

自動組: Hey D.U.D.E.

指導老師：林達德 教授

參賽同學：蔣壽山 張恒維 朱倫成 李治緯

台灣大學 生物產業機電工程學系

機器人簡介

為了能夠達到本次比賽所要求的目的，本機器人參考了一般後輪驅動汽車的底盤架構，加以簡化與修改，達到高速而穩定的移動。後方動力部份使用單顆直流馬達透過鏈條與齒輪之傳動來帶動後輪。前方轉向控制使用高扭力伺服馬達來控制，前方兩輪皆無動力，僅使用於方向控制。

於機器人前方安裝一具海綿滾筒，做為收球之輔助機構，滾筒與機器人體體由鋁擠型所製作之手臂連接，滾筒的滾動與手臂的抬起落下，各由一個減速直流馬達控制。

在車體移動時此手臂會抬起並將滾筒收置於車體上方，當抵達高山區時會放下手臂並將滾筒滾動，在此滾動的過程中即可將球撥入車體下方之收球區。收球區為一有單向開口之凹槽，在設計時將開口端之位置設置較高，並且在收球區貼上雙面膠帶，可以確保球進入之後不會因機器人移動或振動而滾出。

在機電整合之控制單元，則以筆記型電腦為感測與控制的核心。由電腦接收置於車體前後之兩部攝影機之影像資訊，經由自行撰寫之程式運算處理後發出控制指令給 89S52 單晶片，由單晶片經過繼電器控制直流馬達或是發出特定工作週期的信號改變伺服馬達的角度，來達到車體前進、後退和轉彎之動作。

設計概念

為了因應比賽規則中的要求，需製作一能夠快速而穩定移動的機器人，才能擁有較高的勝利機會，參考相關行動機器人學文獻後 (Siegwart and Nourbakhsh, 2004)，因此選用一般汽車之後輪驅動、前輪轉向的底盤機構作為主體。雖然利用此設計仍有些限制，例如：無法原地掉頭、轉彎之旋轉半徑較大等等，但是擁有直線前進穩定度較高

的優點，可避免掉因直線行走之角度誤差而需校正回直線之動作。因為在達成任務上，並不需使用到大角度的迴轉，所以決定以穩定性為主，忽略掉部份轉彎所需之自由度，提昇任務完成的機會與勝率。

在取球策略上，設計車體時將取球範圍加大，避免因機器人本體的定位誤差而取不到球，同時因取球速度越快勝率越高，所以在取球動作上也要盡量使用快速的動作；同時，也需避免使用較複雜的機構，設計越簡單，穩定性越高，在維修上也會越方便。基於以上考量，設計出以海綿滾筒做為取球機構，以大範圍的高速滾動達到取球之目的。收球區使用簡單高度差原理讓球難以因車體移動而滾出，確保機器人可以帶著球回到平原區。另外在將取球手臂放下的同時，架設於手臂中間的攝影機剛好可以取得收球區的影像，藉以判斷是否已經有球進入收球區中。

在感測與控制系統方面，依照高速穩定的基本設計理念，使得原本預定之完全沿著場地黑線移動之策略變得較不可行；再加上機器底座設計的限制，使得機器人必須要感測前方場地標的物來定位或導航，為了要取得這些資訊，使用機器視覺是較好的選擇，因此選用攝影機作為主要的感測器。同時為了處理複雜的影像資訊，選用電腦搭配自行撰寫之程式作為整個控制的核心，其具有容易修改開發便利的優點。另外，使用攝影機與電腦的機器視覺控制核心，可以有較寬廣的應用範圍，不只是針對比賽，日後只要修改程式，即可達成不同的任務。

機構設計

為了使機器人骨架有足夠的支撐力與剛性，考慮加工的精準與便利性，參考前人(王，2004)所製作的自走車，選擇使用截面邊長 20mm 之鋁擠型作為主要材料。因鋁擠型具有輕而堅固且加工方便的好處，故使用其做為車架之主要材料(圖 1)。

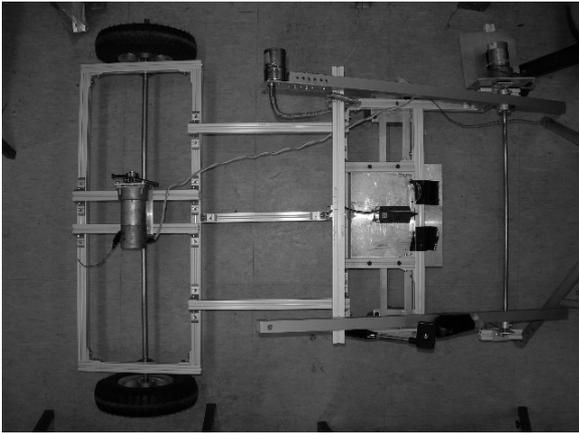


圖 1 鋁擠型車身骨架

機器人底盤使用一般汽車後輪驅動、前輪轉向的配置機構，為了能夠方便拆卸，將機器人分成前中後三個模組，在搬運機器人時可以快速拆解並組合。後輪由直流馬達減速後透過鏈條帶動(圖 2)，為了解決轉彎差速問題，將右輪接上培林，以行進效率換取過彎的穩定性(圖 3)。前輪使用伺服馬達控制轉向角度(圖 4)。

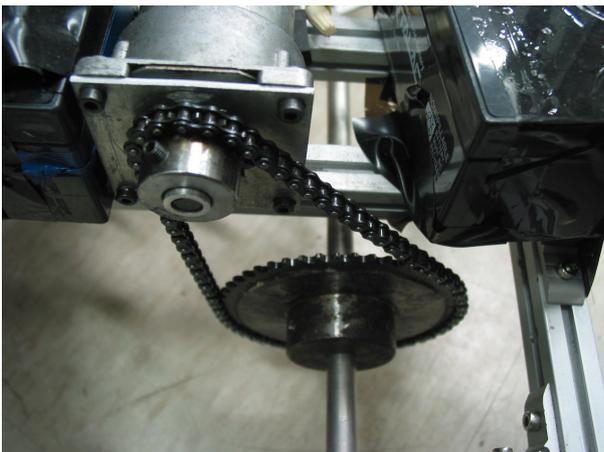


圖 2 直流馬達減速後透過鏈條帶動後輪軸

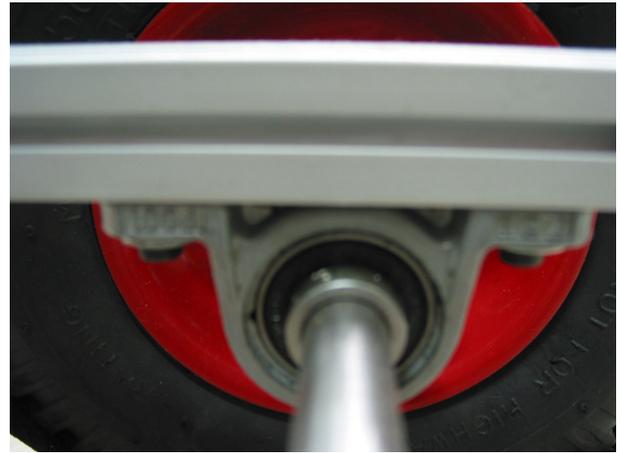


圖 3 右後輪的培林

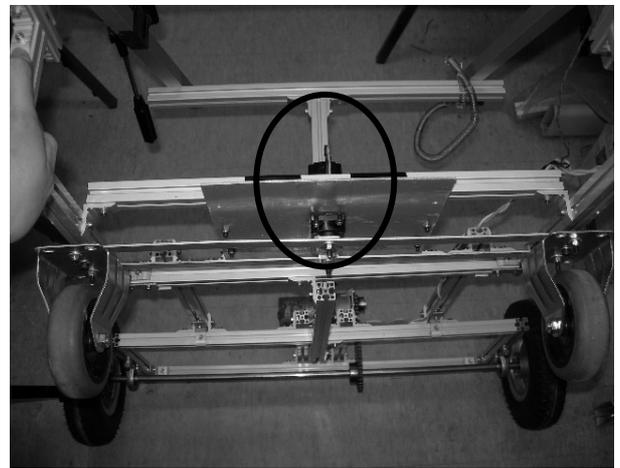


圖 4 伺服馬達控制前輪轉向，圈起部位為伺服馬達

取球機構使用方形鋁管支撐海綿滾筒(圖 5)，以重量輕且能夠有效推動木球為設計依據。機器人下方的收球區使用隨處可見的畚箕為主體，運用其設計的收納角度與易於加工的材質，可以使高山區的球滾入收球區之後不易因機器人的移動而滾出。為了確保球不會滾出收球區，另外加上雙面膠帶，增加球在收球區之穩定性(圖 6)。

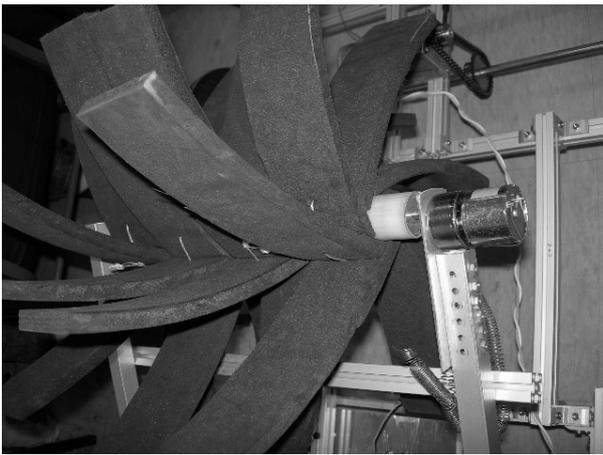


圖 5 撥球海綿滾筒

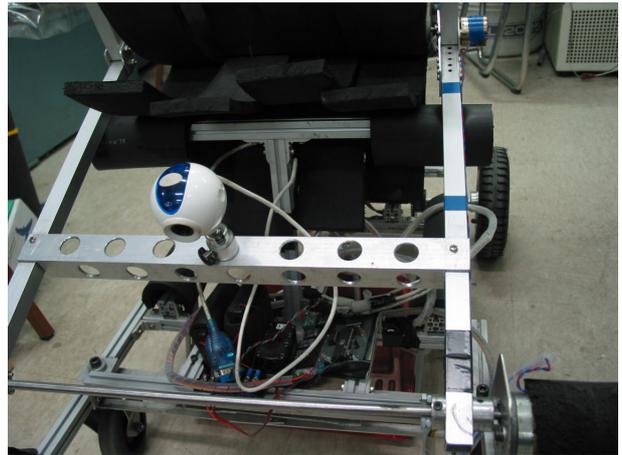


圖 7 前方攝影機

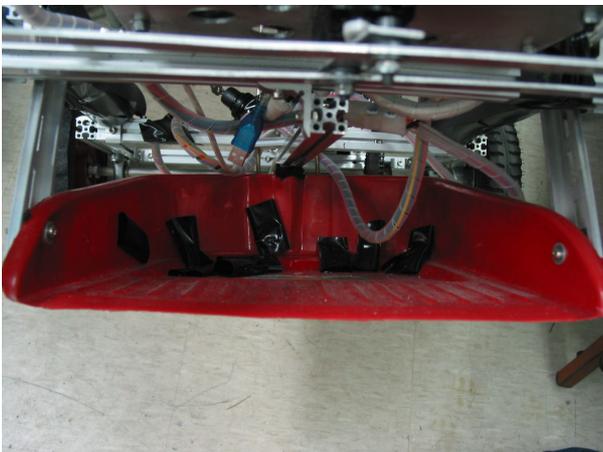


圖 6 收球區



圖 8 後方攝影機

作為影像感測器的攝影機安裝在機器人前方的取球手臂上與後方相同高度的支架上(圖 7、圖 8)，攝影機透過 USB 傳送影像資訊至核心控制程式。攝影機平時用於取得機器人前方黑線的位置；當取球手臂放下取球時，前方之攝影機可以判斷球是否進入收球區。

機電系統

機器人上總共使用四個馬達，三個直流馬達及一個伺服馬達。兩個直流馬達用於取球機構的手臂抬升與撥球海綿滾筒的轉動；一個伺服馬達用於車體前方控制前輪轉動角度；另外一個直流馬達透過減速箱與鏈條帶動後方驅動輪。這四個馬達皆由單晶片 89S52 控制，直流馬達透過繼電器控制動作與關閉，而伺服馬達根據 89S52 發出不同的工作週期決定角度。

安裝於機器人上之筆記型電腦裝有運用 Borland C++ Builder 所自行開發之圖形化介面操控程式(蔡等人，2003)，可以通過 rs232 與 89S52 相連，並送出控制指令至 89S52。圖 9 為安裝於機器人前部的電路板，上面的 89S52 控制繼電器，控制前面所述之四個馬達，做到前進、後退、左轉、右轉、舉臂、取球等動作。

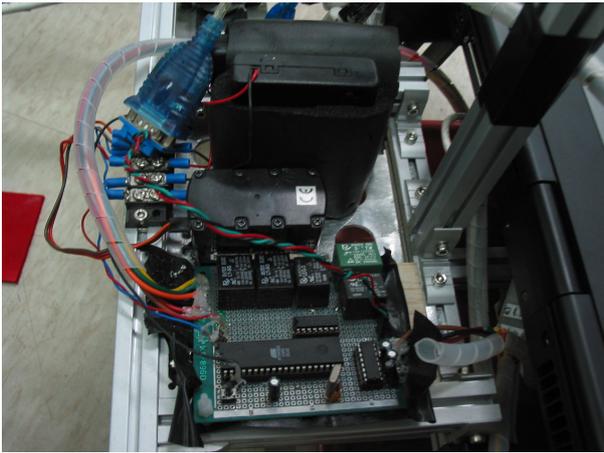


圖 9 電路板

感測與控制

機器人僅使用置於本體前後的兩具攝影機作為感測器，攝影機透過 USB 傳送影像資訊至作為控制核心的筆記型電腦(圖 10)，利用英代爾(Intel)公司所發展之 OpenCV 函式庫分析處理影像資訊(Intel, 2006)，如：使用 CalcBackProject 分析畫面中的顏色，依此判斷是否抵達高山區或平原區。使用 HoughLines2 這個函式得到影像中直線的位置，藉此判斷機器人本體的位置與方向，下達移動指令。HoughCircles 可以得到影像中圓形相關資訊，以判斷球是否進入收球區。

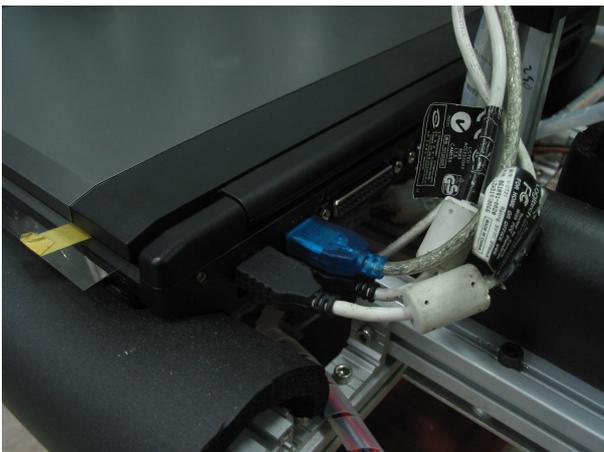


圖 10 使用 USB 與電腦連接，藍色接頭為 RS232，

黑色接頭為攝影機

控制核心根據這些處理過的影像資訊，決定機器人的下一步動作，使機器人達成任務。

以下就影像處理與控制策略部份詳細說明：

(1) 影像處理

OpenCV 是一個開放原始碼的機器視覺函式庫，可以快速的結合 BCB 進行程式開發的工作，其機器視覺函式功能強大，使用方便，許多複雜的影像處理過程都可以簡化到僅用數行程式碼即可完成，而且執行效率高，可以實現即時運算處理，所以在本機器人比賽中，我們使用到了以下幾個函式：HoughCircles、HoughLines2 與 CalcBackProject。

在使用 HoughCircles 與 HoughLines2 函式之前，要先將彩色影像轉成灰階影像，並應用低通遮罩將影像平滑化，再運用 Canny algorithm 找出影像之特殊邊緣，然後再透過 Hough transform 找出影像範圍內的圓形或是直線，並且取得圓形的位置與大小以及直線的起點與終點位置。得到這些資訊後，機器人即可得知自己與場地黑線的相對位置，運算出未來移動的方向，或是知道球是否滾入收球區。

為了判斷機器人是否已經抵達高山區或平原區，我們先取得由攝影機所攝入之比賽場地中紅色或綠色區域之 RGB 值，然後製成直方圖，再使用 CalcBackProject 函式根據影像相似的機率，計算畫面中符合該 RGB 值的範圍大小，機器人可以根據這個範圍大小判斷自己的位置。

(2) 控制策略

機器人的移動控制策略主要以判斷場地黑線為主，為了避免其他線條之影像影響判斷，我們增加判斷限制，只接受黑白間隔的直線。根據畫面中直線的平均斜率與數量，判斷機器人的位置，進而發出控制訊號。

因為場地中有些部份的黑線太過複雜，容易造成誤判，所以我們設置檢查點，當機器人移動至資訊過於雜亂的地區，就切換至儲存好的路徑檔控制模式，不再使用攝影機影像資訊，讓機器人按照儲存好的動作依序執行。路徑檔執行結束後，才再次啟動攝影機，讓機器人再次使用影像資訊移動至下個地點。

使用路徑檔的好處是可以避免資訊太多太雜而使機器人判斷錯誤，同時也可以高速執行複雜的動作；雖然使用

路徑檔時整個系統沒有回饋機制，沒辦法對於外部環境造成的誤差做修正，但是由於使用的時間不長，移動的距離也短，所累積的誤差尚在重新開啟攝影機之後能修正回復的範圍內。如此切換兩種模式，可以在誤差範圍內完成複雜的動作。

在抵達高山區與平原區的檢查方面，根據攝影機取得的影像中，某種特定顏色所佔得比例作為判斷的依據，顏色的資訊於程式開啟時可以儲存，所以不論是分到哪一種顏色，都可以快速重新設定。

機器人成品

機器人成品如圖 11-13。



圖 11 取球手臂抬起時的機器人



圖 12 機器人整體圖



圖 13 機器人整體圖

參賽感言

這是一場殘酷而充滿壓力的比賽，雖然在設計機器人中所需應用的電子電路、機構設計、機器視覺、程式撰寫等各個方面，都曾經接觸過，但是要做的事情太多，時間與人力都太少，實在是忙不過來。能夠在這麼短的時間，達到這種程度，要感謝很多人在精神上與物質上的幫助。

過去只有在電視節目或是漫畫中才看過這一類的比賽，從觀眾的角度只能覺得比賽有趣，參賽者的創意更有趣；而在真的參加之後，才知道創意不是這麼單純就可以激發出來的，要在「競賽」這個詞所產生的壓力之下，才会有如此一閃靈光；而更難能可貴的，是將這想像中的事物真真實實的製作出來。有了這次的經驗，我們相信想像力是沒有極限的，而且在危急之時，想像力是可以實現的。

比賽當天凌晨，其實是最緊張的，機器人的整個系統還是不夠穩定，總是會跑出許多突發狀況，看著天色漸漸亮起，內心著實有些慌亂。不過最後總是解決了問題，準時進入比賽會場。進入了會場後，整個心情就放鬆了，畢竟有什麼問題也來不及修正了。可惜我們的顏色辨認的容錯性還是不夠大，在比賽會場的光源下，雖然可以順利抵達高山區，但總是沒辦法完成取球動作。進入敗部後，連續的比賽更是對系統耐用性的一大考驗。在敗部一路前進，最終還是沒能進入決賽，實在有點可惜，但是我們在比賽過程中也看到了自己的弱點，同時也想了一些解決的方法，這是一直埋頭開發的我們所無法看見的盲點。

感謝詞

感謝林達德老師定時的關心進度，使我們不致因怠惰而拖延進度，並且提供思考大方向的建議與一切金錢上的支援，最重要的是教導我們思考與解決問題的方法，學會自己思考是比製作出自行學習的自走車還要重要的事情。

何萬中先生提供機構設計與模擬場地的建議與協助，沒有何先生的幫助，我們可能為了製作模擬高山區就多花了三個禮拜，何先生卻能把時程縮短至兩天。對於試作機的改造與實戰機的設計，何先生都給予許多實用的建議，並且提供意見告知何處可找尋到材料，告訴我們材料要去哪裡找，甚至可以說，整個機構設計有一半是何先生幫忙的。

實驗室的夥伴們在我們陷入困境時提供天馬行空的解決之道，在我們熬夜趕工時提供外送餐點與飲料，溫暖我們乾涸的內心，少了這群智囊兼茶水，我們沒有辦法支撐這麼久。

另外，也要感謝眾多在 OpenCV 討論區研究程式的夥伴們，雖然我們位在不同的世界，用著不同的語言，但是一起面對同樣的問題，一起討論解決，這種感覺非常不錯。

參考文獻

1. Siegwart, R. and I. R. Nourbakhsh. 2004. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 1st ed., 30-37. Massachusetts: The MIT Press.
2. 王滢惠。2004。以機器視覺為基礎之遠端控制機器人。學士論文。台北：國立台灣大學生物產業機電工程學系。
3. 蔡孟凱、雷穎傑、黃昭維、陳錦輝、陳正凱。2003。C++ Builder 6 完全攻略。初版。台北：金禾資訊。
4. Intel. 2006. Open Source Computer Vision Library. United States: Intel. Available at: www.intel.com/technology/computing/opencv/index.htm. Accessed 10 July 2006.