

# 導盲機器人之反應行為與運動控制系統研製 ( I )

## Development of Reactive Behaviors and Motion Control System of a Guidance Robot for Blind Pedestrians ( I )

計畫編號：NSC-88-2213-E-009-106

執行期間：87 年 08 月 01 日起至 88 年 07 月 31 日

主持人：宋開泰 國立交通大學電機與控制工程學系副教授

一. 中文摘要 (關鍵字：機器人、運動控制、防撞設計、反應式行為、影像處理。)

本計畫之主要目的在幫助盲人或有視覺傷害的人，能安全的繞過障礙物或突然出現的物體，而到達他所要去的地方。所設計之導盲機器人不在於幫助其長距離之旅程，而偏向於小範圍內之運動，如在某一大型建築物內，如醫院、購物中心，或開放空間之公共設施，如學校、公園等場合。在導盲機器人之本體機構部份，以一電腦控制之自走式移動機器人為基本架構，透過先進之感測系統、即時控制程式與智慧型人機介面達到實際幫助視障者之功效。

本計畫預計以三年之時間，分階段逐步進行，本報告為第一年之執行成果報告。我們首先發展一套法則來做路徑規畫，這個路徑規畫方法可以找出最短的路徑。藉由最佳控制設計發展一個路徑追蹤控制器，讓機器人可以跟隨一個預設的軌跡。為了以電腦視覺求得障礙物的位置和方向，必須利用 CCD 的內外參數來做校正，並以校正的結果作影像分群、匹配和障礙物位置及距離計算。並藉由分類網路的設計，可以快速的作區域避障的路

徑規畫。使用者透過手握的桿子來感覺驅動輪改變命令的物理作用力來跟隨導盲機器人。

英文摘要 (Keywords: robots, motion control, crash avoidance, reactive navigation control, image processing)

The purpose of this project is to help blind or visually impaired pedestrians to navigation safely among obstacles and other hazards faced by blind pedestrians. The development of a guidance robot for blind pedestrians would be focused on traveling inside a building or nearby the residence area of the blind impaired people.

We plan to complete this project in three years. This report describes the research results of the first year. We developed a path planning method to find a shortest path. An optimal controller has been design to perform the path tracking task in order to make the guidance robot follow the predefined path. In order to obtain absolute orientation and position using a computer vision system, each individual

camera needs accurate calibration to acquire internal and external parameters. The calibration results are used in the clustering, stereo matching and 3D position calculation to find obstacle's position and width. The mobile robot will make fast local path planning using a heuristic clustering network to prevent from collision with unexpected obstacles on its pre-defined path. The user can feel the steering command as a very noticeable physical force through the handle and be able to follow the guidance robot's path easily without any conscious effort.

## 二.計畫緣由與目的

隨著社會經濟的發展，我國已進入已開發國家的行列。在一個進步的社會，很自然的人們會越來越重視對弱勢尤其是具身心障礙者的權益與照顧；根據研究報告[1]，在日本的導盲犬協會曾經在 1991 年作過統計，共有 250000 位盲人，有 20000 人若有導盲犬的協助可以獨立生活，但導盲犬的數目只有 700 隻。在台灣的盲人重建院也在 1999 年作過統計，有 50000 人需要導盲犬的協助，可是只有一隻導盲犬。像日本等先進國家在城市中早已有對殘障者的各種照顧措施，如十字路口紅綠燈號伴隨音樂以警示視障者的設計。政府近年來也已重視這方面，有無障礙空間及導盲磚的設置。但這些只是被動之設計，尚無法達到主動導引視障者的目的。但由於導盲犬的培育與訓練不易，而且訓練費用高達 30 萬元，所以無法達到普及視障者的數量，因此，發展一種可以幫助

視障者的機器人可以更有效導引視障者，解決其行的問題。

對一個視障者而言，最困難的應是會碰到不預期的靜態或動態障礙物，尤其是到一個陌生的地方，由於捉不到方向而無法順利到達目的地，故導盲機器人之主要功能是在導引視障者到達目的地，這可由建立在機器人電腦記憶體中的環境地圖與導航控制來完成；同時避免路途中可能發生的危險，當然最重要的應是防止碰撞到環境中之物體及行人。

## 三.研究方法與成果

本計畫第一年執行期間已完成導盲機器人之本體機構、運動控制、及影像閃避障礙物。導盲機器人本體如圖一所示，為了讓導盲機器人越過一個凸起物，所以採用履帶設計。讓導盲機器人可以一次閃躲多個障礙物，採用兩個 CCD 來做環境偵測；也利用超音波測距系統作簡單的環境偵測。在運動控制方面以單晶片 DSP 控制器及可程式化 IC 來製作馬達控制卡。計算部份則以工業電腦作為主電腦及 DSP 嵌入式系統做為機器人控制電腦，以處理感測訊號、通訊與人機介面。導盲車的整體系統如圖二所示。對主電腦輸入一個起始點和終止點，由主電腦作路徑規畫，經過路徑規畫後得到一條最短的原始軌跡。設計一個軌跡追蹤器來追隨這一條原始軌跡。此追蹤器是先定義三種追蹤誤差參數，再利用導盲機器人運動模型來推導誤差方程式，以最佳控制中的離散線性調節器 (Discrete Linear Regulator)[2] 來推導迴授矩陣，利用此

迴授矩陣作為兩輪的迴授增益，消除因為滑差或其他因素所造成行駛誤差。導盲機器人在行駛時會遇到不預期的障礙物，在此設計一個影像閃避障礙物的系統，此系統分成兩個部份，一個為影像捕捉障礙物設計，一個為閃避路徑規畫。影像捕捉障礙物分成四個部份，(一)影像恢復；(二)影像分群(Segmentation)；(三)群組匹配(Matching)[3]；(四)立體成像(Stereo image)[4]。所取得的影像資訊有障礙物的位置及障礙物的寬度，利用此資訊來做為障礙物涵蓋的範圍，當此涵蓋範圍進入到導盲機器人可量化的區域，將此量化值和原始軌跡的量化值輸入到啟發性網路[5]來做下一時刻閃避軌跡終止點的位置。啟發性網路包含兩個部份，下半部為 FKCN 網路，使用此網路來做內建 11 種典型圖樣的相似判斷，上半部為利用 FKCN 所得到的相似典型圖樣配合規則表來做閃避的路徑規畫。圖三為實驗的軌跡與環境，圖四為導盲機器人的兩輪速度變化，圖五為側向誤差與前向誤差，圖六為角度誤差。當導盲機器人在閃避第一個障礙物時，又遇到第二個障礙物，則導盲機器人會再作一次閃避動作；要回到原始軌跡時，會有兩次回歸動作如圖七所示。

#### 四.結論與討論

在本計畫執行期間初步完成一個導盲車室內導航的設計，事先給定一個環境地圖，透過一個搜尋法找出一條最短的路徑，設計一個路徑追蹤器追蹤原始軌跡，對於預設軌跡上的不預期障礙物，先由 CCD 偵測初期相對位置，和障礙物的大小，以啟發式網

路來設計避障行為，讓導盲機器人可以即時閃躲多個障礙物，並把路徑追蹤和影像閃避路徑規劃作結合，讓啟發性網路所規劃出下一時刻閃避路徑之終止點的位置，可以轉換成一條閃避曲線軌跡，讓軌跡追蹤器來追隨，當導盲車在行走時，可透過一些外部環境來作導盲機器人的定位，當有誤差產生時，可利用追蹤控制器來消除誤差。

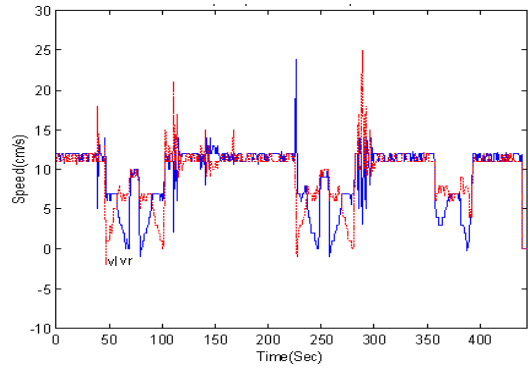
#### 五.參考文獻

- [1] Hideo Mori and Mitukuni Sano, "A Guide Dog Robot Harunobu-5-Following a Person", IEEE/R.S.J International Workshop on Intelligent Robots and System IROS '91, Vol1, pp.397-402, 1991。
- [2] Donald E.Kirk, Optimal Control Theory, 華毛幼琪, 台北, 民國 74。
- [3] Grimson and W.E.L, "Computational experiments with a feature based stereo algorithm", IEEE Trans.Patten Anal Machine Intell, vol.7, no.1, pp.17-34, 1985。
- [4] Rafael C.Gonzales and Richard E.Woods, "Digital Image Processing", Wesley Publishing Company, pp.52-70, 1993。
- [5] 沈良寰, "自走式機器人在未知環境之路徑規畫與執行", 國立交通大學控制工程研究所碩士論文, 民國 83 年 6 月。

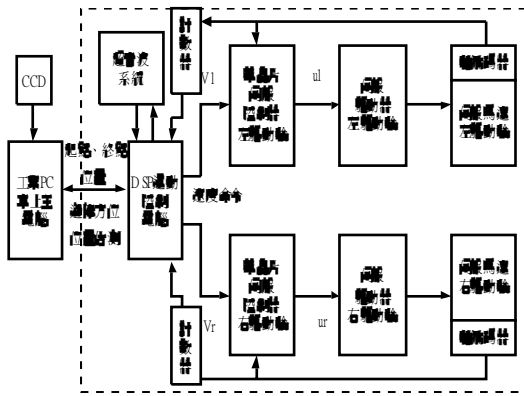
#### 六.圖表



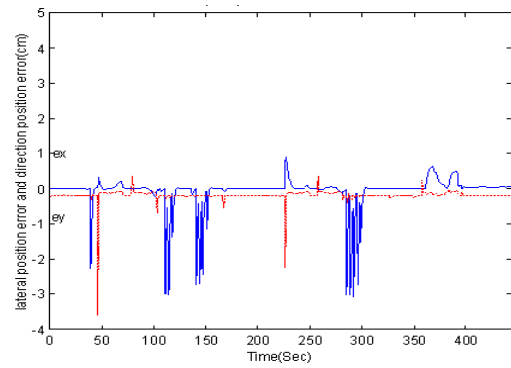
圖一 導盲機器人之實體圖



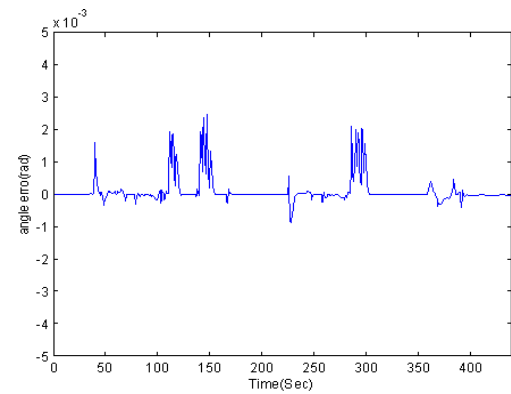
圖四 導盲機器人的兩輪速度變化



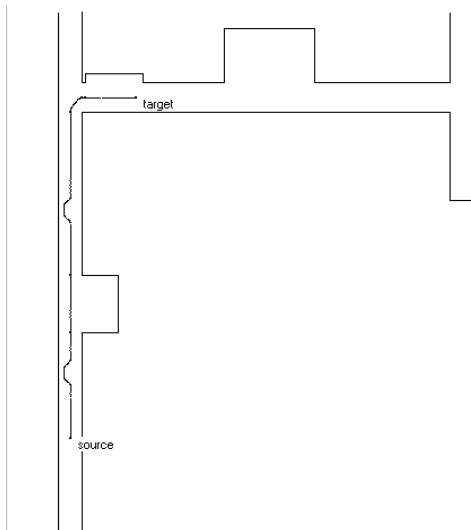
圖二 系統方塊圖



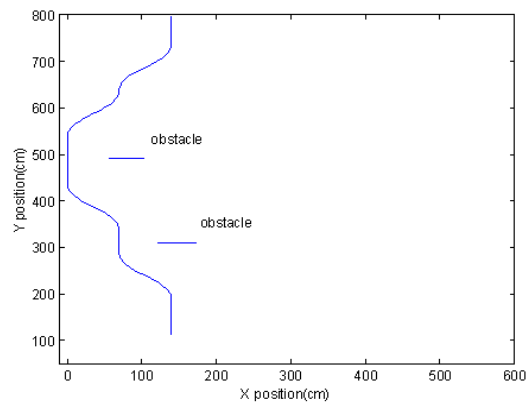
圖五 側向誤差與前向誤差



圖六 角度誤差



圖三 導盲機器人軌跡與環境



圖七 導盲機器人閃避軌跡