測與追蹤得知，使用色彩平均值偏移的方式預測該像素位置在燈光切換後應該具有的顏色，然後再進行快速更新。燈光變換偵測的區域如下圖 3.1-4。



圖 3.1-4 燈光切換偵測區示意圖

接著利用偵測設定區域 R、G、B 的平均值判別燈光切換狀態。若這些 R、G、B 平均值的差值大於系統所設定的門檻值，則認定出現燈光切換的狀態，如下列式 3.1-3 與公式 3.1-4 所示。其中 μ 表示平均值、BG 表示背景、CF 表示目前的畫面(Current Frame)、 δ 表示差值、TH 為門檻值、abs 表示取絕對值。本系統目前設定的門檻值為 $Th_R=30$ 、 $Th_G=35$ 、 $Th_B=30$ 。當 $L=1$ 表示燈光發生切換，反之則否。

$$\begin{aligned}\delta_R &= abs(\mu_{BG}^R - \mu_{CF}^R) \\ \delta_G &= abs(\mu_{BG}^G - \mu_{CF}^G) \\ \delta_B &= abs(\mu_{BG}^B - \mu_{CF}^B)\end{aligned}\quad \text{式 3.1-3}$$

$$L = \begin{cases} 1, & (\delta_R \geq Th_R) \parallel (\delta_G \geq Th_G) \parallel (\delta_B \geq Th_B) \\ 0, & otherwise \end{cases}\quad \text{式 3.1-4}$$

當沒有燈光切換時，系統使用的是一般正常的背景更新權重，而正常背景更新(Normal Update)的程序不包含視為車輛的像素，因為若將視為車輛的像素加以更新，將會更新到錯誤的背景。其背景與目前畫面的更新權重比為 3:1，如式 3.1-5 所示，其中 BG 表示背景，CF 表示目前畫面，而(x,y)位該像素的位置。

$$\begin{aligned}
 BG_{x,y}^R &= \frac{3}{4}BG_{x,y}^R + \frac{1}{4}CF_{x,y}^R \\
 BG_{x,y}^G &= \frac{3}{4}BG_{x,y}^G + \frac{1}{4}CF_{x,y}^G \\
 BG_{x,y}^B &= \frac{3}{4}BG_{x,y}^B + \frac{1}{4}CF_{x,y}^B
 \end{aligned}
 \tag{式 3.1-5}$$

當出現有燈光切換的時候，系統針對不是表示車輛區域的像素，進行快速更新(Fast update)，既然不是車輛區域，然後又發生燈光切換，則表示該背景像素與目前畫面顏色有非常大的差異，這樣的差異已經會減出錯誤的前景，因此，使用正常更新的權重是不夠的，需要快速的將該像素的顏色值轉換到新畫面的色彩，所以採用的更新方式如下式 3.1-6 所示，其中該公式中的符號定義與式 3.1-5 相同。

$$\begin{aligned}
 BG_{x,y}^R &= CF_{x,y}^R \\
 BG_{x,y}^G &= CF_{x,y}^G \\
 BG_{x,y}^B &= CF_{x,y}^B
 \end{aligned}
 \tag{式 3.1-6}$$

背景更新的結果顯示於下圖 3.1-5。其中包含了正常的更新、非車輛區域的快速更新，以及色彩偏移預測的部份。

Num	原圖	新背景	舊背景
633			
638			

643	 <p>2076 00 15:02:12 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:12 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:12 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
648	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
653	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
654	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
655	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
656	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>
657	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CCTV-SN-H 28+120 06-16-07</p>

658	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
663	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
668	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:13 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
673	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
678	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
688	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>
698	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>	 <p>2076 00 15:02:14 CC1V-SN-T 28+120 06-16-07</p>

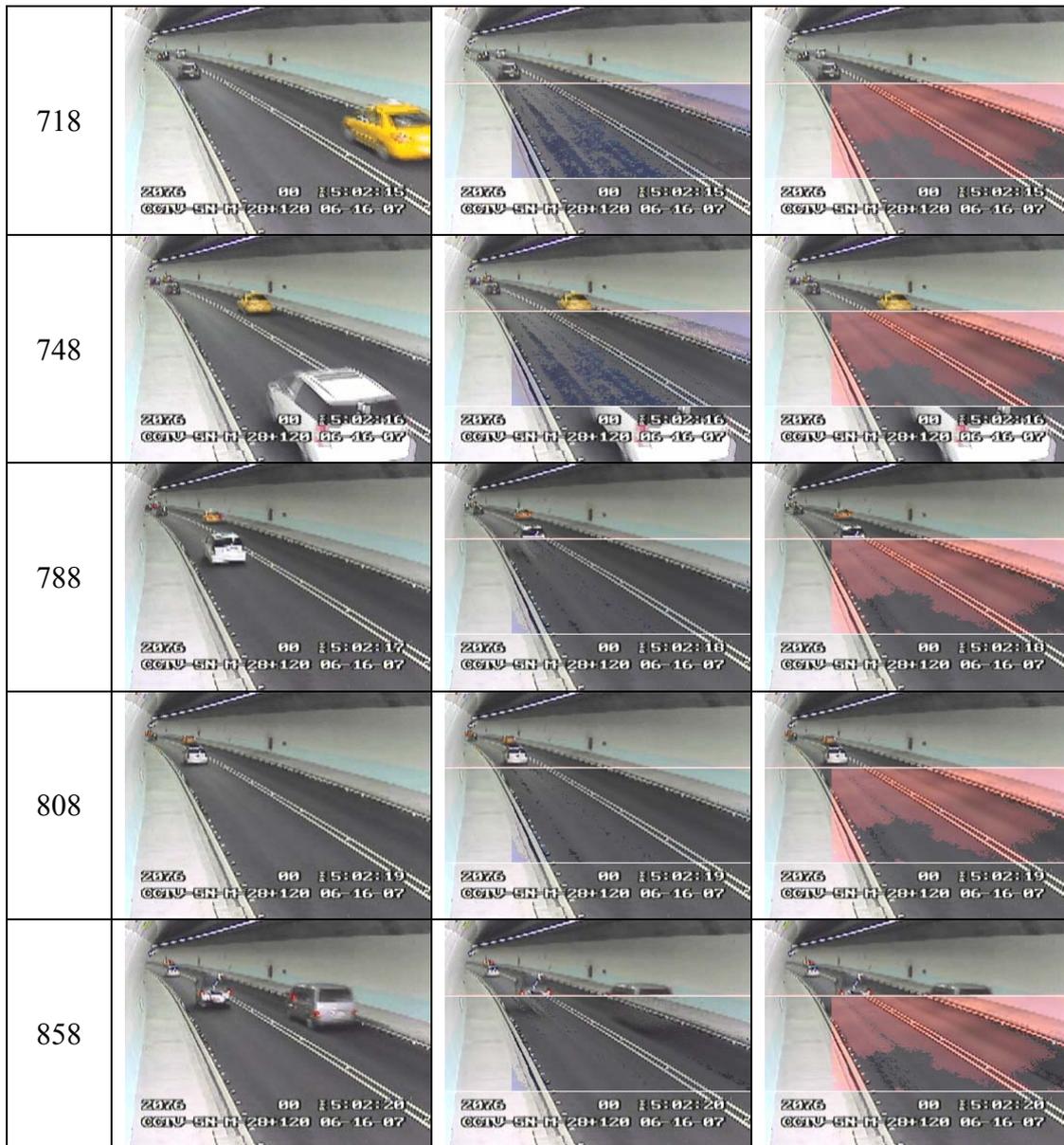


圖 3.1-5 燈光切換的背景更新示意圖

上圖 3.1-5 中，當發現有燈光切換的時候，就切換到快速更新的模式。以該圖為例，第 655 張圖的時候進行燈光的切換，光線切換的一瞬間，整個色彩有非常大的變化。由圖中第 655 張影像可以看到本研究所開發系統可以快速預測到偵測區域內光線變換的色彩，新背景採用的是新提出的快速更新改善方法，而舊背景採用的是原本的更新方式，一般更新與快速更新的差異可由偵測區域內看出差別，由於畫面有車子通過，因此車輛的區域是不進行更新的，而原本的背景更新方式，因為畫面切換的瞬間導致系統認為有前景出現，因此不進行更新，直到第 858 張畫面，畫面中偵測區域內的

背景還有大部份是燈光未切換前的背景顏色。然而，採用新方法的背景早就已經更新到正確的背景色彩資訊上。由此顯示新方法對於光線劇烈變化的強健性。

4. 車道線偵測

在車道線偵測上，本系統並非採用常見的 Hough 轉換(Hough Transform)來找尋線段，因為 Hough 轉換在線段偵測過程中，須將直角座標平面轉換為圓柱座標平面，當找尋到線段時又要將圓柱座標平面轉換回直角座標平面，此過程須花費不少時間運算，因而本系統使用電腦視覺的方法來判斷線段是否為車道線，車道線偵測的流程圖，如圖 3.1-6 所示。

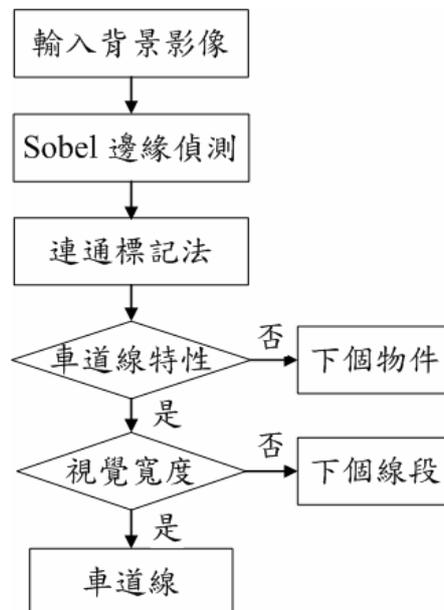


圖 3.1-6 車道線偵測流程

[1] Sobel 邊緣偵測

Sobel 邊緣偵測主要是使用兩個 1×3 的 Sobel 遮罩，分為水平方向與垂直方向，遮罩型式如圖 3.1-7 所示，計算梯度近似值，設立門檻值，當梯度近似值大於門檻值時，則為影像邊緣。由於拍攝方向的選擇，影像的上半部份，其影像資訊常是屬於無效資訊，因此在車道線偵測時，捨棄背景影像上三分之一的地方，不進行處理且可加快運算速度。以目前 CCD 攝影機架設特

性而言，我們採用垂直方向的遮罩進行偵測，如圖 3.1-8(a)背景影像(b)背景的邊緣所示。

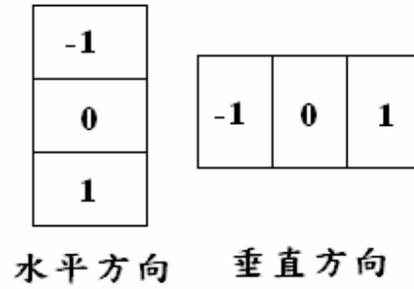
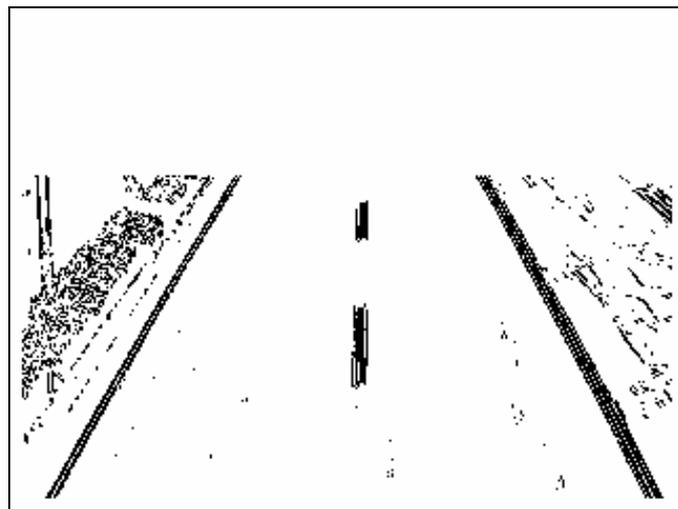


圖 3.1-7 Sobel 遮罩



(a)背景影像



(b)背景邊緣影像

圖 3.1-8 背景影像進行 Sobel 邊緣偵測

[2] 連通法

應用連通法將邊緣影像相同物件的邊緣，逐一的給予標記，如圖 3.1-9 所示，圖中可見影像為相同的物件時，其灰階值相同，不同物件時，灰階值亦不同。同時，我們記錄相同物件的最左上、最右下的座標與總像素，並且運用物件總像素刪除較小物件。這個總像素值的設定是依照設定的門檻值設定，這個門檻值與視覺長度換算有絕對關係。

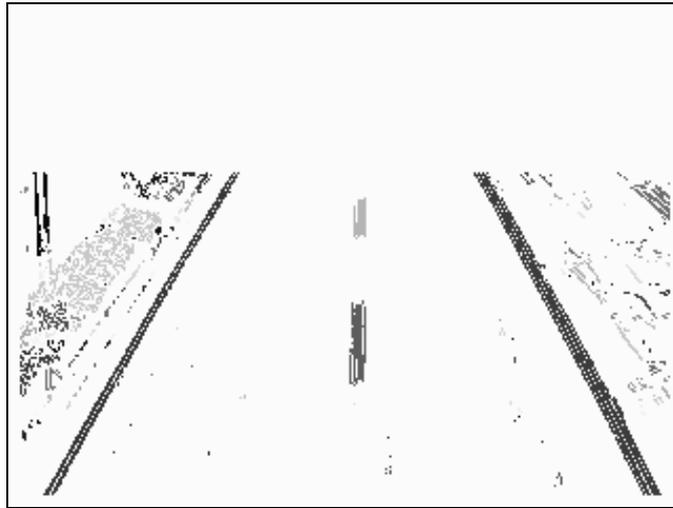


圖 3.1-9 背景邊緣影像連通後影像

[3] 影像特性判斷

在已知每個相同物件資訊中，將每個物件的垂直高度大於一定影像高度時候，計算每個物件的斜率與截距，當影像中所有線段符合垂直高度大於一定影像高度，選取所有符合條件的線段將其斜率和截距進行比對，歸納相近斜率和截距，如圖 3.1-10 所示。

[4] 視覺寬度計算

將完成歸納線段之後，接著利用因為車道線本身具有一個影像特性，即是線段與線段之間必保持一定寬度，利用視覺寬度計算兩線段之間是否有維持一定距離，在視覺寬度的計算上，不是只針對兩線段進行一次計算，而是採用從上到下，將線段取等分，再將等分線段計算視覺寬度，當線段與線段在等

分下計算，如果視覺寬度相近，且達到一定權重時，則判定為車道線，利用車道線將車道劃分完成，如圖 3.1-11 所示。

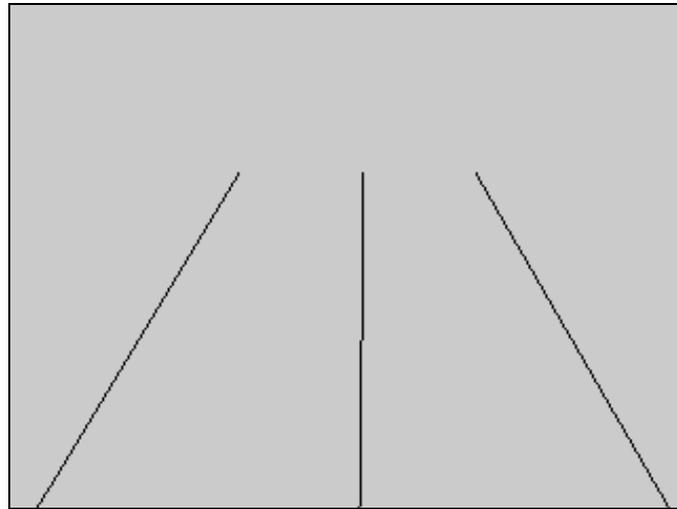


圖 3.1-10 斜率和截距相近線段



圖 3.1-11 車道劃分

小結：

在此即時彩色影像擷取技術中，我們提出了針對背景擷取的方法，以機率選取模式做為輔助，有效並快速的獲得背景影像。而隨著時間或光線的改變，我們所拍攝到的影像，也將會出現變化，此時，

我們之前所收斂到的背景，若還是維持原狀的話，將會使後續的處理產生錯誤，因此會再執行針對非移動物體的像素進行背景更新，避免讓忽然停止的移動物體收斂為背景，同時，考慮到整體環境光線瞬間劇烈變換的情況，提出對應的克服方式，使得我們所提出之彩色背景擷取技術更趨完整。最後，我們也利用這張背景影像進行車道線偵測工作，以利後續車輛切割辨識程序參考用。

3.2 物件切割與辨識



圖 3.2-1 即時彩色背景擷取程序圖

1. 移動物體偵測

即時移動物體偵測的技術，是利用即時彩色背景擷取所獲得的背景，與目前影像相減後的差值來判斷，如果差值大，則表示此為移動物體，反之，則表示為背景，也就是我們只需要一個臨界值，便能將移動物體偵測出來。然而，對於受到 AES 或 BLC 影響的影像而言，幾乎整張影像與背景相減後的差值都很大，也就是，整張影像都會被判斷為移動物體，這樣會造成錯誤偵測的情形，因此，我們必須利用被 AES 或 BLC 影響後的差值，在統計上有最大值的特性，將臨界值動態給定，如此，便能順利的克服此影響。

將每一張原始影像與目前背景相減取絕對值，會得到一移動物體的絕對差值和 (Moving-object Sum of Absolute Difference: MSAD) 影像，如果某一圖素的絕對差值和小於一動態臨界值 MTHL 或大於另一動態臨界值 MTHH，則此圖素便被歸類為移動物體，反之則為背景，而所獲得的移動物體遮罩式 3.2-1 所示。獲得背景圖之

後，藉由選擇適當的門檻值，來找出影像中，屬於移動物體的部分；由於光線會對移動物體切割造成誤差，所以我們用適應性門檻值的選取來解決這個問題。詳細內容請參閱前期報告書。

$$\text{移動物體遮罩} = \begin{cases} 1 & \text{MTH}_L < \text{MSAD} < \text{MTH}_H, \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad \text{式 3.2-1}$$

2. 車道線資訊應用

伴隨日出日落，車輛的陰影也是有長有短，當車輛的陰影變長，此時若兩輛小型車有交叉或平行行進，車輛受到陰影的影響將兩輛車輛原本沒有相連的車輛連結成大型物件，將造成系統運用視覺長度及寬度做為分類車輛條件時，發生無法分類或錯誤分類移動物體。

一般道路行駛車輛，大部份的車輛皆都進行在車道中，然而有移動物體突然跨越車道線上，令人聯想到是否有車輛在進行車道變換、車輛的陰影在移動物件割切中無法將陰影去除，使得車輛外型變得也會跨越在車道線或者兩輛車輛有水平交叉的車輛交疊，因此本系統利用車道線資訊將有跨越車道線之物件作為是否要分割物件之判斷，分割判斷進行流程如圖 3.2-2 所示。

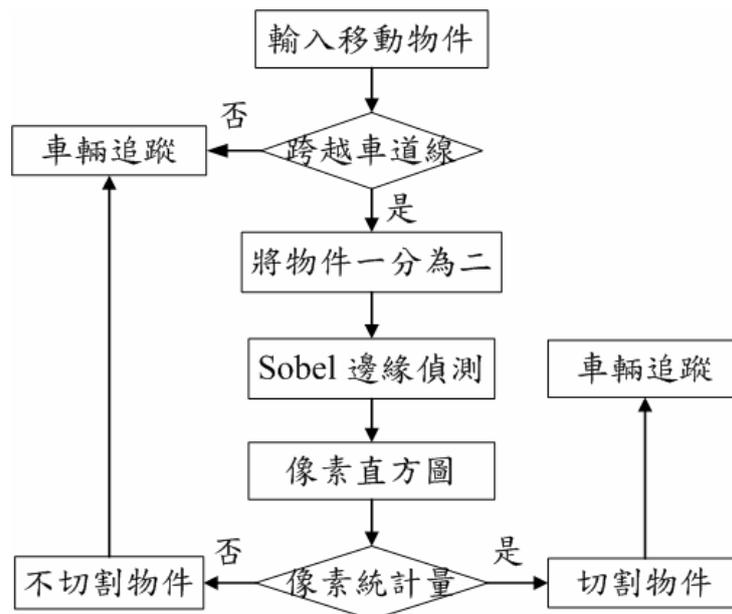


圖 3.2-2 物件是否切割流程圖

(1)Sobel 邊緣偵測

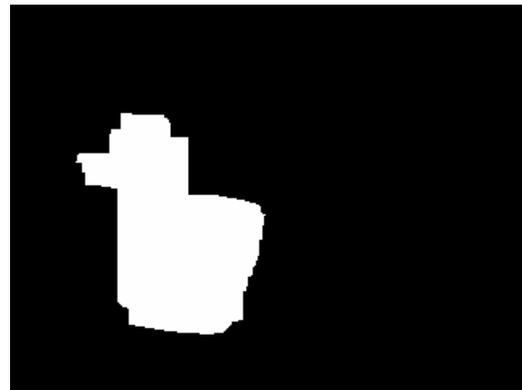
將被車道線劃分為兩個物件，進行與尋找車道線資訊相同的 Sobel 遮罩，降低其門檻值，獲得較多的邊緣影像。

(2)像素直方圖(Pixel Histogram)

對於邊緣影像，統計其像素，當邊緣影像為車輛時，因為降低門檻值的原因，其邊緣點將十分的多，如果非車輛，以陰影為說明，陰影本身相當的平滑，並不會有太劇烈的變化，因為在低門檻值的時候，陰影區塊是不有太多的邊緣點，因此當像素統計量作為車輛或陰影的判斷，將有助於陰影車輛交疊問題解決。



(a)原影像



(b)空洞補償物件



(c)物件在車道上



(d)切割結果

圖 3.2-3 在車道線上物件判斷可切割

如圖 3.2-3 所示，圖 3.2-3(b)兩車輛交叉交疊在移動物體偵測後進行完成空洞補償物件，但車輛交叉交疊使得物件跨越在車道線上，圖 3.2-3 (c)將跨越車道線上物件進行分割，圖 3.2-3(d)經過車道線分割判斷後，判斷為物件需分割。

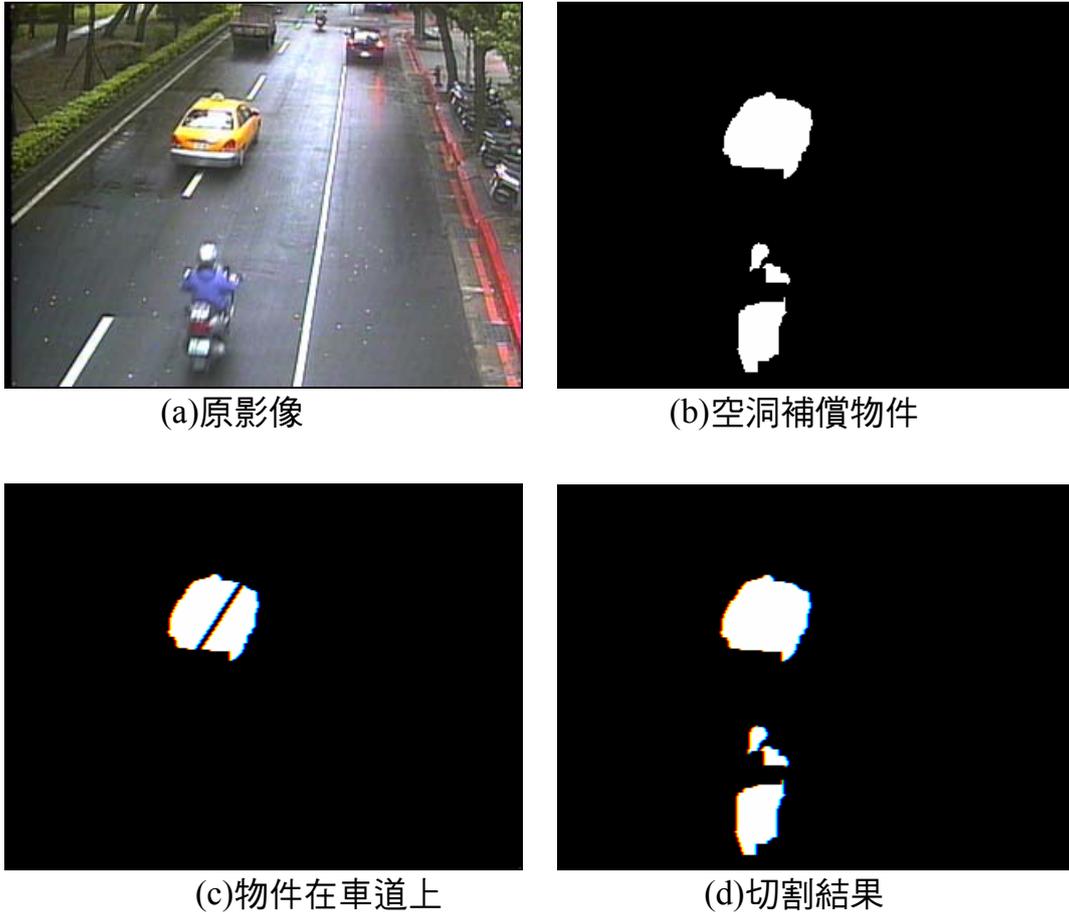


圖 3.2-4 在車道線上物件判斷不可切割

如圖 3.2-4 所示，圖 3.2-4 (b)車輛移動物體偵測後進行完成空洞補償物件，但車輛變換車道跨越在車道線上，圖 3.2-4 (c)將跨越車道線上物件進行分割，圖 3.2-4 (d)經過車道線分割判斷後，判斷為物件不需分割，而影像上方的 50 像素，因為圖像資訊不常使用，不進行處理。不分割的理由是因為該車輛在過去的偵測結果被認定是一臺車輛，在變換車道時，雖然會被車道線切割成二，但是由於切割出來之兩個物件本來所屬同物件，而且新切割的物件並不符合車輛的定義，所以不進行切割的動作。

3. 陰影去除

對於偵測的移動物體而言，前述的方法已經足夠了，然而，如果以此移動物體直接進行物件追蹤，則此偵測出來的移動物體還必須再進行刪除背景的动作。對移動物體而言，陰影被偵測出來是沒有錯的，然而，就車輛追蹤而言，陰影往往會造成車輛交疊的情形，而車輛交疊，會導致車輛追蹤不正確，因此，本技術提出用陰影的亮度、梯度、與彩度的統計特性，設法將陰影的部分消除。即時移動物體偵測技術需要即時彩色背景擷取獲得的背景影像作為的輸入，經由移動物體偵測處理後，便將移動物體的資訊輸出，做為即時多車輛追蹤的依據。即時移動物體偵測係利用前景與背景的差異與一動態臨界值的給定來分離移動物體，而獲得移動物體後，會進一步分析與利用影像的亮度、梯度和彩度來消除陰影，最後還會利用即時多車輛追蹤所獲得的車輛追蹤軌跡，來補償背景。陰影消除是利用目前影像的亮度、梯度(Sobel)和彩度來判斷哪些區域是陰影，而判斷的方式是：

- 若亮度太低，則判斷為陰影。
- 若梯度太低，則判斷為陰影。
- 若彩度太低，則判斷為陰影。

經過這三個處理之後，會獲得一個陰影的遮罩，再接著用此遮罩消除移動物體中的陰影。此陰影消除的方塊圖如圖 3.2-5 所示。

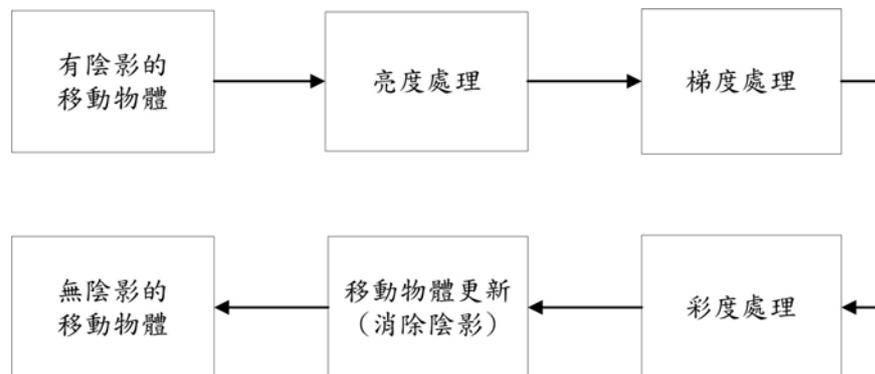


圖 3.2-5 陰影消除的方塊圖

圖 3.2.6 為陰影去除處理之示意圖。當擷取到影像如圖 3.2.6-(a)時，取其二值化影像如圖 3.2.6-(b)，可見車輛與其對應的陰影分布，易造成車輛選取框連帶陰影，致使選取框過大或誤判。參考車道資訊(畫面中的藍色線條)並對其二值化的前景影像進行亮度、梯度及彩度的分析與統計，可以得到其陰影的可能位置，並在彩色圖像上對其陰影位置進行消除，得到如圖 3.2.6-(c)所示，消除的陰影位置如圖 3.2.6-(d)所示。

利用背景和前景的差異性，來獲得最主要的移動物件；因為光線狀態方面的變化，會使得顏色資訊改變，我們發展出適應性門檻值的選取方法，用以對於各種不同的道路影像及不同的光線狀態，仍能有效地切割出移動物體。獲得物件之後去除陰影，以避免移動物件間因為陰影問題而造成連接。

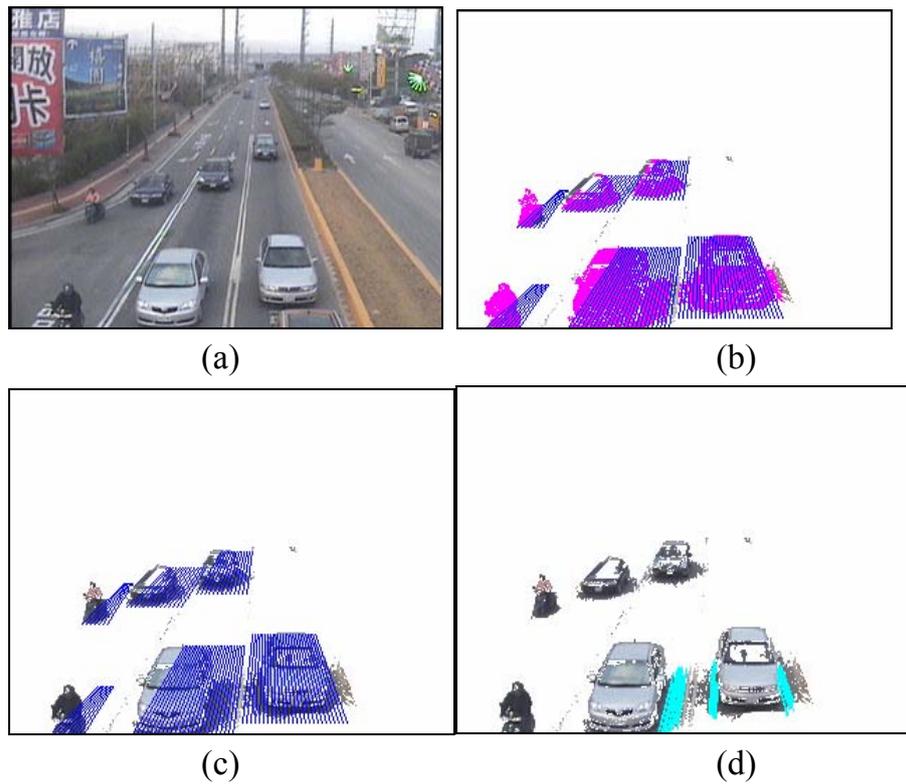
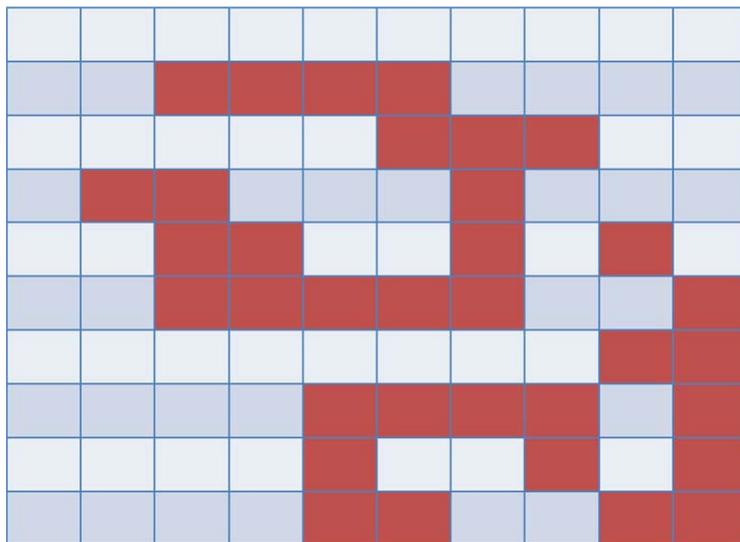


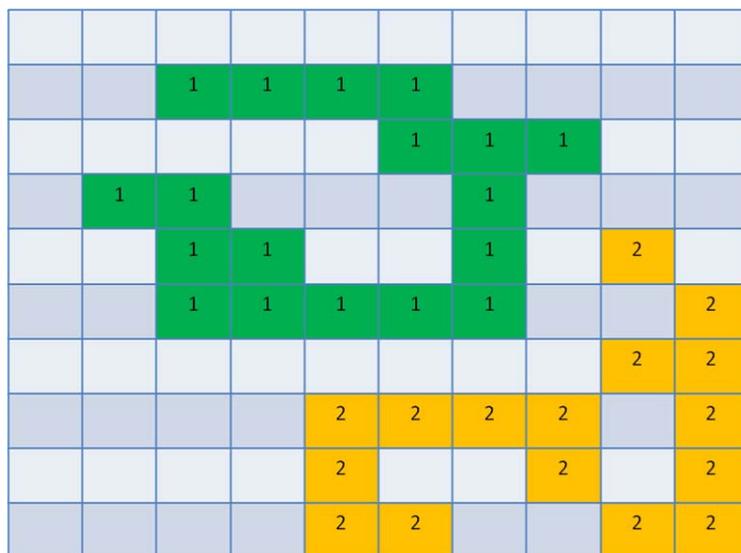
圖 3.2-6 陰影消除示意圖

4. 連通物件方法

當找出移動物體之後，須要對每一個物件做標記，以方便之後的追蹤，連通物件是將現有的物件做標記，把相鄰的點標記成同一標記，代表是同一個物件，以便後續做其他處理。如圖 3.2-7，(a) 是切割出來的結果，紅色為有物件的地方，(b) 是做完標記後的結果，可以看出有兩個連通物件，分別被標記為 1 和 2。



(a)前景切割結果，紅色代表有物件點



(b)做完連通法結果，分為綠色與黃色兩個連通物件

圖 3.2-7 連通後結果

通常連通物件之處理花費相當多時間，因為每一個點都要去搜尋相鄰有沒有點，Suzuki[1]論文提出一個快速連通方法，以縮短處理連通法所需之時間。要決定兩個點是否相連屬於同一物件，要先判斷這兩個點是否有相鄰，也就是在左上、上、右上、左、右、左下、下、右下這些位置，如果在這8個位置其中之一的話，就代表這兩個點有相連，視為同一個物件，這就是所謂的8連通（如圖3.2-8），黃色(5)代表目前掃描到的位置，其餘為相鄰的位置。

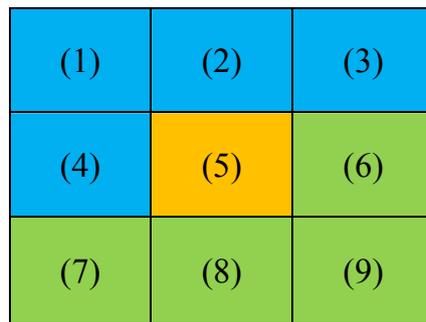


圖 3.2-8 8 連通示意圖

快速連通需要一個表格(Table)，去記錄標記值的相關性，所有的關聯都是從大關聯到小，比如說標記1與標記2是有相連的，則將標記2關連到1，一開始先預設所有的標記都關連到自己。

首先從影像的左上角座標掃到影像的右下角，每當遇到點的時候，便搜尋左上、上、右上、左的位置看是否有點(圖3.2-8藍色位置)，如果只有一個點，就把目前這個點的標記設成與那個點相同，若有兩個以上的點標記值不同，則取最小的標記值，並增加關連性到Table，將左上、上、右上、左有標記值的標記都關連到最小標記值，如果沒有點則標記一個新的值，則繼續處理下一個點。

第一次掃描完後，所有的移動物體點都已經標上標記，再從影像的右下角掃到影像的左上角，當目前位置有標記時，則將右下、下、左下、右(圖3.2-8綠色位置)有標記的位置與目前的點去搜尋Table，將標記都置換成Table裡的關連值，然後再取這幾個位置的最小標記值，當成是目前點的標記值，並更新Table，然後繼續處

理下一個點。再從左上掃描到右下，其原理就像從右下角掃描到左上角一樣，一直重複來回掃描，直到沒有任何點的標記值再被改變，就完成了連通物件，如圖 3.2-9， m 為標記值， $T[m]$ 為 m 關連的標記值。

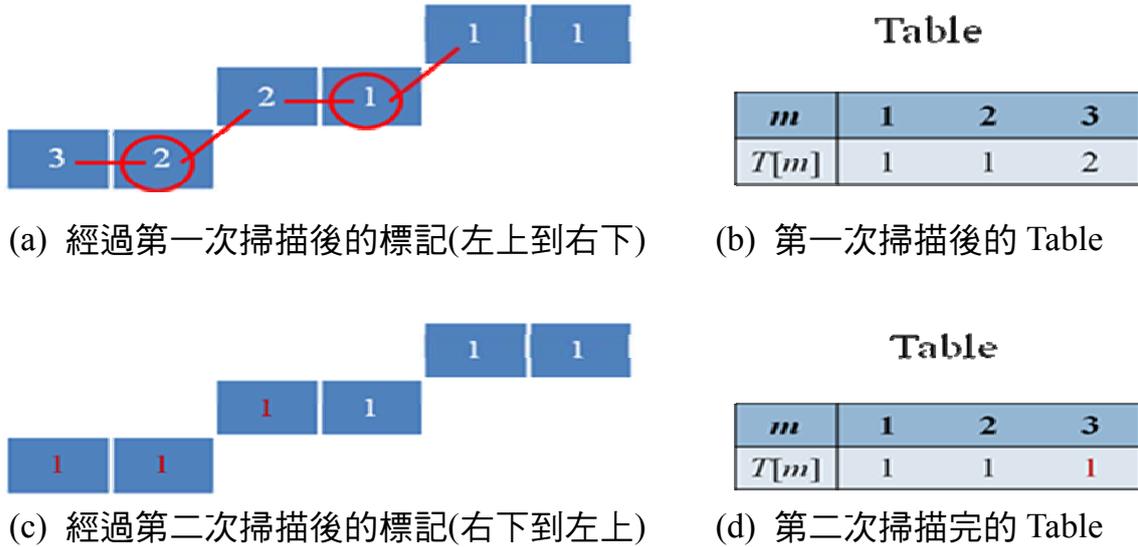


圖 3.2-9 連通物件

然而，這個方法需要一直重複來回掃描，以更新它的 Table，這種掃描程序會花上很多時間，因此本研究修改它的掃描方法，來回掃描影像一次以後（方法如同上），將得到完整連通資訊之 Table 做重置，從 Table 的第一個標記值，一直掃描到最後一個標記值，當掃描到最後之標記值（如式 3.2-2， $T[a]$ 為標記 a 在 Table 的關聯值），再將標記依照其關聯值填回原本的影像，就完成連通物件，流程圖如 3.2-10。

$$\begin{cases} \text{不做處理} & \text{if } a = T[a], \\ T[a] = T[T[a]] & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{式 3.2-2}$$

$a \in 1, 2, 3, \dots, \text{最大標記}$

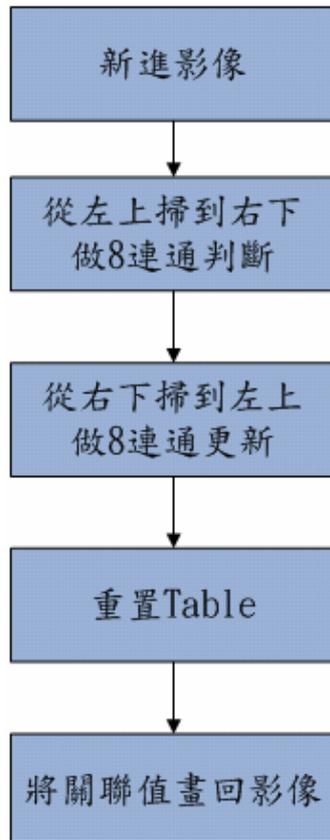


圖 3.2-10 連通法流程圖

做完連通物件後，同時去計算一些連通物件資訊，包括物件的長、寬、總像素數、重心位置、它在影像中的最左和最右的 X 座標以及最上和最下的 Y 座標，有了連通物件資訊後，就可以將連通物件內部沒有被切割出來的部分補滿。

5. 車輛辨識

首先我們從得到的車輛影像中，利用推導出的視覺公式，針對各車輛的外形量測所對應的大小，得到車輛的視覺長度及視覺寬度，本研究所定義之視覺長度及視覺寬度大小是指由觀測點水平向下俯視所看到的車輛寬度與長度，也就是車輛視覺投影到地面的寬度與長度，此部分的長度與實際車輛的長度與寬度相差的部份就是鏡頭俯角的投影量，這部份的誤差經過實驗證實影響不大。

車輛實際外型的長度及寬度，因車型會有不同的分佈範圍，經過實際量測，區分大型車、小型車與機車的實際長度及寬度範圍，如表 3.2-1 所示。

表 3.2-1 實際車輛的長度及寬度

車輛品牌	車輛名稱	車輛長度(公尺)	車輛寬度(公尺)
MITSUBISHI	LANCER	4.29	1.69
TOYOTA	CAMRY	4.77	1.75
NISSAN	CERFIRO	4.75	1.75

由系統在中華路拍攝的影像中為例，將各車型的像素長度及寬度利用視覺長度及寬度計算，求得各車型視覺長度及寬度的平均值如表 3.2-2 所示，視覺長度計算的結果顯示，其誤差是由於車輛的高度所造成，由於視覺長度的計算忽略了車輛高度的影響，即使車輛的視覺長度實際量測有誤差，但車輛視覺寬度計算結果不受車輛高度影響，因此不影響分辨不同車型的功能。

車型判斷使用視覺長度及寬度的外型為基準，加入追蹤資訊中，當車輛追蹤達到一定統計量時，即可判別為何種車型。

表 3.2-2 車輛視覺長度及寬度在中華路

車輛品牌	車輛名稱	車輛長度(公尺)	車輛寬度(公尺)
MITSUBISHI	LANCER	6.9	1.92
TOYOTA	CAMRY	7.1	1.95
NISSAN	CERFIRO	7.05	1.94

針對機車的辨識，首先找出機車騎士安全帽的地方，計算安全帽圓型特徵是否滿足 $CircleTH > 門檻值$ ，如果滿足條件，就判定為 1 臺機車，但是因為有些地點拍攝的角度關係，頭部變的較小，所以再利用其他的參數如：面積大小、寬與高的比值，之後再計算其 3 種參數的機率值(利用 Fuzzy-COA)模糊理論的應用，將 3 種參數的平均機率值加起來除 3，如果滿足 $MotoTH > 門檻值$ ，就判定為 1 臺機車。其中，CircleTH 表示安全帽圓形特徵參數，MotoTH 表示機車判定參數。

6. 視覺長度修正

本部分主要是要討論攝影機參數的校正，所校正的參數包括俯仰角(Tilt angle)、翻轉角(Pan angle)與攝影機的高度，校正之流程如圖 3.2-11 所示。在背景擷取程序中，影像中的車道線位置已被偵測到，緊接著，我們才可進行攝影機參數的校正。首先，我們會先利用所偵測到的車道標線位置以及在畫面中的兩條虛擬水平線來處理俯仰角之校正。第二，透過世界座標與影像座標的轉換可以得到翻轉角的值。最後，可以利用車道的寬度來計算攝影機的高度。

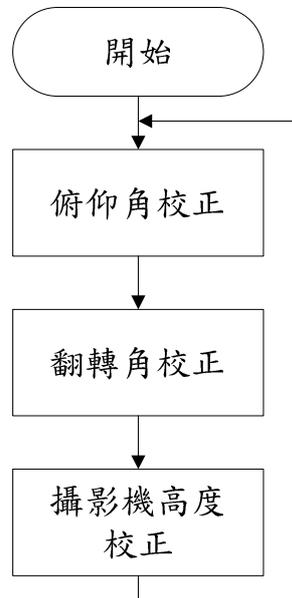
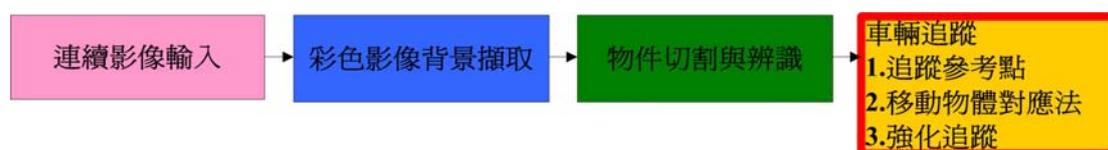


圖 3.2-11 校正流程圖

3.3 即時多車輛追蹤



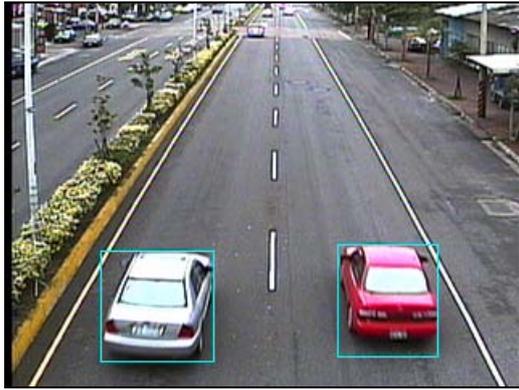
車輛追蹤程序，不論演算法如何設計，都離不開以下幾個基本原則：

- 擁有完整軌跡(從畫面邊緣進來，從預設方向離開)。
- 物件不會突然出現。
- 物件不會突然消失。
- 在影像幅數足夠時，物件不會瞬間移動。

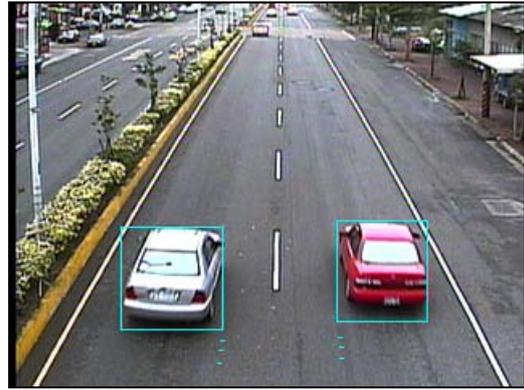
1. 追蹤參考點

在移動物體被框選為需要辨識車輛時，進入到車輛追蹤，而車輛追蹤所執行的第一步為追蹤參考點選定，選定參考點的方法是將框選的移動物體以方框的最左下角為參考點，以簡易的方式選定參考點是為了減少系統運算，而使用邊緣偵測找尋參考點的方法，並無太大的差異。

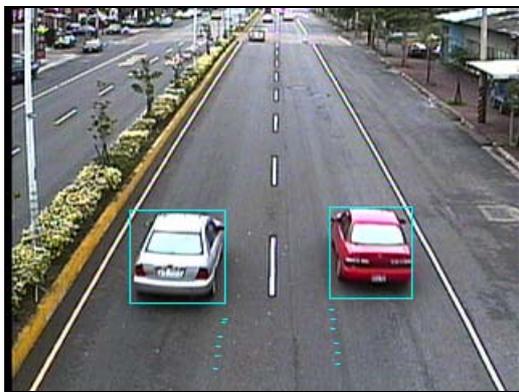
追蹤參考點不會一直選定方框的最左下角，因為系統本身在最初時，執行車道線偵測，使系統獲取車道資訊，配合 CCD 攝影機裝設的位置屬於車道的中央，而且 CCD 攝影機所裝配的鏡頭，鏡頭內部鏡面呈拋物面，在此特性下，若追蹤參考點愈接近鏡頭拋物面中心，所求得視覺長度資訊將更精確，搭配車道資訊，將在影像屬於左側車道的追蹤參考點改為方框的最右下角，如圖 3.3-2 為車輛在被追蹤時，將追蹤參考點繪出。



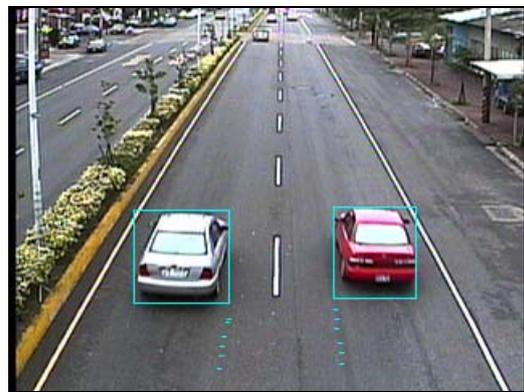
(a) Frame N



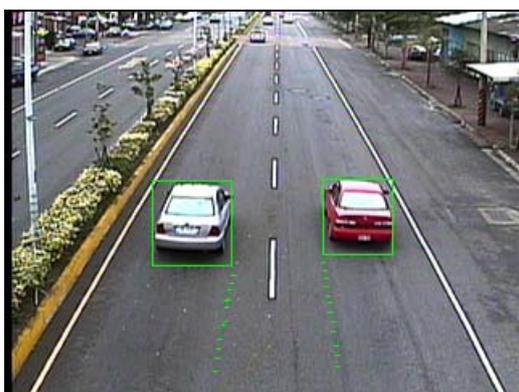
(b) Frame N+3



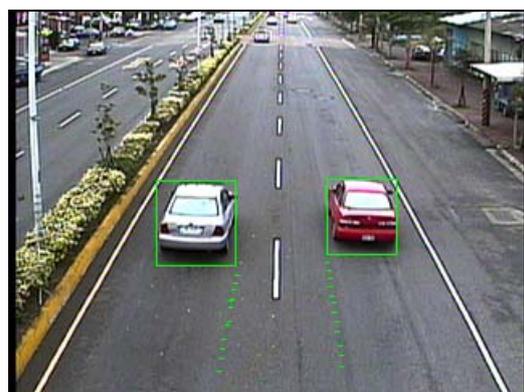
(c) Frame N+6



(d) Frame N+9



(e) Frame N+12



(f) Frame N+15

圖 3.3-2 追蹤參考點

2. 移動物體對應法

在連續影像中，當車輛剛進入到影像中，且尚未到達追蹤條件，則系統認定車輛未有追蹤資訊，當車輛移動到符合追蹤條件，則判別是否為第一次到達追蹤條件。若為第一次進入追蹤演算法，首先建立該車輛的外型資訊、參考點所在位置、以及將其標示為出現過之移動物體。

若非第一次出現，移動物體對應方法的流程如圖 3.3-3 所示，各別介紹追蹤點對應、車輛外型和色彩資訊等三種條件，以作為連續影像中車輛是否為相同車輛之判定。

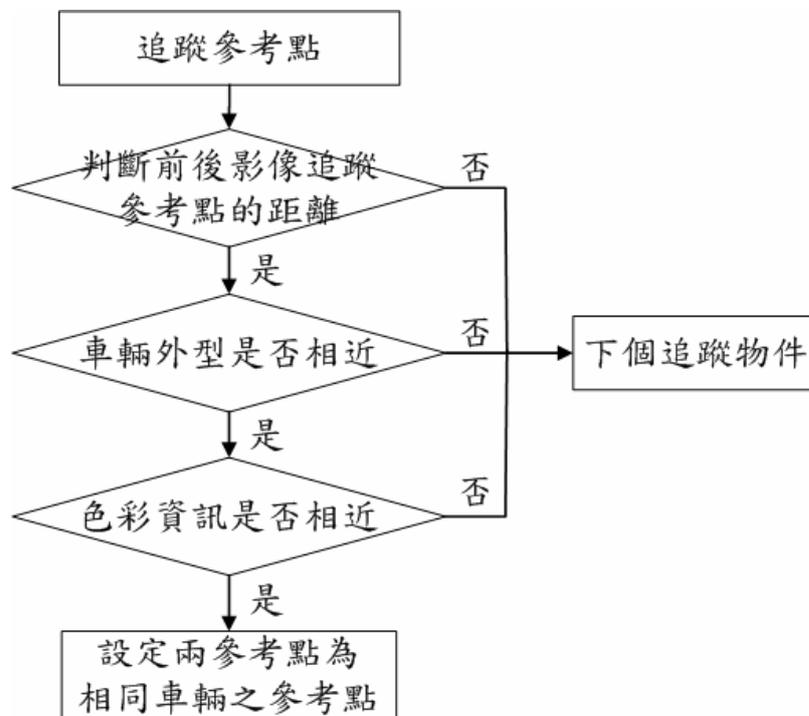


圖 3.3-3 移動物體對應法流程

圖 3.3-4 為車輛經移動物體對應法判斷，尋得在連續影像中相同車輛。

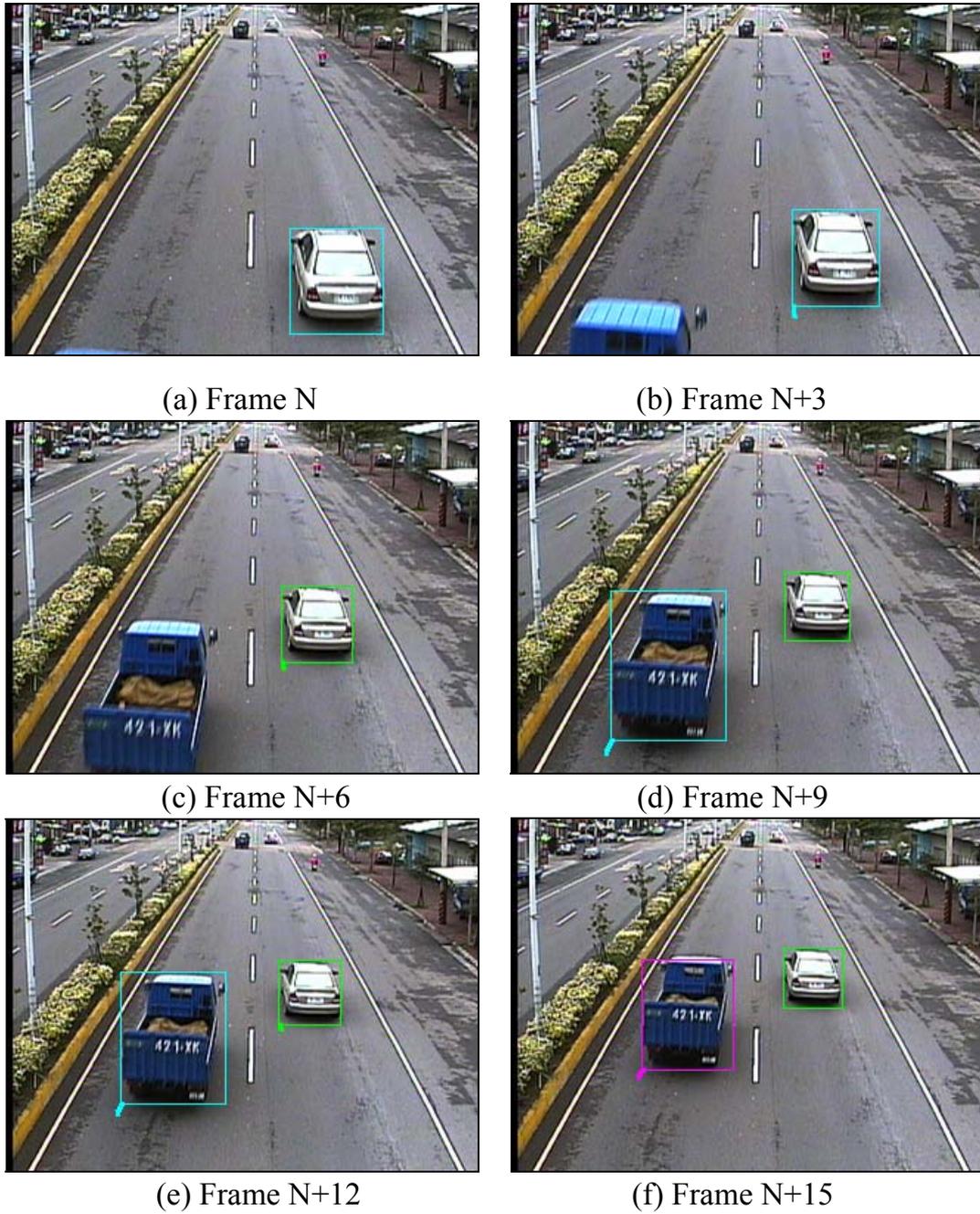


圖 3.3-4 車輛追蹤連續影像

(1) 追蹤點對應

在連續影像中，車輛的移動距離在張與張之間會有一定的距離差，但是不可能有大幅度位移，因此利用追蹤參考點計算

車輛在張與張之間的移動距離當為一個判定。移動距離的計算，如式 3.3-1，S 為距離，n 為張數。

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(X_n - X_{n-1})^2 + (Y_n - Y_{n-1})^2} \quad \text{式 3.3-1}$$

(2) 車輛外型

在進入車輛追蹤演算法前，已經先取得視覺長度、寬度與連通影像總像素等車輛外型資訊。

(3) 色彩資訊

在車輛矩型方框內，計算矩型方框內所有像素的紅(R)、綠(G)和藍(B)各別的平均值 R_{avg} 、 G_{avg} 及 B_{avg} ，如式(3.3-2)，其中 n、m 為區域的寬、高像素，x、y 代表區域內位置的座標。

$$\begin{cases} R_{avg} = \frac{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} R(x, y)}{nm} \\ G_{avg} = \frac{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} G(x, y)}{nm} \\ B_{avg} = \frac{\sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} B(x, y)}{nm} \end{cases} \quad \text{式 3.3-2}$$

3. 強化追蹤

在移動物體偵測中，並無法在每一種情況下都完美的切割出移動物體，時而會造成移動物體的破碎、非移動物體的小物件與移動物體未被切割出現，為解決上述移動物體偵測的問題，而造成車輛偵測統計的錯誤，在追蹤演算中加入(1)移動距離及(2)運動位移估測的判斷。

(1) 移動距離

對於移動物體偵測所多切割出的雜訊，會干擾車輛偵測結果，但雜訊本身不太會移動，只在一定範圍內重覆出現，依據車輛移動的特性，再由追蹤演算法判斷是否為移動車輛，利用此特性，當移動距離小於一段距離，則不列入統計資訊，計算

車輛移動距離如式 3.3-3，n 為目前追蹤參考點所在位置，i 為最初進入追蹤參考點位置。

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(X_n - X_i)^2 + (Y_n - Y_i)^2} \quad \text{式 3.3-3}$$

圖 3.3-5 (a)(c)為連續影像發生震動的時候，造成移動物體偵測在影像右下角出現雜訊，圖 3.3-5(b)為當移動物體被追蹤且車輛被正確的統計，方框顏色設定為桃紅色，右下雜訊有兩塊，小的雜訊被認為機車加入追蹤，但未有車輛統計，故方框顏色以淡藍色顯示，大的雜訊則是未脫離影像的最底層，所以沒有偵測。圖 3.3-5 (d) 當移動物體被追蹤與車輛被正確的統計，車輛將方框顏色為桃紅色，右下雜訊有兩塊，小的雜訊未進到追蹤區域，不給予處理，大的雜訊被框為淡藍色，表示有追蹤但未有車輛統計。

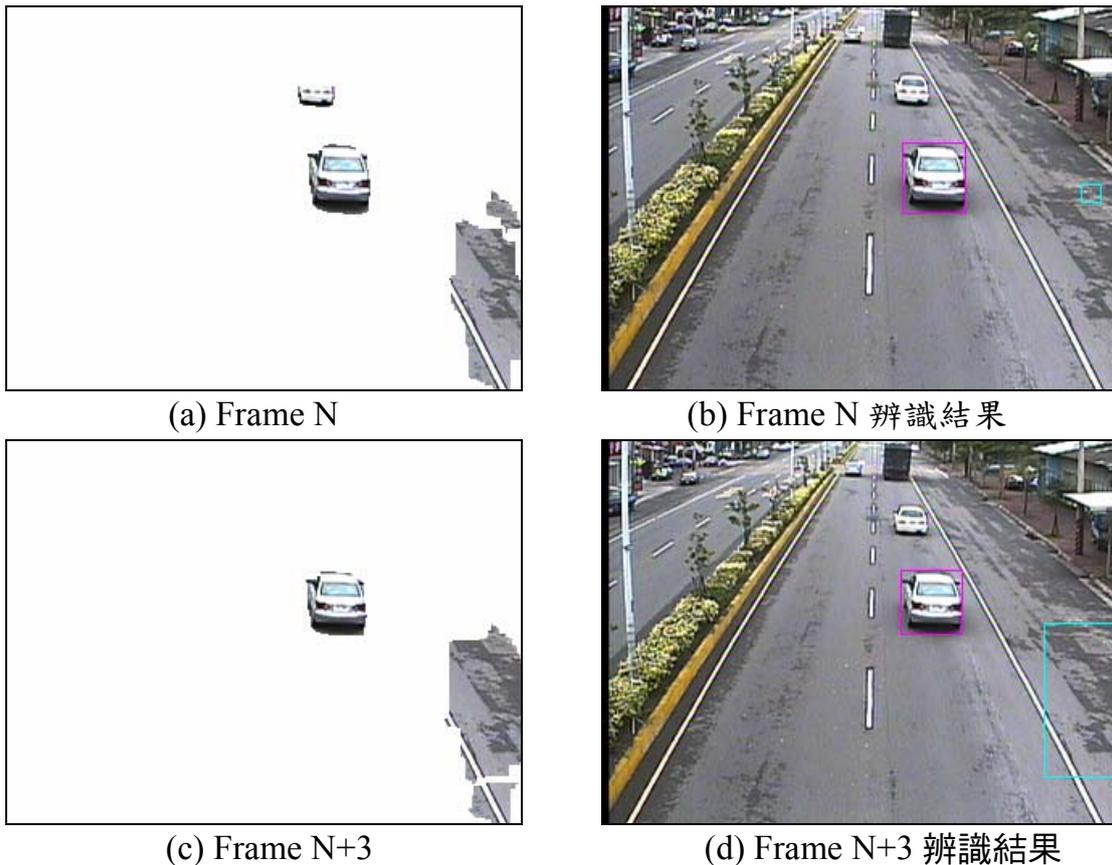


圖 3.3-5 出現雜訊有追蹤未給予統計

(2) 運動位移預估

在車輛進入追蹤演算法，完成追蹤確認時，我們將其車輛位置紀錄，當記錄點到達三點或更多參考點時，利用速度的關係，如式 3.3-4、3.3-5、3.3-6 (V_0 為初速度， ΔX 為位移量， Δt 為時間差)，得知車輛移動路徑，當有參考點進入估測範圍內，判斷是否曾經出現，若有則給予相同物件持續追蹤，若無時將進行新的物件追蹤。

$$V_0 = \frac{\Delta X}{\Delta t} \quad \text{式 3.3-4}$$

$$a = \frac{V - V_0}{t_2 - t_1} \quad \text{式 3.3-5}$$

$$\Delta X = V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{式 3.3-6}$$

此方法可以解決移動物體突然消失，再一次出現在影像導致車輛追蹤發生錯誤，如圖 3.3-6 (a)(b)所示，為車輛有被追蹤且車輛加入到統計，車輛框選為綠色，但在圖 3.3-6 (c)車輛突然消失，圖 3.3-6 (d)依然可以持續追蹤車輛。



(a) Frame N



(b) Frame N+1



(c) Frame N+2



(d) Frame N+3

圖 3.3-6 正確追蹤車輛

在車輛追蹤的演算法上，由於是對動態的連續影像做處理，因此可以提出幾個的合理的假設：

1. 畫面中的車輛在演算法的工作區域上，扣除開關機的時刻，必存在起點與終點。
2. 移動物體必是連續的移動，不會在畫面上做瞬間移動，也不會畫面上作瞬間出現。

畫面中由不知名的干擾瞬間所得到的標記，在起始點的資訊可以合理假設是不明的，更有極大的可能是瞬間出現的，因此可以再對此錯誤的標記作形體上分析，找出可能的干擾來源做處理。

車輛在被偵測階段，由於並非每次都可以被準確偵測，導致有些會發生瞬間遺漏偵測車輛的現象，而在加入追蹤路徑的機制後，可以減低遺漏偵測對準確率的影響。假設車輛的行徑路線是沿著直線進行的，則當得到 $(t-1)$ 時刻的位置、與 t 時刻的位置，可利用向量的觀念，預測出下一時刻車輛可能的標記位置。當進入下一時刻時，可能會發生的情形有下列 3 種可能：

1. 實際標記與預測標記相符：紀錄實際標記位置。
2. 實際標記與預測標記存在差距：可能的原因是前景切割出不正確的物件或是車輛行進路徑有大量的偏移。因此，可以利用預測標記來修正實際標記的位置。
3. 實際標記發生遺漏：利用預測標記取代實際標記。

如圖 3.3-7 所示，藍色箭頭是偵測到的移動向量標記，綠色箭頭是預測標記，紅色箭頭則代表實際偵測到的移動標記。

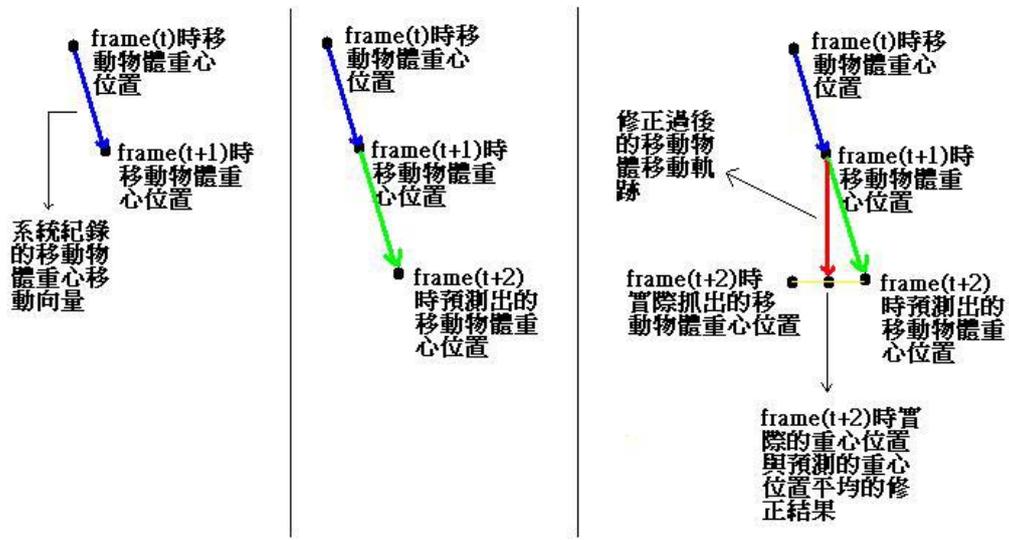


圖 3.3-7 追蹤車輛向量標記方式

當預測標記與實際標記存在差異時，可能是因為車輛偵測不完全，或是因為車輛行進的軌跡有所改變，導致重心位置偏移。因此必須要適度的調整其重心位置，如圖 3.3-7 所示，重心修正法則為將預測標記與實際標記取其平均位置，降低預測錯誤的可能或是形體偵測所造成的誤差。

3.4 系統偵測參數說明

本研究所研發系統其偵測之參數分別為車種、車輛數、流量、速率、等候長度共計 5 項，其詳細內容如下：

一、車種

大型車、小型車、機車。

二、車輛數

當車輛通過偵測器所設定的偵測區段，偵測器對各型車輛累加統計單位時間內通過之總車輛數，在研究將車輛分為大、小型車及機車累加計次，也同時採行加總計次。

$$N_{total} = N_{large} + N_{small} + N_{motor}$$

其中 N_{total} ：總車輛數

N_{large} ：大型車輛之累加數

N_{small} ：小型車輛之累加數

N_{motor} ：機車之累加數

三、流量

當車輛通過偵測器時，可由偵測器之影像辨識單元加以運算，若其車輛視覺長度及寬度資訊符合所設之門檻值，即視為一輛車通過，若累計一定時間長度，則可獲得單位時間的流量率 (Flow Rate)。

$$Q = \frac{N}{T}$$

其中 N ：單位時間 T 內所量測到之車輛數

T ：單位時間

Q ：平均流率 (輛/小時)

四、速率

單位時間內車輛行駛距離，如 km/hour，速率又分為空間平均速率 (Space-mean Speed) 及時間平均速率 (Time-mean Speed)。時間

平均速率係在道路上某一觀測點觀測車輛，單位時間內所有通過該點車輛的速率平均即為時間平均速率，傳統迴圈偵測器或測速槍量測到的是「時間平均速率」。而本系統所得車速仍為針對偵測區內通過之個別車輛速率，因此所得為空間平均速率。

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

其中 V ：空間平均速率

ΔS ：每一部車輛進入偵測區，其參考點於每一 Frame 間所變化之像素位置移動量，經換算為視覺長度。

Δt ：每一 Frame 之時間間距量。

五、等候長度

某一時刻某一車道上，等候線至上游的最一部車距離停止線距離，或等候之車輛數。本研究以每週期在紅燈完畢前停止線至上游之最長車隊數(長度)計，而車隊指車輛與前車之距離在一小客車車長之內，速率在 10 公里/小時以下，雖尚未停車也算已加入停等車隊，詳如圖 3.4-1 及圖 3.4-2。

$$QL = D_1 + D_2$$

其中 D_1 ：預先量測 CCD 最低攝影低線至號誌停止線距離

$$D_2 = D_2' - D_2''$$

其中 D_2' ：為 CCD 監視畫面中之車輛延滯長度

$$D_2' = \sum_{i=1}^n L_i$$

其中 L ：單一車輛長度

n ：累積車輛數

D_2'' ：為 CCD 俯角所造成之距離誤差值

$$D_2'' = h_{vehicle} \times \tan \theta$$

其中 h ：單一車輛高度

θ ：CCD 攝影機焦距與地面之夾角

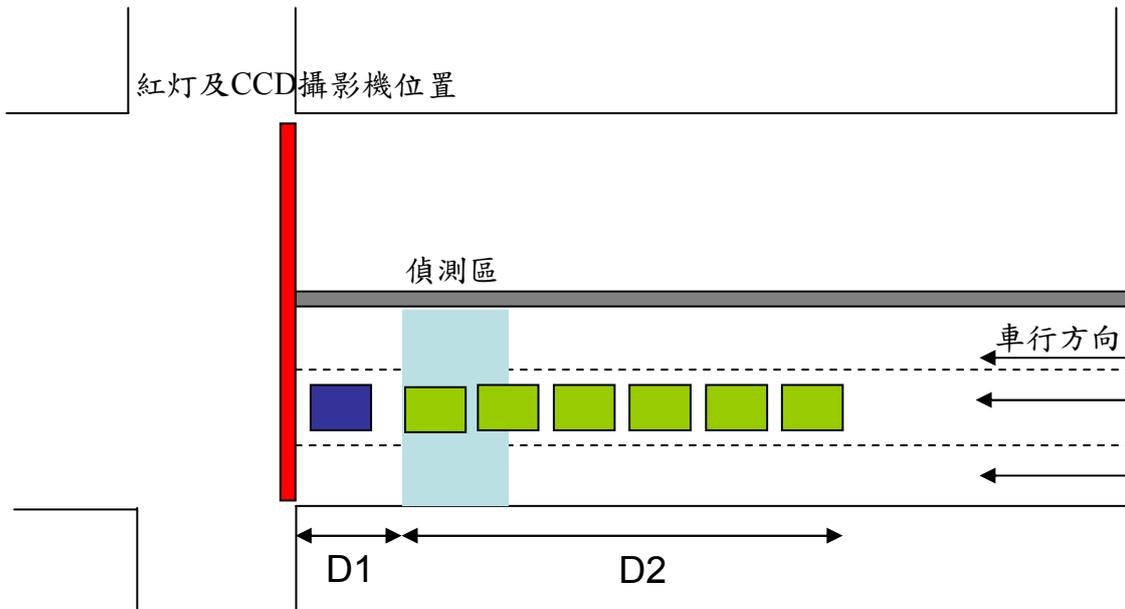


圖 3.4-1 等候長度示意圖

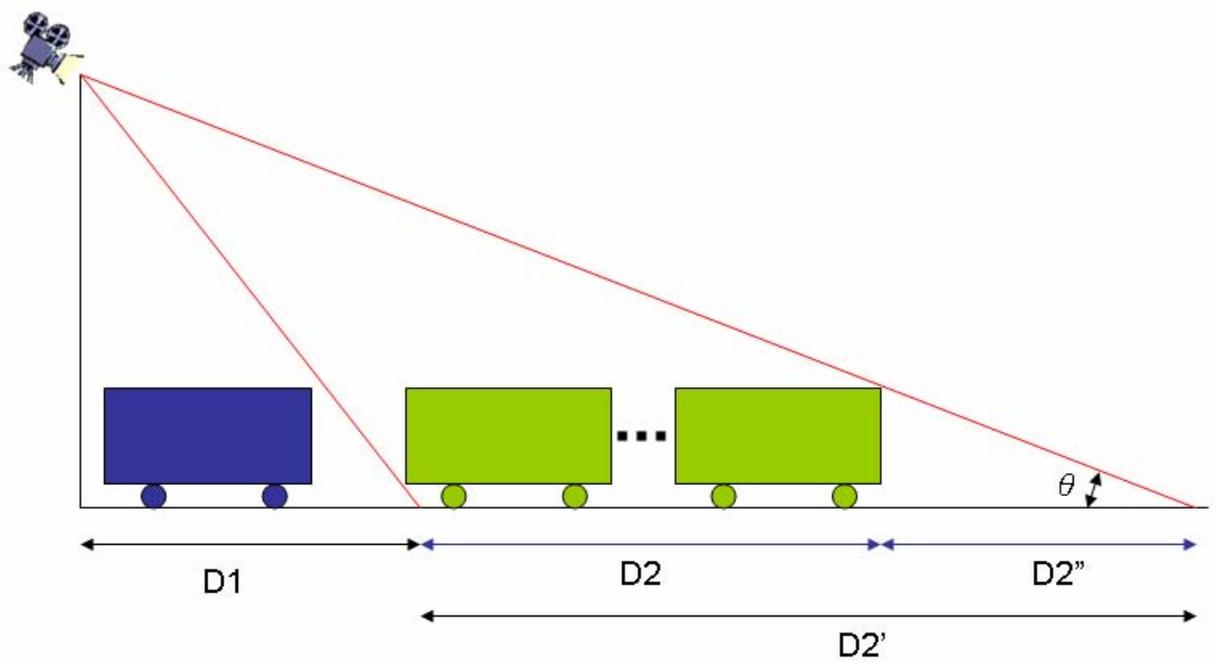


圖 3.4-2 等候長度側視圖

3.5 系統介面說明

考量系統之延續性，本期計畫仍續採行與前期相同之 Microsoft Visual C++ 為系統主要編譯軟體，進行系統整合，本期系統整合介面外觀如圖 3.5-1 所示，將前期系統如圖 3.5-2 所示影像監視區 320X240 增大為 640X480、車輛資訊區改由操作者自行決定隱藏或顯示、系統操作區則改以工作列方式置於於監視畫面上方，以利操作者更易於監控車道車行狀況，介面外觀大致可區分為影像監視區、車輛資訊區、系統操作區等三區塊（如圖 3.5-3）。

各區功能及介面操作概述如下：

1. 影像監視區：

本區主要顯視目前攝影機即時監控所得影像，影像中辨識框顏色依車型及追蹤程度共計區分為四種顏：

灰 色：大型車（如圖 3.5-4a）

紅 色：機車（如圖 3.5-4b）

粉紅色：小型車（如圖 3.5-4c）

淡藍色：已追蹤但尚未辨識車型（如圖 3.5-4c）

大部份車輛在尚未進入辨識區前，皆先以淡藍色追蹤框標示，待被追蹤車輛進入系統所設定之辨識範圍進行識別標定。

2. 車道運動車輛資訊區：

本區可同時顯示各車道內移動車輛車種的累加數量及不斷顯示更新在辨識區內之即時車速，另於該區最右上邊附加顯示三車道所經各型車種累加及總和數量，如圖 3.5-5。

3. 系統操作區：

本區分別由 8 個功能鍵及 1 個條件輸入框所構成(如圖 3.5-6)，其各鍵功能詳述如下：

- Open Img：開啟所要辨識圖檔的首張影像。

- VMS：使系統完成各項初始設定，此一功能鍵在使用者觸擊後，功能鍵將自動消失，此時系統將自行偵測影像完成各項參數設定。
- TMS：使系統完成各項初始設定，此一功能鍵在使用者觸擊後，功能鍵將自動消失，此時系統將自行偵測影像完成各項參數設定。
- 條件輸入框：讓操作者輸入欲完成的影像張數。
- Start Run：功能鍵在觸擊後，系統會先使影像監視區呈現黑色(約2~3 秒)系統此時正自行偵測影像完成背景收斂，在自動完成背景收斂後，系統正式執行車輛偵測辨識功能。
- Save Background：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成背景收斂的結果。
- Save Foreground：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成之前景切割結果。
- Save Result：操作者可自行決定是否儲存系統所自動完成車輛辨識的結果。
- Exit：離開操作區。



圖 3.5-1 本期系統整合介面外觀



圖 3.5-2 前期系統整合介面外觀

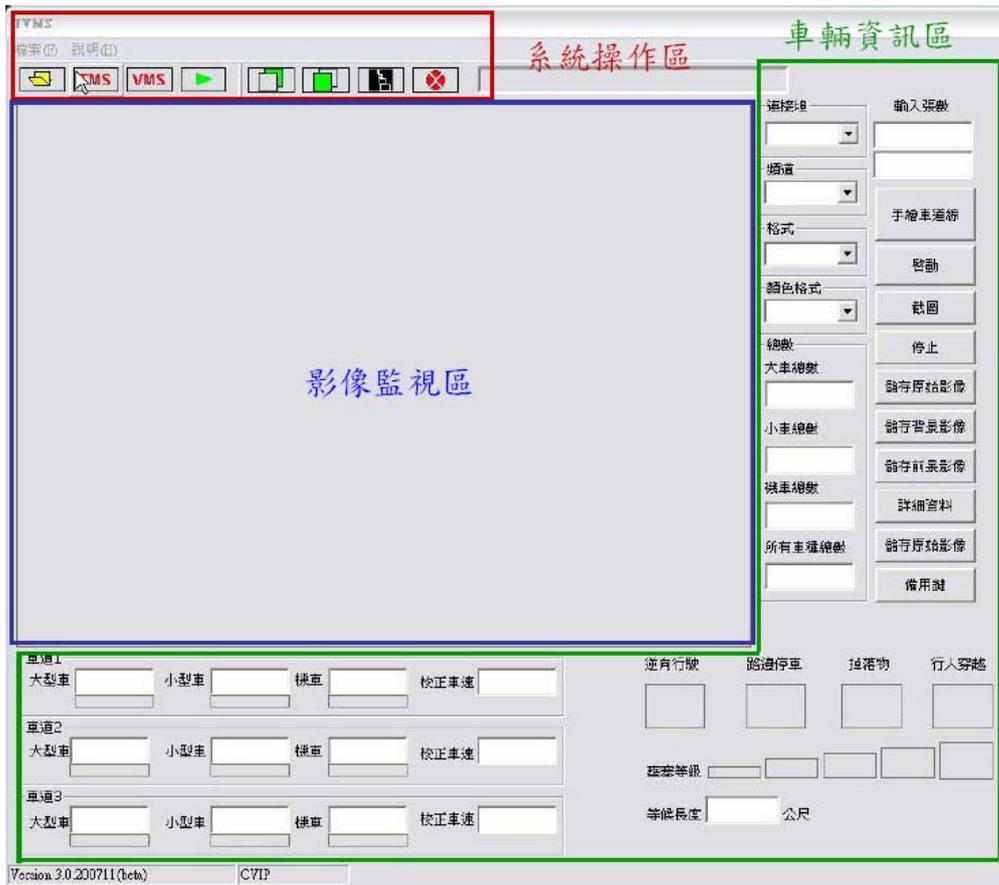
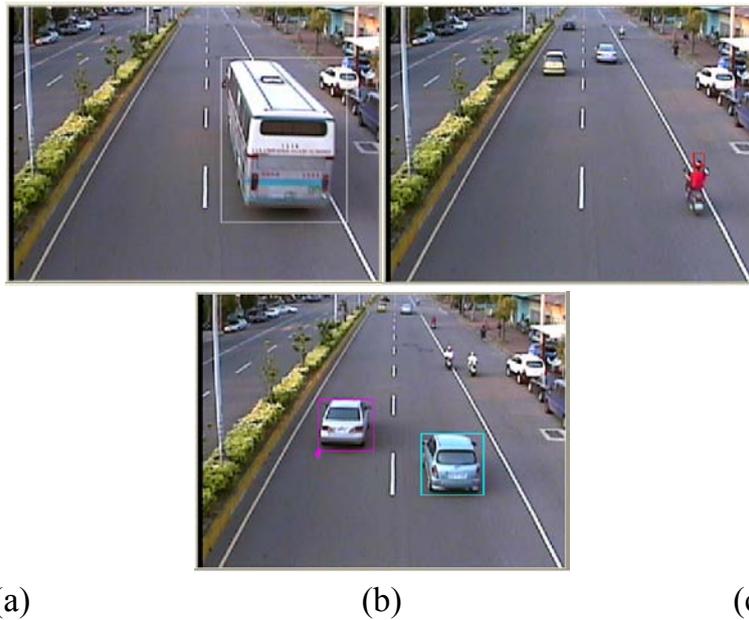


圖 3.5-3 本期系統介面外觀區塊



(a) 灰色：大型車；(b) 紅色：機車；(c) 粉紅色：小型車

圖 3.5-4 影像監視區

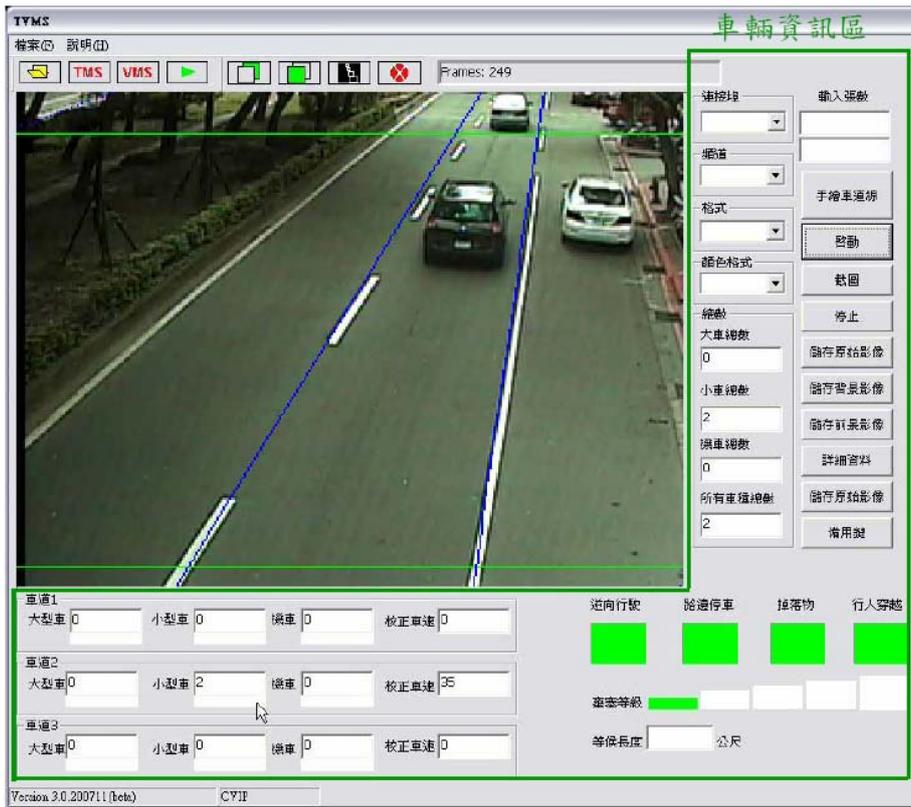


圖 3.5-5 車道運動車輛資訊區

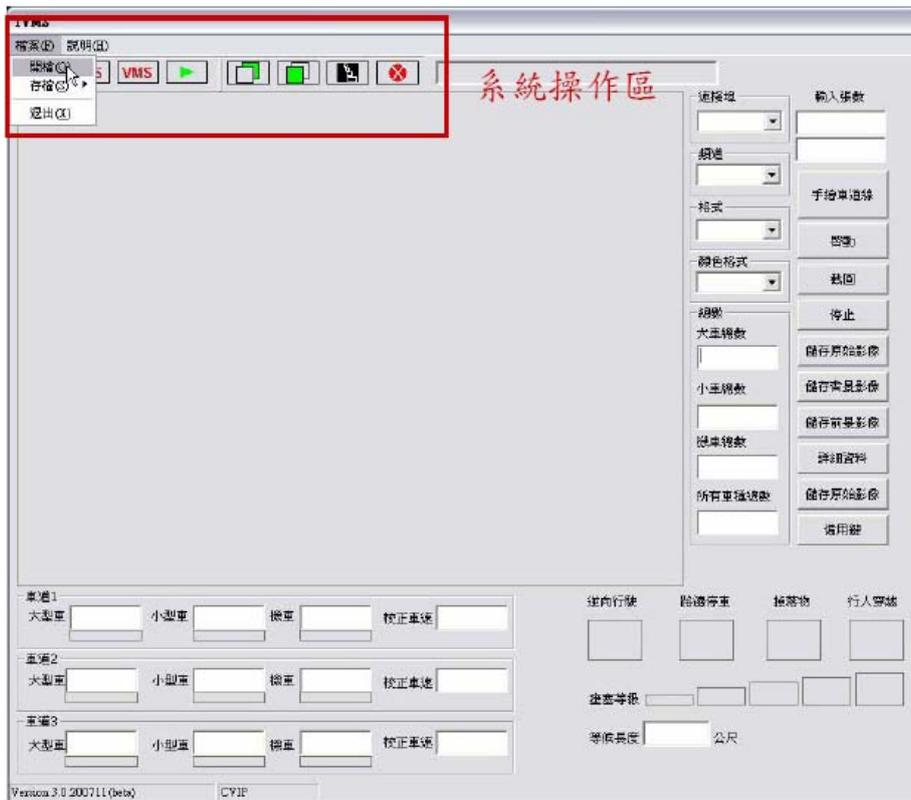


圖 3.5-6 系統操作區

第四章 實測分析

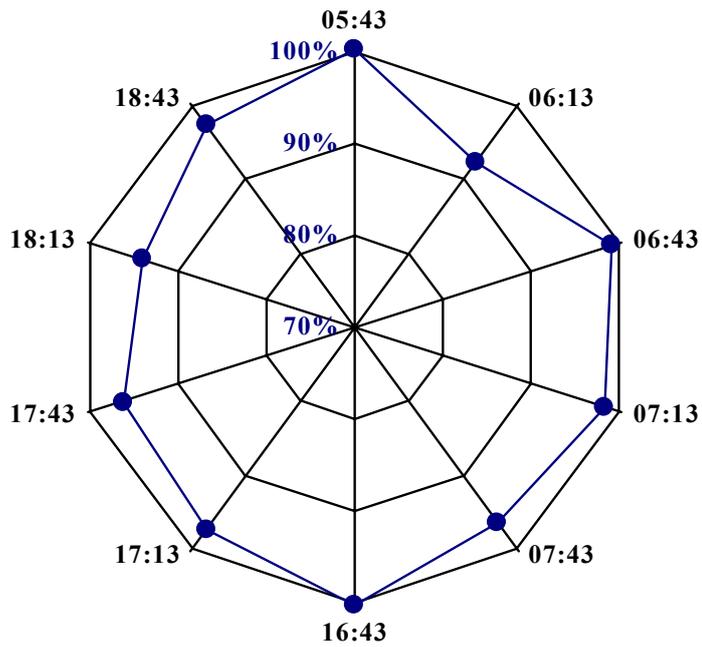
本期所研發之車輛偵測器分別於高快速公路與市區道路二處進行偵測參數準確率的測試，測試地點包含新竹市東西向快速公路台 68 線南寮-竹東段武陵交流道口及臺北市運研所前方敦化北路路段，CCD 攝影機架設位置分別為：

- ✓ 台 68 快速公路：高度 6.05 公尺、水平俯角 17 度
- ✓ 敦化北路 240 號：高度 6.5 公尺、水平俯角 14 度

以下茲就本期所實測之結果說明如下。

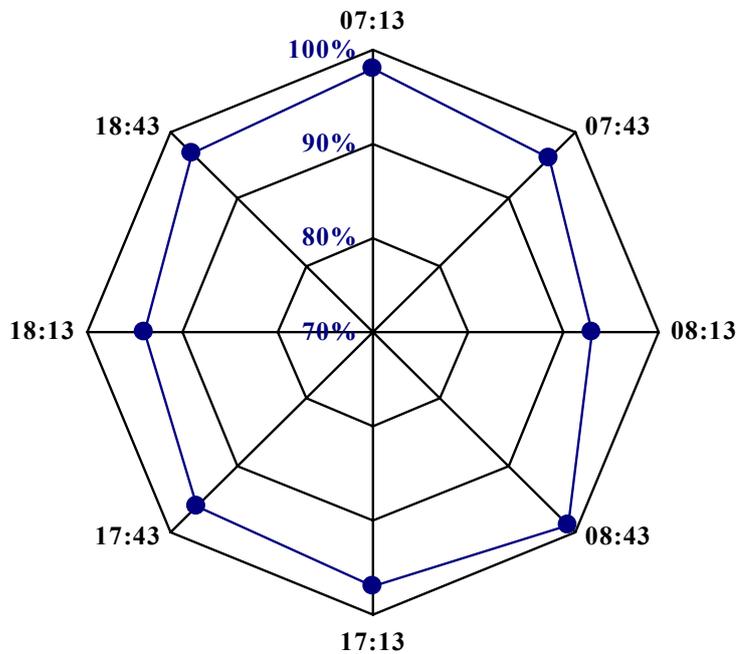
4.1 台 68 快速公路實測數據

快速公路之實測部分，本研究擇於台 68 線快速公路武陵交流道口 (N 24°49'34", E 120°58'13") 為測試地點，進行車流量之計數，並以人工計數方式與其比較，計算準確率。本期於上述路段之實測時間為 24 小時，其中以 7~9 時及 17~19 時為該路段之尖峰時段，另根據中央氣象局資料 2007.01.24 資料顯示，當日日出及日落時刻分別為 0641 及 1735 二時段，圖 4.1-1 為該路段系統日出及日落時段，系統辨識準確度分析圖，其平均辨識率可達九成以上。本研究車流量之準確率計算方式為每 30 分鐘誤差數的總和取絕對值之後再除以人工計數車輛總和，而車速之準確率則是系統所得之車速與雷射槍所測得之相較結果，所獲該路段之各項統計如表 4.1-1 及表 4.1-2 所示，2007.01.24 當日實測結果平均準確率達九成以上，該路段在白天時段(當日初至日落間之時段)平均各式車種總和之車流量每小時達 409 車次，在夜間時段平均各式車種總和之車流量每小時達 102 車次，而日、夜間該路段之尖峰時段(日 0643~0843、夜 1643~1843)車流量分別為每小時 657 及 802 車次，圖 4.1-2 為該路段系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖，其辨識結果，綜合當日數據研析，其中以當日 0013 時段正確為 91% 為最低，其主要原因為該時段區域車流極少，加上夜間天候及路燈照射搖晃路樹枝葉產生樹影的影響下，致使系統在前景切割時受到雜訊干擾，將部份小型車輛辨識為大型車輛，影響該時段部份系統車輛辨識之功能，但系統辨識率仍可在九成以上。



—●— 日出(06:41)、落(17:35)時段系統辨識率

圖 4.1-1 系統日出及日落時段，系統辨識準確度分析圖



—●— 尖、離峰時段(日 0643~0843、夜 1643~1843)系統辨識率

圖 4.1-2 系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖

表 4.1-1 車流量準確率統計表—台 68 快速公路

測試地點：台 68 快速公路							調查日期			96 年 01 月 24 日		
車種	小型車			大型車			機車			不分車種		
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率
0013	27	34	7	5	1	0	0	0	0	32	35	91%
0043	12	12	0	2	1	0	0	0	0	14	13	92%
0113	10	10	0	1	1	0	0	0	0	11	11	100%
0143	8	8	0	0	0	0	0	0	0	8	8	100%
0213	8	8	0	1	1	0	0	0	0	9	9	100%
0243	5	6	1	1	0	0	0	0	0	6	6	100%
0313	8	10	2	1	0	0	0	0	0	9	10	90%
0343	8	9	1	5	3	0	0	0	0	13	12	92%
0413	7	8	1	2	2	0	0	0	0	9	10	90%
0443	8	8	0	1	1	0	0	0	0	9	9	100%
0513	18	17	1	2	3	0	1	0	0	20	20	100%
0543	21	23	2	9	7	0	0	0	0	30	30	100%
0613	48	54	6	8	7	0	0	0	0	56	61	92%
0643	191	190	1	7	7	0	0	0	0	198	197	99%
0713	437	423	14	20	20	0	0	0	0	457	443	98%
0743	412	399	13	13	10	0	0	0	0	425	409	96%
0813	331	315	16	39	30	0	0	0	0	370	345	93%
0843	192	194	2	23	22	0	0	0	0	115	116	99%
0913	150	152	2	33	28	0	0	0	0	183	180	98%
0943	119	118	1	37	38	0	0	0	0	156	156	100%
1013	136	130	3	36	28	0	0	0	0	172	158	91%
1043	139	137	2	41	40	0	0	0	0	180	177	98%
1113	131	129	2	40	35	0	0	0	0	171	164	96%
1143	150	147	3	20	19	0	0	0	0	170	166	98%
1213	122	112	10	20	21	0	0	0	0	142	133	93%
1243	125	117	8	25	19	0	0	0	0	150	136	90%
1313	149	145	4	22	23	0	0	0	0	171	168	98%
1343	140	134	6	17	18	0	0	0	0	157	152	97%
1413	156	159	3	14	14	0	0	0	0	170	173	98%
1443	126	128	2	20	23	0	0	0	0	146	151	97%
1513	135	148	13	12	12	0	0	0	0	147	160	92%
1543	151	160	9	7	9	0	0	0	0	158	169	94%
1613	152	154	2	8	8	0	0	0	0	160	162	99%
1643	197	199	2	20	19	0	0	0	0	217	218	100%
1713	220	224	4	6	9	0	0	0	0	226	233	97%

1743	231	246	15	16	11	0	0	0	0	247	257	96%
1813	145	159	14	15	11	0	0	0	0	160	170	94%
1843	129	136	7	6	6	0	3	0	0	138	142	97%
1913	90	90	0	11	9	0	1	0	0	102	99	97%
1943	67	74	7	8	5	0	0	0	0	75	79	95%
2013	80	88	8	8	4	0	0	0	0	88	92	96%
2043	93	97	4	5	2	0	0	0	0	98	99	99%
2113	77	80	3	6	5	0	0	0	0	83	85	98%
2143	99	104	5	5	3	0	0	0	0	104	107	97%
2213	54	58	4	0	0	0	0	0	0	54	58	93%
2243	45	49	4	6	5	0	0	0	0	51	54	94%
2313	29	29	0	0	2	0	0	0	0	29	31	94%
2343	12	13	1	2	2	0	0	0	0	14	15	93%

[註]：網底處指尖峰時段

表 4.1-2 台 68 快速公路車速準確率統計表

測試地點：台 68 快速公路				時間：96 年 01 月 24 日 時間 14:30			
有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	準確率 (%)	有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	準確率 (%)
1	76	74	97.2	16	78	75	96
2	78	73	93.1	17	96	93	96.8
3	83	79	94.9	18	86	85	98.8
4	77	77	100	19	77	77	100
5	85	85	100	20	83	83	100
6	66	70	94.2	21	69	69	100
7	89	85	95.3	22	65	60	92.3
8	83	80	96.2	23	81	75	92
9	77	70	90.0	24	77	77	100
10	87	87	100	25	87	83	95.2
11	81	79	97.5	26	96	90	93.3
12	77	75	97.3	27	98	95	96.8
13	90	89	98.9	28	77	77	100
14	76	73	95.9	29	97	97	100
15	65	65	100	30	96	96	100
平均準確度：97.05%							

4.2 臺北市敦化南路實測數據

本期研究擇臺北市松山區敦化北路 240 號(N 25°06'01",E 121°54'97")為市區道路之實測點，測試內容包含車流量及速率之比較，其中流量部分以人工計數作為真值與系統產生值加以比較，速率則以測速槍為真值計算準確率，本期於上述路段之實測時間為 21 小時(21:30~18:30)，測試時段包括了日、夜間交通尖峰及日出、落時段，其中以 08:00~10:00 時及 16:30~18:30 時為該路段之尖峰時段，另根據中央氣象局資料 2007.09.27 資料顯示，當日日出及日落時刻分別為 0545 及 1745 二時段，圖 4.2-1 及圖 4.2-2 為該路段系統日出、落時段及離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖，由於該路段嚴重受到樹影的干擾及車流壅塞之影響，其平均辨識率約為六~七成左右。本研究車流量之準確率計算方式為每 30 分鐘誤差數的總和取絕對值之後再除以人工計數車輛總和，而車速之準確率則是系統所得之車速與雷射槍所測得之相較結果，所獲該路段之各項統計如表 4.2-1 及表 4.2-2 所示，2007.09.27 當日實測結果平均準確率達七成四以上，該路段在白天時段(當日初至日落間之時段)平均各式車種總和之車流量每小時達 16,106 車次，在夜間時段平均各式車種總和之車流量每小時達 2,925 車次，而日、夜間該路段之尖峰時段(日 0730~0830、夜 1700~1830)車流量分別為每小時 4,209 及 3,027 車次，綜合當日數據研析，其中以當日 0530 時段正確率為 56.1%為最低，其主要原因為該時段區域車流極少，加正值日出光線變化致使搖晃路樹枝葉產生樹影的影響下，導致系統在前景切割時受到雜訊干擾，將部份樹影雜訊辨識為小型車輛，影響該時段部份系統車輛辨識之功能。為進一步瞭解樹影雜訊對於系統辨識之影響程度，本研究於 2007.09.27 下午 14:00~14:30 時分，進行分車道統計數據之分析，表 4.2-4~表 4.2-6 為偵測統計數據，車道編號由內向外依序為第一車道、第二車道及第三車道，該路段在 14:00~14:30 時段不同車種通過之總量為 734 車次，其中由於第一車道及第三車道嚴重受到路樹搖晃枝葉產生樹影的影響，其平均辨識率為 64.4%及 82.9%，第二車道由於不受干擾，其平均辨識率為 91.9%，由表 4.2-7 分析，路樹搖晃枝葉產生的樹影將嚴重影響系統辨識率，但該時段總體辨識率仍可達 85.6%。

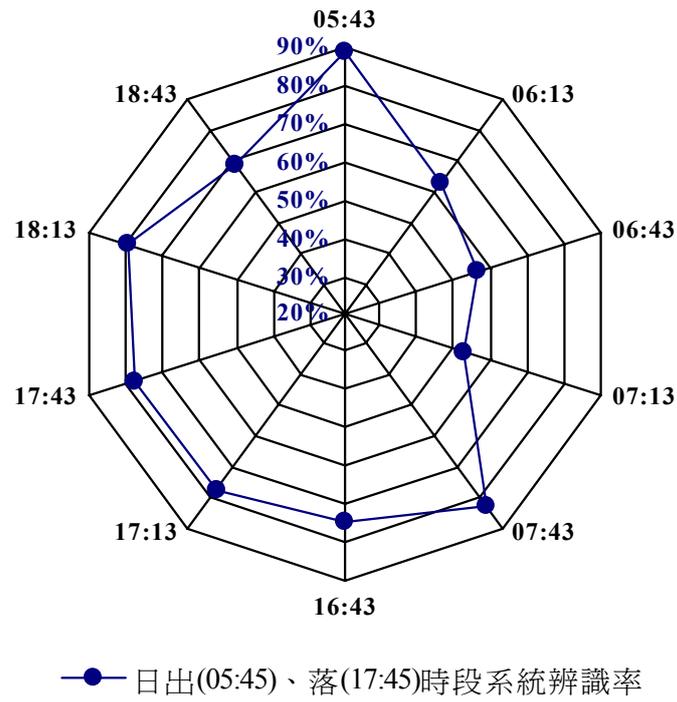


圖 4.2-1 系統日出及日落時段，系統辨識準確度分析圖

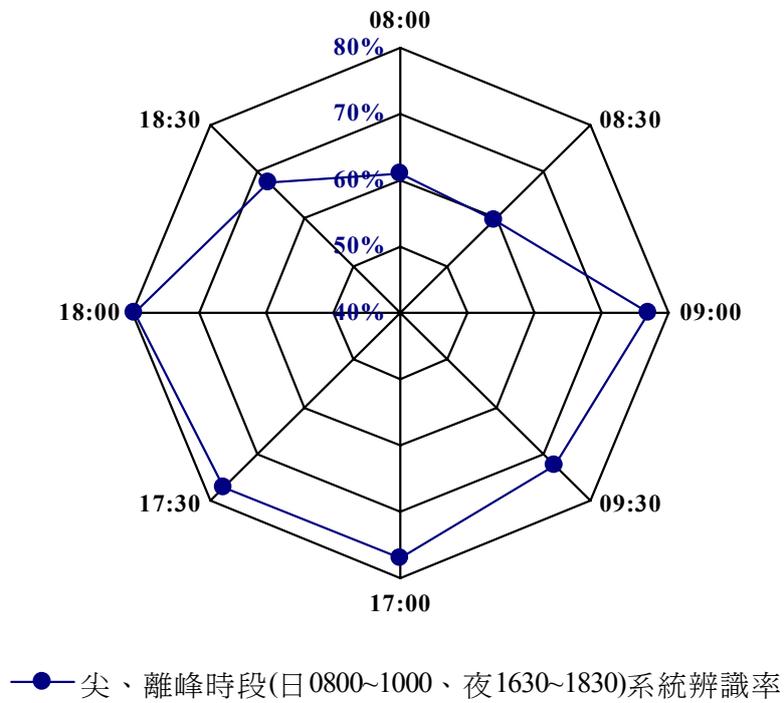


圖 4.2-2 系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖

表 4.2-1 車流量準確率統計表－交通部運輸研究所

測試地點：交通部運輸研究所							調查日期			96年09月27日		
車種	小型車			大型車			機車			不分車種		
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率
2200	66	97	31	1	1	0	65	73	8	132	162	81%
2230	108	146	38	6	3	3	108	99	10	221	248	89%
2300	81	112	31	2	1	1	72	73	1	154	186	83%
2330	63	75	18	0	0	0	60	56	12	123	131	94%
0000	42	54	12	3	1	2	42	33	9	87	88	99%
0030	44	46	2	1	1	0	29	26	3	74	73	99%
0100	27	36	9	0	0	0	12	15	3	39	51	76.5%
0130	29	30	1	0	0	0	5	5	0	34	35	97.1%
0200	22	28	6	0	0	0	6	7	1	28	35	80%
0230	13	22	9	0	0	0	1	2	1	14	24	58.3%
0300	5	15	10	0	0	0	5	5	0	10	20	50%
0330	15	19	4	0	0	0	4	5	1	19	24	79.2%
0400	13	16	3	0	0	0	7	7	2	20	23	86.9%
0430	11	13	2	0	0	0	5	5	0	16	18	88.9%
0500	42	27	15	6	2	4	22	16	6	72	45	62.5%
0530	116	65	51	7	3	4	66	39	27	189	106	56.1%
0600	47	36	11	5	2	3	38	23	16	90	61	52.5%
0630	135	169	34	3	7	4	87	82	5	225	273	82.4%
0700	217	326	109	10	6	8	123	148	25	350	480	72%
0730	290	461	171	1	3	2	254	327	73	545	791	69%
0800	340	639	299	2	4	2	415	602	187	757	1245	61%
0830	348	613	265	1	3	2	363	572	209	712	1188	59.9%
0900	352	505	153	2	5	3	344	397	53	698	906	77%
0930	324	503	179	2	4	2	302	363	61	628	870	72.2%
1000	278	418	140	1	4	3	238	292	54	517	714	72.4%
1030	286	342	56	4	4	0	208	206	2	498	552	90.2%
1100	364	501	137	10	16	6	179	312	133	553	829	66.7%
1130	244	342	98	9	9	0	83	175	92	336	526	63.9%
1200	399	514	115	6	12	6	229	262	33	634	788	80.5%
1230	207	274	67	3	5	2	125	126	1	335	405	82.7%
1300	405	515	110	2	13	11	233	273	40	640	801	79.9%
1330	268	368	100	2	2	0	148	180	32	418	550	76%

測試地點：交通部運輸研究所						調查日期			96年09月27日			
車種	小型車			大型車			機車			不分車種		
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率
1400	377	482	105	7	19	12	261	329	68	645	830	77.7%
1430	251	345	103	1	10	9	146	199	53	398	554	71.8%
1500	338	423	85	4	10	6	203	288	85	548	721	76%
1530	333	441	108	7	9	2	210	254	44	550	704	78.1%
1600	333	434	101	11	15	4	201	253	52	545	702	77.6%
1630	360	482	122	5	7	2	205	275	70	570	764	74.6%
1700	383	492	109	2	2	0	272	358	126	657	852	77.1%
1730	391	487	96	4	5	1	252	344	92	647	836	77.4%
1800	277	364	87	3	3	0	257	308	57	537	675	79.6%
1830	237	383	146	0	0	0	214	281	67	451	664	67.9%

表 4.2-2 交通部運輸研究所前車速準確率統計表

測試地點：敦化北路 240 號				時間：96 年 11 月 19 日 1600~1730			
有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	準確率 (%)	有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	準確率 (%)
1	56	55	98.2%	16	47	45	95.6%
2	35	32	90.6%	17	39	38	97.4%
3	45	40	87.5%	18	65	64	98.4%
4	67	63	93.7%	19	43	40	92.5%
5	50	45	88.9%	20	29	25	84.0%
6	30	32	93.8%	21	40	43	93.0%
7	50	46	91.3%	22	35	36	97.2%
8	25	23	91.3%	23	63	65	96.9%
9	55	52	94.2%	24	46	49	93.9%
10	35	37	94.6%	25	48	50	96.0%
11	60	58	96.6%	26	55	55	100.0%
12	35	32	90.6%	27	46	46	100.0%
13	55	53	96.2%	28	69	65	93.8%
14	30	29	96.6%	29	45	40	87.5%
15	56	59	94.9%	30	43	42	97.6%
平均準確度：94.1%							

表 4.2-3 車流量準確率統計表－交通部運輸研究所(第一車道)

測試地點	敦化北路 240 號						調查日期	96 年 11 月 15 日					
車種	小型車			大型車			機車			不分車種			
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率	
14:01	3	5	2	0	0	0	0	1	1	24	33	72.7%	
14:02	5	5	0	0	0	0	0	0	0				
14:03	6	7	1	0	0	0	0	0	0				
14:04	5	7	2	0	0	0	0	1	1				
14:05	5	6	1	0	1	1	0	0	0				
14:06	4	8	4	0	0	0	2	2	0	37	57	64.9%	
14:07	12	16	4	0	0	0	2	4	2				
14:08	5	8	3	0	0	0	0	0	0				
14:09	4	5	1	0	1	1	0	0	0				
14:10	8	13	5	0	0	0	0	0	0				
14:11	1	2	1	0	0	0	0	0	0	18	30	60.0%	
14:12	3	7	4	0	0	0	1	3	2				
14:13	3	4	1	0	0	0	1	2	1				
14:14	4	4	0	0	0	0	0	0	0				
14:15	4	6	0	0	0	0	1	2	1				
14:16	7	10	3	0	1	1	1	0	1	32	49	65.3%	
14:17	6	9	3	0	0	0	1	2	1				
14:18	4	5	1	0	0	0	1	1	0				
14:19	1	3	2	0	0	0	0	0	0				
14:20	8	14	6	0	0	0	3	4	1				
14:21	1	1	0	0	0	0	0	1	1	21	32	65.6%	
14:22	0	3	3	0	0	0	1	2	1				
14:23	12	12	0	0	0	0	1	4	3				
14:24	5	7	2	0	0	0	0	0	0				
14:25	1	2	1	0	0	0	0	0	0				
14:26	8	13	5	0	1	1	1	2	1	33	55	60.0%	
14:27	6	7	1	0	1	1	3	3	0				
14:28	2	4	2	0	0	0	0	1	1				
14:29	3	5	2	0	0	0	1	2	1				
14:30	7	11	4	0	2	2	2	3	1				
總計	143	209	64	0	7	7	22	40	20	165	256	64.4%	

表 4.2-4 車流量準確率統計表－交通部運輸研究所(第二車道)

測試地點	敦化北路 240 號						調查日期	96 年 11 月 15 日					
車種	小型車			大型車			機車			不分車種			
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率	
14:01	5	3	2	0	0	0	3	3	0	46	48	95.8%	
14:02	5	4	1	0	0	0	1	1	0				
14:03	9	9	0	0	0	0	3	3	0				
14:04	5	4	1	0	0	0	5	12	7				
14:05	6	5	1	0	0	0	4	4	0				
14:06	10	7	3	0	0	0	4	4	0	62	67	92.5%	
14:07	10	13	3	0	0	0	7	8	1				
14:08	7	3	4	0	0	0	3	5	2				
14:09	8	8	0	0	0	0	1	1	0				
14:10	9	12	3	0	0	0	3	6	3				
14:11	6	6	0	0	0	0	0	1	1	49	58	84.5%	
14:12	6	6	0	0	0	0	8	8	0				
14:13	10	11	1	0	0	0	1	1	0				
14:14	4	6	2	0	0	0	7	11	5				
14:15	6	6	0	0	1	1	1	1	0				
14:16	12	10	2	0	0	0	3	3	0	72	77	93.5%	
14:17	9	8	1	0	0	0	10	14	4				
14:18	7	6	1	0	0	0	6	7	1				
14:19	5	5	0	0	0	0	5	7	2				
14:20	11	12	1	0	0	0	4	5	1				
14:21	3	3	0	0	0	0	8	8	0	61	61	100.0%	
14:22	9	8	1	0	0	0	3	2	1				
14:23	17	17	0	0	0	0	3	4	1				
14:24	6	6	0	0	0	0	4	5	1				
14:25	5	5	0	0	0	0	3	3	0				
14:26	9	7	2	0	0	0	3	5	2	63	73	86.3%	
14:27	7	7	0	0	0	0	10	15	5				
14:28	6	6	0	0	0	0	3	5	2				
14:29	11	9	2	0	0	0	4	4	0				
14:30	3	2	1	0	0	0	7	13	6				
總計	226	214	32	0	1	1	127	169	45	353	384	91.9%	

表 4.2-5 車流量準確率統計表－交通部運輸研究所(第三車道)

測試地點	敦化北路 240 號						調查日期	96 年 11 月 15 日					
車種	小型車			大型車			機車			不分車種			
時間	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率	
14:01	1	1	0	0	0	0	0	1	1	11	8	72.7%	
14:02	0	0	0	0	0	0	2	2	0				
14:03	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:04	0	0	0	0	0	0	5	1	4				
14:05	1	1	0	0	0	0	2	2	0				
14:06	5	3	2	0	0	0	1	1	0	28	23	82.1%	
14:07	0	0	0	0	0	0	7	7	0				
14:08	2	1	1	0	0	0	1	1	0				
14:09	2	1	1	0	0	0	1	2	1				
14:10	2	1	1	0	0	0	7	6	1				
14:11	4	3	1	0	0	0	4	3	1	20	19	95.0%	
14:12	3	2	1	0	0	0	3	3	0				
14:13	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
14:14	1	1	0	0	0	0	4	6	2				
14:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
14:16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	11	78.6%	
14:17	0	0	0	0	0	0	2	2	0				
14:18	0	0	0	0	0	0	2	2	0				
14:19	0	0	0	0	0	0	4	3	1				
14:20	4	2	2	0	0	0	2	2	0				
14:21	1	1	0	0	0	0	3	3	0	21	19	90.5%	
14:22	7	3	4	0	0	0	2	2	0				
14:23	1	1	0	0	0	0	2	1	1				
14:24	1	2	1	0	0	0	2	2	0				
14:25	1	2	1	0	0	0	1	2	1				
14:26	0	0	0	0	0	0	2	4	2	16	14	87.5%	
14:27	1	1	0	0	0	0	3	2	1				
14:28	0	0	0	0	0	0	3	2	1				
14:29	1	1	0	0	0	0	4	2	2				
14:30	1	1	0	0	0	0	1	1	0				
總計	40	29	15	0	0	0	70	65	19	110	94	82.9%	

表 4.2-6 車流量準確率統計表－交通部運輸研究所

車種	小型車			大型車			機車			不分車種		
	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	準確率
第一車道	143	209	64	0	7	7	22	40	20	165	256	64.4%
第二車道	226	214	32	0	1	1	127	169	45	353	384	91.9%
第三車道	40	29	15	0	0	0	70	65	19	110	94	82.9%
總計	409	452	111	0	8	8	219	274	84	628	734	85.6%

4.3 市區道路異常事件偵測評估分析

本期影像式研究小組鑑於市區道路異常事件並非常態及週期性產生，為克服市區道路異常事件之實驗影像取樣實作問題，研究人員利用車流經交通號誌管制暫歇時段(約 2 分鐘)，以實車、實物及實人於運研所大樓前實際模擬事件發生場景，事件場景之分類計有：

1. 掉落物偵測
2. 行人違規穿越馬路
3. 車輛違規逆向行駛
4. 車輛違規路邊停放

其中車輛違規逆向行駛模擬因安全考量，暫時以實車採行倒車方式作為取代。上述四項異常事件評估試作結果如圖 4.3-1 ~ 圖 4.3-4。另道路壅塞及等待長度進行評估及實作，則因目前實際架設位置要獲取實際車輛達”車陣停滯”影像並不容易，故市區道路研究小組於大溪員樹林(近國防大學理工學院)，配合中山科學園區上下尖峰及紅燈管制，於員樹林天橋實際架設攝影機進行取樣，如圖 4.3-5，實測地點示意圖如圖 4.3-6，目前系統將該路段實測壅塞的結果分為 5 種等級，分別以藍、綠、黃、橙、紅 5 種顏色於系統介面下方警示行控人員目前道路狀況，如圖 4.3-7，當監控道路達壅塞時，系統依視覺長度演算法進行車陣長度計算，計算結果顯示於壅塞等級旁，如圖 4.3-8，初步評估上述市區道路異常事件及壅塞將可望於後續研究進行。

掉落物偵測試作方面，預設之掉落物目前是以約 60 公分 x 60 公

分 x 60 公分的箱子為準，當車輛離開而有殘留物時，本計畫稱之為掉落物，期望掉落物在畫面中最小可保持 8 x 8 Pixel 大小的物件，俾利系統辨識。



圖 4.3-1 掉落物偵測

行人偵測試作方面，目前是將橫向移動之物體視為穿越之行人，對於行人的特徵辨識，是另外的研究課題，本案並無加以辨識，試作過程如下：

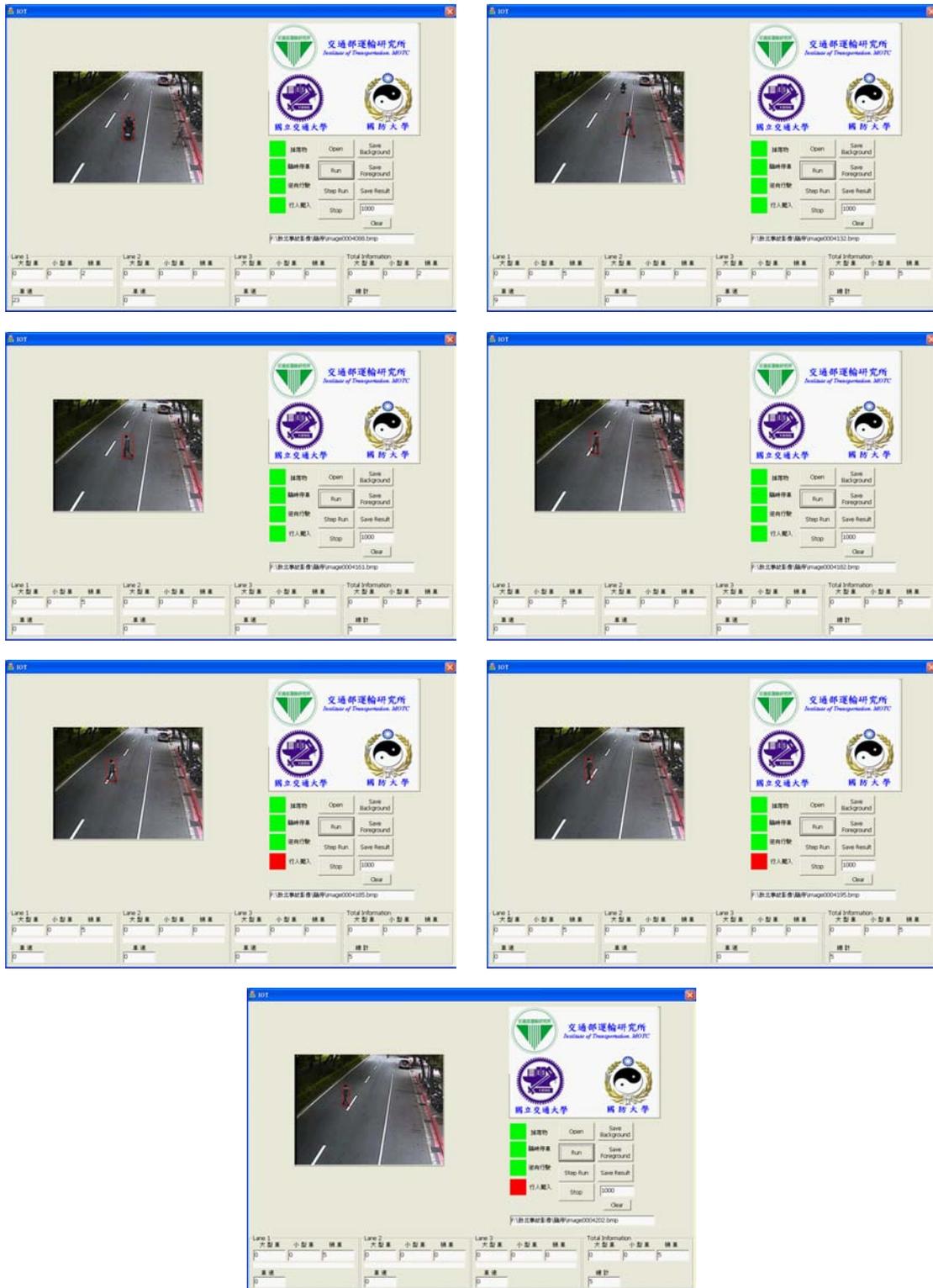


圖 4.3-2 行人違規穿越馬路

車輛逆向行駛試作方面，主要利用車輛移動方向之不合理性作為判斷主要依據，試作過程如下：

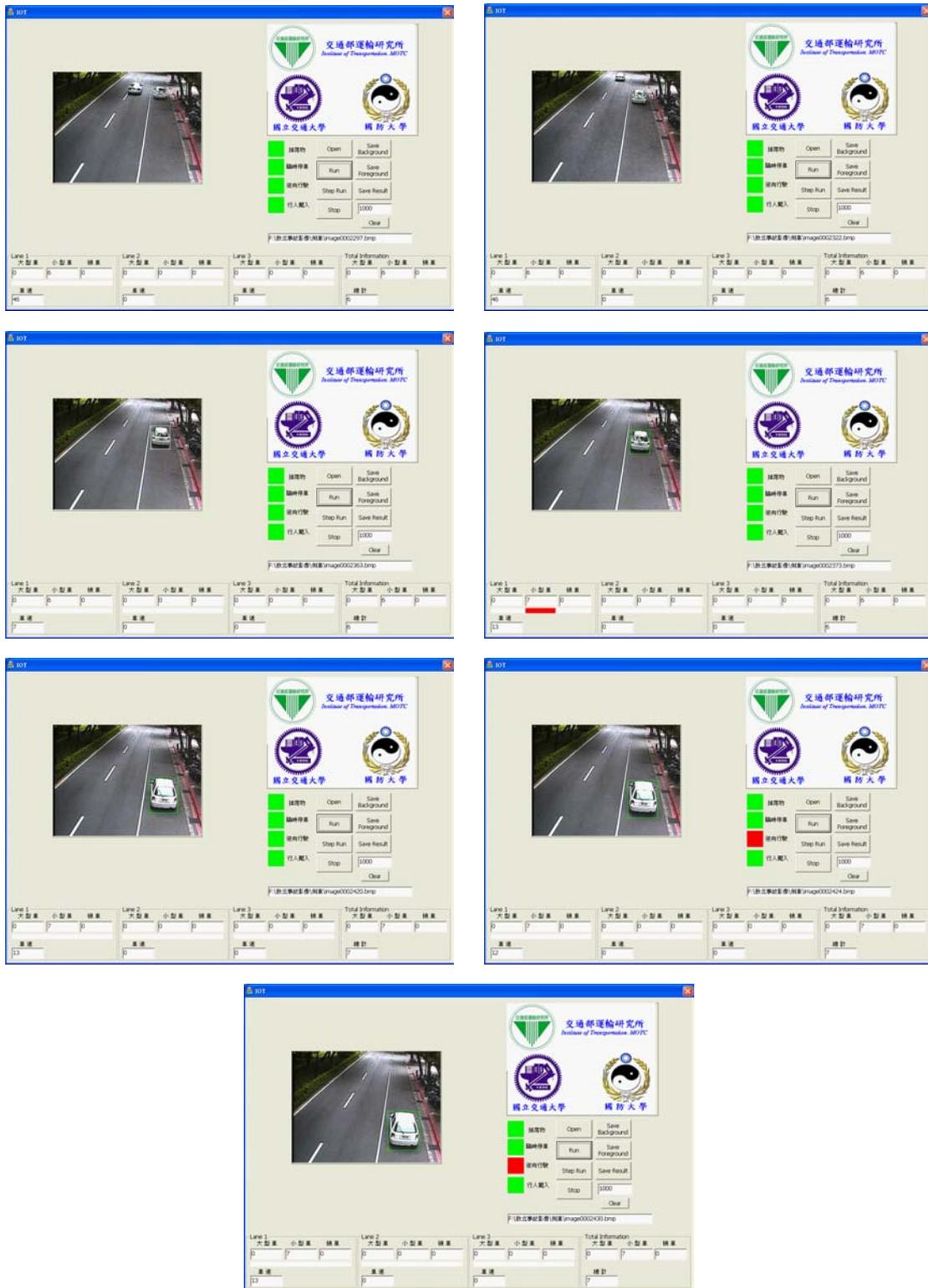


圖 4.3-3 車輛違規逆向行駛

車輛違規停放試作方面，主要判斷依據是依照系統設定的區域範圍內不得有車輛停止，試作過程如下：



圖 4.3-4 車輛違規路邊停放

有關壅塞偵測之試作，係採 Greenshield Model 交通流量模型，將壅塞程度分為 5 個等級，分別為：

- ✓ 高車速、低車流
- ✓ 高車速、適中車流
- ✓ 較低車速、高車流
- ✓ 低車速、高車流
- ✓ 及低車速、高車流

其中，高、低車速以及高、低車流的定義門檻值必須由實驗以及參考相關使用單位的定義而定，再調整設定。測試地點位於員樹林天橋，以正向照射方式進行壅塞程度之測試。



圖 4.3-5 員樹林天橋作業

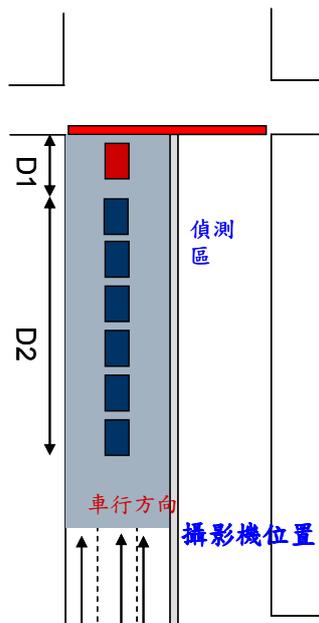


圖 4.3-6 員樹林壅塞路段示意



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

圖 4.3-7 壅塞偵測



圖 4.3-8 等待長度及壅塞偵測

4.4 系統雛型功能評估

4.4.1 偵測器功能分析

本案所研發之車輛偵測器雛型系統，在功能面上，可針對快速道路以及市區道路進行大型車、小型車、機車偵測，在準確率上，請參閱本章第一節說明。

在誤判分析方面，有以下幾點主要原因：

1. 為了因應攝影機架設之便利性，目前以一般號誌桿的高度為主（約 6 米），這樣的視線容易被車高較高的大型車輛遮蔽視線。
2. 當攝影機架設在路側的狀況，距離攝影機較遠的外側因為角度關係，車輛的形體特徵會與近端車輛有所不同，在車輛判定上會造成誤判的可能性。
3. 夜間偵測必須搭配足夠燈光，當燈光不足、攝影機架設高度有限時，因為車燈眩光造成的攝影機畫面飽和現象，將影響本雛

型系統在夜間的效能。

4. 市區道路環境時常被行道樹的陰影影響，造成在白天時刻，被陰影遮住的區域與畫面中其他區域顯得相對陰暗許多，對於深色車子的偵測，在這個區域容易失誤，主要是因為車身影像在這個區域中被陰影淹沒，連肉眼都不易分辨。
5. 市區道路受到行道樹的影響除了陰影部分，風吹造成樹枝搖晃使得陰影也跟著搖動，這也是容易造成誤判的原因。

雨天環境的偵測率皆會比一般天氣狀況要低一些，由於雨天天氣通常伴隨著昏暗的光線，路面積水、潮濕、攝影機鏡頭水滴等等狀況，也都是增加偵測失誤的因素。

4.4.2 事件偵測試作

本雛型系統在市區道路異常事件偵測部分屬於試作評估分析，主要的功能試作方式皆是跟隨著車輛偵測的結果進行後續判斷法則加以辨識，因此作成以下結論。

1. 掉落物：主要物體離開但是殘留小物體。
2. 行人違規穿越：移動物體移動方向不合法，物體長寬比符合一般人形。
3. 車輛違規逆向：車輛移動軌跡不合法。
4. 車輛違規路邊停放：車輛停止於設定的不可停放區域。

上述試作皆是利用影像式車輛偵測之核心技術，加上不同事件之準則以直接快速判斷法則進行辨識，且目前所蒐集之車流影像中具事件之情形有限，因此現階段尚無法確保所開發之事件偵測系統已於實務上可行，惟經前述之試作案例證實系統開發具一定之可行性，因此建議後續研究團隊繼續進行長時間及不同車流特性環境之測試。

第五章 與 CCTV 整合試作

有關影像式車輛偵測器整合於既有 CCTV 系統之試作部份，改善了前期計畫之既有功能，並以加強壅塞警示與事件偵測功能為主要項目，試作地點以雪山隧道為主要之測試環境。本研究團隊利用年度端午連續假期，派員至雪山隧道坪林行控中心進行連續影像資料的取得，尤其取得了連續假期隧道入口處之塞車路況，有助於本團隊完成整合試作之工作。本研究團隊於五月至六月期間，亦數度訪問臺北市交控中心，並且協調 CCTV 影像資料取得之可能性與配合工作，承蒙臺北市交控中心之協助，本團隊得以取得相關之寶貴影像資料。本研究同時取得之 CCTV 影像資料尚包括八卦山隧道影像，相關 CCTV 影像取得以及特性分析詳述於後。

5.1 影像取得

5.1.1 雪山隧道

雪山隧道中，每 175 公尺即架設一具 CCTV 影像單元，本研究有幸得到坪林行控中心之支援，得以進入隧道機房，直接取得原始 CCTV 影像，以利本研究案試作的進行。CCTV 影像擷取設備如圖 5.1.1-1 所示，我們利用這臺小型 PC 進行長時錄影，同時將 4 支 CCTV 影像以 MPEG-4 影像壓縮格式儲存於硬碟機中。由於資料量龐大，經過事前估算，必須以 250 倍率壓縮，才有辦法將所有的影像資料儲存於 500GB 的硬碟機中。影像資料是透過機房影像處理多功器直接跨接本研究指定的攝影機影像至我們的系統，以進行錄影的動作，如圖 5.1.1-2 所示。圖中紅色標示的 4 支訊號線就是提供我們錄影的訊號輸出點。錄影程式畫面如圖 5.1.1-3 所示，4 支影像皆以 QVGA(320*240)影像大小儲存。

隧道內的 CCTV 攝影機共有 262 支，在有限的儲存空間中，考量車流特性及攝影角度等需要，選擇了可以觀察到壅塞情境之其中 4 支攝影機（編號分別為 2068、2069、2073、2076），進行長時間影像資料的擷取，各畫面如圖 5.1.1-4 至 5.1.1-7 所示，其中，2076 號攝影機是雪山隧道南口往北方向，進入隧道的第一支攝影機，塞

車的狀況通常發生在這支攝影機所涵蓋的區域。編號遞減的方向是頭城往臺北方向。



(a)實機裝設於雪山隧道機房中



(b)小型 PC 外觀側拍

圖 5.1.1-1 錄製雪山隧道影像資料之小型 PC

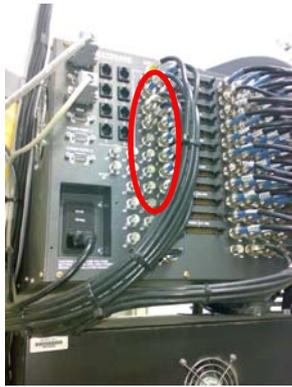


圖 5.1.1-2 雪山隧道機房內之影像多工器

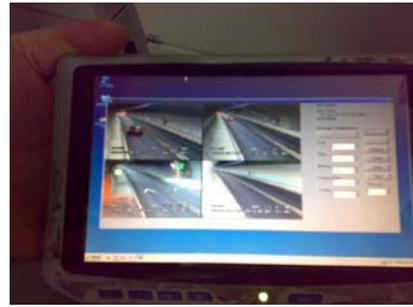


圖 5.1.1-3 機房內錄影程式畫面



圖 5.1.1-4 雪山隧道 CCTV 編號 2076 攝影機畫面



圖 5.1.1-5 雪山隧道 CCTV 編號 2073 攝影機畫面



圖 5.1.1-6 雪山隧道 CCTV 編號 2069 攝影機畫面



圖 5.1.1-7 雪山隧道 CCTV 編號 2068 攝影機畫面

5.1.2 八卦山隧道

八卦山交控中心由於每月都會定兩次時間進行事件演習，演習的內容以異常靜止車輛、火燒車、掉落物、行人等為主軸進行演練。本團隊為取得更真實的事件樣本，於民國 97 年 8 月 15 日及 8 月 16 日配合八卦山隧道交控中心進行事件演練觀摩並嘗試取得事件影帶，當日事件主軸為火燒車，配合隧道內消防措施，進行最快速、最安全的救災訓練，下圖 5.1.2-1(a)顯示演習用火燒車位置，圖 5.1.2-1(b)顯示因為火燒車事件而封閉隧道暫停路邊，圖 5.1.2-1(c)為隧道管制人員指揮車輛向隧道兩側暫停，以利消防水車進入隧道內撲滅火勢，圖 5.1.2-1(d)為消防車進入隧道準備救援工作，圖 5.1.2-1(e)為消防車及隧道內管制人員利用消防栓進行火勢撲滅動作，圖 5.1.2-1(f)為因為火勢猛烈，火災煙霧已瀰漫整個隧道，隧道內煙霧偵測器已啟動，警示相關人員事件發生。



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

(f)

圖 5.1.2-1 八卦山隧道火燒車救災演習



圖 5.1.2-2 八卦山數位化監視系統畫面(相機翻拍)

八卦山隧道內的影像監控系統，採用了數位化的錄影設備，如圖 5.1.2-2，但其 frame rate 太低，只有每秒一張，無法對其影像特性進行分析。

5.1.3 臺北交控中心

本團隊在臺北市交控中心的協助下，挑選了一支臺北市 CCTV 影像試作。在工作人員的協助之下，藉由 VHS 錄製的 CCTV 影像，其 frame rate 為每秒 29.97 張，地點為臺北市建國高架橋信義路路段，影像時間長度為 9 個小時，如圖 5.1.3-1 所示。

地點：建國南路_信義路			時間：2007 年 6 月 7 日		
					
時間 10:21	時間 11:21	時間 13:21			
					
時間 14:21	時間 14:21	時間 16:21			
					
時間 17:21	時間 18:21	時間 19:21			

圖 5.1.3-1 建國南路_信義路 CCTV 影像時間列表

從這一支 CCTV 影像中可以觀察得知，圖 5.1.3-2 的第 4 車道和第 5 車道，角度過於歪斜，造成車道的偵測區域變小且車輛的交疊也會異常的嚴重如圖 5.1.3-3 所示，所以在試作上預計偵測率會變差。本次試作所設定的偵測區域，如圖 5.1.3-2 所示。



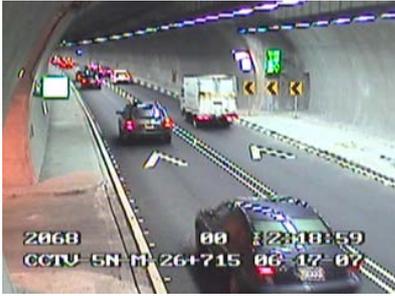
圖 5.1.3-2 臺北市建國高架橋信義路段 CCTV 影像偵測區域



圖 5.1.3-3 臺北市建國高架橋信義路段 CCTV 影像嚴重交疊現象

綜上所取得之 CCTV 影像，本研究分析了該影像拍攝路段之特性，相關說明如表 5.1-1 所示。

表 5.1-1 CCTV 影像特性分析

雪山隧道	路況特性分析
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攝影機通常架設於車道兩側，因此所拍攝影像以側邊為主，當拍攝的角度過大或是車流量大時，會有車輛交疊。 2. 攝影機架設高度受到隧道高度影響，架設較低。 3. 隧道內車輛需開車前大燈。 4. 不受天候影響。 5. 照明設備會有漸進式開啟與瞬間關閉的切換。 6. 車流壅塞和順暢皆有。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 攝影機通常架設於車道兩側，因此所拍攝影像以側邊為主，當拍攝角度過大或是車流量大時，會有車輛交疊。 2. 攝影機架設高度受到隧道高度影響，架設較低。 3. 隧道內車輛需開車燈。 4. 不受天候影響。 5. 車流順暢。 6. 影像品質較差。 7. 影像每秒幅數只有一張。
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由於攝影機角度過大，右邊對向車道受到擠壓，會出現車輛交疊或車輛遮蔽的現象。 2. 攝影機架設的高度較高。 3. 天候包含了白天、夜間、雨天。 4. 車流壅塞和順暢皆有。 5. 夜間受到車燈和路燈的影響，光影變化很大。

<p>建國南路_忠孝東路</p>	<p>路況特性分析</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 除了最左邊車道外，最右邊的第三車道容易受到第二車道車輛的遮蔽。 2. 攝影機架設高度較高，除了畫面最底部的車輛以外，其他車輛在畫面中會變得比較小。 3. 天候包含了白天、夜間、雨天。 4. 車流壅塞和順暢皆有。 5. 夜間受到車燈和路燈的影響，光影變化很大。
<p>辛亥地下道_汀洲路</p>	<p>路況特性分析</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正向車道的攝影機，沒有左右遮蔽問題。 2. 由於市地下道的緣故，整個畫面中的車輛都是偏小的狀態。除此之外，因為車輛要過地下道的緣故，過了畫面底部後，在畫面的一半的地方，前後車輛的交疊就變得嚴重。 3. 天候包含了白天、夜間、雨天。 4. 車流大致上都是順暢。 5. 夜間受到車燈和路燈的影響，光影變化很大，此外對向車道的車頭燈也會影響到攝影機。
<p>市民大道_新生北路</p>	<p>路況特性分析</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正向車道的攝影機，沒有左右遮蔽問題。 2. 攝影機架設的高度較高，車輛較小，尤其是畫面上半部更顯嚴重。 3. 天候包含了白天、夜間、雨天。 4. 車流壅塞和順暢皆有。 5. 夜間受到車燈和路燈的影響，光影變化很大。

5.2 CCTV 影像特性分析

目前取得之雪山隧道 CCTV 影像資料約 465GB，從 2007/06/15 下午 2:00 鐘開始至 2007/06/20 中午 12:00，如圖 5.2-1 所示。我們整理的方式是以一個小時為單位，切割成數百個檔案，這樣的方式是為了後續測試時，便於將其轉錄成 VCD 格式，由播放器直接播放進行測試。檔案切割工作如圖 5.2-2 所示，以小時為單位、MPEG-4 格式、250 倍壓縮備率。

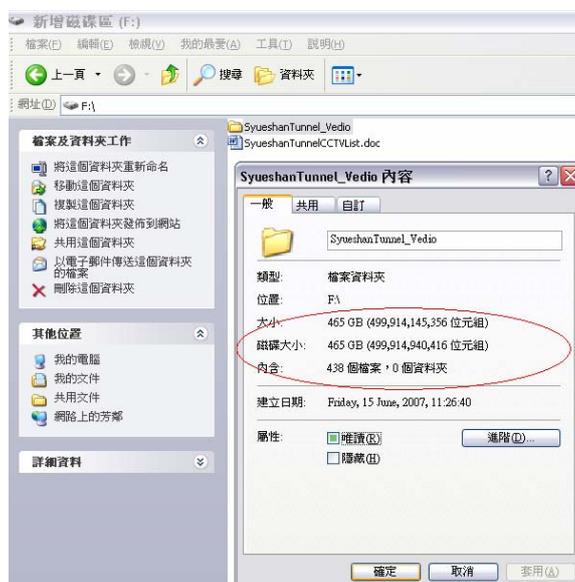


圖 5.2-1 完整雪山隧道 CCTV 影像資料共 465GB

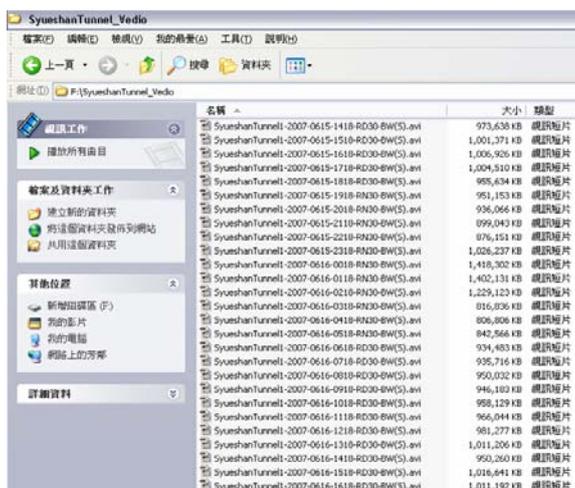


圖 5.2-2 以小時為單位整理所有的影像資料

5.2.1 隧道內光線變化影響

隧道內的燈光環境，並非如一般認為是很單純，隧道內的照射燈光會依照時間、天候環境的不同而開啟或是關閉，更具有挑戰性的是，這個燈光在開啟的時候是緩慢平順的，但在關閉時是瞬間切換的，因此，針對背景收斂部份，需要有更強健的處理。

依照長隧道內照明系統管理說明，駕駛人在進入隧道時會因光線變化太大產生”黑洞效應”，為避免此效應影響行車安全，隧道之照明設計成入口處較亮，並分區遞減至隧道內基本照明，使駕駛人能可以適應隧道內環境。照明系統依交通尖離峰、天氣陰晴、晝夜不同時段等及隧道洞內、外輝度量測值，配合監控系統自動調整隧道內部之照明位階，依位置分「進口區」、「境界區」、「漸變區」、「內部區」及「出口區」設置不同燈具，一般狀況下，依洞外輝度計分7階段控制照明，可兼顧提供適當照明及節省能源。緊急照明用電由不斷電電源系統供應，可避免因停電而造成瞬間照明中斷，基於長隧道行車考量，基本照明採日光燈提供較佳照明舒適性[3]。隧道照明輝度曲線如圖 5.2.1-1 所示[4]。

■ 雪山隧道照明分區及輝度曲線圖

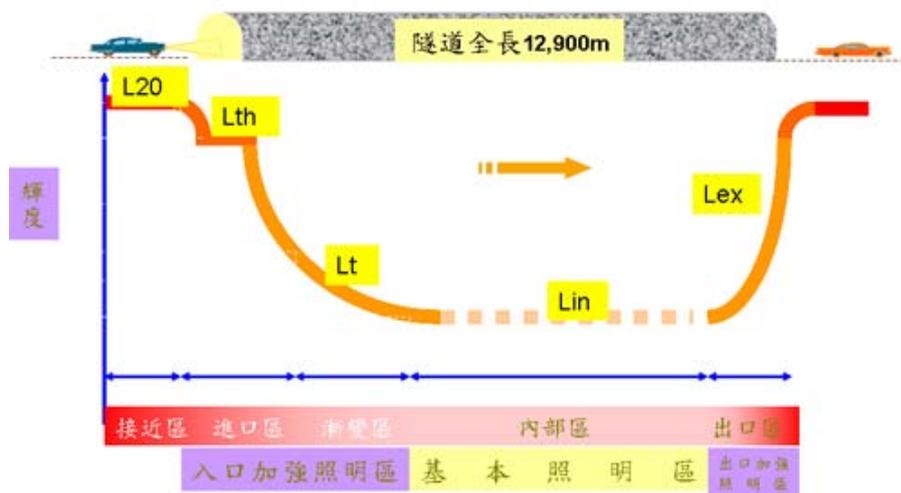


圖 5.2.1-1 雪山隧道照明分區及輝度曲線圖

燈光切換的實際狀況請參閱圖 5.2.1-2 與 5.2.1-3。圖 5.2.1-2 說明燈光緩慢亮起的狀況，原因是水銀燈的開啟並非瞬間切換，因此

需要一些時間才會完全亮起。在燈光關閉的時候，則是瞬間熄滅，
這個瞬間熄滅的動作，對車輛偵測影響甚鉅，如圖 5.2.1-3 所示。

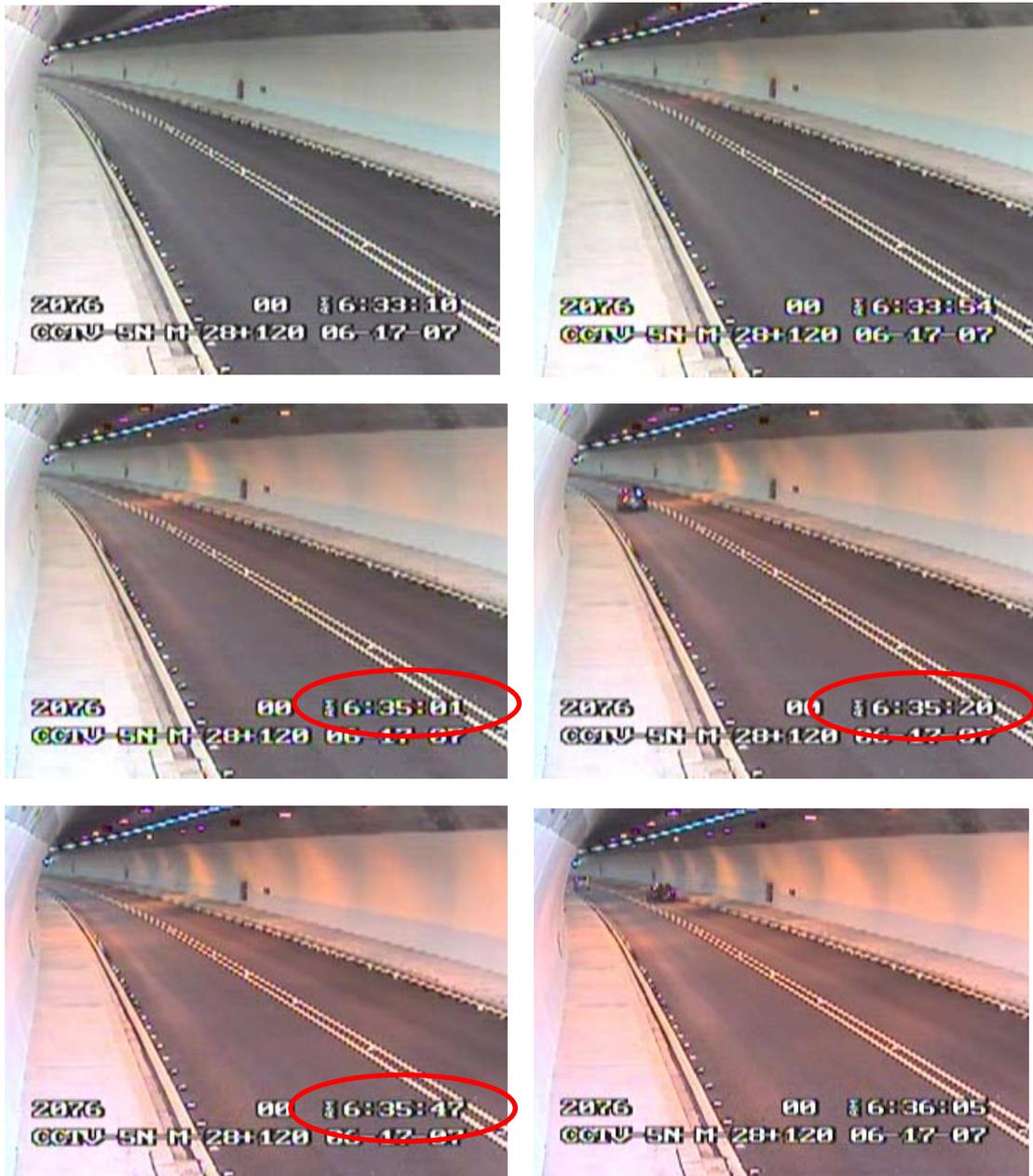


圖 5.2.1-2 隧道內燈光開啟狀況

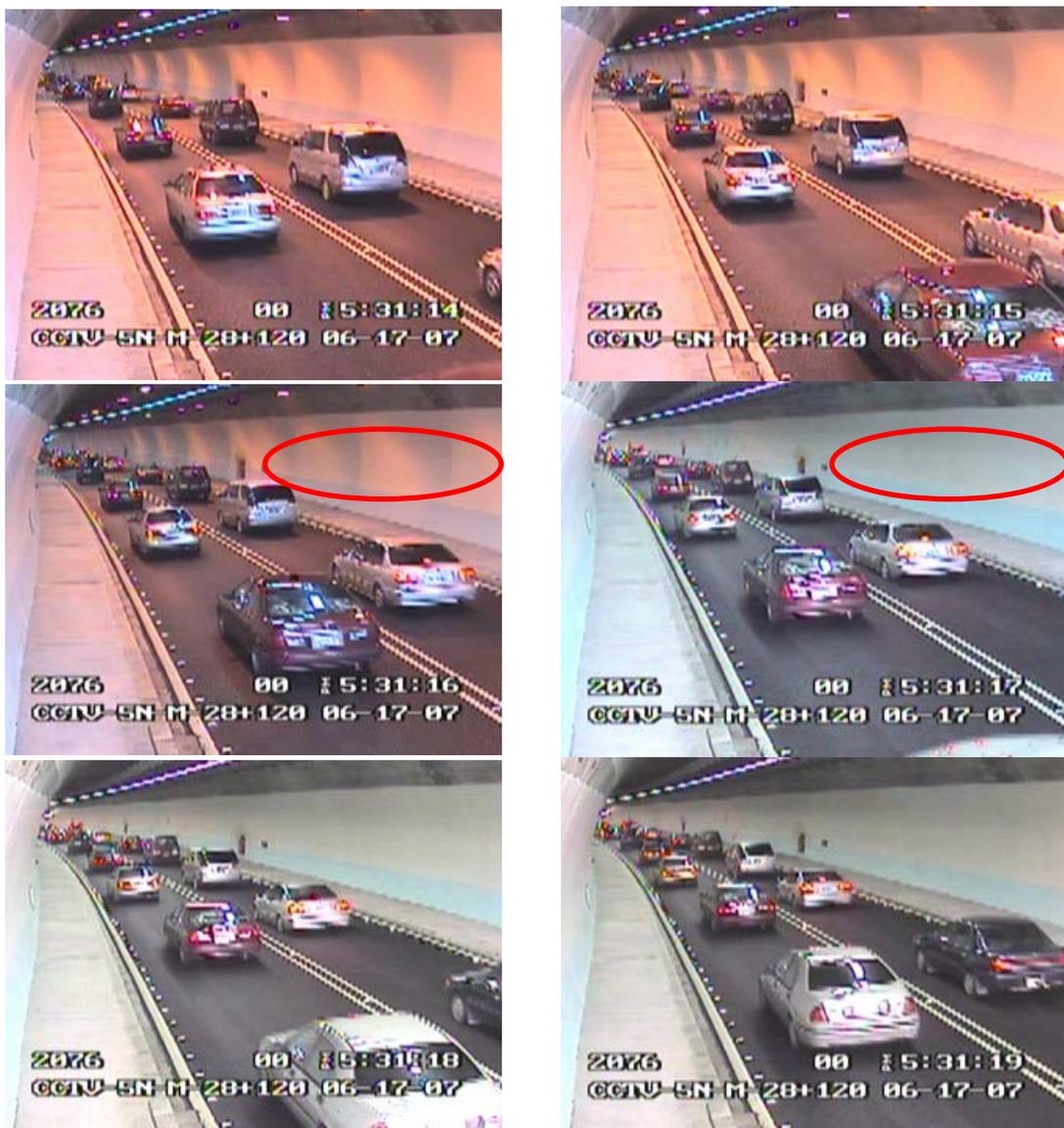


圖 5.2.1-3 隧道內燈光關閉狀況

針對上述說明有關燈光開啟/關閉造成的光線瞬間劇烈變化問題，本研究已經在背景更新演算法上增強，新增了整張背景補償修正方法，該方法可以克服這樣的狀況，相關演算法詳如第三章。

5.2.2 影像幅數(Frame)分析

本研究在各交控中心收集車輛偵測器的分析影帶時，發現各單位幾乎都已採用先進的數位化影像系統，數位化的影像系統由於調降了每秒中擷取的靜態影像張數(frame per second, FPS)，使其影像錄影時，其所需的硬碟空間大大的減少，因此有利於連續紀錄長時的交通影像。雖然調降 FPS 可以對硬碟空間有所節省，但卻不利於分析車輛行為。

為了展示 FPS 對連續影像中的影像，以下利用影像呈現其相互關係：

圖 5.2.2-1 是 FPS=1 的影像，即是每秒擷取一張所得的影像，其中圖 5.2.2-1(a)為第 12 秒的影像，圖 5.2.2-1(b)為第 13 秒的影像，由於第 12 秒與 13 秒之間已放棄其資訊，所以畫面中的黑色車輛會照成瞬間移動之錯覺，也由於其不連續性，所呈現的也視覺感受也較不自然。

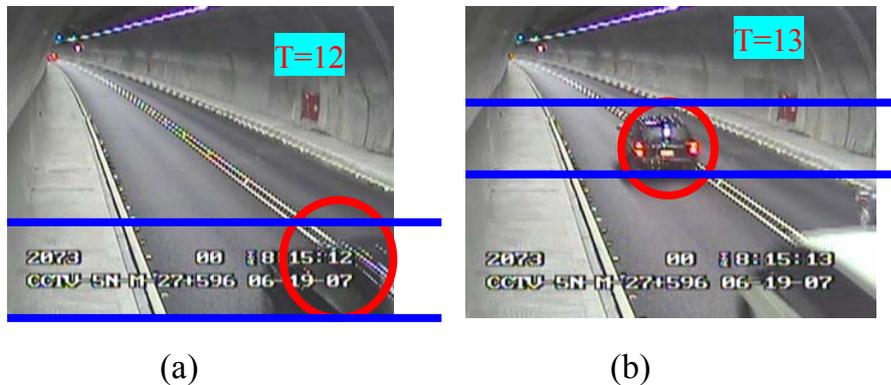


圖 5.2.2-1 FPS 為 1 之擷取影像

若調升 FPS 為 3，由於其資訊漸漸增多，如圖 5.2.2-2 所示，黑色車輛在連續影像的交疊漸增，也就是說，黑車在 FPS 為 3 的影像中的座標位置有所交疊，雖然仍極其不連續，但相對於 FPS 為 1 的影像，其瞬間移動的不適應性已得到些許的緩和。本研究的經驗提出在這個場景的影像每秒幅數以不低於 6 較佳。詳細分析說明請參閱 6.2.1 節說明。



圖 5.2.2-2 FPS 為 3 之擷取影像

5.3 事件分類

1. 車輛壅塞狀況

雪山隧道行車規定除了速度上限之外，車與車間距也必須維持 50m，即使在車流量大的狀況下，在南北兩側的入口處，仍不會有太嚴重的壅塞停滯情形發生，如圖 5.3-1 所示。在這樣的壅塞條件下，本研究研發之離型系統準確率將不受影響。



圖 5.3-1 隧道內壅塞狀況

2. 車輛變換車道

如圖 5.3-2 所示，一輛黑色轎車在隧道內任意變換車道，屬於

違規事件。系統中有對車輛行進軌跡進行追蹤與紀錄，利用追蹤的技術可以成功完成車輛變換車道之偵測。



圖 5.3-2 隧道內變換車道

3.車輛停止

車輛停止的狀況基本上有兩種，一種是發生碰撞事故，一種是車輛拋錨故障，針對系統而言，當車輛追蹤到某個定點之後，就不再動作，表示有事件發生，系統會自動偵測出這樣的狀況。通常這樣的情況，會伴隨著車輛變換車道的事件一起，因為車道寬度有限，只有 3.5m，若是一臺車輛停在道路上，該車道後方車輛想要通過必然要變換到隔壁車道才有辦法繼續前進。如圖 5.3-3 所示，

紅色標示的為無故停止車輛，藍色標示者為變換車道者。

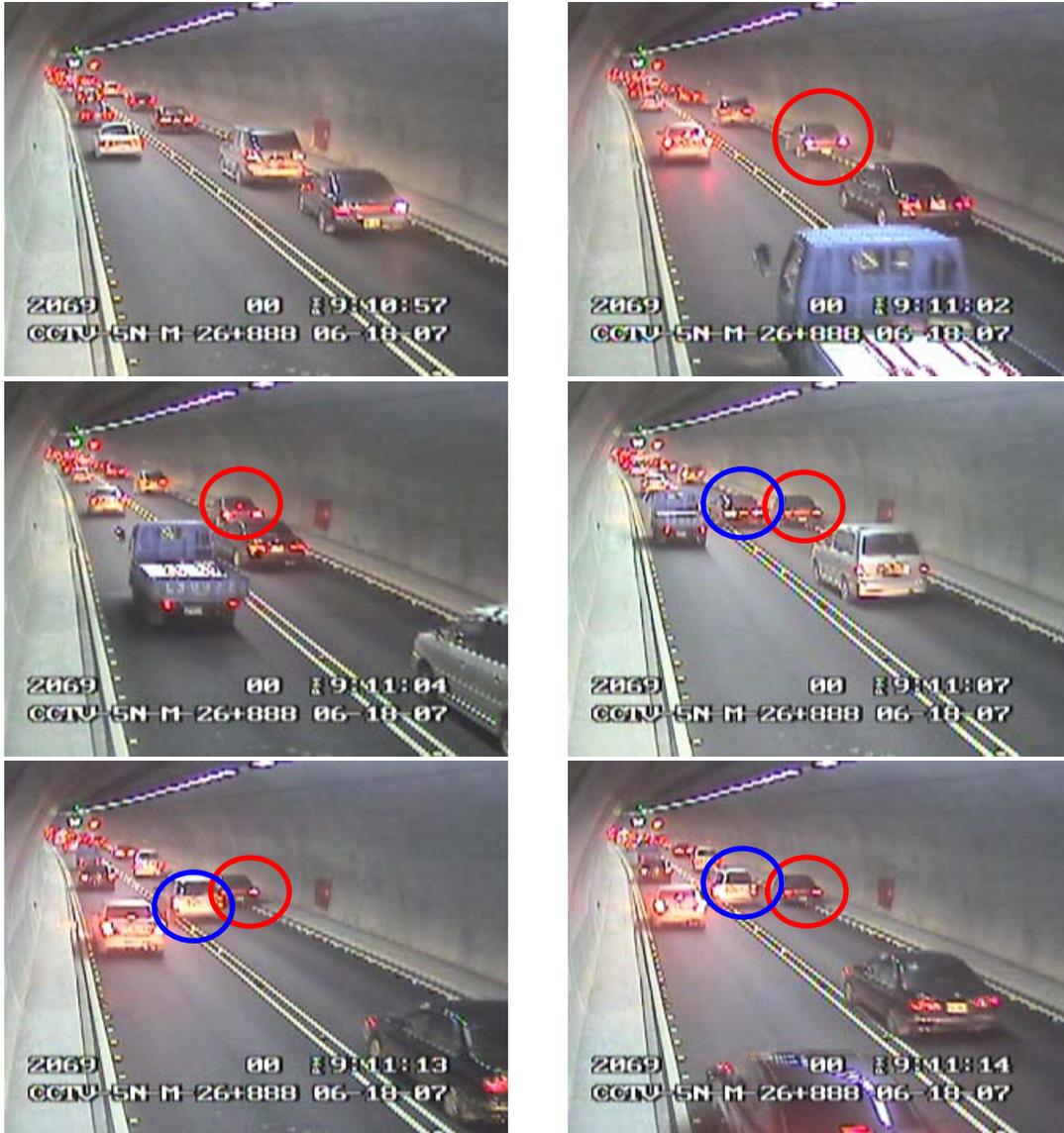


圖 5.3-3 隧道內無故停止

5.4 CCTV 整合系統之關鍵技術說明

本研究團隊以車輛偵測器演算法為主軸，將一般市區以及高快速公路的車輛偵測演算法，移植至雪山隧道及臺北市 CCTV 環境影像中，進行試作。由圖 5.4-1 可以觀察到，隧道內因為受到高度的限制，CCTV 攝影機架設的高度約只有一般市區或是高快速公路架設高度的一半以下，同時，攝影機拍攝的視角，是以路側位置往車輛行進方向拍攝，綜合以上兩個因素，先前章節提及之演算法，必須加以修正，以符合在隧道內車輛偵測之應用。

目前，雖然影像偵測之有效區域被限制於圖 5.4-1 所示區域內，下方主要受到內嵌在影像畫面中的攝影機參數副標題影響，包含了攝影機編號、日期、時間、路段等等，由於這些字樣，會影響到車輛偵測的準確率，同時，車輛在該區域中亦無法完整的顯示出來，因此，這塊區域將不列入偵測的區域。影像上端的區域，則是因為車輛顯示在影像畫面上的視覺面積相對太小，可觀察性很低，因此目前的偵測仍然是以圖 5.4-1 標示的偵測區域為準。



圖 5.4-1 CCTV 影像有效偵測區域示意

5.4.1 背景擷取

本小節針對沒有收到燈光影響的狀況進行試作，所選擇之 4 支攝影機背景收斂狀況如圖 5.4.1-1 至 5.4.1-8 所示。在這 4 支攝影機畫面中，我們選擇了兩種特性影像進行動態背景收斂，分別是車流量低以及車流量偏高的狀況進行背景擷取。由圖中可知，以本研究所發展之背景擷取其效果相當好，以這樣的背景接著進行車輛切割亦可得到良好的效果。唯雪山隧道內對於燈光有動態的控制，除了按照固定的時間開啟/關閉之外，還會考慮當時隧道內、外的光線輝度值等等其他條件，而決定燈光是否開啟 / 關閉。針對這個部份，本研究已經可以克服這個瞬間光線變化，解決的辦法詳述於第三章。

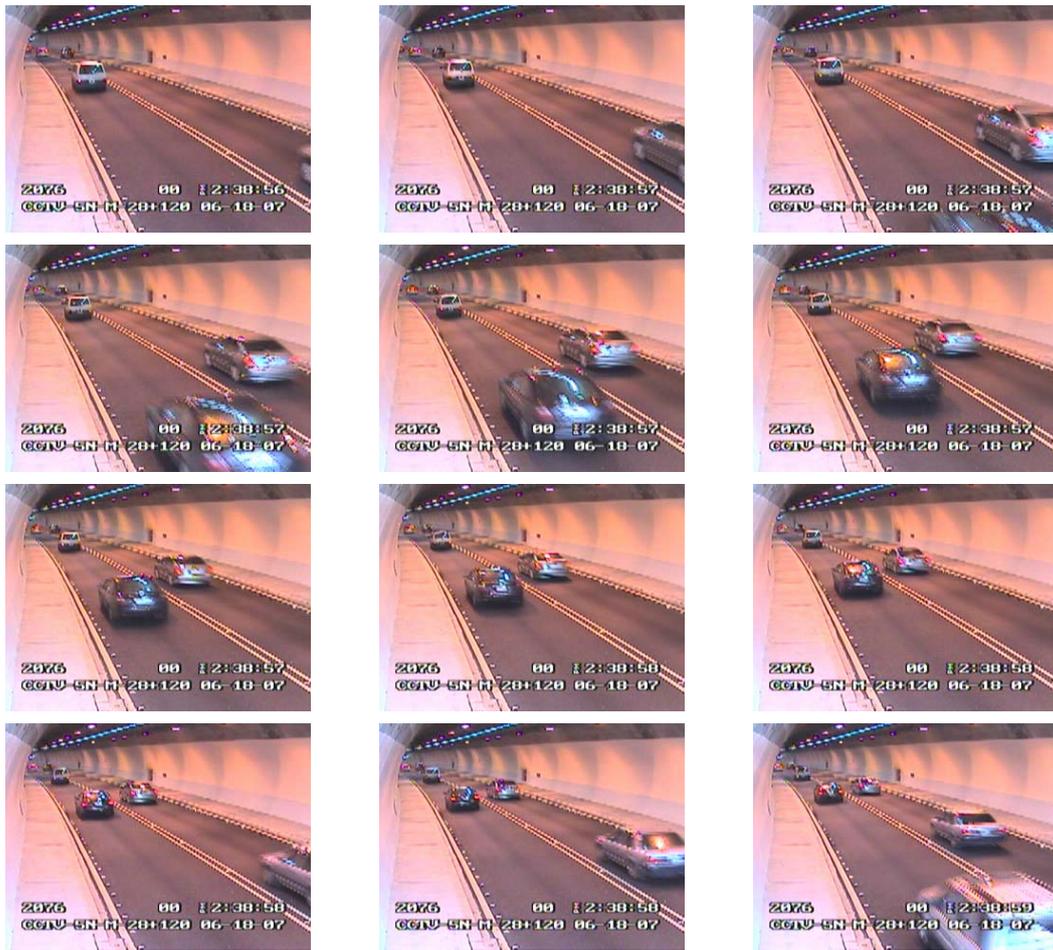


圖 5.4.1-1 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機連續影像



圖 5.4.1-2 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像



圖 5.4.1-3 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機連續影像



圖 5.4.1-4 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像

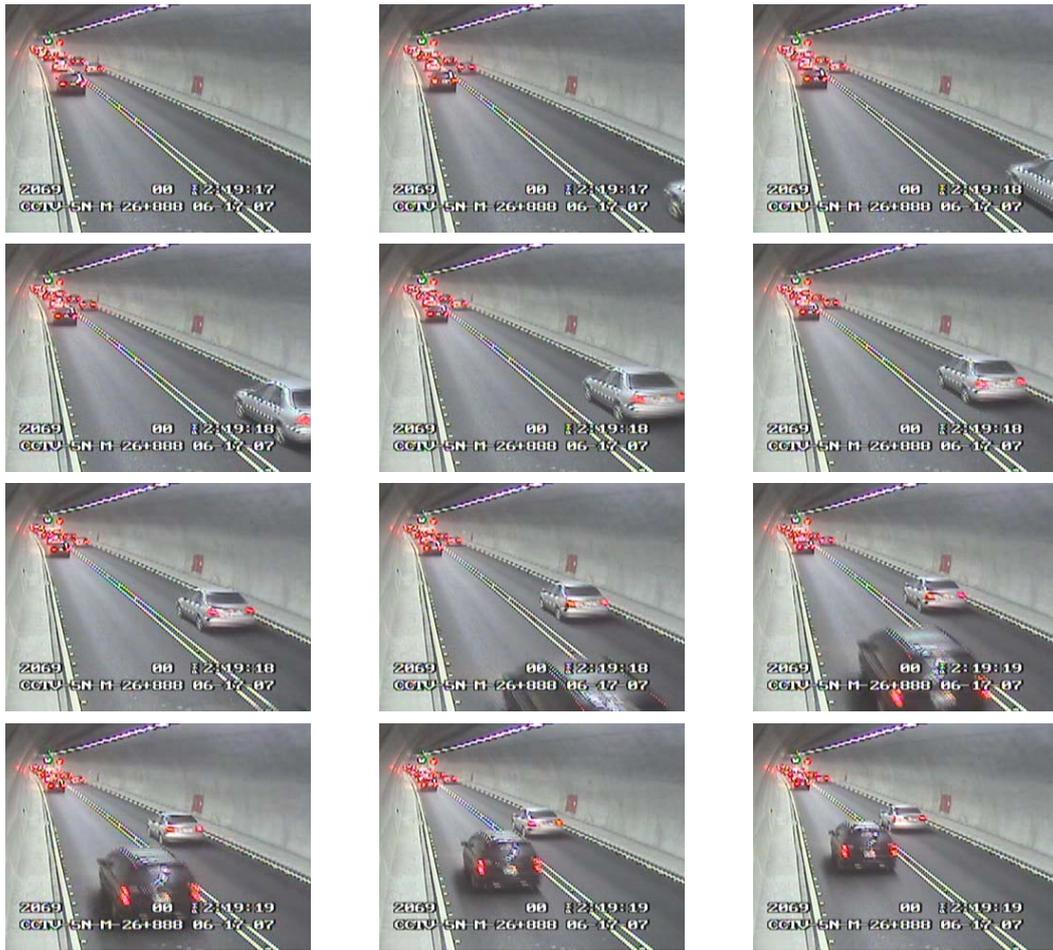


圖 5.4.1-5 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機連續影像



圖 5.4.1-6 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像

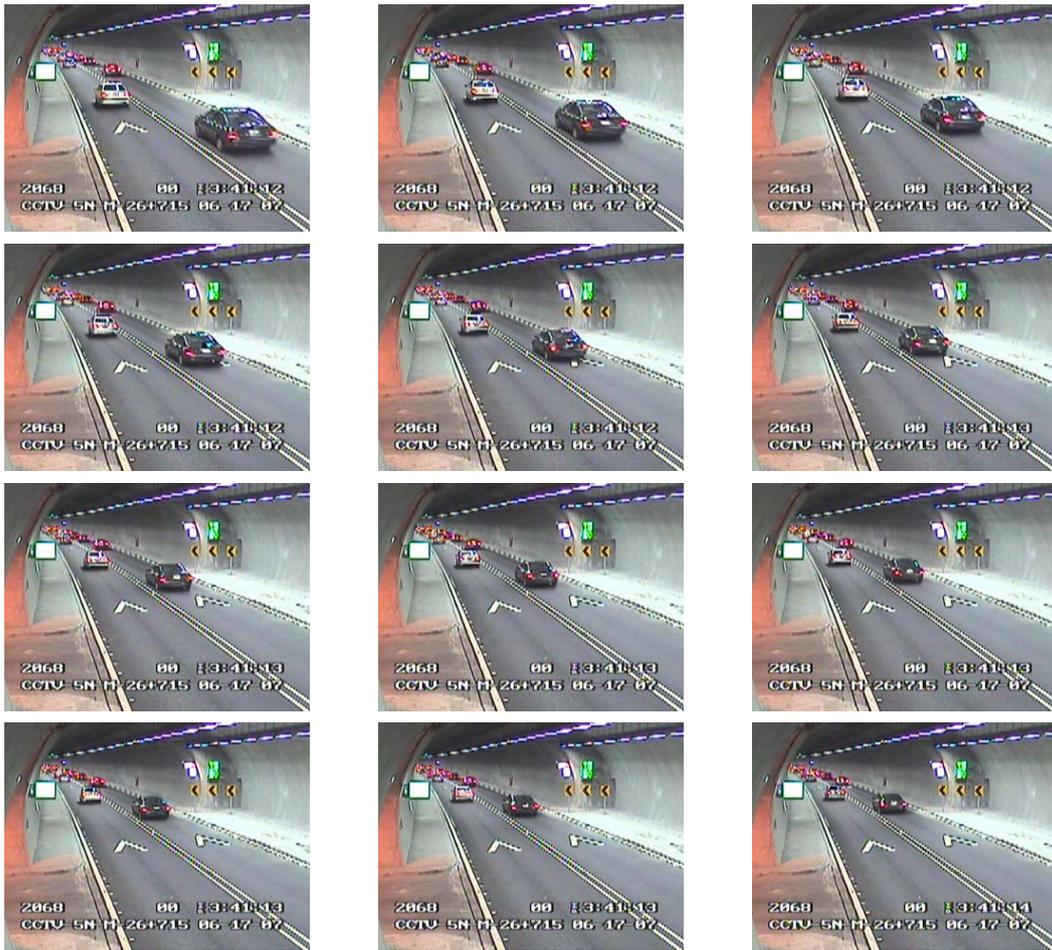


圖 5.4.1-7 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機連續影像



圖 5.4.1-8 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機收斂的背景影像

5.4.2 車輛切割

為使移動物件可以在畫面中被分離，本研究採用背景相減法切割出移動物件，假設在第 (i, j) 位置的背景影像為 $B(i, j)$ ，該時刻所擷取的影像為 $I(i, j)$ ，則所切割二值化影像定義為：

$$S(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } |B(i, j) - I(i, j)| > TH \\ 1, & \text{o.w} \end{cases} \quad \text{式 5.4.2-1}$$

其中，TH 為切割物件的門檻值，當 TH 過低時，會切割出較多雜訊；當 TH 過高時，則被判定成移動物件的門檻值過高，容易被切割出破碎的物件。因此，TH 必須由不同的場景中分析出最佳的經驗值。圖 5.4.2-1 至圖 5.4.2-4 顯示在雪山隧道中不同路段所做車輛切割的二值化平面圖，右圖為原始影像，左圖為切割影像：



圖 5.4.2-1 雪山隧道編號第 2076 支 CCTV 攝影機物件切割成果

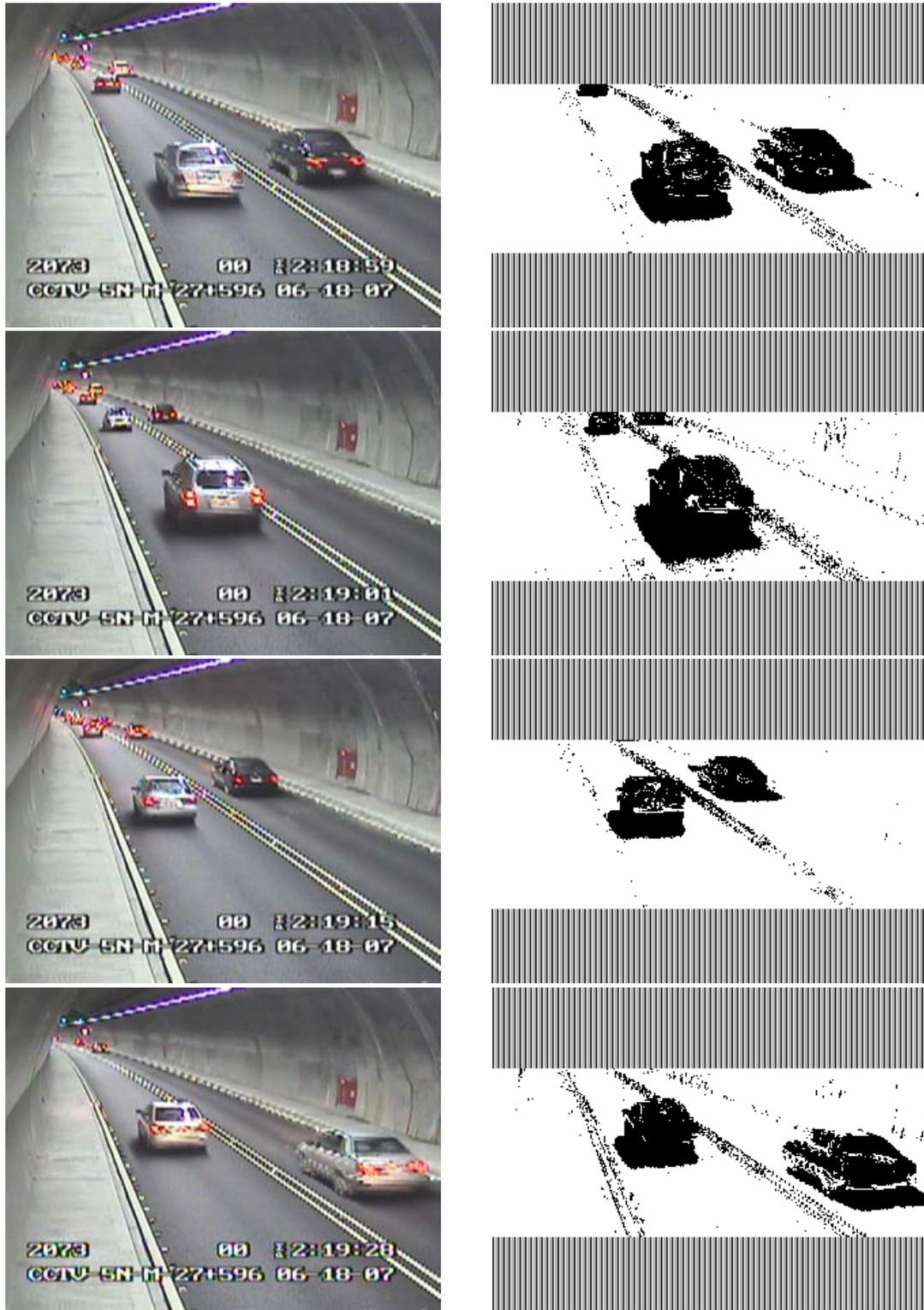


圖 5.4.2-2 雪山隧道編號第 2073 支 CCTV 攝影機物件切割成果

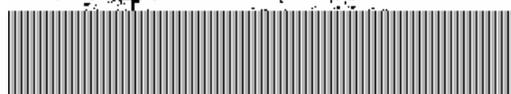
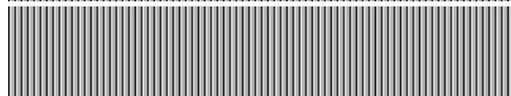
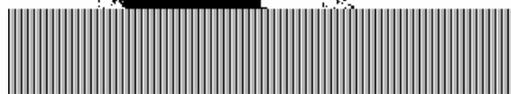
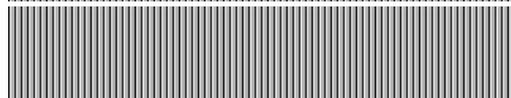
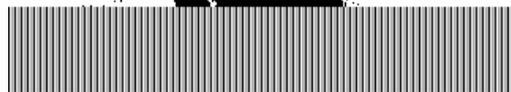
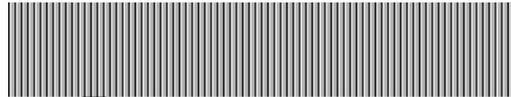
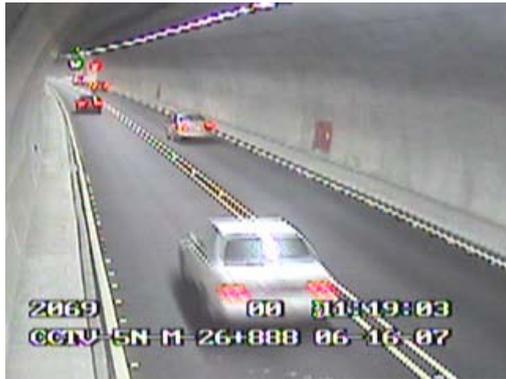
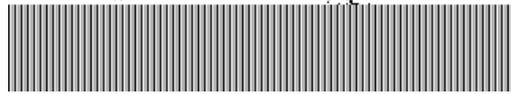
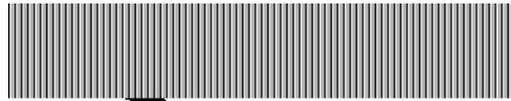


圖 5.4.2-3 雪山隧道編號第 2069 支 CCTV 攝影機物件切割成果

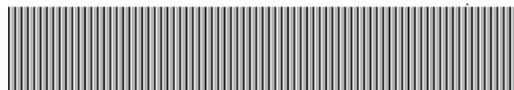
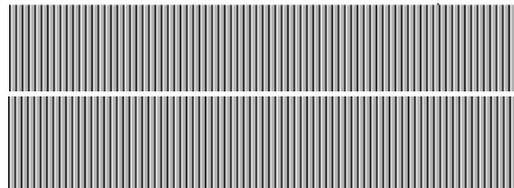
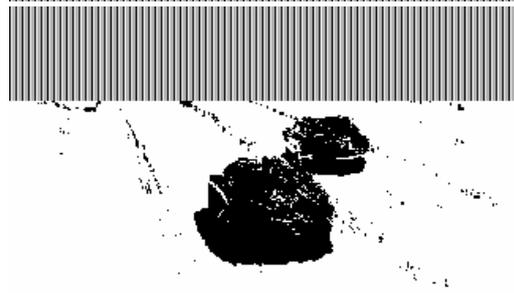
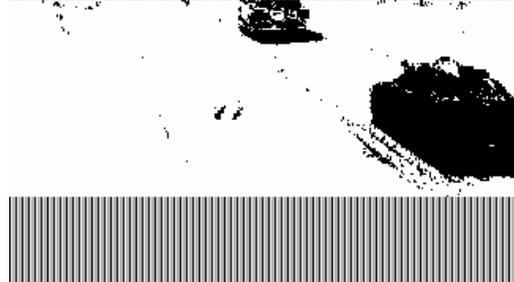
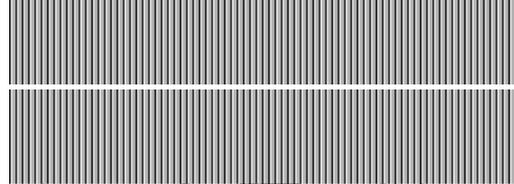
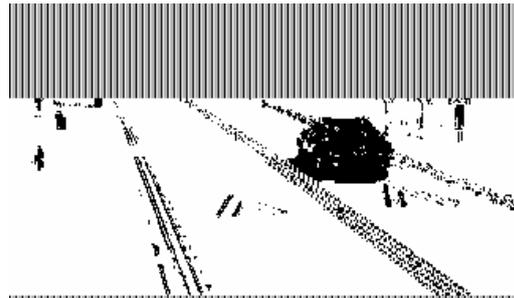


圖 5.4.2-4 雪山隧道編號第 2068 支 CCTV 攝影機物件切割成果

5.4.3 車輛偵測

整合 CCTV 影像之車輛偵測器在車輛偵測部分，仍舊是以連通物件為基礎，但由於系統可以進行自動車道線偵測，在不同環境與其視角的變異中，可以利用車道寬度對車輛視覺寬度修正，維持離型系統之偵測準確率。



圖 5.4.3-1 雪山隧道編號 2069 攝影機車輛偵測影像

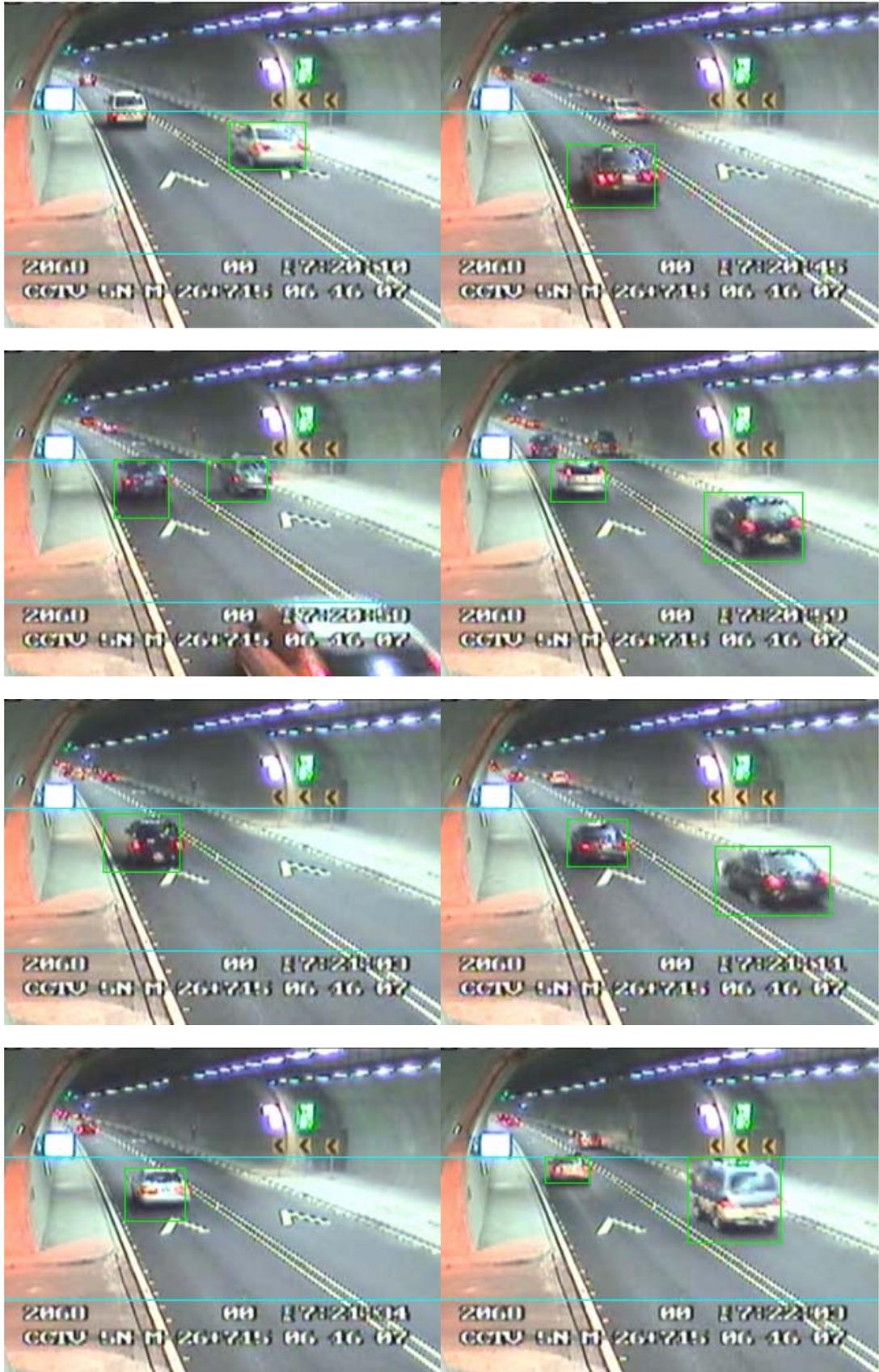


圖 5.4.3-2 雪山隧道編號 2068 攝影機車輛偵測影像

5.4.4 車輛追蹤

在車輛偵測的演算法中，有時會因為光線干擾或車輛互相遮蔽，導致車輛的追蹤路徑發生錯誤結果。為了確保車輛在每張影像中所追蹤到的軌跡是合理的，可以參考下述追蹤輔助校正的結果，以求得車輛行進正確的軌跡。

追蹤輔助校正，是利用車輛持續在車道上行走，並沿著車道方向往消失點前進，進行水平方向校正，並利用起始位置與現在車輛所在位置，搭配車輛在影像中行走的速度，進行垂直方向校正。

1. 垂直方向校正：

當車輛進入追蹤後，可以得到起始點位置 y_0 、現在位置 y_n 、過去位置 y_{n-1} 、前一時刻的移動向量 $(y_n - y_{n-1})$ ，如圖 5.4.4-1 所示，垂直方向校正主要是獲得下一時刻的可能位置 y_{n+1} ，及下一時刻的移動向量 $(y_{n+1} - y_n)$ 。由於車輛是往影像深處走，因此，可以滿足不等式 $y_1 - y_0 \geq y_2 - y_1 \geq \dots \geq y_{n+1} - y_n$ ，重新安排不等式的位置，可以得到式 5.4.4-1。

$$\begin{cases} y_1 - y_0 \geq y_{n+1} - y_n \\ y_2 - y_1 \geq y_{n+1} - y_n \\ \vdots \\ y_{n-1} - y_{n-2} \geq y_{n+1} - y_n \\ y_n - y_{n-1} \geq y_{n+1} - y_n \end{cases} \quad \text{式 5.4.4-1}$$

累加式中所有的不等式，可以得到式 5.4.4-2。

$$y_{n+1} - y_n \leq \frac{1}{N}(y_n - y_0) \quad \text{式 5.4.4-2}$$

由式 5.4.4-2 中可得，車輛在下一張影像中所會移動的位置，最多不超過起始點與現在位置所構成的向量平均，其中 N 為經過的影像張數。當 N 越大，表示車輛在畫面中停留越久，速度越慢，下一步的移動向量也就跟著越小。



圖 5.4.4-1 垂直軌跡示意圖

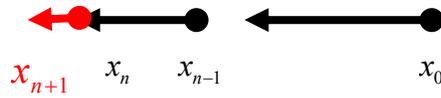


圖 5.4.4-2 水平軌跡示意圖

2. 水平軌跡校正：

水平軌跡，如圖 5.4.4-2，其校正是要將軌跡的水平方向校正往消失點方向前進，如圖 5.4.4-3 所示，其中綠色為錯誤軌跡方向，藍色為校正後的正確軌跡方向，紅色圓點為消失點。



圖 5.4.4-3 水平校正示意圖

假設消失點位置在 (d_x, d_y) ，所以正確軌跡斜率為

$$m = \frac{d_y - y_0}{d_x - x_0}$$

，其中 x_0 和 y_0 為起始點位置，取經過垂直校正的向量

$(y_{n+1}-y_n)$ ，可以得到必須校正的水平向量為 $(x_{n+1}-x_n) = k \frac{y_{n+1}-y_n}{m}$ ，其中 k 與現在位置 x_n 有關，若 $x_n < d_n$ ，則 $k=1$ ，即是將 x_n 向右校正；反之，則 $k=-1$ ，即是將 x_n 向左校正到消失點的方向上。

向量經過水平及垂直校正後，可以得到較正確的預測向量，且會是往消失點方向前進的向量，利用此向量，在下一張影像若發現搜尋到的物件與原來物件有很大的差異，可以直接套用此輔助校正的結果，避免讓軌跡往不該前進的方向移動，其結果如圖 5.4.4-4 與圖 5.4.4-5。

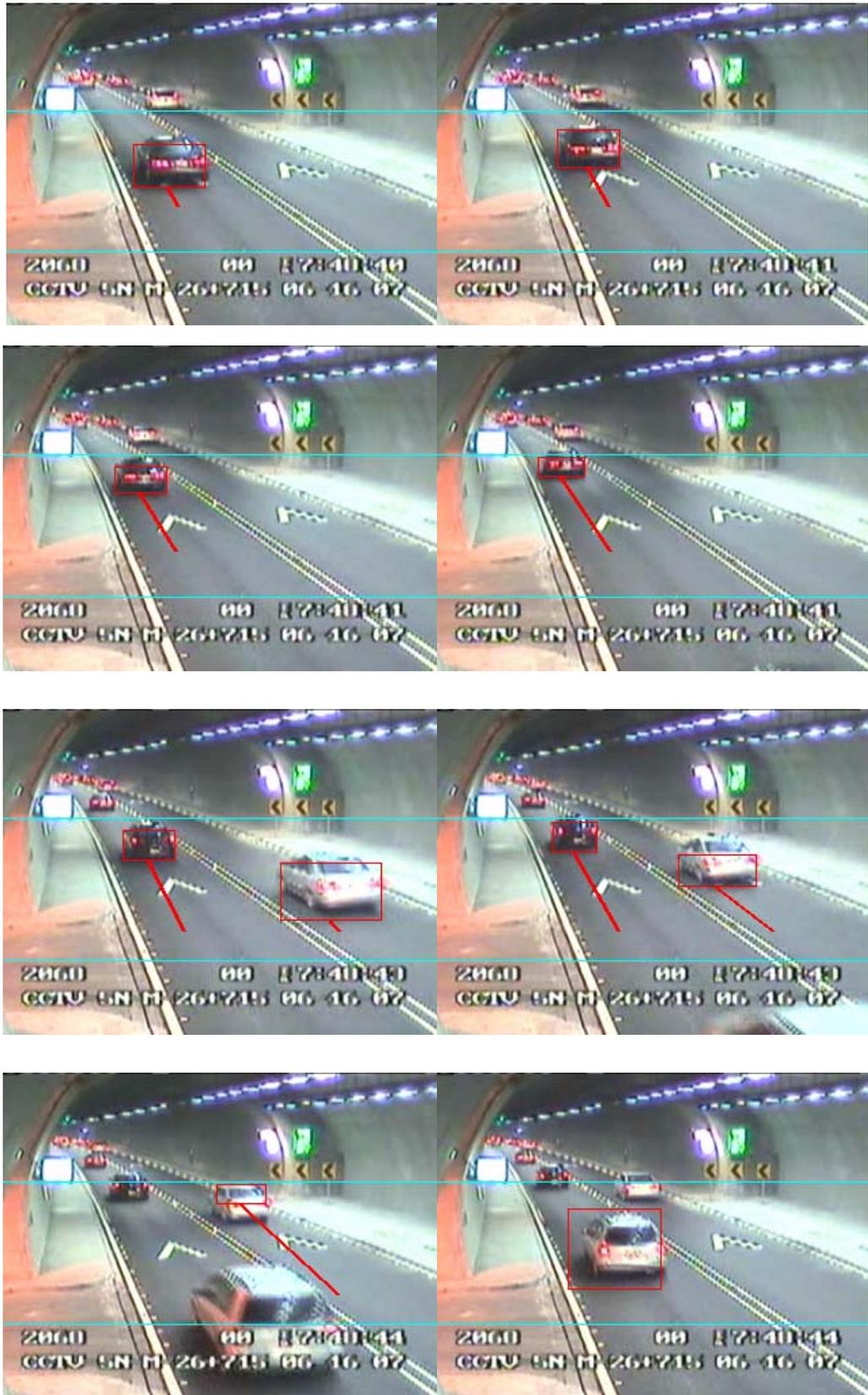


圖 5.4.4-4 雪山隧道編號 2068 攝影機連續影像車輛追蹤



圖 5.4.4-5 雪山隧道編號 2069 攝影機連續影像車輛追蹤

5.4.5 車輛壅塞

在隧道內，偶爾會因為連續假期或隧道內的交通事故，導致車輛在隧道內外發生回堵的情形，照成隧道內的行車順暢大受影響。當車輛發生壅塞的情形時，主要的特徵是車輛的行車速度下降，然而此車速下降的特徵，是發生在所有的車輛上，並不適合因為單一車輛的車速下降，就直接判定為壅塞警示，若是如此，則容易對單一的慢速車輛發生誤判。

對於畫面中每一臺進入追蹤程序的車輛，取其行車速度的特徵，並對多臺車輛的車速進行平均，若平均值落在所給定的最低容忍車速之下，則壅塞警示發生。對於處理影像序列中的精確車輛速度，必須套用攝影機的數學模型進行影像座標與真實世界座標的轉化，在演算法中需要加入比較大量的數學計算，容易讓整體的演算效能下降。然而，對此複雜的座標轉換，其實可以利用車輛在畫面所累積的影像張數取代，當車輛在畫面中所佔有的張數越多，可以正比於車輛速度越低，若佔有的畫面越少，表示車輛很快的離開畫面，可類推為車速越高。因此，壅塞警示的判定，可以利用佔有的畫面數，取代計算較複雜的車輛速度，當不同車輛平均在畫面中佔有很大比例的張數，則發生壅塞警示。

除了利用同一車輛所佔有畫面總數，也可以利用不同車輛在畫面中的佔有率進行分析，如式 5.4.5-1 所示，

$$\lambda = \frac{f}{n} \quad \text{式 5.4.5-1}$$

其中 λ 為畫面中車輛的佔有率， f 為切割出前景總點數， n 為畫面中車道區域的總點數，利用上式在連續幾個測試點中，當 λ 一直超過了最低可容忍的的佔有率時，則推論為可能的壅塞現象，搭配前述特徵，發出壅塞警示的訊息。

5.4.6 變換車道

車輛在隧道內行進時，是不被允許任意變換車道的。變換車道

的偵測演算法設計，是以參考車輛在隧道內行進的追蹤軌跡為主要特徵，搭配系統自動偵測車道線位置的能力，因此，必須要在車輛軌跡中加入起始點的起始車道特徵。當跨越車道線 L 且其方程式為 $y-(ax+b)=0$ 時，利用式 5.4.6-1 可以描述車輛跨越車道的行為：

$$L: y-(ax+b)=0$$

$$C(n) = \begin{cases} 1, & \text{if } y_n-(ax_n+b) \geq 0 \\ -1, & \text{if } y_n-(ax_n+b) < 0 \end{cases} \quad \text{式 5.4.6-1}$$

利用式 5.4.6-1 描述車道線與車輛行為之關係，其中參數 n 表示某車輛在第 n 時間所在的位置，其追蹤參考點為 (x_n, y_n) ，如果符合特性方程式 $H: c(n) \neq c(0)$ ，則有車道跨越行為發生。

若以雪山隧道的場景為例，畫面中共有三條車道線 L_1 、 L_2 和 L_3 ，如圖 5.4.6-1 所示，其現在車輛所在位置 (x_n, y_n) 與所在車道位置可以用 $C_1(n)$ 、 $C_2(n)$ 和 $C_3(n)$ 表示，因此，當車輛跨越 L_2 時，考慮 L_1 與 L_3 時，會不符合其特徵，如式 5.4.6-2，但並不表示變換車道事件不成立：

$$\begin{cases} H_1: C_1(n) = C_1(0) \\ H_2: C_2(n) \neq C_2(0) \\ H_3: C_3(n) = C_3(0) \end{cases} \quad \text{式 5.4.6-2}$$

所以，針對多車道的變換車道事件特徵，必須修改其特性方程式如式 5.4.6-3 所示，其中 m 為車道線數。式 5.4.6-3 即是對每一條車道線的特性方程式 H 取其聯集，並利用此特徵，對變換車道車輛進行警示。

$$\bigcup_m (H_m \text{ is true}) \quad \text{式 5.4.6-3}$$

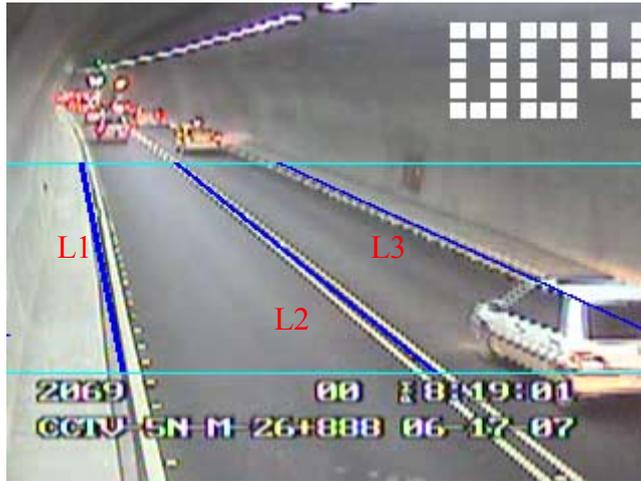


圖 5.4.6-1 車道線分布示意圖

5.4.7 掉落物事件

掉落物事件在本研究所獲得的長時影像資料中並未獲得，因此，在此無法對調落物事件進行最真實特性的描述。不過本研究針對掉落物影像特性做了以下分析。

在長隧道中，若車輛不甚有掉落物落入，會在物件切割上出現一塊不是車輛的前景，此掉落物造成的前景可能會因為與車輛位置的分布關係被視為不同的物件。若掉落物與車輛位置相當接近，演算法會認為是車輛本體的一部分，並認為該前景可能是因為車輛切割過度破碎所造成，所以，必須要等車輛與掉落物漸漸分開，掉落物的特徵才會慢慢出現。若掉落物沒有落入複雜的車群中，可以清楚地看見掉落物位置，並與車輛保持一定的距離，則此掉落物會被演算法歸納成未知的物件，但此未知的物件只是屬於掉落物的候選人之一。為了更確認是掉落物的可能性，之後所擷取的影像會對此掉落物的所在位置進行追蹤，若幾個畫面過後，該掉落物從畫面中消失，該未知的物件的可能是畫面上的雜訊所造成，或是因為切割出的車體較破碎，因而照成暫時辨識為可能的掉落物。若該未知的物件一直持續在畫面中，則對該未知的物件進行邊緣的特徵分析，假設掉落物為紙箱、鐵籠或其他物件等，該物件會在其邊緣存在水平及垂直的特徵，利用檢查其邊緣的密度，確認該前景的確存在某個物件，而不是畫面因光線的變化所造成的切割錯誤。當掉落物滿足在畫面持續的被切割出前

景物件，且其邊緣滿足所給定的特徵，則對該掉落物發出警示功能，讓相關監控人員得知其訊息。

上述為利用模擬進行的掉落物特性分析，然而，與真實的掉落物事件存在某些差異，仍是需要真實的事件樣本進行上述特性的測試與驗證，並對演算法進行修正，以利演算法可以處理掉落物的發生。

5.4.8 靜止車輛

在隧道中，用路人因突發狀況在隧道中異常停止，若是落入本系統的監控範圍，其反映在追蹤的特徵上，因為其落入監控區域，所以滿足起始點之特徵，但因為停止在監控範圍內，所以其結束點無法取得，且每次追蹤參考點 \bar{x}_n 與起始點 \bar{x}_0 之間的距離 $|\bar{d}_n|$ 保持在極小的範圍間擺動，

$$\begin{aligned}\bar{d}_n &= \bar{x}_n - \bar{x}_0 \\ |\bar{d}_n| &= |\bar{x}_n - \bar{x}_0| \\ |\Delta\bar{d}_k| &= \left| |\bar{d}_{n+k}| - |\bar{d}_n| \right|\end{aligned}\quad \text{式 5.4.8-1}$$

其中k若取1，則是計算前後兩張連續影像之間距離的差，但若車速過低，則容易在車行距離的變化上無法突顯其特徵。因此K會選擇大於1的值，並以車行速度動態調整。靜止車輛的特徵符合時，即每次參考點與起始點之間的距離只會作些微的變化，即 $-\delta < \text{mean}\{|\Delta\bar{d}_k|\} < \delta, \delta \rightarrow 0$ 。

當車輛在車流較大的環境中停止時，車輛的行為會有較大的改變，當前車逐漸變慢駛向側邊並打方向燈時，表示可能有事件發生，後車會尾隨著出現超越前車的行為，當該車輛確認停止於道路側邊時，後方車輛會逐漸進行超越的動作。針對上述行為，並須對車輛偵測的演算法進行調整，當車行軌跡發生異常狀況並駛向路邊時，必須立即進入事件監控模式，事件監控模式的車輛偵測中，為了避免後方車輛超越行為改變了事件車輛該有的軌跡，會先針對可能是停止車輛事件的車輛進行搜尋，即使因為後方車輛超越並產生對事件車輛的遮蔽，事件監控中仍會保留事件車輛的位置，待車輛超越後繼續進行搜尋，當滿足上述的車輛停止特徵，則發生靜止車輛警示的訊息。

5.5 影像式車輛辨識系統整合於臺北市 CCTV 之試作分析

從試作的過程中，因為 CCTV 系統本身就有任務在身，交控中心人員隨時會依照需求，轉動攝影機拍攝角度，因此，長時間的統計較難完成。因此，我們在每個小時，各抽樣 5 分鐘進行偵測準確率的統計，如表 5.5-1 所示。偵測成果如圖 5.5-1 所示，由圖中可知本團隊所研發的車輛偵測器仍然是可以運作的，唯從實驗數據可以得知，第 4 車道的車輛偵測率都偏低，主要的原因是因為攝影機角度過大，使得第 4 車道在影像中過於歪斜且太遠，車輛在影像中也變得較小，偵測區域變短，容易發生兩車交疊與大小車遮蔽的現象，會嚴重的影響偵測率，其餘的車道都能維持一定的準確率，但是還有待改進，加上因為下雨以及燈光的影响非常劇烈，這是未來要繼續努力的課題之一。

表 5.5-1 影像式車輛辨識系統整合於臺北市 CCTV 之試作分析

	第 1 車道	地 2 車道	第 3 車道	第 4 車道
10:21	98/121 (80.99%)	105/124 (84.68%)	67/79 (84.81%)	51/89 57.30%
11:21	134/169 (79.28%)	142/175 (81.14%)	97/115 (84.34%)	72/123 (58.53%)
13:21	81/110 (73.64%)	75/101 (74.25%)	40/59 (67.80%)	47/78 (60.26%)
14:21	102/122 (83.70%)	107/130 (81.96%)	67/84 (79.76%)	58/98 (59.35%)
15:21	114/136 (83.82%)	132/155 (85.16%)	55/70 (78.57%)	31/63 (49.20%)
16:21	131/192 (68.34%)	140/213 (65.91%)	89/137 (65.28%)	73/154 (47.40%)

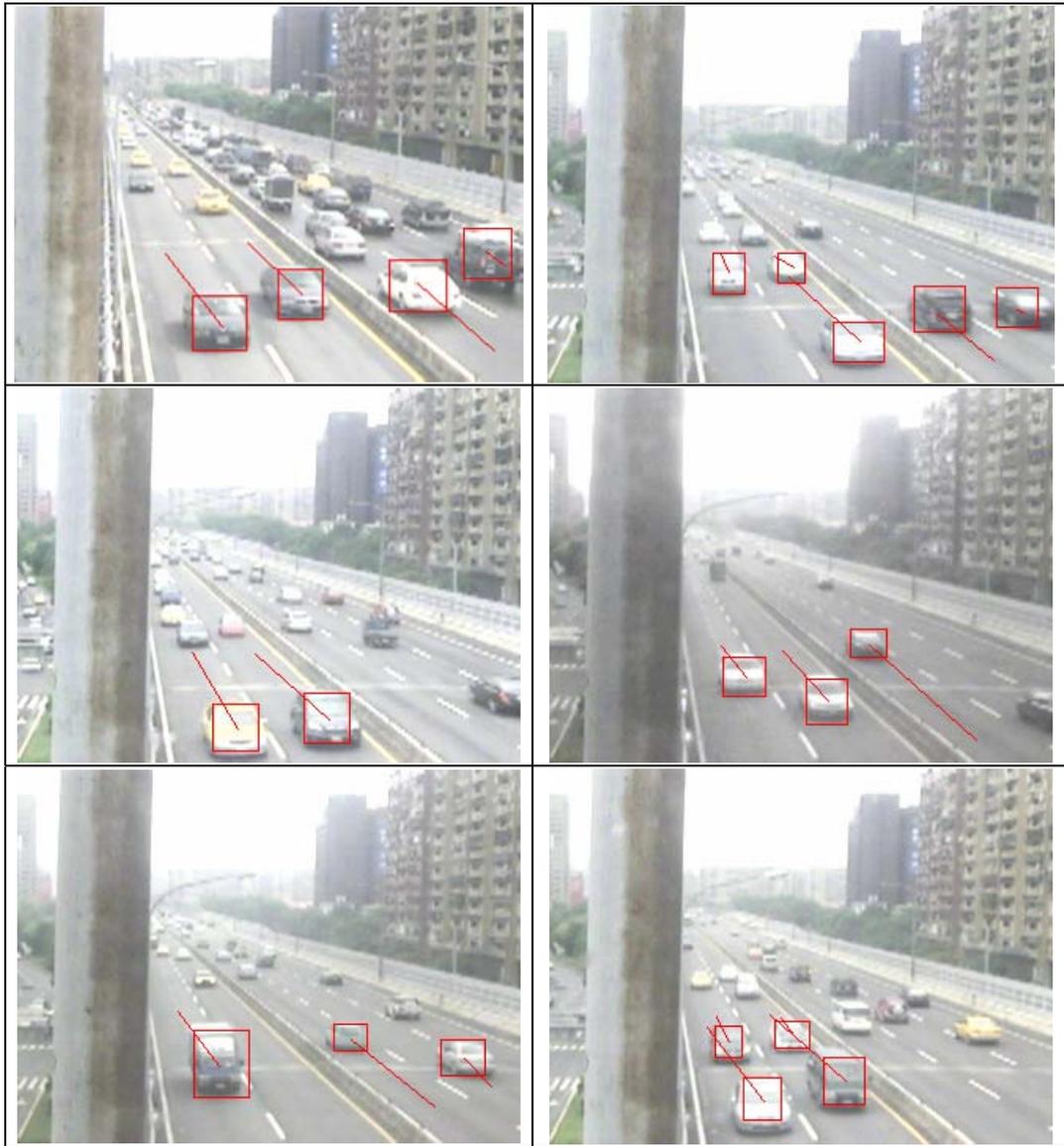


圖 5.5-1 臺北市建國高架橋信義路段 CCTV 影像試作成果

5.6 事件偵測實測分析

在原始車輛偵測模組中，在交通參數的擷取上，並未對異常的車行路徑做分析，導致系統無法即時的對事件進行警示與處理，原始的流程圖如圖 5.6-1 所示。

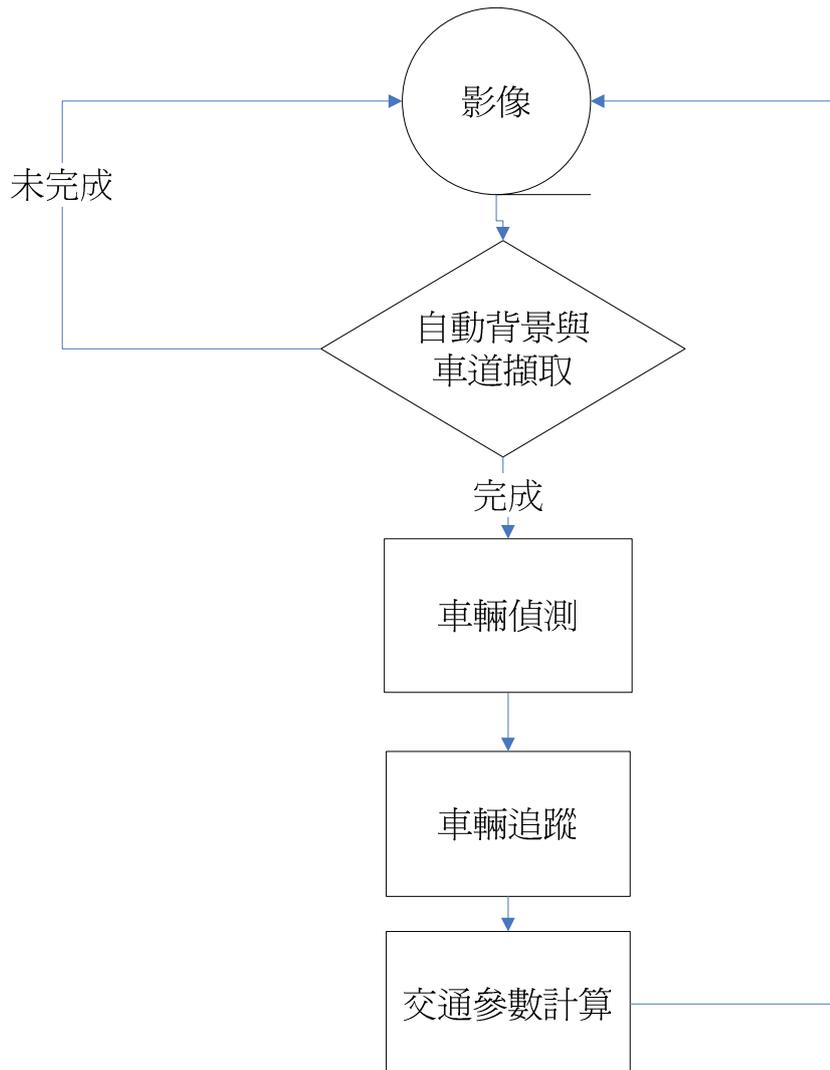


圖 5.6-1 無事件之原始車輛偵測流程圖

考量全方位事件偵測的演算法，必須重新修正擁有事件警示功能的車輛偵測器流程圖如圖 5.6-2，其中對於每一種類的事件以獨立單元模組表示，以利整合於車輛偵測器單元之中。

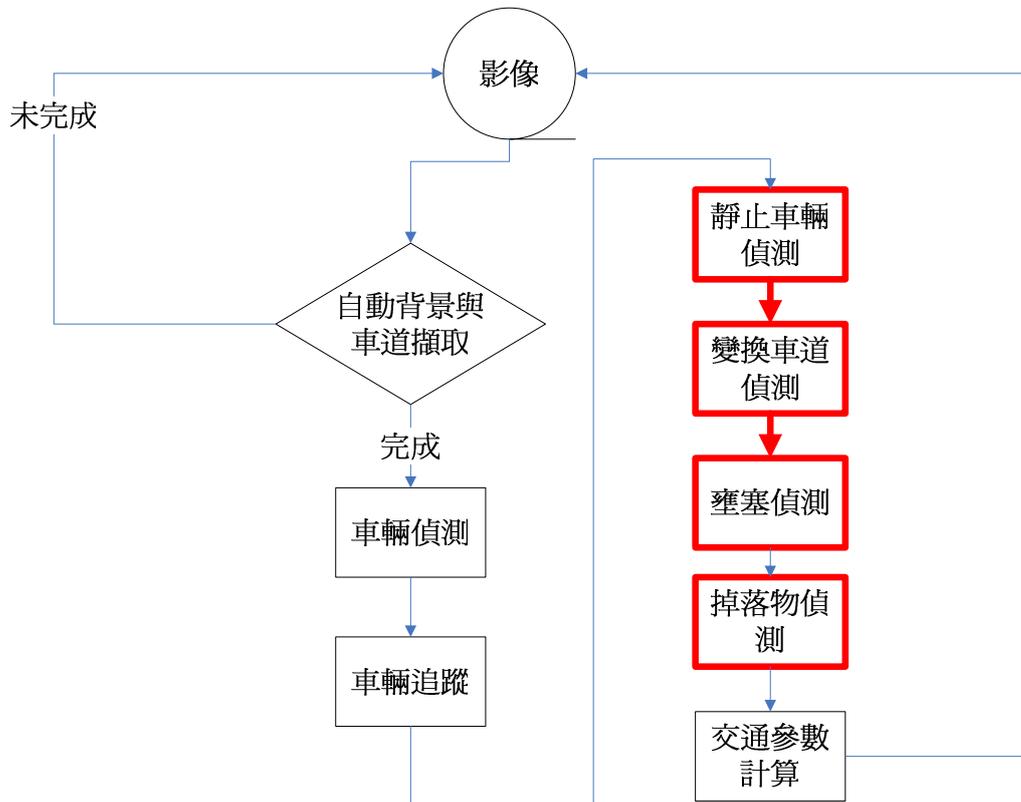


圖 5.6-2 事件警示車輛偵測流程圖

1. 靜止車輛

當所偵測到之車輛緩慢下來，會以綠色框框標示，當該車停止或是極緩慢超過 1 秒鐘，我們立即發出警示訊號，並且以紅色框框表示之，如圖 5.6-3 所示，系統可以成功偵測靜止車輛。



圖 5.6-3 連續影像靜止車輛偵測

2. 變換車道

如圖 5.6-4 與 5.6-5 所示，在偵測區域內完成車輛偵測之車輛同時，在偵測區域中完成車道變換的車輛，被視為一違規變換車道之車輛。

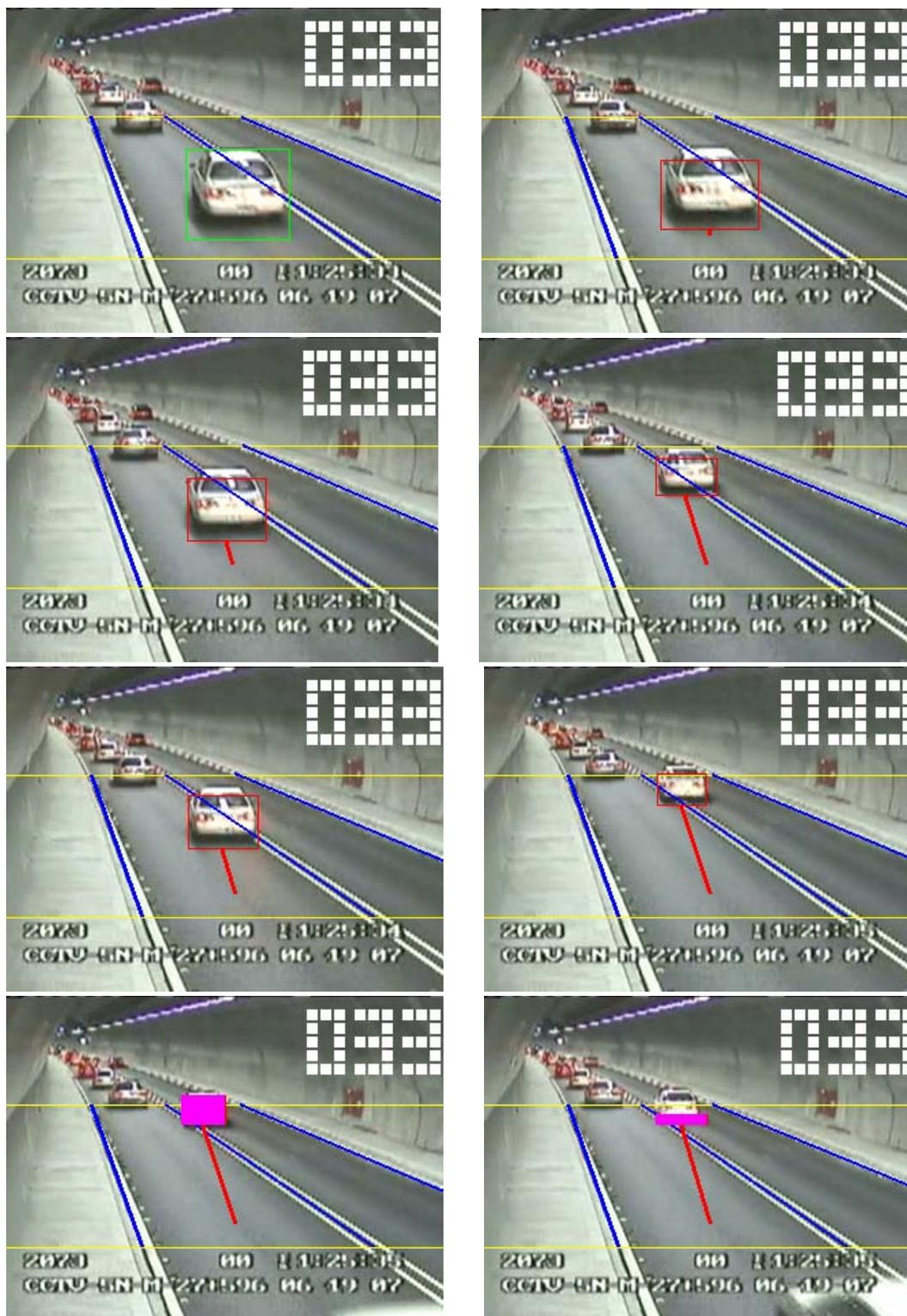


圖 5.6-4 連續影像之變換車道



圖 5.6-5 連續影像之變換車道

5.7 結語

雪山隧道 CCTV 事件偵測器的研究中，本研究目前所遇到最大的困難是無法取得足夠的有效樣本進行試作與分析，僅從所取得的極少數事件進行開發，因此，在事件特性的考量上，會有其盲點存在。本研究目前完成偵測之事件類別包含：a.靜止車輛、b.變換車道、c.壅塞警示、d.掉落物偵測。

其中，靜止車輛及變換車道如前面章節所述。在壅塞警示的試作中，由於雪山隧道規定隧道內的行車間距必須保持在 50 公尺以上，大約是兩個紅色消防箱的距離，如圖 5.7-1 所示，會發生壅塞的部份，大部分都只在隧道口，進入隧道後，用路人會漸漸與前車拉開其距離，因此在此暫不進行試作。關於掉落物事件的研究中，由於所錄製的影像並無發現掉落物，因此無法進行掉落物事件的有效評估與試作。而有關靜止車輛部分之試作(如 5.6.1 節)在有效偵測區域內可以被成功偵測。變換車道部分(如 5.6.2 節)，在有效偵測區域內開始變換車道並且完成變換車道者，同樣可以被成功偵測。後續可以在上述案例之試作經驗上，持續進行長時間之實作，以瞭解系統功能之實用性，進而調整系統功能。



圖 5.7-1 車輛間距示意圖

第六章 系統建置及實際運作

整體架構

本研究所需研發及試作的內容包含影像式車輛偵測器之研發，及影像辨識演算法直接整合於既有交通管理單位 CCTV 之可行性及實際試作，相關成果及測試數據已於前面章節加以說明，以下則就其系統建置之建議歸納整理如后。

6.1 影像式車輛偵測器建置規範建議

由於車輛偵測器硬體本身的建置較具彈性，因此從攝影機到車輛偵測器運算中心，乃至於到攝影機的架設位置，往往會因各單位需求及目的之差異，而有不同的架設考量。國內目前尚未針對影像式車輛偵測器的建置進行規範，以國外許多類似產品為例，其因演算法與功能組合之差異，對於建置會有所限制。本研究團隊經過 3 年的研究，參考團隊過去經驗，提供系統建置需要考量的因素，以利未來相關建置規範制定的參考。

本研究開發之影像式偵測系統，其主要精神在於改良演算法去適應不同攝影機架設條件，而非以攝影機架設條件來配合演算法，因此目前研究團隊之建置方式皆以實務單位一般性之設施為依據架設，以目前所使用 CCD 攝影機之架設為例，考量安裝施工的便利性以及未來之推廣，都是以 6 米高的號誌桿為架設位置架。以下就攝影機架設以及光線問題，依照團隊經驗整理如下：

1. 攝影機架設方面

- a. 攝影機架設高度與系統功能設定有相關性，不同的功能需求組合會有不同的最適架設高度。當然，攝影機架設的越高，可偵測的範圍越大，受到車燈影響相對變小，但架設成本、安全及景觀等則是另外要考量的因素。
- b. 攝影機架設的角度有兩種，一是 Tilt-Angle，一是 Pan-Angle。在 Tilt-Angle 部分，建議讓畫面具大約 5 成以上

的道路面積，這樣的車輛大小比例以及遭受大型車輛遮蔽的問題會相對輕微。在 Pan-Angle 部分，則希望不要太大，當攝影機以正向拍攝時，Pan-Angle 通常不會太大，也較不會有這個問題，當 CCD 攝影機架設於路側時，Pan-Angle 的問題較容易發生。在路側架設時，容易受到道路外側大型車輛遮蔽道路內側車輛，造成偵測上的困難，Pan-Angle 越大，同樣車輛通過時的遮蔽現象會比 Pan-Angle 小的時候來的嚴重。因此研究團隊建議還是以正向拍攝較佳，尤其是當架設高度只有一般號誌桿高度的狀況。

2. 光線問題

- a. 在攝影機可以拍攝的範圍內，夜間使用時，周圍的強烈光線需要被規範，避免造成系統的誤判。因為攝影機會自動啟動白平衡，而易有突兀的亮點或是較大的亮團，會影響其他區域的光線解析度，在辨識上容易發生問題。
- b. 相同的，若是架設地點的光線不足，車輛經過時，其車燈的亮度也會造成影像飽和，呈現整個亮塊，致使系統無法準確的偵測。

6.2 與 CCTV 整合之建置規範建議

國內道路管理單位為了監控道路上的即時交通狀況，目前已於路口或路段中建置了相當多之 CCTV 監視系統，相關影像除了可作為交通管理機關擬訂相關策略之用，並可提供用路人參考，作為路徑選擇之依據。若能將既有 CCTV 監視系統之影像進一步與影像辨視功能加以結合，自動將影像畫面即時轉換為交通參數相關數據或異常資訊顯示於系統，將可進一步有效減少監控人員之負擔。然而由第五章分析及試作之結果瞭解，交通管理單位為監控用所架設 CCTV 系統，其所回傳之影像幅率(Frame Rate)與大小(Frame Size)方面與自行架設之 CCD 系統有諸多差異處，故於系統整合及應用面仍有些許限制。以下茲依本研究試作經驗，提出系統整合應用於 CCTV 時之相關規範。

6.2.1 每秒影像幅率規範

目前交通管理中心，除了高公局及臺北市等單位之 CCTV 影像是透過光纖電纜傳送至交控中心外，其他地點的傳輸皆無法達到每秒 30 幅 (30 FPS) 的速度，因此，在結合車輛偵測器及事件偵測器於 CCTV 影像的過程中，必須探討每秒幅數最低限制條件，否則車輛辨識功能將無法達到。

車輛追蹤的演算法中，通常利用前後兩張連續影像的車輛交疊或者是追蹤參考點相對位置之關係作為車輛追蹤的特徵，由於採用此特徵，因此與 FPS 有相當大的關連。過低的 FPS，其前後兩張相對位置關係移動向量過大，或根本沒有交疊的特徵，容易在車輛軌跡的分析上照成相當大的誤差。因此，假設連續兩張影像中，允許同一車輛的移動位置有交疊之關係，即是移動位置不超過一個車身的距離。

假設車輛在第 (n-1) 張影像的位置為 (u_1, v_1) ，在第 n 張影像位置為 (u_2, v_2) ，frame rate 為 K FPS。假設攝影機高度為 H m，俯角為 ϕ ，而車輛的車速為 V (m/s)，則車輛在畫面中移動的距離為 D，參考可得

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{e_v}{e_u} \frac{u_2 H}{e_v m_\phi - v_2} - \frac{e_v}{e_u} \frac{u_1 H}{e_v m_\phi - v_1} \right)^2 + \left(\frac{e_v H}{e_v m_\phi - v_2} - \frac{e_v H}{e_v m_\phi - v_1} \right)^2} \\
 &= \frac{e_v}{e_u} H \sqrt{\left(\frac{u_2}{e_v m_\phi - v_2} - \frac{u_1 H}{e_v m_\phi - v_1} \right)^2 + \left(\frac{e_u H}{e_v m_\phi - v_2} - \frac{e_u H}{e_v m_\phi - v_1} \right)^2} \\
 &\quad \text{令 } e_v m_\phi - v_1 = p_1, e_v m_\phi - v_2 = p_2 \\
 &\Rightarrow \frac{e_v}{e_u} H \sqrt{\frac{u_1^2 p_2^2 + u_2^2 p_1^2 - 2u_1 u_2 p_1 p_2 + e_u p_1^2 - e_u p_2^2}{p_1^2 p_2^2}} = D
 \end{aligned}$$

而移動距離以速度和時間計算為 $\frac{v}{k}$ ，則

$$\frac{v}{k} = \frac{e_v}{e_u} H \sqrt{\frac{u_1^2 p_2^2 + u_2^2 p_1^2 - 2u_1 u_2 p_1 p_2 + e_u p_1^2 - e_u p_2^2}{p_1^2 p_2^2}}$$

所以 frame rate 與車速之間的關係為

$$v = \frac{e_v}{e_u} kH \sqrt{\frac{u_1^2 p_2^2 + u_2^2 p_1^2 - 2u_1 u_2 p_1 p_2 + e_u p_1^2 - e_u p_2^2}{p_1^2 p_2^2}},$$

在連續的畫面偵測中，若加入假設兩個畫面中同一車量不會移動超過一個車身的距離，假設車身長為 L_v ，則 frame rate 的限制

為 $k > \frac{v}{L_v}$ ，只要 frame rate 大於 $\frac{v}{L_v}$ ，其中，當車速越快， v 值越大，則 frame rate 要較大才有交疊，車身越長，即 L_v 越大，frame rate 則可容許較低的 frame rate，套用上述式，則畫面中同一車輛的移動便不會超過一個車身，即會有交疊發生。

假設以雪山隧道為例，車速上限為 80km/hr，一般小型車車長設定為 4.2 公尺，帶入上述式，可得

$$k > \frac{80 \text{ km/hr}}{4.2 \text{ m}} = \frac{80 \times 1000 \div 3600 \text{ m/s}}{4.2 \text{ m}} = 5.29$$

所以 FPS 至少要有 6 以上，車輛影像才有交疊。若以市區道路為例，速度上限為 50km/hr，則 FPS 可容忍至 4 張。如果是假設在國道三號上，速度上限以 120km/hr 計算，則 FPS 要有 8 張以上。利用上述推導，在不同場景中，因平均車速不同，所擁有的最低 frame rate 容忍值也不同，但若以最低 frame rate 的演算法進行車輛偵測，仍然會存在一定程度的失誤率，越好的影像品質，越有助於車輛軌跡的分析與追蹤。

上述所提的影像幅數規範是演算法最低所容忍的極限，因為是以較低品質的動態影像進行偵測，因此會在偵測的準確率上有相對不良的影響，然而，此問題也會隨著影像幅數的增加，偵測的準確率也會獲得改善。所以本研究建議，進入偵測器的影像仍以較高品質進行，影像幅數不要低於 15 張，以利偵測器進行車輛軌跡之分析。當影像經過偵測器分析之後，由交管單位進行儲存時，由於是屬於紀錄使用，建議以較低的影像幅數進行儲存。因為過高的影像幅數，會使資料量過大，而儲存媒介空間有限，不利於長時的影像紀錄。所用於儲存的影像幅數，由於要確實記錄每一臺經過監控區

域的車輛，因此必須考量攝影機架設的高度、角度以及車輛平均的行進速度，避免因為幅數過低，導致車輛進入到監控區域至離開監控區域時，未有相對的記錄影像。

6.2.2 架設地點與高度建議

CCTV 建置的初衷並非為了車輛偵測器而佈設，而是針對區域監控功能而存在的。因此，針對該拍攝區域的空間特性以及監視目標特性，其所拍攝的角度也有所不同，使得車輛偵測器及事件偵測器無法在各個 CCTV 拍攝角度都正常工作。

在不同的偵測環境中，本團隊所研發的影像式車輛偵測模組，由於採用自動背景擷取及自動車道線偵測，能在不同的場景中提供車輛偵測及追蹤模組分析路徑的重要參考資訊，不管是在雪山隧道或臺北市 CCTV 的場景中，自動車道線更能有效利用已知的資訊，合理搜尋出正確的車道範圍，因此，攝影機的視角也不再被侷限於非要直視於車道不可，在雪山隧道與八卦山隧道中，可以用現有的 CCTV 影像系統，以最合乎成本的方式，安裝車輛偵測器於系統之中。

在架設高度方面，原則上建議至少要有紅綠燈號誌的高度，而且，這個高度建議與偵測區域離攝影機架設的距離成正比，如此一來，較能避免一般車輛阻擋遮蔽的問題。

6.2.3 隧道內架設建議

由於雪山隧道的攝影機架設位置是在側邊，且由於架設高度不足，在視角上，容易造成遮蔽的現象，如圖 6.2.3-1 所示，因為左車道的白色車輛駕駛於攝影機內側，其車輛高度及側方攝影機的影響，導致右車道的紅色車輛有一部分被白色車輛所遮蔽，在演算法描述車輛形體時，容易將兩車輛的形體混淆，導致錯誤的偵測選取框出現。除此之外，攝影機架設高度不足，對演算法也有不良的影響，前後車輛也會由於攝影機高度不足，導致前後車輛產生遮蔽的現象，前車由於後車高度較高及攝影機位置過低，導致產生嚴重的

遮蔽，在演算法的辨識中，不容易切割出車輛真正的所在位置。

交通部長 蔡堆在 96 年 10 月 15 日於立法院備詢時表示，雪山隧道如果可以順利完成消防演練，最快在 11 月 15 日即可開放大客車通行隧道。當大客車通行隧道時，由於其高度最高可達 3.6 公尺，是一般中小型車輛接近兩倍的高度，不管是對前車或對側方車輛，其遮蔽效應會更加嚴重，容易由於視角的關係，外側車輛易會完全落入遮蔽的範圍之中，導致車輛偵測器的準確率嚴重下降。

在考量不增加太多成本的情況下，並能使車輛偵測器的功能發揮到更準確的工作模式下，本研究建議左右兩側各裝攝影機乙支，左側攝影機負責左方車道的車輛偵測，右側車道負責右方車道的車輛偵測，左右兩套車輛偵測器可以以獨立模式進行，也可以以合作模式工作，互相輔助校正其偵測視角上的盲點，以利提升車輛偵測器的準確率，更能有效輔助行控人員進行交通的監控與事件處理之速度。



圖 6.2.3-1 車輛交疊示意圖

6.3 影像式車輛偵測器路側端及中心端實際運作架構建議

影像式車輛偵測器或與 CCTV 系統整合，在路側端與中心端實際運作架構規劃建議分為兩種，針對交控中心的通訊傳輸方式，可分為光纖網路傳輸(臺北市、國道高速公路局)以及 ADSL 網路兩種建置。針對以光纖網路傳輸影像的單位，影像式車輛偵測器建議直接以軟體內嵌的方式，安裝於交控中心內部，這樣只需要增加軟體成本，不需要

額外建置，可以說是追加成本最低的方案。

若是以 ADSL 網路上傳影像資料回交控中心的方式，則是建議在路側端裝設車輛偵測器運算主機，其所蒐集到的交通資料將數據以及符合路口監控需求的影像上傳回交控中心，提供交控中心人員相關資訊。因為 ADSL 上傳頻寬不足，影像資料可上傳之幅數並不足以車輛偵測器之最低需求，因此，在現有的 CCTV 回傳系統上，增加路側端運算主機的建置，CCTV 影像以跨接的方式，提供給運算主機進行交通參數蒐集，蒐集到的數據再與佔用非常少許的頻寬，將數據傳送回到後端交控中心。

另外，當影像偵測器是以自行架設的 CCD 攝影機獲取影像資料時，我們建議走 ADSL 上傳的方式，影像資料以低幅數的規格，搭配所設定之固定時間，將偵測的資料上傳至交控中心，完成交通參數蒐集。

第七章 結論與建議

7.1 影像式車輛偵測器雛型系統準確率分析

本期所研發之偵測器應於市區道路與高快速公路進行偵測參數準確率的測試，台 68 快速公路車種辨識率統計結果如圖 7.1-1 與圖 7.1-3，以及臺北市敦化北路種辨識率統計結果如圖 7.1-2 與圖 7.1-4，由圖 7.1-3 統計資料顯示目前位於新竹市快速公路系統在 24 小時的正常運作下，各型車種辨識率幾乎均可達到九成五以上，而圖 7.1-2 臺北市敦化北路則因車行密度較大及樹蔭的影響致使前景切割破碎，使系統辨識率稍降為 65~85%，其中以當日 0530 時段正確率為 56.1% 為最低，其主要原因為該時段區域車流極少，加上正值日出光線變化致使搖晃路樹枝葉產生樹影的影響下，導致系統在前景切割時受到雜訊干擾，將部份樹影雜訊辨識為小型車輛，影響該時段部份系統車輛辨識之功能，但車道在不受樹蔭影響的情況下，其辨識率可達九成以上。以 2007.09.27 下午 14:00~14:30 時，本所前以分車道統計車輛數據為例(如表 4.2-6)，由於第一車道嚴重受到路樹搖晃枝葉產生樹影的影響，其平均辨識率為 64.4%，第三車道僅部份受到路樹搖晃枝葉產生樹影的影響，其平均辨識率為 82.9%，第二車道完全不受樹影的影響，其平均辨識率為 91.9%，顯示系統在不受「搖晃」樹影影響下，對臺北市複雜的車行道路環境有高度適應能力。另系統在所取樣之各式天候環境下之辨識成果如圖 7.1-5。

目前測試數據在台 68 快速公路與敦化北路 240 號的測試數據，可以明顯看出大多數的偵測結果都是低於人工計數(實際數量)，只有少數時段會高於人工計數(實際數量)，經過影像分析誤差來源，發現多算的車輛原因大多是物件切割不理想所造成的誤判，例如大型車輛被切割破碎，造成多輛車的計數，所以加強物件切割的準確與穩定是後續改善的方向。

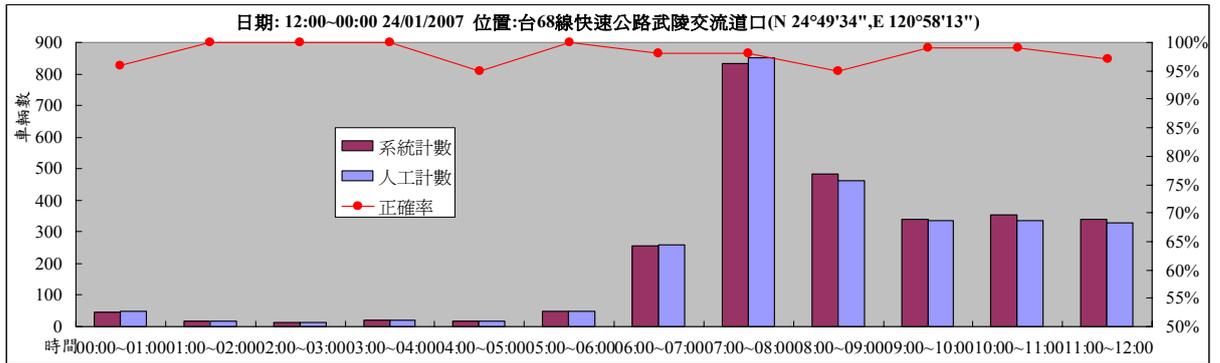
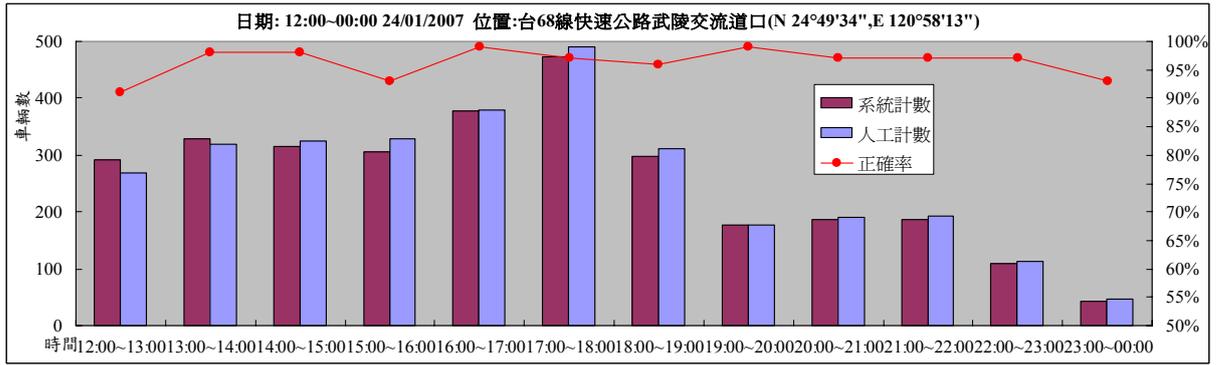
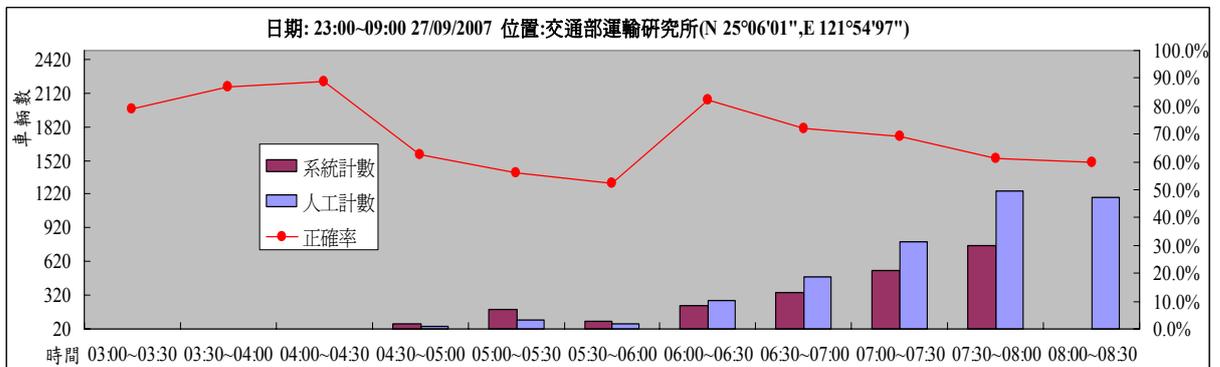
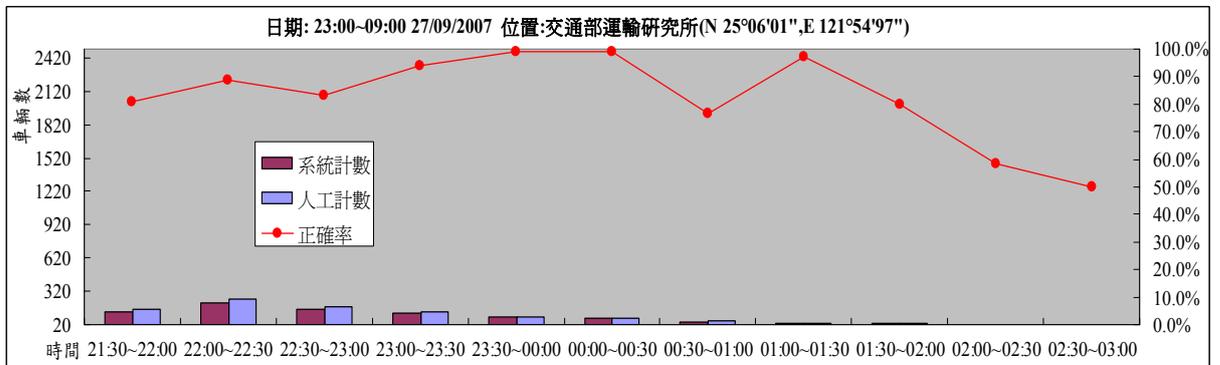


圖 7.1-1 台 68 快速公路武陵交流道口測試結果



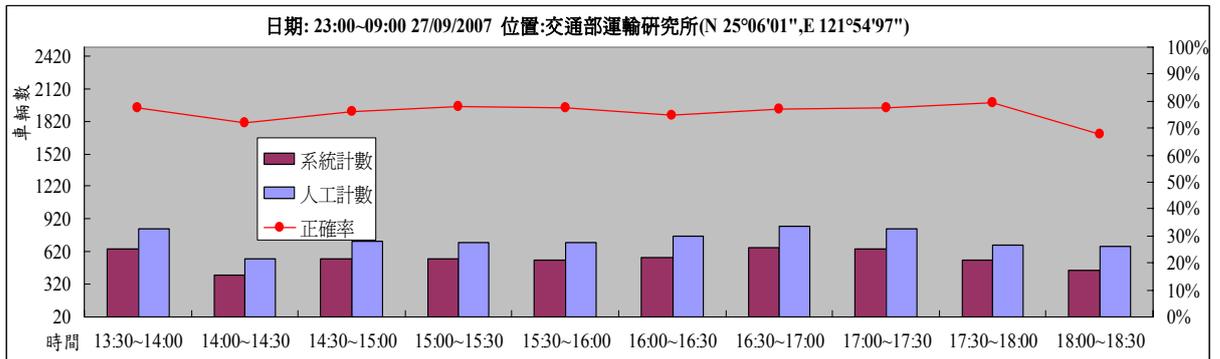
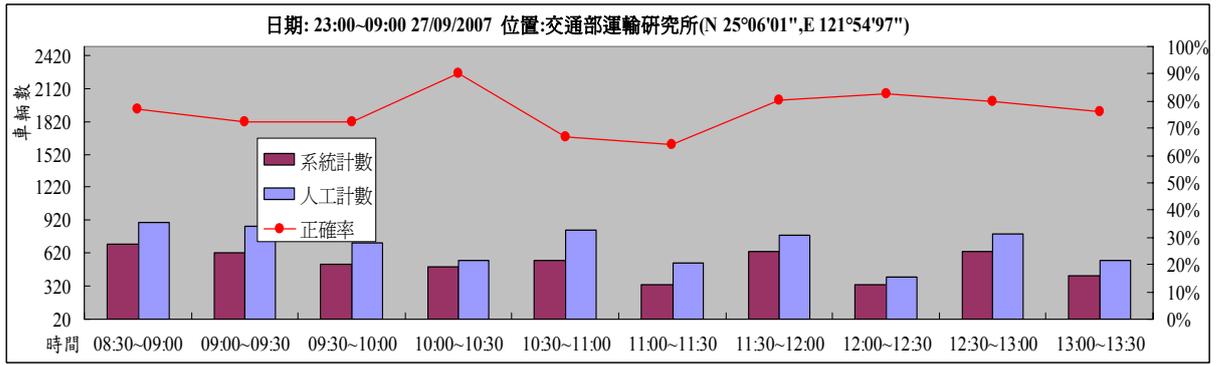


圖 7.1-2 敦化北路交通部運輸研究所前測試結果

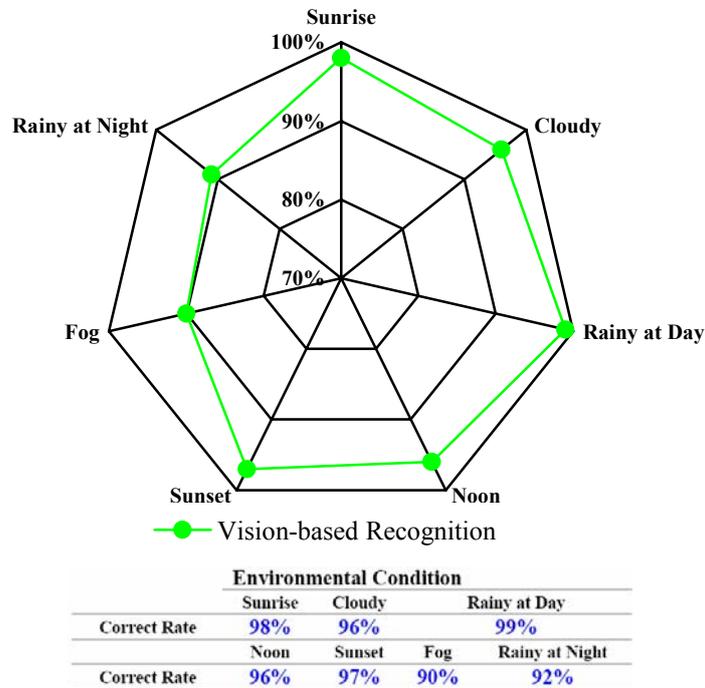
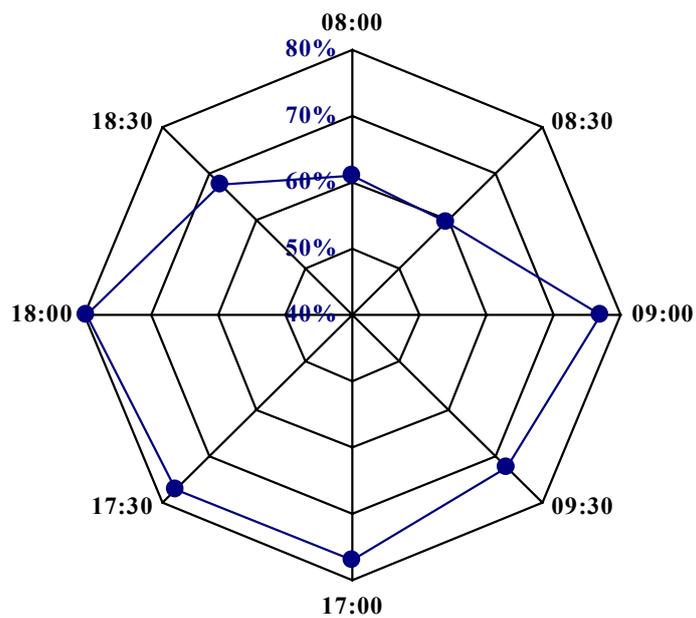


圖 7.1-3 台 68 快速公路武陵交流道口各種天候辨識統計結果



● 尖、離峰時段(日 0800~1000、夜 1630~1830)系統辨識率

圖 7.1-4 系統離、尖峰時段，系統辨識準確度分析圖

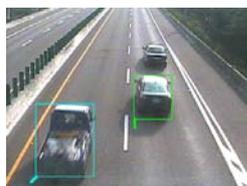
白天



Frame N



Frame N+2



Frame N+6



Frame N+8

雨天(白天)



Frame N



Frame N+2



Frame N+8



Frame N+10

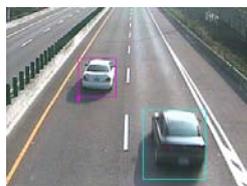
正午



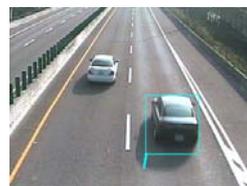
Frame N



Frame N+2



Frame N+4

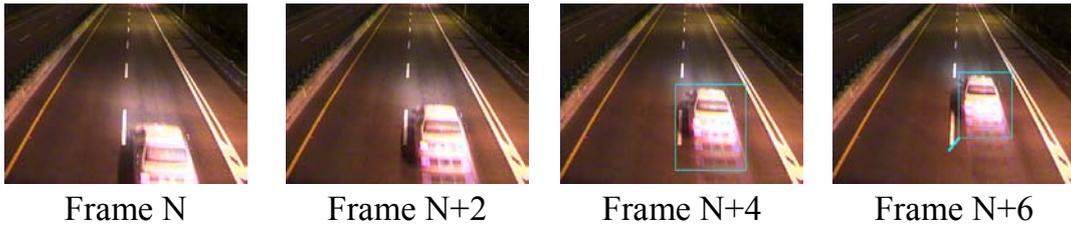


Frame N+6

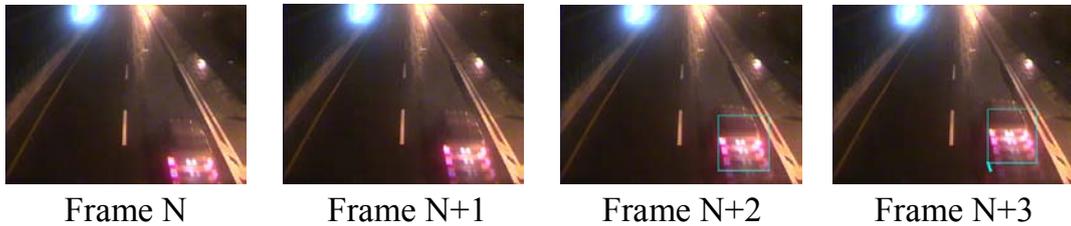
陰天



夜間



雨天(夜間)



霧(夜間)

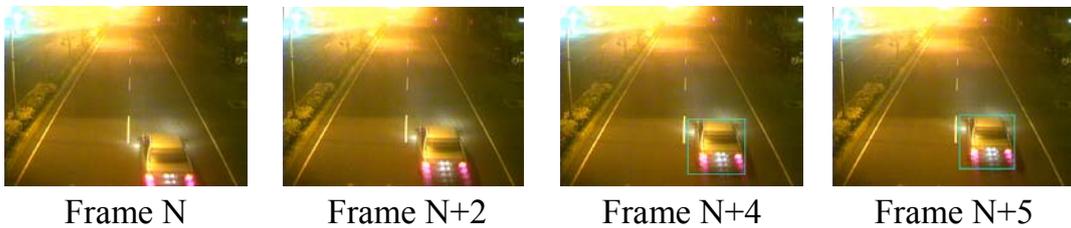


圖 7.1-5 台 68 快速公路武陵交流道口各種天候辨識分析影像

7.2 結論與建議

為了研發適用於國內交通環境及合理成本之車輛偵測器，本期研究延續 94 以及 95 年度影像式車輛偵測器之研發成果，於各時段在大、小、機車之辨識率持續改善，同時在本所前增設一處市區道路路測點，測試結果均普遍提升且達水準。本期研究除了強化驗證前期車輛偵測的準確率之外，另新增事件偵測之研究。事件偵測的研究，目前以雪山隧道作為初步試作的場景，試作內容目前完成了車輛任意變換車道以及異常停止之偵測，對於掉落物件的偵測，目前因為仍無法

取得有效影像，因此暫時沒有成果呈現。除了技術研發成果之外，本團隊亦提出攝影機架設建議及適用範圍，期望對後續相關研究者以及 CCTV 佈設時，能夠有所助益。在目前現有之 CCTV 中，不乏適合將車輛偵測、事件偵測加值的佈設點，包含了各縣市政府之 CCTV、國道 CCTV 以及較為特殊的隧道 CCTV 等，以目前研究團隊所研發之雛型系統，原則上可以適用於這些原本佈設條件即符合需求的 CCTV，但是每個 CCTV 架設的外在環境條件不盡相同，不同交通特性與地點的 CCTV，在事件偵測的需求項目也不盡相同，因此，期望在未來整合 CCTV 與車輛、事件偵測器的過程中，相關交通管理單位也能夠給予實務上之建議，以本案所研發之雛型系統為基礎，很快的將可以提供符合各種條件與環境的偵測器。

綜觀過去 3 年的車輛偵測器研發，研究團隊從雛形發展(94 年度)、實地建置試作(95 年度)到今年度實地測試並且與 CCTV 整合試作，在功能方面，首先從車流量偵測與車速偵測著手，再來以延滯長度與機車偵測精進系統，今年度則是將事件偵測功能整合，陸續朝向功能完整以及提升附加服務功能前進。

以目前的研發成果，建議接續工作應該要與交控中心結合，將研發成果實際上線與 CCTV 整合進行長時間測試。以現有市售產品之偵測能力為基礎觀之，本系列研究在長時間之測試下，這 3 年的成果在不同情境之穩定度及準確率已具相當不錯成果，但由於仍然存在著許多現實狀況是研發時程中無法想像與預料到的，針對這些狀況，後續仍須投入相當的人力與精神，將累積了 3 年的研發成果更加強化，進而有機會完成技術轉移，以具體的作為來提昇相關產業。

參 考 文 獻

- [1] C. C. Hsu, H. T. Chang, and T. C. Chang, "Efficient Moving Object Extraction in Compressed Low-bit-rate Video," in *Proc. Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pp. 211-214, Dec., 2006.
- [2] P. M. Jodoin, M. Mignotte, and C. Rosenberger, "Segmentation Framework Based on Label Field Fusion," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 16, no. 10, Oct. 2007.
- [3] J. C. Tai, and K. T. Song, "Background Segmentation and its Application to traffic Monitoring Using Modified Histogram," in *Proc. international conference on network, sensing & control*, vol. 1, pp. 13-18, March, 2004.
- [4] D. Gao, and J. Zhou, "Adaptive Background Estimation for Real-Time Traffic Monitoring," in *Proc. Intelligent Transportation System Conference*, pp. 330-333, Aug. 2001.
- [5] M. Boninsegna, and A. Bozzoli, "A tunable algorithm to update a reference image," *Signal Processing: Image Communication*, no. 16, pp. 353-365, 2000.
- [6] S. Gupte, O. Masoud, R. F. K. Martin, and N. P. Papanikolopoulos, "Detection and Classification of Vehicles," *IEEE Trans. Intelligent Transportation System*, vol. 3, no. 1, pp. 37-47, 2002.
- [7] 曾珮婷, 在特定車道行駛之大型車偵測與追蹤, 國立中央大學碩士論文, 2004.
- [8] 黃茂杞, 即時及彩色為基礎的影像交通管理系統, 淡江大學碩士論文, 2003.
- [9] A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, and R. S. Patil, "Moving Target classification and tracking from real-time Video," in *Proc. IEEE Workshop Applications of Computer Vision*, pp. 8-14, 1998.
- [10] J. Wu, X. Zhang, and J. Zhou, "Vehicle Detection in Static Road Images with PCA- and Wavelet-based Classifier," *2001 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*, pp. 740-744, Aug. 2001.
- [11] Z. Sun, G. Bebis, and R. Miller, "On-Road Vehicle Detection Using Gabor Filters and Support Vector Machines," *IEEE International Conference on Digital Signal Processing*, Greece, July 2002.
- [12] M. Bertozzi, A. Broggi, and S. Castelluccio, "A Real-Time Oriented System for Vehicle Detection," *Journal of Systems Architecture*, pp. 317-325, June 2004.
- [13] D. Guo, T. Fraichard, M. Xie, and C. Laugier, "Color modeling by spherical influence field in sensing driving environment," *2000 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 249-254, Oct. 2000.

- [14] 蔡洛緯，以正規化色彩與邊緣資訊作車輛偵測，國立中央大學碩士論文，2004.
- [15] 鄭欽任，以線段特徵為基礎的靜態影像車輛偵測，國立臺灣科技大學碩士論文，2005.
- [16] 莊盛淵，夜間車流影像之車輛分類與追蹤之研究，淡江大學碩士論文，2001.
- [17] http://www.webs1.uidaho.edu/niatt_labmanual/Chapters/trafficflowtheory/theoryandconcepts/GreenshieldsModel.htm
- [18] B. F. Wu, W. H. Chen, C. J. Chen, C. W. Chang ,and C. C. Liu, “Dynamic CCD Camera Calibration for Traffic Monitoring and Vehicle Applications,” *in Proc. IEEE Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 1717-1722, Oct. 2007.

微波式車輛偵測器

目 錄

目 錄.....	目錄-I
圖目錄.....	目錄-III
表目錄.....	目錄-VI
第一章 緒 論.....	1-1
1.1 研究動機與目的.....	1-1
1.2 前期計畫研究成果.....	1-2
1.2.1 偵測器硬體.....	1-4
1.2.2 偵測器軟體.....	1-9
1.2.3 實測分析結果.....	1-15
1.3 本期計畫架構.....	1-28
第二章 雷達硬體介紹.....	2-1
2.1 CMOS FMCW 調變射頻系統晶片.....	2-1
2.2 CMOS FMCW 射頻前端模組設計暨組裝.....	2-7
2.3 FMCW 雷達微波偵測器中頻組裝.....	2-14
2.4 天線陳列設計與組裝.....	2-16
2.5 硬體建置條件與偵測限制.....	2-18
2.6 結語.....	2-20
第三章 微波式偵測器軟體介紹.....	3-1
3.1 DSP 硬體.....	3-1
3.2 DSP 軟體.....	3-5
3.3 交通參數演算法.....	3-12
3.3.1 車道數學習與車道頻率範圍.....	3-12

3.3.2	車輛存在判斷.....	3-13
3.3.3	車種辨識.....	3-14
3.3.4	車速計算.....	3-15
3.3.5	正向偵測.....	3-18
3.4	使用者介面.....	3-19
第四章	實測分析.....	4-1
4.1	實測環境介紹.....	4-1
4.2	車道數與車道頻率辨識實測分析.....	4-8
4.3	車種辨識實測分析.....	4-11
4.4	車輛速度實測分析.....	4-25
4.5	正向偵測實測分析.....	4-31
第五章	結論與建議.....	5-1
5.1	結論.....	5-1
5.2	建議.....	5-4
參 考 文 獻	參-1
附錄 1	簡報.....	A.2-1
附錄 2	期中、期末審查會議紀錄暨意見回覆.....	B-1

圖目錄

圖 1.2-1	94 年度雷達微波車輛偵測器之雛型	1-2
圖 1.2-2	94 年度雷達微波資料分析之程式	1-3
圖 1.2-3	95 年度偵測器整體外觀	1-4
圖 1.2.1-1	FMCW 系統方塊圖	1-5
圖 1.2.1-2	94 年度收發雙天線	1-5
圖 1.2.1-3	94 年度收發同天線	1-6
圖 1.2.1-4	偵測器整體架構	1-7
圖 1.2.1-5	CMOS 微波單晶片感應器之晶片系統方塊圖	1-7
圖 1.2.2-1	LabVIEW 顯示畫面	1-10
圖 1.2.2-2	使用 DAQ 卡進行資料擷取	1-10
圖 1.2.2-3	即時程式運作畫面	1-11
圖 1.2.2-4	精簡 DSP 平台運行架構圖	1-12
圖 1.2.2-5	精簡 DSP 平台運行流程圖	1-13
圖 1.2.3-1	96/5/31 竹北水門實測結果	1-24
圖 1.3-1	軟體流程架構	1-29
圖 2.1-1	CMOS FMCW SOC 晶片系統照相圖	2-1
圖 2.1-2	CMOS FMCW SOC 系統晶片之簡易方塊圖	2-2
圖 2.1-3	FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之實例示範 (例一)	2-4
圖 2.1-4	FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之實例示範 (例二)	2-4
圖 2.1-5	測量 TX 端及 RX 端對實際 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之隔離度	2-5
圖 2.1-6	測量 TX 端及 RX 端對實際 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之隔離度	2-5
圖 2.1-7	接收端測量裝置圖	2-6
圖 2.1-8	IF 頻譜測量圖 @ f=200KHz (三角波週期)	2-6
圖 2.2-1	出阻抗在發射 TX 端	2-7
圖 2.2-2	輸入阻抗在接收 RX 端	2-8
圖 2.2-3	RF 模組 (正面)	2-8
圖 2.2-4	RF 模組 (反面)	2-9

圖 2.2-5	因 Cavity Resonance 效應產生之 TX 輸出之頻譜.....	2-9
圖 2.2-6	RF 模組 TX 端輸出之頻譜.....	2-10
圖 2.2-7	輸出 TX 端在 10.13 GHz 之 Phase Noise.....	2-10
圖 2.2-8	TX 端 phase noise 在 10.145 GHz -88.5 dBc @ 100 kHz offset.....	2-11
圖 2.2-9	在時域所模擬之 IF 訊號 (L=4.0 m)	2-12
圖 2.2-10	由示波器所量測之 IF 時域典型訊號 (L=4.0m)	2-12
圖 2.2-11	在時域所模擬之 IF 訊號 (L=7.5m)	2-13
圖 2.2-12	由示波器所量測之 IF 訊號 (L=7.5m)	2-13
圖 2.3-1	微波偵測器之組裝與使用供動態交通檢視用	2-14
圖 2.3-2	S/N 值對距離之響應.....	2-15
圖 2.4-1	微帶線 EH1 模之 H-Plane.....	2-16
圖 2.4-2	微帶線 EH1 模之 E-Plane	2-17
圖 2.4-3	陳列天線不含天線罩時之增益 (理論值)	2-17
圖 2.4-4	陳列天線含天線罩時之增益 (理論值)	2-18
圖 2.5-1	本研究微波偵測器硬體限制示意圖	2-20
圖 3.1-1	新版 DSP 外觀.....	3-1
圖 3.1-2	新版 DSP 元件架構圖.....	3-3
圖 3.1-3	DSP 溝通介面圖	3-3
圖 3.1-4	DSP 系統組裝圖	3-4
圖 3.2-1	DSP 軟體運作架構比較.....	3-5
圖 3.2-2	DSP 軟體運作程序圖	3-6
圖 3.2-3	DSP 運作順序圖	3-8
圖 3.2-4	DSP 運作流程圖	3-9
圖 3.3.2-1	車輛反射能量情形	3-13
圖 3.3.3-1	某時間點之車輛進入波形	3-14
圖 3.3.4-1	速度演算法流程圖	3-16
圖 3.4-1	UI 主畫面	3-19
圖 3.4-2	即時資訊介面	3-20
圖 3.4-3	控制台	3-20
圖 3.4-4	交通資訊表	3-21
圖 3.4-5	壓估狀況	3-21

圖 3.4-6	車道參數設定	3-22
圖 3.4-7	車道參數表	3-22
圖 3.4-8	檢視畫面	3-23
圖 4.1-1	新竹市公道五路（台肥公司前）施工位置圖	4-2
圖 4.1-2	控制器（路側）	4-2
圖 4.1-3	直立桿（路側）	4-3
圖 4.1-4	8”L 桿（安全島）	4-3
圖 4.1-5	新竹市科學園區迴轉道邊坡旁施工位置圖	4-4
圖 4.1-6	新竹市科學園區迴轉道邊坡旁施工位置圖（續）	4-4
圖 4.1-7	實測現場概況	4-5
圖 4.1-8	研究人員搬運器材	4-6
圖 4.1-9	實測場景	4-6
圖 4.1-10	某時間點之車輛進入波形	4-7
圖 4.1-11	車輛經過之所有時間的波形集合	4-7
圖 4.2-1	門檻值於無車時更新	4-8
圖 4.2-2	能量最大值隨時間變化趨勢	4-9
圖 4.2-3	車輛最大能量位置分布圖	4-9
圖 4.2-4	2007/10/31 公道五實測車道頻寬	4-10
圖 4.3-1	市區道路實測錄影畫面（離峰）	4-12
圖 4.3-2	快速道路實測錄影畫面（尖峰）	4-15
圖 4.3-3	快速道路實測錄影畫面	4-19

表目錄

表 1.2.1-1	95 年度及本期雷達規格	1-6
表 1.2.1-2	95 年度及本期計畫 DSP 硬體規格	1-8
表 1.2.2-1	車道判斷大小車指標適用範圍	1-15
表 1.2.3-1	圖像波形資料庫分類表	1-16
表 1.2.3-2	94 年度微波偵測器之車速準確度分析表	1-17
表 1.2.3-3	95 年度判斷車道及大小車測試結果	1-17
表 1.2.3-4	95 年度第 1 車道速度準確率測試結果	1-19
表 1.2.3-5	95 年度第 2 車道速度準確率測試結果	1-20
表 1.2.3-6	95 年度第 3 車道速度準確率測試結果	1-21
表 1.2.3-7	95 年度第 4 車道速度準確率測試結果	1-22
表 1.2.3-8	95 年度正向車速準確率分析表—微波偵測器	1-23
表 1.2.3-9	96 年度第 1 車道車輛速度實測結果	1-24
表 1.2.3-10	96 年度第 2 車道車輛速度實測結果	1-25
表 1.2.3-11	96 年度第 3 車道車輛速度實測結果	1-26
表 1.2.3-12	96 年度第 4 車道車輛速度實測結果	1-27
表 2.5-1	市售與本研究之微波偵測器規格比較表	2-19
表 4.3-1	市區道路實測車輛數與車道判斷分析結果（離峰）	4-13
表 4.3-2	市區道路實測之車種辨識分析結果(離峰).....	4-14
表 4.3-3	市區道路實測之車輛數與車道判斷分析結果（尖峰）	4-17
表 4.3-4	市區道路實測之車種辨識分析結果(尖峰).....	4-18
表 4.3-5	快速道路實測分析結果之車輛數與車道判斷分析結果	4-20
表 4.3-6	快速道路實測之車種辨識分析結果	4-20
表 4.3-7	雨天實測之車輛數與車道判斷分析結果	4-21
表 4.3-8	雨天實測之車種辨識分析結果	4-21
表 4.3-9	與 SS 之實測結果比較	4-23
表 4.4-1	市區道路第 1 車道車輛速度實測結果	4-25
表 4.4-2	市區道路第 2 車道車輛速度實測結果	4-26
表 4.4-3	高速公路第 1 車道車輛速度實測結果	4-27
表 4.4-4	高速公路第 2 車道車輛速度實測結果	4-28

表 4.4-5	與 SS 比較第 1 車道車輛速度實測結果.....	4-29
表 4.4-6	與 SS 比較第 2 車道車輛速度實測結果.....	4-30
表 4.5-1	正向偵測速度之實測結果	4-31

第一章 緒 論

本章將分為 3 部分：1.1 研究動機與目的；1.2 前期計畫研究成果，與 1.3 本期計畫架構。研究動機與目的說明為何要自行研發車輛偵測器，在此簡單敘述相關背景與動機；前期計畫研發成果包含了 94 年度「國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作」及 95 年度「自動化路況資訊偵測系統研發與示範（一）」2 年來研究成果；最後則敘述本期計畫案架構。

1.1 研究動機與目的

車輛偵測器為道路交通資料收集系統重要一環，所有交通管理策略必須依賴正確的交通資料方能制定、分析與執行，而車輛偵測器可以即時取得現場交通資訊，並立即反應到資訊可變標誌、全球資訊網伺服網站，作為用路人選擇行駛路徑決策之參考。

微波式偵測器利用所發送信號與回傳信號，藉著特定波形設計以及對回波能量與相位的處理、分析與轉換，可得知偵測目標之特徵（signature），進行分類（classification）、辨認（recognition）與識別（identification）。而微波式系統設計者的任務乃為使雷達從目標回傳信號中，獲取目標最多且確定之特徵訊息，即雷達性能與其設計參數必須要與所偵測目標與之匹配。然目前國內所使用之微波式偵測器，皆由國外引進，且國外交通環境與國內有很大差異（如：車流組成），這促使本研究團隊，期望能自行研發出符合國內需求之微波式車輛偵測器，並開發出雛型，藉由技術轉移，最後達到商品化目的，與國外同等級產品分庭抗禮。

鑑於先前所提及原因，本研究在計畫執行期程內，期望可以研發具有偵測國內複雜交通環境（混合車流）、降低系統設置成本、後續維修方便之車輛偵測器。透過本研究成果的技術研發，將可發展國內相關產業的技術，未來經過技術轉移，與國內廠商合作達商品化階段後，將可投入市場大量生產，對提昇產業競爭力有莫大助益。

1.2 前期計畫研究成果

本系列研究於 94 年度所辦理之「國道替代道路路況資訊擴充之研究與實作」計畫中，完成雷達微波式車輛偵測器雛型研發之可行性試作，如圖 1.2-1 所示，具偵測市區雙向 2 車道車輛數、車速及佔有率功能。此雛型硬體上有天線模組、無線 RF 模組及數位訊號處理模組，軟體上有雷達數位訊號處理模組、交通參數計算模組及車種資料庫模組：(1) 天線模組的類型為角型與平面天線；(2) 無線 RF 模組及數位訊號處理模組則可處理頻寬 100M 的 FMCW 之三角波訊號；(3) 軟體上的雷達數位訊號處理模組已能處理快速傅利葉轉換，並交由交通參數計算模組求出車距、車速及佔有率等交通參數，而雷達微波資料分析的程式如圖 1.2-2 所示。然 94 年度雛型於軟、硬體方面，如 RF 模組、DSP、天線架構等，皆不足以應付實際複雜交通環境需求，因而有後續計畫與研發。

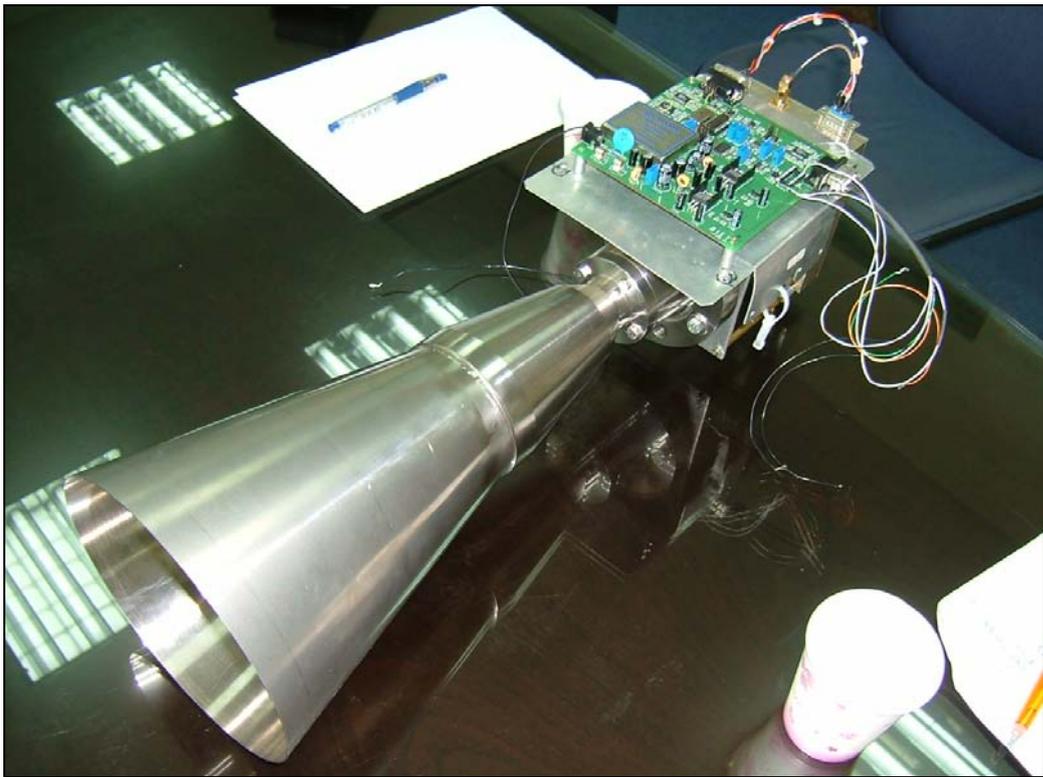


圖 1.2-1 94 年度雷達微波車輛偵測器之雛型

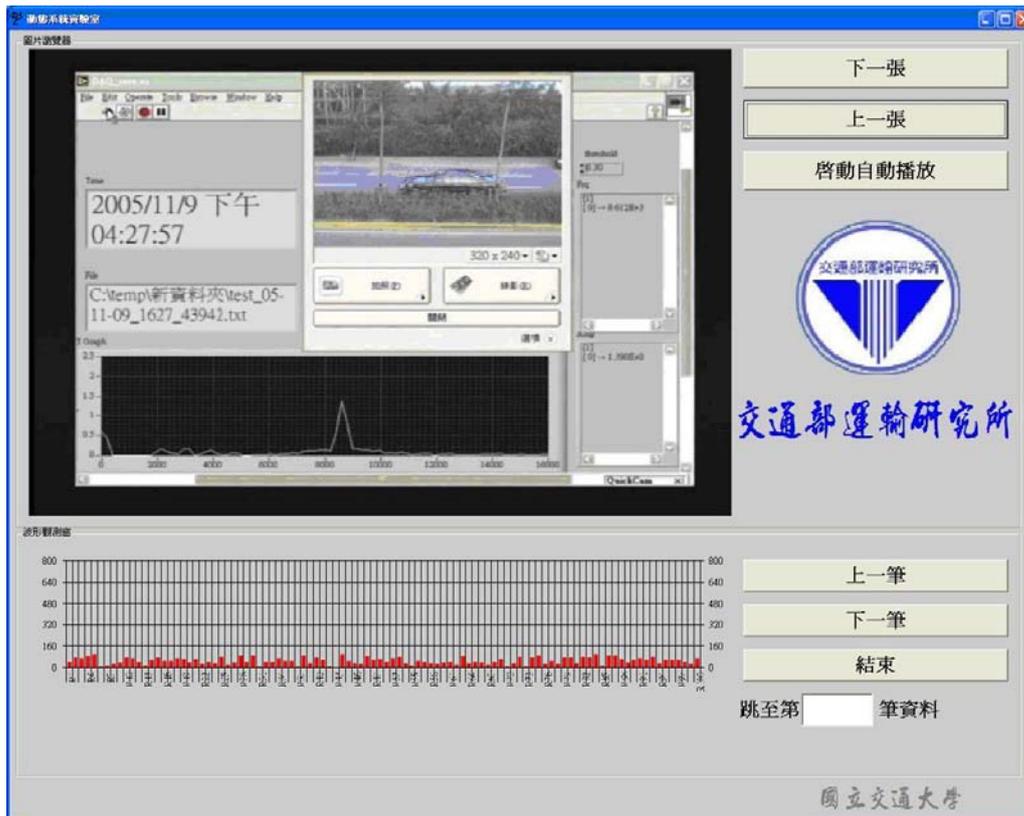


圖 1.2-2 94 年度雷達微波資料分析之程式

95 年度基於上述原因，改良 94 年度所開發偵測器雛型之軟硬體功能。偵測器硬體架構之改良方面，應用本研究成員所持有之專利技術，將傳統甕型天線變更為平面洩漏波天線，並進行 CMOS 微波單晶片感應器的設計與開發，設計圖簡圖如圖 1.2-3 所示。此 CMOS 微波單晶片感應器為 RF 主體的模組，再加上 DSP 訊號處理器，即完成建立國內第一套嵌入式系統（Embedded System）車輛偵測器，經初步測試，既有偵測器在車流量偵測之準確度上，由雛型之 72.07% 提昇至 84%-95%，除具有車輛辨識功能外，並具備雙向 6 車道之偵測功能。

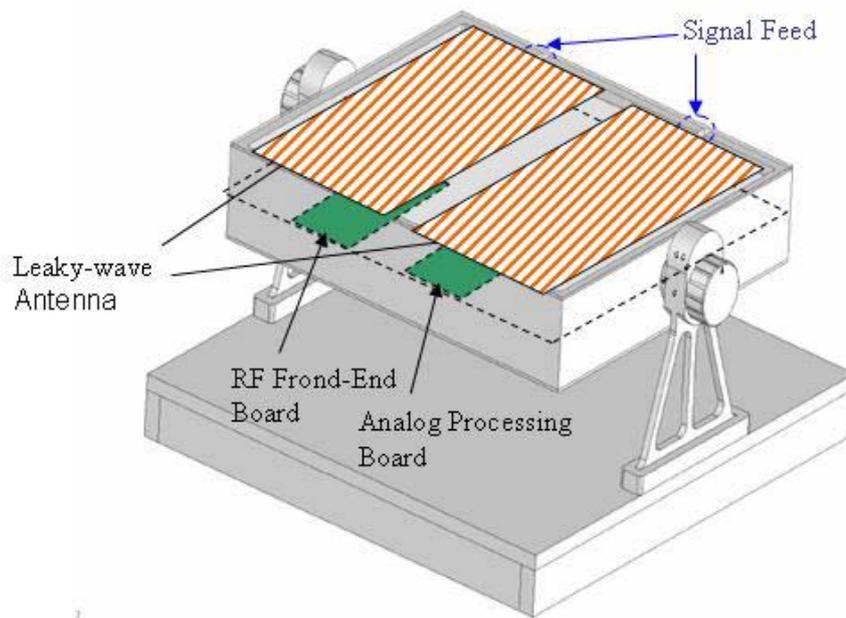


圖 1.2-3 95 年度偵測器整體外觀

本期計畫在硬體部分，延續去年研發成果，重點放在 CMOS 射頻系統單晶片（RF CMOS SOC）研發及其使用在 RF 前端模組（RF Front-End Module, RF FEM）上的研究。軟體部分，則是提高自動化程度與準確度，在固定微波設備之後，利用雷達所得到的電壓訊號當成軟體程式的輸入，期望能夠自動學習相關的控制參數與交通參數。交通參數包括車道數、車種、車速與佔有率等資訊，而這些參數都是最終交通工程師或是交通管理師用來掌握道路狀況的關鍵數值。以下就偵測器硬體、偵測器軟體以及實測分析結果等 3 部分進行回顧：

1.2.1 偵測器硬體

構建一個完整的微波雷達車輛偵測器須具備有下列幾個核心模組：RF Module、IF Module、Antenna Module、DSP Module、Display/Control Module 等，如圖 1.2.1-1 所示。94 年度在天線設計上，採收發同一天線設計，能有效偵測 3 車道，如圖 1.2.1-2 與圖 1.2.1-3 所示：

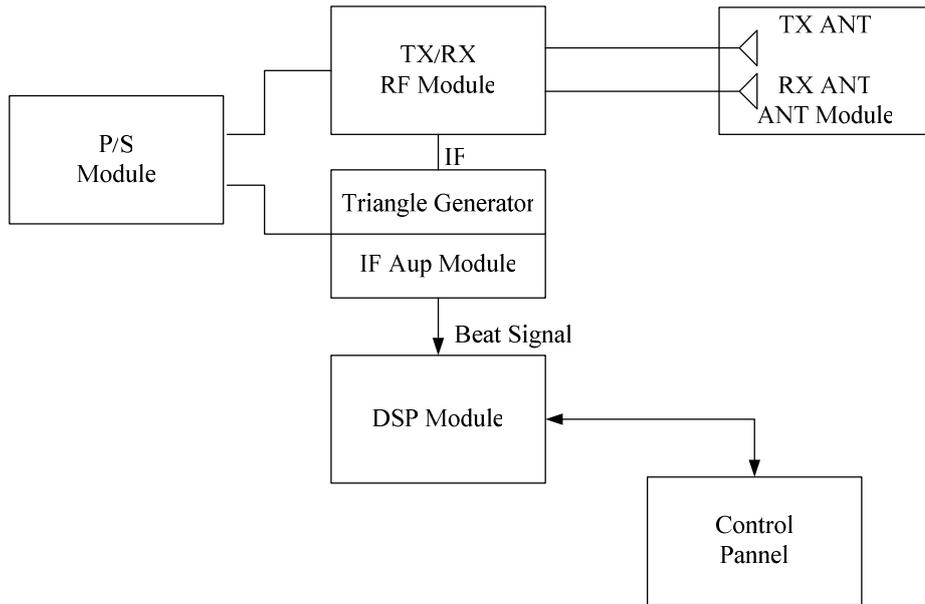


圖 1.2.1-1 FMCW 系統方塊圖

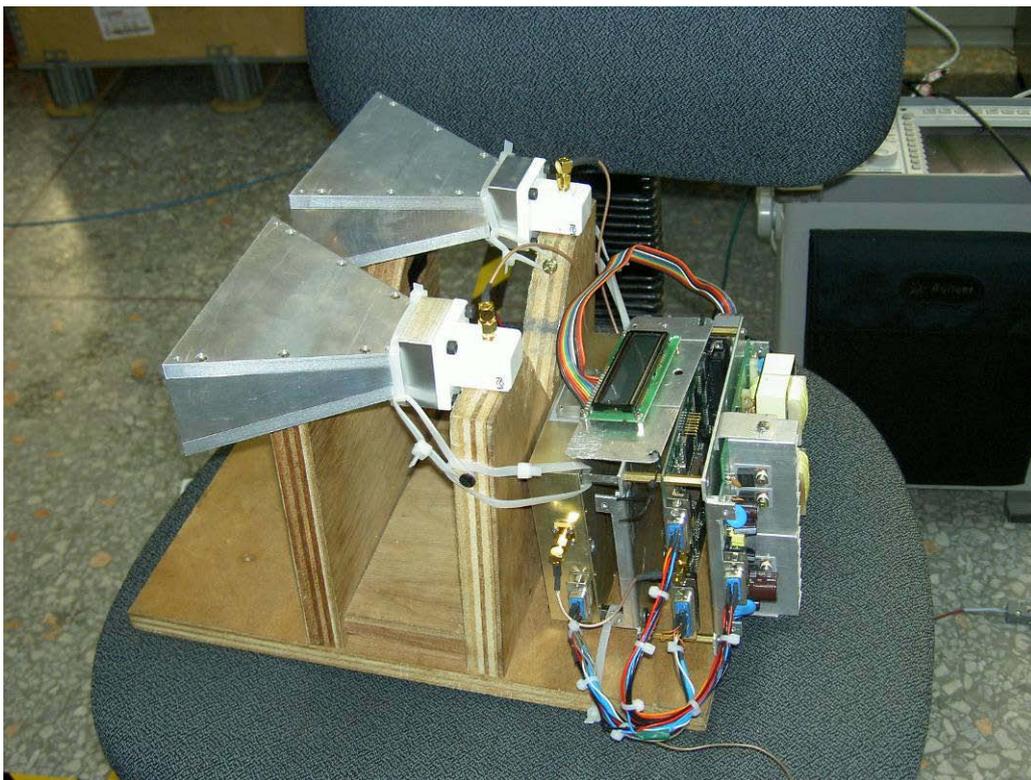


圖 1.2.1-2 94 年度收發雙天線



圖 1.2.1-3 94 年度收發同天線

95 年度以及本期計畫所採用雷達規格如表 1.2.1-1，在此規格下偵測器偵測範圍可達 60 公尺，解析度為 1 公尺，且訊號回波頻率以 4KHz 代表偵測物體距離偵測器 1 公尺。由於偵測器基頻為 10GHz，偵測物體如具有每秒 1 公尺的移動速度，則會產生都卜勒效應，使反射訊號頻率會隨物體遠離或接近，減少或增加 66.67Hz，而在本研究偵測器規格中，利用 4KHz 代表偵測器距離 1 公尺，將使得都卜勒效應的誤差影響降至可忽略的程度。

表 1.2.1-1 95 年度及本期雷達規格

脈波重複頻率	$PRF = 4\text{KHz}$, $T_s = \text{Sweep Time} = 0.25\text{ms}$
三角波資料速率	$\text{Data Rate} \leq 2\text{KHz}$
RF 頻寬	BRF 150MHz ;
Max. Range Freq. Shift	$(2\text{BRF} * R) / (c T_s) = 240\text{KHz}$ (距離在 60 米內)
脈波壓緒比	$\text{Modulation Factor} = 150\text{MHz} / 4\text{KHz} = 37500$
距離解析度 DRR (Down Range Resolution)	$c / (2\text{BRF}) = 1\text{m}$
波長	2.85cm(10.52GHz)
最大偵測速率	57m/s(即 200Km/h)
視頻頻寬	250KHz
類比轉數位頻寬	$2\text{FS} \geq 500\text{KHz}$
距離閘數最少需求	取 $500\text{KHz} * 0.25\text{ms} = 125$ 點 (故傅立葉轉換需 128 點)

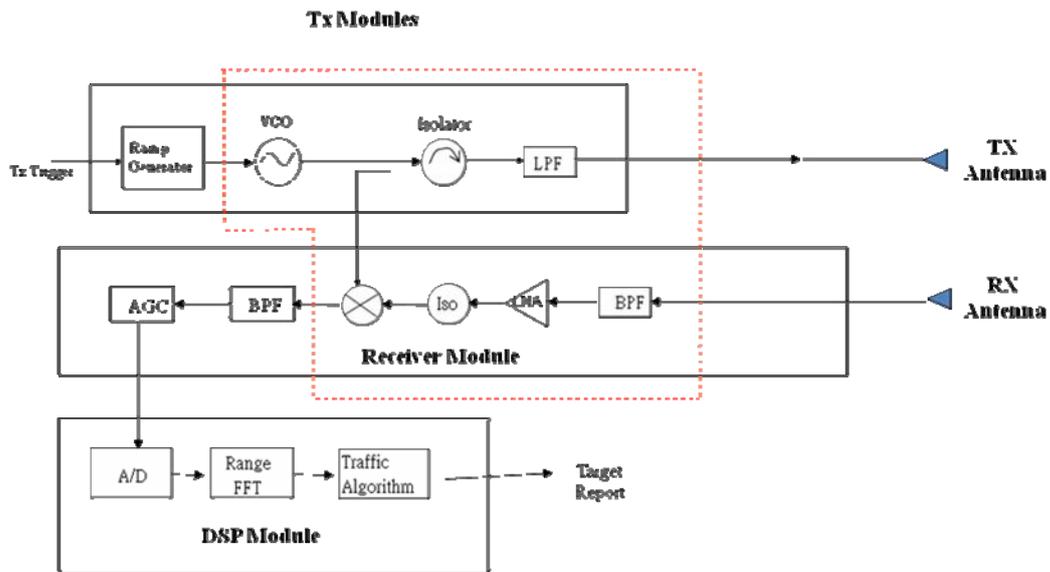


圖 1.2.1-4 偵測器整體架構

偵測器架構如圖 1.2.1-4 所示，發送觸發訊號（Tx Trigger）產生後，驅使三角波產生器（Ramp Generator）產生三角波送至紅色虛線範圍區塊，此區塊為 CMOS 微波單晶片感應器，其細部架構如圖 1.2.1-5 所示，待其處理完畢成為 IF out 訊號。此 IF out 信號藉著 AGC（Automatic Gain Control，自動增益放大器）穩定取放大至待解調的信號強度，送入 ADC（Analog to Digital Converter）數位化之後，經快速傅立葉，分辨出在不同車道中移動物體的速度與距離；而後再將此 Raw Data，經由交通參數演算法，化解為有意義的交通網路行車資訊。

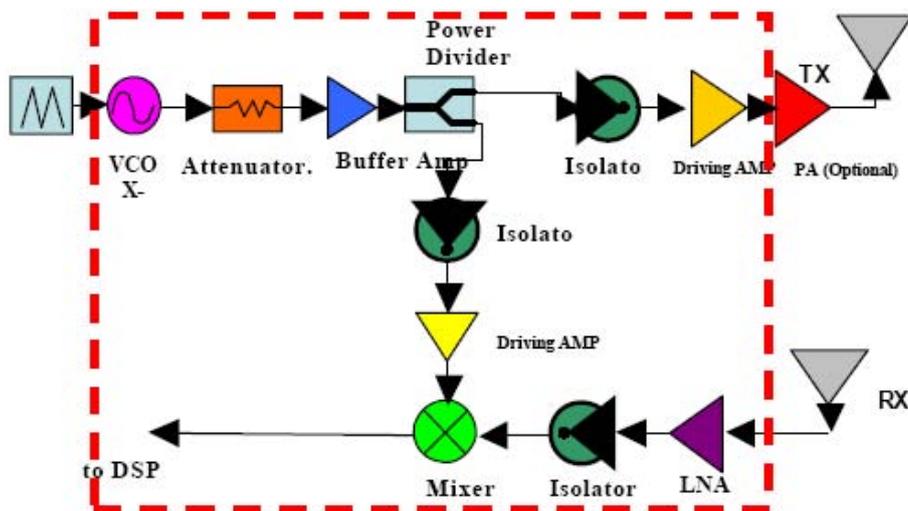


圖 1.2.1-5 CMOS 微波單晶片感應器之晶片系統方塊圖

CMOS 微波單晶片感應器的設計依據團隊成員取得之臺灣及美國專利進行設計而成，採用一種新型的合成波導技術，稱之為 CCS TL (complementary-conducting-strips Transmission Line)，故雖然晶片內空間狹窄，但具有比傳統架構更好的隔離性。另外，95 年度以及本期計畫所採用之 DSP 硬體，其規格如表 1.2.1-2：

表 1.2.1-2 95 年度及本期計畫 DSP 硬體規格

處理器	TI TMS320C6701
記憶體	SRAM 128K*32, EEPROM512K*8
資料緩衝器	4K*8*2*2
時序控制器 (CPLD)	Altera EMP3256ATC144-10
重置功能	Watchdog Timer, Push Button
介面	非同步串列通訊：RS-232 及 RS-422
線上除錯介面	JTAG 14 Pins 接頭
中頻介面	SMA female 接頭，中頻 A/D，取樣頻率至少 500KHz @16Bits
電源輸入	+5Vdc
外觀大小	≤ 18cm*14cm

處理器 6701 晶片組為浮點運算處理器為德州儀器 (TI) 所製造，為相當高階之處理晶片，本研究之所以採用此處理器，理由為保有偵測器設計時的餘裕，待演算法與硬體架構成熟至可量產時，即可選用價格較為低廉之處理器，如 6713、6726 等同時滿足效能與價格的需求。

DSP 模組與外部溝通介面則具有多種方式，如透過 JTAG 來進程式修改，或透過 RS-232 進行目標資料傳輸給流量量測系統，更可透過 GPIO 傳訊號來搭配 CCD 相機控制，進行即時監控。整體來說 DSP 模組的主要功能，是根據中頻輸入訊號來判斷目標物之距離與方位及相關的控制。中頻輸入訊號透過 ADC 變成數位訊號，故決定 ADC 之表現與 No missing codes (Resolution)、Integral linearity error、Total Harmonic distortion、Signal-to-(Noise + Distortion)、Throughput、Power supply rejection ratio 等因素有關。

中頻數位訊號經 DSP 處理後，得到目標物的相關數據，並參考外界的類比介面訊息(這些訊息是以固定時間，經由 Analog switch、Analog MUX、及慢速的 ADC 路徑獲得)，綜合判斷之後，再經由 DAC 及 Sample & hold 路徑，可以固定時間方式去控制類比介面，達到即時控制的目的。

1.2.2 偵測器軟體

94 年度在微波偵測器的顯示部分，既有成果採用 2 種方式來呈現，分別為 (1) 以 LabVIEW 軟體顯示。(2) 以即時程式顯示。LabVIEW 乃 Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench 的簡稱，為一種圖形化程式語言(又稱之為 G 語言)，意即指令多數是看見圖形便大概知道其用途，也因為如此，它較一般其它的語言容易著手學習。不單如此，LabVIEW 還有包括資料擷取 (DAQ)、資料分析與結果呈現…等其他功能。此外，LabVIEW 更提供量測後的數學分析與顯示功能。而電腦可以藉著 DAQ 卡來和外界做溝通，透過 LabVIEW 的配合，便可以利用電腦來取代示波器及訊號產生器的功能。

既有成果中使用 LabVIEW 作為偵測器接收到之車輛波型及頻譜顯示，圖 1.2.2-1 即是實際操作之畫面，於畫面左半部會顯示信號在時域之波型及頻域之頻譜，而右方會顯示出於頻譜中峰值之頻率值及峰值頻率之振幅大小。在此期研究中，本研究延續既有偵測器軟體演算法，進行改良加入車種分辨演算法進行車種辨識，依照前述架構所產生之頻域資料進行演算。

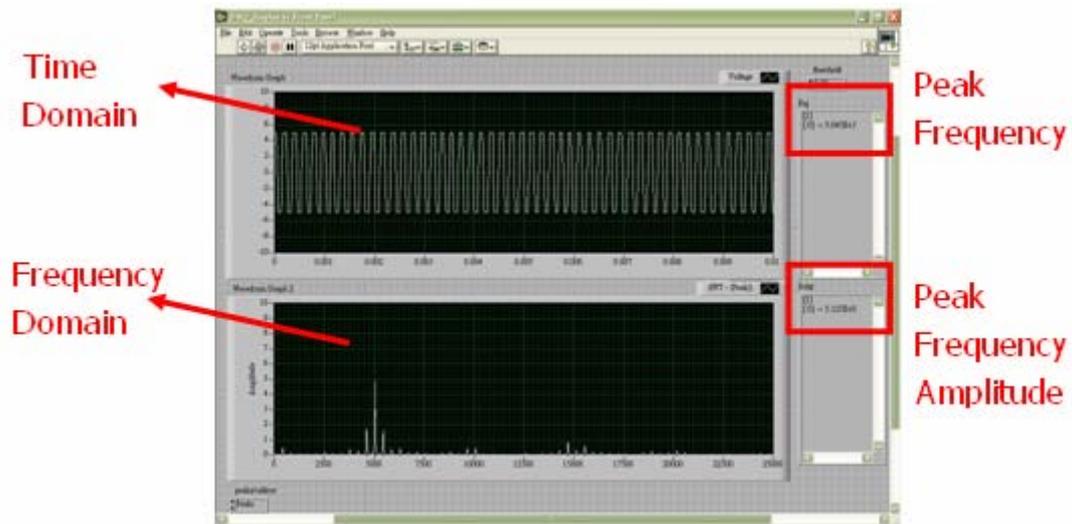


圖 1.2.2-1 LabVIEW 顯示畫面

即時程式則如圖 1.2.2-2 所示，利用美商國家儀器（NI）的 DAQ 擷取卡將偵測器所接收到之信號擷取至電腦中，再利用程式進行 FFT 運算、即時交通資訊演算法來產生即時資訊，並於電腦螢幕上顯示。程式開始後會同時運作 2 個程序：抓取時間，以及透過擷取卡抓取訊號的資料，將取得的訊號資料分別加以紀錄與進行快速傅立葉轉換，將時間序列的資料轉換成頻率序列，輸出波形至圖表上，利用 Labview 所提供的功能找出 Peak 值顯示於欄位，重複這樣的程序直到使用者中斷。

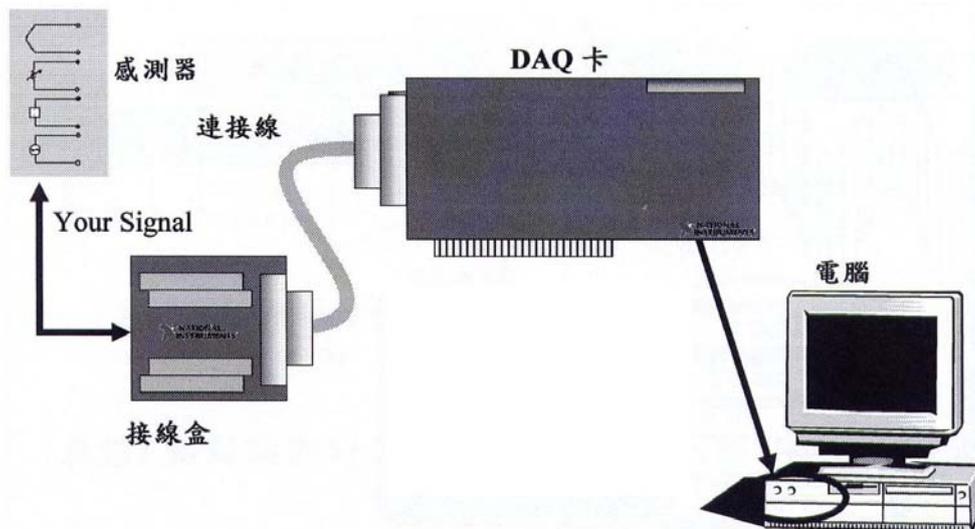


圖 1.2.2-2 使用 DAQ 卡進行資料擷取

圖 1.2.2-3 即為此即時程式運作之實際情形，畫面上方為即時之交通資訊顯示，由左至右分別為：有無車、速度、佔有率、流量之資訊。而畫面左下方為偵測器所接收到之信號頻譜，右下方為當時之道路畫面。



圖 1.2.2-3 即時程式運作畫面

95 年度以及本期計畫加入 DSP 模組，其軟體架構的部分，藉由程式化，可依據不同脈衝重複頻率 (PRF)，每發射一次脈衝並接收 RF 回波，經 A/D 擷取出訊號之後，會經過快速傅利葉轉換，解出距離方向回波大小。除建構 DSP 基本軟體架構外，本研究並應用較為簡易的模組進行驗證演算法功能之平台開發，運行架構如圖 1.2.2-4，採用固定週期的方式來規劃架構，以 CPU 的速度，DSP 6713 運作時脈為 225MHz，利用與時脈固定比率的規律驅動 ADC，而 ADC 擷取訊號的暫存區記憶體位置堆滿，會驅使 EDMA 將資料搬移至適當的記憶體位置，直到搬移完一個固定數量，EDMA 將會送出插斷訊號給 DSP，進行 FFT 的演算，直到演算完成，接著進行交通參數演算法的運算，最後將計算出的交通資訊利用 RS-232 送出，完成一個週期的工作。

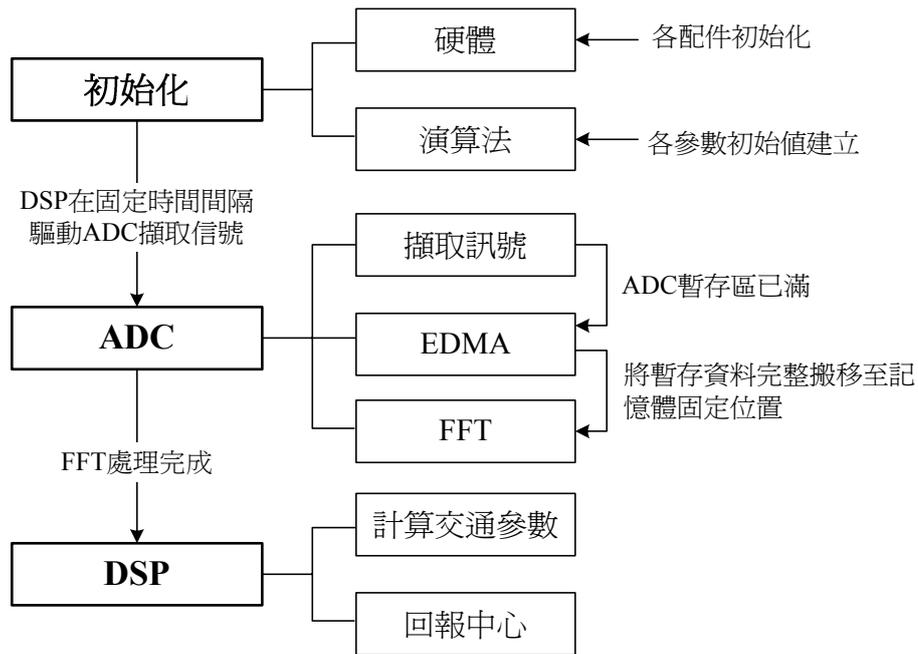


圖 1.2.2-4 精簡 DSP 平台運行架構圖

演算法在 DSP 將接收到的訊號以 FFT 處理完畢之後，便依循如圖 1.2.2-5 之演算法架構開始進行連續的處理步驟，首先將訊號與在初始化紀錄無車的乾淨訊號進行相減，消去其他物體的干擾，接著利用峰值出現於多少頻率處，判別車輛所在車道，並紀錄車輛位於虛擬 Loop 範圍中所佔時間，進行交通參數的演算。

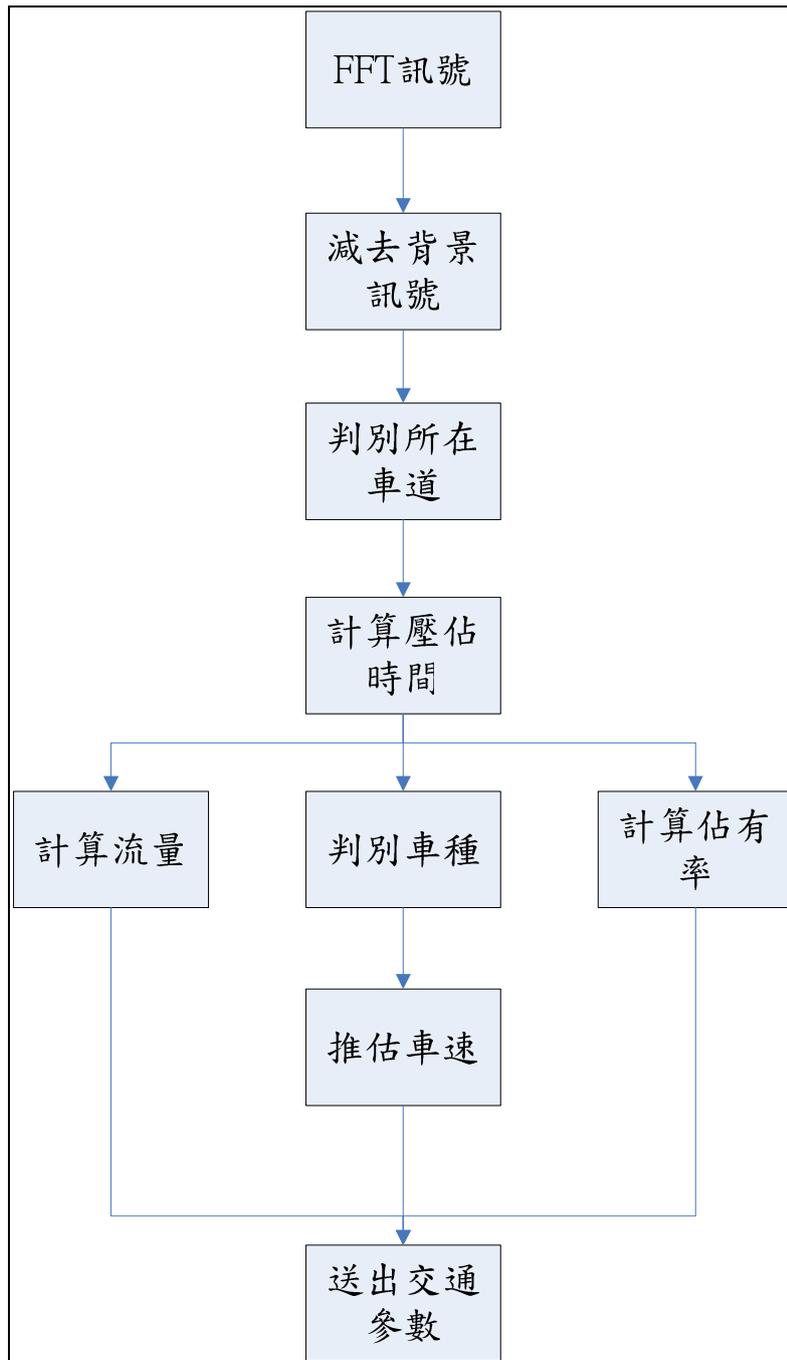


圖 1.2.2-5 精簡 DSP 平台運行流程圖

當車輛離去後，完成計算相關參數，因車長與車速在單一環形偵測器演算法架構是互為因果，本研究在此版本演算法中，先對車種進行推估，計算對應平均車長，再利用此推估車長計算車速，最後彙整所計算出之所有交通參數，配合符合我國都市交通控制通訊協定 3.0 版內容之前端偵測單元及後端資料處理單元，利用 RS-232 傳輸回交通控制中心。以下為 95 年度計畫判別大

小車的 7 種指標：

- (1) **進入迴圈的資料筆數**：此方法為設定一進入門檻值與離開門檻值，以此採樣地點進入門檻值設為 0.2，若資料的能量值大於 0.2 則累加筆數，當累積筆數大於 2 筆，則計算為進入筆數；因為受限於儀器、天候(例如：風)與電壓等環境不穩定因素，此些因素皆有可能會造成收集到能量值不穩定的變化，所以在累積筆數超過一特定值後，再將其列為真正進入筆數，否則若一超過門檻值即視為進入迴圈，則可能為先前所述不穩定因素影響之誤判結果。
- (2) **進入迴圈的最大能量值**：承上，在進入筆數的資料中紀錄能量值最大的，為其一特徵值。
- (3) **進入迴圈的平均能量值**：承上，在進入筆數的資料中紀錄平均能量值，為其一特徵值。
- (4) **進入迴圈的總能量值**：承上，在進入筆數的資料中紀錄其累積能量值，為其一特徵值。
- (5) **進入迴圈資料的均方根(Root Mean Square, RMS)**：若有 n 筆資料變數 x ，則其 RMS 為 $R(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$ ，其概念與標準差相似，目的在看資料的分散程度，亦為其一特徵值。
- (6) **3D 總能量**：判斷車輛進入後，以頻率和時間為底將能量累積起來，亦為其一特徵值。
- (7) **3D 總能量/進入筆數**：承上，將所獲得的 3D 總能量除以進入迴圈的資料筆數，亦為其一特徵值。

將前述之 7 種方法用於分析資料，利用所收集到之大小車樣本，分別對上述之方法加以比較，以獲得各方法在不同車道之適用性。將各指標在各車道的平均值取一倍標準差為範圍，以此範圍作為此指標適用的範圍，依照測試結果分別敘述各車道所適用指標：

表 1.2.2-1 車道判斷大小車指標適用範圍

車道	1		2		3	
車種	小車	大車	小車	大車	小車	大車
進入總筆數	8.77 至 19.36	14.41 至 23.92	5.89 至 18.12	13.30 至 22.93	6.89 至 17.02	13.81 至 25.25
平均	x	x	0.27 至 0.68	0.53 至 0.77	0.24 至 0.62	0.52 至 0.69
全域最大	x	x	0.52 至 2.03	0.96 至 2.25	0.58 至 1.42	0.94 至 2.06
總能量	x	x	1.98 至 10.00	9.04 至 14.49	2.25 至 6.42	8.48 至 16.00
均方根	x	x	0.31 至 0.85	0.57 至 0.93	0.26 至 0.69	0.57 至 0.82
3D 總能量	7.80 至 53.54	64.86 至 11.61	7.74 至 42.80	31.27 至 88.52	9.45 至 36.75	28.69 至 88.33
3D 總能量 /進入筆數	0.91 至 4.26	3.84 至 5.58	0.80 至 2.74	2.06 至 4.13	0.64 至 2.50	1.72 至 3.77

對於不同車道適用之指標皆不同，對於第 1 車道而言，進入迴圈的資料筆數、總能量、3D 總能量與 3D 總能量除以進入迴圈筆數為較適之判別大小車之指標，對於第 2 車道與第 3 車道而言，進入迴圈的進入筆數、平均能量、最大能量、總能量、均方根、3D 總能量與 3D 總能量除以進入迴圈筆數皆適合用於判別大小車之指標，整理如表 1.2.2-1（畫 x 表示該車道不適合用此指標判斷大小車），所以對於不同車道在做大小車的判斷時，須對不同指標下不同的權重，以利於有效判斷。

而於 96 年度計畫中，以軟體架構為主要重點，將於 1.3 節詳細說明。

1.2.3 實測分析結果

94 年度為經過影片截圖搭配波形資料的觀察，找出不同車種間大致的波形特色後，再進行資料庫之建置與分類的工作，表 1.2.3-1 為資料庫分類情形：

表 1.2.3-1 圖像波形資料庫分類表

圖像波形資料庫	單車道小型車	一般房車
		休旅車
		小巴士
		無貨櫃小貨車
		有貨櫃小貨車
	單車道大型車	有貨櫃大卡車(含砂石車)
		無貨櫃大卡車
		水泥車
		大型巴士(含公車)
	單車道小型車相連	
	單車道大型車相連	
	相鄰車道皆小型車	
	相鄰車道皆大型車	
	相鄰車道混合大、小型車	
機車		

表 1.2.3-2 為測試 30 輛車之數據分析，平均準確度為 72.07 %。整體來說，準確率並沒有很高，但以個別車輛來看，可發現半數車輛準確率皆至少能達到 85% 以上，準確率算相當不錯。整體平均準確率被其中數輛車之值拉低，造成該幾輛車準確率偏低的因素在於微波偵測器預設車輛長度均為 4 公尺，因此若車長明顯大於 4 公尺的大型車通過，則會被誤判為車輛緩緩經過，因此偵測速度會遠低於雷射測速槍所測得的數值。反之，若為迷你車通過所偵測的速度會遠高於雷射測速槍所測得的數值。

表 1.2.3-2 94 年度微波偵測器之車速準確度分析表

測試地點	慈雲路靠近公道五路口			時間	94 年 11 月 18 日(五)		
有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	差距(%)	有效樣本車序	VD 車速	雷射槍車速	差距(%)
1	88.4	59	49.83%	16	38.85	44	11.70%
2	55.7	58	3.97%	17	41.28	45	8.27%
3	51.49	60	14.13%	18	36.53	54	32.35%
4	55.04	48	14.67%	19	51.8	49	5.71%
5	96.66	65	48.71%	20	58.92	52	13.31%
6	85.22	54	57.81%	21	56.2	40	40.50%
7	46.1	55	16.18%	22	61.9	61	1.48%
8	20.3	54	62.41%	23	88.06	81	8.72%
9	19.33	56	65.48%	24	51.8	66	21.52%
10	19.01	48	60.40%	25	61.92	57	8.63%
11	41.29	54	23.54%	26	56	64	12.50%
12	51.41	52	1.13%	27	23.6	62	61.94%
13	68.92	62	11.16%	28	76.9	81	5.06%
14	17.93	50	64.14%	29	86.15	64	34.61%
15	86.19	55	56.71%	30	68	56	21.43%
平均差距	27.93%						

95 年度在車種辨識以及車道判別上，收集 434 筆資料，其中小車樣本 380 筆，大車樣本 54 筆，使用先前 1.2.2 節所述之各車道適合之指標(進入迴圈的最大能量值、平均能量值、總能量、資料的均方根值、3D 總能量以及 3D 總能量/進入筆數)，先以頻率判斷車道，再依照指標判斷各車道大小車之指標門檻值，測試結果如下表 1.2.3-3 所示。

表 1.2.3-3 95 年度判斷車道及大小車測試結果

車種	車道	樣本車數	車道錯誤	大小車錯誤	總錯誤	車道正確率	大小車正確率	總正確率
小車	1	151	3	4	5	0.98	0.97	0.97
	2	110	1	3	8	0.99	0.97	0.93
	3	119	4	13	17	0.97	0.89	0.86
大車	1	6	3	1	3	0.5	0.83	0.50
	2	22	0	4	4	1	0.82	0.82
	3	26	0	1	1	1	0.96	0.96

由辨識結果可知本研究以所設之頻率區分車道，以及各車道使用不同指標、設定不同門檻值對於判斷大小車有不錯的成效，各車道的總正確率（除大車在第 1 車道外）皆在 82%至 97%，至於大車在第 1 車道的總正確率只有 50%主要的原因在於車道判別錯誤，可能原因為因為本次所設的邏輯判斷車道的方法是利用總能量中最大能量出現的位置，當大車在第 1 車道時，因為其高度較高又較靠近雷達發射源，促使接收端誤判，誤以為較高處反射之能源是由其鄰近車道（第 2 車道），所以第 1 車道之大車能量最大值不一定會出現在車輛出現的車道，故無法正確辨識；另一方面第 1 車道資料太少也是一個問題；但總體而言，由測試結果可知本計畫之車道辨識與大小車之參數判斷具有不錯之結果。

本研究於每車道收集波型資料的同時，亦利用測速槍對樣本車輛進行實際速度的紀錄，以便實際分析時能與偵測器所測量之速度做比對，以探討本研究偵測器之速度準確率，其各車道之速度準確率的測量結果如表 1.2.3-4 至 1.2.3-7 所示。

表 1.2.3-4 95 年度第 1 車道速度準確率測試結果

第 1 車道									
有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)	有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)
1	小車	32	37	13.51%	16	小車	55	40	37.50%
2	小車	28	31	9.68%	17	小車	48	36	33.33%
3	小車	36	35	2.86%	18	大車	40	35	14.29%
4	小車	43	35	22.86%	19	小車	44	46	4.35%
5	小車	34	25	36.00%	20	小車	65	81	19.75%
6	小車	42	30	40.00%	21	小車	73	58	25.86%
7	小車	42	31	35.48%	22	小車	56	43	30.23%
8	小車	31	37	16.22%	23	小車	50	52	3.85%
9	小車	38	40	5.00%	24	小車	45	39	15.38%
10	小車	41	43	4.65%	25	小車	48	46	4.35%
11	小車	54	79	31.65%	26	小車	51	43	18.60%
12	小車	51	36	41.67%	27	小車	58	47	23.40%
13	小車	47	32	46.87%	28	小車	38	40	5.00%
14	小車	64	70	8.57%	29	小車	45	53	15.09%
15	小車	57	48	18.75%	30	小車	35	38	7.89%
平均差距：19.75%									

表 1.2.3-5 95 年度第 2 車道速度準確率測試結果

第 2 車道									
有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)	有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)
1	小車	65	67	2.99%	16	小車	45	36	25.00%
2	小車	30	32	6.25%	17	小車	51	49	4.08%
3	小車	41	41	0.00%	18	小車	69	54	27.78%
4	小車	62	50	24.00%	19	小車	44	57	22.81%
5	小車	51	70	27.14%	20	小車	56	58	3.45%
6	小車	53	36	47.22%	21	小車	42	36	16.67%
7	小車	49	43	13.95%	22	大車	49	35	40.00%
8	小車	63	42	50.00%	23	小車	44	43	2.33%
9	小車	58	56	3.57%	24	小車	59	70	15.71%
10	小車	41	33	24.24%	25	小車	69	58	18.97%
11	小車	47	38	23.68%	26	小車	55	69	20.29%
12	小車	42	32	31.25%	27	小車	45	49	8.16%
13	小車	49	52	5.77%	28	小車	47	53	11.32%
14	小車	59	44	34.09%	29	小車	39	42	7.14%
15	小車	52	36	44.44%	30	小車	55	48	14.58%
平均差距：19.23%									

表 1.2.3-6 95 年度第 3 車道速度準確率測試結果

第 3 車道									
有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)	有效樣 本序	實際 車種	測速槍 車速	偵測器 車速	差距 (%)
1	小車	46	52	11.54%	16	小車	43	48	10.42%
2	小車	57	65	12.31%	17	小車	39	42	7.14%
3	小車	41	37	10.81%	18	小車	48	44	9.09%
4	小車	50	55	9.09%	19	小車	45	43	4.65%
5	小車	43	36	19.44%	20	小車	50	59	15.25%
6	小車	70	66	6.06%	21	小車	28	27	3.70%
7	小車	33	38	13.16%	22	小車	47	46	2.17%
8	小車	54	70	22.86%	23	小車	45	37	21.62%
9	小車	47	47	0.00%	24	小車	43	57	24.56%
10	小車	25	36	30.56%	25	小車	51	57	10.53%
11	小車	46	37	24.32%	26	小車	48	40	20.00%
12	小車	32	34	5.88%	27	小車	51	57	10.53%
13	小車	68	62	9.68%	28	大車	34	28	21.43%
14	小車	46	58	20.69%	29	小車	51	47	8.51%
15	小車	44	41	7.32%	30	小車	36	40	10.00%
平均差距：12.78%									

表 1.2.3-7 95 年度第 4 車道速度準確率測試結果

第 4 車道									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	小車	35	40	12.50%	16	小車	43	37	16.22%
2	小車	30	21	42.86%	17	小車	31	22	40.91%
3	小車	33	36	8.33%	18	小車	19	20	5.00%
4	小車	37	34	8.82%	19	小車	27	31	12.90%
5	小車	36	25	44.00%	20	小車	39	24	62.50%
6	小車	40	32	25.00%	21	小車	39	41	4.88%
7	小車	34	30	13.33%	22	小車	37	42	11.90%
8	小車	37	45	17.78%	23	小車	30	23	30.43%
9	小車	42	40	5.00%	24	小車	41	37	10.81%
10	小車	43	36	19.44%	25	小車	33	38	13.16%
11	小車	23	17	35.29%	26	小車	44	40	10.00%
12	小車	38	38	0.00%	27	小車	27	37	27.03%
13	小車	35	35	0.00%	28	小車	47	42	11.90%
14	小車	38	34	11.76%	29	小車	54	38	42.11%
15	小車	43	34	26.47%	30	小車	37	36	2.78%
平均差距：19.10%									

經由上列資料分析的結果，儘管各車道在車輛速度正確率的部分，平均皆有到達 20% 以下的差距，但個別來看可發現仍有許多車輛的實際車速和量測結果差距相當大，主要原因在於車輛經過偵測器偵測範圍的時間不易確定，易受車輛進入及離開波形之反射點影響。

另一方面，本研究的車輛速度計算採用 Single Loop 演算法，因此車輛長度是一項判斷速度的重要資訊。儘管本研究目前對於大小車輛之車種判別情形有著不錯的準確率，並針對不同的車種判定結果，給予設定不同的固定車長，以作為計算車速之用，但實際上判別為大小型車之各類車輛的長度，彼此之間仍有所差異，這對於速度的判別上亦會造成困難。

除側向速度偵測外，正向測速結果如表 1.2.3-8 所示，在測得之 30 輛車樣本中，其速率與測速槍之測速結果比較，其平均差距低於 4.79%，整體來說準確率算相當地高。再進一步以個別車輛來看，會發現大型車的準確度會比小型車稍差，造成此差異的原因為大型車反射波形之頻寬較小型車大的許多，對於其頻率移動位置狀況的掌握較小型車差，故會造成單位時間內之頻率移動差距的誤判，間接影響車速判別。

表 1.2.3-8 95 年度正向車速準確率分析表—微波偵測器

測試地點：新竹市光復路人行天橋							
有效樣本車序	偵測器車速	測速槍車速	差距(%)	有效樣本車序	偵測器車速	測速槍車速	差距(%)
1	48.6	47	3.40%	16	37.8	31	21.94%
2	38.7	37	4.59%	17	54	50	8.00%
3	54	55	1.82%	18	63	57	10.53%
4	48.6	47	3.40%	19	38.7	48	19.37%
5	54	55	1.82%	20	45	43	4.65%
6	40.5	43	5.81%	21	45	48	6.25%
7	43.2	46	6.09%	22	47.7	44	8.41%
8	45	48	6.25%	23	54	63	14.29%
9	55.8	53	5.28%	24	29.7	30	1.00%
10	55.8	54	3.33%	25	44.1	45	2.00%
11	55.8	57	2.11%	26	52.2	46	13.48%
12	47.7	47	1.49%	27	46.8	43	8.84%
13	50.4	47	7.23%	28	46.8	43	8.84%
14	45.9	42	9.29%	29	50.4	45	12.00%
15	39.6	36	10.00%	30	47.7	46	3.70%
平均差距：4.79%							

機車偵測的部分，雖然本研究所研發之微波偵測器目前確實能抓取到機車經過時的波形訊號，但因其訊號強度過小，造成無法與其它干擾的雜訊做出明顯的區分，易造成誤判的情形。

96 年度期中時，在軟體方面，加入了自動判定車道以及車速的功能，採用在 96 年 5 月 31 日在竹北水門所收集之 80 輛車資料判別結果為 4 車道，而各車道所對應之頻率範圍如圖 1.2.3-1：

```

63195,tempIn 0,temp_leave 0      maxval = 0.314721 , thrshld = 0.757866
=====
      start  end count l_err r_err      thrshld
lane1  10   12   13    0    0      0.635591  0.231938  0.367922
lane2  12   14   23    0    0      0.367922  0.842507  0.258852
lane3  16   18   52    0    0      0.003524  0.868593  0.344217
lane4  19   21    2    0    0      0.056302  0.892101  0.342777
=====
learning car:=13 23 52 2 0 0 0 0 0 0 0
[10,1] [11,4] [12,8] [13,21] [14,2] [17,16] [18,36] [19,1] [20,1]

```

圖 1.2.3-1 96/5/31 竹北水門實測結果

而車輛速度的有效樣本數共 81 筆，其中包含大車 9 筆、小車 72 筆，而在收集資料的同時，亦利用測速槍對樣本車輛進行實際速度的紀錄，並與車速演算法結果相比較，其結果如表 1.2.3-9、表 1.2.3-10、表 1.2.3-11 和表 1.2.3-12 所示。

表 1.2.3-9 96 年度第 1 車道車輛速度實測結果

第 1 車道									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	小車	32	56	75.15%	9	小車	49	61	24.35%
2	小車	49	57	15.35%	10	小車	46	57	22.96%
3	小車	55	80	46.20%	11	小車	27	22	19.81%
4	小車	65	69	6.51%	12	小車	30	27	10.63%
5	小車	33	31	7.00%	13	小車	35	48	36.26%
6	小車	59	82	38.68%	14	小車	39	37	4.00%
7	小車	18	20	10.96%	15	小車	38	52	36.18%
8	小車	57	44	23.03%	16	小車	29	9	69.93%
總和平均差距：27.94%									

表 1.2.3-10 96 年度第 2 車道車輛速度實測結果

第 2 車道									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	小車	38	50	30.74%	7	小車	55	46	21.05%
2	小車	59	43	26.95%	8	小車	48	59	40.48%
3	小車	56	76	35.71%	9	小車	40	52	18.18%
4	小車	57	74	30.67%	10	小車	44	71	4.81%
5	小車	51	53	4.75%	11	小車	65	81	26.56%
6	小車	48	65	35.42%					
小車平均差距：25.03%									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	大車	54	31	42.22%	3	大車	56	56	0%
2	大車	27	21	21.78%	4	大車	47	34	27.55%
大車平均差距：23.00%									
總和平均差距：24.49%									

表 1.2.3-11 96 年度第 3 車道車輛速度實測結果

第 3 車道									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	小車	52	53	1.88%	14	小車	55	46	15.91%
2	小車	69	94	35.61%	15	小車	44	50	13.89%
3	小車	35	27	21.57%	16	小車	49	57	16.12%
4	小車	55	60	9.09%	17	小車	45	56	25.46%
5	小車	68	71	4.85%	18	小車	46	45	2.67%
6	小車	48	66	37.63%	19	小車	34	20	40.99%
7	小車	53	65	22.02%	20	小車	52	67	29.52%
8	小車	40	27	31.83%	21	小車	53	69	29.78%
9	小車	40	46	15.05%	22	小車	56	52	7.48%
10	小車	32	40	25.54%	23	小車	48	72	49.08%
11	小車	53	77	45.55%	24	小車	29	31	5.66%
12	小車	34	46	35.43%	25	小車	48	64	34.30%
13	小車	52	70	33.81%	26	小車	43	14	66.90%
小車平均差距：25.55%									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	大車	48	30	37.85%	4	大車	51	33	35.73%
2	大車	51	35	31.06%	5	大車	50	37	26.40%
3	大車	50	34	32.84%					
大車平均差距：32.78%									
總和平均差距：26.68%									

表 1.2.3-12 96 年度第 4 車道車輛速度實測結果

第 4 車道									
有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)	有效樣本序	實際車種	測速槍車速	偵測器車速	差距 (%)
1	小車	43	27	36.49%	11	小車	58	39	33.26%
2	小車	52	42	19.50%	12	小車	45	37	17.67%
3	小車	22	18	17.00%	13	小車	48	39	18.92%
4	小車	46	34	26.98%	14	小車	40	29	27.43%
5	小車	46	33	27.54%	15	小車	43	29	31.74%
6	小車	47	35	25.28%	16	小車	41	38	8.11%
7	小車	40	30	23.95%	17	小車	34	25	25.88%
8	小車	46	53	14.53%	18	小車	34	28	18.35%
9	小車	45	48	6.27%	19	小車	40	31	22.85%
10	小車	47	42	9.70%					
平均差距：21.66%									

由上表實測資料分析，本次車速實測的誤差率大約落在 21%~28%之間，其中以第 4 車道的誤差率最低，第 1 車道最高；而以不同車種來討論，小車的誤差率最高發生在第 1 車道的 27.94%，而大車的誤差最高為第 3 車道的 32.78%。

與前期結果相比，本期的準確率似乎較差，但本期主要增加了依不同架設環境去自動估算偵測範圍的功能，避免以前實測時由測試人員自行開車去量測每一車道偵測範圍工作的危險性，但目前估算的結果尚有誤差，所以會造成準確率較前期降低的結果。

除此之外，誤差的來源還有進出偵測範圍時間的判定與偵測範圍的變化 2 種。在實測過程中發現到有些時候會將同一輛車的進出時間誤判成 2 輛車，如此會造成計算出來的結果是 2 輛速度較快的車，如此便會造成誤差；而偵測範圍的變化主要是跟車輛外型有關，就算對同一車種的車來說，其偵測範圍會因外型不同造成雷達截面積也不盡相同，如此一來便會造成偵測範圍也跟雷達截面積的變化有關，也使得速度的計算會產生誤差。

1.3 本期計畫架構

本期硬體重點分為 4 大部分：CMOS FMCW 調變射頻系統晶片 (CMOS FMCW SOC) 研發、相關的 FMCW 射頻前端模組設計暨組裝、中頻系統之組裝，與天線陣列設計與組裝。CMOS FMCW 調變射頻系統晶片為世界首度發表完成 CMOS 0.18 μ m 1P6M 製程設計出 FMCW RF 之系統晶片，它提供了所有 RF 信號處理所需的元件；藉著專利的積體電路波導技術，達到縮小被動微波元件在 CMOS 晶片之面積，更重要的因素在於其能有效地抑制電磁干擾。由於 RFIC 必須整合在 PCB 板上，因此需要與其它的元件做整合，最重要的元件為 RF 元件，它用來彌補新開發的 CMOS RF FMCW SOC 之不足，才能順利將 RF CMOS FMCW SOC 的信號能量取出或輸入。在本計畫中，中頻電路在微波偵測器中扮演 2 種角色：一是提供三角波形之調變信號；二是處理 RF 前端模組所產生的差頻（中頻）信號。前者協助產生 FMCW 調變信號；後者則更需要對整體信號處理之全盤瞭解，做適切的信號處理與補償。雖然中頻信號處理不在 RF 信號處理的範圍內，但本研究對中頻之瞭解有助於整體微波偵測器之發展。在天線設計與組裝方面，有關用 Leaky-mode 來設計微波偵測器所使用之天線，實際安裝時，上述因為加上 Radom 所造成的角度偏移及損耗做仔細、量化之評估，供將來改進的參考。

本期軟體重點在於能夠自動學習相關的控制參數與交通參數。交通參數包括車道數、車種、車速與佔有率等資訊，而這些參數都是最終交通工程師或是交通管理師用來掌握道路狀況的關鍵數值。然而上述這些交通參數，藉由所學習到的控制參數與正確的演算法來支持，而本計畫將上述交通參數的學習流程，用圖 1.3-1 來表示：

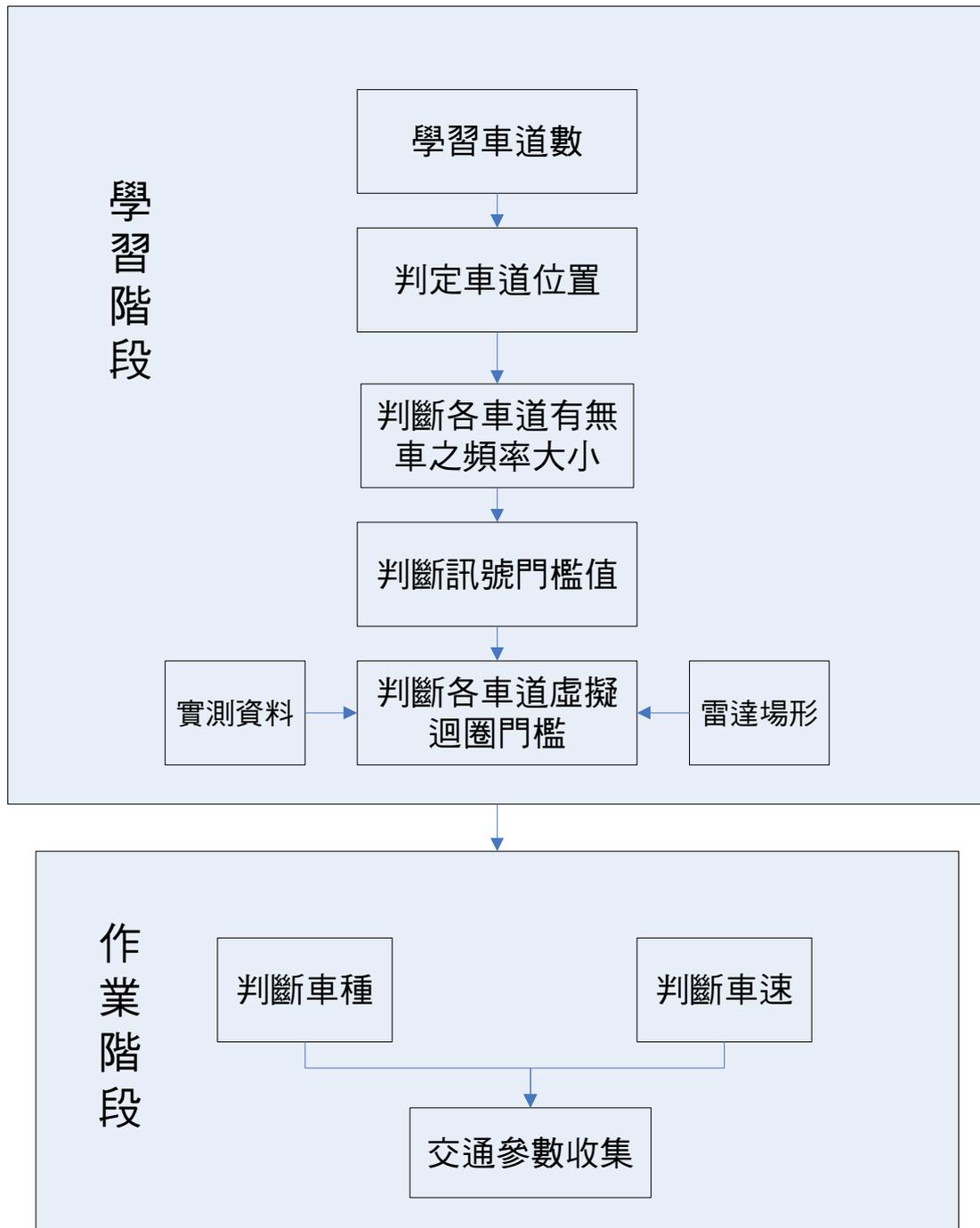


圖 1.3-1 軟體流程架構

學習階段一開始是將電壓值透過傅立葉轉換，轉換成頻域與能量強度的關係，這也是演算法裡面最重要的假設，期望能量強度能與車輛反射的面積成正比；換句話說，大車會有較大的反射的能量強度，反之亦然。

基於演算法的假設，就可以開始控制參數的學習設定，首先要得到的交通參數為車道數，學習車道數相關的控制參數包含各頻率的背景平均值，訊號值大於背景平均值的持續次數等等。學習完車道數後，會得到各車道所對應的頻率中心，而各頻率反應的範圍則是依各頻率中心來進行分群運算，通常有車通過時的頻率反應範圍會需要相關的控制門檻來予以決定，且亦可能會橫跨多個頻率中心，這問題都涉及演算法的正確性與精確度。

由於訊號頻率會橫跨多個頻率中心，因此在判斷車輛通過是位於哪一個車道時，就會需要額外的交通控制門檻來過濾。此外，這控制門檻也會影響到車速與車種的判斷，倘若這控制門檻設得太高，則可能會將車速判斷得太快，亦或是將相關車種的訊息略掉，導致無法正確判斷的出車種。反之，若門檻設太低，則可能會有多餘車輛會在不同車道被判斷出來，對於車種的判斷亦有很大的影響。

LOOP 的長度是延伸自傳統單環狀線圈的概念，不同的是，這邊是以雷達反應的範圍替代之，然而依據雷達的特性，反應範圍的長度會因為不同車種、反應面積、偵測器擺放的角度、高度而有所差異。因此這部分將由 2 個方面予以著手，第一是拿理論上雷達的 3D 場形來模擬，但即便如此，如何將現實與理論做出一對一的函數對應，亦是一個問題。而第二種是建立不同距離、角度與高度的測量參考，這方法在實作上得進行各類窮取的組合，且假設鄰近測量參考之間可以使用內插方式來進行評估。

上述是軟體功能的分類，也包含各功能之間的關係與架構，此外，各軟體功能所會遭遇的問題也有一些粗略的描述。各類交通參數的正確性與精準度可能需要足夠的學習樣本來予以校正，而控制參數的選定也需要對於頻率的波形有深切的了解與掌握，才能抓得住想要的特性。

第二章 雷達硬體介紹

本年度微波偵測器之研發延續去年之雛型研發(含軟體及硬體)，在硬體部分將重點放在 CMOS 射頻系統單晶片 (RF CMOS SOC) 研發及其使用在 RF 前端模組 (RF Front-End Module, RF FEM) 上的研究。為了拓展 RF SOC 及 RF FEM 應用於微波偵測器，RF (射頻) 系統之研發必須和後端之(a)中頻系統及(b)信號處理共同研發，方可組裝新一代微波偵測器。

因此，本章分為下列四大部分，最後並做一總結與建議：分計有(1)CMOS FMCW 調變射頻系統晶片 (CMOS FMCW SOC) 研發；(2) FMCW 射頻前端模組設計暨組裝；(3)中頻系統組裝，與(4)天線陣列設計與組裝。組合(1)、(2)、(3)及(4)之各項設計組件，即形成微波偵測器之硬體部分。

2.1 CMOS FMCW 調變射頻系統晶片

在 96 年 1 月、4 月分別送出 CMOS FMCW SOC 系統晶片之製作。其中 4 月之改良版本由於製作之缺陷，本章節之所有晶片之來源係 1 月所下的。本團隊於 4 月取得晶片，經實測後，整理出下列之數據。

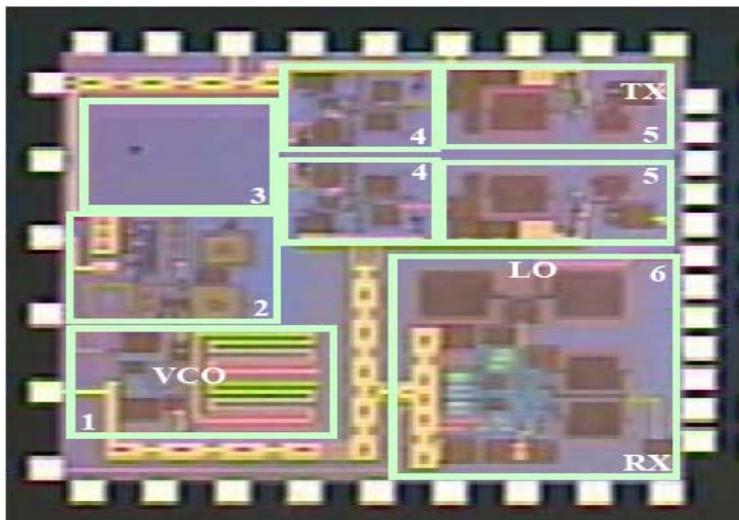


圖 2.1-1 CMOS FMCW SOC 晶片系統照相圖

圖 2.1-1 之 CMOS RF SOC 分別由六大區塊組成：(1) 壓控振盪器；(2) 緩衝驅動放大器 (Buffered Driving Amplifier)；(3) 微波功率分工器；(4) 放大器；(5) 功率放大器，與(6) 接收機，含低雜訊放大器及混波器。而圖 2.1-2 即此 CMOS RF SOC 之系統方塊圖，其工作原理根據 FMCW 調變原理來設計。 V_{CTRL} 是由中頻或基頻 (通常是數位訊號處理器所合成之類比信號輸出) 所提供。在此處，由於 VCO (Voltage-controlled Oscillator, 壓控振盪器，位於圖 2.1-1 左下角) 之實測後線性度在 0.3% 左右，因此簡化了輸入信號 V_{CTRL} 之設計，只要是三角波即可，免除了一般線性度校正之控制步驟。

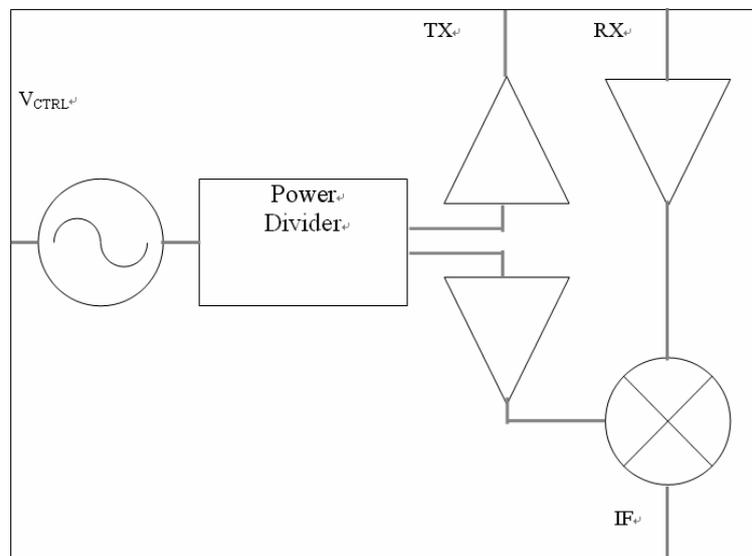


圖 2.1-2 CMOS FMCW SOC 系統晶片之簡易方塊圖

此 RF CMOS FMCW SOC 晶片經實測後，整理出下列特性：

- 0.18 μ m CMOS 1P6M Technology.
- Single Voltage Supply: 3 V.
- Build-In Power Divider.
- Build-In Resonator for VCO.
- 40dB Isolation between TX and RX.
- Frequency and POUT Controls.
- Total Power Consumption: 192 mW.
- VCO Output power/Phase noise: -18dBm/-78dBc at 100kHz offset.

這是全世界首度發表完成 CMOS 0.18 μ m 1P6M 製程設計出 FMCW RF 系統晶片，它提供了所有 RF 信號處理所需的元件。但此 RF SOC 仍未臻完善，譬如輸出功率仍不足，故外掛一粒 DA(Driving Amplifier) 來驅動天線運作。利用這種可大量生產的普及化 0.18 μ m CMOS 製程設計出來的 RF CMOS FMCW SOC 將來能再和中頻、基頻等信號處理電路整合，形成單一的微波偵測器系統晶片，這是傳統 GaAs RF 晶片所無法達成的。GaAs RF 晶片必需和基頻、中頻電路切割，才能有效地使用。利用單一電源來驅動此 RF SOC，簡化了應用時的複雜性。藉著專利的積體電路波導技術 (CCS TL, complementary-conducting-strips transmission line)，一方面達到縮小被動微波元件在 CMOS 晶片之面積，更重要的是它能有效地抑制電磁干擾。圖 2.1-1 照片之左上角即將 2 個四分之一波長 (10.525 GHz) 的傳輸線整合成一個功率分工器 (Power Divider)，同時，所有微波電路皆用 CCS TL 來合成；經實測後，發射端 (TX) 和接收端 (RX) 有 40 dB 以上之隔離度，是一般用 Hybrid PCB (Printed Circuit Board) 製作非常困難達成的。TX 端和 RX 端若隔離度被破壞，則 FMCW 之感度將大幅下降，再強的功率輸出或放大器增益之增加，皆無法提昇靈敏度，除非這種因隔離不佳所產生的干擾信號能被去除。由於測量單晶片上的微波電路所需之裝備已相當複雜，而這些裝置往往是共用而非專為本案設計而放置的，上述如 Phase Noise 應低估了實際晶片上的性能。

根據圖 2.1-2 之系統方塊圖，此 RF CMOS FMCW SOC 之測量可分二大部分：(a) 發射端 (TX) 與(b) 接收端 (RX)。

發射端經初步的 CW (Continuous Wave) mode，即單頻之測量後，取得 VCO 之 Phase Noise 及頻譜響應，得悉其功率輸出及諧波後，首要的就是 FMCW 調變信號是否能產出。在 $V_{DD}=3.0V$ 、 $V_{C3}=2.5V$ 、 $I_{total}=64mA$ 、 $Z_{LOAD}=50\Omega$ 等之測試條件下，因為 RF CMOS FMCW SOC 有二組 varactor (壓控電容器) 來控制 FM (Frequency Modulated) 調變訊號(粗調與微調)，因此會有至少兩種以上之搭配，來產生 50MHz (10.525 +/- 0.025 GHz)展頻訊號，如下兩圖所示：

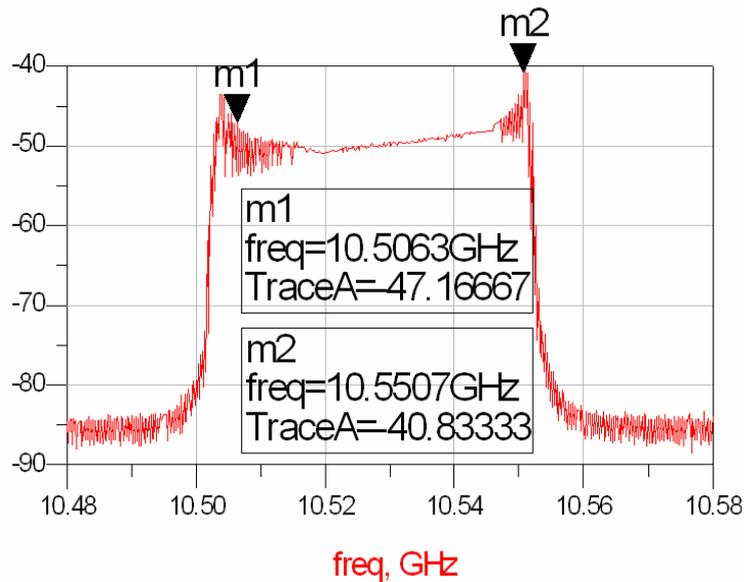


圖 2.1-3 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之實例示範（例一）

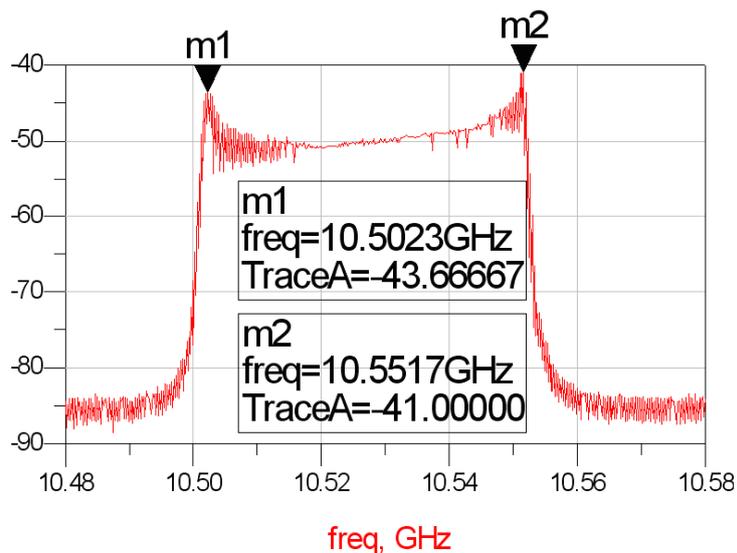


圖 2.1-4 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之實例示範（例二）

從圖 2.1-3 及圖 2.1-4 之測試數據，我們可以看出此 FMCW 信號沿著水平頻率軸展開，頻寬約 50 MHz，中心頻率約在 10.525 GHz。

FMCW 信號能順利在 TX 輸出端之產出，可以實際說明在 TX 信號處理路徑上，所有 RF 信號處理元件皆能正常工作；雖然如此，仍有一項工作需要實測後，才能知道此 TX 端信號能否讓微波偵測器順利地利用 Homodyne (self-mixing) (參考圖 2.1-2) 動作取得所謂中頻信號。這項工作即所謂的隔離度測量。因此，FMCW 系統特別重

視發射端與接收端之間的干擾，此特性會影響到 IF 端的解調輸出。由圖 2.1-5 之 S 參數 (Scattering Parameter) 量測，可知在 10.5 GHz 附近，發射端與接收端有接近 44dB 的 isolation。而圖 2.1-6 為頻譜儀量測結果，顯示在 50MHz 展頻的時候，即在 FMCW 的調變下，發射端與接收端亦有 38dB 的 isolation。

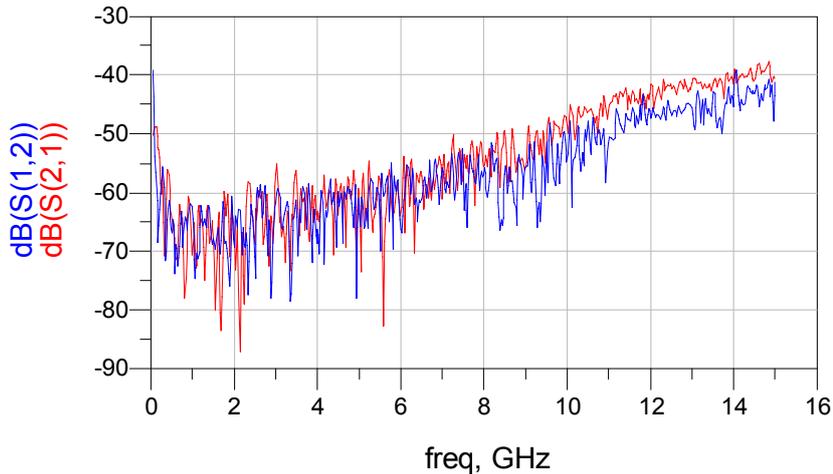


圖 2.1-5 測量 TX 端及 RX 端對實際 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之隔離度 (Isolation Between RX (Port1) and TX(Port2)) : S Parameters ; 測試條件，Output Spectrum of TX with an Triangle Wave ($v_{pp}=3.0V, f=100KHz$) at VC2 ,VC1=1.6V

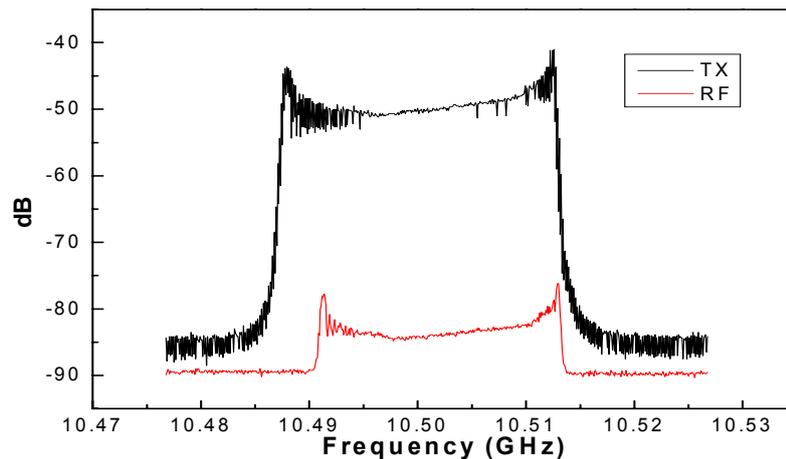


圖 2.1-6 測量 TX 端及 RX 端對實際 FMCW 信號在 RF CMOS FMCW SOC 上之隔離度 (Spectra of TX and RX) : 頻譜儀量測結果 ; 測試條件，Output Spectrum of TX with an Triangle Wave ($v_{pp}=1.1V, f=100KHz$) at VC1, VC2=1.97V

RX 接收端信號路徑之整體測試，可由圖 2.1-7 來說明。一條外接之同軸線模擬 FMCW 信號從 TX 端送出，從 RX 端接收。如此，我們可以在室內量測 RX 信號路徑是否正常工作。圖 2.1-8 顯示中頻經 Homodyne 混波後，差頻信號反應出同軸線之長度。

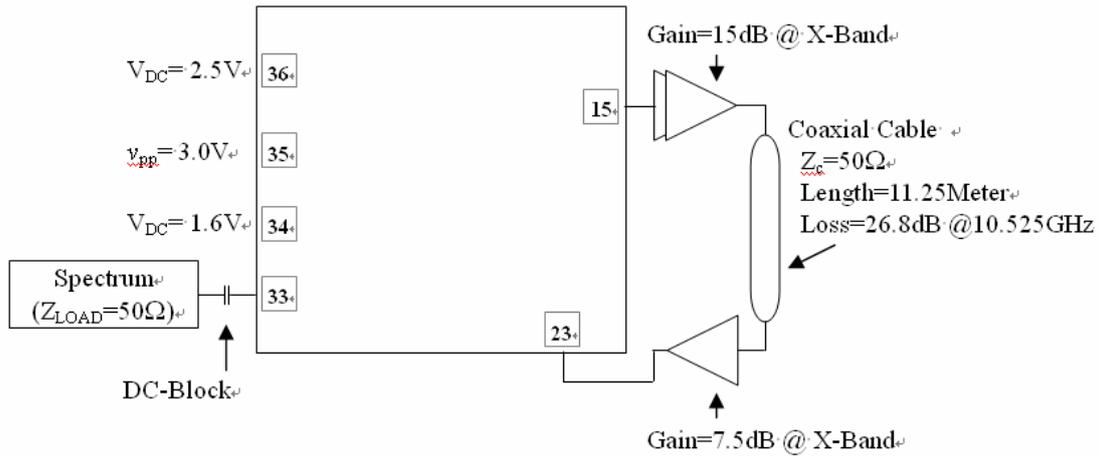


圖 2.1-7 接收端測量裝置圖

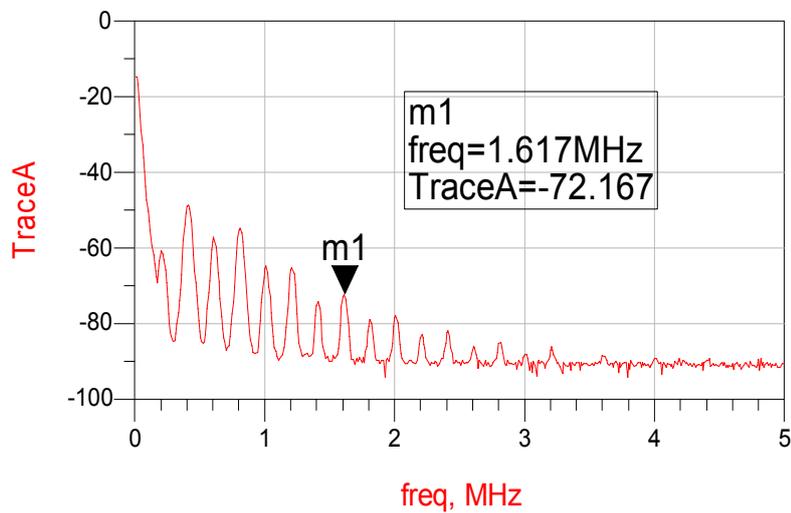


圖 2.1-8 IF 頻譜測量圖 @ f=200KHz (三角波週期)

2.2 CMOS FMCW 射頻前端模組設計暨組裝

由於 RFIC 必須整合在 PCB 板上，因此須要與其它的元件（經驗顯示愈少愈好）做整合。這些外部元件大部分是積體電路周邊的偏壓電路；有一小部分，也是重要的元件，則是 RF 元件，它用來彌補新開發的 CMOS RF FMCW SOC 之不足，因為在 RF 訊號必須做阻抗匹配才能順利將 RF CMOS FMCW SOC 的信號能量取出或輸入，所以需要得知在 on-chip 上發射端與接收端的輸出與輸入阻抗。模擬結果如圖 2.2-1（輸出阻抗，發射 TX 端）及圖 2.2-2（輸入阻抗，接收 RX 端）所示。

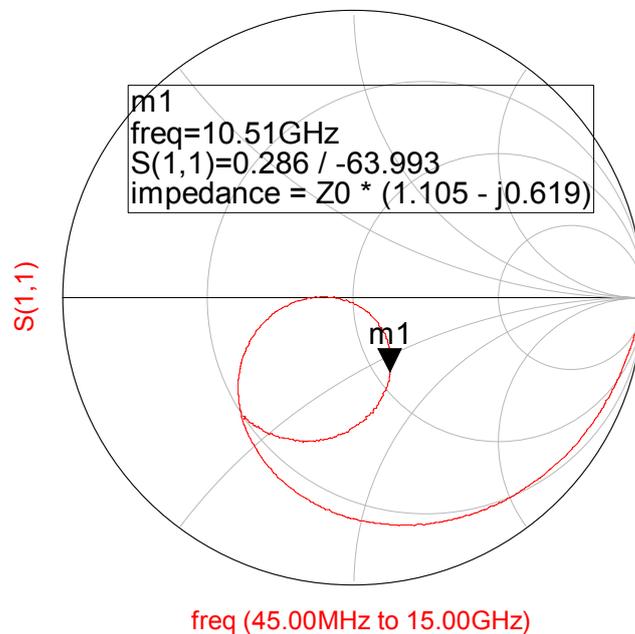


圖 2.2-1 出阻抗在發射 TX 端

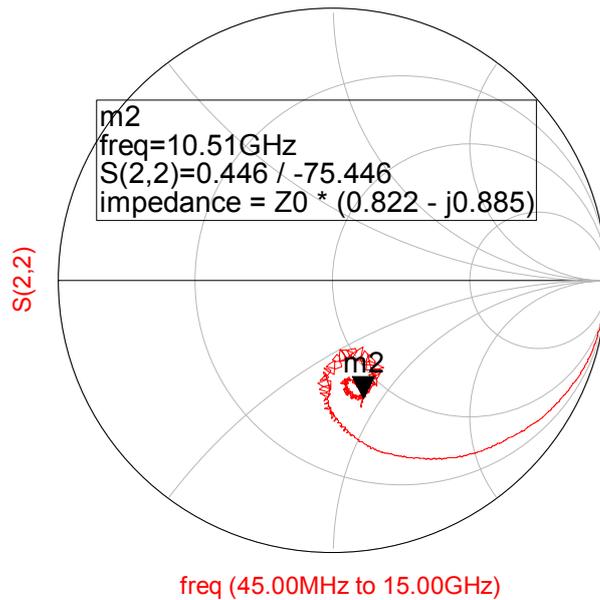


圖 2.2-2 輸入阻抗在接收 RX 端

整合後之 RFCMOS FMCW 模組含二個驅動放大器 (Driver Amplifier) 及新研發的 RF CMOS FMCW SOC 晶片。

為了增加在 RF 輸出端的 power，在 Transmitter 路徑使用兩顆 Driver Amplifier，使後面解調之 IF 信號波型會更好。在 PCB 上的接線使用同軸線，有別於一般的漆包線可以避免元件之間產生互相干擾。圖 2.2-3 為 RFCMOS FMCW SOC 射頻模組整合在機構裡之照相圖。

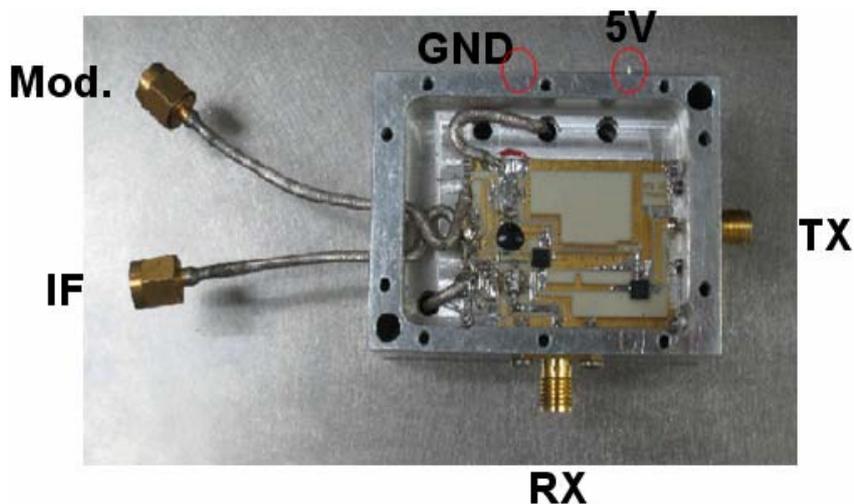


圖 2.2-3 RF 模組 (正面): 除 RFIC 外，另含二顆外接 driving amplifier，背面為穩壓電源電路

為了提供穩定電源，在此機構之背面製作了提供穩定電流及電壓之穩壓器，下圖 2.2-4 為此機構反面的照片，包含兩個穩壓器，一個提供給 transmitter 端，一個提供給 receiver 端。此機構界面為 TX (輸出端) /RX (接收端) /IF (中頻輸出端) /Mod. (三角波調變) 與電源供應 (5V)。

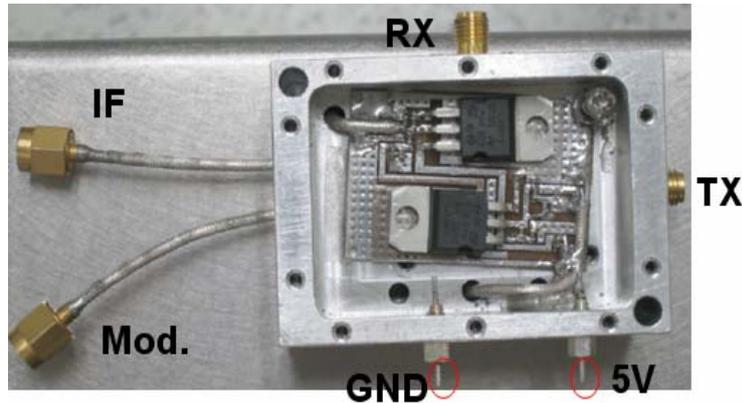


圖 2.2-4 RF 模組 (反面): 含二顆 Regulators, $V_{dd}=5V$ 。Regulators 由 5V 分壓成 3.2V, 2.2V 與 1.6V 提供給正面之 RF 模組

將上述完整 RF 模組接上電源, $V_{dd}=5V$, $I_{dc}=278mA$, 且把正反面機構全部封蓋住時, 此時頻譜產生其它不必要的頻譜, 這是因為封閉 housing 產生共振(Cavity Resonance)之典型結果。如下圖 2.2-5 所示。

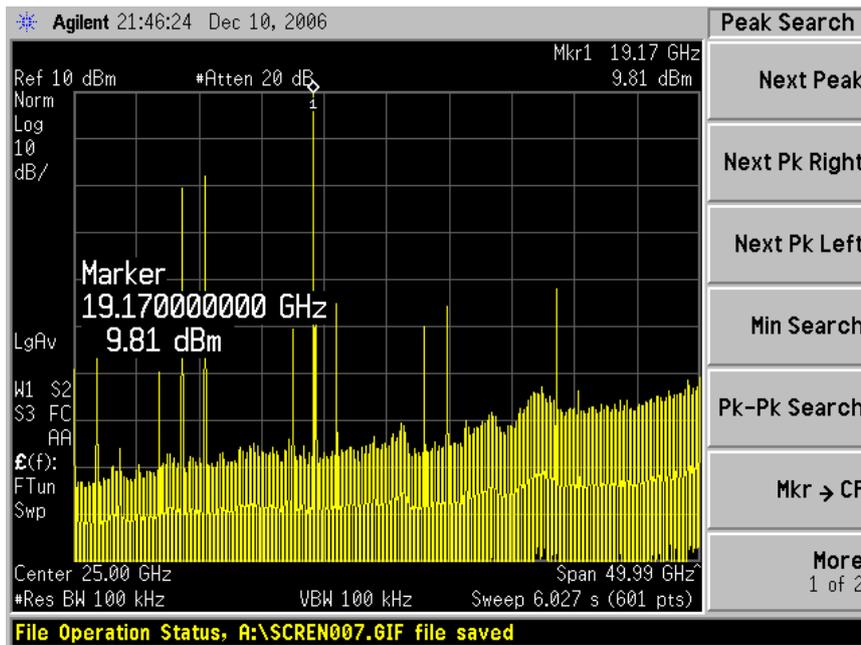


圖 2.2-5 因 Cavity Resonance 效應產生之 TX 輸出之頻譜

在相同狀況下， $V_{dd}=5\text{ V}$ ， $I_{dc}=278\text{ mA}$ ，圖 2.2-6 為把機構正面封蓋打開後測量，其所產生正常之頻譜而有別於上圖之結果。輸出 power 約 -1.4 dBm ，小於模擬的 $+3\text{ dBm}$ 的輸出。圖 2.2-7 則顯示 Phase noise 在 10.13 GHz -83.5 dBc 、 100 kHz offset。

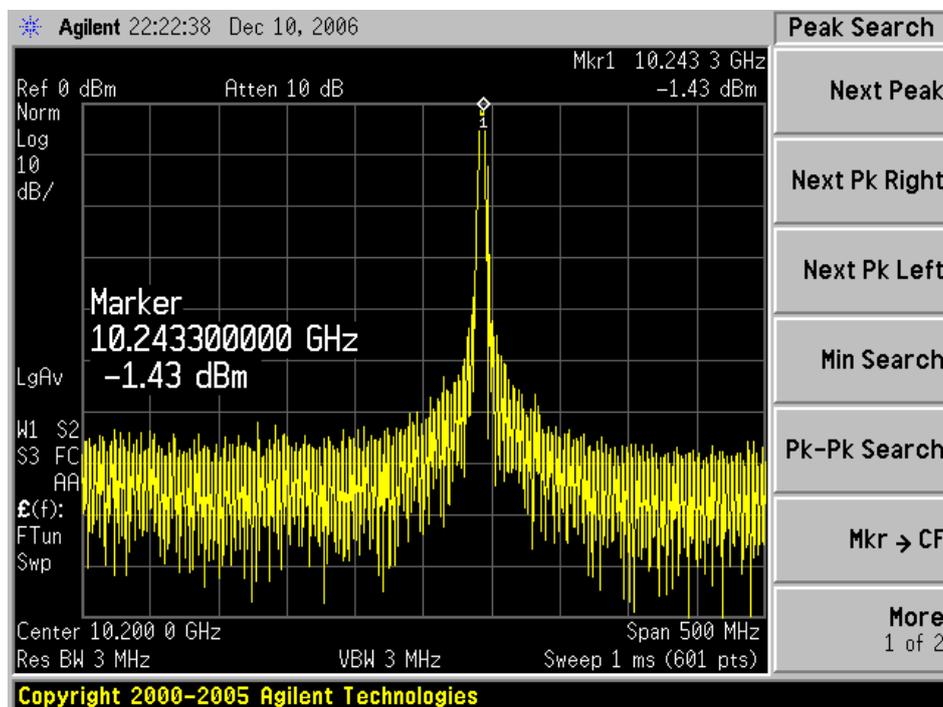


圖 2.2-6 RF 模組 TX 端輸出之頻譜

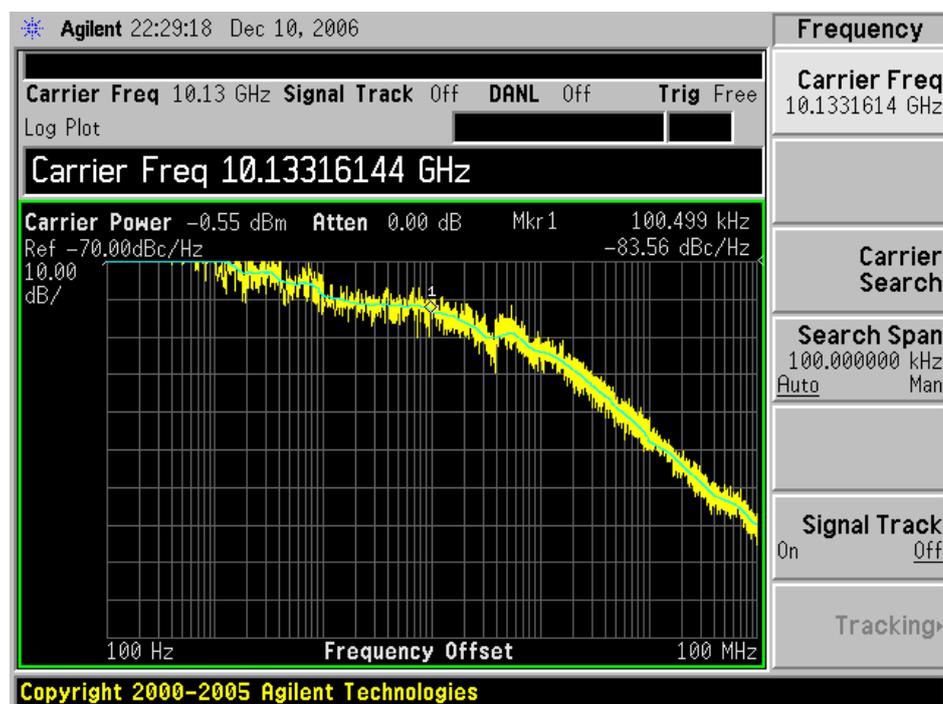


圖 2.2-7 輸出 TX 端在 10.13 GHz 之 Phase Noise

RF CMOS FMCW SOC 之前端 RF 模組，藉著幾次設計修正後，整個發射 TX 端從 VCO 一路沿著 Driving Amplifier、Power Divider，及內部的放大器到 TX 輸出端，所呈現的整體 Phase Noise 比單晶片 RF SOC 之 on-chip 量測的 VCO 還好。且振盪頻率較高時，會有更好之 Phase Noise ($<-95\text{dBc @ } 100\text{ kHz offset}$)。圖 2.2-8 顯示整體的 TX 傳送電路所呈現的 Phase Noise 的確在高頻時更佳，在 10.145 GHz 時可達到 $-88.5\text{ dBc (at } 100\text{ KHz from offset)}$ 。

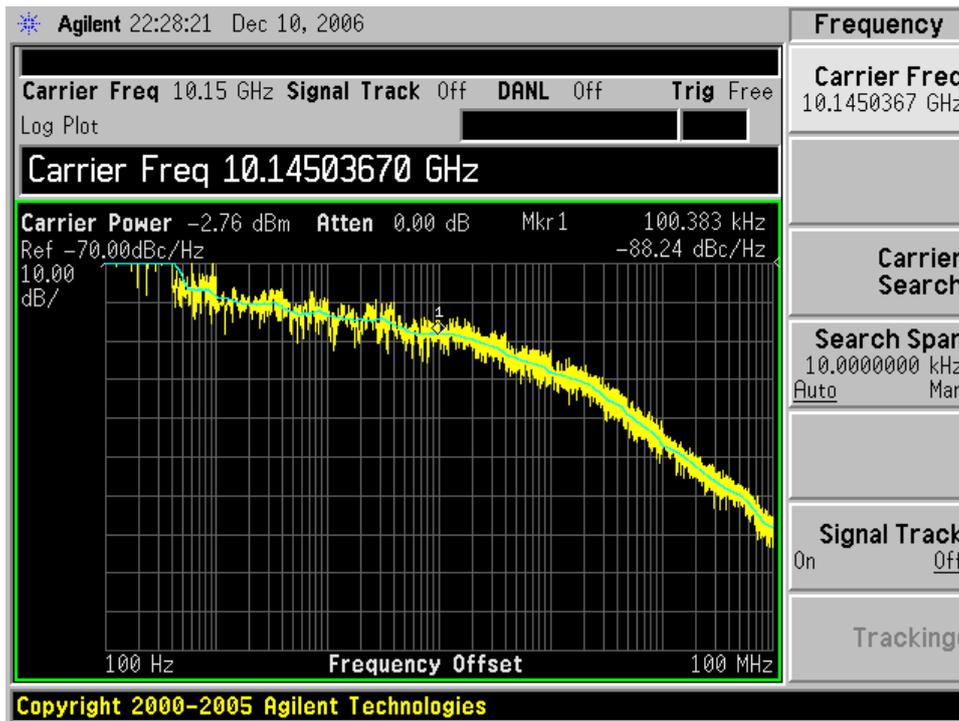


圖 2.2-8 TX 端 phase noise 在 10.145 GHz $-88.5\text{ dBc @ } 100\text{ kHz offset}$.

整個 TX 端測完後，依圖 2.2-3 所示，整個 CMOS FMCW 射頻前端模組在 TX 與 RX 間接約 4 米之同軸電纜線，並將模組工作在 $V_{dd}=5\text{V}$ ， $I_{dc}=278\text{ mA}$ ；然後加入合適的調變信號： 100 kHz ， $V_{dc_offset}=0\text{V}$ ， $V_{\text{peak-to-peak}}=650\text{ mV}$ ，如此即能產生 50MHz 之 FMCW 展頻 (10.4-10.45 GHz 之間) 信號。這是一個完整的室內測試，用以測試 RF CMOS FMCW SOC 積體電路在 Closed Loop 的情況下是否能正常工作。這項測試相當於對所研發之晶片做總體檢驗。將整個 4 米之效應做整個電路在時域上的分析，則可以得到圖 2.2-9 的結果。而與圖 2.2-10 量測結果做比較，可發現圖 2.2-9 與圖 2.2-10，在 50 u sec 裡由於三角波在轉角地方的不連續性，使得兩者發生了

10 次的相位變化且波數相同，意味著此 2 圖在經過傅立葉轉換後，應會得到相同的主頻訊號產生。雖然此量測為靜態（純粹接 4 米長的延遲線），但在量測時，示波器訊號有時會不穩定，此問題大概由 2 個因素產生：一方面有 100 KHz 之調變頻率及其諧波會進入中頻之頻譜；另一方面，我們所設計之 VCO 尚未加入鎖相迴路來穩定工作頻率，因此 Phase Noise 會進入中頻頻譜。

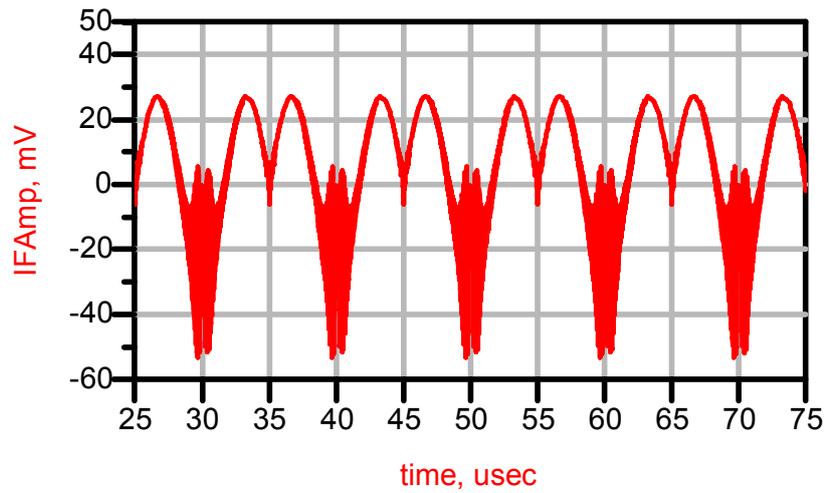


圖 2.2-9 在時域所模擬之 IF 訊號 (L=4.0 m)

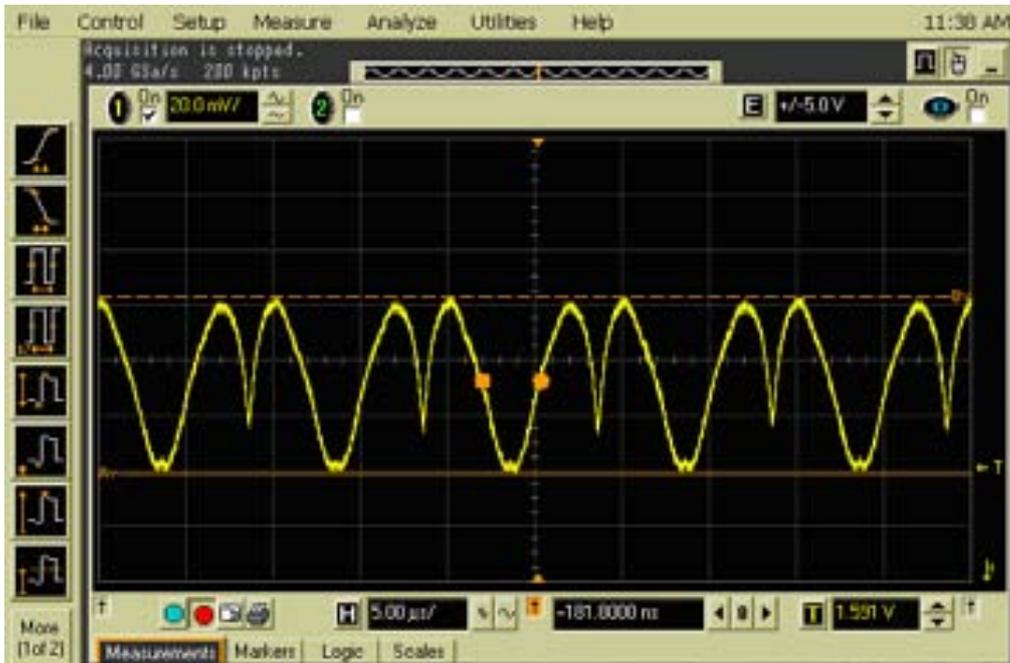


圖 2.2-10 由示波器所量測之 IF 時域典型訊號 (L=4.0m)

將 4 米長之同軸線改成 7 米半長，我們在圖 2.2-11 時域上的模擬可以看到有理論值約略大於 2u sec 的周期產生，即有略小於 500KHz 頻譜產生。而在圖 2.2-12 的量測結果，亦可看出接近 2 u sec 之信號在時域上呈現出來。

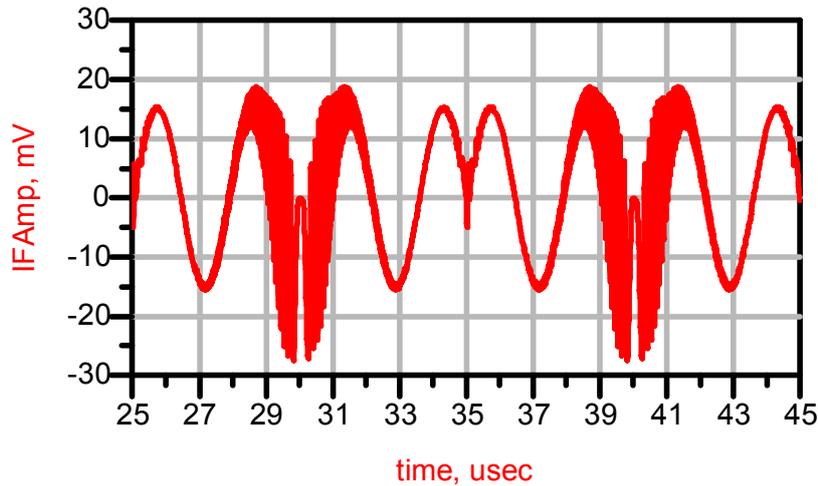


圖 2.2-11 在時域所模擬之 IF 訊號 (L=7.5m)

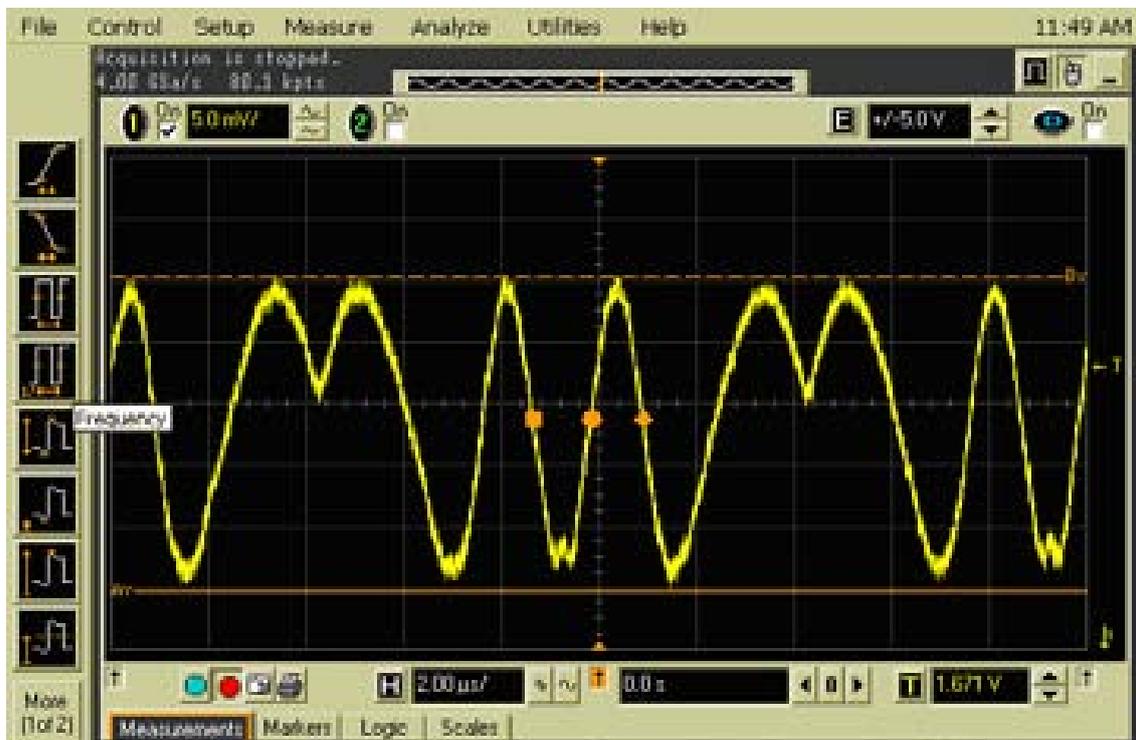


圖 2.2-12 由示波器所量測之 IF 訊號 (L=7.5m)

2.3 FMCW 雷達微波偵測器中頻組裝

在本計畫中，中頻電路在微波偵測器中扮演二種角色：一是提供三角波形之調變信號；二是處理 RF 前端模組所產生的差頻（中頻）信號。前者協助產生 FMCW（frequency-modulated continuous wave）調變信號；後者則更需要對整體信號處理之全盤瞭解，做適切的信號處理與補償。雖然中頻信號處理不在 RF 信號處理的範圍內，但本團隊對中頻之瞭解有助於整體微波偵測器之發展，同時助於將 RF 模組及 IF 組裝起來，完成整個電子系統之設計與組裝。圖 2.3-1 顯示組裝好的電子系統和陳列天線用來偵測車速、車道、車種等重要交通訊息。

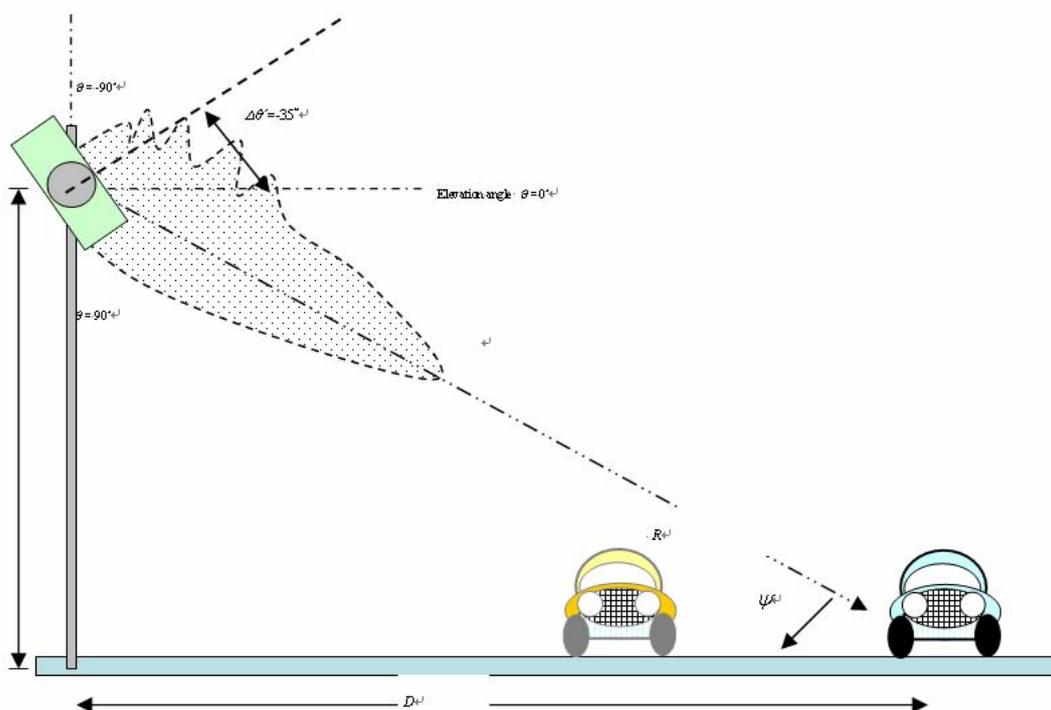


圖 2.3-1 微波偵測器之組裝與使用供動態交通檢視用

從圖 2.3-1 可以推知：(1)依 FMCW 雷達原理，距離愈遠，中頻（差頻信號）之頻率愈高（二者呈正比關係）；(2)愈遠之反射波強度應愈弱。（信號強度和待測物距離具四次方反比之關係）。

因此中頻電路是需要做增益（Gain）對頻率（frequency）之補償

動作。在本小節中，先就理論計算，除了考慮上述之距離、差頻關係外，再加上天線場型一併計算，得到圖 2.3-2 之信號對雜音比（Signal/Noise，S/N）相對於距離之理論評估。S/N 比值（SNR）愈高代表感度愈好。從此圖我們可以看到在 30 公尺處無論天線如何調整，SNR 值都衰減下來，約有 10 至 20dB 之差。本計畫軟體部分可支援放大補償動作，經補償後之信號，和較近之車道相比相當相似。因此，只要在系統之 SNR 比可以接受的範圍內，雖然信號變弱了，仍然可以偵測，甚至不需要 IF 電路補償，可直接訴諸軟體解決。目前 RF 前端模組與中頻板正在重新組裝中（因為每片需要人工手焊，燒毀了約 5 片的 RF 前端模組，前後用去了約 5 個月時間）。

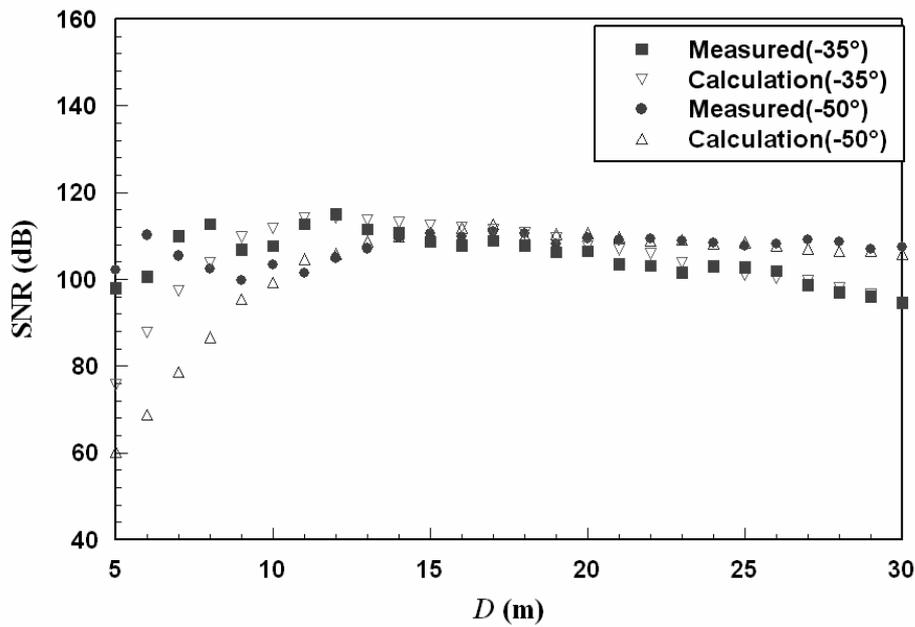


圖 2.3-2 S/N 值對距離之響應

2.4 天線陣列設計與組裝

本研究在做實際路況測試時，發現含天線罩（Radom）（polyethylene cover sheet）且安裝好後之天線系統在使用時其角度和無 PE（polyethylene）覆蓋相差甚遠，且接收信號強度也下降。在尚未找到更好的材料或更好設計之前，我們權衡實際使用時需要保護天線，不受氣候及環境影響，仍然繼續使用。有關用 Leaky-mode 來設計微波偵測器所使用之天線，實際安裝時，上述因為加上 Radom 所造成的角度偏移及損耗做仔細、量化之評估，供將來改進的參考。

圖 2.4-1 及 2.4-2 是今年重新設計的陳列天線，場型分別是 H-plane（從頭頂的垂直方向沿球面座標系統的 Theta 角方向看去）及 E-plane（在水平方向用 X-軸旋轉的角度量起）之天線場型，且其 3 dB 頻寬分別為 20 度及 12 度左右。在現場實測上，一直能很穩定地扮演其發射及接收的角色，有足夠的增益和合適的場型彌補了仍相當原始的 RF 前端模組及中頻模組電氣性能之不足。

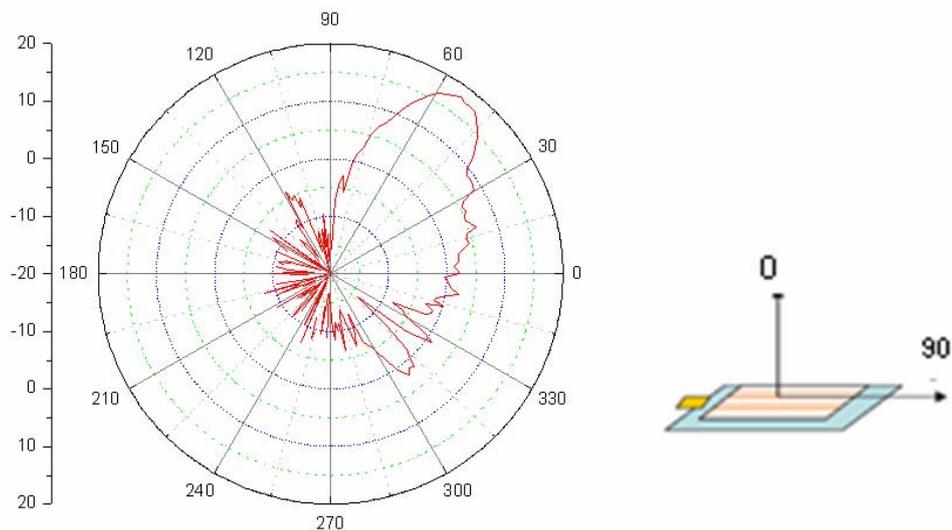


圖 2.4-1 微帶線 EH1 模之 H-Plane（Microstrip Leaky-EH1-Mode Antenna Array）測量場型：Eight Coupled Modes

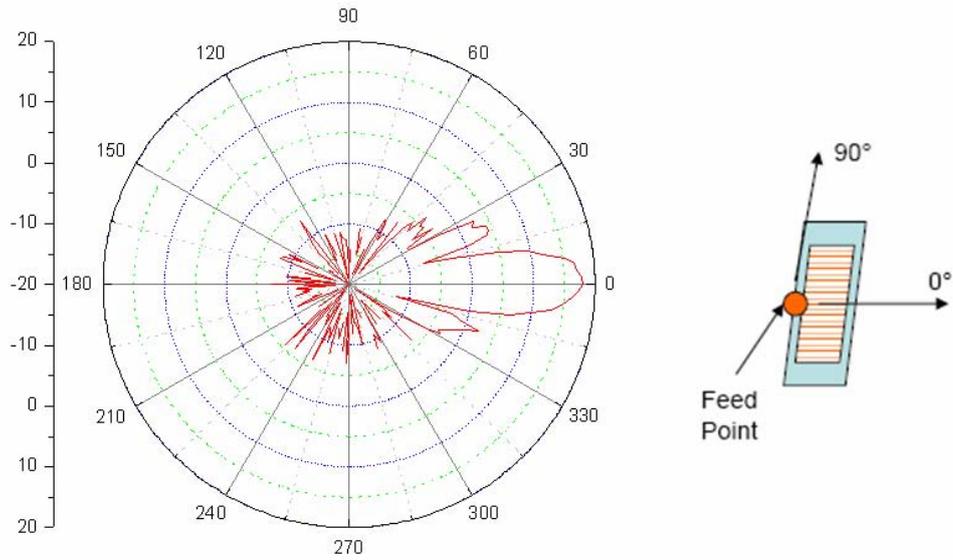


圖 2.4-2 微帶線 EH1 模之 E-Plane (Microstrip Leaky-EH1-Mode Antenna Array) 測量場型：Eight Coupled Modes

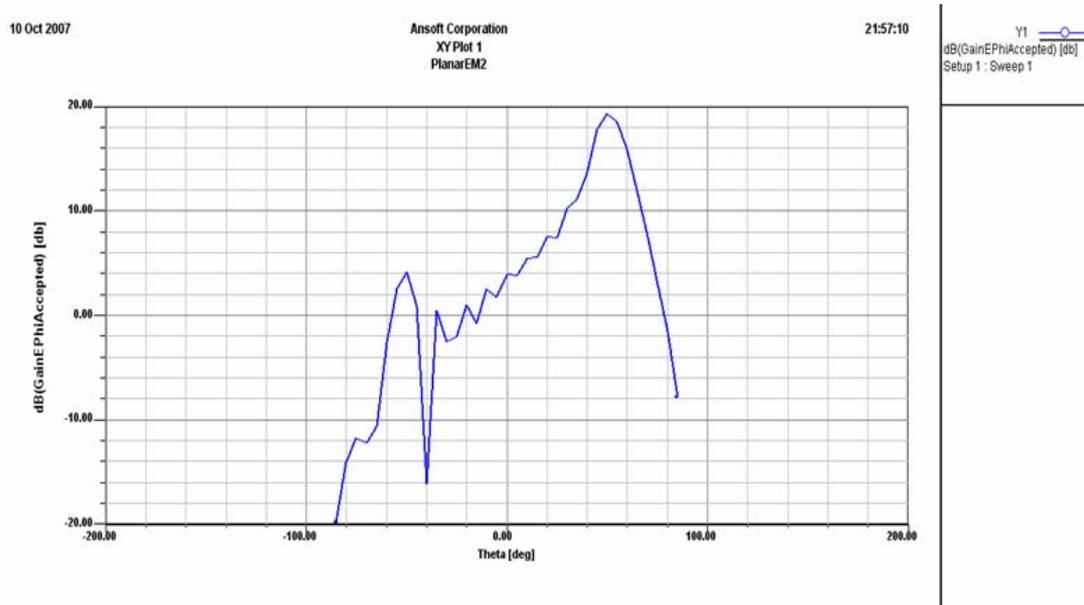


圖 2.4-3 陳列天線不含天線罩時之增益（理論值）：Eight Coupled Modes，peak 值 19dB，從水平方向量起約 40 度

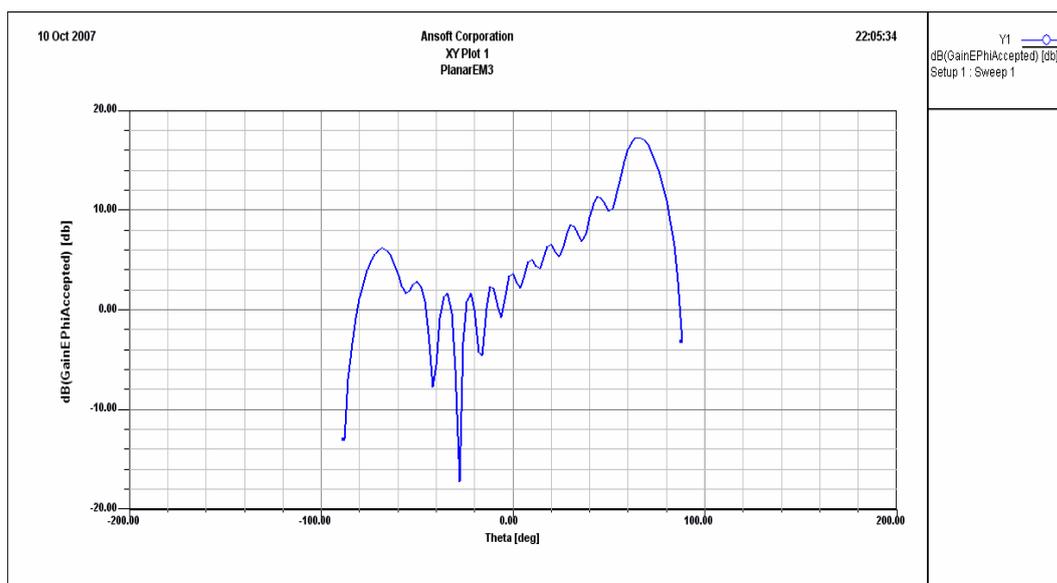


圖 2.4-4 陳列天線含天線罩時之增益 (理論值): Eight Coupled Modes , peak 值 17dB , 從水平方向量起約 25 度

圖 2.4-3 及 2.4-4 分別用理論計算出天線場型如何受到 Radom 的影響。當天線完全裸露在空氣時，增益值為 19dB (實測值 18dB)；把天線蓋上天線罩，理論所計算出來之場型減少 2 dB，同時最高增益位置向水平方向移動 15 度。此反應實測時，在加入了天線罩狀況下，需要先調整好天線最高增益點之指向，以便使整個微波偵測器得到最佳信號感度。上述的計算，提供安裝天線系統時指導步驟的必要數據及改進 RF 前端模組、CMOS FMCW RF SOC 及 IF 電路之參考。

2.5 硬體建置條件與偵測限制

表 2.5-1 列出市售偵測器與本研究研發之偵測器之規格比較，從中可看出，本研究之微波偵測器可獲得較多的交通參數且具有較好的時間解析度，但在尺寸、重量以及功耗上則仍有改善空間去與同等級產品來競爭。因本研究所研發偵測器使用兩顆 Power，所以偵測器之掃頻寬(50M)會因為內部溫度而變低，PRF (Pulse Repetitive Frequency) 因而隨著溫度升高，使得信號回傳能量值會呈現週期性變化，夾著訊號雜訊過高，此外，偵測器外殼也會影響到天線強度，可能會無法偵測遠方車道，所以表 2.5-1 尚無法提供相關溫度範圍等資訊。

表 2.5-1 市售與本研究之微波偵測器規格比較表

微波雷達偵測器	RTMS	Smart Sensor Model 105	本計畫所研發之微波偵測器
交通參數	速度、車流量、佔有率、車輛存在	速度、車流量、佔有率、車輛存在	速度、車流量、佔有率、壓佔、車種
偵測涵蓋範圍			
垂直角	45°	80°	55°(35~90°)
水平角	15°	12°	≈20°
偵測距離	3~60m	3~60m	3~60 m(應可以到達 60m)
偵測辨識率			
偵測區域	最多可達 8 車道	最多可達 8 車道	最多可達 8 車道
測距解析度	2m	3m	3m
時間準確度	10.0 msc	2.5 msc	2.0 msc
操作特性			
通訊協定	RS-232 或 RS-485	RS-232 或 RS-485	RS-232
功耗	4.5W	7.5W	20.4W
環境條件			
溫度範圍	-37°C~74°C	-40°C~75°C	
相對溼度	95%	95%	
衝擊	5g, 10 毫秒 半正弦波	10g, 10ms 半正弦波	
機器特性			
尺寸	16 x 24 x 12 cm	32×23×7.6cm	29.3×12.2×25.5cm
重量	2.2 kg	< 2.27kg	3.5 kg

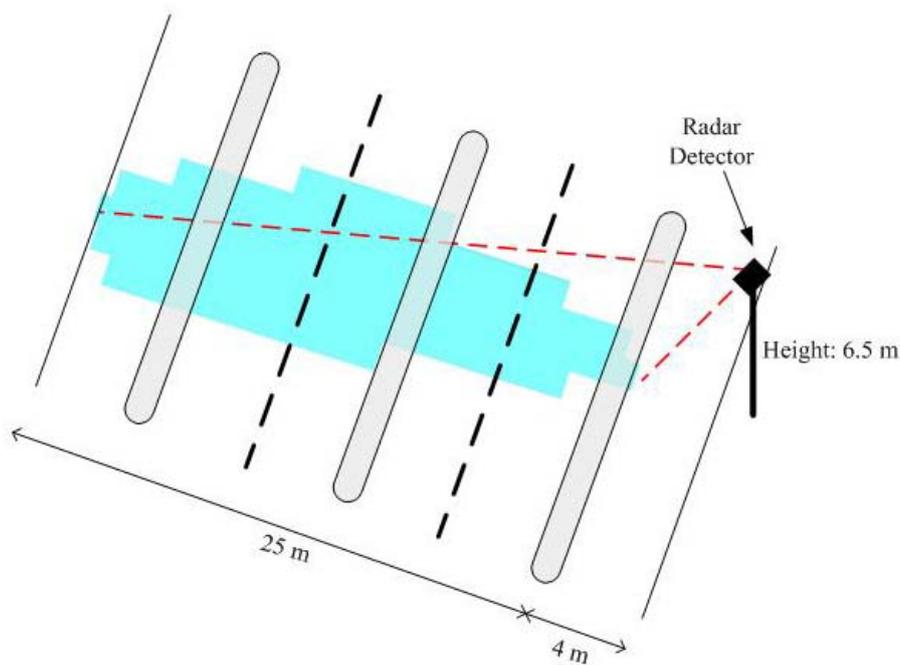


圖 2.5-1 本研究微波偵測器硬體限制示意圖

因此根據圖 2.5-1，考慮平面天線角度以及實測環境（新竹市公道五路，台肥公司前），本研究之微波偵測器可以偵測到之範圍至遠僅能偵測到 5 車道，前方因為架設偵測器的桿子高度不夠，無法偵測到第 1 車道。

2.6 結語

單晶 RF CMOS FMCW SOC 雷達系統晶片在發射端、接收端及同時啟動之狀態皆和設計目標相當接近。延伸此單晶 RF CMOS SOC 電路來製作 RF 前端模組與組裝，雖然未臻完善，但仍算成功。至於和 IF 電路板之結合，完成整體微波偵測器電子部分不算成功，仍有許多努力之空間。這裡之最大問題是整個研發團隊之專業之水準仍未達理想。大部分的研發人員並沒有實際經驗，還需要更多時間來訓練才能成熟地執行雷達設計、組裝工作。目前仍在組裝具 RF CMOS 晶片之雷達偵測器。陣列天線的場型在今年測量多次，以供信號處理參考與使用，也提供 RF 系統化晶片、模組之參數供進一步改良使用。

第三章 微波式偵測器軟體介紹

本章分為四個部分：3.1 DSP 硬體；3.2 DSP 軟體；3.3 交通參數演算法，與 3.4 使用者介面。

3.1 DSP 硬體

95 年所應用 DSP 硬體為第一次開發應用，故硬體功能配置上多留有相當程度的餘裕；也因為如此，DSP 模組的體積與價格，均不適合作為成品開發的基準，故本研究今年將研擬維持所需功能，並降低 DSP 模組硬體規格與縮小其體積。

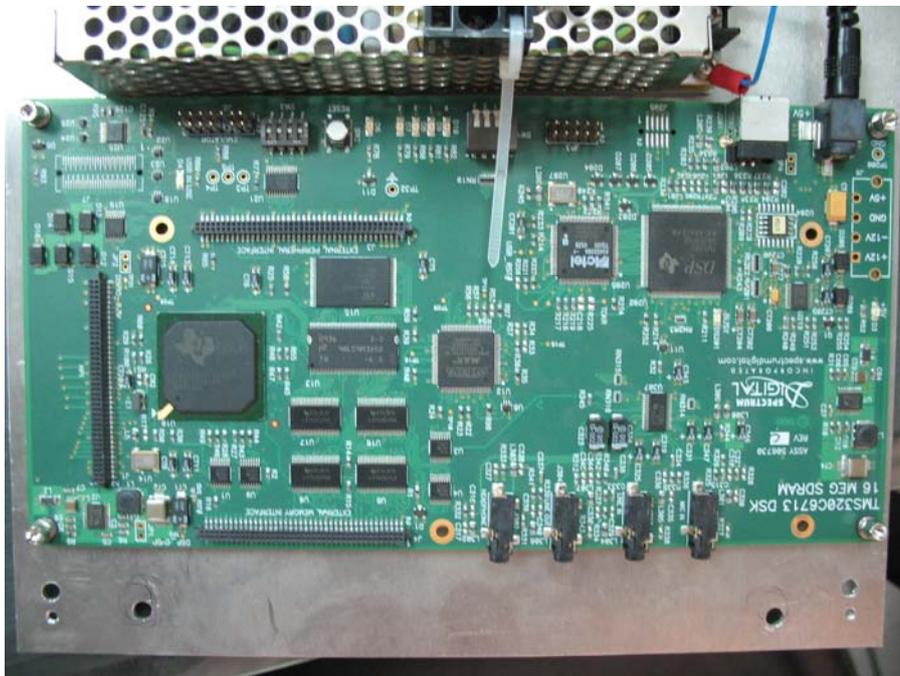


圖 3.1-1 新版 DSP 外觀

本年度計畫 DSP 如上圖 3.1-1，實際大小為：長 21cm、寬 11.5cm；已縮小整體體積，並將適當之擴充卡予以整合放入，不若前期架構具備多樣化的強大功能而犧牲整體體積大小。DSP 系統模組採用 SPECTRUM DIGITAL 之 TMS320C6713 DSP DSK module，並透過 EMIF 介面，使用 ADS8405 為 A/D 訊號轉換器擷取中頻訊號，及 UART 模組做為資料傳輸之用。

整體 DSP 規格如下：

- A Texas Instruments TMS320C6713 DSP operating at 225 MHz
- 16 Mbytes of synchronous DRAM
- 512 Kbytes of non-volatile Flash memory
- Software board configuration through registers implemented in CPLD
- Configurable boot options
- Standard expansion connectors for daughter card use
- JTAG emulation through on-board JTAG emulator with USB host interface or external emulator
- Single voltage power supply (+5V)
- 16-Bit NMC at 1.25 MSPS

前期之 DSP 處理器採用 6701，該處理器相較於本期所採用之 6713，其運算速率差異不大，但是所能搭配的 I/O 與控制元件數量豐富許多，其成本也增加許多，故本期採用 6713 作為偵測器 DSP 處理器，運算能力相當並搭配所需求元件，即可滿足效能、體積以及成本三項考量。

DSP 整體架構與前版最大差異為捨棄 CPLD 的應用，由於處理程序並沒有前期評估的複雜，因此捨棄時序控制器，改採序列式程式架構搭配硬體中斷指令，透過 Trigger 控制於固定週期進行 IF 訊號的擷取，擷取完畢即進行各項運算，如快速傅立葉與交通演算法等，計算完畢則等待下一個週期開始。

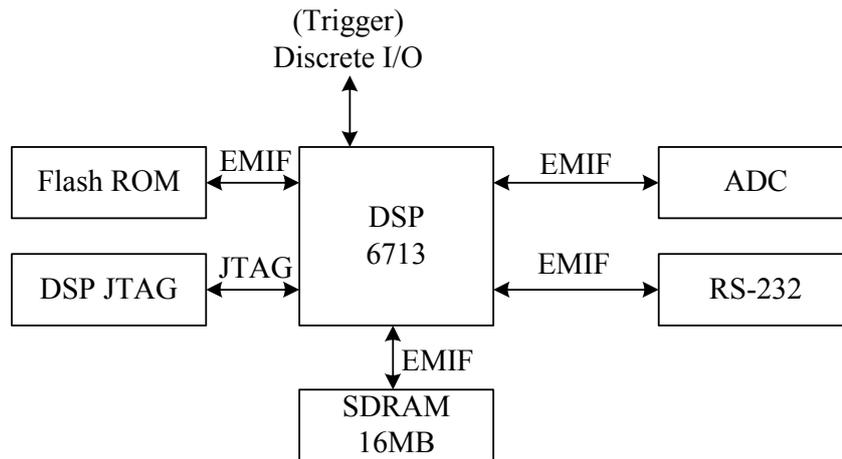


圖 3.1-2 新版 DSP 元件架構圖

如上圖 3.1-2 所示，所撰寫的程式碼會燒入 FLASH ROM，作為偵測器成為獨立運作單元之依據，如同前期，依然可利用 JTAG 監控 DSP 運作情形與觀察執行結果，資料與程式運算除可利用 DSP 內部之 IRAM 運算，還可使用 SDRAM 空間進行處理。此外，DSP 與外部媒體的溝通，如 RS-232、類比數位轉換器（ADC）與數位類比轉換器（DAC），乃透過 EMIF 進行溝通與交換資訊，但所能溝通的外部媒體數量則減少許多，不過依舊能滿足本研究之需求，故採用此架構以降低成本。

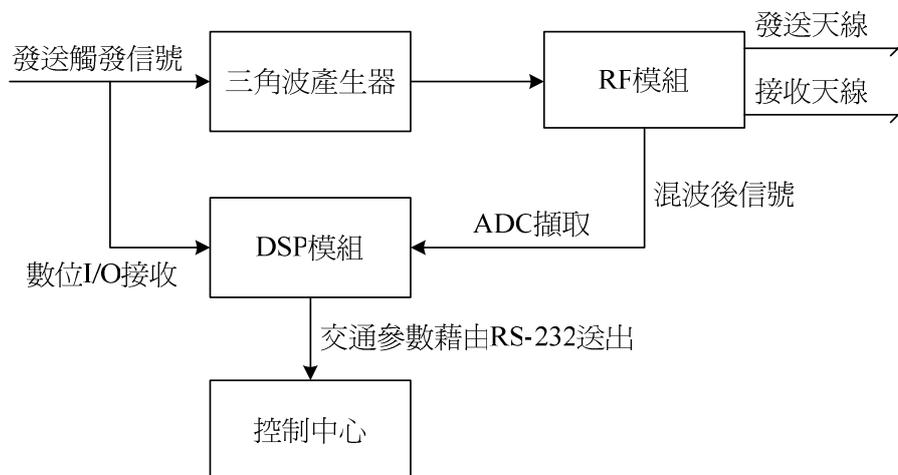


圖 3.1-3 DSP 溝通介面圖

本研究偵測器架構採用獨立觸發訊號與三角波產生器，在固定週期控制三角波的產生與觸發 DSP 準備進行訊號擷取，以達到訊號同步的需求；訊號的發射與接收，透過 CMOS 微波單晶片的 RF 模組進行訊號混波與處理，再藉由 DSP 模組內的 ADC 數位化，轉換成可計算之 RAW DATA，並透過訊號處理演算法以及交通參數演算法，最後分析計算出可利用之交通參數，由 RS-232 介面送出完成偵測，請參考圖 3.1-3。

DSP 要能與系統上之其他 Module 做結合才可使系統正常動作，而 DSP 的 Input 為中頻訊號及 Trigger，另一端的 I/O 為 UART。將雷達之中頻訊號接至 DC Offset 板，再進入 DSP 上之 ADS8405，另外將掃頻之 Trigger 訊號進入 DSP 之 Hardware Interrupt，以進行訊號之同步。

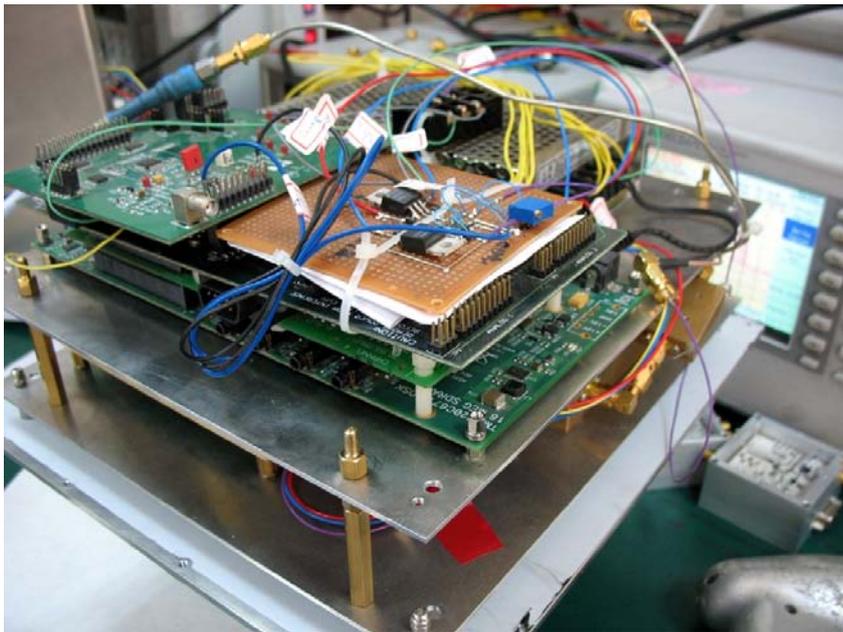


圖 3.1-4 DSP 系統組裝圖

3.2 DSP 軟體

鑑於本研究之偵測器須架設於室外，成為一個獨立運作的系統，因而須採用嵌入式系統作為偵測器系統控制中樞，又因偵測器資料與運算需求大多為數值運算，參考現有市售偵測器與工業用途，具有高度計算能力與獨立運作機能的嵌入式 DSP 系統，即成為一個相當適合的選擇。

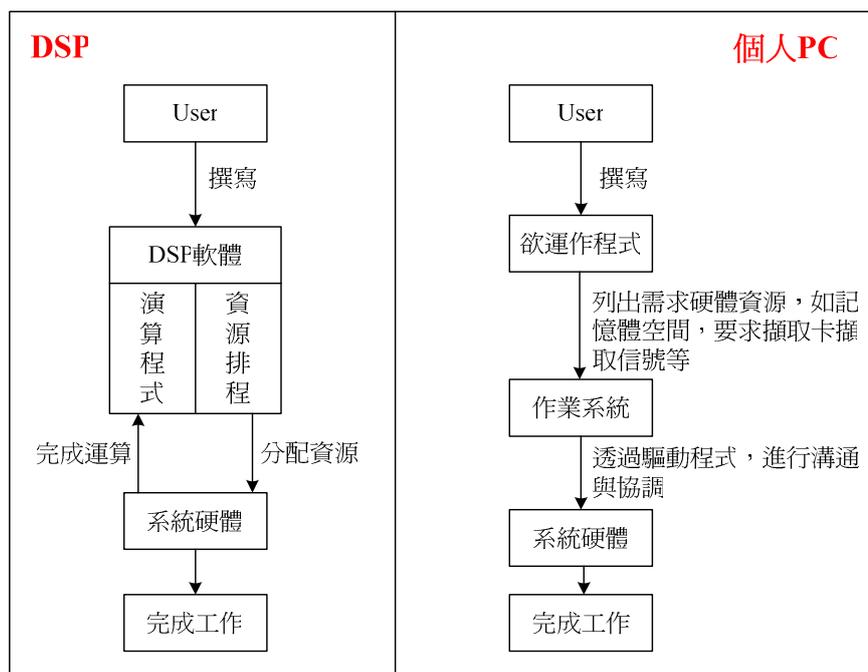


圖 3.2-1 DSP 軟體運作架構比較

DSP 模組其架構運作方式，參見圖 3.2-1，可視為一般常用個人電腦的架構，具有各種 I/O 介面、核心處理器以及記憶體空間，供程式在此平台進行運算；但具有一個特別不同的差異，在於一般個人電腦，其硬體組件與使用者，會透過作業系統如 WINDOWS XP、LINUX 等，利用驅動程式進行資源的協調與控制，除降低使用者應用硬體的困難之外，還可協調硬體資源的分配與降低系統維護的複雜度。

由流程圖 3.2-2 可以發現，交通參數演算法與訊號處理演算法的部分屬於演算程式的部分，藉由被分派的記憶體空間與 DSP 處理器運算時間完成程式所要求的計算；資源排程的部分則如同簡單作業系統，維持系統正常運作處於閒置與優先權控制中斷的狀態下，供使用

者運用其硬體資源完成運算需求。

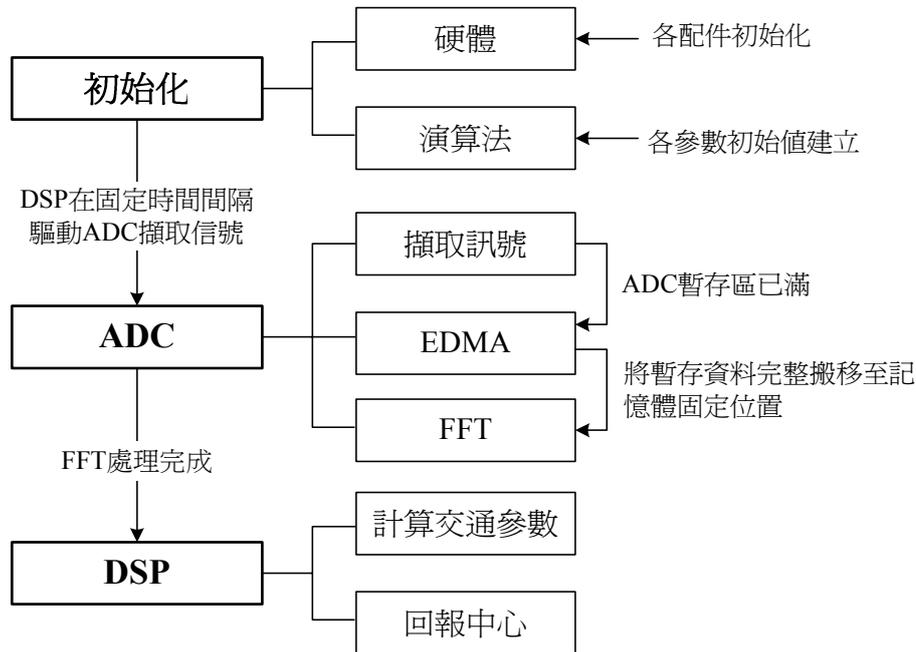


圖 3.2-2 DSP 軟體運作程序圖

DSP 軟體會於系統起始時，由 FLASH ROM 載入至特定記憶體位置執行，將硬體各部分元件進行基本的檢測與回覆初始值，待使用者運用；演算法亦會先行建構所需之參數，如車道最大總數、訊號擷取點數大小與快速傅立葉計算點數數量等等…，完成後進入無窮迴圈等待中斷指令產生，回應系統事件以完成各項計算。

中斷指令相當的多，各種硬體元件皆有能產生；軟體程式部分亦可產生軟體中斷指令。大體來說，硬體中斷高於軟體中斷，最後才是一般程序；因此，優先權中斷控制即成為 DSP 系統所仰賴的維持系統運作的機制，各部分的硬體元件會於完成工作時，發出觸發訊號通知 DSP 處理器，此項機制即為硬體中斷 (Hardware Interrupt)。如 DSP 要求 EDMA 進行記憶體資料區塊的搬移，搬移完成即會發送中斷指令告知處理器以完成交付工作，資源排程的程式設計即可利用此種特性進行各種程序執行的順序協調，如程序圖所示，當 ADC 暫存區已滿即送出觸發訊號，DSP 則藉由觸發訊號的產生，接續要求 EDMA 將暫存資料轉移至特定記憶體區域供後來運算之用。

中斷需求有可能在同一時間產生許多，使用者可藉由 IRQ 設定，將各種中斷指令分配不同的優先權；同時產生中斷，高優先權者先行處理，待處理器處理完畢再回覆至接受中斷狀態，若此時又產生高於先前未處理的中斷需求，則依然以優先權高者優先。另外，擷取資訊搬移方式依舊，維持前期雙重暫存記憶體暫存的作法，用以確保擷取資訊，不因計算時間或其他因素產生遺漏。

以上為 DSP 軟體資源排程的部分，演算程式的部分則可細分為交通參數演算法以及訊號處理演算法，如快速傅立葉演算法等…。交通參數演算法則由後續章節進行說明；訊號處理演算法部分，本研究在此利用快速傅立葉演算法的應用進行說明。

快速傅立葉演算法中，每點均具有實數與虛數兩個部分加以表示，演算法執行效能也經由蝶形計算結構加速，效率遠比離散傅立葉演算法高。但是在 DSP 的領域內，還希望能獲得更高的效率，因此，利用三角函數的方式表示每點實數值與虛數值，且由於訊號具有週期性，故可利用德州儀器所提供的 DSP 專用函式庫中的函式（gen_w_r2、bit_rev），先行產生依據需求點數的相關係數表，不需要每次重新計算三角函數的部分，減少計算量；再將每次擷取的訊號電壓值，配合係數表透過由組合語言所撰寫的函式庫（DSPF_sp_cfft2_dit）進行演算，最後利用同為組合語言所撰寫的數學計算函式平方（pow）、開平方（rsqrt）完成訊號強度與相位的計算，大幅度減少計算量與計算時間，亦可獲得訊號頻域內的每個頻率其正確的訊號強度與相位的數值，供交通參數演算法加以運用。

DSP 模組屬於資源較少的獨立運作系統，對於效能與資源應用，相較起一般個人電腦要求許多；雖然處理器本身架構對於數值計算相較於 X86 處理器效率高出許多，但是依然不可以任意每個放棄最佳化效率的機會，畢竟少用一份資源即代表可降低一部分需求，亦如同降低一部分成本。透過多方面的節省與最佳化，應用最恰當的硬體元件並設計最效率的 DSP 軟體與演算法，就是降低獨立運作系統單元成本最好的方法。

由順序圖 3.2-3 可以發現，系統的一切動作都以 RF Module 送來

之 Trigger 訊號啟動 Interrupt5，當收到 Trigger 訊號後，會啟動 DSP 內部之 timer 開始擷取足夠之訊號點數，擷取至設定數量後，會發出 Interrupt8 通知演算法模組進行計算。若待傳送區有資料要送出，或是外部有指令要通知 DSP，則使用 Interrupt4。

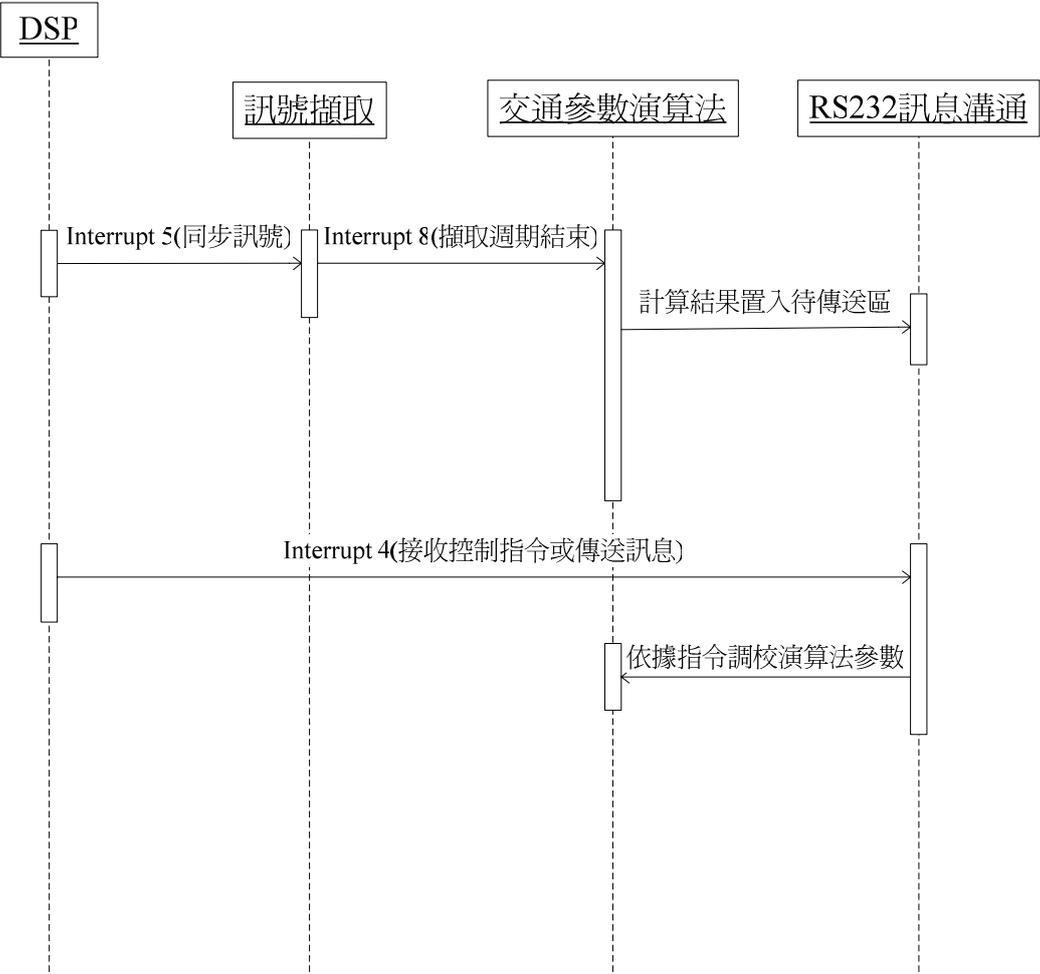


圖 3.2-3 DSP 運作順序圖

圖 3.2-4 表示程式之全部運算流程。當 DSP 之電源開啟後，即會進去初始化程序，將硬體所須之參數寫入更改後，再將軟體之變數也一並初始化。接著進入無窮回圈：不斷擷取、運算 FFT、運行車輛分析演算法。

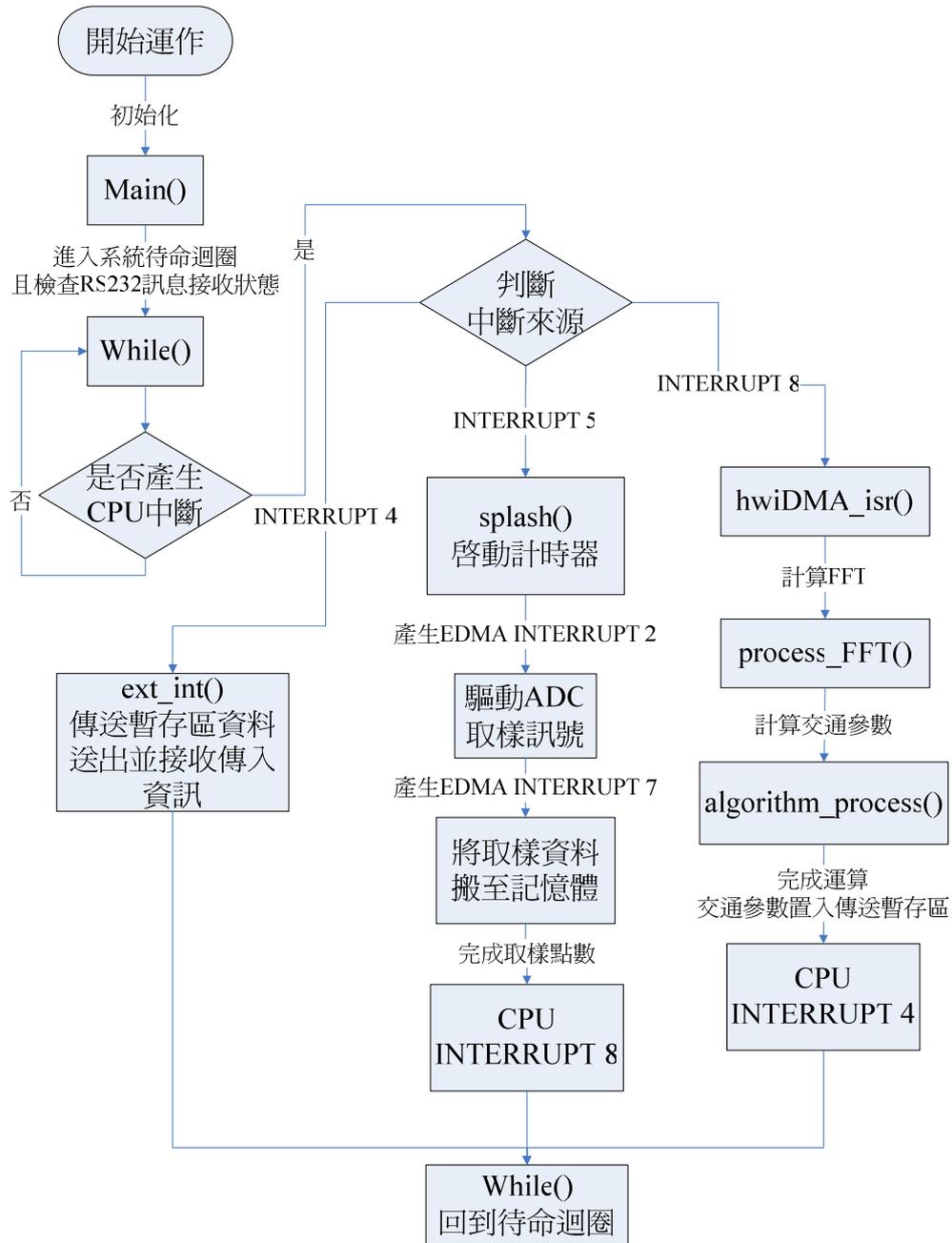


圖 3.2-4 DSP 運作流程圖

在 DSP 記憶體與硬體配置部分如下：

1. 記憶體配置：

- 192KB 內部記憶體 (Internal Memory)
- 64KB 二階快取記憶體 (L2-CACHE)
- 16,384KB 外部記憶體 (External Memory)

其中，Internal Memory 與 L2-CACHE 為 SRAM，相較於 External Memory 的 DRAM 高速許多；L2-CACHE 的部分由 DSP 自行控制，數值運算與常用部分所用到之記憶體區塊，皆盡量規劃至 Internal Memory，如 FFT 計算所應用參數與 UART 暫存區。

I-RAM : 91.892KB

(1) FFT 計算參數：

- cos_tab, cos 參數表
- sin_tab, sin 參數表
- dataI, FFT 虛部部分
- fgfftData, FFT 陣列
- bgfftData, 背景 FFT 陣列
- fftData, 去背景後 FFT 陣列
- position_tab, FFT 演算法，各點配置表
- pingBuf, 實部取樣資料暫存區(DOUBLE BUFFER A)
- pongBuf, 實部取樣資料暫存區(DOUBLE BUFFER B)

(2) UART 暫存區：

- ucUART_recv_buffer1, RS232 訊息接收暫存區
- ucUART_ximt_buffer1, RS232 訊息傳送暫存區

(3) 交通參數計算結果資料結構：

- laneList, 車道基本資訊
- laneResult, 參數計算結果
- currCarList, 通過車輛狀態

E-RAM : 53.052KB

- (1) UI 溝通指令與參數
- (2) DSP/BIOS 指令與資料

2. 中斷配置：

CPU 中斷：

- (1) INTERRUPT 4：UART RS-232
- (2) INTERRUPT 5：雷達同步訊號
- (3) INTERRUPT 8：EDMA 完成取樣週期

EDMA 中斷：

- (1) EDMA INTERRUPT 2：TIMER 驅動 EDMA，控制 ADC 取樣訊號
- (2) EDMA INTERRUPT 7：ADC 每次取樣完成後，驅動 EDMA 將資料搬移至實部取樣資料暫存區

3.3 交通參數演算法

本小節分為：3.3.1 車道數學習與車道頻率範圍；3.3.2 車道有無車判斷；3.3.3 車種辨識，與 3.3.4 車速。另有關正向偵測部分於 3.3.5 小節討論。

3.3.1 車道數學習與車道頻率範圍

在偵測器架設完畢後，須先有各種「門檻值」（有車/無車之門檻值與判定車種之門檻值等）才能開始偵測交通參數。在學習上述資訊之階段稱為「學習階段」，將由偵測器自動學習、蒐集所需資訊。而偵測器之準確度除了與硬體設備、軟體的演算法相關外，學習階段所學習之參數亦會對偵測結果造成影響。

本演算法使用 Frequency Domain 上扣除背景波形的資料。因為已經扣除背景的波形，故虛擬迴圈內之其他物體（如人行道、路燈等）所造成的反射波不會影響車輛判斷。演算法部分可以概分為兩大主幹：(1) 判定有無車；(2) 設定車道範圍或是判定所屬車道。

(1) 判定有無車：

當車輛進入迴圈時，其所在車道之對應頻率範圍內，會有明顯的能量變化，以此判定有無車經過。

(2) 設定車道範圍或是判定所屬車道：

依照上述的判別方法可得知迴圈內是否有車輛。而車輛與偵測器之間的距離會影響其對應區段。

3.3.2 車輛存在判斷

決定車道數與車道頻率範圍之後，在進行車種判斷之前，須先知道目前有哪些車道上正有車輛經過偵測器範圍。圖 3.3.2-1 是為一輛車經過第 2 車道時，其能量波形的影響頻率範圍。

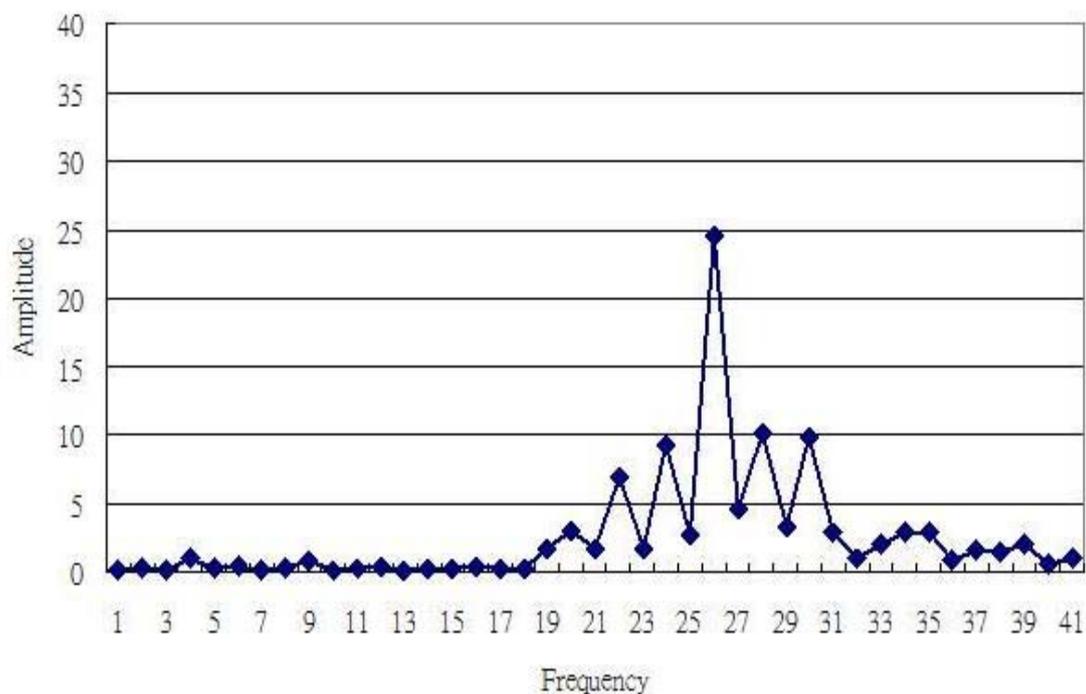


圖 3.3.2-1 車輛反射能量情形

本計畫在判斷那些車道有車輛進入偵測範圍時，會在車輛離開後檢查有無能量座落於該車道內，若有一定之能量位於該車道之頻率範圍中，則代表該車道上真有車輛經過，才進行後續之車種判斷與車速計算。

3.3.3 車種辨識

本期計畫欲分辨的車種類型可分為大型車、小型車與機車三種，利用車輛在多個時間點所累積之反射波形，本研究嘗試擷取多種具有差異性的波型特徵，用來進行車種的辨識。以下茲就波形的特徵選取與車種判斷的演算法流程進行說明。

1. 波形特徵選擇

本計畫利用快速傅立葉轉換 (FFT) 對所蒐集之波形資料作處理，將原本雷達收集的「訊號強度-時間」資料轉換成為「訊號強度-頻率」的形式，並對此波形資料進行觀察分析，以選擇出可用來進行車種辨識的波形特徵。當某車輛通過雷達偵測區域時，其訊號反射會落在特定影響的頻率範圍內，如圖 3.3.3-1 即為某車道有車輛通過時，在某時間點下的反射波形分布，其訊號影響範圍約落在 20~31 之範圍。

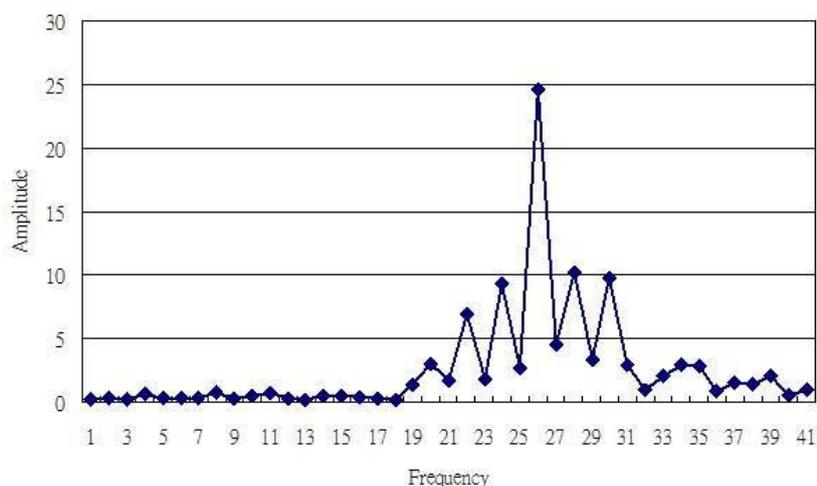


圖 3.3.3-1 某時間點之車輛進入波形

2. 車種判斷演算法

演算法部分，針對前期研究所提出之多項式分析以及函數資料分析 (Functional Data Analysis) 進行改良，研發得到以波形特徵進行分析的方式。此特徵值分析，能藉由不同車種所產生之不同回波分析出各車種之異同，以擷取出車種間

之回波特徵。藉由此回波特徵，即可在實際道路測試中，分離出不同之車種。

3.3.4 車速計算

微波偵測器估算速度的方法與單迴圈偵測器類似，都是將有效車長加上偵測器長度，再除以離開偵測器時間減掉進入偵測器時間的時間差。主要的式子如下：

$$v = \frac{\hat{L} + D}{t_2 - t_1}$$

其中， v ：車輛通過偵測器之速度

\hat{L} ：有效車長

D ：偵測器長度

t_1 ：車輛進入偵測器之時間

t_2 ：車輛離開偵測器之時間

車輛進入與離開的時間可以由設定某一門檻值來做判斷，當訊號強度大過門檻值時視為車輛已進入偵測範圍，當訊號又回復到低於門檻值時視為車輛離開，由此得到車輛進入與離開的時間；車長的部分是希望能經由車種辨識的結果，依據不同車種給定其相對應的平均車長來取代有效車長的作法。

而在虛擬迴圈長度的估計部分，於期中報告中已能根據給定的高度與角度來計算出每一車道相對應的虛擬迴圈長度，而在期末的部分，本研究更加入了自動學習偵測所架設高度與角度之參數，如此一來可免去量測這些架設參數的問題，讓整個系統流程趨於自動化，操作上更為方便。但為了避免學習出來的迴圈長度與實際情況相距太大，造成計算速度的誤差，本研究也保留了手動調整的功能，以符合使用者的各種需求。

在本研究中，大致上可將速度演算法分成兩大部分：第一部分為每一車道上虛擬迴圈長度的估計，第二部分為進出偵測器時間的判斷，請參照圖 3.3.4-1。

Car Velocity Activity Diagram

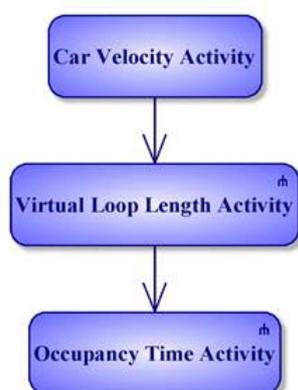


圖 3.3.4-1 速度演算法流程圖

(1) 估計虛擬迴圈長度

本研究為了能使偵測器自動根據不同的情況校估出不同的架設參數，進而計算出每一車道相對應的虛擬迴圈長度，須先求得雷達之可能強度。

而應用此方法最重要的依據便是雷達公式，其形式如下所示：

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 R^4 L}$$

其中， P_r ：雷達接收功率

P_t ：雷達傳送功率

G ：天線增益

λ ：電磁波波長

σ ：雷達截面積

R ：物體距天線之距離

L ：系統損耗

本研究會根據此雷達基本公式以及實體雷達之參數，合併計算出雷達之可能強度。藉由道路上所得到之實際狀況，學習得到適當的偵測器虛擬迴圈長度。

(2) 進出偵測器時間判斷

關於進出偵測器的時間，首先必須給定一個用來判斷是否有車輛的門檻值，此門檻值是由背景訊號的平均值及標準差來決定，之後再決定訊號必須持續多久以及消失多久才算是真的有車輛進入或離開，避免雜訊對判斷造成干擾，而此持續及消失多久的次數是經由實際測試後再去校估而得，通常與訊號擷取速率有某種程度相關。得到車輛進出偵測器的時間後，再配合前面求得的虛擬迴圈長度及車種辨識結果，即可求得車輛速度。

3.3.5 正向偵測

將雷達以平行車道的方式架設，辨別車輛行進的速度和車種。

- (1) 訂定能量門檻值，並計算雷達可辨別的範圍：

根據雷達公式，計算合適之強度門檻值，以作為雷達辨識之用。

- (2) 求取車速：

根據能量門檻值，計算得到車輛進入偵測範圍之後。偵測器將會紀錄觀察車輛之移動狀況，並進而求取出車速。

- (3) 求取車種：

由於不同車種之波形特徵會有所不同。因此正向偵測，仍可採用 Pattern Recognition 的方式來對於不同之波形進行分類，進而判定出相對應之車種。

3.4 使用者介面

使用者介面 (User Interface, 簡稱 UI) 主要功能是作為偵測器與使用者間溝通的介面，一方面顯示並紀錄車流資訊，另也提供使用者修改偵測器參數的功能。目前通訊方式是以 RS-232 為主，程式開發環境是 Visual Basic。主畫面外觀如圖 3.4-1：

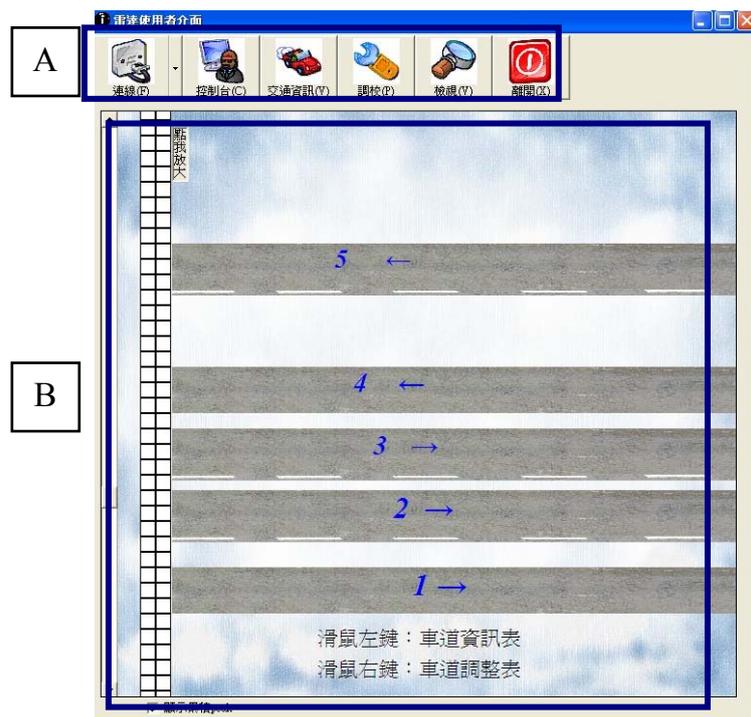


圖 3.4-1 UI 主畫面

A 區塊為功能列表，B 區塊為即時資訊介面，即時顯示出對應車種與車速，如圖 3.4-1。

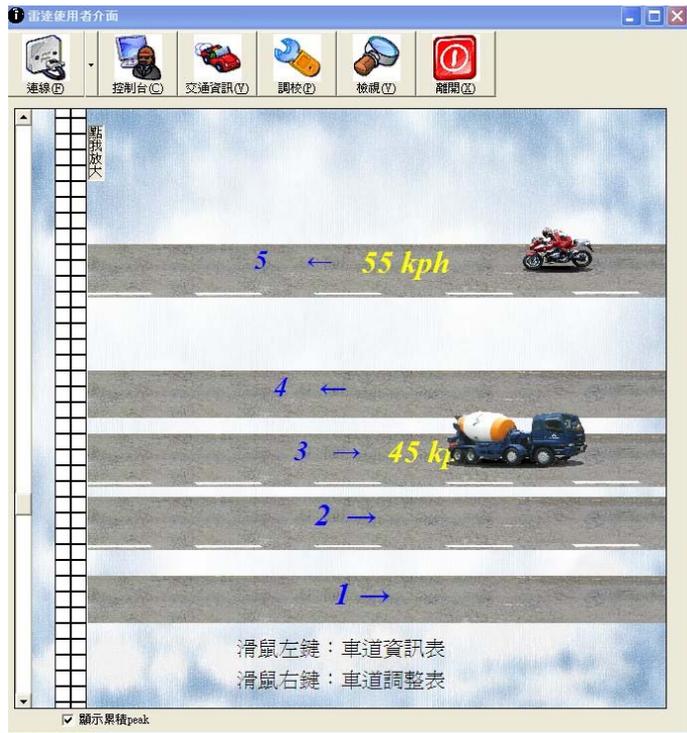


圖 3.4-2 即時資訊介面

A 區塊的功能列表詳細功能如下：

(1) 控制台

控制台可選擇偵測器目前所要開啟的功能，如自動學習車道數、車道範圍，或車種辨識等等功能；並且可以調整相關的程式參數後再啟動，如圖 3.4-3。



圖 3.4-3 控制台

(2) 交通資訊

統計各車道的車輛資訊、佔有率與流量等，如圖 3.4-4。顯示車道壓佔狀況可以看出各車道有無車的狀況，有車時以紅色部分表示，如圖 3.4-5。

	大車	小車	機車	車輛數	佔有率	流量
車道 1	12	25	6	43	0.45	0
車道 2	6	23	0	29	0.24	0
車道 3	18	34	0	52	0.68	0
車道 4	11	30	15	56	0.15	0
車道 5	0	12	14	26	0.07	0
車道 6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

圖 3.4-4 交通資訊表

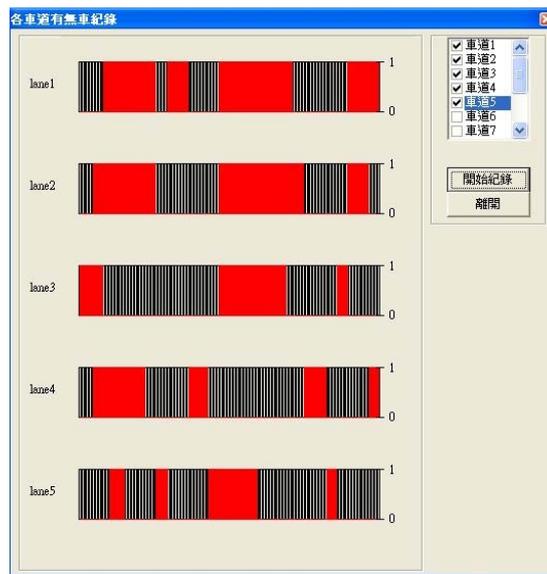


圖 3.4-5 壓佔狀況

(3) 調校

調校可分為車道參數設定與介面設定兩部分。介面設定可設定一些簡單的選項，如定時清除交通資訊、是否顯示能量最大值位置等等。而車道參數設定的功能在於調整偵測器內部演算法的相關參數或是資料結構。其中包含有車長、迴圈長、判別車種的特徵值、判斷車道有無車的參

數等，如圖 3.4-6。另使用「檢視各車道參數」的功能可以檢查所有車道參數，如圖 3.4-7。

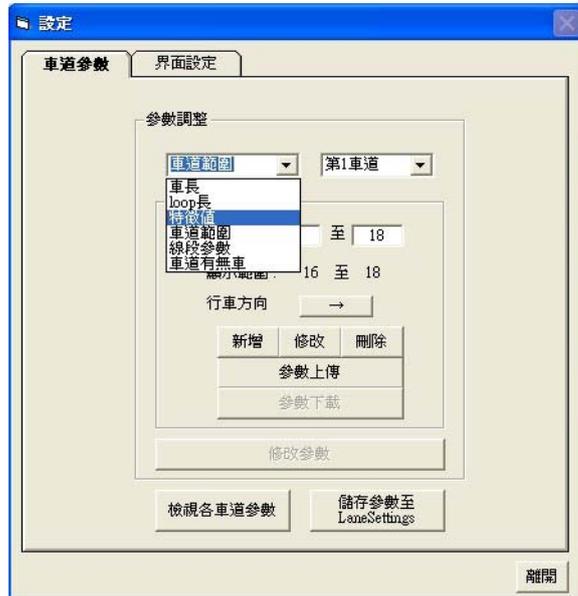


圖 3.4-6 車道參數設定

	範圍		loop長	特徵值1	特徵值2	
車道 1	16	18	2	0, 0, 0	0	0
車道 2	20	23	5.2	0, 0, 0	0	0
車道 3	24	27	5.2	0, 0, 0	0	0
車道 4	28	31	5.6	0, 0, 0	0	0
車道 5	36	39	2.8	0, 0, 0	0	0
車道 6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
車道 12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

圖 3.4-7 車道參數表

(4) 檢視

檢視目前所累積的車道事件，或是通訊的紀錄。車道事件裡包含經過車輛的時間、車速與車種紀錄，並可提供使用者下載事件記錄，如圖。通訊記錄用於檢查與偵測器之間傳訊之正確性，並可用以確認傳輸或是接收資料時是否有異常狀況。

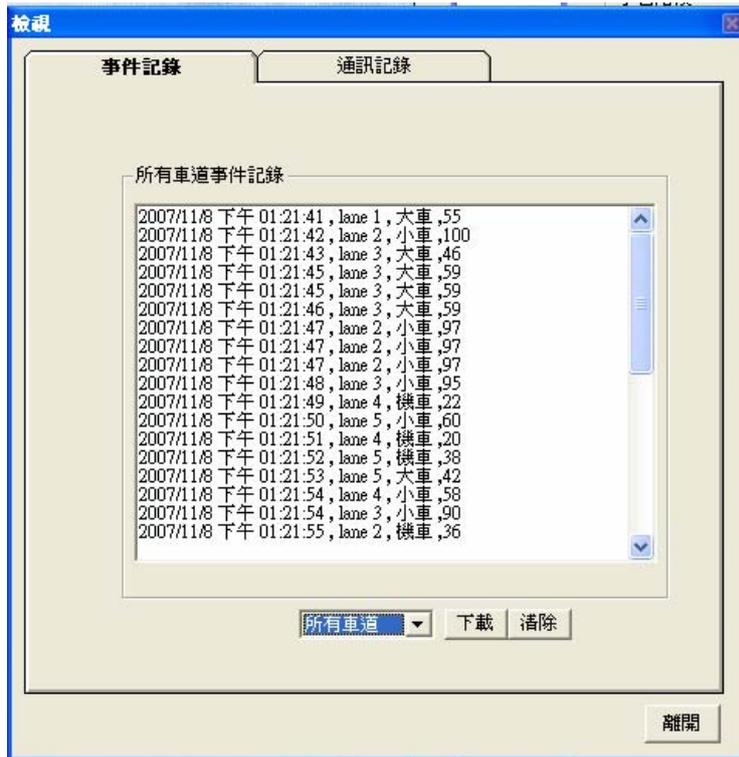


圖 3.4-8 檢視畫面

第四章 實測分析

本章節先行介紹目前實測環境背景，並將實際應用雷達微波偵測器的分析結果陳列如下，分為：車道數、車道頻率辨識、車速與車種辨識。

4.1 實測環境介紹

本計畫擇 2 地點裝設雷達車輛偵測器進行成果實測，分別於市區及高快速道路各選擇一處，由於道路特性不同，所產生的準確性也不盡相同，本研究所選定之實測地點原則為：

- (1) 車流量適合有尖離峰現象且有 6 車道以上。
- (2) 市區地理條件符合可同時設置兩座側向雷達偵測器及一座正向雷達設置之要求、需同時架設兩座側向雷達偵測器的原因，在於考量須與其他市售產品做實測比較的需求，且兩座偵測器之間的距離不宜過長，以減少變換車道的情形及盡量保持車輛等速前進。
- (3) 高快速公路可達到設置側向雷達偵測器之要求。
- (4) 電力可藉已存在之設備用電，例如號誌用電。

考慮上述原則後，在市區選定公道五台肥公司附近，如圖 4.1-1 至圖 4.1-4 所示；高快速公路原計畫於東西向快速路機場附近，但經過評估後，發現機場附近恐影響飛安及受隔音牆影響，故更改至新竹科學園區高速公路回轉道上，如圖 4.1-5 至圖 4.1-6。

另開發過程中須要於車流稀少之僻靜道路上自行開車進行參數校估的測試，評估影響用路人最小狀況下，選擇竹北市高鐵六家站附近之水門平台。

市區道路雷達測試地點

新竹市公道五路. 愛買附近
 最長36m
 雙向6車道
 早上偶有回堵車流

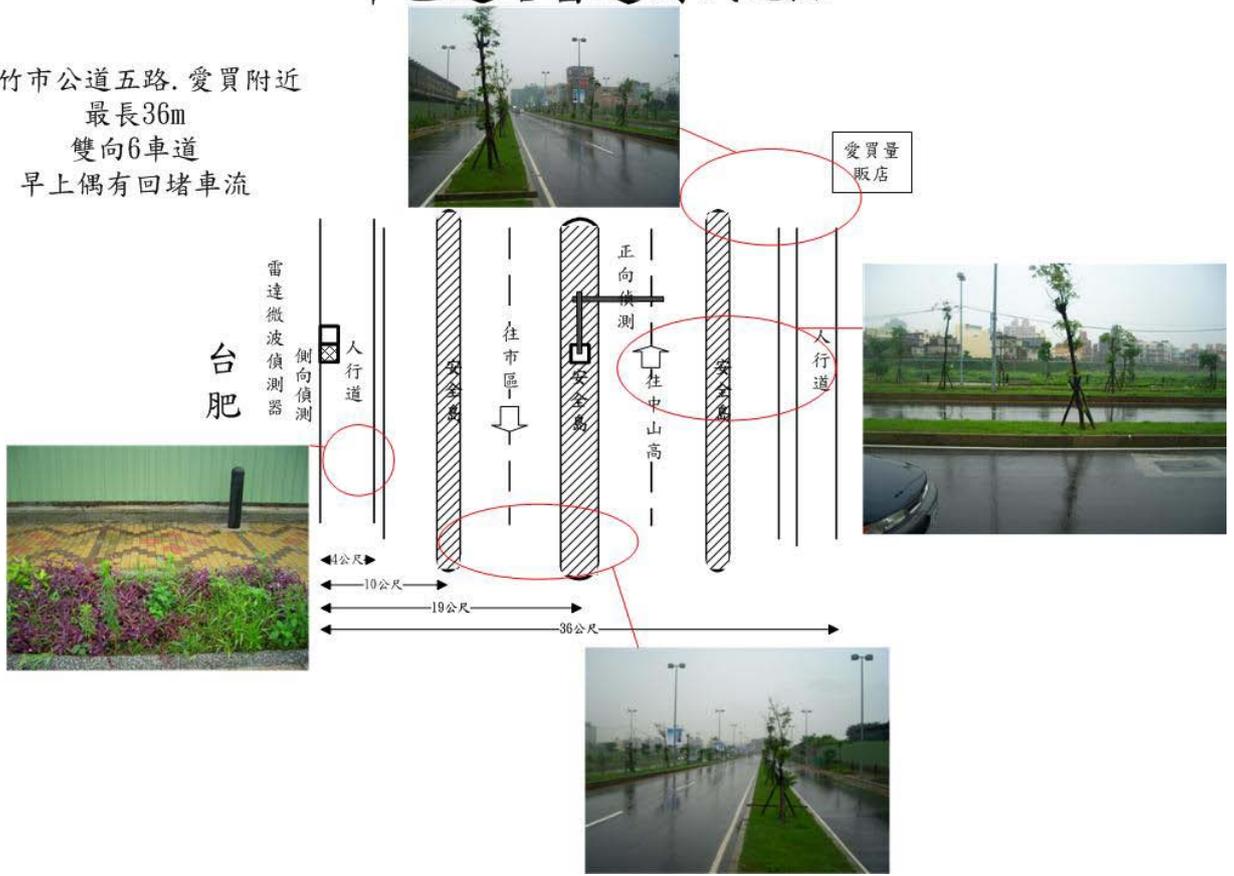


圖 4.1-1 新竹市公道五路（台肥公司前）施工位置圖



圖 4.1-2 控制器（路側）



圖 4.1-3 直立桿（路側）



圖 4.1-4 8”L 桿（安全島）



圖 4.1-5 新竹市科學園區迴轉道邊坡旁施工位置圖



圖 4.1-6 新竹市科學園區迴轉道邊坡旁施工位置圖（續）

本實驗地點位於公道五台肥公司附近，道路兩旁各有人行道，道路中央有 3 處分隔島，該處為雙向 6 車道之車流環境，除了小型車之外，此處之車流結構擁有穩定之大型車流量，非常有利於量測判別大小型車之準確率。外側車道則大多為機車流量。雷達偵測器架設於人行道上直立桿上，需要有人員將雷達搬運上去。在收集偵測器資料的同時，於道路兩旁以測速槍偵測實際車速，達到以真實數據驗證演算法結果的功用。



圖 4.1-7 實測現場概況

圖 4.1-7 左方為所架設直立桿，亦即是實驗器材架設地點，偵測器以及相關器材固定於欄杆上，利用網路線連接至底下電腦，供研究人員操作，上面平台供有電力裝置；右方為偵測器偵測範圍。實測場景視圖 4.1-8 至圖 4.1-9。

實驗器材介紹：

- (1) 攝影機：拍攝車流情況
- (2) NI 主機：資料處理與收集與即時顯示。
- (3) 筆記型電腦：內含測試軟體及程式，並將即時波形資料顯示於螢幕上，紀錄實測結果。
- (4) 測速槍：測量實際車速。



圖 4.1-8 研究人員搬運器材



圖 4.1-9 實測場景

有關資料收集部分，本研究是以微波偵測器實際至道路收集行駛車輛波形之電壓資料，蒐集地點為公道五（台肥公司前）。在樣本數方面，本研究分別蒐集大車與小車之波形資料，取樣頻率為每秒 512 點。原始資料之座標為「強度—時間」，並以快速傅立葉轉換(FFT)將測得之波形電壓值，轉換成為以「強度—頻率」為座標的資料型態。其轉換後並扣除車道背景值之車輛波形資料圖形如圖 4.1-10 所示。圖 4.1-10 為車輛進入偵測器之偵測範圍後，某時間點的反射波形情況，其中橫軸的部分為車道的頻率位置，縱軸表波形強度。以圖 4.1-10 為例，表此輛車之所在車道位置的頻率寬度約在 42~57 的範圍內，在此時間點之波形最大強度為 0.76。

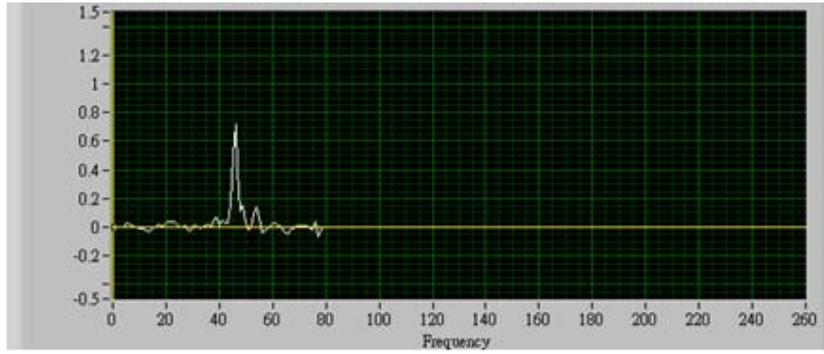


圖 4.1-10 某時間點之車輛進入波形

圖 4.1-10 之波形是為車輛經過之某一時間點下的波形，如果將所有時間點的波形集合起來，則其圖形如圖 4.1-11 所示，車輛經過之波形就如同一座小山丘，任何一時間點下的波形頻譜圖皆可視為此山丘的某處截面積。

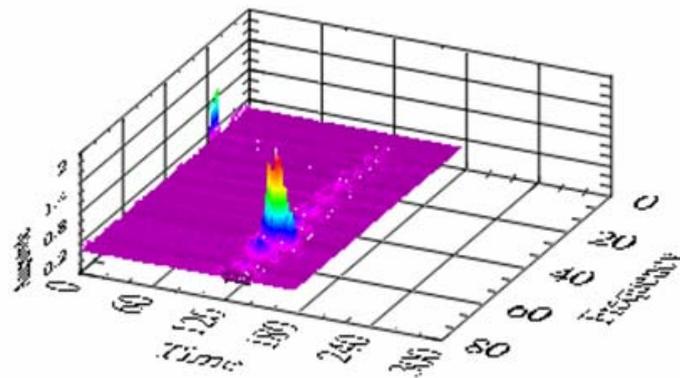


圖 4.1-11 車輛經過之所有時間的波形集合

4.2 車道數與車道頻率辨識實測分析

在 3.3 節介紹過學習車道數與車道頻率辨識的演算法，可概分為 (1)判定有無車(2)設定車道範圍或是判定所屬車道。以下分別就兩部分做實測分析，測試使用資料為 96 年 10 月 31 日在公道五所收集資料，天氣晴朗，時間大約為下午 5:00 至 6:00。

(1) 判定有無車：

判定有無車所使用的門檻值會在虛擬迴圈內無車時更新，避免門檻值跳動，如圖 4.2-1：

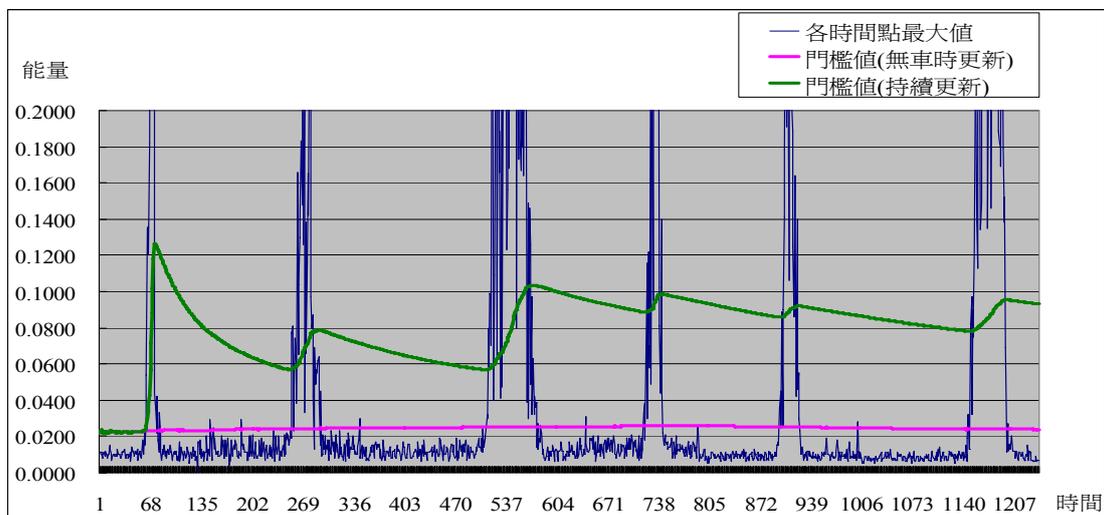


圖 4.2-1 門檻值於無車時更新

(2) 設定車道範圍或是判定所屬車道：

此部分可得到每輛車所在車道的參考值，利用能量最大值的位置作為代表。圖 4.2-2 為一段時間內，經過偵測器前之車輛，依序分別為第 1 車道小車、第 3 車道大車、第 2 車道小車、第 4 車道和第 3 車道小車同時經過、以及第 4 車道小車，其能量最大值所在位置隨時間的變化情形，橫軸為時間、縱軸為頻率，雖然車道的影響頻率範圍有些許的重疊，但是仍可明顯的做區隔。圖 4.2-3 為這 6 台車之最大能量值位置分布圖，此資訊為事後觀察影片得知，因此可依據 3.3 節所提出方法判斷出其所屬車道。

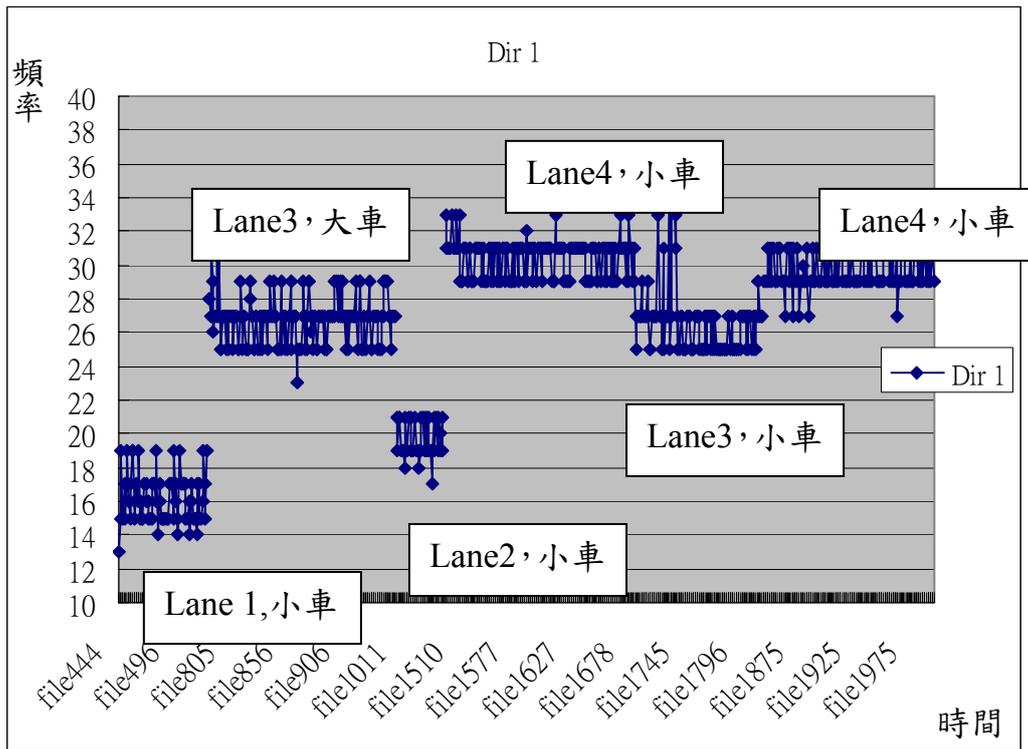


圖 4.2-2 能量最大值隨時間變化趨勢

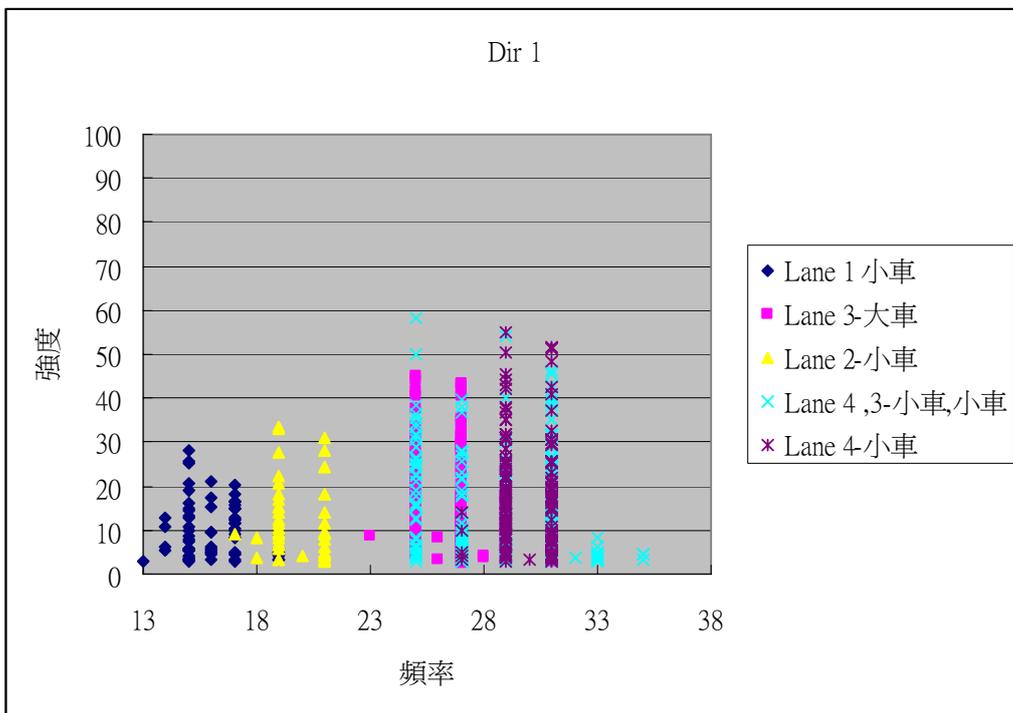
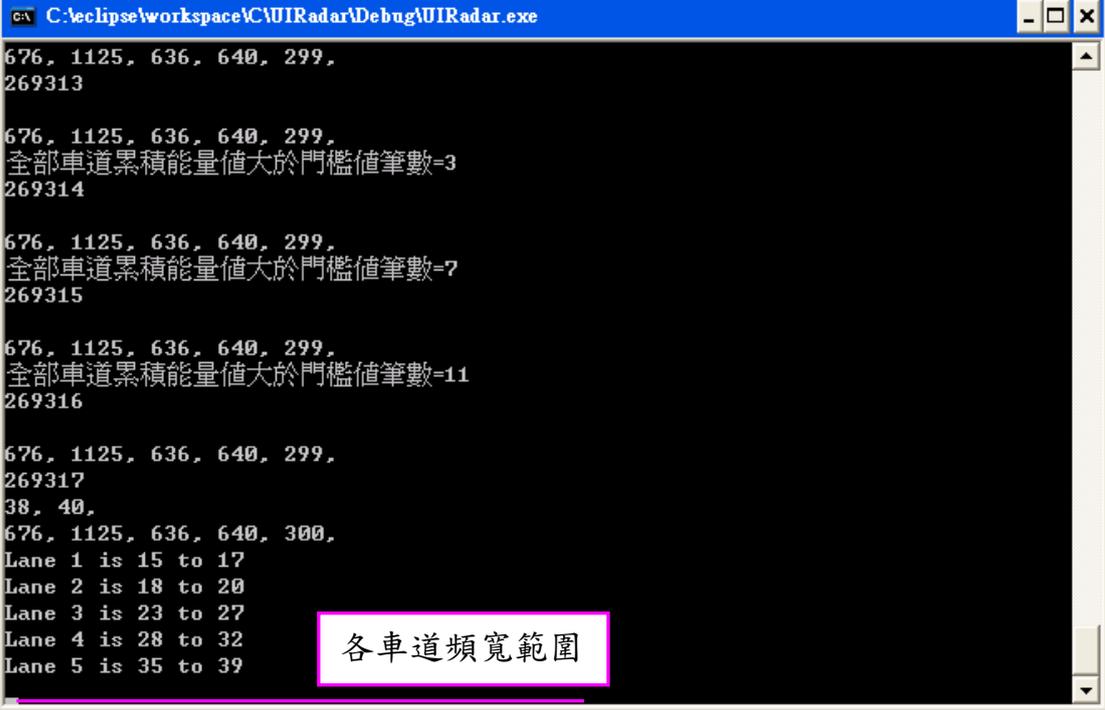


圖 4.2-3 車輛最大能量位置分布圖

96/10/31 在公道五所收集資料判別結果為 5 車道、各車道所對應之頻率範圍如圖 4.2-7：



```
C:\eclipse\workspace\C\UIRadar\Debug\UIRadar.exe
676, 1125, 636, 640, 299,
269313

676, 1125, 636, 640, 299,
全部車道累積能量值大於門檻值筆數=3
269314

676, 1125, 636, 640, 299,
全部車道累積能量值大於門檻值筆數=7
269315

676, 1125, 636, 640, 299,
全部車道累積能量值大於門檻值筆數=11
269316

676, 1125, 636, 640, 299,
269317
38, 40,
676, 1125, 636, 640, 300,
Lane 1 is 15 to 17
Lane 2 is 18 to 20
Lane 3 is 23 to 27
Lane 4 is 28 to 32
Lane 5 is 35 to 39
```

各車道頻寬範圍

圖 4.2-4 2007/10/31 公道五實測車道頻寬

4.3 車種辨識實測分析

本計畫欲對車種辨識演算法進行驗證，故需至實際道路進行測試，測試地點包含市區道路與快速道路，測試方法為於實地架設車輛偵測器，與內含車種辨識資訊演算法之電腦設備，並設定相關參數完畢之後，即開始進行實測。不同的測試地點，實測時間皆為一小時，並配合數位攝影機與視訊攝影機，進行實測畫面的擷取，以供後續的車種辨識準確率分析之用。

本車種辨識演算法是依車輛反射波形之波形特徵作為車種判別之依據，故車種辨識之波形特徵參數的設定值，是依實地現場的自動學習之後，再經由人工的手動調整而得到。本偵測器亦可設定各車道內是否有機車行駛，以減少不必要的辨識誤差。

不同的測試地點，實測時間皆為一小時，並配合數位攝影機與視訊攝影機，進行實測畫面的擷取，以供後續的車種辨識準確率分析之用。

(1) 市區道路（離峰）

本計畫於市區道路實測之地點為新竹市公道五路舊台肥工廠旁，實測道路之選擇情形為雙向 5 車道，測試時間為 96 年 11 月 3 日上午 10:00~11:00（離峰時段），天氣狀況良好，無雨，且因測試時間接近中午，故溫度略高；另外，本偵測器架設於超過 6 公尺之高台，因人為操作所造成的搖晃與風勢的影響，故於測試過程中，亦包含了震動的情形。圖 4.3-1 為實測錄影畫面。



圖 4.3-1 市區道路實測錄影畫面（離峰）

實測數據分析結果如表 4.3-1 與表 4.3-2 所示。表 4.3-1 紀錄車輛數計算與車道判斷分析結果，由正確率顯示在紀錄車輛總數方面，本測試中除了第 5 車道之外，實測的車輛總數會略少於實際的車輛總數，主要原因為某些車輛的速度較快或車身之訊號反射長度較短，使得訊號的起落太快，導致演算法在判斷車道有無車時，容易將此車輛訊號判斷成為是突然的訊號不穩定所造成，即不被判斷成 1 輛車，故會有車輛數低估的情形；另一方面，訊號較微弱的車道或是車輛，在經過偵測器之訊號虛擬迴圈時，若相鄰且距離偵測器較近的車道上，亦有一訊號較強的車輛同時一起經過，如此訊號較微弱的車輛波形易被當成是為訊號較強之車輛波形的擴散，而不被判斷成是一輛車，亦會造成車輛數低估的情形發生。

至於第 5 車道的實測車輛數較多的主要原因，在於較遠處

的訊號強度較微弱，且 S/N 值較高，再加上考慮為了能較準確地抓取機車波形，所以在判斷有無車的能量門檻方面，勢必要設定為比較貼近雜訊的值，才能掌握機車訊號所造成的微小強度起伏。在此情形下，硬體訊號的不穩定在較遠且有機車通行的車道影響將更加明顯，稍微的訊號起伏可能都會被判成為有機車通過的情形，因此在抓取機車總數方面，會有高估的情況。

判別車輛所在車道的部分，是建立於已正確抓取有車輛經過之後，才接著討論車輛所在之車道是否判別正確。判斷過程中，不會有類似第 1 車道之車輛誤判成第 2 車道，而導致第 2 車道車輛數加 1 之情形發生。表 4.3-1 顯示本計畫之演算法在車道判斷準確率的部分有不錯的成效，而其中判別車輛所屬車道錯誤的最大原因，在於有時車輛會行駛於靠近兩個車道之間，或是於偵測範圍內中途變換車道，因而造成判斷上的錯誤。

表 4.3-1 市區道路實測車輛數與車道判斷分析結果（離峰）

車道	實際車輛總數	實測車輛總數	車道判斷錯誤	車輛總數正確率	車道判斷正確率
1	216	204	10	94.44%	95.10%
2	286	277	8	96.85%	97.11%
3	204	193	5	94.61%	97.41%
4	195	182	7	93.33%	96.15%
5	138	165	0	83.64%	100.00%

[註]：測試時間：96 年 11 月 3 日上午 10:00~11:00

表 4.3-2 為各車道車種辨識的實測數據，每個車道中的車流皆包含小型車與大型車，而除了第 5 車道以外，其他車道都沒有機車行駛。車種辨識正確率的計算，建立於已偵測到車輛經過，並判斷出其所在之車道與實際相符的情形下，接著才會記錄車種的辨識是否正確。由表中可看出本計畫之車種辨識演算法，在實測過程中除了第 5 車道的機車之外，皆可達到 80% 以上的正確率。

表 4.3-2 市區道路實測之車種辨識分析結果(離峰)

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
機車	1	N/A	N/A	N/A
	2	N/A	N/A	N/A
	3	N/A	N/A	N/A
	4	N/A	N/A	N/A
	5	117	74	63.25%
小型車	1	194	182	93.81%
	2	270	251	92.96%
	3	181	175	96.69%
	4	177	172	97.18%
	5	44	38	86.36%
大型車	1	10	10	100.00%
	2	7	7	100.00%
	3	12	10	83.33%
	4	5	4	80.00%
	5	4	4	100.00%

[註]：測試時間：96 年 11 月 10 日上午 10:00~11:00

本實測在較遠車道抓取機車數目的部分，在不少情況下皆會被判別成小型車，主要是因為在較遠之車道，其訊號反射強度較微弱，導致在波形的差異上，小型車與機車的差異情形不大，因此在車種辨識參數的調校上亦較為不易，導致其誤判情形較為嚴重。表 4.3-2 中的機車辨識率較低的原因，即為上述現象所造成。

小型車輛的辨識錯誤發生原因，除了第 5 車道是因為反射訊號較微弱，導致與機車波形差異性不夠明顯，造成辨識誤差情形較大之外，在其他車道產生的車種判別錯誤原因，主要是因為車道之間波形的重疊干擾所造成。小型車容易因相鄰車道的車輛波形干擾，導致誤判的情形發生，如當小型車通過偵測器之虛擬迴圈時，若相鄰車道上亦有一輛大型車正好通過虛擬迴圈，其波形的重疊干擾即可能使得本演算法將小型車誤判為大型車。

至於大型車的辨識率方面，相較於小型車的辨識正確率來說會比較低的原因，主要在於同一路段上，小型車的流量一般

來說會高於大型車不少，因此容易造成一開始在設定車種辨識參數時，由於大型車樣本較少的原因，使得判別參數的設定不夠準確，導致直接影響到實測時的大型車辨識率。另一方面，也由於在實測過程中大型車車輛數較少的原因，因此單輛車的誤判對於大型車整體辨識的正確率下降影響較大，這也是大型車正確率容易比小型車來的低的原因。

(2) 市區道路（尖峰）

本計畫於市區道路尖峰路況實測之地點為新竹市公道五路舊台肥工廠旁，實測道路之選擇情形為雙向 5 車道，測試時間為 96 年 11 月 23 日下午 4:00~5:00(尖峰時段)。天氣狀況良好，無雨，測試過程中亦包含人為操作所造成的搖晃震動與風勢的影響。圖 4.3-2 為實測錄影畫面。



圖 4.3-2 快速道路實測錄影畫面（尖峰）

實測數據分析結果如表 4.3-3 與表 4.3-4 所示。表 4.3-4 紀錄尖峰時段中車輛數計算與車道判斷分析結果。首先需針對本研究中，判斷車道有無車之演算法在擁擠情況下的運作效果進行說明。在一般的道路情形下，由於車輛安全間距的關係，車與車之間的距離多會大於本偵測器之訊號虛擬迴圈，因此在此情況下，本演算法在抓取車輛數的部分問題不大。但若當道路狀況非常擁擠，導致每車輛之間的距離小於訊號虛擬迴圈時，如此在抓取車輛數的誤差部分影響較大，對車輛總數低估的情形較嚴重，也連帶影響到車種的辨識正確率。因此，在道路擁擠的情況下，本演算法的車種辨識效果會比較差。

本次尖峰時段的測試，道路車流量明顯地較先前離峰時多出不少，但並未到達有車輛阻塞停滯的情形發生，故由本次測試所紀錄車輛總數的正確率來看，測試結果雖較離峰時段差，但正確率差異並不大。而會造成此些微差異的原因在於，當車流量大時，多部車輛同時位於偵測器之虛擬迴圈內的情況增加，不同車道車輛波形之間的干擾也加大，以至於在判斷車道有無車時，亦將原車道之車輛波形，視為其他車道車輛波形的擴散干擾，而判斷成該車道沒有車輛經過，這是為何在本次測試中，判斷車輛數之正確率下降的主要原因。

因此，在車輛波形之間干擾加大的同時，第五車道也湧入較離峰時段多的機車數量，且機車在同一車道中，因車流量增加的關係，機車並行或是被小型車擋住的情形也變多，故抓取不到機車的情形更為嚴重，直接影響到第五車道之車輛數判別正確率，較離峰時段下降不少。

儘管如此，但由本次的測試結果仍可顯示，除了機車數量較多的第五車道之外，在車流量大的情況下，只要車輛之間能維持足夠的間距(大於 3 公尺)，本判斷車道有無車的演算法仍有一定的功用，且對於車道判斷的正確率來說，只要車輛不在雷達之虛擬迴圈中突然變換車道，則本演算法也依然可維持一定的效果。

表 4.3-3 市區道路實測之車輛數與車道判斷分析結果（尖峰）

車道	實際車輛 總數	實測車輛 總數	車道判斷 錯誤	車輛總數 正確率	車道判斷 正確率
1	278	254	12	91.37%	95.28%
2	366	332	6	90.71%	98.19%
3	242	229	7	94.62%	96.94%
4	238	221	10	92.86%	95.48%
5	297	206	0	69.36%	100.00%

[註]：測試時間：96 年 11 月 23 日下午 4:00~5:00

表 4.3-4 為尖峰時段中各車道車種辨識的實測數據，因在車輛數判斷影響不大的情況下，除了第五車道以外，車種的辨識率依然可保持約 80% 以上的水準，一方面因為車速較慢，所擷取到的車輛波型資訊較為充足，且高車流量亦會使得樣本數增加，有助於大小車種判別參數的選取。

第五車道的車種辨識率較低的原因仍然在於機車流量比率的增加所造成，前述提到當兩輛車距離過近時，容易被判斷成是一輛車，此時兩輛車的波形資訊就會被當成是一輛車所造成。故第五車道因為機車較多，且車體長度小，容易有兩輛機車相連駛入偵測器之虛擬迴圈中的情形發生，在無法正確區分成兩輛車的情況下，就會容易判別成為是小型車，造成第五車道的車種辨識率偏低。

綜合以上市區道路的測試結果，在較遠車道的機車辨識率效果仍不夠理想，反射的訊號過小與雜訊不易分別是為各項準確率不佳的原因。這方面的問題，未來應由偵測器本身的硬體下手，放大較遠車道的訊號強度來改進。

表 4.3-4 市區道路實測之車種辨識分析結果(尖峰)

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
機車	1	N/A	N/A	N/A
	2	N/A	N/A	N/A
	3	N/A	N/A	N/A
	4	N/A	N/A	N/A
	5	149	63	42.28%
小型車	1	245	236	96.33%
	2	317	301	94.95%
	3	216	204	94.44%
	4	214	209	97.66%
	5	52	45	86.54%
大型車	1	9	9	100.00%
	2	15	14	93.33%
	3	13	12	92.31%
	4	7	7	100.00%
	5	5	5	100.00%

[註]：測試時間：96 年 11 月 23 日下午 4:00~5:00

(3) 快速道路

本計畫於快速道路實測地點為新竹市科學園區迴轉道邊坡旁，實測道路之選擇情形為雙向 7 車道，測試時間為 96 年 11 月 3 日下午 3:00~4:00，天氣狀況良好，無雨，且測試時間接近傍晚，故溫度略低；另外，本偵測器於實測時因人為操作所造成的搖晃與風勢的影響，故於測試過程中，亦包含了震動的情形。圖 4.3-3 為實測錄影畫面。



圖 4.3-3 快速道路實測錄影畫面

由於距離的關係，較遠車道的車輛波形訊號較微弱且 S/N 比較高，因此本計畫在快速道路的實測數據部分，只統計前 4 個車道的測試結果資料。表 4.3-5 紀錄快速道路的車輛數計算與車道判斷分析結果。在車輛數的部分，快速道路之車輛總數正確率要比一般市區道路的測試結果來的差，顯示車輛速度會影響本計畫之判斷車道有無車演算法，這是未來必須更進一步改善的地方。

至於判別車輛所在車道位置的部分，數據顯示仍有著顯著的判別水準，尤其以快速道路來說，車輛行駛道路時，在車速快且為求安全的考慮下，駕駛人鮮少發生行駛於兩車道中間的情況，這也可有助於提升車道判別的準確率。

表 4.3-5 快速道路實測分析結果之車輛數與車道判斷分析結果

車道	實際車輛 總數	實測車輛 總數	車道判斷 錯誤	車輛總數 正確率	車道判斷 正確率
1	158	137	1	86.71%	99.27%
2	843	739	61	87.66%	91.75%
3	1263	1086	54	85.99%	95.03%
4	1145	967	5	84.45%	99.48%

[註]：測試時間：96 年 11 月 10 日下午 3:00~4:00

表 4.3-6 為快速道路各車道車種辨識的實測數據，每個車道中的車流皆只包含小型車與大型車。在車種辨識的準確率方面，因快速道路車輛行駛速度較快，會減少小型車與大型車在波形資料取樣上的差距，導致車種辨識率下降。因此，如何消除或降低車輛速度對於車種辨別的影響，亦是未來必須加以考慮的重點。

表 4.3-6 快速道路實測之車種辨識分析結果

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
小型車	1	94	84	89.36%
	2	502	483	96.22%
	3	911	753	82.66%
	4	967	789	81.59%
大型車	1	43	32	74.42%
	2	237	152	64.14%
	3	175	156	89.14%
	4	N/A	N/A	N/A

[註]：測試時間：96 年 11 月 10 日下午 3:00~4:00

(4) 雨天測試

本計畫之雨天測試，考慮眾多實驗器材的維護，實驗之地點改為竹北市高鐵六家站附近之水門，實測道路之情形為雙向 4 車道，測試時間為 97 年 1 月 13 日下午 3:10~3:40，天氣狀況為陰天有雨。

本次測試針對道路之一、二車道進行車輛數與車種的辨識準確率試驗，主要目的在於了解雨天的天氣狀況是否會嚴重影響到車輛訊號的反射情形。測試過程中，針對雨勢較大的時

段，一共測試了 68 輛車，車輛數判斷與車種辨識結果分別如表 4.3-7 與表 4.3-8 所示。

表 4.3-7 雨天實測之車輛數與車道判斷分析結果

車道	實際車輛 總數	實測車輛 總數	車道判斷 錯誤	車輛總數 正確率	車道判斷 正確率
1	45	44	1	97.78%	97.73%
2	23	23	0	100.00%	100.00%

[註]：測試時間：97 年 1 月 13 日下午 3:10~3:40

表 4.3-8 雨天實測之車種辨識分析結果

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
小型車	1	44	43	97.73%
	2	20	20	100.00%
大型車	1	N/A	N/A	N/A
	2	3	3	100.00%

[註]：測試時間：97 年 1 月 13 日下午 3:10~3:40

由實地觀察波形與測試數據結果來看，雨天的干擾對於車輛訊號反射的影響並不顯著，在機器不受潮且能正常運作的情況下，訊號的接收狀況與平日測試的情形相同，並不會降低原來判斷車輛數與車種辨識的能力。

目前本偵測器只能視為產品的雛形，對於內部元件的防水保護功能之設計尚未健全，因此在雨天測試時必須小心翼翼地防止機器面板或天線受潮，此缺點需待未來對偵測器外殼做更進一步的設計改進，才能保證本偵測器在不同的天候狀況下，依然能正常地運作。

(5) 與市售產品(以下簡稱 SS)比較

本計畫於新竹市公道五路舊台肥工廠旁，與 SS 進行實測比較，實測道路之選擇情形為雙向 5 車道，測試時間為 96 年 12 月 05 日下午 4:00~5:00，天氣狀況良好，溫度稍低但無雨。本偵測器架設於超過 6 公尺之高台，因人為操作所造成的搖晃與風勢的影響，故於測試比較的過程中，亦包含了震動的情形。SS 之架設位置距離本偵測器約為 50 公尺，測試方法為兩

方先行對時之後，即同時開始進行測試，測試時間為 1 個小時，並於實測過程中紀錄車輛經過之時間、車種與速度。

在偵測器之車種參數設定的部分，本次測試中，研究人員將 SS 的車種設定為車身長度的小於 4.3 公尺者，是為機車；介於 4.3 至 6.4 公尺則為小型車；若大於 6.4 公尺者，則為大型車。而 SS 則會於實測過程中，自行估計經過車輛之車長，並依上述分類進行車種判斷。在本研究所研發偵測器方面，雖亦可設定各類車種之車身長度，但其功能是用於計算車輛的行駛速度，未納入車種判別之演算法中。前述曾提到本研究之車種辨識演算法是依車輛反射波形之特徵作為車種判別之依據，而本次測試中，車種辨識之波形特徵參數的設定值，是依實地現場的自動學習之後，再經由人工的手動調整而得到。除此之外，本研究偵測器亦可設定各車道內是否有機車行駛，以減少不必要的辨識誤差

由於同一輛車經過兩方偵測器的時間皆不同，故無法藉由紀錄檔之車輛經過時間進行單輛的車種比較，因此在比較方法方面，本計畫於每 5 分鐘內統計 1 次雙方偵測器所記錄各車種之車輛數，並計算 5 分鐘內各車道實際通過的各車種車輛數，與雙方偵測器之判斷結果進行比較，如此累計共 1 個小時的比較結果，如表 4.3-9 所示。

表 4.3-9 與 SS 之實測結果比較

車種	車道	實際車輛數	實測結果比較			
			本計畫偵測器	準確率 (%)	SS	準確率 (%)
機車	1	N/A	N/A	N/A	47	N/A
	2	N/A	N/A	N/A	32	N/A
	3	N/A	N/A	N/A	40	N/A
	4	N/A	N/A	N/A	43	N/A
	5	167	115	68.86%	48	28.74%
小型車	1	283	252	89.05%	201	71.02%
	2	274	255	93.07%	228	83.21%
	3	181	167	92.27%	128	70.72%
	4	187	176	94.12%	116	62.03%
	5	107	121	88.43%	166	64.46%
大型車	1	14	18	77.78%	34	41.18%
	2	16	11	68.75%	38	42.11%
	3	7	4	57.14%	12	58.33%
	4	5	4	80.00%	22	22.73%
	5	3	2	66.67%	65	4.62%

[註]：測試時間：96 年 12 月 05 日下午 4:00~5:00

表 4.3-9 顯示在交通量之偵測方面，本研究偵測器和 SS 所偵測之數量，與實際經過之車輛數差距並不大，主要的差距在於車種的辨識情形。在 1 至 4 車道中，SS 在小型車的辨識總數部分，普遍遠小於實際的小型車輛數，主要是由於有較多的情形，SS 會將小型車判別成為機車或大型車，直接也造成在大型車的總數部分會辨識出比實際大型車總數來的要多的情形。而在第 5 車道中，由於多出了機車，且機車的流量在第 5 車道中所佔的比例相當大，反而增加了更多機車被判別成為小型車的情形，因此在第 5 車道中，除了大型車依然會被多估之外，小型車的辨識數量因機車辨識錯誤的關係，造成小型車的辨識總數要比實際來的多。

前述曾提到，本研究偵測器在第 5 車道中，因遠處的 S/N 比較高，為了偵測機車微小的波形震動情形，試著將有無車的

能量門檻設定為比較貼近雜訊的值，但也容易會有將訊號突然的不穩定當成是有機車經過的情形。測試當天為了避免此種情況在次發生，造成機車數量的高估，於是在第 5 車道中，將判別有無車的訊號門檻值設定較高，但其結果從表 4.3-5 中可看出，反而造成較多機車經過卻偵測的情形，因此也低估了真實的機車車輛數。為了解決此問題，未來在判斷有無車的門檻以及訊號雜訊背景值的設定方面，必須更進一步考慮即時的動態更新。

分析以上各偵測器的車種辨識錯誤原因，在 SS 方面，其辨識錯誤是可以藉由後續的調整車長參數設定而加以改進的，就實際測試的情況而言，本偵測器略遜於 SS 的部分主要在於辨別訊號是否為雜訊或是真實車輛訊號的能力，由測試結果來看，SS 對於真實車輛訊號的辨別能力較為敏感，其處理訊號雜訊以突出有車之訊號的能力，是未來本研究團隊需學習且持續改進的方向。

4.4 車輛速度實測分析

本計畫於市區道路實測之地點為新竹市公道五路舊台肥工廠旁，實測道路之選擇情形為雙向 5 車道，測試時間為 96 年 11 月 3 日上午 10:00~11:00，天氣晴朗，且因測試時間接近中午，故溫度略高；快速道路實測地點為新竹市科學園區迴轉道邊坡旁，實測道路之選擇情形為雙向 7 車道，測試時間為 96 年 11 月 3 日下午 3:00~4:00，天氣狀況晴朗，且測試時間接近傍晚，故溫度略低；另外，本偵測器於實測時因人為操作所造成的搖晃與風勢的影響，故於測試過程中，亦包含了震動的情形。

(1) 車速實測分析：

由於本次市區道路測試地點共有 5 車道，且車流量較大，在較遠車道用測速槍測速的人員與監看偵測器人員溝通十分不易，較難針對同 1 台車輛去紀錄兩者間的速度差距，因此本次測試樣本只包含第 1、2 車道，且測試中取得大車樣本較少，故將所有車輛樣本一起做比較。因此本次測試總計有效樣本數共 60 筆，其中包含 1、2 車道各 30 筆，其結果如下表 4.4 -1 和表 4.4 -2 所示。

表 4.4-1 市區道路第 1 車道車輛速度實測結果

第 1 車道							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率 (%)
1	61	53	86.89%	16	44	46	95.45%
2	44	47	93.18%	17	48	36	75.00%
3	60	63	95.00%	18	51	40	78.43%
4	50	48	96.00%	19	54	51	94.44%
5	63	63	100.00%	20	54	59	90.74%
6	52	46	88.46%	21	84	72	85.71%
7	68	59	86.76%	22	51	44	86.27%
8	64	57	89.06%	23	50	46	92.00%
9	64	75	82.81%	24	63	72	85.71%
10	43	51	81.40%	25	65	59	90.77%

11	49	36	73.47%	26	50	40	80.00%
12	56	51	91.07%	27	55	43	78.18%
13	68	61	89.71%	28	55	63	85.45%
14	56	66	82.14%	29	47	35	74.47%
15	57	66	84.21%	30	56	46	82.14%
平均正確率：86.50%							

表 4.4-2 市區道路第 2 車道車輛速度實測結果

第 2 車道							
有效樣 本序	測速槍 車速	偵測器 車速	正確率 (%)	有效樣 本序	測速槍 車速	偵測器 車速	正確率 (%)
1	52	44	84.62%	16	56	61	91.07%
2	68	86	73.53%	17	45	56	75.56%
3	64	83	70.31%	18	81	61	75.31%
4	52	64	76.92%	19	54	47	87.04%
5	57	49	85.96%	20	45	37	82.22%
6	47	51	91.49%	21	69	53	76.81%
7	66	62	93.94%	22	79	70	88.61%
8	77	57	74.03%	23	76	83	90.79%
9	52	61	82.69%	24	72	64	88.89%
10	68	68	100.00%	25	46	55	80.43%
11	46	32	69.57%	26	58	53	91.38%
12	61	55	90.16%	27	57	72	73.68%
13	66	56	84.85%	28	58	68	82.76%
14	60	66	90.00%	29	84	80	95.24%
15	49	62	73.47%	30	58	66	86.21%
平均正確率：16.42%							

而在高快速道路方面，由於測量角度的問題，測速槍難以準確的測出較遠車道的車輛速度，因此也是只收集較近的兩車道速度資料進行比較，同樣收集了共 60 筆，其中 1、2 車道各 30 筆，結果如下表 4.4 -3 表 4.4 -4 示。

表 4.4-3 高速公路第 1 車道車輛速度實測結果

第 1 車道							
有效樣 本序	測速槍 車速	偵測器 車速	正確率 (%)	有效樣 本序	測速槍 車速	偵測器 車速	正確率 (%)
1	77	89	84.65%	16	53	53	100.00%
2	72	83	84.20%	17	77	70	91.07%
3	89	62	69.56%	18	72	79	90.61%
4	56	65	83.32%	19	70	83	82.09%
5	90	76	84.12%	20	85	63	74.11%
6	80	63	78.30%	21	71	87	77.41%
7	88	69	78.48%	22	52	42	80.71%
8	61	76	75.10%	23	66	75	87.54%
9	68	53	78.57%	24	86	84	98.58%
10	75	79	94.00%	25	54	69	73.15%
11	68	59	87.00%	26	73	67	91.57%
12	76	85	88.63%	27	84	64	75.58%
13	81	69	85.58%	28	59	67	87.19%
14	58	63	92.19%	29	75	79	94.45%
15	74	62	83.84%	30	63	76	79.17%
平均正確率：84.36%							

表 4.4-4 高速公路第 2 車道車輛速度實測結果

第 2 車道							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率(%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率(%)
1	81	90	89.03%	16	68	51	74.62%
2	61	75	76.90%	17	64	77	80.11%
3	71	70	98.38%	18	85	75	88.96%
4	75	81	91.90%	19	77	67	87.09%
5	65	78	79.93%	20	71	51	72.81%
6	60	72	78.39%	21	81	61	74.79%
7	76	65	85.55%	22	74	67	90.00%
8	88	67	76.69%	23	57	53	92.85%
9	61	74	80.08%	24	76	59	77.73%
10	85	85	100.00%	25	62	66	93.90%
11	76	89	83.46%	26	79	56	71.33%
12	63	74	83.46%	27	78	76	97.12%
13	73	62	85.75%	28	63	82	70.08%
14	61	76	74.63%	29	90	61	68.11%
15	84	88	94.82%	30	69	84	77.34%
平均正確率：83.19%							

由結果可發現，本次測試的誤差都比期中報告來得低，其中第 1 車道的正確率由 72.06% 提升至 86.50%~84.09% 左右，而第 2 車道的正確率由 75.51% 提升至 83.58%~83.17% 左右，都比期中的測試結果來得好，這是由於在進出偵測器範圍的時間判斷上，加入由車種演算法判斷傳來的進出時間，在車種方面的演算法加入了多車道有車時會造成旁波效應的判斷，這比之前單純只考慮門檻值的判斷來說會更為準確，因此速度的準確度也會相對提高不少。

後續車速的改善可從速度快慢對訊號造成的影響著手，看兩者之間是否有其他的關係存在，跳脫出原本由進出時間來推估速度的概念，或許會有其他可改善的空間。

(2) 與 SS 進行比較

在與 SS 的比較方面，由測試數據顯示兩者的準確率差異不大，其中 SS 所測得之速度大多落在 55~70 這個區間之內，因此整體的準確率會在一定的水準之內，但相對的對某些較極端的車輛速度就無法正確的顯示速度資訊；而本偵測器對於速度的量測較 SS 敏感許多，因此在速度低於 55 或高於 70 時，本偵測器測得的速度大多較為準確，但也由於敏感度較高，因此所測得的速度有時會出現較誇張的數值，此為尚待改進之處。

表 4.4-5 與 SS 比較第 1 車道車輛速度實測結果

第 1 車道					
有效樣本序	測速槍車速	SS 車速	SS 準確率(%)	微波偵測器車速	微波偵測器準確率(%)
1	71	67	94.37%	78	90.14%
2	50	61	78.00%	46	92.00%
3	51	59	84.31%	65	72.55%
4	49	59	79.59%	55	87.76%
5	56	61	91.07%	60	92.86%
6	47	61	70.21%	46	97.87%
7	41	61	51.22%	28	68.29%
8	72	56	77.78%	54	75.00%
9	65	57	87.69%	60	92.31%
10	54	64	81.48%	52	96.30%
11	78	65	83.33%	42	53.85%
12	65	67	96.92%	55	84.62%
13	71	67	94.37%	82	84.51%
14	64	64	100.00%	74	84.38%
15	53	64	79.25%	60	86.79%
16	62	64	96.77%	65	95.16%
17	51	61	80.39%	58	86.27%
18	47	59	74.47%	33	70.21%
19	57	57	100.00%	46	80.70%
20	56	56	100.00%	54	96.43%
21	70	56	80.00%	60	85.71%
平均準確率		SS: 84.82%		本研究偵測器: 84.46%	

表 4.4-6 與 SS 比較第 2 車道車輛速度實測結果

第 2 車道					
有效樣本序	測速槍車速	SS 車速	SS 準確率(%)	微波偵測器車速	微波偵測器準確率(%)
1	60	69	85.00%	73	78.33%
2	59	61	96.61%	60	98.31%
3	47	56	80.85%	44	93.62%
4	43	61	58.14%	57	67.44%
5	62	54	87.10%	64	96.77%
6	63	59	93.65%	84	66.67%
7	56	64	85.71%	68	78.57%
8	51	64	74.51%	44	86.27%
9	57	62	91.23%	23	40.35%
10	93	64	68.82%	98	94.62%
11	51	69	64.71%	62	78.43%
12	64	69	92.19%	62	96.88%
13	63	67	93.65%	76	79.37%
14	67	70	95.52%	68	98.51%
15	51	70	62.75%	52	98.04%
平均準確率		SS: 82.03%		本研究偵測器: 83.48%	

4.5 正向偵測實測分析

本測試地點是設定於光復路上東西向 3 車道中的第 2 車道作為本實驗之對象，時間為 96 年 11 月 10 日下午 5:00 至 6:00 尖峰時間，天氣狀況穩定，無雨。由於該路段之車流量大且訊號會受其他兩車道的影響，因此觀測車道的機車訊號會受其他車道經過車輛影響，因此本測試樣本只包含大型車和小型車的資料並且由於大型車的樣本較少，所以合併在一起討論之，本次測試總計有效樣本數共 60 筆，如下表 4.5-1：

表 4.5-1 正向偵測速度之實測結果

測試地點：光復路埔頂派出所旁天橋							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率(%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	正確率(%)
1	35	32	91.43%	16	49	56	85.71%
2	43	56	69.77%	17	48	44	91.67%
3	37	32	86.49%	18	57	68	80.70%
4	48	44	91.67%	19	17	17	100.00%
5	43	44	97.67%	20	37	44	81.08%
6	76	55	72.37%	21	40	35	87.50%
7	49	59	79.59%	22	66	56	84.85%
8	39	33	84.62%	23	47	42	89.36%
9	21	15	71.43%	24	50	48	96.00%
10	35	31	88.57%	25	49	35	71.43%
11	21	22	95.24%	26	36	25	69.44%
12	34	34	100.00%	27	40	34	85.00%
13	45	59	68.89%	28	40	31	77.50%
14	21	16	76.19%	29	38	35	92.11%
15	38	37	97.37%	30	31	26	83.87%
平均正確率：84.92%							

由以上 30 筆資料發現，有幾筆車速資料較實際偏慢，由於偵測器受其他車道車輛經過的影響，使偵測器延長該車通過的時間；而另外幾筆資料較實際值偏快，是由於為了要過濾其他車道的干擾所以將能量的門檻值提高，而造成某些車輛尚未完全通過，但是能量

值已經低於門檻值而誤判該車已經通過偵測範圍，產生車速過快的情形。

後續改進的方向為從減小雷達偵測的寬度為主，希望可以縮小至 1 個車道之內，以減少其他車道車輛的干擾。本次測試的車種判斷依據是以在一個短暫的時間下，判斷車輛的能量影響頻率的範圍，車長愈長影響的範圍愈大，但是不能針對車種做更為精細的分類（如休旅車、機車），所以如果可以提升車速的準確率，可以直接用 single-loop 的方法，利用已求得的車速，找出車輛行駛該車車長所需要的時間，即可找出車長，進而細分車種的差異，或許會有更準確的判斷。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本期主要沿用了前期微波偵測器之雛型及演算法並加以改進，持續增加交通參數偵測的自動化與準確度，在本期的實測結果中已能夠自動學習判斷車道數、車道頻率及每一車道的偵測範圍，且將使用者介面做出更細膩的控制畫面。

有關本期計畫所完成之工作項目，條列如下：

1. 提昇前期各交通參數(交通量、速率、車種辨識(含機車)等)的偵測準確率。

本研究以前期所發展之微波偵測器軟硬體作為基礎，並改良前期所開發之演算法以提升其偵測準確度。演算法部分，針對前期研究所提出之多項式分析以及函數資料分析(Functional Data Analysis)進行改良，研發得到以波形特徵進行分析的方式。此特徵值分析，能藉由不同車種所產生之不同回波分析出車種間回波之異同，以擷取出車種間之回波特徵。藉由此回波特徵，即可在實際道路測試中，分離出不同之車種。

在實際的測試當中，車種的準確率由 2 車種(大、小型車)之約略 80~90% 提升至 3 車種(大、小型車與機車)之 90%。車速的誤差部分，經過自動學習所得之測試結果也顯示誤差由 27.94% 下降至 13.50%~15.91% 左右。車道判斷的正確率，在快速道路也維持在超過九成。與前期研究相較，實有相當程度之提升。

建議未來研究加入新的車種判斷演算法(例如特徵向量)，並與現有演算法進行整合，藉此提高車種之判斷準確度甚或增加可能之車種分類。本研究亦建議未來演算法發展

時，能嘗試配合硬體特性，增加軟硬體整合，使其能發揮最大之效益。

2. 改善交通參數判別之演算法，演算法的型態分成離線(off-line)與即時(real-time)，最後會將車輛辨識即時演算法寫入 DSP 中。

本研究所開發之演算法，初期皆先收集資料以及以離線測試方式進行。在掌握演算法以及資料特性之後，即將演算法改成即時模式，於 PC-base 之測試平台上處理。最後，在演算法進入穩定之運作狀況後，演算法就會進行改寫，使其能於 DSP 之環境中執行。

本研究最後之實測分析，即採用雷達與 DSP 整合而得之獨立運作系統，即意味著演算法已經於 DSP 平台上以即時方式執行。

3. 所研發 DSP 模組須改善為嵌入式系統，並將此模組與其它模組加以整合為完整之微波式車輛偵測器之前端偵測單元。

本研究所研發之 DSP 已經與 RF module、A/D converter 以及 UART 等模組整合成為一獨立運作之雷達偵測器個體。運作所需之程式也已經整合於 DSP 當中，故本研究提出之雷達偵測器模型，已成為一完整之前端偵測單元。

為了更有效的利用 DSP 並提升硬體資源的利用效率，建議未來研究嘗試精簡現有演算法，使其更能有效利用 DSP 之硬體。

4. 研發成果應包含前端的偵測單元(硬體)及後端的資料處理單元。

本研究之主要研發成果包含有雷達天線、RF module、DSP 以及系統之整合，即包含有偵測之硬、軟體處理單元。

未來建議能精簡雷達硬體單元，並在不影響天線強度之

前提下，改善雜訊比，加強前端信號部分，減少後端處理可能會有之誤差。

5. 系統應另行提供偵測器正向照射及雙向偵測等功能之辨識成果。

本研究所提出之雷達偵測器，已具備有正向、側向（包含雙向車流）之辨識能力。本研究報告之第四章中，有針對其測試結果進行說明。測試之地點，則包含有高速公路以及市區道路。

6. 提出硬體各模組及系統建置之基本規範建議。

本研究所提出之雷達規格，需遵照臺灣之法令規定。故其中心頻率為 10.525GHz，而展開之頻寬為約 50MHz。由於 FMCW 系統特別重視發射端與接收端之間的干擾，此特性會影響到 IF 端的解調輸出，因此在 50MHz 的展頻狀況下，發射端與接收端需有相當高的隔離度，目前本研究所採用之雷達有 38dB 的隔離。

為了達到各種演算法計算之即時性，本研究所使用之 DSP 為 1GHz 之核心。以目前演算法所需之計算效能而言，會需要使用較高速之 DSP，若未來演算法經過精簡或改良，則可使用較低速之 DSP。

先前於第二章提到本研究硬體相關限制，解析度因為掃頻寬限制，因此會超過一般車道寬度，建議未來硬體規格可改善成解析度 3m，掃頻寬提昇至 60MHz，天線角度 10 度內 * 80 度以上。

7. 所研發之偵測器應於市區道路與高快速公路分別選擇一處進行偵測參數準確率的測試。

本研究之實測分析，包含有高速公路以及一般市區道路之測試環境。其準確度測試部分，包含有尖、離峰以及震動

和雨天的環境。其詳細測試地點、環境以及測試結果，可參閱報告書的第四章。

5.2 建議

車輛偵測器要能普及，準確度以及成本將會是 2 大考量重點。在準確度方面，包含有硬體以及軟體的準確度。本研究所提出之偵測器雛型，在軟、硬體方面，準確度以及穩定度均還有提升之空間。在未來的研究上，或可朝此方向進行，尤其應持續進行長時間之實測，以瞭解系統在實作時可能面臨的課題，進而提昇及改善系統整體準確度。

而成本方面，亦可分為硬體以及軟體，硬體部分是針對天線及 RF module 等，本研究所提出之 RFIC 是首創將各模組整合於單一 IC 上，已達到成本精簡之目的。而其餘硬體之搭配，亦可朝此模組化、精簡化的目標進行。軟體之成本，則是反應於搭配之計算硬體上，複雜之演算法，會需要較高計算效能之硬體搭配，也意味著較高的成本，若能降低演算法計算之複雜度，則可搭配較便宜之計算硬體。故未來研究之建議方向陳列如下：

硬體方面：

1. RF 模組與 DSP 硬體：目前所使用之 PRF 為 1.5KHz (市售同等級產品：SmartSensor 為 3~4KHz；RTMS 為 0.75KHz)，未來可嘗試提昇 PRF 至 6KHz，進而增進系統準確度，期能使後端軟體誤判率降低。
2. 天線：參考表 2.5-1 中本計畫研發偵測器之偵測涵蓋範圍，未來可進一步調整天線偵測之角度，即減少水平角度以提高車輛偵測的準確度，並增加垂直角度以增加偵測之車道數。
3. 硬體穩定性：本研究所研發之雷達，內部穩定性尚嫌不足，細節誠如 2.5 節所描述，穩定性會影響到後端軟體準確度，此為未來尚須改進之處。

軟體方面：

1. 車種辨識：目前不同實驗環境所測試成果表現不盡相同，例如：在高速公路測試環境的準確率相較於市區道路為低，未來應更進一步修改演算法，使其能因應不同環境。
2. 虛擬迴圈長度：目前係應用實驗室的測試數值，推估不同架設條件下的虛擬迴圈長度，再將其帶入實際測試的架設條件，而理論值與實際結果仍有調適空間。
3. 車速推估：目前仍採用固定車長方式推估速度，但因判別車種種類太少，因此與實際情形會有所出入；再者，受到前端硬體穩定度影響，車輛進入虛擬迴圈時間會有所誤差，導致速度無法更精準推估。
4. 自動化學習功能：目前尚屬半自動模式，需要以人工設定部份參數，未來應盡量減少手動部份。

參 考 文 獻

- [1]. Vasiliadis, Dimitriou, and Sergiadis, “A Novel Technique for the Approximation of 3-D,” *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION*, VOL. 53, NO. 7, 2005.
- [2]. <http://www.rtms-by-eis.com/>
- [3]. <http://www.wavetronix.com/smartsensor/105/>

附錄 1

簡 報

自動化路況資訊偵測系統研發與示範(二)

影像式偵測器

主持人:吳炳飛 教授

報告人:瞿忠正 副教授

陳昭榮 博士

1

研發單位:交通部運輸研究所、國立交通大學、國防大學理工學院

大綱

- 研究目的
- 95年度計畫研究成果
- 本年度主要工作項目
- 偵測器功能研發概況
 - 系統架構
 - 增強演算法說明
- CCTV整合試作
- 市區道路與高快速道路整合試作

研究目的

- 研究目的
 - 研發具有偵測國內複雜交通環境之車輛偵測器
 - 證實國內確實具有研發『合理成本』之影像式車輛偵測器的能量。

3

95年度計畫研究成果

- 研發適合國內交通環境之影像式車輛偵測器雛型，偵測器可於日、夜間及振動環境下，自動偵測交通量、速率、車種辨識（含機車）、佔有率…等交通參數，並同時具備交通環境參數及多車道自動偵測之能力。

4

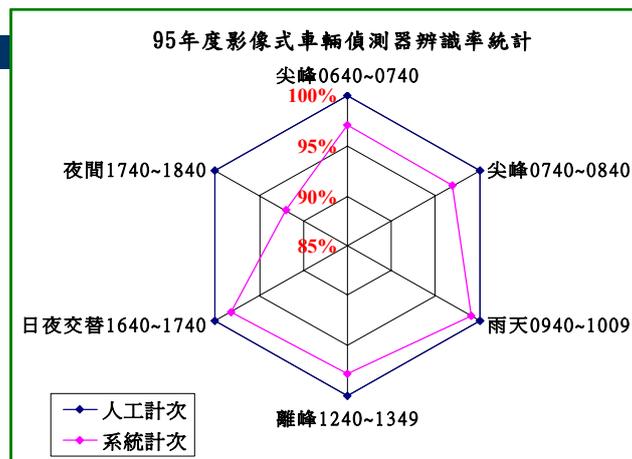
95年度計畫研究成果(續)



95年度影像式車輛偵測器系統整合介面及實測

5

95年度計畫研究成果(續)



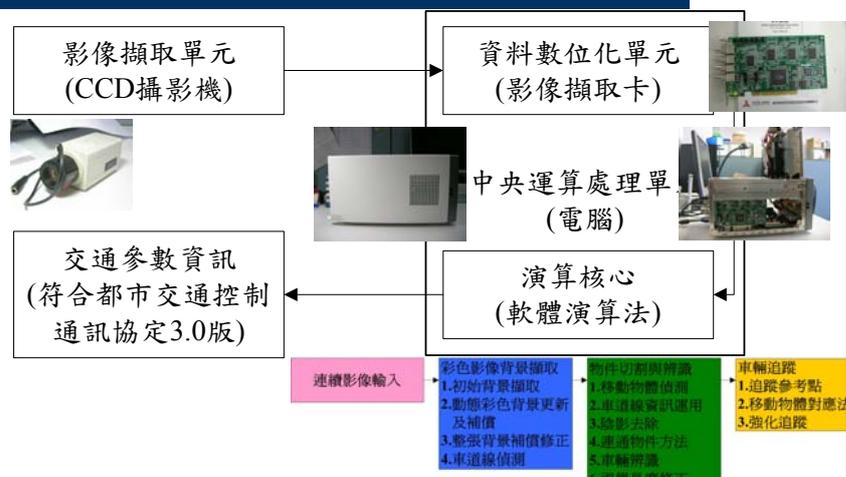
6

工作項目

- 研發適合國內交通環境之車輛偵測器雛形
 - 具備與前期相同偵測能力，並納入偵測等候長度功能。
 - 適於全天候光線變化之情況下運作。
 - 發展更具親和力的使用者介面。
- 與CCTV整合試作
- 車輛偵測器功能測試

7

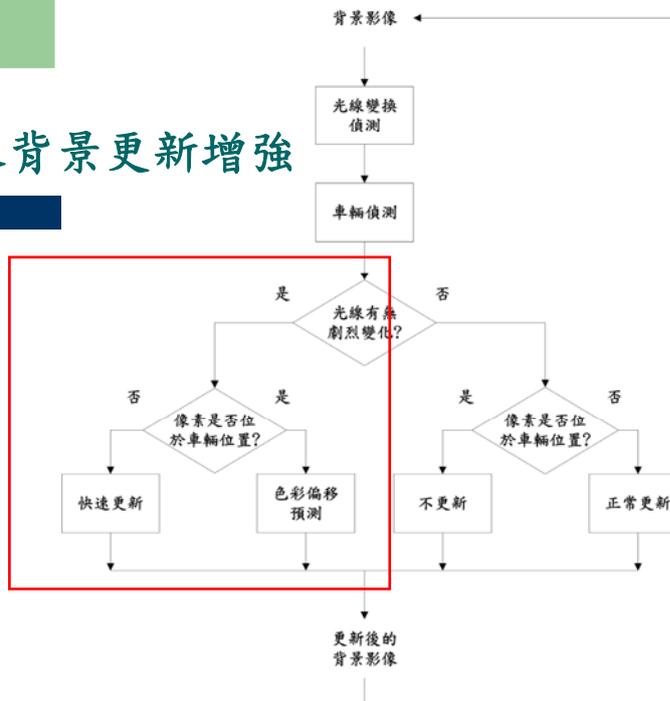
影像式車輛偵測器系統架構



8

彩色影像背景更新增強

- 彩色影像背景擷取
1. 初始背景擷取
 2. 動態彩色背景更新及補償
 3. 整張背景補償修正
 4. 車道線偵測



9

光線劇烈變化

關燈前瞬間



關燈後瞬間

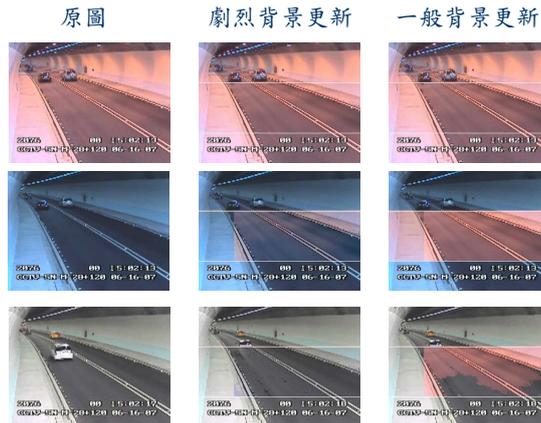


白平衡後影像



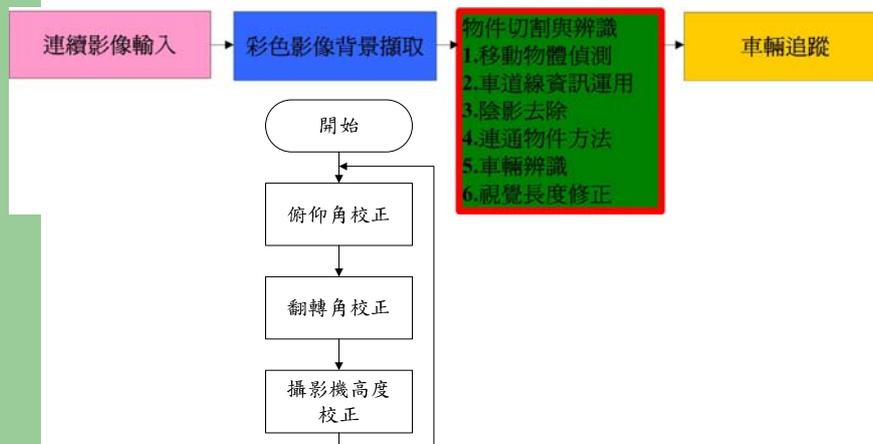
10

劇烈光線變化下背景更新比較



11

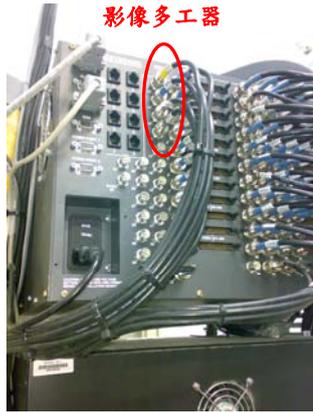
物件切割增強



12

CCTV 影像取得—雪山隧道南口機房

影像多工器



錄影主機



四支CCTV影像同時錄影

13

雪山隧道CCTV偵測成果

#2076



#2073



14

雪山隧道CCTV偵測成果

#2069

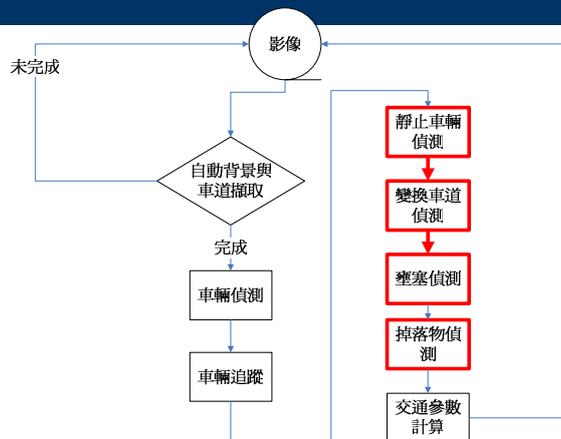


#2068



15

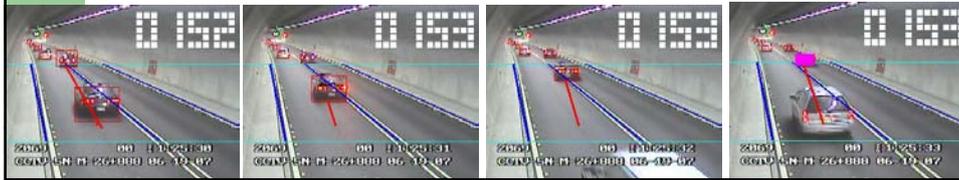
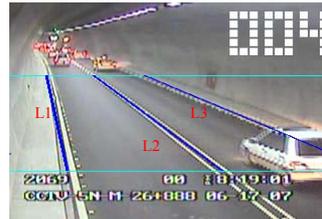
事件偵測流程



16

變換車道偵測

軌跡路線與車道資訊整合



靜止車輛偵測

車輛移動向量資訊：

➡連續極緩慢移動

➡停止不動

$$\vec{d}_n = \bar{x}_n - \bar{x}_0$$

$$|\vec{d}_n| = |\bar{x}_n - \bar{x}_0|$$

$$|\Delta\vec{d}_k| = \left| |\vec{d}_{n+k}| - |\vec{d}_n| \right|$$



車輛壅塞偵測

偵測區域覆蓋率：

不同應用場景對應不同壅塞程度顯示

壅塞程度以等級1-5 $\lambda = \frac{f}{n}$

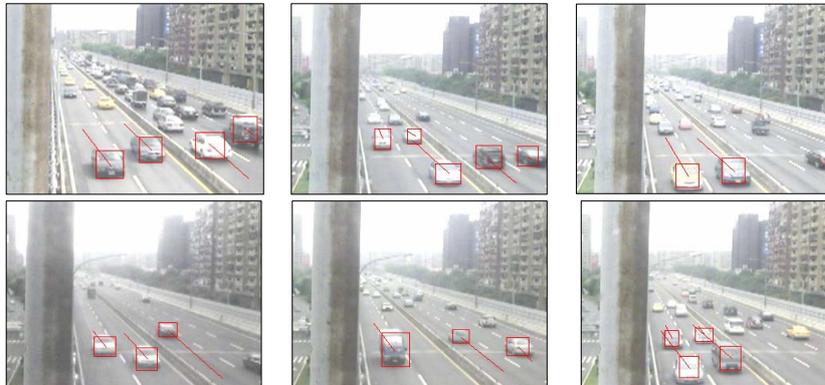


19

台北市CCTV試作

試作地點：台北市建國高架橋信義路段

試作時間：五個小時



20

台北市CCTV試作數據

五分鐘統計資料

	第1車道	第2車道	第3車道	第4車道
10:21	98/121 (80.99%)	105/124 (84.68%)	67/79 (84.81%)	51/89 (57.30%)
11:21	134/169 (79.28%)	142/175 (81.14%)	97/115 (84.34%)	72/123 (58.53%)
13:21	81/110 (73.64%)	75/101 (74.25%)	40/59 (67.80%)	47/78 (60.26%)
14:21	102/122 (83.70%)	107/130 (81.96%)	67/84 (79.76%)	58/98 (59.35%)
15:21	114/136 (83.82%)	132/155 (85.16%)	55/70 (78.57%)	31/63 (49.20%)
16:21	131/192 (68.34%)	140/213 (65.91%)	89/137 (65.28%)	73/154 (47.40%)

試作過程中，攝影機有轉動，車道線沒有即時更新造成誤判，尤其是最外測車道受到最大的影響。

21

影像幅數規範

- Frame rate = 1



- Frame rate = 3



22

市區道路與高快速道路整合試作

主持人：交通大學 吳炳飛 教授

報告人：國防大學 瞿忠正 副教授

23

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

大 綱

- 市區道路壅塞等異常事件警示功能可行性評估
- 系統穩定分析
- 中華路雙向偵測
- 使用者介面說明
- 96.11.15/1400 ~ 1430系統現地分車道實測分析

24

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

市區道路異常事件警示功能可行性評估

- 異常事件分類
 - 掉落物
 - 行人違規穿越馬路
 - 車輛違規逆向行駛
 - 車輛違規路邊停放
 - 壅塞及等候長度

25

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

市區道路異常事件警示功能可行性評估(續)



掉落物偵測



行人違規穿越馬路



車輛違規逆向行駛



車輛違規路邊停放

26

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

市區道路異常事件警示功能可行性評估(續)



壅塞與等候長度(Queue Length)

27

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

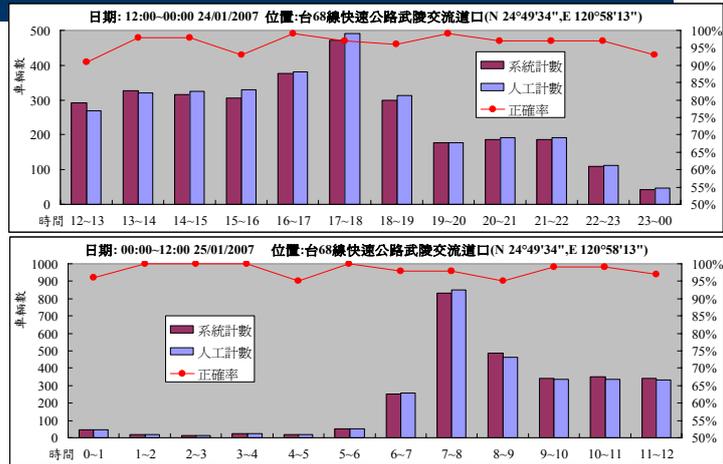
系統穩定分析

- 測試路段
 - 台68快速公路(武陵交流道)
 - 敦化北路240號(運輸研究所前)
 - 新竹市中華路
- 測試數據
 - 台68快速公路
 - 敦化北路240號

28

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

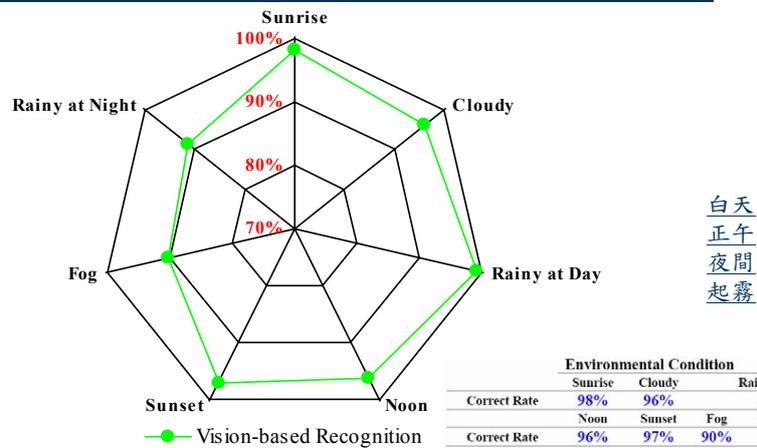
系統穩定分析_台68快速公路



29

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

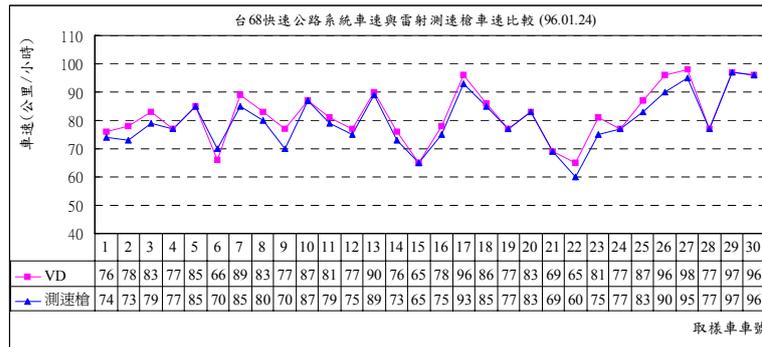
系統穩定分析_台68快速公路



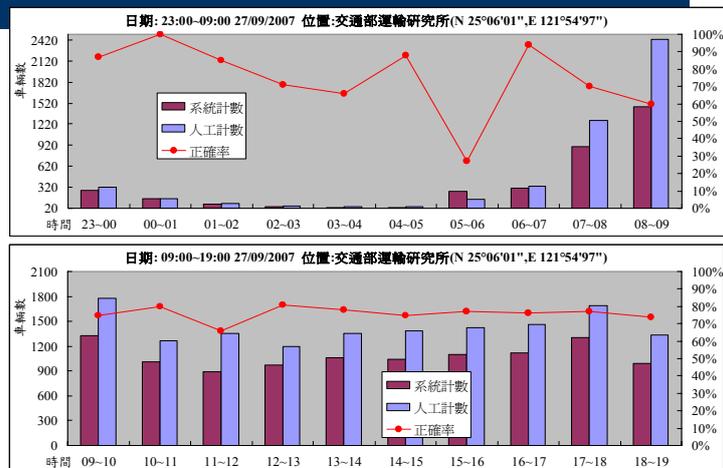
30

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

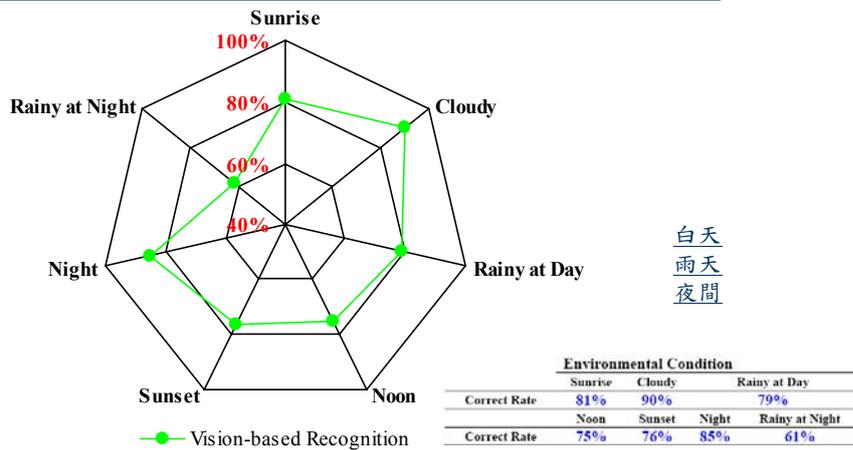
系統穩定分析_台68快速公路



系統穩定分析_敦化北路240號



系統穩定分析_敦化北路240號

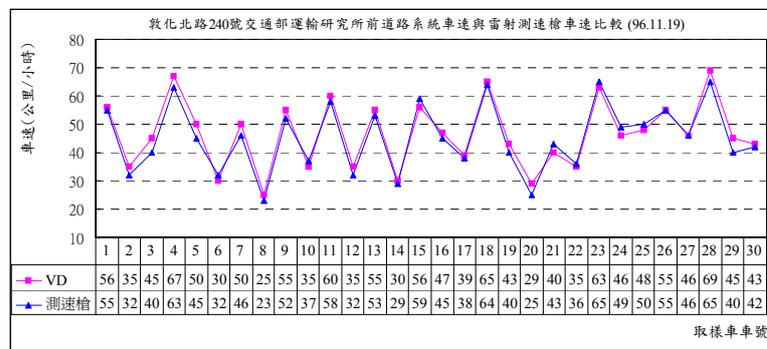


白天
雨天
夜間

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

33

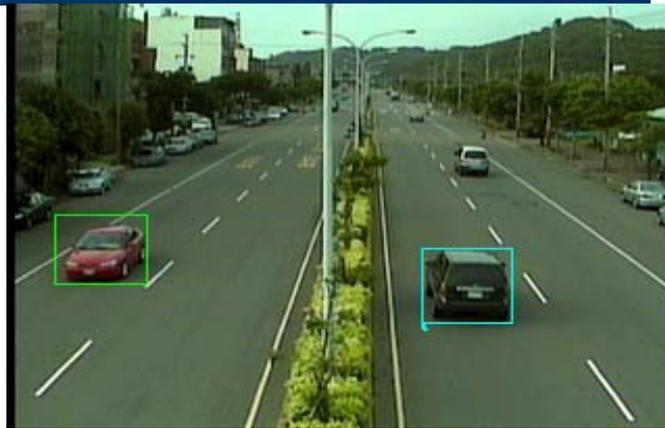
系統穩定分析_敦化北路240號



34

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

中華路雙向偵測



35

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

使用者介面說明

系統操作區

640X480 監視區

擷取卡設定區

操作教學

車道資訊區

車道資訊總和區

車道異常警示區

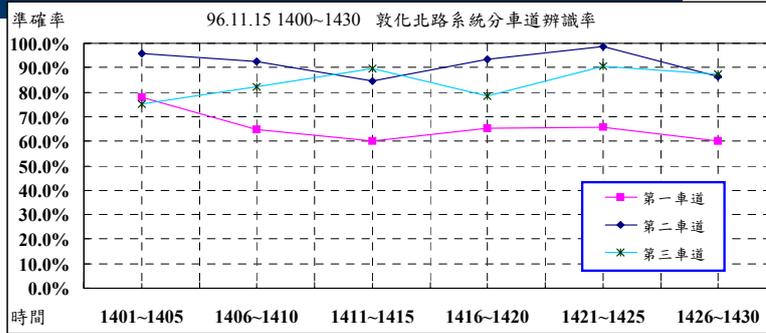
資料存儲操作區

讀圖資訊區

車道線繪製區

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

系統現地分車道實測分析 (96年11月15日1400時~1430時)



實測結果



37

車種	小型車			大型車			機車			不分車種		準確率
	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	誤差	VD	人工	
第一車道	143	209	64	0	7	7	22	40	20	165	256	64.4%
第二車道	226	214	32	0	1	1	127	169	45	353	384	91.9%
第三車道	40	29	15	0	0	0	70	65	19	110	94	82.9%
總計	409	452	111	0	8	8	219	274	84	628	734	85.6%

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

簡報完畢
敬請指教

38

交通部運輸研究所 國立交通大學 國防大學理工學院

自動化路況資訊偵測系統 研發與示範（二）

—微波式偵測器

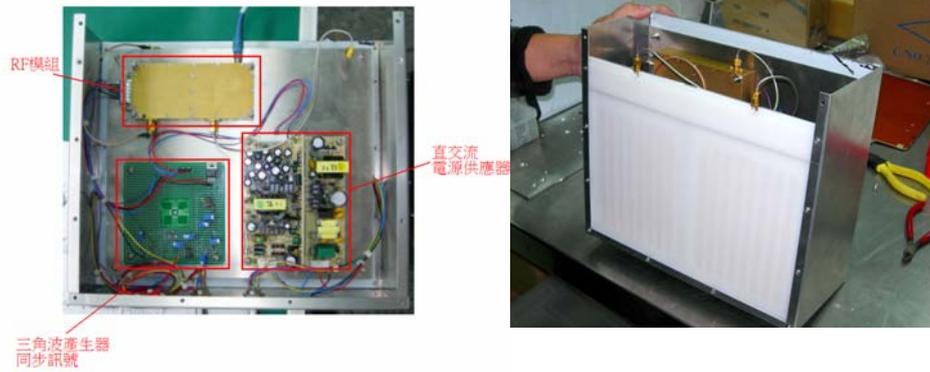
計畫主持人：卓訓榮 教授
莊晴光 教授
曾明德 經理

自動化路況資訊偵測系統研發與示範（二）

簡報大綱

- 偵測器硬體
 - RF CMOS SOC
 - DSP
- 偵測器軟體
- 實際測試與結果

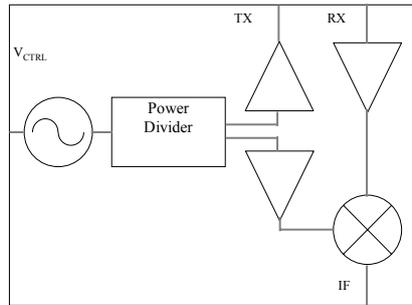
偵測器硬體外觀



3

RF CMOS SOC

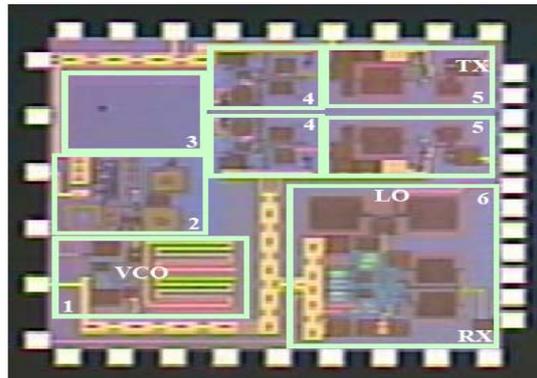
系統方塊圖



- a. 0.18 μ m CMOS 1P6M Technology.
- b. Single Voltage Supply : 3 V.
- c. Build-In Power Divider.
- d. Build-In Resonator for VCO.
- e. 40dB Isolation between TX and RX.
- f. Frequency and POUT Controls.
- h. Power Consumption : 192 mW.
- i. VCO Output power/Phase noise :
-18dBm/-78dBc at 100kHz offset

RF CMOS FMCW SOC
系統晶片之簡易方塊圖

系統晶片照像圖

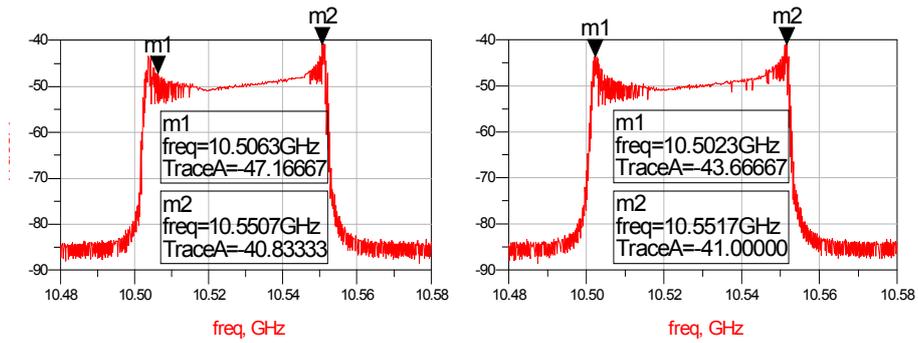


- 1. VCO
- 2. Buffer Amplifier
- 3. Power Divider
- 4. Isolator
- 5. Driving Amplifier
- 6. Mixer

RF CMOS FMCW SOC 系統晶片照像圖

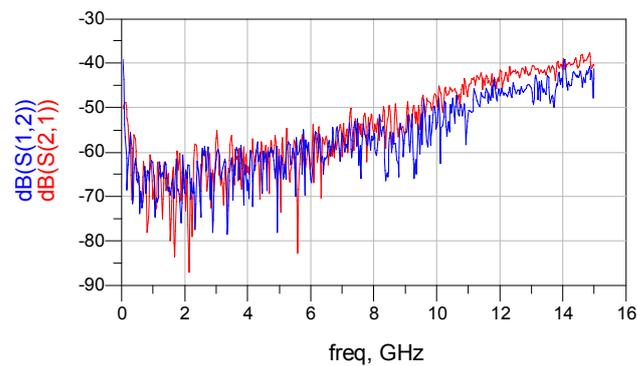
Chip size : 1.68mm X 1.60mm

兩種以上產生50MHz展頻的方法



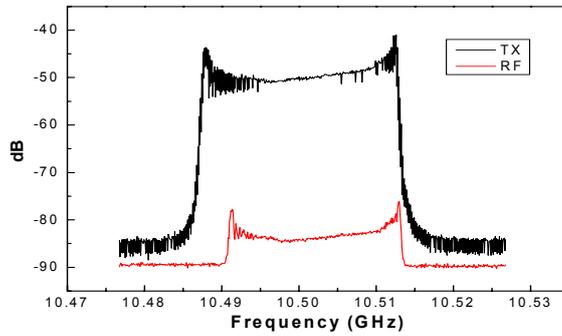
因為有二組變電容並聯調整，因此能產生兩種以上50MHz的調整機制。

發射端與接收端隔離度之量測



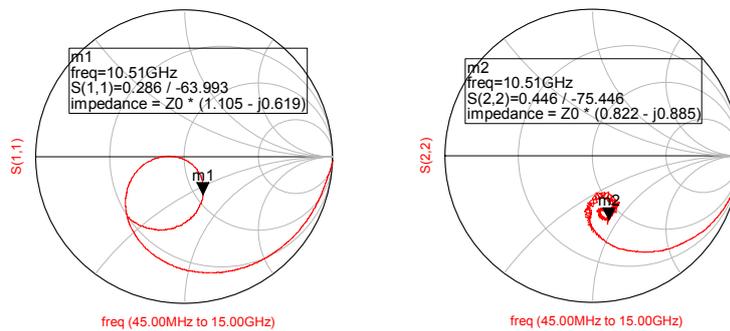
測量TX 端及RX端對實際FMCW 信號在
RF CMOS FMCW SOC 上之隔離度- S 參數量測

發射端與接收端隔離度之量測



測量TX端及RX端對實際FMCW信號在RF CMOS FMCW SOC上之隔離度-頻譜量測

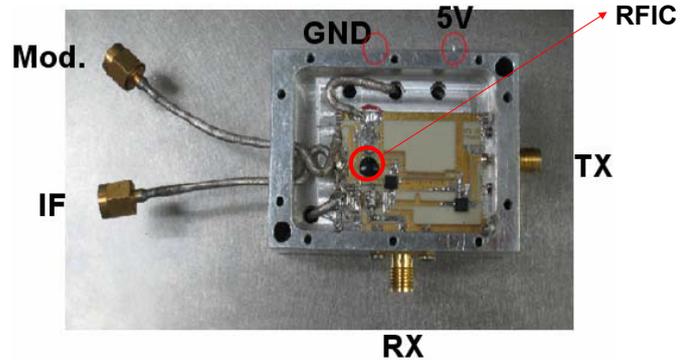
發射端/接收端之阻抗匹配



輸出阻抗在發射TX端

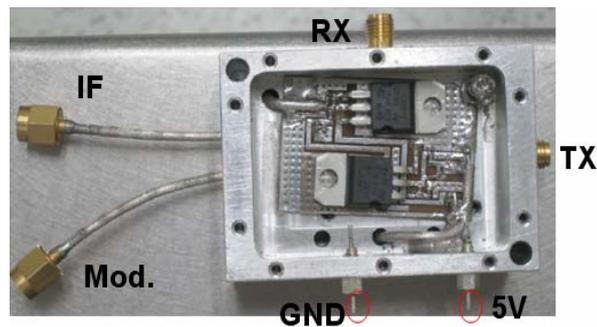
輸入阻抗在接收RX端

RFIC整合至模組



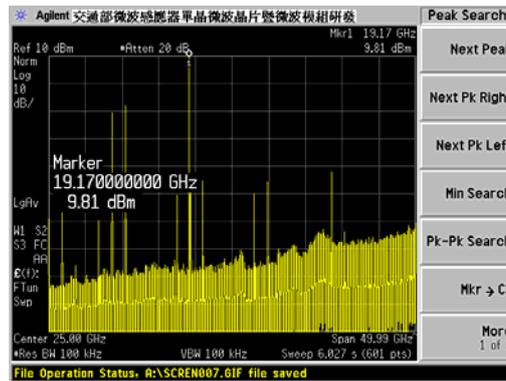
RF模組(正面):除RFIC外,另含二顆外接driving amplifier。
背面為穩壓電源電路。

RFIC整合至模組



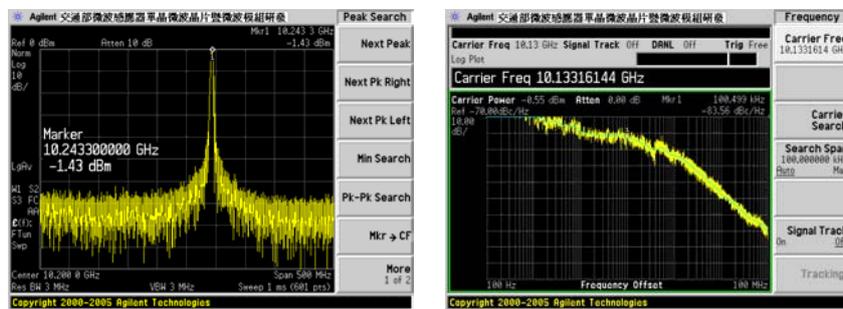
RF模組(反面):含二顆Regulators, Vdd=5V。
Regulators由5V分壓成3.2V, 2.2V與1.6V提供給正面之RF模組。

RF模組全封蓋之量測



因 Cavity Resonance 效應產生之TX輸出之頻譜

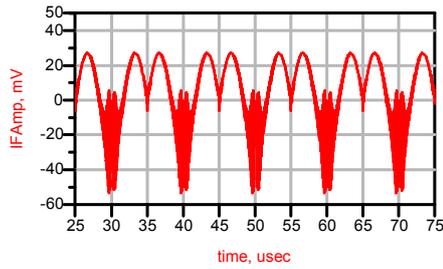
將RF模組正面封蓋移除之量測



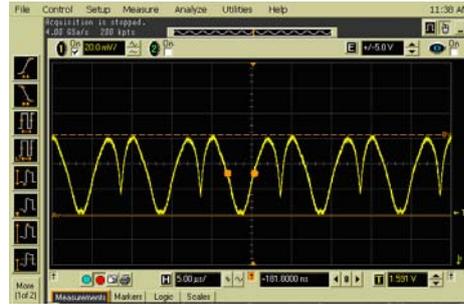
RF 模組TX端輸出之頻譜

輸出TX 端在10.13 GHz之phase noise

Delay Line 量測-1

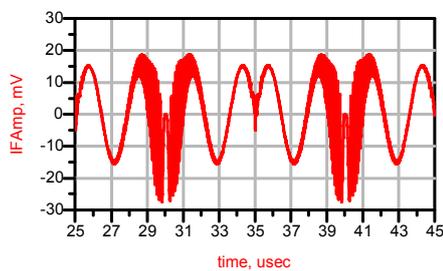


在時域所模擬之IF訊號 (L=4.0 m)

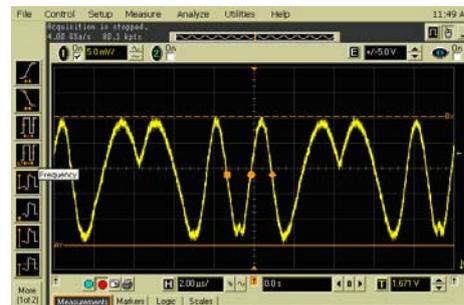


由示波器所量測之IF時域典型訊號(L=4.0m)

Delay Line 量測-2



在時域所模擬之IF訊號 (L=7.5m)

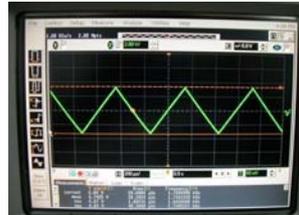


由示波器所量測之IF訊號 (L=7.5m)

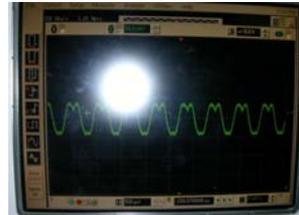
RF模組與三角波IF Board



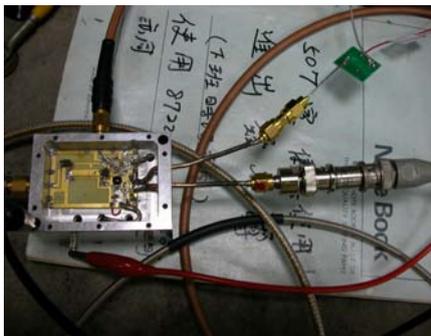
RF模組與DSP board(綠色板)



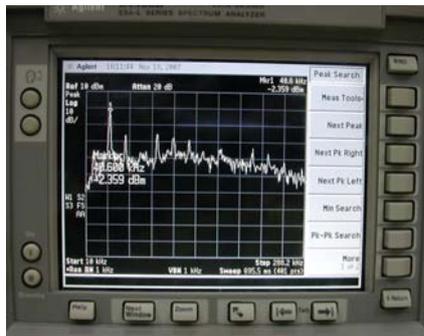
由示波器所量測之IF時域典型訊號



RF模組與IF Board



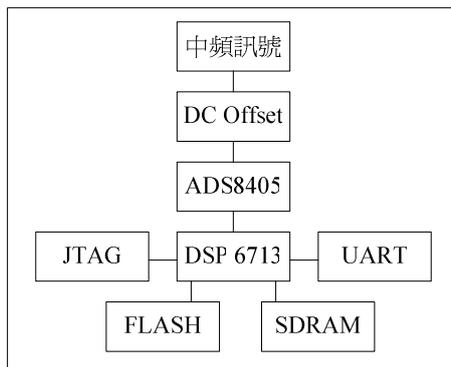
RF模組與DSP board(綠色板)



由示波器所量測之IF時域典型訊號
輸出訊號為-2.4dBm

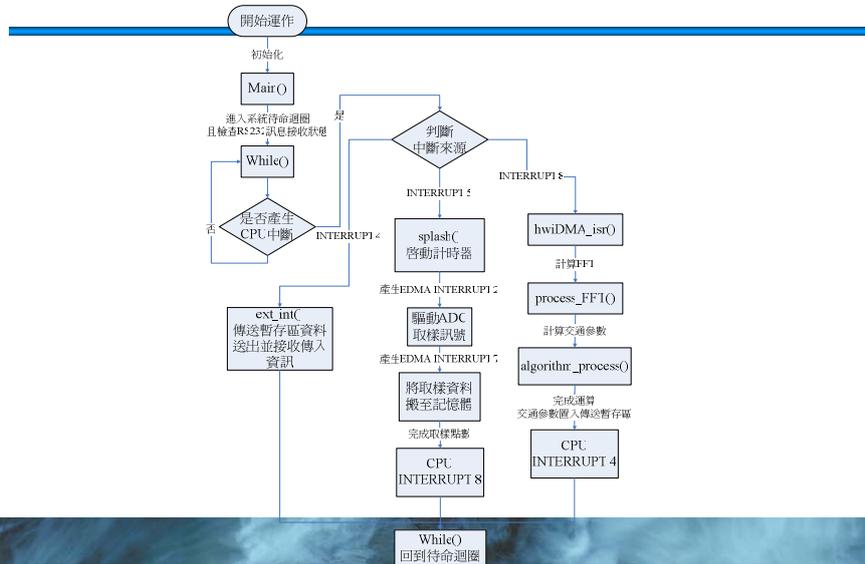
DSP 數位訊號處理器

DSP系統架構

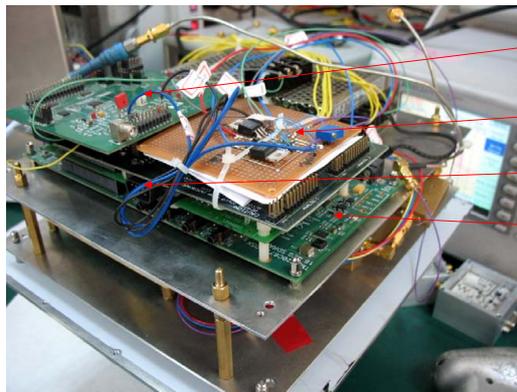


- DSP6713: 系統之控制運算中心，接收資料、計算之單元。
- JTAG: 程式撰寫軟體Code Composer可透過此介面進行Debug。
- SDRAM: DSP6713的記憶體。
- FLASH: DSP6713開機軟體的存放處。
- UART: DSP與外界溝通之設備。
- ADS8405: 類比/數位訊號轉換器。
- DC Offset: 將中頻訊號電壓值位移，以適合ADS8405之擷取範圍。
- 中頻訊號: IF模組產生之雷達訊號。

DSP運作流程圖



DSP系統組裝



- A/D 擷取卡
- DC Offset 電路
- UART 卡
- 6713 DSP 板



偵測器軟體

軟體架構-側向

- 在偵測器架設完畢後，須先有各種「門檻值」（有車/無車之門檻值與判定車種之門檻值等）才能開始偵測交通參數。
- 車道學習以及車道頻率判斷
 - 判定有無車。
 - 設定車道範圍或是判定所屬車道。
- 車輛存在判斷：哪些車道上正有車輛經過偵測器範圍。

- 車種辨識：大型車、小型車與機車
 - 波形特徵選擇
 - 車種判斷
- 車速計算
 - 虛擬迴圈長度的估計
 - 進出偵測器時間的判斷

正向偵測

- 將雷達以平行車道的方式架設，辨別車輛行進的速度和車種。
 - 訂定能量門檻值，並計算雷達可辨別的範圍；
 - 求取車速：紀錄觀察車輛之移動狀況，並進而求取出車速；
 - 求取車種。

使用者介面(UI)



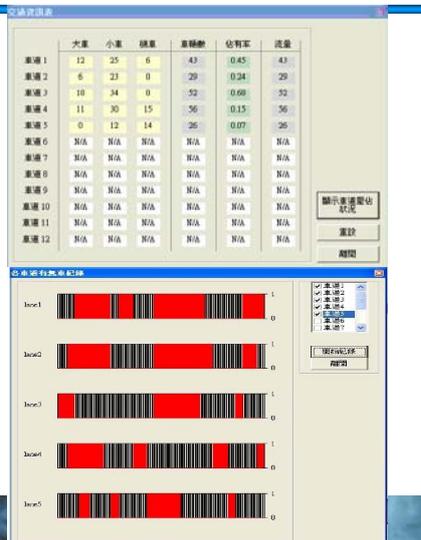
27

- 控制台：可選擇偵測器目前所要開啟的功能，如自動學習車道數、車道範圍，或車種辨識等功能；並且調整相關的程式參數後再啟動。



28

- 交通資訊：統計各車道的車輛資訊、佔有率與流量等 (右上圖)。
- 顯示車道壓佔狀況可以看出各車道有無車的狀況，有車時以紅色部分表示 (右下圖)。



- 調校：分為車道參數設定與介面設定兩部份。
 - 介面設定：如定時清除交通資訊、是否顯示能量最大值位置等等。
 - 車道參數設定：調整偵測器內部演算法的相關參數或是資料結構。



- 檢視：檢視目前所累積的車道事件，或是通訊的紀錄。
- 軟體執行之錄影畫面 [按此](#)。



實測分析

車道判斷實測分析-市區道路

- 實測的車輛總數會略少於實際的車輛總數
 - 某些車輛的速度較快或車身之訊號反射長度較短，導致將此車輛訊號判斷成是突然的訊號不穩定。
- 第五車道的實測車輛數較多
 - 較遠處的訊號強度較微弱，且S/N值較高。
 - 為了能較準確地抓取機車波形，所以勢必要設定為比較貼近雜訊的門檻值。

車道	實際車輛總數	實測車輛總數	車道判斷錯誤	車輛總數正確率	車道判斷正確率
一	216	204	10	94.44%	95.10%
二	286	277	8	96.85%	97.11%
三	204	193	5	94.61%	97.41%
四	195	182	7	93.33%	96.15%
五	138	165	0	80.43%	100.00%

車道判斷實測分析-快速公路

- 在車輛數的部份，快速道路之車輛總數正確率要比一般市區道路的測試結果來的差，顯示車輛速度會影響本計劃之判斷車道有無車演算法。

車道	實際車輛總數	實測車輛總數	車道判斷錯誤	車輛總數正確率	車道判斷正確率
一	158	137	1	86.71%	99.27%
二	843	739	61	87.66%	91.75%
三	1263	1086	54	85.99%	95.03%
四	1145	967	5	84.45%	99.48%

車種辨識實測分析-市區道路

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
機車	一	N/A	N/A	N/A
	二	N/A	N/A	N/A
	三	N/A	N/A	N/A
	四	N/A	N/A	N/A
	五	117	74	63.25%
小型車	一	194	182	93.81%
	二	270	251	92.96%
	三	181	175	96.69%
	四	177	172	97.18%
	五	44	38	86.36%
大型車	一	10	10	100.00%
	二	7	7	100.00%
	三	12	10	83.33%
	四	5	4	80.00%
	五	4	4	100.00%

本計劃之車種辨識演算法，在實測過程中除了第五車道的機車之外，皆可達到80%以上的正確率。

車種辨識實測分析-快速道路

車種	車道	車輛數	車種辨識正確	正確率
小型車	一	94	84	89.36%
	二	502	483	96.22%
	三	911	753	82.66%
	四	967	789	81.59%
大型車	一	43	32	74.42%
	二	237	152	64.14%
	三	175	156	89.14%
	四	N/A	N/A	N/A

在車種辨識的準確率方面，因快速道路的车辆行駛速度較快，會減少小型車與大型車在波形資料取樣上的差距，導致車種辨識率下降。

車種辨識實測分析-與SmartSenser比較

車種	車道	實際車輛數	實測結果比較(30 min)			
			本計劃偵測器	正確率	Smart Senser	正確率
機車	一	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	二	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	三	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	四	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	五	74	41	55.41%	0	0.00%
小型車	一	124	144	83.87%	132	93.55%
	二	146	143	97.95%	161	89.73%
	三	107	121	86.92%	113	94.39%
	四	102	97	95.10%	76	74.51%
	五	55	68	76.36%	43	78.18%
大型車	一	9	10	88.89%	17	11.11%
	二	2	3	50.00%	13	N/A
	三	6	7	83.33%	4	66.67%
	四	2	2	100.0%	12	N/A
	五	1	1	100.0%	15	N/A

1. SmartSenser在有機車之車道並沒有辨識出機車。
2. SmartSenser之大車誤判情形較多，間接影響了小車的辨識成功率。
3. 本偵測器之機車辨識情形亦不理想，顯示其機車辨識演算法須再改進。

車速實測分析-市區道路

第一車道								第二車道							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率(%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率(%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率(%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率(%)
1	61	53	86.89%	16	44	46	95.45%	1	52	44	84.62%	16	56	61	91.07%
2	44	47	93.18%	17	48	36	75.00%	2	68	86	73.53%	17	45	56	75.56%
3	60	63	95.00%	18	51	40	78.43%	3	64	83	70.31%	18	81	61	75.31%
4	50	48	96.00%	19	54	51	94.44%	4	52	64	76.92%	19	54	47	87.04%
5	63	63	100.00%	20	54	59	90.74%	5	57	49	85.96%	20	45	37	82.22%
6	52	46	88.46%	21	84	72	85.71%	6	47	51	91.49%	21	69	53	76.81%
7	68	59	86.76%	22	51	44	86.27%	7	66	62	93.94%	22	79	70	88.61%
8	64	57	89.06%	23	50	46	92.00%	8	77	57	74.03%	23	76	83	90.79%
9	64	75	82.81%	24	63	72	85.71%	9	52	61	82.69%	24	72	64	88.89%
10	43	51	81.40%	25	65	59	90.77%	10	68	68	100.00%	25	46	55	80.43%
11	49	36	73.47%	26	50	40	80.00%	11	46	32	69.57%	26	58	53	91.38%
12	56	51	91.07%	27	55	43	78.18%	12	61	55	90.16%	27	57	72	73.68%
13	68	61	89.71%	28	55	63	85.45%	13	66	56	84.85%	28	58	68	82.76%
14	56	66	82.14%	29	47	35	74.47%	14	60	66	90.00%	29	84	80	95.24%
15	57	66	84.21%	30	56	46	82.14%	15	49	62	73.47%	30	58	66	86.21%

平均準確率：86.50%

平均準確率：83.58%

車速實測分析-高速公路

第一車道								第二車道							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)
1	77	89	84.65%	16	53	53	100.00%	1	81	90	89.03%	16	68	51	74.62%
2	72	83	84.20%	17	77	70	91.07%	2	61	75	76.90%	17	64	77	80.11%
3	89	62	69.56%	18	72	79	90.61%	3	71	70	98.38%	18	85	75	88.96%
4	56	65	83.32%	19	70	83	82.09%	4	75	81	91.90%	19	77	67	87.09%
5	90	76	84.12%	20	85	63	74.11%	5	65	78	79.93%	20	71	51	72.81%
6	80	63	78.30%	21	71	87	77.41%	6	60	72	78.39%	21	81	61	74.79%
7	88	69	78.48%	22	52	42	80.71%	7	76	65	85.55%	22	74	67	90.00%
8	61	76	75.10%	23	66	75	87.54%	8	88	67	76.69%	23	57	53	92.85%
9	68	53	78.57%	24	86	84	98.58%	9	61	74	80.08%	24	76	59	77.73%
10	75	79	94.00%	25	54	69	73.15%	10	85	85	100.00%	25	62	66	93.90%
11	68	59	87.00%	26	73	67	91.57%	11	76	89	83.46%	26	79	56	71.33%
12	76	85	88.63%	27	84	64	75.58%	12	63	74	83.46%	27	78	76	97.12%
13	81	69	85.58%	28	59	67	87.19%	13	73	62	85.75%	28	63	82	70.08%
14	58	63	92.19%	29	75	79	94.45%	14	61	76	74.63%	29	90	61	68.11%
15	74	62	83.84%	30	63	76	79.17%	15	84	88	94.82%	30	69	84	77.34%
平均準確率: 84.09%								平均準確率: 83.17%							

本次測試的正確率都比期中報告來得高，其中第一車道的正確率由72.06%上升至84.09%~86.50%左右，而第二車道由75.51%上升到83.17%~83.58%左右。

車速實測分析-與SmartSenser比較

第一車道						第二車道					
有效樣本序	測速槍車速	Smart Sensor車速	Smart Sensor準確率 (%)	微波偵測器車速	微波偵測器準確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	Smart Sensor車速	Smart Sensor準確率 (%)	微波偵測器車速	微波偵測器準確率 (%)
1	68	64	94.12%	70	97.06%	1	65	62	95.38%	54	83.08%
2	78	74	94.87%	76	97.44%	2	67	72	92.54%	80	80.60%
3	69	73	94.20%	58	84.06%	3	62	67	91.94%	56	90.32%
4	69	72	95.65%	55	79.71%	4	72	79	90.28%	48	66.67%
5	73	74	89.04%	60	82.19%	5	72	71	98.61%	62	86.11%
6	66	67	93.94%	56	84.85%	6	58	62	93.10%	42	72.41%
7	74	72	97.30%	58	78.38%	7	63	61	96.83%	52	82.54%
8	70	74	94.29%	70	100.00%	8	70	72	97.14%	57	81.43%
9	74	74	100.00%	53	71.62%	9	60	61	98.33%	50	83.33%
10	69	74	92.75%	56	81.16%	10	66	62	93.94%	64	96.97%
11	68	65	95.59%	57	83.82%	11	75	74	98.67%	56	74.67%
12	61	64	95.08%	49	80.33%	12	72	77	93.06%	64	88.89%
13	62	64	96.77%	43	69.35%	13	77	75	97.40%	49	63.64%
14	57	62	91.23%	52	91.23%	14	65	70	92.31%	55	84.62%
15	69	74	92.75%	56	81.16%	15	63	62	98.41%	54	85.71%
16	58	62	93.10%	48	82.76%	16	78	75	96.15%	97	75.64%
17	74	72	97.30%	59	79.73%	17	70	74	94.29%	58	82.86%
18	61	62	93.44%	56	91.80%	18	67	64	95.52%	56	83.58%
19	58	62	93.10%	48	82.76%	19	71	74	95.77%	84	81.69%
20	69	74	92.75%	56	81.16%	20	66	64	96.97%	63	95.45%
21	80	77	96.25%	60	75.00%	21	68	65	95.59%	54	79.41%
22	61	64	95.08%	44	72.13%	22	76	74	97.37%	65	85.53%
23	76	79	96.05%	96	73.68%	23	68	69	98.53%	60	88.24%
24	63	60	95.24%	52	82.54%	24	74	74	100.00%	59	79.73%
25	58	62	93.10%	48	82.76%	25	75	74	98.67%	71	94.67%
26	59	62	94.92%	41	69.49%	26	77	74	96.10%	60	77.92%
27	61	62	98.36%	48	78.69%	27	81	77	95.06%	101	75.31%
28	70	72	97.14%	53	75.71%	28	66	69	95.45%	66	100.00%
29	73	72	98.63%	97	67.12%	29	72	75	95.83%	65	90.28%
30	63	62	98.41%	57	90.48%	30	76	74	97.37%	59	77.63%
平均準確率		Smart Sensor: 95.02%		微波偵測器: 81.61%		平均準確率		Smart Sensor: 95.89%		微波偵測器: 82.96%	

正向速度實測分析

- 本測試地點是設定於光復路上東西向三車道中的第二車道作為本實驗之對象。
- 因觀測車道的機車訊號會受其他車道經過車輛影響，因此本測試樣本只包含大型車和小型車的資料。

測試地點：光復路橋頂派出所旁天橋							
有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)	有效樣本序	測速槍車速	偵測器車速	準確率 (%)
1	35	32	91.43%	16	49	56	85.71%
2	43	56	69.77%	17	48	44	91.67%
3	37	32	86.49%	18	57	68	80.70%
4	48	44	91.67%	19	17	17	100.00%
5	43	44	97.67%	20	37	44	81.08%
6	76	55	72.37%	21	40	35	87.50%
7	49	59	79.59%	22	66	56	84.85%
8	39	33	84.62%	23	47	42	89.36%
9	21	15	71.43%	24	50	48	96.00%
10	35	31	88.57%	25	49	35	71.43%
11	21	22	95.24%	26	36	25	69.44%
12	34	34	100.00%	27	40	34	85.00%
13	45	59	68.89%	28	40	31	77.50%
14	21	16	76.19%	29	38	35	92.11%
15	38	37	97.37%	30	31	26	83.87%
平均準確率：84.92%							

結論

- 本研究開發第一個全由國人自製之雷達微波車輛偵測器
 - 硬體
 - 世界第一個RFIC
 - 國內自行開發之平面天線
 - 數位訊號處理器 (DSP)

結論

- 本研究開發第一個全由國人自製之雷達微波車輛偵測器
 - 軟體
 - 國內自行開發之訊號處理軟體
 - 車道自動學習功能
 - 車種自動學習功能
 - 使用者操作介面
 - 系統微調功能
 - 整合置於DSP中成為一獨立運作之embedded system

43

結論

- 本研究開發第一個全由國人自製之雷達微波車輛偵測器
 - 精確度成果
 - 車道自動學習功能
 - 車道學習準確率為100%
 - 車道判定準確度超過90%
 - 車種自動學習功能
 - 車種準確率為90%
 - 車速準確度
 - 平均準確率超過80%

43

建議

- 本研究所製作之車輛偵測器為一研究雛形
 - 偵測器外觀、組裝、溫度、電源等進一步產品化需求問題，將有待後續處理。

報告完畢，敬請指教!

附錄 2

期中審查會議紀錄

期中審查意見回覆

期末審查會議紀錄

期末審查意見回覆

「自動化路況資訊偵測系統研發與示範(二)」
期中審查會議

一、時間：96年7月27日上午10時

二、地點：本所5樓會議室

三、主持人：吳 組長 玉珍

記錄：李霞

四、出席人員：

臺灣大學

李 教授 學智

成功大學

莊 教授 惠如

中山大學

蔣 教授 依吾

淡江大學

張 教授 勝雄

中華電信研究所

吳 博士 坤榮

李學智
(請假)
蔣依吾
張勝雄
吳坤榮

高速公路局

王運生

公路總局

陳麗敏

臺北市府交控中心

(請假)

本所綜技組

張麗敏

運資組

李霞

國立交通大學

王功邦

卓訓榮

陳昭安

羅忠正

王之晉

曾明德

張曉

陳星光

五、研究單位簡報（略）

六、發言紀錄（依發言順序紀錄意見要點）

臺灣大學 李委員學智

1. 微波以環路線圈演算法之基本概念進行交通參數之計算，惟微波之偵測長度範圍不固定，速度方面目前雖然相差 20%，但比預期為佳，惟前期之準確率較本期為高，請說明差異性及本期改變偵測方式之原因。
2. 微波之偵測範圍非固定，一定會有誤差，而且會很大，目前之速率誤差為 20%，其實是表現不錯，但懷疑其準確度是否真的如此高？是否為測試環境很單純或測試資料不夠之因素？複雜之環境是否仍會有如此之準確率？
3. 研究團隊所採用之速率真值工具雷射槍是否準確？Doppler 僅適用於正向使用，如何應用於本研究之側向偵測？夾角的考慮如何？
4. 系統偵測之學習環境與類型是否足夠？並請就目前的測試環境與情境再詳加說明。
5. 虛擬迴圈偵測範圍及進出偵測範圍之時間等皆與車種有關，在估計速度時，目前虛擬迴圈假設為固定，以後實際如何應用？
6. 若將 PRF 設定由 0.25 mini second 加強為 50 micro second 是否有所困難？當初設定為 0.25 mini second 之原因為何？
7. 建議將與本研究主題不相關之內容加以刪除。

中山大學 蔣委員依吾

1. 影像部分已於期中時具不錯成果，故建議期中至期末階段加強加值之進階功能開發。
2. CCTV 目前在雪山隧道中進行測試，研究團隊應對隧道內照明燈光的變化納入研究的範圍。
3. 是否可在相同地點同時架設本研究所研發之影像與微波偵測器，以比較兩者間之適用性。研究小組是否考慮將微波及影像系統整合為一，以兩種系統的優點來彼此互補其缺點，以期在環境急遽變化下均可使用。
4. 攝影機設置角度、高度及位向皆會影響系統的辨識能力，研究小組未來是否將相關變數納入系統建置考量範圍？

1. 雷射槍因為通過中標局的檢驗，具一定可信度，但若要更精細結果可以錄影影像補助偵測。
2. 基於閱讀考量，請將報告書中有關圖表之文字盡量以中文呈現。
3. 報告書中多只呈現最終之演算法或研發結果，由於本案屬研發案，請將研發過程所遭遇之困難與經驗皆加以提出，避免後繼者經歷相同錯誤。

影像：

4. 1.2 節前期計畫成果之說明中，將車種之分類分為大、中型車及機車，但本期之車種則為大、小型車及機車，請適當修正。
5. 2.2 節所選用之 CCD 攝影機廠牌為何？選用 CCD 之原因請說明。
6. P40 述及「系統目前“暫時”採用微星 MS6404....」，“暫時”是否意謂未來會有所調整？並請補充說明目前採用此系統經驗（如是否當機？.....）
7. 簡報中就完整之偵測流程演算法加以陳述，請將相關內容補充於報告內。
8. 3.1.1 節 p31 所述之 Sobel 邊緣偵測中，述及水平及垂直方向遮罩均有其優缺點，請研究團隊於期末報告時，詳述系統選擇遮罩之考量依據，以利後續研發及技術轉移。
9. 3.1.1 節 p32 提及，有關去除雜訊的方法乃為運用物件總像素大小作為去除之依據，但文內未說明所依據之明確總像素值為何，請於期末報告時說明實驗數值。
10. P36「圖 3.1.2-3(d)經車道線分割判斷後，判斷為物件不需分割」，判斷原則為何？
11. P38，請說明車輛到追蹤之條件為何？
12. P40 車輛於畫面的遠近是否會改變其像素？
13. P43 請說明提出之演算法可以解決移物體空然消失之原因。
14. P50 請說明本研究所採用之連通法及原因。
15. 有關 3.2 節之系統初步測試結果，除最終之分析結果外，請適當列出實際之測試分析數據。
16. 文中所提到各型車輛平均車長車寬與所提之平均各型車輛視覺車長及車寬相較之誤差是否有過大之情形，其誤差是否會造成後續辨識力降低？

17. 影像研究小組提出日夜轉換以背景更新的方式來克服，其構想是可行，但是否可提出背景更新的明確速度。
18. 研究團隊於未來完成系統研發後，請配合 CCTV 評估提出裝設 CCTV 攝影機高度、角度、位向等相關規範，以利未來後續各相關道路裝置之標準。

微波：

19. 微波計算交通參數所採用之 single loop 演算法，其對於有效車長估計應有更詳細之說明，DSP 之處理亦請作詳細之交待。

中華電信 吳委員坤榮

1. 請影像研究團隊對攝影機、鏡頭及防護罩之設計應多加考量，以確保影像取得的品質。
2. 影像研究團隊應對工業級電腦的散熱多加注意。
3. 目前系統採以前端處理，電腦的散熱不易維護，是否考慮改以影像壓縮的方式處理？
4. 7.3.1.4 節 p41 公式 3.1.4-1 中筆誤部份請修正。
5. 1.4 節提到「尚未蒐集到具有高度競爭力的新產品資料」，事實上國內交通大學林進燈教授所研發之 Traffic Eye 已進入產品階段，建議研發團隊針對該產品進行相關評估，相關技術並可作為研發團隊之參考。
6. 微波研發團隊採用之專利技術，其發明人為莊教授，但持有人為交通大學，該專利技術之歸屬是否會造成廠商未來產品化及推廣時之困難。
7. 依研發團隊於報告書所回顧國外微波產品之系統規格功能，其準確率較本研究所研發系統為高，其功率及重量亦均較國外為高，則是否會影響未來之競爭力，並可以通過檢測符合規範標準？

高速公路局 王委員憲生

1. 期望研發團隊所研發之偵測系統具一定的穩定度，適用於全天候長時間之偵測，如部分產品曾有夜間無法正常偵測之情形。
2. 請研究小組於系統研發同時考量其未來成本，在將來系統商品化同時其成本應小於現行市售成本以吸引較多的使用，才符合交通部計畫案之宗旨。
3. 請研究小組於未來系統完成後，配合 CCTV 評估應提出裝設 CCTV 攝影機高度、角度、位向等相關規範，以利未來後續各相關道路裝置之標準。

公路總局 陳委員麗敏

1. 影像：目前研究團隊在臺北市區之夜間偵測需架設輔助燈光來補強光線不足之缺點，未來系統架設時是否也要架設輔助燈光補強？
2. 報告書微波 pp.36 有關與國外產品規格比較部分，並未列出適應之溫度範圍，請考量系統安裝於戶外會受到太陽長時間之照射，而可能影響運作之穩定性及其準確度之因素。
3. 微波：研究過程是否實測確實可偵測到 8 車道？為何選擇路口為測試地點？是否意謂可以提供轉向資訊？目前僅可辨識大、小兩種車種，由於部分道路已開放重型機車，未來是否可以偵測到？
4. 報告中多次提到涉及專利故無法將內容詳細呈現，但仍建議將概念性之摘要內容納入報告中說明，以方便閱讀。若涉及到專利，未來公部門採購是否可能會有所困難？

綜技組 張委員芳旭

1. 未來報告中，可以放入索引或對照表，例如在何種環境條件下，該如何使用與架設...等相關資訊。
2. 建議未來實測分析方面做些統計檢定分析。

運資組（書面意見）

影像式車輛偵測器

1. 有關 1.2 節前期成果之準確率，除以圖形描繪其趨勢外，請以文字補充說明在不同情境下之準確率。另 p10 有關將影像辨識既有演算法結合於 CCTV 之部分，同樣除以圖片顯示外，亦請以文字補充說明前期試作結果及待本期改善的課題。
2. 在前期結果中，系統介面設計與實際現行產品相較(如 Citilog、Vantage...等現行市售產品)，功能上明顯欠缺操作彈性、美觀及人性化，建議研究團隊參考現行市售產品研擬發展符合國人操作習慣之系統介面，以利未來系統商品化時之市場競爭力。
3. 96 年度，研究團隊須於臺北市區進行系統測試，因臺北市區道路較前期實測環境壅塞且複雜，建議研究團隊能在系統實測過程中將所遇問題詳實記錄，並作為系統功能擴充之依據。
4. 建議研究團隊於計畫執行期間，加強與現行交控單位(如臺北行控中心、高公局...等)密切交流互動，以實際了解基層實際執行交控之工作人員，對未來自動化監控系統之需求，以確保研究團隊所研發產品

能符合實際現地操作人員之需求。

5. 有關「與 CCTV 整合進行試作及分析」處，其試作地點除以雪山隧道為主要測試路段外，由於期中前已取得了臺北市交控中心既有 CCTV 之影像資料，故請於期末時亦將臺北市資料納入分析，以瞭解系統在市區道路及隧道內之適應情形。
6. CCTV 除目前報告所提之光線問題外，前期報告中提及 CCTV 影像解析度較低，隧道內的 CCTV 攝影機因架設高度上之先天限制，而造成有些車道歪斜遭到畫面壓迫等問題，請研究團隊於期末時提出強化既有偵測器模組之演算法，並針對 CCTV 影像偵測提供各式天候實測分析數據。
7. 針對隧道內物件掉落之異常事件偵測研究，由於隧道內發生掉落物的機率較低，請研究團隊擬訂合適之實測方案，以驗證系統的可行性。

微波式車輛偵測器

1. 本計畫部分內容考量可能要申請專利，故於期中時並未置入，然請於期末前完成申請專利之可行性評估，對於須申請部分請仍以概念性的方式描述相關作法，其它部分則於期末時宜納入報告中，以保持報告之完整性。
2. 1.2 節有關「前期計畫研究成果」之內容，部分為本年度之工作，請逐一檢視並作適當的調整。
3. 由於本期計畫為第 2 年度，故建議將報告書「第二章文獻回顧」予以刪除，本期內容僅就前期成果、待改善課題，及本年度之解決方式及實測數據進行說明。
4. 有關車輛之分類目前僅能辨識出大車及小車，請於期末時完成機車之偵測。另於 4.3.3 節所提出之演算法是否適用於機車之辨識？
5. 受限於系統硬體部分仍持續進行改善，故期中前之測試尚仍以臨時架設系統的方式作測試，期末時則請將系統固定於路側作較長時間之測試，以瞭解系統於室外運作之穩定度。
6. p74 提及「CMOS 微波單晶片感應在 2007 年九月中交付生產，…」該年份是否應為 2006 年，另請就本章節就各年度執行之工作時間重新逐一檢視。
7. 本期系統在進行辨識時，將前期給定外在環境參數的方式，提昇為智慧型自動學習的演算法，在進行上述參數學習之時間需時或樣本數要多少？當測試地點車輛不多時，是否仍可自動偵測？
8. p114 不同車道之軌跡圖是否皆屬同一車種？若為不同車種是否會影

響判別結果？

9. 圖 5.2-6 及表 5.2-1 之「一車」及「車一」之表示方式不同，請予以修正。
10. 請於期末報告中提出本研究所研發微波系統硬體部分之建置限制及偵測條件（如角度、高度、距離等）。

七、主席結論：

1. 本案期中報告內容審查原則通過，請研究團隊針對與會學者專家及各單位代表所提之口頭或書面意見參酌修正並列表說明辦理情形，經本所承辦單位審查通過後納入期末報告內。

八、散會（12:00）

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

96.7.27

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p><u>臺灣大學 李委員學智</u></p>		
<p>1. 微波以環路線圈演算法之基本概念進行交通參數之計算，惟微波之偵測長度範圍不固定，速度方面目前雖然相差 20%，但比預期為佳，惟前期之準確率較本期為高，請說明差異性及本期改變偵測方式之原因。</p>	<p>為符合電信規範標準，本期掃頻頻寬由 150MHz 降為 50MHz，故解析度下降。請參考微波報告書第四章。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>2. 微波之偵測範圍非固定，一定會有誤差，而且會很大，目前之速率誤差為 20%，其實是表現不錯，但懷疑其準確度是否真的如此高？是否為測試環境很單純或測試資料不夠之因素？複雜之環境是否仍會有如此之準確率？</p>	<p>目前之測試環境為真實之道路環境，已非封閉之測試環境，故其準確度應足以代表真實環境下之測試結果。本研究所採用之速率計算方式（請參閱本報告書 3.3.4 小節），已廣泛使用在市售之迴圈車輛偵測器之上，並取得良好之績效。在雷達訊號穩定之前提下，此速率誤差實為合理。</p>	<p>同意說明</p>
<p>3. 研究團隊所採用之速率真值工具雷射槍是否準確？Doppler 僅適用於正向使用，如何應用於本研究之側向偵測？夾角的考慮如何？</p>	<p>側向之速率計算方式，並非使用 Doppler 效應，故無量測夾角之問題。本測試所使用之雷射測速器經過認證，且量測之夾角有依規範使用，故其準確度應具可信度。</p>	<p>同意說明</p>
<p>4. 系統偵測之學習環境與類型是否足夠？並請就目前的測試環境與情境再詳加說明。</p>	<p>系統偵測之學習將會隨著系統所建置之環境而有所不同。目前本研究並非使用離線學習方式，而是在偵測系統架設完畢之後，才在當地進行學習。因此不需考量離線學習資料之完備性，惟仍須不斷之測試調整軟硬體設備，才能使系統更加完備。</p>	<p>同意說明</p>
<p>5. 虛擬迴圈偵測範圍及進出偵測範圍之時間等皆與車種有關，在估計速度時，目前虛擬迴圈假設為固定，以後實際如何應用？</p>	<p>車速計算方式中所應用之虛擬迴圈，現已改良成隨車道而有所不同之形式，因此在實際應用時，將會隨著學習結果，而有所不同。報告書中 3.3.4 小節中有提到其學習與計算之方式。</p>	<p>同意說明</p>
<p>6. 若將 PRF 設定由 0.25 mini second 加強為 50 micro second 是否有所困難？當初設定為 0.25 mini second 之原因為何？</p>	<p>考慮到解析度問題，不易做到，且尚須考慮到訊號必須有強大處理能力。礙於經費考量，實施不易。</p>	<p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
7. 建議將與本研究主題不相關之內容加以刪除。	遵照辦理。	已處理。
中山大學 蔣委員依吾		
1. 影像部分已於期中時具不錯成果，故建議期中至期末階段加強加值之進階功能開發。	期末已將事件偵測功能與車輛偵測器進行整合。	同意辦理
2. CCTV 目前在雪山隧道中進行測試，研究團隊應對隧道內照明燈光的變化納入研究的範圍。	研究團隊已將針對燈光瞬間變化納入提出演算法，未來在隧道內之應用將不會受到光線變化影響。	同意說明
3. 是否可在相同地點同時架設本研究所研發之影像與微波偵測器，以比較兩者間之適用性。研究小組是否考慮將微波及影像系統整合為一，以兩種系統的優點來彼此互補其缺點，以期在環境急遽變化下均可使用。	研究團隊在目前經費、合約規範及時程下，將無法進行相關整合評估，但建議後續計畫中就功能面及成本面進行兩系統整合測試之評估。	同意辦理
4. 攝影機設置角度、高度及位向皆會影響系統的辨識能力，研究小組未來是否將相關變數納入系統建置考量範圍？	相關 CCD 建置角度、高度及位向...等相關參數，CCTV 研究團隊已在前期測試時納入系統測試項下，未來系統預將各式參數的設定，設計於 UI 使用者操作介面中，供系統維護人員進行系統初始化設定，使未來系統更具彈性。	同意辦理
淡江大學 張委員勝雄		
1. 雷射槍因為通過中標局的檢驗，具一定可信度，但若更精細結果可以錄影影像補助偵測。	本研究除採雷射槍作為速率準確率之基準外，另以實驗車等速前進方式與系統偵測之車速加以比較。	同意辦理
2. 基於閱讀考量，請將報告書中有關圖表之文字盡量以中文呈現。	已補充於定稿報告。	同意辦理
3. 報告書中多只呈現最終之演算法或研發結果，由於本案屬研發案，請將研發過程所遭遇之困難與經驗皆加以提出，避免後繼者經歷相同錯誤。	已補充於定稿報告。	同意辦理
4. 1.2 節前期計畫成果之說明中，將車種之分類分為大、中型車及機車，但本期之車種則為大、小型車及機車，請適當修正。	本期計畫遵照 RFP 內容將車種分為大、小型車及機車，報告內容將一併修正。	同意辦理
5. 2.2 節所選用之 CCD 攝影機廠牌為何？選用 CCD 之原因請說明。	該攝影機是國內影王廠商自行生產，其他說明已補充說明於第二章。	同意辦理
6. P40 述及「系統目前“暫時”採用微星 MS6404....」，“暫時”是否意謂未來	已補充說明於第二章。經過長時間測試，並無當機等不穩現象發生，	同意辦理

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發言內容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>會有所調整？並請補充說明目前採用此系統經驗（如是否當機？.....）</p> <p>7. 簡報中就完整之偵測流程演算法加以陳述，請將相關內容補充於報告內。</p> <p>8. 3.1.1 節 p31 所述之 Sobel 邊緣偵測中，述及水平及垂直方向遮罩均有其優缺點，請研究團隊於期末報告時，詳述系統選擇遮罩之考量依據，以利後續研發及技術轉移。</p> <p>9. 3.1.1 節 p32 提及，有關去除雜訊的方法乃為運用物件總像素大小作為去除之依據，但文內未說明所依據之明確總像素值為何，請於期末報告時說明實驗數值。</p> <p>10. P36 「圖 3.1.2-3(d)經車道線分割判斷後，判斷為物件不需分割」，判斷原則為何？</p> <p>11. P38，請說明車輛追蹤之條件。</p> <p>12. P40 車輛於畫面的遠近是否會改變其像素？</p> <p>13. P43 請說明提出之演算法可以解決移物體突然消失之原因。</p> <p>14. P50 請說明本研究所採用之連通法及原因。</p> <p>15. 有關 3.2 節之系統初步測試結果，除最終之分析結果外，請適當列出實際之測試分析數據。</p> <p>16. 文中所提到各型車輛平均車長車寬與所提之平均各型車輛視覺車長及車寬相較之誤差是否有過大之情形，其誤差是否會造成後續辨識力降低？</p>	<p>期中是因為擔心系統不穩定而“暫時”採用。</p> <p>已於報告書第 3.1, 3.2, 3.3 節詳細說明。</p> <p>已補充說明於 3-13 頁，研究團隊在這個部份是以垂直方向為主。</p> <p>已補充說明於 3-14 頁，這個值並非定值，會跟視覺長度換算有關係。</p> <p>已補充說明於 3-21 頁。</p> <p>已補充於第三章。</p> <p>會依照視覺長度的計算而有不同。</p> <p>當追蹤物件已經被認可是一個合法物件時，當有畫面突然消失一次，可以利用軌跡追蹤進行預測，當然，若是物件連續消失一段時間，該物件理當消除。</p> <p>已補充說明於 3-26 頁。</p> <p>已於報告書第四章詳細列出。</p> <p>目前所提出的視覺長度及寬度的概念在數學的推論及實際的測量下是正確的，而在實測過程中研究小組加入 CCD 及鏡頭的校正，使各項誤差降於合理且不影響辨識結果的範圍內，而車輛高度所造成的的視覺車長及車寬的誤差在實際的辨識中並不影響其結果。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意說明</p> <p>同意說明</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意說明</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
17. 影像研究小組提出日夜轉換以背景更新的方式來克服，其構想是可行，但是否可提出背景更新的明確速度。	目前背景更新的速度介於 26ms 左右，可使系統在不受光線變化的影響下對移動物件執行切割，將來背景更新的速度將依據陰影的變化、天候變化、系統的整合程度來評估。	同意辦理
18. 研究團隊於未來完成系統研發後，請配合 CCTV 評估提出裝設 CCTV 攝影機高度、角度、位向等相關規範，以利未來後續各相關道路裝置之標準。	已於 6.2 節說明。	同意辦理
19. 微波計算交通參數所採用之 single loop 演算法，其對於有效車長估計應有更詳細之說明，DSP 之處理亦請作詳細之交待。	請參照微波偵測器報告中第三章。	同意辦理
中華電信 吳委員坤榮		
1. 請影像研究團隊對攝影機、鏡頭及防護罩之設計應多加考量，以確保影像取得的品質。	敬悉。	納入考量
2. 影像研究團隊應對工業級電腦的散熱多加注意。	敬悉。	納入考量
3. 目前系統採以前端處理，電腦的散熱不易維護，是否考慮改以影像壓縮的方式處理？	目前本期系統採以前端處理以獲得較佳精準度，後續相關壓縮的方式的研究有待後續交通部的相關計畫研究。	同意辦理
4. 7.3.1.4 節 p41 公式 3.1.4-1 中筆誤部份請修正。	已修正。	同意辦理
5. 1.4 節提到「尚未蒐集到具有高度競爭力的新產品資料」，事實上國內交通大學林進燈教授所研發之 Traffic Eye 已進入產品階段，建議研發團隊針對該產品進行相關評估，相關技術並可作為研發團隊之參考。	目前交大林進燈教授所公開販售之 Traffic Eye 商品，經多次連繫尚未取得正式商品規格，商品實際運行效能也無相關測試報告，將與運研所討論相關事宜。	後續將持續瞭解相關產品發展情形。
6. 微波研發團隊採用之專利技術，其發明人為莊教授，但持有人為交通大學，該專利技術之歸屬是否會造成廠商未來產品化及推廣時之困難。	專利部分，主要為運研所所申請之專利，至於交大專利部分，因為本身研發即為交大團隊，應該不是問題，相關問題於運研所另案之有所考量及探討。	同意辦理
7. 依研發團隊於報告書所回顧國外微波產品之系統規格功能，其準確率較本研究所研發系統為高，其功率及重量亦均較國外為高，則是否會影響未	最好情況之準確度跟本研究團隊之平均準確度會不同，報告書上是根據 RTMS 與 SmartSensor 官方資訊呈現。瓦數部分應該有所誤差，	同意辦理

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
來之競爭力，並可以通過檢測符合規範標準？	這方面會再做修正。	
<p>高速公路局 王委員憲生</p> <p>1. 期望研發團隊所研發之偵測系統具有一定的穩定度，適用於全天候長時間之偵測，如部分產品曾有夜間無法正常偵測之情形。</p> <p>2. 請研發團隊於系統研發同時考量其未來成本，在將來系統商品化同時其成本應小於現行市售成本以吸引較多的使用，才符合交通部計畫案之宗旨。</p> <p>3. 請研發團隊於未來系統完成後，配合 CCTV 評估應提出裝設 CCTV 攝影機高度、角度、位向等相關規範，以利未來後續各相關道路裝置之標準。</p>	<p>所研發之偵測器將進行長時間之測試，以期滿足全天候長時間之偵測。未來本團隊建議實際單位於視野良好處使用影像式偵測器，反之則使用微波式偵測器。</p> <p>研發團隊於系統研發同時，在器材選用時均考量成本問題，以期交通部未來商品化時之競爭力及市場的普及度。</p> <p>已於報告書 5.7 節詳細說明。</p>	<p>同意說明</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>
<p>公路總局 陳委員麗敏</p> <p>1. 影像：目前研究團隊在臺北市區之夜間偵測需架設輔助燈光來補強光線不足之缺點，未來系統架設時是否也要架設輔助燈光補強？</p> <p>2. 報告書微波 pp.36 有關與國外產品規格比較部分，並未列出適應之溫度範圍，請考量系統安裝於戶外會受到太陽長時間之照射，而可能影響運作之穩定性及其準確度之因素。</p> <p>3. 微波：研究過程是否實測確實可偵測到 8 車道？為何選擇路口為測試地點？是否意謂可以提供轉向資訊？目前僅可辨識大、小兩種車種，由於部分道路已開放重型機車，未來是否可以偵測到？</p> <p>4. 報告中多次提到涉及專利故無法將</p>	<p>限於本次架設、用電及傳輸等因素，本期先以暫時性之輔助燈來因應，而所採用的輔助燈與現行市區照明相同，因此未來系統架設時若注意地區照明而選擇適當地點，應沒有太大問題。</p> <p>這也是本團隊關心問題之一，目前仍盡力克服中。</p> <p>目前無法偵測至 8 車道，待雷達模組更新。</p> <p>受限場地問題，目前實測只有 6 車道，而因有可直接使用的平台提供測試，故地點位於路口。但期末驗收地點並非架設於路口。</p> <p>轉向偵測演算法相當之複雜，有待後續之學者繼續研究。</p> <p>車種辨識方面，本團隊可偵測到部份機車資訊，但準確度尚未到達一定標準，故未在本次報告中呈現。</p> <p>請參照微波偵測器報告中第三章。</p>	<p>同意說明</p> <p>後續將納入評估。</p> <p>訊號可達 8 車道之距離，但受限於場地，本期同意僅以 6 車道資料分析。</p> <p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>內容詳細呈現，但仍建議將概念性之摘要內容納入報告中說明，以方便閱讀。若涉及到專利，未來公部門採購是否可能會有所困難？</p>	<p>主席補充：等到產品商品化後，可採用租用方式，另所開出之需求功能規定並非單一獨家之產品，則採購時並無專利顧慮。</p>	
<p><u>綜技組 張委員芳旭</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 未來報告中，可以放入索引或對照表，例如在何種環境條件下，該如何使用與架設...等相關資訊 建議未來實測分析方面做些統計檢定分析。 	<p>等到硬體設施完善後，本團隊會依據使用情況，實際測試出最佳使用環境參數設定，及相關操作方式。本報告書所採用之準確度計算為實務單位一般所通用之計算式，本期暫不進一步採統計檢定分析。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>
<p><u>運資組 (書面意見)</u></p> <p><u>影像式車輛偵測器</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 有關 1.2 節前期成果之準確率，除以圖形描繪其趨勢外，請以文字補充說明在不同情境下之準確率。另 p10 有關將影像辨識既有演算法結合於 CCTV 之部分，同樣除以圖片顯示外，亦請以文字補充說明前期試作結果及待本期改善的課題。 在前期結果中，系統介面設計與實際現行產品相較(如 Citilog、Vantage...等現行市售產品)，功能上明顯欠缺操作彈性、美觀及人性化，建議研究團隊參考現行市售產品研擬發展符合國人操作習慣之系統介面，以利未來系統商品化時之市場競爭力。 96 年度，研究團隊須於臺北市區進行系統測試，因臺北市區道路較前期實測環境壅塞且複雜，建議研究團隊能在系統實測過程中將所遇問題詳實記錄，並作為系統功能擴充之依據。 建議研究團隊於計畫執行期間，加強與現行交控單位(如臺北行控中心、高公局...等)密切交流互動，以實際了解基層實際執行交控之工作人員，對未來自動化監控系統之需求，以確保研究團隊所研發產品能符合實際現地操作人員之需求。 有關「與 CCTV 整合進行試作及分析」處，其試作地點除以雪山隧道為 	<p>已補充於 1.3 節。</p> <p>已於報告書 3.5 節詳細說明。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>敬悉。</p> <p>已補充於 6.1.2 節。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>略</p> <p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>主要測試路段外，由於期中前已取得了臺北市交控中心既有 CCTV 之影像資料，故請於期末時亦將臺北市資料納入分析，以瞭解系統在市區道路及隧道內之適應情形。</p>		
<p>6. CCTV 除目前報告所提之光線問題外，前期報告中提及 CCTV 影像解析度較低，隧道內的 CCTV 攝影機因架設高度上之先天限制，而造成有些車道歪斜遭到畫面壓迫等問題，請研究團隊於期末時提出強化既有偵測器模組之演算法，並針對 CCTV 影像偵測提供各式天候實測分析數據。</p>	<p>本研究已解決部分問題，並補充於定稿報告。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>7. 針對隧道內物件掉落之異常事件偵測研究，由於隧道內發生掉落物的機率較低，請研究團隊擬訂合適之實測方案，以驗證系統的可行性。</p>	<p>研究團隊將在運研所前進行情境模擬。</p>	<p>同意辦理</p>
<p><u>微波式車輛偵測器</u></p>		
<p>1. 本計畫部分內容考量可能要申請專利，故於期中時並未置入，然請於期末前完成申請專利之可行性評估，對於須申請部分請仍以概念性的方式描述相關作法，其它部分則於期末時宜納入報告中，以保持報告之完整性。</p>	<p>請參照微波偵測器報告中第三章。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>2. 1.2 節有關「前期計畫研究成果」之內容，部分為本年度之工作，請逐一檢視並作適當的調整。</p>	<p>請參照微波偵測器報告中第一章。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>3. 由於本期計畫為第 2 年度，故建議將報告書「第二章文獻回顧」予以刪除，本期內容僅就前期成果、待改善課題，及本年度之解決方式及實測數據進行說明。</p>	<p>遵照辦理。</p>	<p>已調整</p>
<p>4. 有關車輛之分類目前僅能辨識出大車及小車，請於期末時完成機車之偵測。另於 4.3.3 節所提出之演算法是否適用於機車之辨識？</p>	<p>該演算法並不受限於車種，於本報告書的測試章節中，已顯示其機車之偵測結果。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>5. 受限於系統硬體部分仍持續進行改善，故期中前之測試尚仍以臨時架設系統的方式作測試，期末時則請將系統固定於路側作較長時間之測試，以</p>	<p>請參照微波偵測器報告中第四章。</p>	<p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期中會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>瞭解系統於室外運作之穩定度。</p> <p>6. p74 提及「CMOS 微波單晶片感應在 2007 年九月中交付生產，…」該年份是否應為 2006 年，另請就本章節就各年度執行之工作時間重新逐一檢視。</p>	<p>筆誤，將重新檢視並予以調整。</p>	<p>已調整</p>
<p>7. 本期系統在進行辨識時，將前期給定外在環境參數的方式，提昇為智慧型自動學習的演算法，在進行上述參數學習之時間需時或樣本數要多少？當測試地點車輛不多時，是否仍可自動偵測？</p>	<p>因應不同階段，樣本數與學習時間會有所調整，本研究目前所進行之測試，已經採用自動學習方式進行。所選之測試地點車流量並不會過於稀少。若未來有實務之應用考量時，可採用人工校調之方式進行。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>8. p114 不同車道之軌跡圖是否皆屬同一車種？若為不同車種是否會影響判別結果？</p>	<p>圖為同一車種。不同車種並不會影響此判別結果。</p>	<p>同意說明</p>
<p>9. 圖 5.2-6 及表 5.2-1 之「一車」及「車一」之表示方式不同，請予以修正。</p>	<p>遵照辦理。</p>	<p>已修正</p>
<p>10. 請於期末報告中提出本研究所研發微波系統硬體部分之建置限制及偵測條件（如角度、高度、距離等）。</p>	<p>請參照微波偵測器報告中第四章。</p>	<p>同意辦理</p>
<p>主席結論：</p>		
<p>1. 本案期中報告內容審查原則通過，請研究團隊針對與會學者專家及各單位代表所提之口頭或書面意見參酌修正並列表說明辦理情形，經本所承辦單位審查通過後納入期末報告內。</p>	<p>遵照辦理。</p>	<p>略</p>

「自動化路況資訊偵測系統研發與示範(二)」
期末審查會議

一、時間：96年11月26日上午10時

二、地點：本所10樓會議室

三、主持人：吳組長 玉珍

記錄：李霞

四、出席人員：

臺灣大學

李教授 學智

李學智

成功大學

莊教授 惠如

(請假)

師範大學

陳教授 世旺

陳世旺

中山大學

蔣教授 依吾

蔣依吾

淡江大學

張教授 勝雄

張勝雄

中華電信研究所

吳博士 坤榮

吳坤榮

高速公路局

王雲生

公路總局

臺北市政府交控中心

楊靜婷

本所綜技組

張芳心

運資組

李霞

國立交通大學

卓訓策 吳永邦

曾明德

羅忠正 陳昭中

吳憲順

王紳 蔡昆昆 李錦 綠子

五、研究單位簡報 (略)

六、發言紀錄 (依發言順序記錄意見要點)

淡江大學 張委員勝雄

1. 在系統之辨識能力上，原認為誤差多為車輛通過時未將其視為車輛而 miss 等因素造成，故系統偵測數之誤差應為低估，但由數據觀察並非如此，建議將實驗結果搭配誤差及準確率，來分析誤差來源，並請提出後續改善方向。
2. 請就貴團隊所研發影像式車輛偵測器之架設高度、角度及光線等提出更具體的建議。
3. 建議以 Frame Rate 較高的訊號來分析，以較低 Frame Rate 儲存，並請提出分析及儲存之 Frame Rate 建議。
4. 目前所開發用以偵測變換車道之功能，是否可以同時偵測車牌？未來若在偵測異常狀況之同時，將車牌辨識之功能納入是否可行？
5. 針對微波式車輛偵測器，除了準確率之外，也應討論造成誤差(車種或車速)的原因，並說明解決方向。

臺灣大學 李委員學智

1. 各車種車體長度多樣，並不完全相同，若僅固定大型車及小型車二類，易造成車速之不準確。另應說明本計畫對於此類問題所遭遇之困難以及未來可能的解決方法。
2. 依研究團隊就與市售產品之數據比較，該產品於速率偵測較為準確，建議研究團隊去了解該產品之測速原理，則未來可從中參考之，以改進目前車速準確率。
3. 請解釋為何大型車的辨識率較差？為何較遠的車道其準確率較近車道為佳？
4. 目前的車種車速之準確率測試是否曾於較複雜的車流環境下進行？俾利未來的應用性。
5. 報告書提及天線在遠方時 beam 短、能量高，但通常這應與角度有關，請說明。
6. Bandwidth 調降至 50MHz，其 range resolution 應超過 3m (平常車道寬約 3.5m)，請問對於辨識率的影響為何？

7. 演算法可不可以應用於 real time? Real time 時的計算時間是否可以應付?
8. 簡報 p29 UI 中紅色佔有率之計算方式請進一步詳細解釋。
9. 誤差的容許範圍，應由實務單位來認定。

師範大學 陳委員世旺

1. 建議以一些比較 Advanced 技術處理所遭遇的問題，如 mixture Gaussian 可以處理樹葉陰影搖晃。
2. 偵測技術是否以巨觀估計?
3. 夜間所採用之偵測系統是否與日間為同一演算法開發? 是否會遭遇偵測上之困難?
4. 不同之架設位置會適用不同的演算法，建議可以朝 multiple view 的方式去做，惟方法可能會較複雜，系統運算上較為耗時。
5. 實驗數據顯示系統功能性良好，但所採用的技術似乎不夠強健，當中演算法的複雜度以及系統的即時性如何取捨?
6. 建議在報告書中對問題的描述及對應之解決方法詳加說明。
7. 光影以及 high light 等問題在影像處理上有一定的困難度，本研究如何克服?

中山大學 蔣委員依吾

1. 應該明確描述所開發事件偵測模組之適用範圍。
2. 評估加入 Zoom In 畫面到事件發生位置之可行性。
3. 本研究以相同演算應用於不同攝影機 (CCD 與 CCTV) 之偵測，一者為依偵測器所需之架設高度、角度等建置，另一為既有之攝影系統，且兩者之影像品質有一定之差異，但兩者間之準確率數據僅有 10% 之差異，其可能原因或許為演算能力非常強，另一須探究之可能性為在 CCD 之應用上是否尚有未考量之特性?
4. 請列出完整的系統及架設規範，並就現階段所開發系統估測其軟硬體單價。
5. 變換車道時是否考慮遮蔽因素? 另請對於系統偵測之可能限制宜加以說明。
6. 架設在不同角度，是否對辨識率有所影響? 請說明可能之影響因素。

中華電信 吳委員坤榮

1. 在計算人工計數與自動計數之差異上，誤差為+1 及-1 時，其總誤差以 2 計或以 0 計？請補充說明準確率之計算方式，如 5 分鐘內有多算一輛車，同時亦有少算一輛車之情形時，視為沒有誤差或是以誤差為兩輛車計？
2. 燈光更換的門檻值(adaptive threshold)如何得知？
3. p3.41 實際標記與預測標記存在差異，如何利用預測標記修正實際標記？請補充說明。
4. 在計算 Frame Rate 之需求時，是否應該以視覺長度取代真實長度較為客觀？
5. 請補充攝影機架設規格以及施工安裝規格。
6. 報告內之測試數據，應同時註記時間與環境等因素，以利閱讀比較。
7. 建議未來加入隧道內火焰及煙霧等之偵測功能

高速公路局 王憲生先生

1. 請修正高速公路局之「公」，非「工」。
2. 車輛稀疏與壅塞對偵測率之影響為何？

臺北市交通控制中心 楊靜婷小姐

1. 報告書中提到本研究目標在於所研發偵測器功能強、價格低與維護便利等問題，請說明。
2. 一般之偵測器資料除作為管理單位進行交管之用外，另主要透過網站及 CMS 等方式供用路人參考，本研究所研發之偵測器應用於即時資訊之發佈方式為何？
3. 有關影像式所開發之異常事件偵測，是否可以同時偵測兩事件？
4. 本計畫的所研發偵測器價格會比國外低廉，希望提供更明確之資訊。
5. 本計畫所研發偵測器是否具有即時處理資料能力？
6. 說明道路壅塞與否時之準確率差異。

綜技組 張博士芳旭

1. 請說明事件偵測產生 False Alarm 之原因。
2. 本研究所開發系統應用於雪山隧道之可行性為何？
3. 本案後續之持續研發或推動，是否有與經濟部合作之可能性？
4. 反光車牌是否對車輛辨識有所影響？
5. 硬體溫度過高的問題可參考如研華科技等之工業用電腦。

運資組（書面意見）

綜合意見

1. 報告書中有文意不順、錯、漏字及圖表編號錯誤情形，建議修正細節請逕洽本組，並加以修訂之。
2. 本期末報告初稿未列參考文獻，請於定稿報告中加以補充。
3. 最後章節之結論與建議，多就本研究成果之內容加以陳述，後續建議部分有所不足，請研究團隊依本期所研發經驗，就現階段尚無法克服之課題提供後續持續改善及推動方向建議。尤其請研究團隊將系統實測過程中所遭遇問題詳實記錄，以作為未來系統功能擴充之依據。
4. 本研究驗收時除主報告內容外，尚須交付所研發車輛偵測器之實體雛型（微波）及其開發系統、系統程式碼及計畫執行期間所蒐集之分析數據。

影像式車輛偵測器

1. 1.1 節第三及第四段之內容與前言重複，請刪除。
2. 有關前期成果部分，除表單資料外，請以文字方式作綜合性之說明，以利閱讀。
3. 本研究之 CCTV 影像取自雪山隧道、八卦山隧道及臺北市之交控中心，請說明（或以表列方式）此 3 處之道路、車流、影像品質、架設特性、角度，影片時間及長度等之差異，並提出本報告選擇作為實際試作及分析影片之原因。
4. 5.5.1 p5-21 最後一句提及，關於光線瞬間變化之解決方法詳述於第三章偵測器之相關演算法，但有關 CCTV 之相關內容中特別強

調隧道內之光線變化與室外並不相同，則相同的方法是否可以直接應用於隧道內？請說明。

5. 5.5.2 車輛切割之原理除圖片外，請參照 5.5.3~5.5.7 補充相關內容。
6. 6.2.1.2 之架設地點與高度建議，除 CCTV 外，尚應包含一般影像式車輛偵測器攝影機之架設建議。

微波式車輛偵測器

1. 本計畫第三章硬體部分內容正申請專利中，3.3 節交通參數演算法預計要申請專利，故未將相關內容納入期末報告中，該訊息應於報告中加以陳述，以保持報告之完整性。
2. 1.1 節之內容應就微波式車輛偵測器之研究動機與目的加以陳述，避免與前言有所重複。
3. 有關測試數據之分析表，應加註測試時之地點、時間及天候等，俾利確認是否完成合約規定之尖離峰、震動及雨天環境等環境之測試，而分析數據之精細度亦不足，請參考影像之分析適當調整。另與同等級產品之測試資料未附於報告中，請加以補充。
4. p3「95 年度基於 94 年度開發之偵測器雛型，進行軟硬體功能之改良。」，請簡述 94 年度所遭遇之問題及改良的方式。
5. 有關車輛之分類，報告中僅列出大車及小車之辨識方法及相關數據，請補充偵測機車之相關資料。
6. 本研究除軟體部分外，尚有硬體部分之測試及改善，但報告多次提及本研究主要針對軟體，請予以修正。
7. 有關報告所列之準確測試資料，其差距 (%) 之計算似有偏誤，請確認並加以修正。另表 4.3-1 之「車道判斷錯誤」，當車輛應屬車道一而誤判為車道二時，是否會有重複計算的情形。
8. 請詳細說明由圖 4.2-2 之頻率軸及時間軸資訊判別車道及車種之方式。
9. 期末報告中尚未提出本研究所研發微波系統硬體部分之建置限制及偵測條件（如角度、高度、距離等），請於定稿報告中予以補充。

七、主席結論：

1. 本案期末報告內容審查原則通過，至於合約要求之細項本所將逐一檢視，以進行後續之驗收工作。
2. 請研究團隊針對與會學者專家及各單位代表所提之口頭或書面意見參酌修正並列表說明辦理情形，於 12/17 前提送期末報告定稿至本組辦理後續作業，經本組審查通過後納入定稿報告內。

八、散會 (12:30)

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

96.11.26

發言內容	合作研究單位回應	本所審查意見
<u>臺灣大學 李委員學智</u>		
1. 相同車種的車體長度亦有不同，不能只設定固定車長來決定車速。(需說明本計畫對於此項問題所碰到的困難，以及未來可能的解決方法)	固定相同車種的車長確實會造成速度計算上的誤差，若在未來能將車輛種類再進一步做細分，而不單只有三個種類，將有助於提高速度的準確率。 另一方面可從訊號的觀點找出車速與訊號間關係，尋找另一種計算車速之方法，再與原本計算結果用權重加以混合，也會是未來發展的目標之一。	同意說明
2. 建議了解 SmartSensor 的測速原理，未來可從中參考之，以改進目前車速準確率。	謝謝委員意見，將可納入後續計畫的參考。	同意辦理
3. 請解釋為何大型車的辨識率較差。	因為一般道路上的大型車流量較少，容易使得一開始在大小車種的判別參數方面，設定不夠準確，導致實測時造成大型車辨識率較差。	同意辦理
4. 目前的車種車速準確率為針對同一道路環境，未來需對其他複雜環境作測試。	測試環境為合約書所要求市區道路及高快速公路各擇一處；未來將視雷達穩定度於更複雜環境測試。	同意辦理
5. 演算法可不可以應用於 real time。Real time 時的計算時間是否可以應付？	本研究之演算法皆可應用於即時處理。現在實測時之影片皆為 real time 測試。	同意說明
6. 投影片中，UI 之車道佔有圖的部分請進一步詳細解釋。	此圖橫軸代表時間軸，紅色部分代表有車壓佔虛擬迴圈時間，可記錄某段時間內，各車道壓佔狀況。	同意說明
7. 報告書提及天線在遠方時 beam 短、能量高，但通常這應與角度有關，請說明。	報告書提及「天線在遠方時 beam 短、能量高」應屬於文字使用不當所造成之困擾。該雷達屬架設路邊使用之監控元件，由天線幅射場形之部份角度覆蓋多個車道，較遠之車道距離對應天線增益較高之角度，較近車道之距離對應天線增益較低之角度。	同意辦理
8. Bandwidth 調降至 50MHz，其 range	Bandwidth 的降低會提高 Range	同意辦理

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
resolution 應超過 3m (平常車道寬約 3.5m), 請問對於辨識率的影響為何?	Resolution 之有效值, 直接影響車道間的辨別能力, 礙於頻段使用法規限制, 未能提高系統 modulation bandwidth 條件下, 僅能在後段訊號處理中加強經由快速傅利葉轉換後對離散頻譜之判別能力。現有已知技術例如 Model-Based Frequency Estimation Algorithms 已嘗試實現於後段訊號適應處理中。	
<p>中山大學 蔣委員依吾</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 應該明確描述所開發事件偵測模組之適用範圍。 2. 評估加入 Zoom In 畫面到事件發生位置之可行性。 3. 本研究以相同演算應用於不同攝影機 (CCD 與 CCTV) 之偵測, 一者為依偵測器所需之架設高度、角度等建置, 另一為既有之攝影系統, 且兩者之影像品質有一定之差異, 但兩者間之準確率數據僅有 10% 之差異, 其可能原因或許為演算能力非常強, 另一須探究之可能性為在 CCD 之應用上是否尚有未考量之特性? 4. 請列出完整的系統及架設規範, 並就現階段所開發系統估測其軟硬體單價。 5. 變換車道時是否考慮遮蔽因素? 另請對於系統偵測之可能限制宜加以說明。 6. 架設在不同角度, 是否對辨識率有所影響? 請說明可能之影響因素。 	<p>請參閱影像偵測器 5.7 節。</p> <p>建議進行 Zoom In 的攝影機另外架設。</p> <p>10% 的差異是最少的誤差, 以 CCTV 試作的數據顯示, 10% 的誤差是出現在與一般自行架設比較相近的部分, 外側部分的誤差就有很明顯的差異。</p> <p>單價需要在技術移轉至廠商之後, 才有辦法較明確估算。</p> <p>一般遮蔽情形在本系統可以被解決。完全遮蔽的狀況則無法處理。所謂一般遮蔽者是在發生遮蔽狀況之前即完成車輛偵測之車輛, 利用追蹤(5.4.4 章節)的判斷, 可以解決一般遮蔽情形。完全遮蔽則是指在尚未完成車輛偵測時即產生遮蔽現象, 這樣無法完成變換車道偵測功能。</p> <p>不同角度的架設, 主要會造成不同遮蔽問題的狀況, 關於遮蔽問題請</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意說明</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
	參閱第 5 點說明。	
<p>淡江大學 張委員勝雄</p> <p>1. 在系統之辨識能力上，原認為誤差多為車輛通過時未將其視為車輛而 miss 等因素造成，故系統偵測數之誤差應為低估，但由數據觀察並非如此，建議將實驗結果搭配誤差及準確率，來分析誤差來源，並請提出後續改善方向。</p> <p>2. 請就貴團隊所研發影像式車輛偵測器之架設高度、角度及光線等提出更具體的建議。</p> <p>3. 建議以 Frame Rate 較高的訊號來分析，以較低 Frame Rate 儲存，並請提出分析及儲存之 Frame Rate 建議。</p> <p>4. 目前所開發用以偵測變換車道之功能，是否可以同時偵測車牌？未來若在偵測異常狀況之同時，將車牌辨識之功能納入是否可行？</p> <p>針對微波偵測器，除了準確率之外，也應討論造成誤差(車種或車速)的原因，並說明解決方法。</p>	<p>目前測試數據在台 68 快速公路與敦化北路 240 號的測試數據，可以明顯看出大多數的偵測結果都是低於人工計數(實際數量)，只有少數時段會高於人工計數(實際數量)，經過影像分析誤差來源，發現多算的車輛原因大多是物件切割不理想所造成的誤判，例如大型車輛被切割破碎，造成多輛車的計數，所以加強物件切割的準確與穩定是後續改善的方向。請參閱報告書 7.1 章節。</p> <p>台 68 快速公路 CCD 攝影機架設高度 6.05 公尺、水平俯角 17 度。敦化北路 240 號 CCD 攝影機架設高度 6.5 公尺、水平俯角 14 度。上述之 CCD 攝影機架設方式已補充於第四章本文部分。</p> <p>遵照辦理。請參閱影像式偵測器第 5.2.2 以及 6.2.1 節說明。</p> <p>偵測車牌需要較高解析度與較快快門之 CCD 攝影機，而車輛偵測或是事件偵測器攝影機必須兼顧拍攝範圍與角度，因此使用同一攝影機拍攝是不可行的。若是要整合車牌辨識功能，建議另外架設一支</p> <p>車速部份：造成誤差的原因可能跟車輛的雷達截面積 (RCS) 有關，每台車的 RCS 都不相同，且車體反射點的位置也不一樣，如此會對迴圈長度 (RCS 影響) 與車輛進出時間 (反射點影響) 的估計產生影響，就會造成計算速度上的誤差。</p> <p>車種部分：小型車容易因相鄰車道車輛的波形干擾而誤判成大型</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
	車；在較遠車道中，若小型車的反射波形強度較小 (RCS 影響)，亦容易被誤判成為機車。	
<p><u>師範大學 陳委員世旺</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 建議以一些比較 Advanced 技術處理所遭遇的問題，如 mixture Gaussian 可以處理樹葉陰影搖晃。 偵測技術是否以巨觀估計？ 夜間所採用之偵測系統是否與日間為同一演算法開發？是否會遭遇偵測上之困難？ 不同之架設位置會適用不同的演算法，建議可以朝 multiple view 的方式去做，惟方法可能會較複雜，系統運算上較為耗時。 實驗數據顯示系統功能性良好，但所採用的技術似乎不夠強健，當中演算法的複雜度以及系統的即時性如何取捨？ 建議在報告書中對問題的描述及對應之解決方法詳加說明。 光影以及 high light 等問題在影像處理上有一定的困難度，本研究如何克服？ 	<p>本研究案所研發的系統以實作與量產可能性為主要考量，因此，會影響到 Real-time 執行的部份都予以修正。</p> <p>事件偵測必須建立在車輛偵測器之上，因此，車輛偵測必須以微觀偵測，不適合以巨觀估計。</p> <p>本系統採用相同方法，夜間偵測主要遭遇的問題是燈光。</p> <p>目前系統設計還是以正向拍攝為主，側向拍攝也不要太大的旋轉角度。較大的旋轉角度會增加遮蔽問題的嚴重，而遮蔽問題的相關說明請參閱蔣委員依吾建議第五點說明。</p> <p>本研究案所研發的系統以實作與量產可能性為主要考量，因此，會影響到 Real-time 執行的部份都予以修正。</p> <p>本計畫雛型系統之研究所遭遇問題的解決方式皆以納入演算法中，因此，解決之道皆載於第三章，目前尚未解決或是建議以架設方式解決的部分已說明於第六章。</p> <p>相關處理技術正進行專利申請，暫時不予公開。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>
<p><u>中華電信 吳委員坤榮</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 在計算人工計數與自動計數之差異上，誤差為+1 及-1 時，其總誤差以 2 計或以 0 計？請補充說明準確率之計 	<p>考量人力的限制，無法逐一比對各車輛之偵測情形，因此目前採一般實務上計算準確率之方式，以一定</p>	<p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
算方式，如 5 分鐘內有多算一輛車，同時亦有少算一輛車之情形時，視為沒有誤差或是以誤差為兩輛車計？	時間內之車流量作為判別依據。	
2. 燈光更換的門檻值 (adaptive threshold)如何得知？	燈光變換偵測門檻值已於影像式偵測器 3.1 節說明。	同意辦理
3. 影像偵測器 3-41 頁 實際標記與預測標記存在差異，如何利用預測標記修正實際標記？請補充說明。	請參閱報告書影像式偵測器 3.3 節末說明。	同意辦理
4. 在計算 Frame Rate 之需求時，是否應該以視覺長度取代真實長度較為客觀？	Frame Rate 需求分析是一個約略估算，本報告所闡述之分析內容是理論估計值，因此是以真實長度作為假設。	同意辦理
5. 請補充攝影機架設規格以及施工安裝規格。	台 68 快速公路 CCD 攝影機架設高度 6.05 公尺、水平俯角 17 度。 敦化北路 240 號 CCD 攝影機架設高度 6.5 公尺、水平俯角 14 度。	同意說明
6. 報告內之測試數據，應同時註記時間與環境等因素，以利閱讀比較。	遵照辦理。	同意辦理
7. 建議未來加入隧道內火焰及煙霧等之偵測功能。	由於研究期中並未於隧道內產生煙霧，故未能將此功能加入，後續應將此功能納入開發及測試。	同意辦理
8. 準確率的計算方式說明，如 5 分鐘內有多算一輛車，也少算一輛車的話，這算是沒有誤差或是算誤差兩輛車？	本研究在計算車輛總數、車道、車種與車速正確率的部份是採單輛車進行比對的方式(請參閱微波式偵測器第四章)。而與市售產品(SS)之比較部份，因車輛通過雙方偵測器的時間不一，故無法單輛車進行比較，故採五分鐘比較實際與實測總車輛數，進行準確率計算，如此的確會有多算一輛車，也少算一輛車，但卻當成沒有誤差的情形。	同意辦理
9. 測試數據的時間與環境要詳加描述。	遵照辦理，請參閱微波式偵測器第四章。	同意辦理
<u>高速公路局 王先生憲生</u>		
1. 請修正高速公路局之「公」，非「工」。	已修正。	同意辦理

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
2. 車輛稀疏與壅塞對偵測率之影響為何？	車輛稀疏與壅塞對偵測率影響不大，除非是整條道路塞滿等候之停止車輛。	同意說明
綜技組 張博士芳旭		
1. 請說明事件偵測產生 False Alarm 之原因。	以目前研究團隊所獲得之事件影像資料試作，並無 false Alarm 的狀況，若有，預估是由車輛警示燈或是大型車輛遮蔽所造成，建議納竹後續計畫中開發。	同意說明
2. 本研究所開發系統應用於雪山隧道之可行性為何？	部份事件試作場景就是雪山隧道，未來在雪山隧道內應用沒問題。	同意說明
3. 本案後續之持續研發或推動，是否有與經濟部合作之可能性？	本團隊樂觀其成。	本所將納入考量。
4. 反光車牌是否對車輛辨識有所影響？	沒有問題。	同意說明
5. 硬體溫度過高的問題可參考研華科技的工業用電腦。	遵照辦理。	同意辦理
臺北市交控中心 楊小姐靜婷		
1. 報告書中提到本研究目標在於所研發偵測器功能強、價格低與維護便利等問題，請說明。	功能強：增加了機車偵測功能 價格低：國人自行研發成本自然低 維護便利：技術團隊即在臺灣，系統相關文件也以中文記載，加上語言溝通沒有問題。	同意說明
2. 一般之偵測器資料除作為管理單位進行交管之用外，另主要透過網站及 CMS 等方式供用路人參考，本研究所研發之偵測器應用於即時資訊之發佈方式為何？	本系統偵測之交通參數皆包裝為都市交通控制通訊協定資料，可以跟目前既有之發布系統作結合。	同意說明
3. 有關影像式所開發之異常事件偵測，是否可以同時偵測兩事件？	沒有問題。	同意說明
4. 本計畫的所研發偵測器價格會比國外低廉，希望提供更明確之資訊。	本團隊研發之系統未來跟國內廠商合作後，價格必然比國外產品低。預計未來偵測系統成本為台幣兩萬元以內。	同意說明
5. 說明本計畫的偵測器具有即時處理資料的能力嗎？	本研究實測數據皆為即時處理之判斷結果。	同意說明

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>6. 說明道路壅塞與否的正確率差異。</p> <p><u>運資組 (書面意見)</u> <u>綜合意見</u></p> <p>1. 報告書中有文意不順、錯、漏字及圖表編號錯誤情形，建議修正細節請逕洽承辦組，並加以修訂之。</p> <p>2. 本期末報告初稿未列參考文獻，請於定稿報告中加以補充。</p> <p>3. 最後章節之結論與建議，多就本研究之內容加以陳述，後續建議部分有所不足，請研究團隊依本期所研發經驗，就現階段尚無法克服之課題提供後續持續改善及推動方向建議。尤其請研究團隊將系統實測過程中所遭遇問題詳時紀錄，以作為系統功能擴充之依據。</p> <p>4. 本研究驗收時除主報告內容外，尚須交付所研發車輛偵測器之實體雛型(微波)及其開發系統、系統程式碼及計畫執行期間所蒐集之分析數據。</p>	<p>當道路擁擠時，若車與車之間距小於虛擬迴圈時，可能會造成車輛數與車種判斷有所誤差；故擁擠時，正確率會較低。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>請參閱報告書影像式偵測器 6.3 與 7.1 節。</p> <p>遵照辦理。</p>	<p>同意說明</p> <p>已修正</p> <p>已補充</p> <p>同意辦理</p> <p>驗收時已交付</p>
<p><u>影像式車輛偵測器</u></p> <p>1. 1.1 節第三及第四段之內容與前言重複，請刪除。</p> <p>2. 有關前期成果部分，除表單資料外，請以文字方式作綜合性之說明，以利閱讀。</p> <p>3. 本研究之 CCTV 影像取自雪山隧道、八卦山隧道及臺北市之交控中心，請說明(或以表列方式)此 3 處之道路、車流、影像品質、架設特性、角度，影片時間及長度等之差異，並提出本報告選擇作為實際試作及分析影片之原因。</p> <p>4. 5.5.1 p150 最後一句提及，關於光線瞬</p>	<p>已刪除。</p> <p>已補充於 1.3 節。</p> <p>遵照辦理。請參閱影像式偵測器 5.1.3 節。</p> <p>光線瞬間變化演算法就是針對隧</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意說明</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查意見
<p>間變化之解決方法詳述於第三章偵測器之相關演算法，但有關 CCTV 之相關內容中特別強調隧道內之光線變化與室外並不相同，則相同的方法是否可以直接應用於隧道內？請說明。</p> <p>5. 5.5.2 車輛切割之原理除圖片外，請參照 5.5.3~5.5.7 補充相關內容。</p> <p>6. 6.2.1.2 之架設地點與高度建議，除 CCTV 外，尚應包含一般影像式車輛偵測器攝影機之架設建議。</p>	<p>道環境所設計。</p> <p>請參閱影像式偵測器報告書 5.4.2 節。</p> <p>台 68 快速公路 CCD 攝影機架設高度 6.05 公尺、水平俯角 17 度。 敦化北路 240 號 CCD 攝影機架設高度 6.5 公尺、水平俯角 14 度。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>
<p>微波式車輛偵測器</p> <p>1. 本計畫第三章硬體部分內容正申請專利中，3.3 節交通參數演算法預計要申請專利，故未將相關內容納入期末報告中，該訊息應於報告中加以陳述，以保持報告之完整性。</p> <p>2. 1.1 節之內容應就微波式車輛偵測器之研究動機與目的加以陳述，避免與前言有所重複。</p> <p>3. 有關測試數據之分析表，應加註測試時之地點、時間及天候等，俾利確認是否完成合約規定之尖離峰、震動及雨天環境等環境之測試，而分析數據之精細度亦不足，請參考影像之分析適當調整。另與同等級產品之測試資料未附於報告中，請加以補充。</p> <p>4. p3「95 年度基於 94 年度開發之偵測器雛型，進行軟硬體功能之改良。」，請簡述 94 年度所遭遇之問題及改良的方式。</p> <p>5. 有關車輛之分類，報告中僅列出大車及小車之辨識方法及相關數據，請補充偵測機車之相關資料。</p> <p>6. 本研究除軟體部分外，尚有硬體部分之測試及改善，但報告多次提及本研究主要針對軟體，請予以修正。</p>	<p>遵照辦理。請參閱微波式偵測器 3.3 小節。</p> <p>遵照辦理。請參閱微波式偵測器 1.1 小節。</p> <p>遵照辦理。請參閱微波式偵測器第四章。</p> <p>遵照辦理，請參閱微波式偵測器第一章。</p> <p>遵照辦理，請參閱微波式偵測器第四章。</p> <p>遵照辦理。請參閱微波式偵測器第一章。</p>	<p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p> <p>同意辦理</p>

MOTC-IOT-96-IBB008 自動化路況資訊偵測系統研發與示範 (二)

期末會議審查意見彙整表

發 言 內 容	合作研究單位回應	本所審查 意見
7. 有關報告所列之準確測試資料，其差距(%)之計算似有偏誤，請確認並加以修正。另表 4.3-1 之「車道判斷錯誤」，當車輛應屬車道一而誤判為車道二時，是否會有重複計算的情形。	遵照辦理。表 4.3-1 之車道判斷錯誤，本研究先決定是否有無車，再進行判斷該車是否在正確車道上，因此準確率以此為基礎而計算之。	同意說明
8. 請詳細說明由圖 4.2-2 之頻率軸及時間軸資訊判別車道及車種之方式。	圖 4.2-2 表示軟體所學習之車道數，乃利用能量最大值位置來判定。而其中之實際車種與車道位置資訊為事後比對影片而得，並非偵測器所得結果。(在此階段尚未學習判別車道與車種，僅是表示能量最大值可作為車道數判別指標。)	同意說明
9. 期末報告中尚未提出本研究所研發微波系統硬體部分之建置限制及偵測條件(如角度、高度、距離等)，請於定稿報告中予以補充。	遵照辦理，請參閱微波式偵測器第五章。	同意辦理