

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

動態車輛周圍資訊偵測系統之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-032-027-

執行期間：92年08月01日至93年10月31日

執行單位：淡江大學運輸管理學系

計畫主持人：范俊海

計畫參與人員：莊劍嵐、賴文復

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 19 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

動態車輛周圍資訊偵測系統之研究
A Detection System of Dynamic Vehicle's Surrounding Information

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 92-2211-E-032-027-
執行期間：2003 年 08 月 01 日至 2004 年 10 月 31 日

計畫主持人：范俊海
共同主持人：
計畫參與人員：莊劍嵐、賴文復

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：淡江大學運輸管理學系

中 華 民 國 94 年 5 月 19 日

動態車輛周圍資訊偵測系統之研究

A Detection System of Dynamic Vehicle's Surrounding Information

計劃主持人：范俊海

中文摘要

行車的安全一直是交通上重要的課題，而在智慧型運輸系統的發展下，先進安全車的概念也受到研究者的重視，本研究是延續過去對於輔助安全駕駛的系列探討，駕駛者坐在車內駕駛車輛，對於車外的實際狀況是有所差異的，因此常有所謂的視覺死角引發不能避免的肇事。基於以上本研究希望可以提供車輛一個對目標物距離的資訊，以避免駕駛者用肉眼靠經驗判斷或者因為視覺死角所造成不必要的交通事故。

本研究所謂的動態環場資訊所包括的範圍只是道路上的資訊，也就是車道上的其他車輛和物體，而如何描繪其他車輛和物體跟原來車輛的相互關係？因此本研究將其研究的子題分為三部份。第一部份是一組偵測器與外在車輛物體的偵測模式的建立，由於所謂的一組可能是一架攝影機也有可能是兩架攝影機，為了構建相互之間的幾何關係，必須有基本硬體架構，而這些硬體架構的形成是根據理論模式的可行所架構出來的，因此這部分的研究在於理論模型的完整性探討。第二部份是指車體外的環場資訊的偵測器如何設置的問題？這一部份我們將提出幾種可行的設置方案，在資訊完整性和成本的考量下，建構出初步的佈設原型架構。第三部份是找出本車和周圍車輛的距離關係，本研究將會以前方和側邊為主要劃分方向。

本研究的重要性來自於可應用性，其中除了本研究所強調的輔助特性外，對於真正發生事故時更可以透過記錄器的資料和瞬時發生事故的影像相結合，相信對事前的道路安全輔助駕駛、事中的事故證據蒐證以及事後繁雜的責任歸屬都會有所幫助。

關鍵字：

先進安全車、動態車輛周圍資訊、影像處理、影像幾何模型、智慧型運輸系統

Abstract

In ITS field, the advanced safety vehicle (ASV) is an important part of the aided driver system (ADS). A driver operates his car. He must sit in the inside of this car. So some information are always lost. Because of these conditions, the accidents were suddenly happened. The other reason of this research will try to establish the image files about vehicle's surrounding states. These images will support the reconstruction of accidents and the recording of road's information.

The scope of this study is limited in the vehicle's dynamic behavior and the road's information. The research includes three important parts. The first part is to establish the theoretical foundation of image geometrical model. This part will compute the relative distances and positions of vehicle and objects. The second part is to build the framework of multi-camera. Our purposes are to collect integrated surrounding information. So we will try many kinds of

CCD and alternatives. The final part is to find the distance between our car and other cars neighbor us, and this study will focus on the front and the side.

This study will be helpful to the assistant driver system before accidents, to collect the accident evidence in the middle, and to attribute responsibility to whom after accidents, according to combine the data from the [the digital driving recorder](#) and the image occurring accident in real time.

Keywords:

Advanced Safety Vehicle (ASV), Dynamic Vehicle's Surrounding Information, Image Processing, Image Geometrical model, Intelligent Transportation System (ITS)

1. 簡介

ITS 在交通上的發展一直佔有很重要的地位，而其中的先進安全車的觀念也是落實了讓駕駛者可以安全、舒適、便利的操控車輛。然而當駕駛者坐在車內因為視覺範圍受限的緣故，雖然有後照鏡的輔助但仍有死角的情形下，並不能完全有效地掌握車外周遭環境的所有改變。因此本研究提出一套 CCD 輔助安全汽車駕駛的系統，希望可以藉由此不僅讓駕駛人對於車體周遭的環境資訊更能掌控，更重要的是可以藉著平價的 CCD 開發連一般用路人都是可以買得到的道路安全資訊，並且提供更為有效的建議。

在國外的 ITS 發展中，日本 ASV 六大計劃中的安全預防技術也包括了有駕駛者危險狀態警示系統、夜間提升駕駛人視野以及辨認性支援系統和視線警告系統等等；美國的 IVI 計畫裡也包涵了基本碰撞預防警示技術、先進碰撞預防警示技術、和基本旅行者資訊設備等；歐洲的 LACOS 計畫裡也發展了車道警示輔助(LWS)和車道變換輔助(LCS)。在國內對於 AVCSS 方面的研究都往高規格的方面發展，其感測的方式皆是以雷射的方式作探討，而其他的大半皆朝向自動導航車的領域發展。

交通意外的發生往往因為突發的狀況，而讓駕駛人措手不及。為了讓駕駛人更能掌握車體周遭的狀況，並且不必左顧右盼、前瞻後矚的觀望各個方向的照後鏡及車窗外的資訊。利用 CCD 的輔助不僅可以提供多元的資訊和內容，除了以校在事前預防事故，更可以對事後加以行車記錄器的資料讓肇事歸屬更有依據。更甚之，每輛車載體都可以是行動的偵測器，除了收集交通上重要的參數外，對於社會的護衛安全又多了一份保障。有鑑於此，本研究希冀可以透過一個平價的感測元件-CCD，卻依然可以得到如同高規格的精確結果。

根據以上幾點的論述，希望求得動態車輛中對行車安全最重要的交通參數-前後車距離和相鄰車距離，希冀往後研究更可以求得速度等其他重要參數等。

2. 文獻回顧

2.1 偵測器元件的探討

目前市面上的偵測器大致可以分為五類型式呈現：(1) 光波：如紅外線；(2) 聲波：如超音波；(3) 聲光波：如異波速媒體；(4) 電磁波：如微波、雷達和 GPS；(5) 影像：如單鏡頭或雙鏡頭。而以上的偵測器也依照不同的特性，有著不一樣的發展和應用。在交通的應用上也各有所長，因此以下針對五種類型的偵測器作概略的介紹，並且對本研究提出以

影像為偵測元件的理由。

- 形式一：光波之紅外線雷射

- 特性1：準確度高、較昂貴。
- 特性2：波長短、波束窄、適用於前方掃瞄。
- 特性3：此光束對人體有害，不適宜多量。
- 應用：有很好的辨識力，適於做防撞雷達。
- 常用的測量方法：干涉式、相位式、脈衝回波式

- 形式二：聲波之超音波

- 特性1：器材容易取得、容易完成、較便宜。
- 特性2：可測距離短、容易受外界噪音影響。
- 應用：倒車雷達。
- 常用的測量方法：TOF(Time-of-flight)、Pulse Echo、相位差法

- 形式三：聲光波之異波速媒體

- 原理1：打雷時若看到閃電後立即聽到雷聲，代表雷距離觀測者近，反之則越遠，此為光速比音速快之道理。
- 特性：為直接的方式測量，非為反射式，因此不會有訊號衰減的問題。
- 應用：發展中。

- 形式四：電磁波之微波

- 特性1：波束寬、發散角度大。
- 特性2：物體辨識受限，易受外界電磁干擾。
- 特性3：適合做單一物體接近或遠離上。
- 特性4：量多對人體有害。
- 應用：都普勒測速雷達。
- 原理：大致和雷射相同。

- 形式五：影像之單雙鏡頭

- 特性1：可以提供如同人眼一般的景象及豐富資訊。
- 特性2：可辨識物體形狀，訊號不會衰減。
- 特性3：影像疊合技術困難，易受天候不良影響。

-應用：醫學鑑定、資料蒐集等。

-常用的方法：**【6】【7】【9】**

1. 單鏡頭單影像或單鏡頭雙影像(depth from defocus, DFD-散焦測距)

2. 雙鏡頭的立體視覺(三角測量)

根據上述特性整理比較表如下：

元件	測量距離	資訊量	干擾性	價格	損害影響
光	長	單一	不易	高	有害
聲	短	單一	容易	低	無
聲光	中	單一			
電磁	長	單一	容易	中	有害
影像	中	多樣	兩天和夜晚	低	無

表 2-1 偵測元件比較 本研究整理

2.2 影像技術應用於交通的探討

2.2.1 車輛偵測

車輛偵測最主要的目的即是判斷車輛的有無。而最常見的偵測方式有以下幾種類型：**【5】**

- 樣本點偵測：在車道某一部份擷取類似矩陣的樣本點，當車輛通過時，樣本點的灰階值和原路面不同，若兩者相減統計值超過一個門檻值即代表車輛存在。
- 偵測線偵測：此法是垂直或平行車流方向所組成的亮點虛擬偵測線，當車輛通過時灰階值的差異會大於某門檻值，即代表車輛通過。
- 全畫面偵測：此法所獲得的資訊較多，利用的是背景相減法和二值化法。

-背景相減法→取一張無車輛的存在的影像當背景，當和一張有車輛的存在的背景相減時，即會發現有車輛的存在。

-二值化法→將影像以某一個門檻值進行切割，像元素高於門檻值則為 255(白)，低於該值則為 0(黑)，以此則可以物體和背景分離。

- 夜間偵測：此法較少研究，國內以王勝石、郭志文、莊盛淵及賴文復為主，而以後者所探討的範圍較仔細且廣。**【2】【4】**

2.2.2 車輛辨識

車輛辨識最主要的目的即是判斷目標物為大車、小車、機車、行人和障礙物。而最常見的辨識方法有以下幾種類型：

- 1. 車牌：利用高通濾波器或者類神經(用於停車場自動辨識車輛系統)。
- 2. 已知方位的三個前方易辨識標誌：利用三角測量，依據車尾左右方和頂部辨識。
- 3. 光學流量：亮塊群聚方式(應用於夜間) **【8】**

■ 4. 車輛或道路特有特徵：

- (1)圖形辨識：利用車後輪鋼圈圓形資訊。
- (2)邊界偵測：找出似障礙物，利用資料庫比對。
- (3)比對偵測：分割道路影像，對典型的車輛後車窗、緩衝擋及車牌所造成的邊界分佈比對。
- (4)對稱偵測：以車輛中央做左右對稱或者應用隱藏式法可夫做車輛底部陰影的辨識。

■ 5. 特有演算法：

- (1)MIIT：利用車輛陰影做重疊車群中個別車輛的分離。
- (2)加州大學：利用雙 CCD 擷取影像，藉卡爾曼濾波器辨識障礙物。
- (3)東華大學：找尋車輛影像分佈，藉自行發展的 HCDFCM 方法分辨。【1】

2.2.3 車距偵測

車距偵測最主要的目的即是判斷本車與目標物的距離。而最常見的影像測距方法有以下幾種類型：

- 連動測距法：如果主體是一個三角形的 C 點，則其他兩個頂點 A, B 之間的線段長度，以及角 CAB、角 CBA 的夾角、配合三角函數表，就可以算出 C 點到 AB 線段的長度（焦距）。
- 立體視覺：將 CCD 擺在左右兩側，各取得一幅影像。利用物體在兩幅影像位置的不同，計算兩幅影像特徵點的差異量(disparity)，再由三角測量即可得到景深的資訊。
- 將攝影鏡頭的口徑轉到最小取得第一幅影像，接著將攝影鏡頭的口徑放大，取得第二幅不同模糊程度的影像並將其視為是清晰影像。透過高斯函式 PSF(point spread function)的結果，再以反向濾波的作法，估測出物體的景深。

2.3 小結：

由以上的探討可以獲知，雖然光波型式的雷射光較為精準也是目前各車廠發展的重點，包括 BMW、Lexus 和賓士等高階車款。不過因為交通安全實屬全民的權利，致力在發展平價且有效的偵測器的確有其重要性。以下即是選擇影像式偵測器的主要理由：

1. 資訊型態多元：不但可以提供速度、距離和個數的資訊，甚至物體形狀顏色等（目前應用在防偏、智慧照明、和辨識路上標示及自動停車等都遠比其他只應用在車輛防撞上來的廣泛。）
2. 傷害性最低：影像屬於被動型資訊接受元件，而其他類屬於主動接受後會傳回高能量的波段，尤以雷射光對人眼傷害極大。

3. 精確長度：影像透過 CDD 可以偵測到 100m 左右的距離，且定位十分精確。其他如超音波只能 10m、GPS 衛星定位誤差也在 10m 左右，並且對細部環境也不如 CCD 精確。
4. 價格低廉：一般市售的 CCD 十分廉價(幾千元上下)，其他設備昂貴且不易取得。

而在影像技術的重點即為以下幾點的結論：

- 車輛偵測：以全畫面偵測並且可以結合夜間光流特徵者最佳，不過需要針對如何將影像偵測器在轉換日夜偵測特徵時的改變，需要界定其臨界值。
- 車輛辨識：目前最容易使用的方式為利用車體的特徵，並建立龐大的資料庫，加以類神經或者模糊函數的建立訓練和判斷。
- 車距偵測：希望可以透過單鏡頭單畫面的影像處理方式，將距離很準確的估測出來。

3. 偵測器和車輛特性的探討

由於車輛對於側面資訊的需求，到底要採用何種偵測設備自有一番的取捨，本研究考慮未來的發展，譬如車輛黑盒子的建立，影像的提供較有可視性以及肇事重建的功能，因此本研究採用 CCD 的攝影設備當成截取資訊的工具。根據子題一的探討，所建立的安全決策機制，需要相關的參數與數據才能加以判斷，而對於攝影機到底要放在那裏，較能做到功能完整以及成本低廉的要求，所以本研究針對攝影機的這些要求將合理建置其佈設位置的建議。

(1) 攝影機光軸的關係

為了要實現立體視覺，二部以上的攝影機是必須的。如果使用了二部攝影機做為影像擷取的來源，有以下幾種方式擺置：光軸平行，光軸交叉或光軸不交叉... 等方式。不過無論攝影機怎麼擺置，只要二部攝影機存在視野交集的部分，便可藉由立體視覺演算法，求出影像中的物體與攝影機位置的相對距離。

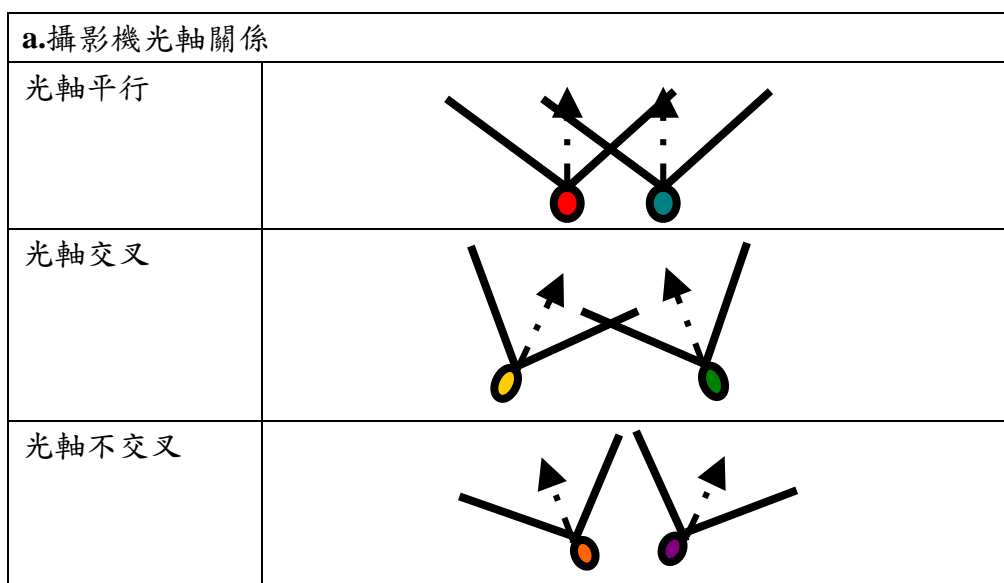


圖 1、兩攝影機光軸關係示意圖

(2) 攝影機和車體間的佈設關係

b.攝影機和車體間的佈設關係：		
CCD 數量	集中	分開
2		
3		
4		

圖 2、攝影機和車體間的佈設示意圖

由圖 2 的情形可以發現攝影機不管多少個的時候，只要擺置的位置在車頂上而且採集中的方式，往往會因為車體的關係而遮蔽到一部份的視線；但若是採用分開的方式又會因每台攝影機距離太遠而會造成某些地方容易產生視覺死角。因此，數量上當然 3 個的效果會比 2 個好，4 個會比 3 個好。不過為了不要造成攝影機取像太過於重複的關係的關係，所以還是會以 4 個為出發設計點。

(3) 車體的視覺死角問題

從圖 3 的觀察，由於後照鏡的視角有限加上車體的 B 柱干擾，於是當鄰後車靠近本車的時候，往往容易造成沒被注意到，而造成變換車道上的視覺死角。因此，在車體佈設上面必須加以考慮並改善此問題。

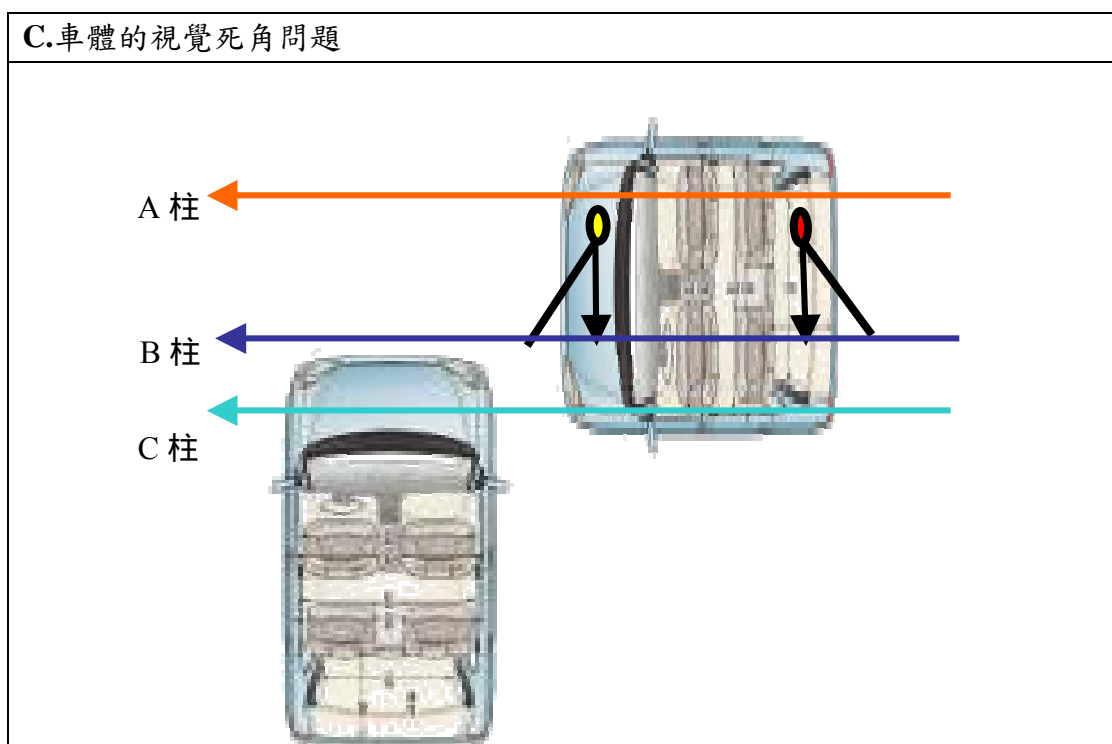


圖 3、車體的視覺死角示意圖

4. 模式構建

4.0 模式構建前言

本研究所分析的對象，涵蓋了整個車輛的周圍資訊，然而由於環場資訊的複雜，無法採用一致的模式來涵蓋所有的狀況，而且對於經費的關係也無法裝設太多設備，所以根據這樣的考慮，本研究把車輛四週分成兩大部份：

(1) 前後方物體估測部份

這個部份主要是以前方車輛的距離估測，做為簡易演算法的示範例。

(2) 左右側邊距離的估測部份

這個部份主要是以右方物體、邊界、或車輛，當成偵測的對象。

由於上述兩種情境，所面臨的狀況差異很大，主要是前後方物體常有標線當成參考的

推估依據，而且前後的物體距離皆較遠，在演算法上容易處理。反過來說，左右方的物體常常無法找到依據的偵測線，而且面臨連續物體變化的干擾，並且太過於靠近，造成偵測器偵測範圍受到嚴重的限縮。

4.1 前方距離估測【6】

假定攝影機為一完美的單孔透視，其視角與路面水平，透過圖 4 的光學模型，焦點於 O 點，OZ 為攝影機高度，E、F、G 三點為成像於攝影機的 2D 影像，ZBD 三點為地平面，觀察 ABO 與 EGO 相似，CDO 與 FGO 相似。若攝影機拍攝角度與地面平行，則 $OZ = AB = CD$ ，要求取距離 $d = ZD = OC$ ，可以下列公式求得：

$$d = OC = \frac{CD \times OG}{FG} = \frac{h \times f}{y'}$$

其中 f 為焦距(OG)， h 為攝影機高度($OZ = CD$)， y' 為成像估計點與地平線的差值(FG)。透過此光學模型，當觀察影像上三維空間中等距的橫線，會得到如圖 5 所示的成像效果。

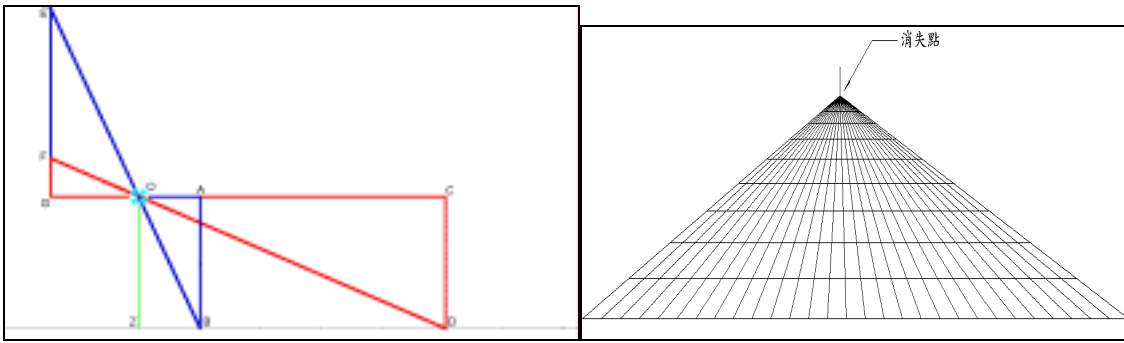


圖4：視角與路面平行的光學成像模型 圖5：三維空間距離與二維影像關係示意圖

以攝影機的最高解析度 720x480 標記實際距離成像於影像上的位置，如圖 6 所示，計算其與假設的地平線差距，由於取樣影片為 320x240，故所得之 Y_m 需以兩倍來計算，因此，我們可以利用 $d = (h \times f) / (Y_s - 2Y_m)$ 來估測其距離。圖 7 則顯示出實際標示出來的距離與理論所得到的數值非常吻合，其縱軸為實際距離（以公尺為單位），橫軸為 $1/y'$ ，而 y' 為 $Y_s - Y_m$ 之值，其值介於 0 到 240 像素之間。



圖 6：取樣影像與實際距離標記

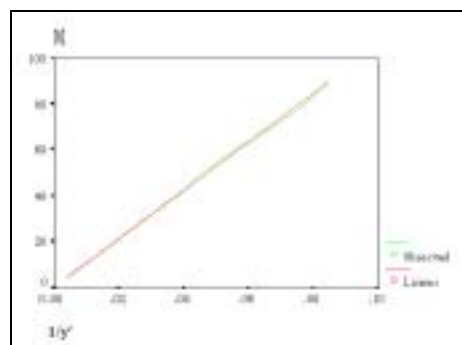


圖 7：直線方程式

4.2 側邊距離估測

對於距離的量測如圖 8 所示，透過以 O''' 為圓心的 CCD 攝影鏡頭對於外在的世界成為一個具有三維座標 (X''', Y''', Z''') ，經由光軸到地板成為一點 C ，而對映到 CCD 影像的成像部分為一個以 O' 為圓心的二維座標系統 (X', Y') 。攝影機鏡頭離地面為一個 O''' 到地面 G 的距離；攝影機的俯角為 θ_1 ；鏡頭對準目標物的尾端 D 則對映到二維系統為一個 E 的點。

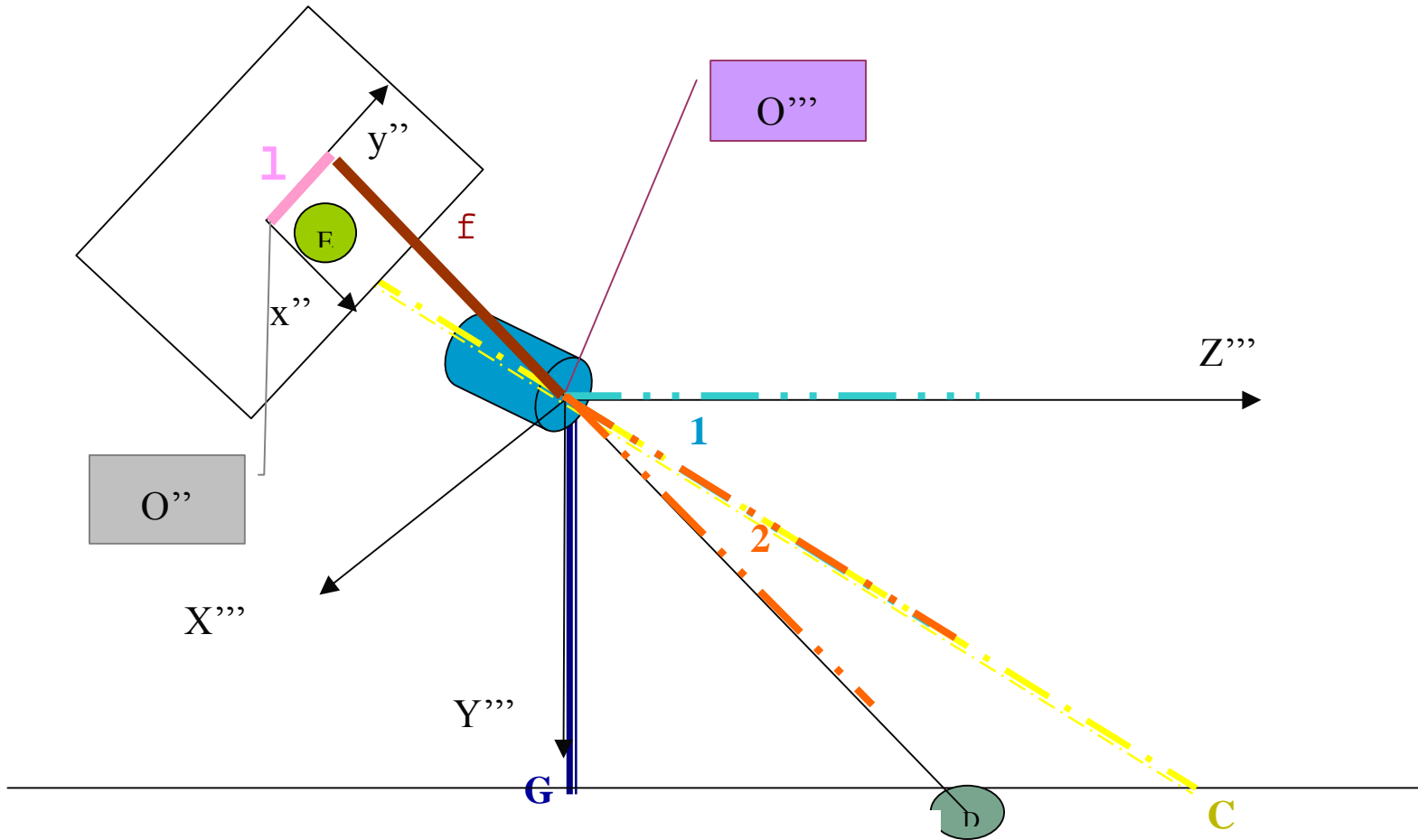


圖 8 CCD 光學原理成像幾何圖【1】

而鏡頭的焦距長為 f ；二維座標 E 點到 O' 的距離為 P_1 (表系統的像素長度)； ΔP_1 則表影像平面上像素間的間距。

則依三角函數 $\triangle O'''CZ'''$ ：

$$\text{CCD 俯角} : \theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\overline{O'''G}}{\overline{GC}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta p_1 * (c - y_1)}{f} \right)$$

又

$$\text{CCD 可視範圍角度} : \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{l}{f} \right)$$

而

$$l = p_1 * \Delta p_1$$

$$p_l = \left(\frac{f}{\Delta p_l}\right) * \tan\left(\left(\tan^{-1} \frac{\overline{O}''G}{GD} - \theta_1\right)\right)$$

據之前的文獻結果發現：

$$\Delta p_l = 8.31 * 10^{-3} (mm)$$

所以所求攝影機到物體的距離可為：

$$L = \frac{\overline{O}''G}{\tan(\theta_1 + \theta_2)} = \frac{\overline{O}''G}{\tan\left(\tan^{-1}\left(\frac{\overline{O}''G}{GC}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{p_l * \Delta p_l}{f}\right)\right)}$$

5. 實證分析

本研究採用四路攝影機，搭配車上LCD螢幕。實證地點為淡江大學校園內，拍攝時間為下午3點多時，攝影機架設在車體右半部並且緊貼車頂環顧四周，而拍攝傾斜角度約為45度角上下。

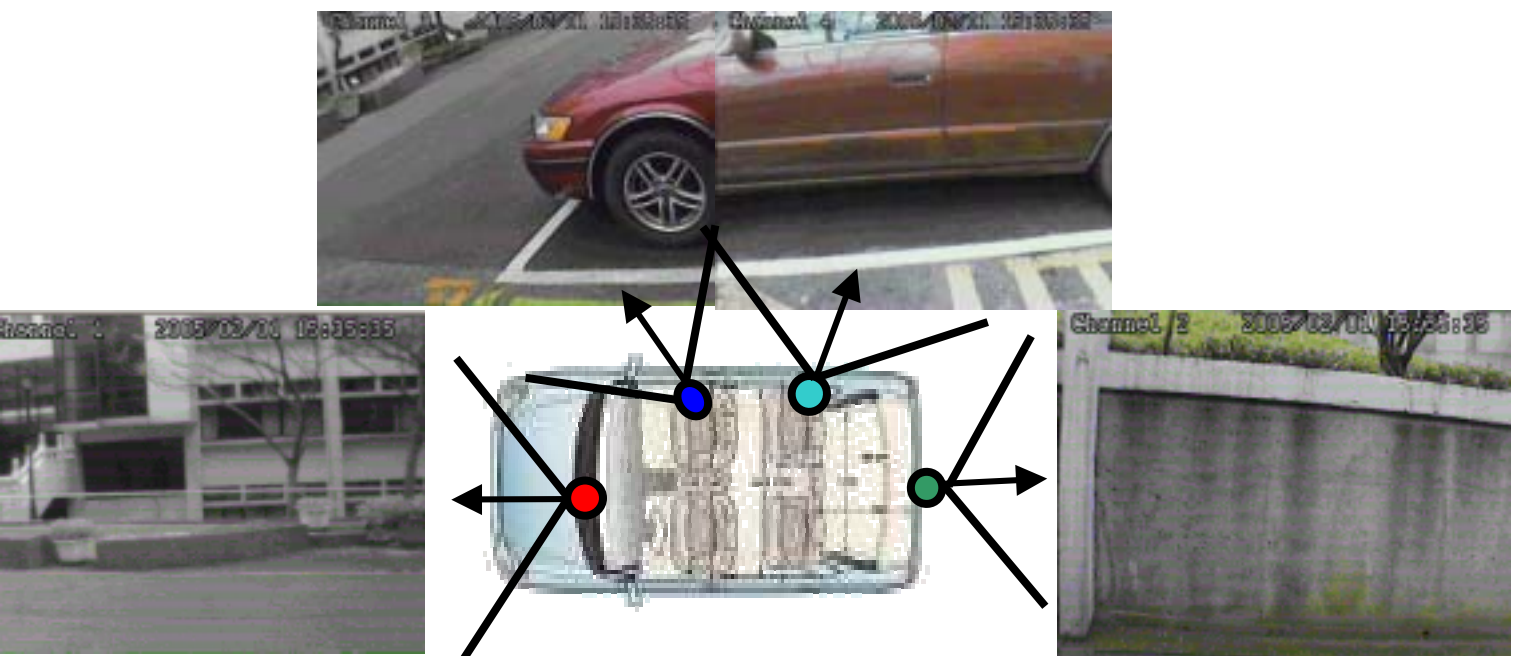


圖 9 系統實境圖



圖 10 車上螢幕圖

在實驗過程中採取車體的右半邊作實驗，因為可以把結果依理推至左半邊，又經過實驗驗證之後，發現前方距離估測正確率約為75~85%；後方距離估測正確率約為70~80%；右前方距離正確率約為70~75%；右後方距離正確率為約70~75%。探究系統估測正確率懸殊的原因：(1)CCD的好壞和參數的校估、(2)CCD擷取畫格的能力差、(3)環境（遮蔽物）和天候（下雨、昏暗）的影響等。

6. 結論

在本研究中嘗試以其其他利用CCD尋找距離的方法，像是單眼散焦測距或是立體視覺等，但過程中發現若是CCD本身的參數未能詳細明瞭即很難得到所要的資訊，即便這點可以透過繁複的演算法和轉換獲得解決，但這很難符合真正在車體所運動時達到及時的效果。因此，利用基本的CCD成像原理加上既有的道路資訊（車道線、道路邊緣等）或者車體的特徵（車燈的光源、車底陰影、車尾的對稱或是車鋼圈的圓形資訊等），兩者互補缺失將可以期待利用平價的CCD也可以達到不錯的效果。更甚者往後也可透過影像 t 時和 $t+1$ 時的模糊特性，將周鄰的車輛速度取得，並且透過嵌入式系統(Embedded System)的開發將可以讓此更為完善。

參考文獻

中文：

【1】余佳任，” 視覺為主的智慧型自動導航車輛系統的設計與實踐”，國立東華大學電機工程研究所碩士論文，中華民國九十三年。

【2】莊盛淵，” 夜間車流影像之車輛分類與追蹤之研究”，私立淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文，中華民國九十一年。

【3】曾俊元，” 以視覺感知的智慧型車輛防撞系統之研究”，國立東華大學電機工程研究所碩士論文，中華民國九十二年。

【4】賴文復，” 應用類神經網路構建視覺化夜間路口車輛偵測模式之研究”，私立淡江大學運輸管理學系運輸科學研究所碩士論文，中華民國九十三年。

【5】連國珍，數位影像處理，儒林圖書有限公司，2001年8月。

【6】洪文斌、張懿、陳志遠、范俊海，” 以視覺為基礎的即時車輛偵測與距離估測”，2002海峽兩岸智能運輸系統學術研討暨展覽會，2002年5月。

英文：

【6】 M. Bertozzi and A. Broggi, “GOLD: A parallel real-time stereo vision system for generic obstacle and lane detection,” IEEE Trans. on Image Processing, vol. 7, pp. 62 - 81, 1998.

【7】Takeo Kato, Yoshiki Ninomiya, and Ichiro Masaki, “Preceding Vehicle Recognition Based on Learning From Sample Images,” IEEE Trans. On Intelligent Transportation System, vol. 3, no. 4, 2002.

【8】W. Kruger, W. Enkelmann, and S. Rossle, “Real-time estimation and tracking of optical flow vectors for obstacle detection,” Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicle '95 Symposium, pp. 304 - 309, 1995.

【9】Donald A. Adjeroh†, M. C. Lee and Irwin King, ” A Distance Measure for Video Sequences “, Department of Computer Science and Engineering, The Chinese University of Hong Kong, Hong Kong, Available online 2 April 2002.