

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫四：智慧型車輛之即時監控系統設計(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-009-086-

執行期間：91年08月01日至92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：徐保羅

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 19 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告

智慧型車輛之即時監控系統設計 (2/3)

計畫編號：NSC90-2213-E009-086

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：徐保羅 國立交通大學電機與控制工程系

摘要

本研究主要在結合過去在 CAN 網路的成果，應用在高爾夫球車上，達成駕駛之防撞及警示系統。我們將利用超音波測距器偵測後、左側、及右側方向之可能撞及本車之來車。此外，並以雷射雷達偵測前方之車距及速度，以確保駕駛之安全。

一、研究動機與目的

ITS 是 Intelligent Transportation System 的簡寫，國內翻譯為智慧型運輸系統，根據交通部運輸研究所的定義，“ITS 係藉由先進之電腦、資訊、電子、通訊與感測等科技的應用，透過所提供即時資訊的溝通與連結，以改善人、車、路等運輸次系統間的互動關係，進而增進運輸系統之安全、效率與舒適，同時減少交通環境衝擊之有效整合型運輸系統。”，簡單來說，利用先進科技，使運輸系統“智慧化”，就是 ITS 的本質[1]。

交通運輸工具的誕生帶給人們很多方便，但同時車禍也帶給人們在生活上造成很大的陰影。根據內政部警政署統計，歷年來台灣地區每年因交通事故而死亡的人數皆維持在三千人左右[2]，分析其肇事原因，有百分之 70-90% 的交通事故都是起因於駕駛人操作不當所致，這些交通事故不僅造成個人及家庭的負擔，更是社會醫療資源與國家生產力的一重大損失。如果駕駛人在意外發生前可以事先察覺到危險狀況加以處理判斷，那麼對於交通事故的發生將能有效降低。有鑑於此，發展 ITS 的首要目標就是利用資訊及控制等技術來輔助駕駛人行車，增進交通安全。

自從 1950s 開始在車上出現了電子控制裝置(Electronic Control Units, ECUs)後，一直到現在有越來越多的電子控制裝置在車上出現的趨勢[3]，近年來由於在電子、通訊等技術的高度發展與應用，已經促使人們開始懂得利用這些技術加強汽車安全系統，來發展先進車輛控制及安全系統(Advanced Vehicle Control and Safety System, AVCSS)。世界上發展汽車防撞系統(Collision Avoidance System, CAS)大概可以分為前、側(左、右)、後方防撞系統等，在汽車防撞雷射雷達系統上目前主要有毫米波雷達防撞系統與光學式雷射雷達防撞系統兩大類。毫米波防撞雷達主要以 77GHz 連續波頻率調變系統，光學式雷射雷達主要為波長 900nm 的紅外線短脈衝調變系統。

當駕駛人在車輛行駛時，由於大多數時間都是注視著前方，因此對於來自側、後方的車輛行進狀況(後方不當超車，後車突然之間距離逼近等)比較不能夠花時間隨時去注意與掌握，往往需要透過後視鏡來得知車側、後方車輛接近的情形，而若是駕駛人沒有偶而特意去看後試鏡來掌握車側、後方的車況或者來不及對忽然接近的車產生適當反應時，往往很容易發生交通事故。因此發展側邊障礙物警示系統(Side Obstacle Advisory System)與避免橫向來車發生碰撞(Collision to crossing vehicle)的橫向碰撞預防警告系統(Crossing Collision Prevention Advisory System)及避免後

方追撞(Collided rear end)的後方碰撞預防系統(Rearward Collision Prevention Support System)等[4-6]是本論文研究主要目的。

目前在一些車輛上面常可見到用來輔助駕駛人倒車的電子感測裝置，例如：倒車雷達、倒車影像系統等。本論文研究的動機就是基於目前在車上現有的倒車雷達裝置，建構以多個倒車雷達環繞在車子側、後方的一個安全性防護系統。雖然目前的倒車雷達並沒有辦法達到像雷射雷達般測量距離的精準以及長遠距離與範圍，但是所提出建構多個倒車雷達在車子側、後方，可以作為在“短距離”範圍內來偵測障礙物接近及輔助駕駛人在行車時的防撞保護系統，以達到本論文研究目的。

當車內存在了越來越多的電子控制裝置後，由引擎管理系統(Engine Management System)、自動防止煞車鎖死系統(Anti-lock Brake System, ABS)及防滑控制系統(Skid Control System)等控制單元所組成的功能也更趨複雜，如何改善舊有車內的傳統配線束，而改以更 smart 的車內網路接線，是車內電氣化與網路發展的一大考量。有鑑於此，在 1980s，德國汽車零件供應商 Robert Bosch 公司提出了車用網路 CAN (Controller Area Network) bus 來取代原先在汽車內複雜且昂貴的配線[7-8]。

在此，由於所提出建構車內多個電子控制裝置，為了維持有效的訊息傳遞溝通與交換，以及能夠針對有問題的節點(Node)來作監控與回報，在車內電氣化的網路管理上以 CAN bus 來實現也是本論文的研究重點。

二、研究背景與發展概況

Collision Warning/Collision Avoidance (CW/CA) Systems 在汽車安全上一直是一塊被積極研究與發展的領域。90 年代以後，世界各國投入了大量的人力和物力在汽車防撞系統的研究與實驗，為保障汽車行駛安全，降低肇事率作出貢獻。在美國，每年將近有 10 萬起交通意外發生，其中三分之一是足以致命的，在所有的交通意外中，有 24% 是由後方碰撞(rear-end collisions)所引起。試想，如果有一套可事先得知車外障礙物接近與預測發生碰撞機率的系統，來輔助駕駛人告知可能發生碰撞方向與是否可能發生碰撞等，那麼將有 40-60% 的交通意外都可以被避免[9-10]。在[9]中提出以 vehicle simulator, radar sensor, personal computer, control panel and a warning display 這套系統，來模擬出前後車間的相對距離與相對速率，將毫米波雷達(MMW, millimeter wave radar sensor)所得到的資訊加以發展 CW/CA algorithm，並且使用 Kalman Filter 來對相對距離作處理以確保能夠抵抗雜訊且得到更好的速度估測，最後決定警告程度及是否要對煞車動作。

在汽車防撞系統的研究實驗上大部分會配合使用 camera 來建立週遭環境並且使用影像處理技術來得到相關資訊(定義出週遭車輛、移動情形與相對距離等)，然而使用 camera 在硬體設備與軟體需求有其價錢與運算速度上的考量，在[11]中也有提出以 infrared ray sensors (IR scanner)，能夠掃描出一塊區域，藉由使用 triangular algorithm 方法，使用兩個這樣的 sensors 來以 one-dimensional sensors 重現 two-dimensional scene。但是在這樣的系統下也存在著一些問題，例如：(1)精確度，系統精確度的缺乏由於取樣角度所導致。(2)One bit digital conversion，由所輸出的資料格式只能知道在這個方向是否有障礙物的存在，當此方向上只有一個障礙物時，並不會造成問題，但是在有很多重疊的障礙物(overlapping obstacles)存在時，會造成判斷上的困難。作者針對這兩個問題也提出了他的解決方法，(1)藉由降低每次掃描的角度來增加精確度，(2)假設在相

同條件下，所有的障礙物都不會發出 infrared beam，那麼透過左右 sensor 回傳訊號的振幅(echo level)作為一個新的資訊，用這個資訊來判斷是否最近的障礙物。

由於雷射掃描器(Laser Scanner)可用來收集在車輛週遭環境的資訊，所以除了在汽車防撞上的應用，也在車輛導引(vehicle guidance)上有著貢獻。在[12]中利用一個光學式(optical sensors)的雷射雷達 LD A AF，加以內建 DSP computer board 來對所收集到的資料作處理，使得 sensor 可以事先對所收集到的範圍資料(range data)作處理，除此之外也有效地降低了所需的傳輸資料量。而由於是反射式的 scanner，故與目標物體間距離直接正比於由 laser 送出 pulse 到接收的時間，利用 time-of-flight measurement principle 的方法來偵測與障礙物間距離。兩個內建的 16-bit 微控制器控制著 EDM (Electronic Distance Measurement) unit，由其中一個微控制器很快地量測到距離與相對角度的資訊來構成一個 2d (two-dimension) range profile。第二個微控制器透過 CAN bus 將資料傳送給 DSP computer board，在 computer board 上作一些 software algorithm 的處理。

目前市面上所出售的倒車雷達主要是利用超音波 (ultrasonic waves)測距方式，且通常發射與接收是同一能量換能器元件(電眼，超音波 sensor)，利用電壓原理將電氣訊號轉成空氣中壓力震盪訊號，以疏密波形式傳遞出去，遇到障礙物反射後，在同一個接收元件上以壓電方式得到電壓訊號(很小，需要經過訊號放大)，計算由主機端送出電壓訊號後，到下次接收到反射回來的電壓訊號時間，乘上音速就是電眼距離障礙物距離的兩倍，這是倒車雷達基本的動作原理。而倒車雷達作為倒車用途，故基本上測距範圍並不會太遠，在市面上大概都是以分段方式利用蜂鳴器以連續音、急促、間歇音或長鳴方式來警告駕駛人，並不會特意顯示出與障礙物距離，分 2 段或者是 3 段方式，在 30cm 以下，30~50cm，50~90cm 範圍內來作出接近障礙物程度的判斷。目前市面上也有看到會經由一 LCD 來顯示出與障礙物距離的倒車雷達(顯示型倒車雷達)，不過由於利用超音波來作為距離測量，在精確度上並不是很準，所以通常會以 5cm 為間隔(或更大)來作顯示(誤差容許在 5cm)，在本論文的研究實驗上，因為需要知道障礙物在車外的距離，所以會以倒車雷達主機可以輸出距離資訊的來作實驗研究。在一般汽車上裝備的倒車雷達如圖一所示。



圖一、倒車雷達主機與其電眼(超音波 sensor)

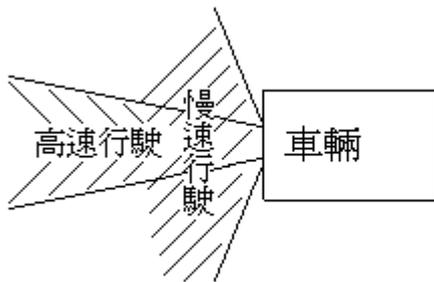
對於如何在車內不同電子控制單元間的資料共享與網路化，也存在於汽車安全防撞系統的建構上。由於目前大部分現有防撞系統都使用其專屬的配線，如何讓這些防撞系統也能夠與車內網路連接溝通，這不僅僅可以在車內網路化後降低所需配線束的數量，並且對於資料分享與車內分散式控制都存在很大優點。很多汽車零件製造商開始擴展車內網路的使用，一方面降低車內的配線，一方面可以提供車內電子控制單元資料作為 on-board diagnostic information，確保在分散

式控制下的資料共享與各單元間的正常工作的。在這些車內網路化存在著一些標準，例如:SAE (Society of Automotive Engineers) J1850、J1939 及 CAN (Controller Area Network)等，都是作為車內電氣化網路與控制的應用標準[13]。

三、問題陳述

針對防撞系統，如同前面所提到有以防撞雷射雷達及 camera 為 sensor 等方式。在雷射雷達方面的研究通常會利用其雷射雷達長遠距離及寬廣範圍的特性，先將車輛周圍的環境定義出來，是不是車輛或是道路上的障礙物(例如:路障、交通號誌等)，通常可以得到一串距離與角度的資訊，接下來利用判斷法則(譬如一連串距離相近的資訊，車寬範圍等)確定車輛所在位置[12]，通常在資料的處理上是很龐大的，另外，在雷射雷達的硬體採購上，價錢也是一大考量因素，怎樣可以達到 cost-effective，還有在硬體實際安裝在車輛上都是一個問題。

2.由於本論文的研究動機在於輔助駕駛人來注意車側、後方的來車接近，由車輛行駛速度可粗略分為在高速駕駛與慢速行駛兩種情況，由於台灣地小人稠，在市區或者是人多車多的情況下，週遭的車輛與行人往往會與駕駛人車的距離比較近，這時候的判斷情況與高速行駛時是不同的。而在高速行駛時，往往駕駛人多放其注意力在前方，如圖二，這時候對於來自車側、後方的注意較不密集，因此本論文提出的系統主要用來輔助駕駛人注意其較不常注意的地方，當有車輛以不正常情形接近時，必須判斷出是來自哪一個方向的車輛，事先提醒駕駛人注意。另外，在前車與後車或兩平行車輛間是不是保持一適當安全距離，或者在兩車間的相對運動速度是不是可能會發生碰撞等，都是本論文要研究與探討的問題。



圖二 車輛行駛時的視野與注意力範圍

3.由於所使用的倒車雷達有其範圍與距離的限制，在考慮到車輛高速行駛時有來車接近，必須將其偵測範圍放大，讓其偵測有可讓駕駛人緩衝時間，這部分會以模擬加以來驗證，此論文主要是提出一個基於目前現有的倒車雷達來建構出汽車週遭的安全防護，希望日後會有更遠距離的倒車雷達可讓駕駛人更快的發現來車異常的接近。

4.所使用的為 2 個電眼搭配倒車雷達主機的一組倒車雷達裝置，每一個電眼可偵測的範圍為 30~50cm，而倒車雷達主機判斷到障礙物在 50cm 以外與 30cm 以內都會以無障礙物的資料格式輸出，而距障礙物 50cm~46cm 時會輸出 50cm 的資料格式，在 45cm 與 41cm 時會輸出 45cm 的資料格式，以此類推，也就是解析度為 5cm 間隔，因為通常倒車雷達的用途在於車輛倒車時提醒駕駛人後方有障礙物，所以一般距離並不會太遠，而利用倒車雷達並非要精確的得知車外障

礙物距離有多遠，而是想透過目前已經有的車上裝置來得知車外車輛靠近的情況。倒車雷達電眼的檢測範圍，以 sensor 為水平中心，左右各 60°，上下 45°。

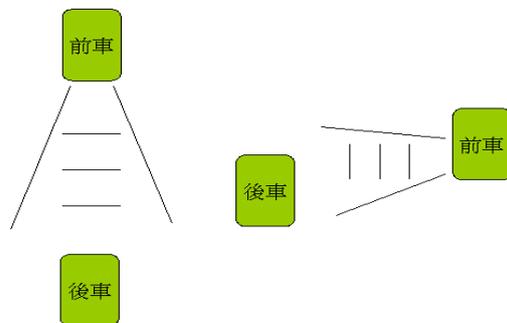
四、研究方法與步驟

1. 分析與了解倒車雷達輸出的資料格式後，利用微處理器將倒車雷達的資料收取下來，利用硬即時(Hard real-time)方式，將每次收到資料的間隔時間也紀錄下來，作為除了距離的判斷外，也可以知道來車的接近速度。

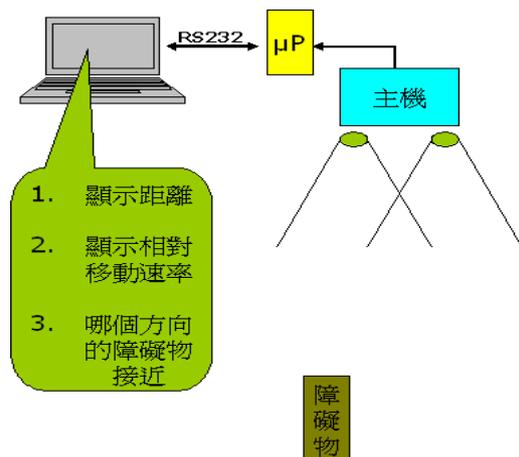
2. 有了來車的距離與其接近速度後，可以針對來車移動方向作一判斷，如圖三，是有可能會發生碰撞，或者在多久時間後會發生碰撞等，這都是會在本論文以模擬的狀況呈現。

3. 建構一平台模擬來車(vehicle simulator)的測試，另外，為了達到 User Friendly Interface，因此會在 PC 端發展一 MMI (Man-Machine Interface)，透過 Borland C++ Builder 在 PC 端主要作運算，由微處理器所得到的距離與時間間隔透過 RS232 將資料傳送給 PC 處理後，可以在 PC 端顯示距離與速度資訊，如圖四所示。因為所建構的汽車安全防撞系統是基於多個倒車雷達，所以車內網路以 CAN bus 來實現，下一步會將微處理器的資料輸出透過 CAN 來傳遞。

4. 建構多個車輛側、後方以倒車雷達為例的防撞系統，發展更詳細的 MMI 可以得知車外障礙物的移動方式，接近狀況，障礙物距離與移動速度。



圖三、 Collision Avoidance System



圖四、Back Sonar Collision Avoidance

五、預期成果

本論文預期貢獻如下所述:

1. 基於目前現有的車上電子裝置倒車雷達及雷射雷達，來建構一個輔助駕駛人在車輛行駛時可以注意到來自車輛側、後方來車的接近，判斷是來自哪一個方向車輛接近，與車輛接近時的速度。
2. 當車內多個電子裝置存在時，以 CAN bus 來實現車內網路化的建構，實現網路監控與錯誤偵測。

參考文獻

- [1]交通部運輸研究所，<http://www.iot.gov.tw/>
- [2]電子公共安全，交通運輸管理，全年交通事故肇事原因統計表 http://www.motc.gov.tw/business_5_1a3.htm
- [3]G. LEEN and D. HEFFERNAN, "Time-triggered controller area network," *IEE Computing & Control Engineering Journal*, pp. 245-256, Dec 2001.
- [4]M. Heller, "Vehicle Lateral Guidance using Vision, Passive Wire and Radar Sensors," *Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Information Systems*, pp. 505-508, 1993.
- [5]T. Fukae, N. Tamiya and H. Mandai, "Lateral Distance Measurement using Optical Spread Spectrum Radar," *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium*, pp. 1-6, 1996.
- [6]H. Araki et al., "Development of Rear-end Collision Avoidance System," *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium*, pp. 224-229, 1996.
- [7]M. Farsi and K. Ratcliff and Manuel Barbosa, "An overview of Controller Area Network," *IEE Computing and Control Engineering Journal*, pp. 113-120, 1999.
- [8]N. Navet, "Controller area network [automotive applications]," *IEEE Potentials*, pp. 12-14, 1998.
- [9]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," *Proceedings of the IEEE American Control Conference*, pp. 724-728, 1999.
- [10]K.C. Cheok, G.E. Smid, D.J. McCune, "A multisensor-based collision avoidance system with application to a military HMMWV," *Proceeding of the IEEE Intelligent Transportation Systems*, pp.288-292, 2000.
- [11]Y. Guinand, N. Valayden, F. Bizouerne, S. Bouaziz and T. Maurin "Low cost sensors for collision avoidance applications," *Proceedings of Intelligent Vehicle '95 Symposium*, pp. 478-482, 1995.
- [12]A. Ewald and V. Willhoeft "Laser Scanners for Obstacle Detection in Automotive Applications," *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle Symposium*, pp. 682-687, 2000.
- [13]W.D. Horne, E.P. Olechna and R. Bruno "Application of in-vehicle data buses for collision avoidance systems," *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 433-438, 1997.