

自動組：CASUS 及 WHO

指導老師：林沛群老師

參賽同學：黃珮瑄、何欣容、吳宗澤、王霆皓

國立台灣大學 機械工程學系

一、機器人簡介

在中國文化中，天鵝名鵠，天鵝代表我們的鴻鵠大志。而天鵝同時具備純潔、優雅、從容、自信的特色，我們取之作為機器人的形象。

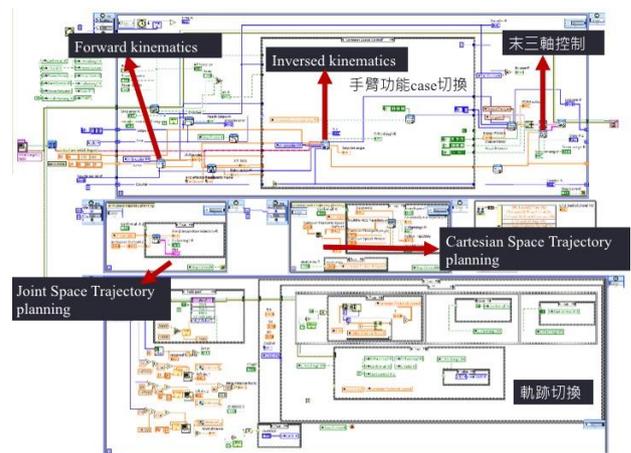
人的手臂是具有許多運動自由度跟感測器的精巧設計，可以完成許多複雜、精巧的動作。本次比賽的許多關卡涉及較精密的定位，例如寫字跟拿球，因此在設計機器人上，我們採用仿生手臂，搭配特製夾爪的方式，以達成夾球與夾筆的任務。同時，手臂伸展優雅，仿若天鵝之脖頸。而場地都為平地，為移動平穩且省能，移動平台採取輪型底座，利用雙輪差速控制。輪型移動平台平穩，如同天鵝氣質優雅滑過場地。一般的顏色感測器僅能知道自身位置（也就是感測器當下偵測到的顏色）。若想要讓機器人跑快一點，就需要向前方看，也就是預測未來的位置。為了達到這個目的，使用微抬傾角的相機擷取較遠方地面的影像，並以之進行影像處理以循線。微抬傾角的相機架亦仿若天鵝引頸向前的樣子。但這個方法的缺點是無法知道現在位置，所以必須加入超聲波感測器協助定位。

二、設計概念

關卡分成寫字、置筆、夾球、S 型與投球，而除了 S 型外，其餘的關卡都與手臂的定位精準密不可分。移動與 S 型則仰賴雙輪差速的移動平台。循線與辨色的部分則搭配視覺做影像處理。

手臂前三軸利用三顆直流馬達搭配編碼器控制旋轉位置，利用高減速比齒輪箱增加扭力。末三軸採三顆伺服馬達控制姿態。為減低轉動慣量，前三軸之馬達皆設計靠近轉軸原點，其中第三軸馬達動力傳輸透過皮帶輪傳遞至二三軸手臂轉軸處，並藉齒數差再進行減速。

手臂端的程式設計主要參考 DH-model 相關理論進行座標轉換，給予座標點並進行 inverse kinematic 的運算（未來座標點），計算出每個馬達的轉動角度後，再進行軌跡規劃，並在下一個 loop 讀取 encoder 值，與 forward kinematic 後的座標值（當下座標點）做計算驗證。因為需要大量計算，使用 myRIO 作為控制板，並利用 Labview 寫程式。



圖一：手臂程式碼

為了實行夾球與夾筆，將特製的夾爪裝在第六軸末端。夾爪利用馬達與齒輪傳動帶動鋁擠型。鋁擠型上裝上 3D 列印出來的特製套筒與夾板，以實踐夾筆與夾球兩種不同需求。並利用極限開關作為回饋夾到筆與球的回饋、夾爪張太開的回饋。

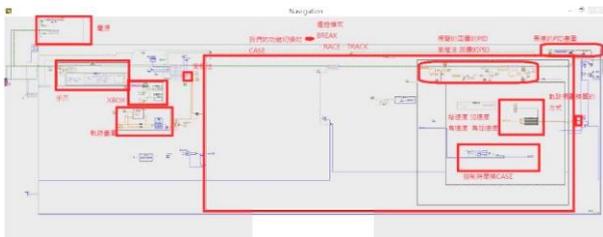
影像處理的部分，為了達到循線，在車頭裝設 webcam 擷取地面影像後回傳給筆電。使用 Labview 內建 vi 利用 HSL 擷取出黑色部分後，以均方根做出黑色部分的回歸線，並算出該回歸線與畫面中心線相差的角度。辨色採用另外一個相機，加入 RGB 擷取出紅色與綠色，再利用三種顏色所佔之比例多寡決定辨識到的顏色。

移動平台分別用兩個直流馬達搭配編碼器控制雙輪，

同樣搭配大減速比齒輪。後端加設兩個惰輪以維持平衡。控制方式利用差速輪理論控制前進轉彎與後退，並利用影像處理完後傳來的角度作 PID 控制，以達到循線的目的，輔以超聲波定位。使用 sbRIO 作為控制板，一樣用 Labview 寫程式。



圖二：移動平台



圖三：移動平台程式碼

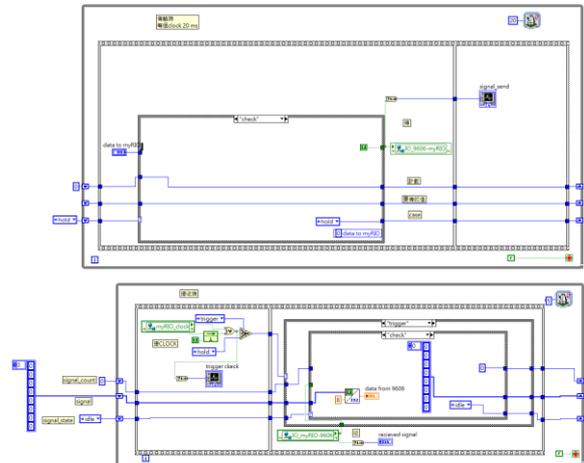
主控板採用美國國家儀器股份有限公司生產之 sbRIO9606 與 myRIO 負責接收個感測器之訊號與接收電腦端之資訊，經過計算後，分別操控移動平台之馬達與手臂之馬達。訊號線路連接到訊號分配板，後再連接於控制板上。影像處理則透過筆電進行，再利用網路線傳輸到 sbRIO。電源以 24V 電池提供，經分電板將電壓分成 5V 以及 24V。5V 提供給感應器，而 24V 則提供給馬達。馬達與編碼器透過馬達板與訊號分配板及電壓轉換分配板連結。藉由馬達板上的 HBridge 能夠轉換電流方向，藉以操控直流馬達的正反轉。而電壓方面，則利用 pwm 產生，一樣是透過馬達板控制。

極限開關接了一塊電源與訊號轉換板後再接到訊號分配板上。

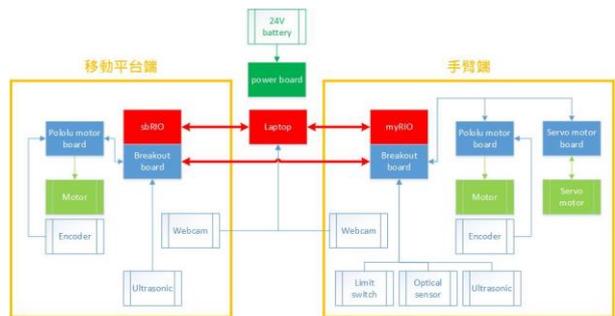
光阻斷器亦額外接了一塊轉換板後再接到訊號分配板上。

三塊控制板資料傳輸的部分，sbRIO 與 myRIO 皆與筆

電間有資料傳輸。而兩者間亦有額外資料傳輸，以確保車子到定位後，手臂才開始作動。



圖四：sbRIO 與 myRIO 間的資料傳輸。上面的 loop 是發送端，下面的 loop 是接收端。



圖五：電路分配圖

三、關卡得分特色

(1) 行走部分：分直線與 S 型。直線先將軌跡寫好，再利用視覺校正，確認車體走在線上。為了確定定位，在車頭裝設超聲波感測器，會在定點校正其與白板間的距離。在寫字區為了要定位精準，利用相機看下一個字的紅點後調整距離。S 型直接讓車體自行循線，設定時間使其停止。

(2) 寫字部分：將字拆段後，給線段兩端點之座標。利用程式做軌跡規劃，使其可以順利寫完。因為線段軌跡是事先寫好的，為了實際比賽的移動過程中偏差造成寫不到的情形，在側面加入超聲波感測與白板間的距離，將此距離與標準值間的誤差加入事先寫好的軌跡作校正。

因為正面有相機擋著，故將手臂轉至側面寫字。這樣做的好處是行走到下一個定點後，手臂可以馬上做動。

(3) 置筆區：將相機裝在手臂前端，所以可以近距

離的觀察色板的顏色，受到干擾較小。因為使用手臂，所以可以直接設定好置筆的座標點與姿態。

(4) 取球區：為了方便下一關 S 型的行走，同時減少手臂轉正的麻煩，一樣讓手臂在側邊取球。為了避免沒夾到球就走，利用極限開關確認夾球。為了節省時間，取了球後就直接出發走 S 型，邊走邊將球收回安穩停放的位置。

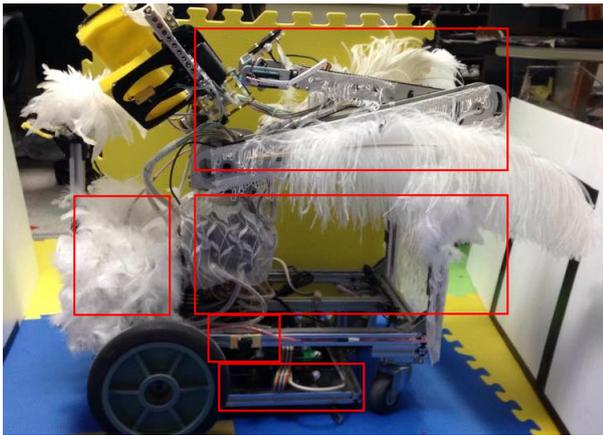
(5) S 型：使用手臂的優點是所需體積不大，因此車體較小，在走 S 型時較為靈活。

(6) 投籃區：為了節省時間，在走到投籃區前就先邊走邊伸出手臂。使用手臂的缺點是機構無法產生足夠的動力投籃，所以必須走到靠近籃框的區域再放球。因為第一球有不進的可能，為了爭取投入第二球的分數，一開始就寫好放完球後，立刻後退拿第二顆球。

四、三視圖重點解析

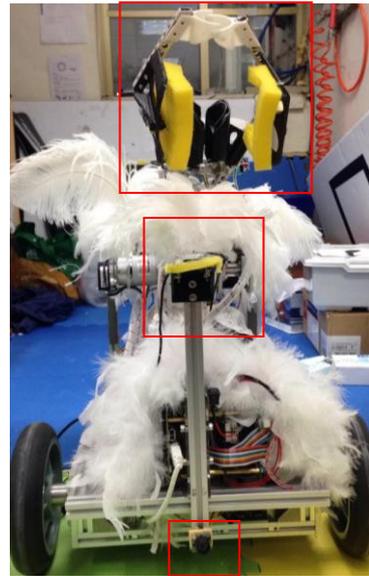
三張視圖中的羽毛僅最前端相機上的羽毛具備固定球的作用，其餘皆為裝飾用。

右側視圖：從圖中可以看到完整手臂以及輪子的分佈。筆電會放置在手臂下的空位。為了美觀，利用羽毛遮住前端的 myRIO 控制板。sbRIO 則裝在車底的架子上。側面的超聲波裝在鋁擠型上，為了避免手臂開啟時，馬達震動過大影響超聲波的訊息，墊上海綿墊吸震。



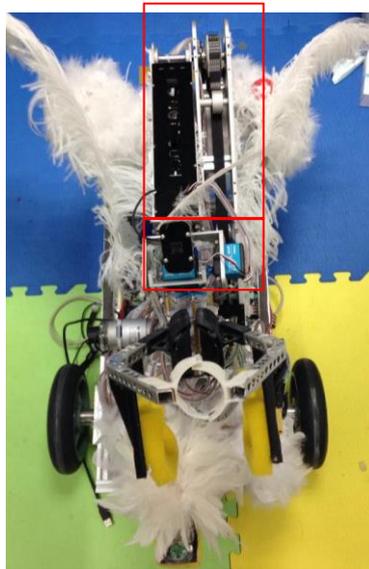
圖六：右側視圖

正視圖：在這張照片中可以看到夾爪跟照相機架。相機架上的羽毛除了裝飾之外，亦可再取球休息時，支撐球的重量，防止球掉落。前端的超聲波同樣有海綿墊吸震。



圖七：正視圖

上視圖：在這張照片中，可以看到手臂的皮帶輪以及伺服馬達。辨色用的相機裝在伺服馬達前端。



圖八：上視圖

五、機構設計及理念

移動若要事先寫好軌跡，需要仰賴測程法。測程法的原理是，分別操控的兩輪同時等速向前時，車子向前；右輪速度大於左輪時，車子向左。

因為手臂本身很重，在沒有馬達動力時，無法維持在一個定位。所以手臂在沒有啟動時，都是停置在休息架上。在每次啟動程式時，都要先初始化 (homing) 確認手臂定位。初始化的方式是利用光阻斷器與光阻斷片 (材質是黑色壓克力)，當程式讀到手臂移動到光阻斷片沒有遮到光阻

斷器的那瞬間，手臂會停止並記錄。

六、擷取與脫離機制

須涵蓋取輕、重物和放置的設計理念。筆由我們自行放入，因此無需設計挾持的方式，僅需考慮如何防止其掉落。為此設計了符合筆大小的套筒，利用夾爪上的馬達提供扭力，藉此夾住筆。因為手臂可以調整末端姿態，所以可以調整置筆時的放置角度，讓筆優雅地放下，不會彈出。

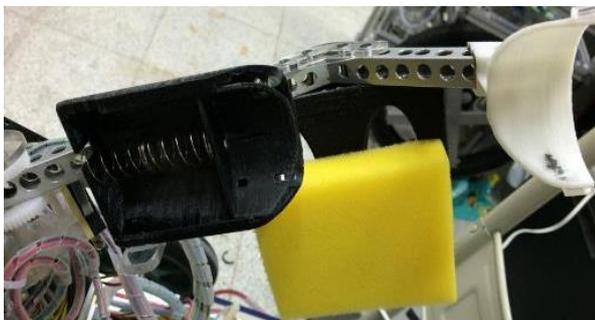
球的挾持利用夾板。夾板上裝上厚海綿，即使車子停妥後的位置有些偏移，仍然可以透過海綿提供的摩擦力跟彈力夾起。在夾板與海綿間裝上極限開關，藉此感測夾球的有無。放球的規定是機器人不得碰到籃框，所以將手伸長後放球。

七、適應環境機制

地形上主要為平地，因此沒有上下坡等需求。但是若要發揮雙輪差速控制的特點，重心需要盡量接近兩輪中間，因此將手臂基座裝在靠近雙輪中心的地方。

八、達陣之創意設計

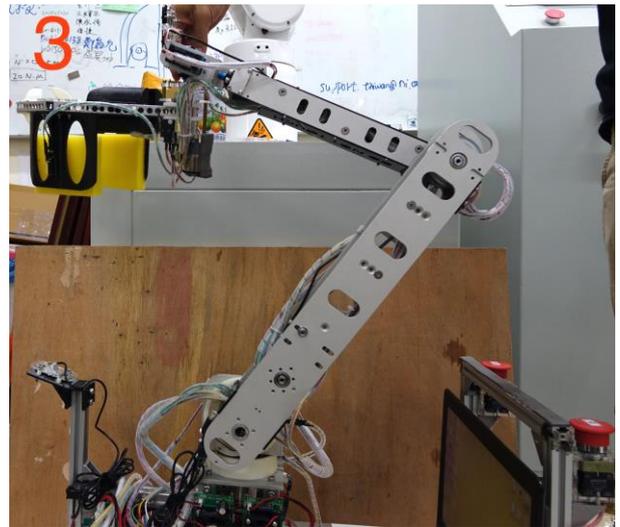
因為感測器不夠多也不夠精準，無法確定每次寫字時筆都碰到白板上。因此，在套筒設計上，採內外套筒，並在內外套筒間裝設彈簧，藉由彈簧行程提供寫字時預力。為了讓內外套筒順利滑動，在內外套筒間亦裝設軸承，以減少摩擦力。



圖九：夾板與套筒圖

九、生物器具模仿及轉化的創意案例

手臂部分主要是模仿人類手臂進行作動。人手能夠處理不同姿態與不同位置點間的問題，且手臂在限定空間內可以完成許多不同的任務，足以應付寫字、夾球等任務。



圖十：手臂作動圖

十、團隊合作的說明

打從知道題目，就開始了為比賽不眠不休的日子。一開始真的什麼都不會，邊做邊問，冒出了一大堆的問題卻無法解決，只能求助學長。到後來碰到大多問題已經能夠自行找出原因並解決。彼此間雖偶有意見不合等爭吵，但知道都是為了比賽好，所以吵歸吵還是會和好。為了趕進度常常過著有一餐沒一餐的生活，常常睡在實驗室裡或者根本不眠不休，甚至颱風天都風雨無阻地到實驗室來，只為了讓機器人更好。最後的結果真的很讓人開心，真的非常感謝老師對我們的各種協助與支持，讓我們沒有後顧之憂地進行比賽。也非常感謝實驗室所有學長姐忍受我們的各種騷擾，對我們各種奇怪的問題總是很有耐心的回答。

十一、材料選用考量

鋁材具有剛性與密度低的優點。因此機器人上大量採用鋁材作為結構支撐件，例如車體的鋁擠型框架，以及手臂使用的鋁 7075 鋁板。壓克力則具備易加工的優點，只要畫好圖就可以輕易使用雷射切割機加工，缺點是無法承受力，所以擔當非結構件的角色，例如在鋁擠形框架間裝設壓克力板鎖控制板，以及手臂兩片結構鋁片間鎖壓克力，用以整線。3D 列印則是可以處理複雜的形狀，因此夾爪的套筒與夾板皆使用 3D 列印製作。除此之外，為了額外增加摩擦力，也增加了橡膠貼紙在內套筒內面。

羽毛純為裝飾用，目的是增強天鵝的概念形象，拉近與人之間的距離與親近感，減少機器的冰冷感，同時強化

機器人的天鵝形象。

參考文獻

[1]

周敬凱, "具定位避障導航與順應式雙機械手臂操作之野外用智慧型機器人," 碩士論文, 機械工程學系, 國立台灣大學, 台北, 2014.07

[2]

J. J. Craig, *Introduction to robotic: mechanics and control*: Pearson/Prentice hall Upper Saddle River, NJ, USA, 2005

[3]

HSL and HSV. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV

[4]

蔡佳宏, "距離感測器於輪型機器人之應用," 碩士論文, 機械工程學系, 國立台灣大學, 台北, 2011

[5]

R. Siegwart, I. R. Nourbakhsh, and D. Scaramuzza, *Introduction to autonomous mobile robots*: MIT press, 2011