

無人載具之遠距無線遙控衛星定位控制暨自動導航

高中組 第一名

縣市：臺北市

校名：建國高中

作者：朱承啓

指導教師：梁志堅



很高興今年以無人載具之遠距無線遙控、衛星定位控制暨自動導航一題獲得應用科學科高中組第一名。

今年是我第四年參加科展，從國一起就開始科展的研究，每一年都能如期推出參展作品，在這過程中，我學到如何對一件計劃做事前評估，如何從無到有把空想變成實際，以及在實作過程中，衍生出相關的知識也一併學習，這是我這四年來所獲得的。

由於目前就讀高一，明年還有機會參加科展，我希望明年也能如期完成作品參加比賽，繼續這幾年努力的成果。

關鍵詞：衛星定位、自動導航、差分修正、循跡控制

一、研究動機

(一)因南斯拉夫對科索沃的侵略行動，使得美國與北約組織於去(一九九九)年三月中旬起，以長程巡弋飛彈轟炸南國，由於巡弋飛彈運用全球衛星定位系統(Global Positioning System)，使其準確命中攻擊目標，致使南國主要設施受創嚴重而被迫撤軍，這種非人員直接接觸式的作戰方式，將是未來戰爭形態的主流，因此衛星定位系統和巡弋飛彈自動導航技術的應用引起我探研的興趣。

(二)數年前由電視新聞看到美國航空暨太空總署(NASA)將探路者(Pathfinder)火星探測車送上火星，從事火星上生物、地質、環境等研究工作，這種由地球透過無線遙控以收集遠端資訊的技術令我嚮往。

二、研究目的

擬仿照火星探測車的概念，以日常生活中容易取得的材料，研製一輛能夠接受電腦指令控制的無線操控自走車，並結合衛星定位系統的定位功能，使遙控自走車能精確定位而於遠端循跡控制。更進一步探討導航路徑的規劃，使自走車能依路徑自動駕駛，使其成爲一輛多功能的無人自動載具，並將研究心得應用到生活上，設法解決人們因缺陷或障礙所造成的不幸，使科學研究的目的真正的創造人類的福祉，例如眼鏡的發明解決了視力上的障礙，而我的無人載具的研究也可變身成爲機器導盲犬爲盲人服務，諸如此類，讓應用科學的成果具體成爲便利的工具。

三、研究設備

(一)受控端

1.載具單元

(1)模型電動車組(Tamiya Bullhead & King Hauler)

(2)轉向伺服機(Futaba FP-S9302)

(3)電子變速器(Futaba MC310CB)

(4)直流馬達

2.控制單元

- (1)工業級單板電腦(南京資訊PC-570)
- (2)硬碟(Toshiba 2.5吋3.2G Byte)
- (3)CPU(Intel Pentium MMX 200 MHZ)
- (4)DRAM(32M Byte)
- (5)無線RS-232收發器(力激SST-2400)
- (6)GPS接收器模組(Motorola VP Oncore)
- (7)GPS天線(亞力通訊GPS-P1MAL)
- (8)電子羅盤模組(PNI Vector V2X)
- (9)DIO模組
- (10)ADC模組

3.電源供應單元

- (1)鎳鎘充電式電池
- (2)DC/DC Converter模組

(二)主控端

- 1.主控端PC or Notebook(須有2Com埠)
- 2.軌跡球(Track Ball)
- 3.無線RS-232收發器(力激SST-2400)
- 4.電源供應器

(三)GPS參考站台

- 1.GPS接收器模組(Motorola VP Oncore)
- 2.GPS天線(亞力通訊GPS-P1 MAL)

四、研究過程

依照遠端無線遙控和自動導航駕駛之功能，自走車的控制將區分為受控端，主控端和全球衛星定位系統參考站台三大部分。

受控端為自走車本體，配備工業級單板電腦處理來自主控端的遙控指令，以驅使車輛前進、後退、變速和轉向等控制。由於遠距遙控無法目視被控車輛的狀況屬於盲目操控，假若能精確標定自走車的位置和判斷行徑軌跡，便可在主控端以監視器循跡操控。對於定位和循跡，將由程式解析車輛上所配備的GPS接收器和電子羅盤的資料。自動導航駕駛則應用GPS將起訖地點設定後予以路徑規劃，由於涉及車輛姿態和複雜的數學演算，非我目前能力所及，因此這個部分將以兩點直航和起訖點走矩形後閉合為實驗目標。

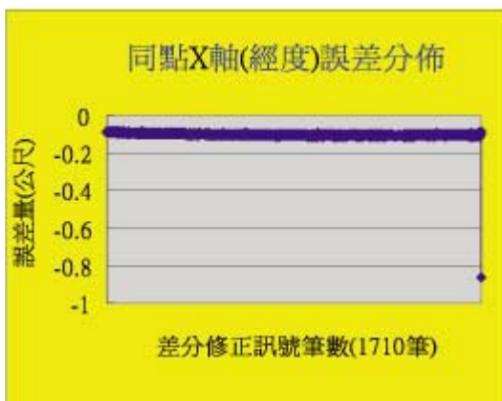
主控端為控制中心，採用PC為工作平台，與受控端間之連繫係以無線RS-232之串列收發埠為通信通道，控制中心可對自走車下達控制指令，利用鍵盤操控車輛。在本次的研究裡，為了模擬人機界面的整合，亦仿照電玩遊戲使用搖桿操控的概念，將軌跡球的應用做為自走車遙控駕駛的操作介面，提高操控的便利性和親和性。

由於一般民用商業GPS接收器所接收的C/A電碼(Coarse / Acquisition Code)，被美國軍方加入了選效(Selective Availability)擾亂值，使得解析誤差達百公尺左右，影響使用準確度，即使運用RDS系統(Radio Data System)的調頻副載波差分校正技術(DGPS)，也只能改善到五公尺的精確度，在我研究的自走車定位控制系統裡，由於車輛小和速度慢，五公尺範圍的誤差值是無法達成準確循跡和導航駕駛的。為了改善此項缺陷，我將設置一固定位置的GPS參考站台做為基準台，此站台將解析載波相位觀測量的資料(Carrier Phase Measurement)，並將此資料向自走車廣播，自走車將與車上GPS接收器所接收的資料比對，利用差分校正的方法，不斷的精算出自走車移動位置與基準台間的相對距離，經過誤差修正可得到約20公分級的精確度，這個部分是本次研究案中非常重要的項目。

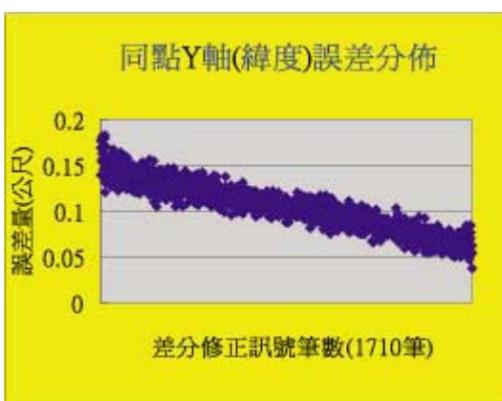
五、研究結果

車輛運動方面的循跡控制和導航控制的功能，將以自走車的定位軌跡在主控端顯示器上光點的漂移狀況和導航自動駕駛起訖點的閉合誤差來分析，這項屬於本研究計劃中最重要項目—GPS差分定位校正和導航路徑演算的程式，因先前採用精確度只達五公尺的DGPS系統證實無法滿足需求，而予以淘汰，目前改用載波相位觀測量的差分校正方法，經實驗在同一個GPS測定點進行差分修正其誤差都能控制在20公分之內合於我的需求，這是由於GPS衛星所廣播的電波，其波長約為20公分所致(電波傳遞速度÷電波的頻率→ $3 \times 10^{10} \text{ cm/sec} \div 1.42 \text{ hz} \doteq 20 \text{ cm}$)。我所使用的差分修正方法是運用衛星與主、受控端之兩接收機間所產生的相位差，經三次差分消去GPS衛星及兩接收機的時錶誤差，所得即為兩接收機的相對距離。在應用之前為確保差分程式的校正能力和精確度，我將主、受控端GPS接收機的天線上下疊置於同一垂直點上，理論上同點的距離誤差經差分校正應為零，然而實際測試時，我隨機的接收了1710筆(28.5分鐘)的GPS載波相位訊號資料(資料接收頻率為1HZ)，經差分演算其X軸(經度)、Y軸(緯度)和合成(距離)之誤差量都在20公分的範圍內，詳如圖表一、

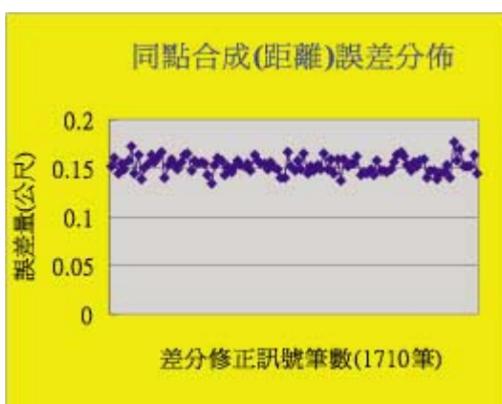
二、三之誤差分佈圖，顯示本研究的差分校正程式的精確度和程式執行功能完全達成我的預期目標，因此在循跡駕駛中，光點不再漂移軌跡非常地穩定，而且起訖點能形成一閉合的圖形；在自動導航控制上，完全依照所設定的矩形長、寬值自動行駛，且其停止點與出發點位置在20公分之內，可視為起訖點完全閉合；然在整體驗證測試時，偶因GPS所接收的訊號受到測試場地之環境、地形、時段、衛星分佈狀態和收訊強度等因素之影響，使得差分校正條件無法成立而無法進行差分程序，這是由於我目前的差分程式不具備自動選擇和追蹤衛星的能力，因為衛星是機動的，為了確保程式處理訊號的正確性，因此差分程式對於接收衛星訊號的條件就要求的格外嚴格，在本程式裡所要求的衛星數目至少需達四顆以上，仰角要大於30度，而且要為健康可用的狀態，對此我也設計了一套衛星狀態觀測系統，利用此圖示可以很容易地監視和判斷衛星狀態。經過這次的研究和實際的應用，得到許多的經驗，對於差分校正的技術，將會繼續的研發和改進，使此系統具備自動選擇和追蹤衛星的強大功能，以做為日後進階研究的基礎。



圖表一 同點經度誤差圖



圖表二 同點緯度誤差圖



圖表三 同點距離誤差圖

六、討論

(一)我在GPS定位系統裡運用自設基地台廣播DGPS信號供自走車校正定位誤差，屬於地區性的應用，但應用至廣域時，例如全省北、中、南、東區的及時資料廣播，除可利用各地區既有的廣播電台外，還必須個別設置地區性的GPS接收站台，此項費用所費不貲，若結合網路系統，事先求出網路節點間的資料傳輸率、兩地時間差異、地區距離差異等，就可經過前置處理器由基地台算出各地區的校正值，透過廣播供使用者使用，利用網路形成虛擬參考站台。

(二)本次無人載具的研究經由軟體程式的差分校正技術，使得定位準確度提高至20公分級，因此這項差分技術將可廣泛的應用到各種GPS系統上，例如本研究的技術就可應用於船舶進港的無人領航，運用此技術將可省下傳統領航員之人力，也由於定位準確使得船隻進港更為安全。首先我們可將各港口水域之水路狀況數位化以做為港口領航的依據，利用港口與船上的無線通訊系統可將領航受控程式傳送到船隻上，並運用此差分技術將船隻與港口的相對距離測出，將領航命令用無線數據方式下達給船上的受控程式便可達成無人領航的應用；同樣地，這項研究也可應用到無人飛機上，相信本次研究是極具應用價值的。

七、結論

(一)對於多功能自走車的專題研究，雖然只運用了最簡單的器材和最基礎的理論，卻讓我接觸到無線通訊、衛星定位系統、差分定位校正、導航規劃和運動控制等非常高科技的技術領域，同時也由實作獲得了基本應用的寶貴經驗。然而在研究過程中，由於坊間相關的書籍和資料非常的貧乏，增添了研究上的難度，所幸網際網路的便捷，使我很容易的上網獲得許多國內外學術單位和研究機構相關的文獻供作參考，解決了不少的疑問，使得研究工作得以順利進行。

(二)有關自走車自動導航部分，因受限所學(目前就讀高一)，只能利用簡單的三角和幾何學來規劃路徑並做一次控制，因此不易精確控制。良好的控制，必須透過多重控制和回授控制的方法處理，這些都將運用微積分的概念和自動控制的基礎，為此我將努力學習和繼續進階改良。

(三)每年在參加科展研究的時間裡，總會碰上若干的驚喜，例如前年在做電磁船的電磁研究時，華裔科學家崔琦教授以「分數量子霍爾效應」的電磁研究，獲得一九九八年的諾貝爾物理獎，對於電與磁給了我無限的遐想，也給了我再繼續

研究的空間。而去年又有兩位荷蘭物理學家塔夫特和韋爾曼，以電弱作用的量子結構和運動的研究，榮獲去(一九九九)年的諾貝爾物理獎，他們的研究係將粒子理論置於數學的基礎上，因此可精確計算物理的量。這個概念給了我一項非常重要的啓示，就是科學研究的精神，必須設法將抽象的概念經由數學的分析予以量化，誠如在導航控制的研究裡，假使能將規劃路徑的數學公式完整表達，就可完全導航了，當然在數學公式的表達上，涉及許多的理論基礎，對此我將積極的研究以達學習的目的。

(四)多功能自走車的研究經歷了近一年不算短的時間，終於在定點導航的驗證下達成預期目標，而自動導航的研究仍有許多可供增進和改良的議題，我非常期望能在此一基礎下，繼續朝動點導航的方向鑽研，以做為研究目前非常熱門的戰區或全國飛彈防衛系統(TMD/NMD)的一個起點。無獨有偶，就在即將參展之際，聯合報於89.1.19刊登了一篇轉載自紐約時報2000.1.18的新聞，報導關於美國匹茲堡卡內基美隆大學在航空暨太空總署的贊助下，進行一項名為「諾曼」計畫的南極冰原太空隕石的搜尋研究，諾曼計畫的主角是一輛具人工智慧的多功能的自走機器車，此車所具備的功能與架構和我研究的構思竟有許多相似之處，因此可預期人工智慧、衛星定位、自動導航和無線通訊等技術的發展，將會應用至各種無人的自動載具上，以突破環境和時空的障礙，相信這方面的研究是無限廣闊而具發展潛力的。

(五)最後，回顧本次的研究，從去年三月設定題目開始，迄今近一年的時間，當初對於GPS是全然不知為何，也犯了大多數人所誤認的觀念，以為GPS在使用上是雙向通訊的，而今我已可以全然的了解NMEA、Binary的資料格式，以及GPS衛星的載波相位訊號，並予以應用，也同時在差分校正的研究上有所收穫，使得一般普通廉價的GPS接收機，可以提高數十倍的準確度，此非一般商用GPS系統所能比擬，此系統若能不斷地研發改良精進，說不定日後我國雖未擁有GPS衛星，但卻有極精準的GPS系統可用，願將此心得提供給有志研究的同學們，做為入門的一把開門之鑰。

八、參考資料

- (一)太空通訊原理－白光弘著－東華書局
- (二)數位通訊系統－王誌麟譯－東華書局
- (三)通訊系統－曾振東、翁萬德、江松茶譯－全華圖書
- (四)數據與數位通訊系統－張大中譯－全華圖書
- (五)Oncore User's Guide 1977－Motorola
- (六)數位IC大全－白中和編譯－建宏出版社
- (七)微電腦I/O與介面控制實務－林永裁、鄭美珠編著－益眾資訊
- (八)微電腦界面技術與實作－陳瑞熙、高堅志、鄭明哲編著－碁峰資訊
- (九)I/O自動控制實務－林伸茂著－旗標出版公司
- (十)Turbo C入門與應用－洪錦魁編著－文魁資訊

評語

本作品成功地結合GPS定位與無線數位操控而研製出一循跡遙控自走車。作者對GPS之運作原理有極精確與深入的了解，且極為嫻熟電子電腦技術的製作與應用。作者並自行架設差分校正(DGPS)站台藉此將GPS的精確度由一般之50~100公尺提昇之0.2公尺。如此之能力已遠超出一般所及之水準。

[回到目錄頁../Index.htm](#)