

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫五-動態多代理器群組運動之路徑規劃(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-002-046-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學應用力學研究所

計畫主持人：王立昇

計畫參與人員：林秉立、邱進忠、李璟和

報告類型：精簡報告

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 5 月 31 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

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號： NSC92-2212-E-002-066

執行期間： 92年8月1日至 95年7月31日

計畫主持人：王立昇

計畫參與人員：林秉立、邱進忠、李璟和

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：國立台灣大學應用力學研究所

中華民國 93 年 5 月 26 日

中文摘要

關鍵詞: 動態代理器、路徑規劃、即時追蹤、控制系統

本計畫擬以三年時間完成多個動態代理器(Dynamic Agents)以群組方式運動時，避開障礙物之路徑規劃工作。本年度之主要工作為發展單代理器之路徑規劃系統。經過近一年努力，在過去的基礎上，我們已完成一無人自走車的硬體設計及其路徑規劃與控制系統之整合開發。除了靜態目標外，當目標位置改變時，該控制系統可依據當時環境重新啟動路徑規劃軟體，設計即時之最佳路徑，並進而調整控制器。實驗結果顯示，我們所完成的系統確可達到預期的目標，亦即無人自走車可以經由避開障礙區域的最佳路徑即時追蹤到運動中的目標物。

英文摘要

Keywords: dynamic agents, path-planning, real time tracking, control system

The main theme of this project is to develop path-planning algorithms for the group motion of many dynamic agents (multi-agents) to achieve individual or common goals and to avoid possible collisions. The work of the first year is to design the path planning system for a single agent. After nearly one-year endeavour, based on previous achievements, we have completed the hardware design of an unmanned vehicle, and the associated integration of path planning system and control system. The control system can track not only static target but also moving target. For the latter, the path planning system is invoked to find the optimal path according to new environment and scenario, and the controller is adjusted to suit the current need. Experimental results show that the developed system can indeed achieve the desired capability. Namely, the unmanned vehicle can track the moving object through an optimal path in real time, without entering the forbidden area.

1.1. 追蹤控制系統簡介

本報告討論無人載具在平面上追蹤一移動目標物的策略。載具在追蹤目標物時的狀況有二種：一種是在無障礙物的平面上，另一種則是有障礙物的存在。接下來我們就這兩種狀況先做一簡單的描述。

1.1.1. 無障礙物之平面追蹤系統

載具於一無障礙物的平面上欲追蹤一移動之目標物，則其最短的行進路線為一直線。圖1為其示意圖。

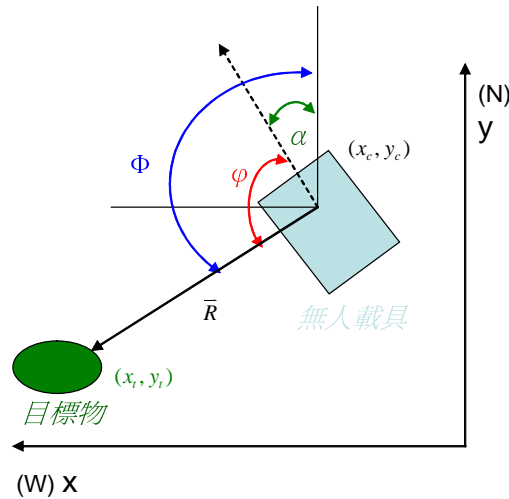


圖1. 載具與目標物位置

其中 α : 載具姿態

\bar{R} : 參考路徑向量

Φ : \bar{R} 和 y 軸夾角

ϕ : 載具姿態和 \bar{R} 的角度誤差, 即 LOS (line of sight) angle

(x_c, y_c) : 載具的位置

(x_t, y_t) : 目標物的位置

而 ϕ 可由圖1的幾何關係中求出：

$$\phi = \Phi - \alpha \quad (1)$$

而二者間的距離 $|\bar{R}|$ 為：

$$|\bar{R}| = \sqrt{(x_t - x_c)^2 + (y_t - y_c)^2} \quad (2)$$

獲得了 ϕ 之後就可知載具和參考路徑的角度誤差，進而控制載具的轉向運動。

1.1.2. 有障礙物之平面追蹤系統

在有障礙物平面上進行追蹤控制時，我們可以結合路徑規劃演算法[1][2]，為載具設計一條從載具到目標物且避開障礙物的最佳行進路徑。由於載具和目標物會不斷的移動而改變其位置，因此載具會依據二者目前新的位置來當作新的起點和終點，進而規劃出一條新的最佳行進路徑，圖2、圖3為其示意圖。此外若目標物的位置不再改變時，其路徑亦無需再更新了。

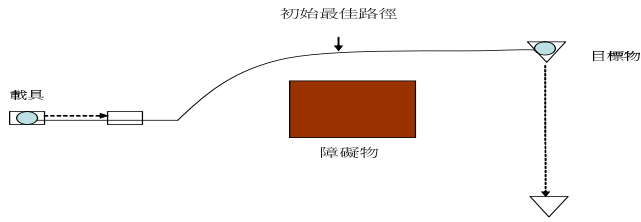


圖2. 載具初始之最佳追蹤路徑

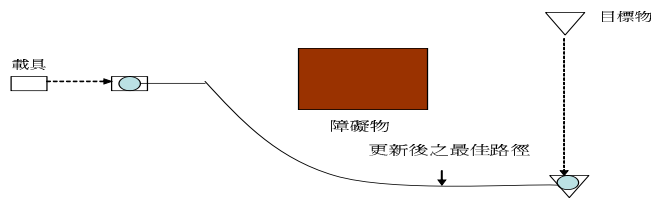


圖3. 載具更新後之最佳追蹤路徑

2.1. 硬體系統架構

整體系統架構可分為三個部分:主控站、無人載具、目標物。我們結合全球定位系統(GPS)、電子羅盤來決定載具與目標物的位置及載具的姿態,且利用無線串列埠通訊做為各部分間資料的傳遞與連繫.其架構圖如圖 4 所示。

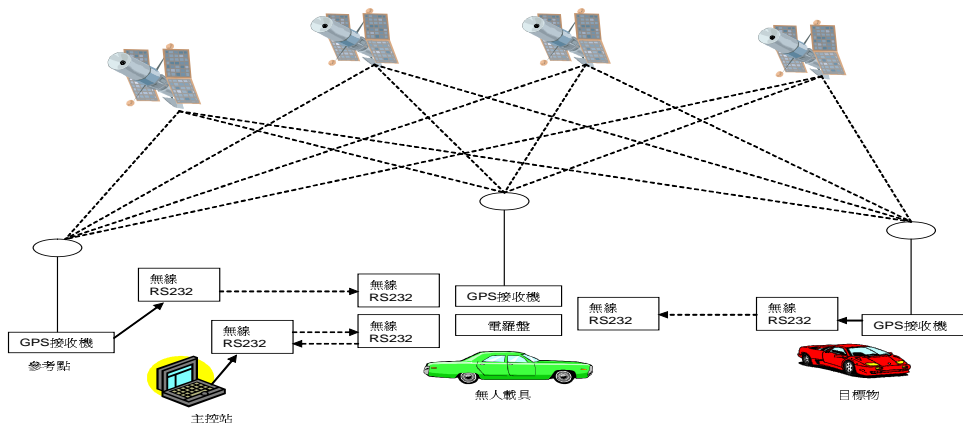


圖4. 系統架構

其中各部份的工作內容簡述如下:

主控站

1. 命令載具行進或強迫停止。
2. 接收載具所傳回來的資料, 包含載具、目標物目前的位置資料並將位置資料顯示於螢幕上。
3. 在完成實驗後透過無線串列埠通訊, 以手控方式讓載具回到起點。

無人載具

1. 設計載具的最佳行進路徑。
2. 接收參考點的GPS載波相位觀測量與目標物的GPS載波相位觀測量, 並配合載具本身所接收的載波相位觀測量來完成載波相位三次差分定位(CDGPS)之解算, 以求出載具和目標物之物置。
3. 將載具的位置及姿態和參考路徑做比較, 再把誤差傳入模糊控制器並算出車輪轉向的脈波量, 透過馬達控制卡傳送訊號給馬達以操作載具的運動。
4. 接收主控站的控制訊號, 並把載具及目標物的位置資料傳回主控站。

目標物

1. 以人為的手動方式在平面上任意移動。
2. 傳送GPS載波相位觀測量回無人載具上。

由以上每個部分的工作內容可知, 無人載具在整個系統中佔有極大的部份。載具的各種運動將由載具上的PC, 依據感測器所接收到的訊息, 經由解算後決定操作方式。

2.1.1. 載具機構配置與各元件介紹



圖5. 載具側面圖

載具的機構可分為二層, 上層主要放置 PC、電子羅盤儀等, 而下層主要是放置馬達驅動器、電源供應器及 GPS 接收器等, 其配置方式如圖 6 所示, 而載具上各重要元件的介紹如表 1 所示。

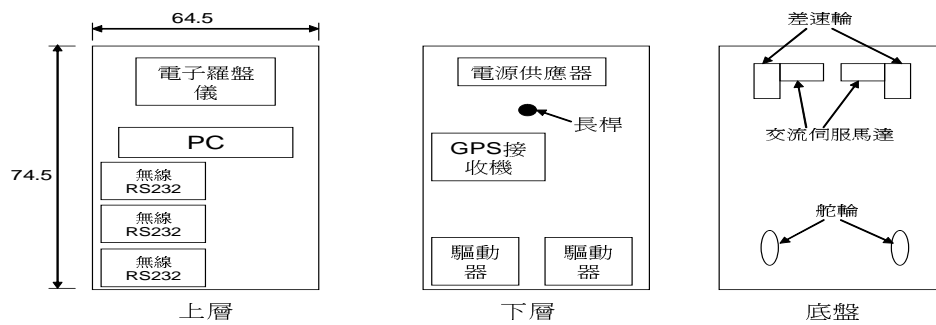


圖6. 載具機構配置圖

表1. 載具上各元件介紹

設備名稱	工作內容
車上 PC (Pentium4 2.6GHz 個人電腦)	規劃載具行進路徑及接收各感測器資料後做運算, 以決定載具的控制策略.
運動控制卡 (健昇科技出產的 MPC3024 4 軸運動控制卡)	經由模糊控制器解算後的轉動控制量, 再透過運動控制卡輸出脈波來控制馬達轉速.
驅動器 (健昇科技出產的 ESD-04 伺服驅動器)	接收運動控制卡傳來的脈波來驅動馬達.
110V 交流伺服馬達 (健昇科技出產的 ESM 60 交流伺服馬達)	帶動載具的行進運動.
電子羅盤儀 (PNI Corporation 出產的 TCM-50 三軸精密電子羅盤)	判定載具的姿態.
GPS 接收器 (Ashtech G12 GPS 接收機)	接收衛星訊號並對載具及目標物進行定位.

2.1.2. 載具控制系統架構

對於控制器的選擇, 我們是以模糊控制器[3]來控制載具的行進運動。載具的位置和姿態由 GPS 接收器及電子羅盤儀得知後, 將二者的資料傳入載具上的 PC 並和由 PC 所設計的參考路徑相比較, 而參考路徑的設計是依據載具和目標物的位置來設計。其產生的誤差當作模糊控制器的輸入變數, 經過模糊控制器解算出來後的轉動控制量再透過馬達控制卡來控制馬達的轉速, 以完成目標物的追蹤控制, 圖 7 為整個載具控制系統的架構圖。

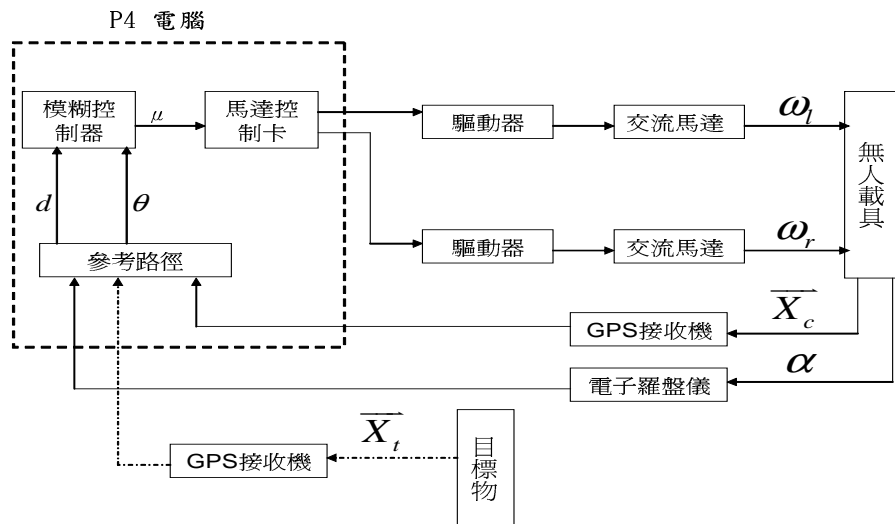


圖7. 載具控制系統架構圖

2.1.3. 車體運動方程式

圖8為無人載具在一平坦地形上，其車體之運動模型，而 $[x(t) \ y(t) \ \alpha(t)]$ 描述車體在 t 時間相對於此固定座標的狀態，假設輪子運動均為純滾動，且無側滑，其運動方程式如(3)式所示。

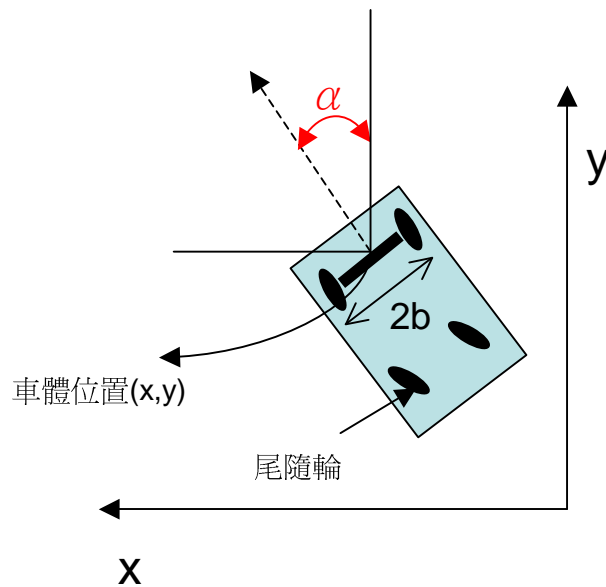


圖8 無人載具之座標位置與車頭方向定義

$$\begin{bmatrix} \frac{dx(t)}{dt} \\ \frac{dy(t)}{dt} \\ \frac{d\alpha(t)}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R(\omega_r(t) + \omega_l(t))}{2r} \sin \alpha(t) \\ \frac{R(\omega_r(t) + \omega_l(t))}{2r} \cos \alpha(t) \\ \frac{R(\omega_r(t) - \omega_l(t))}{2br} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中

$\omega_l(t), \omega_r(t)$: 左右兩驅動輪馬達轉速

r : 前輪齒輪減速比

R : 驅動輪半徑

b : 兩驅動輪軸距長度的一半

由(3)式可知

1. 當 $\omega_r + \omega_l = 0$ 時, 車體進行原地旋轉
2. 當 $\omega_r = \omega_l$ 時, 車體進行直線前進或後動
3. 若 $\omega_r > \omega_l$ ($\omega_r < \omega_l$) 時, 則車體向逆(順)方向移動且轉動

此外, 令兩輪差速 $\mu = \omega_l(t) - \omega_r(t)$, 此變量為控制載具之主要參數。

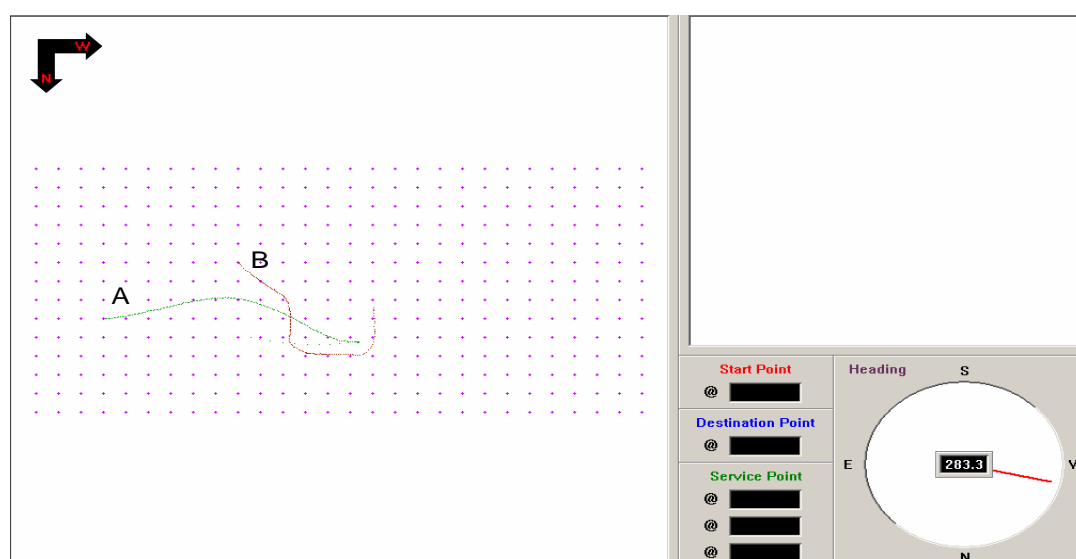
3.1. 實驗結果

如下圖所示為實驗場景, 在實驗中我們以人為方式去推動一目標物, 在目標物上我們亦放置一 GPS 接收器來判斷其位置。載具會依其姿態和參考路徑的角度誤差來判斷其轉向大小而完成目標物的追蹤控制。



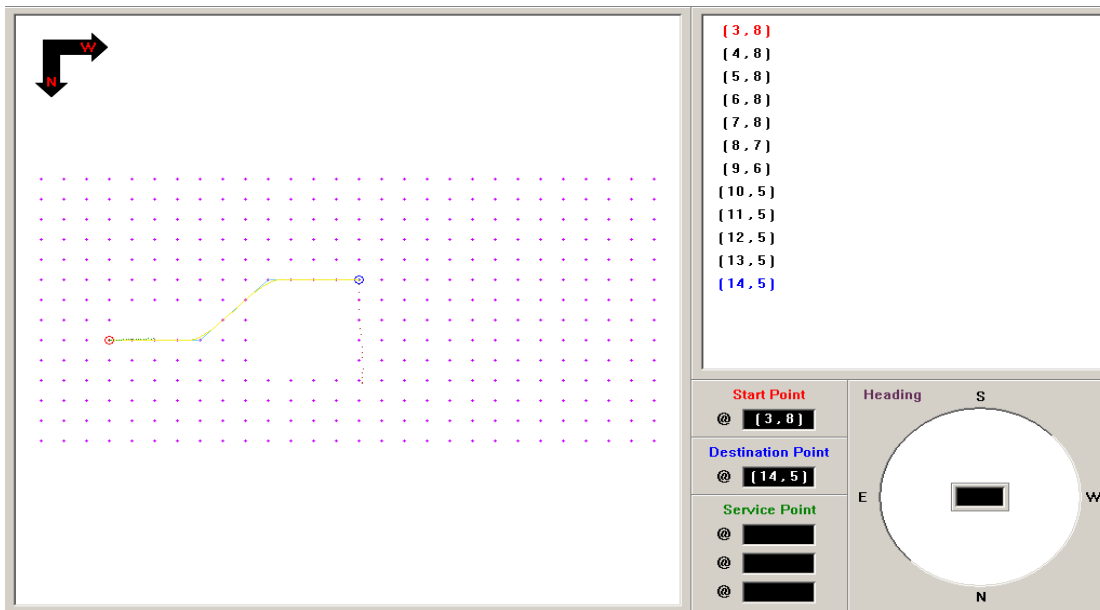
3.1.1. 無障礙物平面追蹤

下圖為無障礙物追蹤結果, 曲線 A 為載具追蹤路徑, B 為目標物移動路徑。

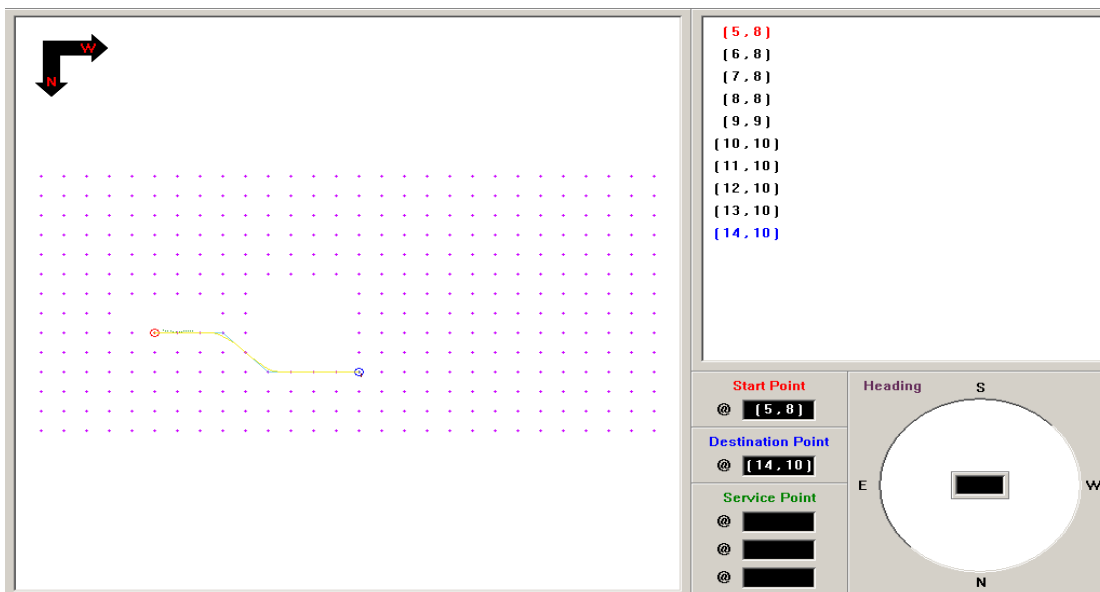


3.1.2. 有障礙物平面追蹤

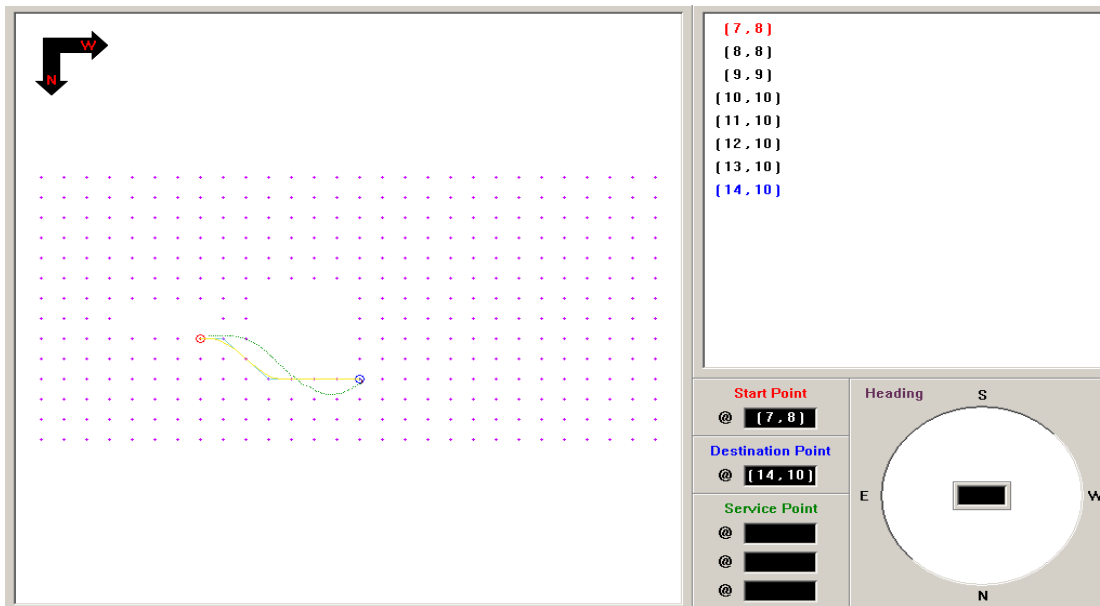
在有障礙物時，我們必須變換路徑的設計。以下三圖分別顯示當目標物的位置改變時，載具如何更換其路徑，而避開障礙物，到達目標物所在位置。



載具初始之最佳追蹤路徑



載具第二次更新後之最佳追蹤路徑



由於目標物不再改變其位置,故載具第三次(最後一次)更新後即不再更新路徑

4. 結論

從實驗的結果可知,在無障礙物平面上,藉由1.1.1節中的方法確實可以達到載具對目標物的追蹤控制;而在有障礙物平面上,載具結合路徑規劃演算法可以使載具避開障礙物而到達目標物所在位置。未來可根據這些基礎,在硬體上增加 CCD、機器手臂等設備,更進一步往多部載具協同搬運物體的目標發展。

5. 參考文獻

- [1] Tsao, K.J., Wang, L.S., Kuo, P.T., Chang F.R., "Trajectory Generation for Vehicle Moving with Constraints on a Complex Terrain," in *IEEE ICRA*, 2003.
- [2] 楊英魁, *模糊控制理論與技術*, 全華科技圖書股份有限公司, 中華民國85年11月.
- [3] 李明威, *無人車之B-樣條曲線路徑規劃與控制*, 台大應力所碩士論文, 中華民國92年7月.