

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 子計畫四：智慧型車輛之即時監控系統設計

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-009-002-

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(所)

計畫主持人：徐保羅

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 12 月 6 日

## 智慧型車輛之即時監控系統設計

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫  
計畫編號：NSC 92 - 2213 - E - 009 - 002 -  
執行期間： 92年 8月 1日至 93年 7月 31日

計畫主持人：徐保羅  
共同主持人：  
計畫參與人員： 吳政衍

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告          完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：  
赴國外出差或研習心得報告一份  
赴大陸地區出差或研習心得報告一份  
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份  
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢  
涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中 華 民 國 93 年 7 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 智慧型車輛之即時監控系統設計

計畫編號：NSC 92-2213-E-009-002

執行期限：92年8月1日至93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

### Abstract:

In this study, the driving conditions and the front cars will be monitored. With proper procedures, the warning signal will be issued to the driver as the front vehicle approaches abnormally. Both the processed signals for the image and the laser radar will be provided and integrated through the multi-agent system. Thus, a robust driving support system will be achieved to improve the driving safety.

**Keywords:** image, laser radar, driving conditions, detection.

### 中文摘要

本篇論文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[1]，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。

**關鍵詞：**影像，雷射雷達，駕駛狀況，偵測

### 1. 前言

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。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，並且在有來車以異常情況接近時對外發出警告訊號，那麼在交通事故的發生上將能有效降低。有鑑於此，智慧型運輸系統(Intelligent Transportation Systems; 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。

智慧型運輸系統(Intelligent Transportation System; 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。自90年代以後，汽車已成為陸地上最重要的交通工具，也由於車子的普及率越來越高，使得交通日漸壅塞，隨之而來的就是交通意外事件頻繁，汽車的安全性受到了嚴苛的考驗。因此，各先進國家都投注了相當大的心力，積極發展先進車輛控制及安全系統(Advanced Vehicle Control and Safety System, AVCSS)，結合感測器、電腦、通訊、電機及控制技術應用於車輛及道路設施上，協助駕駛人駕駛，以提高行車安全，增加道路容量，減少交通擁擠，以改善行車安全。

因此，本篇論文研究的目的是在於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。

在本篇論文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[2-4]+動態視窗)及對稱法[5-7]，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[8]，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[9]，將其結合起來互補不足、相互輔助。

最後，希望能得到一個具有穩健性及高效率的智慧型駕駛人輔助系統，並期待利用代理人整合相關感測器的觀念，能應用到其它方面，並能得到良好的結果。

### 2. 車道線與前方車輛影像之處理及防撞警告

透過 PC 其 USB 介面與 CCD 做溝通取得所需影像，再運用影像處理的方法，來獲得我們所需的車道線及前方車輛，並減少雜訊的干擾，來獲取較佳的影像資訊，以利將來作判斷。

## 2.1 IPM based 之車道線偵測方法

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。

首先定義兩個 Euclidean Space

$W = \{(x, y, z)\} \in E^3$ , 表示 3-D World Space。

$I = \{(u, v)\} \in E^2$ , 表示 2-D Image Space。

如圖 1 所示

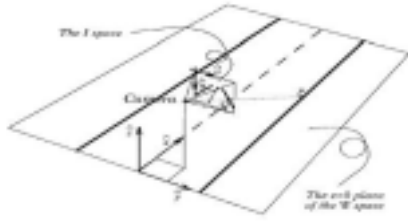


圖 1.

再利用下述式子由 Image Space(I)對應到 World Space(W)

$$\begin{aligned} x(u, v) &= h \times \cot[(\bar{\theta} - \alpha) + u \frac{2\alpha}{n-1}] \times \cos[(\bar{r} - \alpha) + v \frac{2\alpha}{n-1}] + l \\ y(u, v) &= h \times \cot[(\bar{\theta} - \alpha) + u \frac{2\alpha}{n-1}] \times \sin[(\bar{r} - \alpha) + v \frac{2\alpha}{n-1}] + d \\ z &= 0 \end{aligned}$$

其參數定義如下：

1) Viewpoint: 攝影機的位置  $C = (l, d, h) \in W$ 。

2) Viewing Direction: optical axis  $\hat{o}$  由下述兩個角度來決定

$\bar{\gamma}$ : 為 optical axis  $\hat{o}$  投影到  $z=0$  平面(定義為向量  $\hat{\eta}$ ), 與  $x$  軸之夾角。[如圖 2 所示]

$\bar{\theta}$ : 為 optical axis  $\hat{o}$  與向量  $\hat{\eta}$  之夾角。[如圖 3 所示]



圖 2.

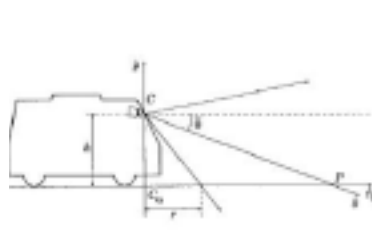


圖 3.

3) Aperture: camera angular aperture is  $2\alpha$ 。

4) Resolution: camera resolution is  $n \times n$ 。

將所對應到 World Space (W)的資料再等比例 mapping 回 Image Space (I)形成 Top View 的影像如圖 4 所示。



圖 4.

因此車道線形成相互局部平行的形式。

再由於車道線局部的水平灰階分佈上會形成『低灰階值—高灰階值—低灰階值』此分佈, 因此就利用此特徵將車道線擷取出來, 如下列式子所示：

$$r(x, y) = \begin{cases} d_{+m}(x, y) + d_{-m}(x, y), & \text{if } (d_{+m}(x, y) > 0) \wedge (d_{-m}(x, y) > 0) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

where

$$d_{+m}(x, y) = b(x, y) - b(x, y + m)$$

$$d_{-m}(x, y) = b(x, y) - b(x, y - m)$$

$b(x, y)$ : 圖上  $(x, y)$  之灰階值,  $m$ : 所選取之車道線寬度(pixel)

$r(x, y)$ : 所擷取出之灰階值[如圖 5 所示]。

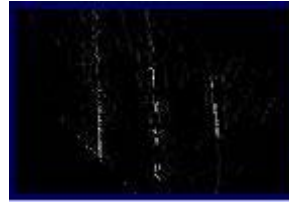


圖 5.



圖 6.

由於利用上述方法所得出的車道線, 並不是會很清楚, 因此再使用 geodesic morphological dilation 的方式, 單單將車道線上的灰階值加強, 形成更清楚的影像, 如圖 6 所示。之後再利用局部區域的二值化如下式所示, 將車道線分離出來, 如圖 7 所示。

$$t(x, y) = \begin{cases} 255 & \text{if } e(x, y) \geq \frac{m(x, y)}{k} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$e(x, y)$ : 圖上的灰階值,  $m(x, y)$ : 在  $c \times c$  區域上最大灰階值,  $k$ : 常數。[ $c=5, k=2$ ]



圖 7



圖 8

再使用形態的增長、浸蝕、清除孤立點及細化等影像處理方法, 將部份雜訊清除, 之後從圖形上找出可能的車道線寬度, 並用其作 filter, 以利之後車道線的定義[如圖 8 所示]。

再來由圖片的底部依車道線的垂直相關, 向上找出可能的車道線, 從可能的車道線中利用其所占灰階值最高者為可能的 Sample Lane[如圖 9 所示], 再利用 Sample Lane 定義出所有的車道線[如圖 10 所示]。之後, 將所得的車道線由 Image Space (I)等比例的 mapping 回 World Space (W), 再利用下列公式, 將其 mapping 回原始圖形上[如圖 11 所示], 並由所得到的車道線定義出 Detection Box, 提供動態視窗之車道線偵測方法其 Detection Box。

$$u(x, y, 0) = \frac{\arctan\left[\frac{h \sin \gamma(x, y, 0)}{y - d}\right] - (\bar{\theta} - \alpha)}{\frac{2\alpha}{n-1}}$$

$$v(x, y, 0) = \frac{\arctan\left[\frac{y - d}{x - l}\right] - (\bar{\gamma} - \alpha)}{\frac{2\alpha}{n-1}}$$

$$\gamma(x, y, 0) = \arctan\left(\frac{y - d}{x - l}\right)$$

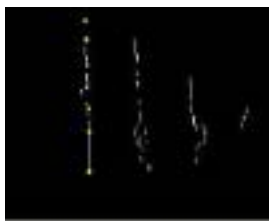


圖 9.

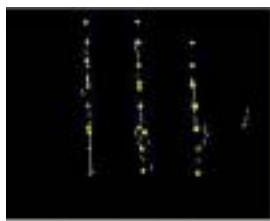


圖 10.



圖 11.



圖 12.

這個方法可以達到不錯的辨視率，但所花的時間較長約需 560 ms(以 320\*240 pixel 在 AMD CPU 1.1GHZ 為例)，若以 PC base 無法達到即的要求，需與其它方法配合改善之，因此提出動態視窗之車道線偵測方法與之配合。

### 2.2 動態視窗之車道線偵測方法

本方法我們所關注的影像只有車道線的部分，而其餘部分的影像皆可視為是雜訊，故我們應盡可能地濾除將其濾除掉，以使我們所要處理的影像能單純化，如此不僅能夠提昇判斷的正確性，且能增加處理的速度。在此我們採用的方法是在影像上取兩個左右對稱的小視窗，如圖 13 所示，只對進入這兩個小視窗內的影像作處理，這種作法不僅去除了絕大多數不需要的影像，且減少了處理的資料量。

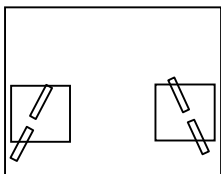


圖 13.



圖 14.

首先採用車道線局部的水平灰階分佈上會形成『低灰階值—高灰階值—低灰階值』此分佈，利用此特徵將車道線擷取出來(如圖 14 所示)，再重新將其灰階值作線性分佈，並利用其作二值化的依具，所得結果如圖 15 所示，再使用形態的增長、浸蝕、清除孤立點及細化等影像處理方法，將部份雜訊清除(如圖 16 所示)，並以每三行取一點，並以斜率來刪除雜訊點後[10]，定義車道線(如圖 17 所示)，最後利用所得的車道線定義下一張圖片所需的 Detection Box。



圖 15.



圖 16.

此方法主要優點在其處理的速度較快大約 60ms 以下 (以 AMD CPU 1.1GHZ 為例)，而其辨視率在略差的影像下還有不錯的效果，但若太過模糊時仍無法辨視，且其動態的 Detection Box 在車子變動太大時，會無法跟上，造成無法辨視的結果，因此也要配合其它方法改善之。



圖 17.

### 2.3 整合型車道線偵測方法

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 18 所示。

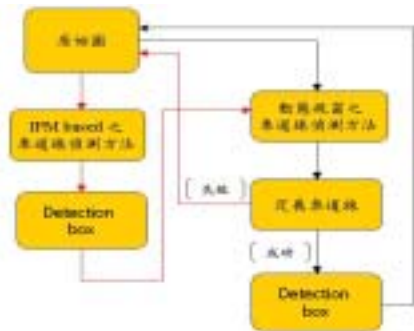


圖 18.

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。

### 2.4 以對稱特性偵測前方車輛之方法

在偵測前方車輛方面我們主要採用對稱特性來找出前方車輛，利用下列公式，找出圖上灰階對稱、邊的對稱、水平邊的對稱和垂直邊的對稱，其對稱值最高的數個。

$$E(u, x_s, w) := \begin{cases} \frac{1}{2}(G(x_s+u)+G(x_s-u)), & \text{if } -\frac{w}{2} \leq u \leq \frac{w}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$O(u, x_s, w) := \begin{cases} \frac{1}{2}(G(x_s+u)-G(x_s-u)), & \text{if } -\frac{w}{2} \leq u \leq \frac{w}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$E_n(u, x_s, w) := E(u, x_s, w) - \frac{1}{w} \int_{-w/2}^{w/2} E(v, x_s, w) dv$$

$$S(x_s, w) = \frac{\int E_n(u, x_s, w)^2 du - \int O(u, x_s, w)^2 du}{\int E_n(u, x_s, w)^2 du + \int O(u, x_s, w)^2 du} \quad -1 \leq S(x_s, w) \leq 1$$

$$S_A(x_s, w) = \frac{w}{2w_{\max}} (S(x_s, w) + 1) \quad w \leq w_{\max} \quad 0 \leq S_A(x_s, w) \leq 1$$

$W$ : 所設定之對稱寬度     $u$ : 寬度變數     $x_s$ : 對稱中心

$E(u, x_s, w)$ : even function     $O(u, x_s, w)$ : odd function



$E_n(u, x_s, w)$  : Normalized even function which has a zero mean value

$S(x_s, w)$ 、 $S_A(x_s, w)$  : construct function

再使用車輛邊角形態定義出可能的車輛，並利用所偵測的車道線定義出前方車輛，其處理流程及其結果如下各圖所示，其執行時間約 70ms ~ 500ms (以 320\*240 pixel 在 AMD CPU 1.1GHZ 為例) 依 Detection Box 大小而定，正確率仍可接受，可透過雷射掃描作輔助提高其正確率。



圖 19.



圖 20.原始圖



圖 21. 灰階圖+灰階對稱偵測



圖 22.微分抓取邊+邊對稱偵測



圖 23.二值化+清除雜訊點

微分抓取邊：使用近似的微分遮罩對 x 方向及 y 方向取微分 ( Sobel 遮罩) 在警告方面採用車道線的角度及左右 Detection Box 的位置來決定是否有偏離車道線，而在前方車輛是利用 Detection Box 的大小變化來決定，是否有碰撞的可能性。



圖 24. 水平邊的抓取+水平邊對稱偵測



圖 25.垂直邊的抓取+垂直邊對稱偵測



圖 26. 找出車輛可能的位置



圖 27. 邊角的抓取



圖 28.定義出前方車輛

### 3. 雷射掃描器於車輛前方防撞警告處理

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[11]。

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，而有一上一下的擾動。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。在處理這一維訊號時，使用最小平方準則，讓訊號可成為一自動修正序列。

本篇論文利用此方法於雷射掃描器上，定義數個碰撞點，並對每個碰撞點的每束光束作監控，以達到針對車輛前方防撞警告。

### 4. Agent-based 整合影像、雷射掃描器

本篇我們將談論 Agent 及如何將 Agent 應用到警告系統上，並以實際的例子作說明，能更了解如此整合所獲得的好處。

#### 4.1 什麼是 Agent

『Agent 是一個具有自主行為的軟體實體，這個可以和其他的實體 (包括其他的 agent, agent 系統, 非 agent 系統。) 溝通，並且對存在的環境有所反應或影響。』

Agent 也是表示的是一個系統，使用者只要給這個系統一個目標，該系統能夠自行進行相關的詳細操作，進而達到使用者所給的目標。Agent 是一個生活在電腦虛擬世界的軟體機器人。下圖是個簡易的示意圖：

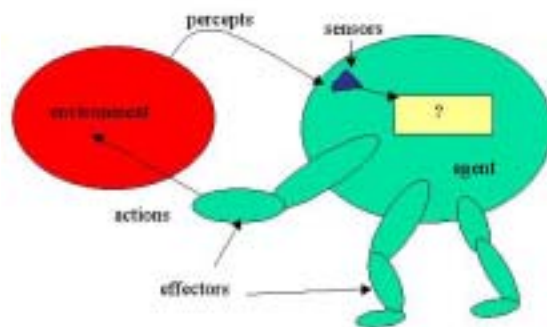


圖 34.

在 Agent 的分類上, Gilbert 等人以代理行為, 智慧和移動性為三個維度, 透過這三個維度形成一個描述和分類 Agent。

智慧性(Intelligence)所表示的是推理和學習的能力, 屬於傳統人工智慧的範疇, 可以分為喜好 (Preferences)、推理(Reasoning)、計畫(Planning)、學習(Learning)。

移動性(Mobility)是表示 Agent 在網路上不同節點的移動能力, 其想法來源比較偏屬於分散式計算。可以劃分為靜態的 Agent、Mobile Scripts、Mobile objects。

代理行為(Agency)表示 Agent 是一個什麼樣的機制在運作, 可能只是 Agent 和 Agent 之間簡單的非同步協調運作, 更深一點的是代表一個使用者的某些行為, 甚至是一個完整的服務。可以劃分為幾個程度: 非同步運作、使用者的再現、資料互動性應用互動性、服務互動性。

由 Gilbert 等人所劃分的技術維度來看, 我們可以看到傳統的應用, 如專家系統、智慧型 Agent 等等多主要是在代理行為和智慧性兩個維度的設計, 而移動性這維度的提出主要因應現在的系統越來越複雜, 已經不是單一平台所能夠處理, 因此移動性這個功能將能夠分擔計算上的負擔、以及一些其他的優點。

而截至目前為止, 並沒有對 Agent 該包含哪些特質有一個一致的看法, 但大致上可以規劃出幾個特點是需要包含的:

自主性(Autonomous)不需要外界的介入操作便可以自行運作; 而這個運作能夠達到某種程度上對內部狀態的控制, 並且這些行動是根據某些自己運作上的經驗。

適應性(Adaptive)有能力根據其他的代理人發出訊息或本身所處環境之變化做出回應, 並能夠做到修正自我行為之能力。

互助性(Cooperation)能夠透過協調機制, 與其他代理人合作完成一項任務。

當然除了上述三點以外, 另外還有很多其他的特點, 比如說智慧性(Intelligent)、推理性(Rational)、移動性(Mobility), 但這些能力則是需要而再增添。

在 Agent 的早期發展來說, 主要偏重於單一個 Agent 執行許多的功能, 而現在的設計角度則改為把複雜的功能劃分為不同的 Agent 負責然後這些 Agent 合作完成該複雜的功能。而一個 Multi Agent System 就是指一個系統, 這個系統能夠支援、管理多個 Agent。因此, 一個 Multi Agent System 主要是在協調 Agent 和 Agent 之間的互動, 並且作為一個管理系統資源的地方。

#### 4.2 利用 Agent 整合影像及雷射掃描器

由於影像及雷射掃描器其各有優點, 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, 而雷射掃描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, 以期提升整個系統的可靠性、穩健性及準確性。我們將其應用於如下:

雷射掃描器代理人 To 影像代理人	
Case 1.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方是否有物體的資訊, 依此決定是否啟動車輛偵測。這可以適時的減少車輛偵測的運算量, 並且由影像上辨別前方是否有車輛並不容易, 就有可能容易造成將有車的情況判斷成無車, 或將無車的情況判斷成有車, 因此, 將這工作交給雷射掃描器代理人, 減少判斷錯誤的發生, 提升系統的穩健性。
Case 2.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方物體是否太過接近的資訊, 因若物體太過接近時會將 CCD 視角塞滿, 容易造成車道線及車輛偵測上判斷的錯誤, 因此要適時停止影像代理人的偵測, 減少錯誤的發生, 提升系統的穩健性。
Case 3.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方車輛大小的資訊, 以此資訊可以輔助影像代理人, 調整 Detection Box 的大小, 減少運算時間並預防錯誤的發生, 以提升辨視率及穩健性。
Case 4.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方車輛距離變化的資訊, 以此資訊可以輔助影像代理人, 驗證防撞警告的正確性, 減少錯誤警當的發生, 以提升系統的穩健性。
Case 5.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方車道線上是否有遮蔽物, 以此資訊可以輔助影像代理人, 在車道線判斷上的正確, 減少錯誤的發生。
Case 6.	『雷射掃描器代理人』給予『影像代理人』, 前方車道線上多輛車子大小的資訊, 以此資訊可以輔助影像代理人, 此資訊可以輔助影像代理人在前車變換車道線時, 能順利的變換所抓取的前方車輛之 Detection Box, 可以減少相關的運算量及抓取錯誤情形。
影像代理人 To 雷射掃描器代理人	
Case 1.	『影像代理人』給予『雷射掃描器代理人』, 車道線的資訊, 讓雷射掃描器代理人對於接近的車輛是在同一車道上或是另一車道上, 有所判斷的資訊, 可以更準確的提出適當的警告訊息。
Case 2.	『影像代理人』給予『雷射掃描器代理人』, 前方車輛是否愈來愈靠近的資訊, 以此資訊可以輔助雷射掃描器代理人, 驗證防撞警告的正確性, 減少錯誤警當的發生, 以提升系統的穩健性。

#### 5. 結論

在本篇論文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+動態視窗)及對稱法, 再經過影像過濾, 並對其之特徵作抽取及比對, 定義出障礙物及車道線, 可得到不錯的效果, 並可依此判斷車輛是否有偏離車道或與前方車輛是否有碰撞的危險。

而在雷射掃描方面, 以一維的 Kalman filter 來做相對速度估測, 可以方便且容易實現。除此之外, 透過相對距離與 Kalman filter 估測後的相對速度, 利用  $P=D/V$  預警時間, 可以在發生碰撞前事先警告駕駛人, 以達到車輛前方安全防撞警告。

並引進 Agent 的觀念整合影像及雷射掃描器, 以達到提升整系統的穩健性, 盡量降低可能發生的錯誤, 形成一可靠的駕駛輔助系統。

## 6.計畫成果自評

項目	完成情況
與原計畫相符程度	90%
達成預期目標	90%
研究成果學術價值	多代理人監控系統
研究成果應用價值	應用實現
學術期刊發表合適否	是
身請專利合適否	是
主要發現或其他價值	多代理人之監控應用

## 7. 參考文獻

- [1] T. Ito, K. Yamada and K. Nishioka, "Preceding Vehicle Recognition Algorithm Using Fusion of Laser Radar and Image Processing," Intelligent Vehicles '93 Symposium, pp. 420-425, 14-16 July 1993.
- [2] M. Bertozzi, A. Broggi, and A. Fascioli, "Stereo Inverse Perspective Mapping: Theory and Applications," Image and Vision Computing Journal, 1998.
- [3] M. Bertozzi and A. Broggi, "Real-Time Lane and Obstacle Detection on the GOLD System" Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles'96, pp.213-218, September 18-20 1996.
- [4] A. Broggi, "Robust Real-time Lane and Road Detection in Critical Shadow Conditions," Proceedings of the IEEE International Symposium on Computer Vision, pp. 353-358, 21-23 Nov. 1995.
- [5] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, S," Stereo Vision-Based Vehicle Detection," Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium, pp.39-44, 3-5 Oct. 2000.
- [6] T. Zielke, M. Brauckmann, and W. von Seelen, "Intensity and Edge-based Symmetry Detection with an Application to Car-Following," CVGIP:Image Understanding, vol. 58, pp. 177-190, 1993
- [7] G. Marola, "Using Symmetry for Detecting and Locating Object in a Picture," Computer Vision Graphics and Image Processing, vol. 46, pp. 179-195, May 1989.
- [8] 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, Vol.1, pp. 724-728, June 1999.
- [9] Gerhard Weiss, "Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence," The MIT Press, 1999.
- [10] 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.
- [11] 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.