

基於電腦視覺之自動車學習與航行 [2/3]

Learning and Navigation of Autonomous Land Vehicle Based on Computer Vision (2/3)

計劃編號：NSC87-2218-E-009-014

執行期限：民國 86 年 8 月 1 日至民國 87 年 7 月 31 日

主持人：蔡文祥 交通大學資訊科學系教授

一、中文摘要

無人駕駛自動車相關研究一直是自動化領域的重要課題，尤其是隨著近年來電腦視覺與各種感測技術的進步，自動車的應用性愈發受人矚目。本計畫的目的著重在如何應用電腦視覺技術於無人駕駛自動車上，使其認知與學習各種應用環境與導航。今年本計畫的主要研究成果有以下三項：

1. 利用移動物追蹤技巧自動學習環境資訊；
2. 路面障礙物之學習與航行；
3. 走廊定點環境與整體路徑之學習。

以上三項成果包含在此一報告之中。

Abstract

Research on autonomous land vehicle (ALV) has always been an important issue in the field of automation. Especially, with recent advances in computer vision and sensor technologies, research on practical applications of land vehicles has attracted worldwide interest. Emphasis of this project is placed on the study of computer vision techniques to facilitate an ALV system robust navigation methods and flexible environment learning algorithms. Three major research results are achieved in the second year of the

project:

1. Environment learning with human-following techniques for autonomous land vehicle navigation.
2. Obstacle detection and avoidance for autonomous land vehicle navigation in outdoor road environments by 3-D computer vision techniques.
3. Path learning, planning, and guidance for ALV navigation inside buildings.

All the above three results are contained in this report.

二、計畫緣由與目的

由於無人駕駛自動車多樣化的應用性，相關研究已成為各國學者致力研究的主要課題之一。同時，隨著電腦與電腦視覺技術的進步，無人駕駛自動車在電腦視覺能力上的潛能相當令人期待。

無人駕駛自動車的應用十分廣泛，舉凡殘障輔助器材，工廠自動化，辦公室自動化，汽車輔助駕駛，無人戰車，危險區域探勘與維修等等皆有極佳的應用性，可以代替人從事危險，單調或重複性高的工作。

在這些各式各樣的應用中，自動車對於所處環境的認知能力攸關其整體運作

的成敗，再者，若能同時具備環境學習功能，自動車對不同環境的認知能力可更具彈性。因此，本計畫的目的即在於利用電腦視覺技術，以攝影機在未知環境中擷取特徵，使自動車能學習環境知識，並利用所學做更順暢的自動導航。基於此目的，本計畫於今年度討論三項研究主題：

1. 利用移動物追蹤技巧自動學習環境資訊；
2. 路面障礙物之學習與航行；
3. 走廊定點環境與整體路徑之學習。

三、研究方法與成果

本計畫三個研究項目的研究方法與成果分述如下：

1、 利用移動物追蹤技巧自動學習環境資訊

在本項目中，我們利用第一年計畫所發展的移動物追蹤方法，提出一套結合移動物追蹤與自動學習環境技術的自動車航行系統。在環境學習〔environment learning〕[1]的過程中，自動車會追蹤前方行人〔person following〕[2]，尾隨此移動物在環境中前進，此時利用電腦視覺技巧抽取影像中的環境特徵，更新模組中的資訊，最後建立出整個航行環境的環境組模，以供日後自動航行之用。本方法於實驗用的自動車已可達到成功和平順的航行。

2、 路面障礙物之學習與航行

在此項目中，我們提出一套可以在室外環境中偵測障礙物並達成避碰的方法。首先，我們假設影像中可能是障礙物的區塊為陰影，利用電腦視覺技巧預測此區塊在下一張影像中出現在的位置，此時，再利用距離加權式相關性〔distance-weighted

correlation，即 DWC〕[3] 度量的方法，和真正影像中擷取出之區塊進行比對，就可以判斷此區塊是障礙物或是陰影，若比對結果不吻合，代表此區塊為障礙物，此時就要利用避碰〔obstacle avoidance〕[4] 的技巧繞過障礙物，以達成安全航行的目標。此方法已在實際道路上測試，實驗結果顯示自動車能成功的判別障礙物，安全的繞過而行。

3、 走廊定點環境與整體路徑之學習

在此項目，我們提出一整套的學習法則分別可以套用在『環境模組之建立』、『轉彎過程之學習』以及『航行景觀之學習』。在環境學習的過程中，經由人為介入的操作方式，自動車將所取得的影像利用影像處理及電腦視覺技巧，分析出路面及非路面部分，同時產生未來的導航路徑，在此，我們的導航準則是將車子保持在車道中間。在環境學習之後，系統即建立一個加權式有方向性的圖形環境模組〔weighted directed graph model〕[5]：導航時，依據此環境模組，利用戴伊斯特演算法〔Dijkstra's algorithm〕[6]，就可針對特定起始點與終點產生一最佳路徑。在此項目中，我們亦完成了轉彎與迴轉的學習與導航方法；主要做法是：在學習過程中，分析與儲存輪向調整參數，以便於導航時與避碰模組結合，達成轉彎或迴轉的航行方式。本方法已經在實際的系統與環境中成功的驗證過，顯示其可行性。

四、結論與討論

針對本年度計畫“基於電腦視覺之自動車學習與航行”，我們完成了三個研究主題：利用移動物追蹤技巧自動學習環境資訊 路面障礙物之學習與航行，以及走廊定點環境與整體路徑之學習，且都經過實

驗驗證，部分結論與討論整理如下。

在利用移動物追蹤技巧自動學習環境資訊的部分，我們提出了一套結合移動物追蹤與自動學習環境技術的自動車航行系統。此系統改善了人為介入的環境學習方式，操作者只需在車前行走，自動車會跟隨其後，蒐集環境資訊，建立環境模組。在建立環境模組時，擷取出的局部影像特徵會與已存在的影像特徵比對，以建立的全面性的環境模組。在導航時，清晰控制技巧可決定車子前進的速度。

在路面障礙物之學習與航行部分，我們提出一套可以在室外環境中偵測障礙物並達成避碰的方法。此方法整合了下列技術：

- (1) 利用標記演算法〔labeling algorithm〕和華薛爾演算法〔Warshall's algorithm〕達到快速擷取路面邊緣點。
- (2) 以反投影〔backprojection〕和投影法則〔projection principle〕計算物體3-D座標。
- (3) 使用距離加權式相關性〔DWC〕作為障礙物判斷的度量依據。

在走廊定點環境與整體路徑之學習部分，我們提出一套整合性的學習法則，分別可以套用在『環境模組之建立』、『轉彎過程之學習』以及『航行景觀之學習』。此系統的優點在於，由於環境學習的資訊整合成一個圖形式模組，系統只需要人為操作一次，自動車就可產生任意不同起點與終點的導航路徑，並不需要學習同一環境中各種不同的路徑；同時，採用一組由經驗歸納出的避碰原則，使得自動車的避碰方式系統化而有效率；整體架構雖簡單但可提供充分的導航資訊。

五、參考文獻

- [1] G. Y. Chen and W. H. Tsai, "An incremental-learning-by-navigation approach to vision-based autonomous land vehicle guidance in indoor environments using vertical line information and multi-weighted generalized Hough transform," accepted and to appear in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*.
- [2] C. H. Ku, and W. H. Tsai, "Obstacle avoidance for autonomous land vehicle navigation in indoor environments by quadratic classifier," accepted and to appear in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*.
- [3] T. J. Fan and W. H. Tsai, "Automatic Chinese Seal Identification," *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, Vol. 25, pp. 311-330, 1984.
- [4] M. Xie, L. Trassoudaine, J. Alizon, and J. Gallice, "Road obstacle detection and tracking by an active and intelligent sensing strategy," *Machine Vision and Applications*, Vol. 7, pp. 165-177, 1994.
- [5] J. C. Hyland and S. R. Fox, "A comparison of two obstacle avoidance path planning for autonomous underwater vehicles," *Proceedings of the Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*, Washington, DC, U.S.A., pp. 216-222, June 1990.

- [6] Acosta and R. G. Moras, "Path planning simulator for a mobile robot," *Computes and Industrial Engineering*, Vol. 19, No. 1-4, pp. 346-350, 1990