

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

總計畫：智慧型車輛之控制、感測與資訊處理技術研發

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-009-008-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系

計畫主持人：李祖添

共同主持人：林進燈，鍾世忠，王晉元，徐保羅，陳永平，李永勳，宋開泰

計畫參與人員：陳鳳儀

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 10 月 28 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 92-2213-E-009-008

執行期限：92年08月01日至93年07月31日

主持人：李祖添 教授 國立交通大學 電機與控制工程學系

計畫參與人員：陳鳳儀 國立交通大學 電機與控制工程學系

一、中文摘要

本計畫之目的在研發智慧型車輛所應具備的被動式防撞系統，建立相關系統關鍵技術，並進行防撞設備及系統的研製。這些防撞設備將整合於汽車之周邊設備，俾發展出一套人性化的汽車安全系統。本計畫將結合語音溝通人機界面、聲響偵測與處理、毫微米波防撞雷達、車道即時監控系統、影像辨識及追蹤、智慧型導航、能量管理等技術，以建構一個智慧型車輛的被動式防撞系統。這個系統，藉由控制區域網路（CAN-BUS）連結多種感測器及多項智慧型周邊設備，能量管理技術及智慧型多重目標決策與控制技術，達成整合式環境偵測及即時示警功能。本計畫依功能與技術需要，分成六個子計畫（子計畫一：非線性未知系統之智慧型多目標決策與控制研究；子計畫二：智慧型車輛之即時監控系統設計；子計畫三：汽車縱向防撞雷達技術研發；子計畫四：智慧型車輛導航系統設計；子計畫五：智慧型車輛之電池能源管理；子計畫六：智慧型車輛之即時影像系統與影像追蹤技術研發），分工合作，同時進行研究。

關鍵詞：智慧車；智慧型控制；多目標決策；即時監控系統；防撞雷達技術；車輛導航系統；電池能源管理；擷取影像

Abstract

This is the group project of "Research on control, Sensing and Information technology of an intelligent vehicle." In this research, we shall focus on the study of some key technologies of passive collision warning and avoidance systems of an intelligent vehicle. These passive collision avoidance systems will be designed, developed and integrated together to form a humanistic

vehicle safety system. Specifically, we shall integrate the linguistic man/machine interface, the longitudinal collision avoidance radar, the real-time monitor system, the image recognition and tracking system, the intelligent guidance systems, and the battery energy management system to form the passive collision avoidance system of the intelligent vehicle. Various different sensors and intelligent peripheral devices are linked via the CAN-bus to achieve the integrated environment detection and warning capability of the system.

Keywords: Intelligent Vehicles, Intelligent Control, Multi-Objective Decision, Collision Avoidance Radar, Vehicle Navigation System, Battery Equalization Control, Image Plane

二、緣由與目的

隨著經濟的快速發展，機動車輛已成為國民生活上之主要工具，近年來智慧型運輸系統（Intelligent Transportation Systems, ITS）持續受到國內、外各界廣泛地注意與討論，各國亦投入可觀的資源進行 ITS 的研發、測試、應用與推廣等工作 [1-4]。ITS 並非只侷限於不停地新建道路等基礎硬體設施而已，而是藉由先進電腦、通訊等軟體科技的應用透過資訊的溝通與連結，使既有的運輸系統有效地整合，以改善人、車、路等運輸次系統間的互動關係，一方面提昇交通安全與運輸效率，另一方面減少環境污染與能源消耗。整體而言，發展 ITS 旨在運用先進科技於既有的運輸系統，使有限的運輸資源作最有效的利用，以增進「行」的便利，提昇人民生活品質。想要落實智慧型運輸系統，ITS 的各個子系統的發展必須健全，才能達到我國推動 ITS 的四大目標：改善運輸效率、

增進交通安全、降低環境污染、提昇經濟生產力等四大目標，其中「增進交通安全」便是指車輛控制及安全系統所討論之範圍。

對於這類型安全車輛的研究，世界各國目前對於這樣應用先進科技提昇車輛安全性能的研發計畫有許多不同的名稱，如先進安全車輛（ASV，Advanced Safety Vehicle）、智慧型車輛（IV，Intelligent Vehicle）、先進車輛控制與安全系統（AVCSS，Advanced Vehicle Control and Safety System）等。其中以日本所採用的名稱「先進安全車輛」（ASV）之內容定義較為廣泛，也較常被使用。在本研究中將以智慧型車輛來概括包含以上的諸項名詞與概念。

根據相關的研究發現（ITS America 網站資料），超過百分之九十的機動車輛意外，可以歸咎於駕駛員的人為錯誤，諸如注意力不集中、分心、飲酒、昏睡、以及其他相關的原因。針對此點，本整合型計畫之目的在研發機動車輛所應具備的被動式防撞系統，並進行防撞系統的研製工作。整個總計畫將結合語音溝通人機介面、聲響偵測與處理、毫微米防撞雷達、影像辨識及追蹤、智慧型導航等技術，以建構一個智慧型車輛的被動式防撞系統。為達此目標，本整合型計畫依功能與技術需要，分成六個子計畫分別執行，分工合作同時進行研究，參與之子計畫研究項目與研究工作詳列如下：

子計畫一：非線性未知系統之智慧型多目標決策與控制研究

研發重點為針對一個未知的非線性系統，發展出一套可以從事多重目標智慧型最佳決策與控制的方法，俾作為智慧車決策與控制之重要參考。

子計畫二：智慧型車輛之即時監控系統設計

主要將智慧型車輛中的感測器，經由控制區域網路匯流排 CAN-Bus 將所有信號與資料整合傳輸至即時多工的 Linux 核心監控系統，由監控系統分析資料後，做適當的決策，確保駕駛車輛的安全。

子計畫三：汽車縱向防撞雷達技術研發

設計完成一組頻率定為 38GHz 之縱向防撞雷達，以同時測距及測速。雷達主體包括毫米波天線、毫米波收發電路及 FMCW 調變電路等三部分。

子計畫四：智慧型車輛導航系統設計

目的即在輔助駕駛人於開車時得以安全、迅速而有效的到達目的地，此種系統主要是由全球衛星定位系統(GPS)、慣性導航系統(INS)及地理資訊系統(GIS)所組成，將研製可行之 GPS/INS/GIS 系統，並且規劃出各種智慧型導航系統功能。

子計畫五：智慧型車輛之電池能源管理

針對整體智慧型電池能源管理系統及監控系統發展和設計作系統化的研究，主要研究重點為智慧型電池狀態的計算及電池模組安全監控管理及系統整合

子計畫六：智慧型車輛之即時影像系統與影像追蹤技術研發

即時影像系統除了可提供被動駕駛者車輛周邊即時影像，有助於安全駕駛，再加上影像處理功能將更一進步提供被動式或主動式駕駛輔助，朝向先進的智慧型車輛發展。

最後，本整合型計畫之研發成果，藉由實體測試，擬可建立汽車防撞安全輔助系統。

三、結果與討論

本整合型計畫共以六個子計畫完成各自負責的項目，下面就分別陳述各子計畫的研究成果與進度：

子計畫一：非線性未知系統之智慧型多目標決策與控制研究

多目標最佳化控制器設計問題，實際上是尋求一種控制算法，使得從任一系統狀態出發，控制器可自動找到一條系統狀態轉移過程 $S(t, u_k | u_0, u_1, \dots, u_n)$ ，使一組目標都達到可能達到的最好水平。在目標函數中，有些是即時的，有些則是過程的階段性指標，它不僅與時間有關，與歷史也密切相關，如在汽車自動駕駛控制系統中，幾個顯然的目標有安全、舒適、速度快，油耗量低等，其中速度和兩個指標可

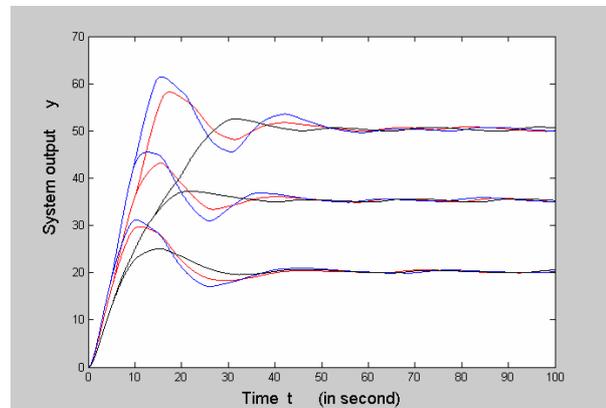
認為是即時的，而舒適與油耗則與整個控制過程相關。

被控過程的複雜化使得多目標最佳化控制理論顯得優為重要，與之相關的研究吸引著眾多學者。在多目標最佳化要求下，對各種控制方法的最佳化設計理論已有不少研究成果，如PID控制器的最佳化設計方法[5, 6]，魯棒控制與 H_2/H_∞ 控制[7, 8]，多目標最佳化控制中權重選取的問題[9, 10]等。上述成果豐富了有關多目標模糊控制器最佳化設計理論，但都未曾涉及一些更重要的尚待探討的設計理論和技術方法。在被控對象模型未知的情況下，建立一種可行的目標函數與系統響應過程之間的關係描述方法，是研究多目標最佳化模糊控制的一個首要問題。多目標最佳化控制問題的實質是取得一個狀態與控制量之間的控制函數，滿足系統多個目標參數的某種最佳折衷要求。

建立某種 Pareto 意義下的模糊控制算法應是本研究子計畫研究的重點。模糊控制規則基是模糊控制算法的關鍵，因而，多目標折衷模糊控制算法規則基的特性是必須解決的問題，而如何有效的構造該規則基則是實用控制器設計的關鍵技術。

子計畫一提出了多目標最佳化控制問題的 Pareto 規則基和近 Pareto 控制算法。給出了輸入輸出具有單調關係和時間慣性關係的一類常見被控系統的 Pareto 規則基的建立方法，給出了一種控制目標與系統響應過程的數學關係表示方法。它用數學語言描述了多目標人工控制的折衷經驗。利用系統過程回應函數，建立了常見控制目標的基於上升時間、超越量、安定時間、及其它限定條件的下的 Pareto 規則的度量方法。利用該方法可使每條控制規則輸入輸出基點在所搜索的輸入輸出點集內為廣義 Pareto 匹配。研究結果表明，由這種規則構成的模糊控制規則基，對於單調慣性系統，在一組實用條件下可以保證，任何界於相臨控制規則輸入基點的輸入狀態所對應的控制量也界於兩規則輸出基點之間。因而，對應的系統輸出也界於兩規則基點所對應的輸出之間，從逼近角度可以

認為，該規則基可保證在 Mamdani 模糊控制算法之下的系統輸出回應過程，具有廣義 Pareto 逼近功能。圖一為利用所設計之多目標控制方法針對不同優先權之三個定位點控制響應圖。



圖一：Simulation results at three setpoint with different preferences

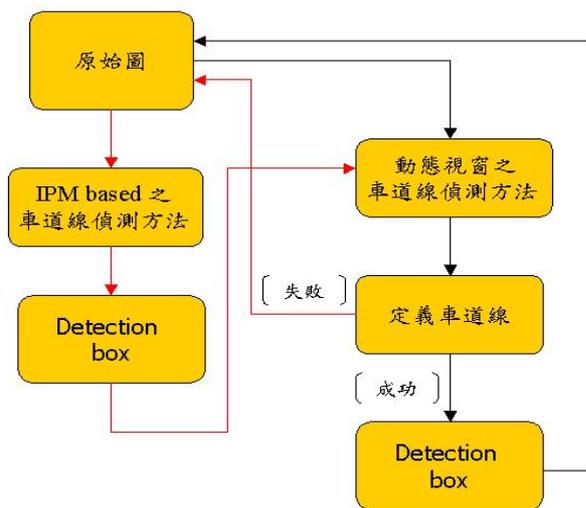
子計畫二：智慧型車輛之即時監控系統設計

本子計畫主要是發展針對車前狀況的駕駛人輔助系統，主要是在辨視前方障礙物及車道線，測得與前方障礙物距離，並整合所有資訊，得到詳盡的車前狀況，提供駕駛者有用的資訊，且能在有適當的狀況下發出適時的警告。在此我們使用影像及雷射掃瞄器兩種感測器，但由於影像及雷射掃瞄器其各有優點，影像較能掌握形態上變化，並能從影像中獲得其它各種資訊，而雷射掃瞄器能獲得相當準確距離資訊，因此，若各別使用各有其所擅長的地方，但仍不足的地方，所以我們在此引入 Agent 的觀念，將其結合起來互補不足、相互輔助，提供一具有穩健效率的駕駛人輔助系統。

對於前方障礙物及車道線辨視方面，主要採用整合型車道線偵測方法 (IPM[11]+動態視窗)及對稱法[12, 13]，經過簡單的影像過濾，並對其之特徵作抽取及比對，定義出障礙物及車道線。並利用雷射雷達來做與前方各障礙物之距離量測，且提出以一維的 Kalman filter 針對相對速度做估測，利用相對距離與估測後的相對速度，提出一 D/V 曲線碰撞預先警告

時間，避免車輛前方碰撞。由於影像及雷射掃瞄器其各有優點，影像較能掌握形態上變化，並能從影像中獲得其它各種資訊，而雷射掃瞄器能獲得相當準確距離資訊，因此，若各別使用各有其所擅長的地方，但仍不足的地方，所以我們在此引入 Agent 的觀念，將其結合起來互補不足、相互輔助。

本子計畫本方法採用 Inverse Perspective Mapping (IPM)，移除透視投影的效果，將影像轉換成 Top View 視角，能讓之後車道線偵測更容易、更穩健。因 IPM based 之車道線偵測方法辨視率高，但處理速度慢，而動態視窗之車道線偵測方法速度快，但容易造成無法辨視的狀況，因此結合兩種方法，形成整合型車道線偵測方法，以互補不足，達到高的辨視率及有不錯的處理速度。其相關流程如圖二所示 [14]。整合型車道線偵測方法，從我們所使用的 case 來看，已經有不錯的辨視率及即時性(平均約 12 frame/second-約 80ms，應可適用於車速 50、60 km/hr)，可達到我們的需求。

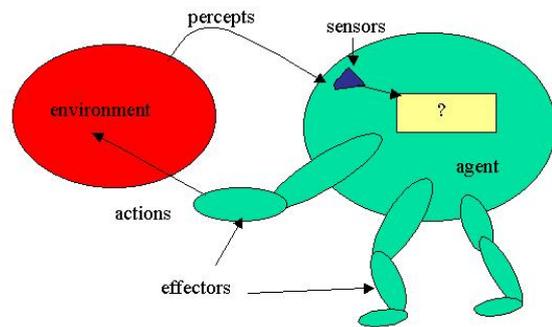


圖二：整合型車道線偵測方法流程圖

在雷射掃瞄器於車輛前方防撞警告處理方面，透過 PC 串列介面與雷射雷達做溝通，來得到車輛正前方的距離資料，並且也紀錄每兩筆資料時間間隔，利用此值作為下一步量測相對距離後相對速度的分析 [15]。其相對速度經由兩點差分方式所得到

的片段不連續相對速度，受到一雜訊的干擾，而有一上上下下的擾動。在此提出以 Kalman Filter 對受到雜訊干擾的相對速度做一速度估測 [16]。在處理這一維訊號時，使用最小平方法準則，讓訊號可成為一自動修正序列。

由於影像及雷射掃瞄器其各有優點，影像較能掌握形態上變化，並能從影像中獲得其它各種資訊，而雷射掃瞄器能獲得相當準確距離資訊，因此，若各別使用各有其所擅長的地方，但仍不足的地方，所以在此引入 Agent 的觀念，利用 Agent 整合影像及雷射掃瞄器，將其結合起來互補不足、相互輔助，以期提升整個系統的可靠性、穩健性及準確性，其簡易的示意圖如圖三所示。



圖三：Agent 軟體機器人示意圖

子計劃三：汽車縱向防撞雷達技術研發

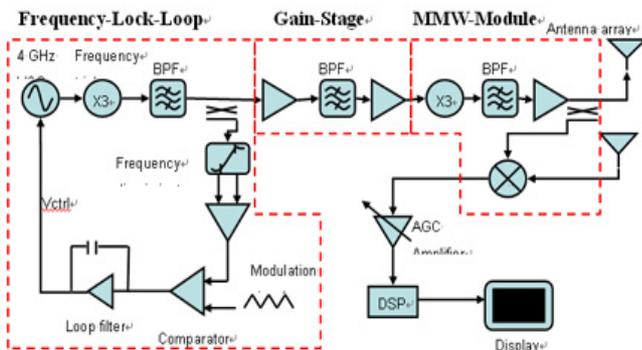
汽車防撞雷達為全智慧型運輸系統核心組件之一，其目的在輔助人類感測能力的不足，利用先進的通訊與控制科技，偵測車輛週遭的動態狀況，以適時通知駕駛人採取必要措施。在各種防撞雷達中，縱向防撞雷達在功能需求及技術水準上，均遠較其必他雷達為高，不只要能偵測物體的存在，其方位角、距離、速度、加速度等也須得知，方能在各種路況及車輛環境中應變，防止撞擊情況發生。為達到這些目的，其前端架構必須利用毫米波技術(訊號頻率在 30GHz 以上)實現，才可兼具高精確度、高可靠度及低成本的要求 [17-19]。整個系統規格示意圖如圖四所示，其水平視野約在 10 至 14 度間，垂直視野則在 3 至 5 度間；接收天線的波束較

窄，其水平及垂直波束寬均在 3 至 5 度間，且波束的指向可在水平方向 10 至 14 度間連續掃瞄，以辨別障礙物方向。

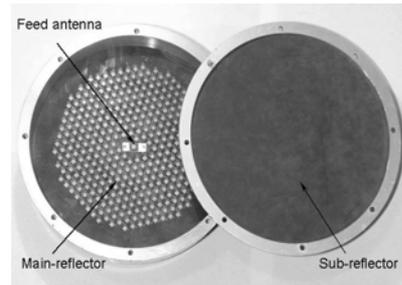


圖四：系統架構圖

本子計畫設計完成一組 38GHz 毫米波縱向防撞雷達，雷達主體包括毫米波天線、毫米波收發電路及 FMCW 調變電路等三部分。雷達訊號的頻率定為 38GHz，採 FMCW(Frequency-Modulation Continuous Wave) 方式調變，以同時測距及測速。雷達主體包括毫米波天線、毫米波收發電路及 FMCW 控制電路及 DSP 數位信號處理等部分。其中 FMCW 控制電路之系統方塊圖如圖五所示。雷達主體包括毫米波天線、毫米波收發電路及 FMCW 調變電路等三部分。在天線部分，為增加隔離度，接收與發射天線一般是利用兩個不同天線完成。天線的設計可採透鏡天線 (lens antenna) (如圖六所示)、微帶天線 (microstrip antenna)、或導波管漏波天線 (waveguide leaky-wave antenna)。



圖五：Block diagram of the front end for FMCW forward-looking radar



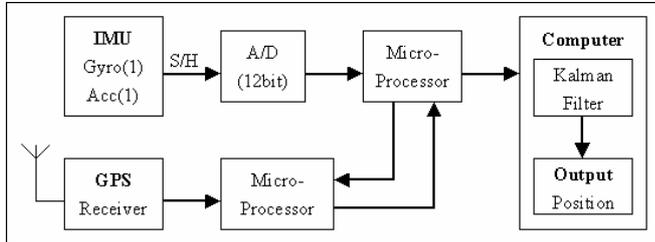
圖六：Folded microstrip reflectarray antenna for the 38GHz radar sensor

子計劃四：智慧型車輛導航系統設計

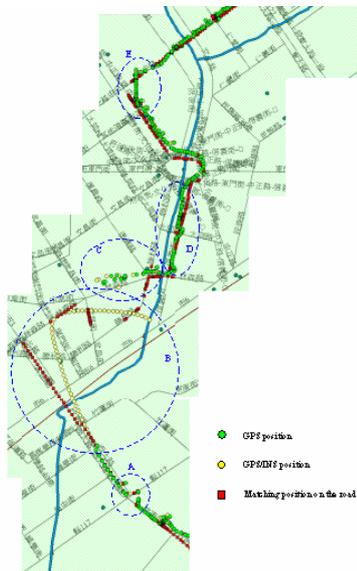
本子計畫的主要在探討目前廣泛研究與開發的 GPS/INS/GIS 系統，將其應用到智慧型車輛的導航系統上，此類系統基本上包括全球定位系統(GPS)[20]、慣性導航系統(INS)[21]及地理資訊系統(GIS)[22]，現階段已有成品使用在新型的車輛或船隻上，但是在功能方面仍屬有限且價格昂貴，此外大多為單機作業方式，尚未與其他車上可能的配備功能相結合，因此在發展智慧型車輛時，除了導航系統的研製外，如何將導航系統所獲得的即時資訊加以應用，是本子計畫的另一重點。

車輛位置資訊之取得方式，可利用全球定位系統與慣性導航系統，本子計畫首先將以 off-line, down-link 的操作來獲取空間資訊，而 pseudo range 及 carrier phase 都是探討的對象，其次再以 on-board 的操作來迅速處理資訊，由於使用 GPS 一定會面對誤差校正的問題，尤其是要和地理資訊系統結合時，此問題更形嚴重且必須解決，目前除了嘗試以 DGPS 的操作來減低誤差外，另外，在都市叢林中，不可避免的是衛星訊號的脫鎖或甚至接收不到衛星訊號的情況，因此建立一套自主性強的導航系統的確有其必要性。在此計畫中，將會引進慣性導航系統，其優點是不受衛星訊號的限制，可以自行即時運算位置，但不可避免的是其有隨時間發散的現象，若拿 GPS 來輔助 INS 的運作，則可以有非常好的導航效果，如此一來，就可以根據車子所在的環境來選擇導航系統的運作方式，再加上一些相關的輔助感測器，就可以正確且迅速得取得車輛位置資訊。本子計畫所提出設計之整合型 GPS/INS/GIS 系

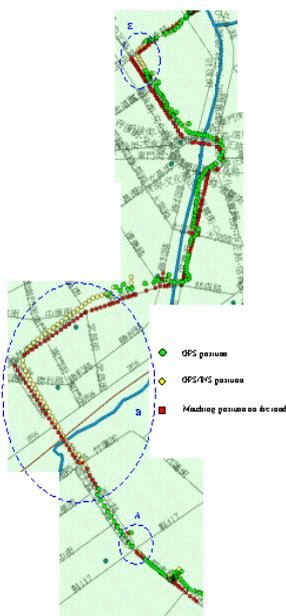
統如圖七所示[23, 24]，其實際測試結果如圖八與圖九所示，可以很清楚發現假如有配合電子地圖以及道路狀況之資料庫，可以達到良好的即時導航的功能。



圖七：整合 GPS、DGPS、INS 系統方塊圖



圖八：GPS/INS/GIS without GIS correction



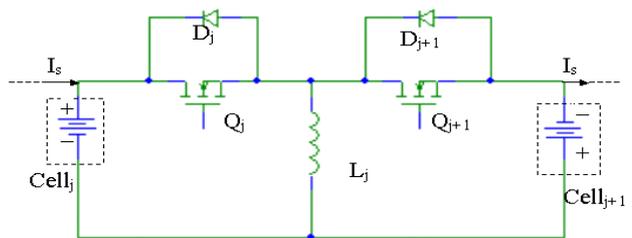
圖九：GPS/INS/GIS without GIS correction

子計畫五：智慧型車輛之電池能源管理

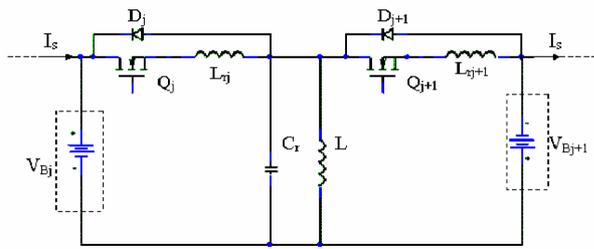
智慧型車輛的能源主要來自大型的蓄電池模組，而電池模組壽命週期的延長是此種智慧型電動車和混合電動車被接受的重要條件。智慧型車輛的電池能量管理系統(BEMS)可以精確估測和延長其航程及電池模組的壽命。BEMS 監控系統可以記錄電池的殘存電容量、電池的健康度、電池充電控制及充電等化、電池放電控制及過放電保護、電池及環境的過溫度保護、電源系統的過電流及過電壓保護、電車之能源回收控制等，透過資料擷取及 CAN Bus 的安全監控系統作全車及全行程的動態智慧型監控，以期使整體的車輛監控系統能在最佳的能源效率及安全保護狀態下行駛。

本年度主要分析和設計具有柔性切換的雙向轉換器以達到電動車輛之電池串動電壓等化控制之應用。使用雙向準共振零電流切換轉換器來減少開關的切換損失。在電池充電的等化系統中，可經由使用準共振零電流切換來改善切換損失、切換的波形與電磁干擾。經由三顆電池串的電池等化實驗中可知道電池等化的效果。模擬與實驗結果中可證實此電池等化系統不僅可以做到雙向的電池，也可以降低在等化期間開關切換時的切換損失。

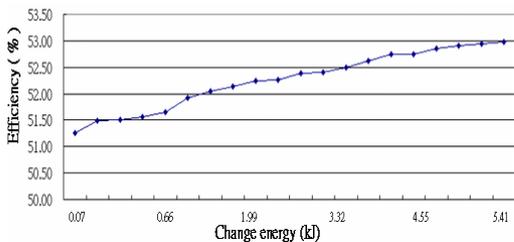
一般常見之推挽式電池等化器如圖十所示，本子計畫所設計之零電流切換推挽式電池等化器如圖十一所示。整個實驗測試效能比較圖如圖十二所示，可以很明白看出本子計畫所設計之零電流切換技術可以大幅提昇整個效率。



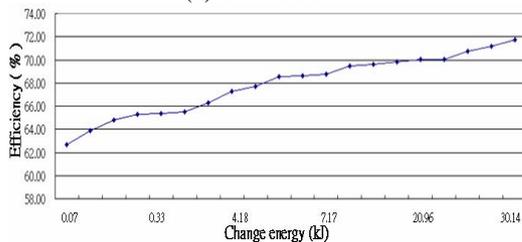
圖十：Buck-boost battery equalizer



圖十一：Buck-boost QRZCS battery equalizer



(a) buck-boost



(b) buck-boost QRZCS

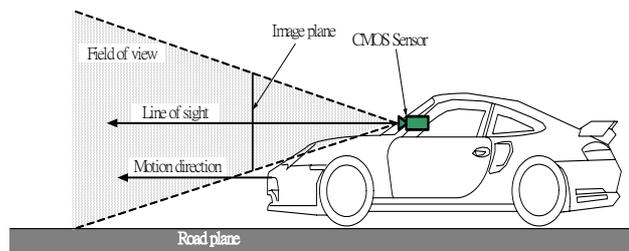
圖十二：Experimental result of the total efficiency during equalizer

子計畫六：智慧型車輛之即時影像系統與影像追蹤技術研發

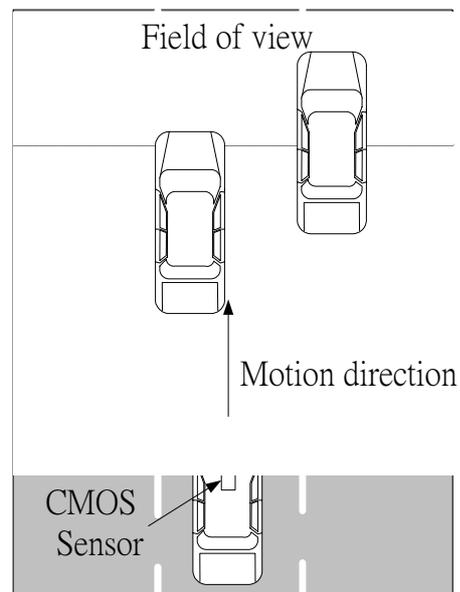
本子計畫主要目的在設計、製作及測試適用於智慧型車輛之即時影像系統，並運用此平台發展影像追蹤技術，整合硬體與軟體展示實用之功能。即時影像系統除了可提供被動駕駛者車輛周邊即時影像，有助於安全駕駛，再加上影像處理功能將更一進步提供被動式或主動式駕駛輔助，朝向先進的智慧型車輛發展。在以 CCD 攝影機及內嵌式計算平台發展即時影像系統方面，本計畫將發展基於主動式輪廓模型及光流法[27, 28]進行動態物體分離與追蹤，偵測出車輛四周物體之靠近程度與移動趨勢，進而產生輔助駕駛的功效。

本子計畫所要研究的道路影像為向前直行於平面道路上的車中所見到的前方連續影像(簡稱本車)，如圖十三，影像中可看到行駛於本車前方的車輛(簡稱前車)，其行駛方向與本車相同，如圖十四。因為移動

方向(Motion direction)與 CMOS 影像感測器之注視方向相同，則影像中必會出現 FOE，而其位置約位於影像中心點，如圖十五所示。就運動型式一而言，前車在影像中會呈現左右的移動，而無上下之移動。其大小會隨運動型式二的移動而改變，愈接近本車，形體愈大；反之愈小。



圖十三：道路場景分析(側視圖)

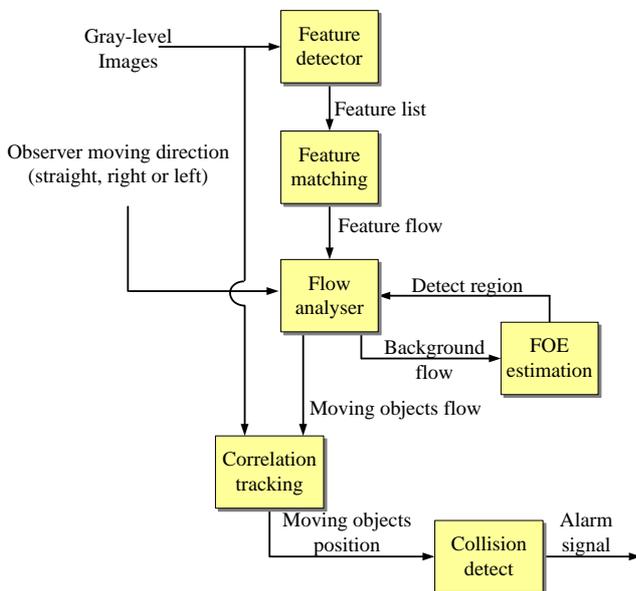


圖十四：道路場景分析(上視圖)



圖十五：車前所見之影像

邊緣、角點和紋理三種特徵中，因為角點屬於二維特徵點，經由追蹤比對後，可得到明確的移動資訊，故本研究採用角點作為特徵點。圖十六顯示本研究提出之影像追蹤系統，其設計主要分為六部分：特徵擷取、特徵比對、特徵流分析、FOE 估算、相關性追蹤及碰撞偵測。一開始輸入連續灰階影像經由特徵擷取 (Feature detector) 將每張影像圖像 (Image frame) 所偵測到的特徵點 (即角點) 位置、及其屬性 (灰階值、水平和垂直灰階梯度) 形成一特徵點清單 (Feature list)。再由特徵比對 (Feature matching) 將鄰近兩張圖像所得到的特徵點清單比對，得到特徵點在連續影像中移動的向量，在此稱特徵流 (Feature flow)。用特徵分析器 (Flow analyzer) 來分析特徵流，找出屬於背景特徵的特徵流，經過 FOE 估算 (FOE estimation) 定義出偵測範圍 (Detect region) 回傳給特徵分析器。找出在偵測範圍內符合移動中物體的特徵流，將其特徵點位置輸出給相關性追蹤 (Correlation tracking) 在原始影像中擷取出以其特徵點為中心的樣板 (Template)。

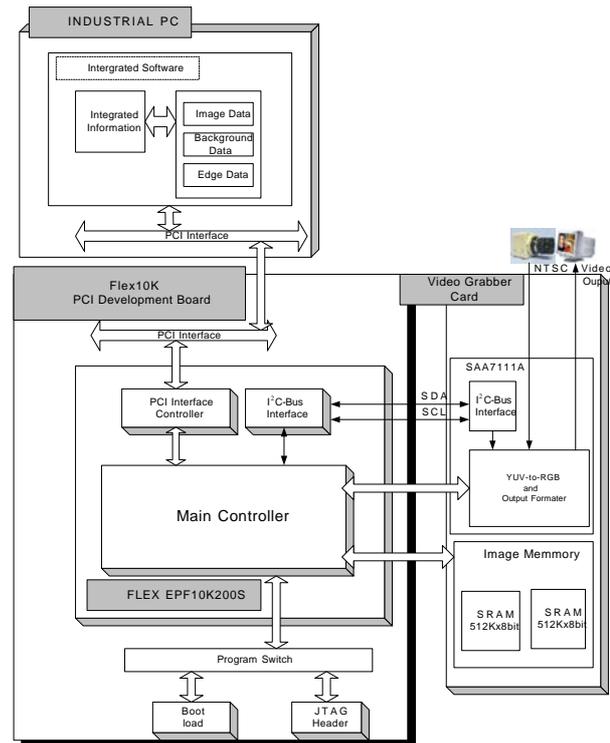


圖十六：即時影像追蹤系統架構圖

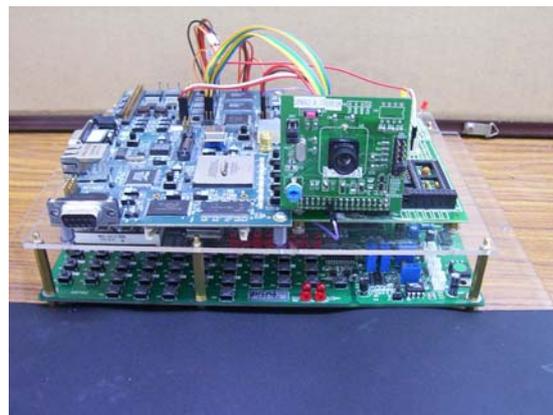
本子計畫所發展之獨立式即時影像處理系統之系統架構如圖十七所示。其中即時影像處理單元包含即時影像擷取單元及影像前置處理單元。即時影像處理單元依其功能可分為下列 6 項：1. 影像擷取模組、

2. Altera Flex10K 200s FPGA、3. 邊緣影像處理、4. 背景影像處理、5. I2C 介面控制電路、6. PCI Target Interface Controller。

本研究之影像追蹤系統的外觀如圖十八所示，上層右方為 CMOS 影像感測模組及其週邊電路。上層左方則為 Nios development kit, Stratix edition。下層是 Cyclone School Boy 研發電路板。



圖十七：影像擷取及即時前置影像處理單元系統架構



圖十八：影像追蹤系統之外觀

本子計畫所設計之系統在白天及晚上之實際道路上測試 (如圖十九)，結果顯示可達成偵測並追蹤前方車輛之效果。此即時

影像系統採用國內廠商製造之 CMOS 影像感測器及 FPGA 硬體電路，成本不高，十分具有實用性，未來可應用在前方車輛防撞系統或跟車系統。最後依其樣板在連續影像中持續追蹤。碰撞偵測則是定義出與前車的安全距離，若偵測到移動中物體的特徵點在安全距離內，則發出警告訊號提醒駕駛人。



圖十九：(左圖) 白天之實際道路上測試
(右圖) 晚上之實際道路上測試

四、計畫成果自評

本整合型計畫之成果符合預期結果，理論發展與實際製作皆完成目標，並提供實際測試之結果。總計畫主持人在交通大學成立「智慧型運輸系統」研究中心，初期以研究符合人性化的前瞻性智慧車核心技術為主。中長程重點則在研究智慧型運輸系統核心技術，並發展一個以交大及新竹科學園區為中心而建立的智慧運輸系統，提供各種技術、方法一個驗證與測試平台。

另外對於參與之工作人員，有一位專任行政助理負責聯絡與文書處理等工作外，每年均有約二十位碩博士生參與計畫執行外，還有一為博士後研究員負責協助計畫管理、系統整合及特定技術研發等工作。對於學術研究方面之貢獻，除了每年均培育約十位碩博士生畢業外，近三年內之本整合型研究計畫研究成果已陸續發表於國內外之研討會及期刊中。

五、參考文獻

[1] 交通部運輸研究所綜合技術組，「台灣地區智慧型運輸系統(ITS)發展現況調查報告」，交通部運輸研究所，民國八十七年

五月。

- [2] 毛治國，「智慧化運輸系統的特性與我國的推動策略」，台灣地區運輸系統智慧化推動策略研討會論文集，民國八十七年十月。
- [3] IVHS America, A Comparison of IVHS Programs in the United States, Japan & Europe through 1993, IVHS America, Washington, D.C., U.S.A., 1994.
- [4] Federal Highway Administration, Transportation Planning and ITS: Putting the Pieces Together, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., U.S.A., 1998.
- [5] G .P. Liu, S. Daley, “Optimal-tuning PID control for industrial systems”, Control Engineering Practice vol. 9, pp. 1185–1194, 2001
- [6] A. Abbas and P. E. Sawyer, “A multi-objective design algorithm: application to the design of SISO control systems,” Computers Ckem. Engng. vol. 19, pp. 241-248, 1995
- [7] A. Tchernychev and A. Sideris, “A multiplier approach for the robust design of discrete-time control systems with real/complex uncertainties,” Automatic, vol. 34, pp. 851-859, 1998.
- [8] L.EI Gaoui and J. P.Folcher, “Multiobjective robust control of LTI systems subject to unstructured perturbations,” Systems & Letters, vol. 28, pp. 23-30, 1996
- [9]. S.Rangan and K. Poolla, “Weighted optimization for multiobjective full-information control problems,” Systems &Control Letters, vol. 31, pp. 207-213, 1997

- [10] H. C. Takahashi, "Multiobjective weighting selection for optimization-based control design," *Journal of Dynamic Systems Measurement and Control*, vol. 122, pp. 567-570, 2000
- [11] M. Bertozzi, A. Broggi, and A. Fascioli, "Stereo inverse perspective mapping: theory and applications," *Journal of Image and Vision Computing*, 1998.
- [12] T. Zielke, M. Brauckmann, and W. Seelen, "Intensity and edge-based symmetry detection with an application to car-following," *CVGIP: Image Understanding*, vol. 58, pp. 177-190, 1993
- [13] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, "Stereo vision-based vehicle detection," *IEEE Trans. Intelligent Vehicles Symposium*, pp.39-44, 2000.
- [14] 鄭旭原, 適應天候亮度之車輛防偏即時影像系統, 國立交通大學 電機與控制工程學系 碩士論文, 2001.
- [15] 陳致成, 智慧型 CAN-based 汽車雷達防撞警告系統, 國立交通大學 電機與控制工程學系 碩士論文, 2003.
- [16] H. Kunsoo, S. Chanwon, K. Joonyoung and H. Daegun, "An experimental investigation of a CW/CA system for automobiles using hardware-in-the-loop simulations," *IEEE American Control Conference*, Vol.1, pp. 724-728, 1999.
- [17] P. L. Lowbridge, "Low cost millimeter-wave radar systems for intelligent vehicle cruise control applications," *Microwave Journal*, pp.20-33, 1995
- [18] S. Tokoro, "Automotive application systems of a millimeter-wave radar," *IEEE Trans. Intelligent Vehicles Symp.*, pp. 260-265, 1996.
- [19] T. J. Hong and S. J. Chung, "24 GHz active retrodirective antenna array," *Electron. Lett.*, vol. 35, pp. 1785-1786, 1999
- [20] J. Farrell and M. Barth, "*The Global Positioning System and Inertial Navigation*", McGraw-Hill, New York, 1998
- [21] R. C. Brown and Y. C. Hwang, "*Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filter*", John Wiley & Sons, New York, 1997
- [22] Christopher Jekeli, "*Inertial Navigation Systems With Geodetic Applications*", Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2001
- [23] 李忠隆, "應用於車輛導航之 GPS/INS 整合系統設計", 國立交通大學電機與控制工程研究所碩士論文, 2000.
- [24] 紀佳宏, "應用於即時車輛導航系統之 GPS/GIS 整合設計", 國立交通大學電機與控制工程研究所碩士論文, 2002.
- [25] H. Chung, S. Y. R. Hui and K. K. Tse, "Reduction of power converter EMI emission using soft-switching technique," *IEEE Trans. Electromagnetic Compatibility*, vol. 40, pp. 282-287, 1998.
- [26] M. H. Rashid, "*Power Electronics Handbook*," *Academic Press*, 2001, Chap. 17.
- [27] I. Masaki, "Machine-vision systems for intelligent transportation systems," *IEEE Intelligent Systems*, vol.13, pp.24-31, 1998.
- [28] Y. Ninomiya, S. Matsuda, M. Ohta, Y. Harata, and T. Suzuki, "A real-time vision for intelligent vehicles," *Proceedings of the Intelligent Vehicles '95 Symposium*,

pp .315-320, 1995.