

全國高級中等學校專業群科 108 年專題及創意製作競賽
「專題組」作品說明書封面

群 別：電機與電子群

作品名稱：撿球機器人

關 鍵 詞：影像辨識、自動撿球

壹、摘要

相信無論是誰，在進行完激烈的運動之後，看到滿地的桌球，都不會想彎腰將球一一拾起，在這樣的想法之下，我們想用這三年所學習到的程式以及硬體知識來實踐全自動撿球的想法。我們希望這本機的使用者能單靠一隻手機的遙控，就能夠輕鬆地完成漫長的收球作業。本機使用了樹莓派作為程式以及機體動作的核心，並輔以超音波感測器偵測並避免障礙物，以及使用 OpenCV 配合攝影鏡頭進行桌球的辨識，最後在使用直流無刷馬達風扇組將球收納於儲藏空間內。

貳、研究動機

對一名愛喜愛球類運動的人來說，最能磨滅一興致的事情往往不是運動所帶來的疲累感，而是「收拾善後」的過程，尤其是桌球這項運動，往往打完一次球，地上就會掉落上百顆的球，這不僅僅是一個需要一直彎腰的體力活，對於耐心則是更強烈的消耗。市面上已經有不少的撿球輔具，可以大大的降低撿球時的辛勞，但這些輔具大多是人工操作的，並不能完全避免問題，因此我們想到如果將撿球輔具自動化，就可以真正的避免問題了，所以我們開始著手「撿球機器人」的研發。

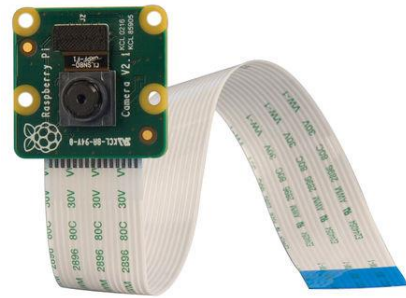
參、主題與課程之相關性或教學單元之說明

一、樹莓派(Raspberry Pi4)

樹莓派是一款以 Linux 為基礎所製作的單板機電腦，大小只比各式電子票券稍大，非常便於攜帶，擁有入門級的硬體，可搭載開源的 Linux 系統和瀏覽器、文字處理、學習程式設計的軟體。我們所採用的硬體是最新版的樹莓派 4，其本身就內建了藍芽以及 WIFI 模組的功能，可以解決我們在連線上遇到的麻煩。程式編寫的部分則選用了 Python 來進行編寫，主要用於控制我們系統的啟動、移動以及球體辨識的部分，球體辨識的部分，我們選用了樹莓派自帶的攝影鏡頭以避免相容性的問題。



圖一、 樹莓派 4



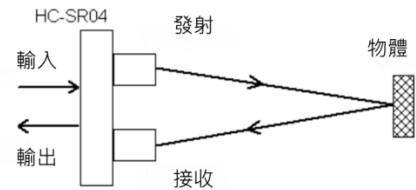
圖二、 樹莓派攝影鏡頭

二、 超音波傳感器

超音波傳感器是由超音波發射器、接收器和控制電路所組成、一共有四隻接腳。當它被觸發的時候，會發射一連串 40 kHz 的聲波並且從離它最近的物體接收回音。因為這個聲波的頻率過高，所以人類是無法聽見的。也因為其發射的是超音波而不是光線，所以也能在較為惡劣的環境下對不平坦表面或者透明物件進行偵測，但也有反應時間較長、遇到尖角時無法反射等缺點。



圖三、 超音波傳感器



圖四、 超音波傳感器工作原理

三、 遠端控制 VNC

VNC (Virtual Network Computing)，為一種使用 RFB 協定的螢幕畫面分享及遠端操作軟體。此軟體藉由網路，可傳送鍵盤與滑鼠的動作及即時的螢幕畫面。VNC 與作業系統無關，因此可跨平台使用，例如可用 Windows 連線到某 Linux 的電腦，反之亦同。甚至在沒有安裝用戶端程式的電腦中，只要有支援 JAVA 的瀏覽器，也可使用(本段節錄自維基百科)。我們透過 VNC 將原本運作於桌上型電腦的程式轉移至手機上進行操作。

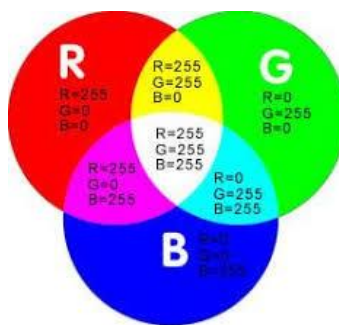
四、影像處理

(一) OpenCV 介紹

OpenCV 全名是 Open Source Computer Vision Library，是一個影像處理函式庫，由 Intel 發起並參與開發，以 BSD 授權條款發行，可在商業和研究領域中免費使用，目前由非營利性基金組織 OpenCV.org 在維護。OpenCV 在影像處理方面應用廣泛，可以讀取儲存圖片、視訊、矩陣運算、影像處理等，也可以用在人臉辨識、物體追蹤、動態視訊的影像處理等。我們運用了其辨識顏色以及偵測球體的功能來辨識我們的目標物。

(二) RGB 色彩

三原色光模式 (RGB color model)，又稱 RGB 顏色模型或紅綠藍顏色模型，是一種加色模型，將紅(R)、綠(G)、藍(B)三原色的色光以不同的比例相加，以合成產生各種色彩光。RGB(0~255, 0~255, 0~255)括號內的三個數值分別就是(R, G, B)的色彩數值，代表數值會在 0~255 的區間內，假設藍光最亮時另外兩色光完全不亮，數值就會呈現出 RGB(0, 0, 255)，而如果藍色光只有半亮時，數值將會變為 RGB(0, 0, 127)。



圖五、 RGB 色彩

(三) HSV 色彩

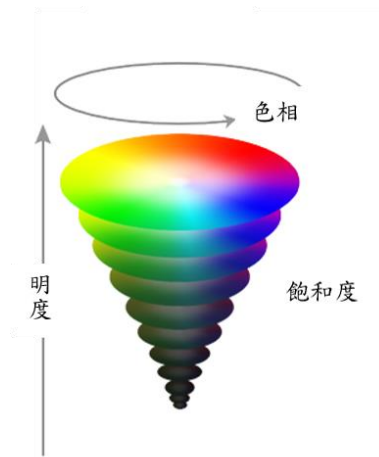
HSV (Hue, Saturation, Value) 是一種將 RGB 色彩模型中的點在圓柱坐標系中的表示法。HSV 則分別代表色相(H)、飽和度(S)、明度(V)。

1. 色相 (H) 是指色彩的基本屬性，就是平常所說的顏色名稱，如紅色、黃色等。在 HSV 系統中以 0~360 的角度來表示，0 度為紅色，120 度為綠色，240 度則為藍色。



圖六、 色相環

2. 飽和度 (S) 是指色彩的純度，越高色彩越純，低則逐漸變灰，取 0-100%的數值。



圖七、 飽和度、明度

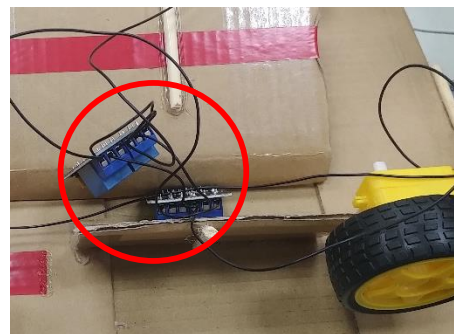
3. 明度 (V)，就是所謂顏色的明亮程度，數值取 0-100%。

肆、 研究方法(過程)

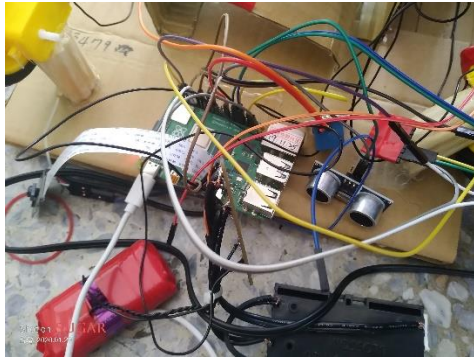
一、 整體架構組裝



圖八、 固定輪胎、連接電池盒



圖九、 連接繼電器、超音波



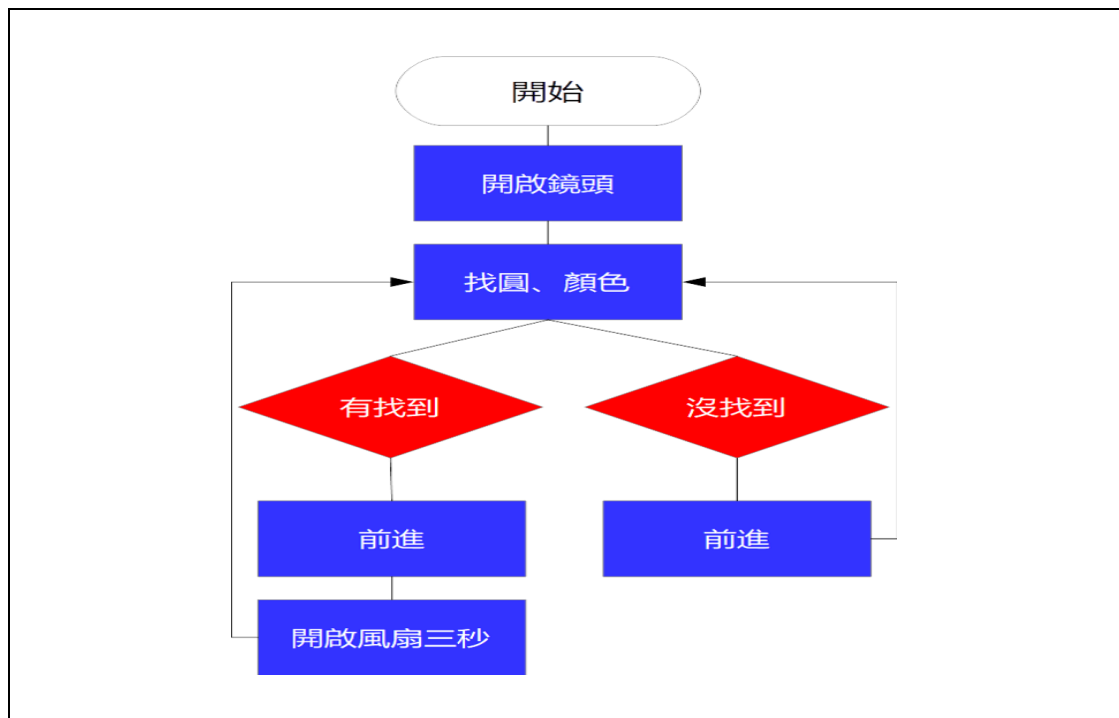
圖十、 安裝樹莓派



圖十一、 裝置吸球裝置、成品

二、 軟體

為了真正的達成全自動撿球，我們使用了攝影鏡頭來偵測桌球，並透過 python 上 OpenCV 的影像辨識功能，將前方有桌球的訊息傳送給樹莓派，接著樹莓派將發送訊號使車體向前移動同時開啟吸球馬達將目標物吸入。



圖十二、 收球流程圖

三、 硬體

本專題的硬體核心是以樹莓派 4 為主體，將攝影鏡頭偵測的結果回傳至 python 進行結果的判讀，如果判斷結果為有球，發出訊號驅動兩顆馬達前進，同時啟動吸球模組將球吸入收納空間，行進途中則使用超音波傳感器偵測障礙物以防車體碰撞。吸球模組則是使用類似吸塵器的原理，利用直流無刷馬達帶動風扇產生的強大吸力將球吸至指定空間內。電源的供應，我們則選用了一顆行動電源來供給樹莓派的運作，其他部件則使用了兩顆大電流輸出的電池串聯後來供給運作，這個作法是為了避免樹莓派和其他部件因工作電壓不同而造成的損壞。

伍、 研究結果

將撿球機器人的程式套用於硬體架構後進行多次測試，我們發現了以下幾個問題需要解決：

一、 目標物的偵測

經過幾次的測試後，我們發現撿球的成功率並不如我們想像中的那麼高，進行探討後認為主要原因是因為攝影鏡頭無法正確得知目標物與車體的距離而導致無法在正確的位置停下來，進而造成一種把球推至牆壁後吸起的感覺。另外目前目標物的偵測僅限於光照強度適中的環境之下，如果現場的光線過亮或過暗都有可能造成無法辨識的結果。

二、 收球範圍的限制

收球範圍受限共有兩個問題，下列分作敘述：

（一） 單次收球效率不佳

收球系統的原始設計是由風扇馬達連接至水管後進行收取，但是這個裝置有一次只能收取一顆球的問題，因此我們將收球系統改造，將收球端水管的頂部加上兩片厚紙板，以利於球集中於風口前，增加單次運作能收到球的總數。

（二） 收球範圍不全面

原先的收球軌跡是在超音波傳感器偵測到有障礙物時轉向繼續進行收球，但是依照這個軌跡行駛，工作範圍就僅限於場地的四周，對於這個問題，我們目前的改進方式為若一定的時間內沒有進行收球工作，車體會自行轉圈進行偵測以利於收到場中央的球。

三、 車速過快

在測試的過程中，我們也發現了車速過快導致超音波傳感器形同虛設的問題，而造成車速過快的原因，初步推斷是因為馬達所受電壓過高所造成的，因此目前的解決方法是在電池接至馬達的電路上加一顆分壓電阻，以降低馬達所接受的電壓，進而降低車速。

陸、 討論

一、 顏色辨識準確度

一開始進行桌球的辨識時，我們所輸入的 RGB 數值只是橘色的粗略數值，以至於只要顏色略微接進橘色甚至是皮膚色都有可能被判定為目標物，以至於程式無法運作，為了解決這項問題，我們使用了 OpenCV 內建的控制桿確認出桌球顏色的正確數值，並且使用模糊功能將過小的橘色過濾掉，以供程式辨識出桌球真正的位置。

二、 接腳輸出維持

因為吸球模組的風扇需要重複多次的工作，所以我們必須有一個可以連續多次輸出的輸出腳位，但是原本程式所使用的寫法 `time.sleep` 會造成接腳只輸出一次後，就將該腳位的程式停止，導致後續的風扇開啟動作無法完成，因此我們最後改用了 PWM 輸出模式，以計時器的方式坐定時的輸出，達到了接腳連續輸出的效果。

柒、 結論

這次的專題製作讓我們將課程所學運用在生活之中，也讓我們更加精進程式以及硬體的架構組裝，雖然在過程中會遇到許多的困難，但也在克服困難的過程中了解了分工的重要性，最後的成果雖然無法達到想像中的實用，但在過程中學習到的能力，遠大於不去學習的結果。

捌、 參考資料及其他

一、 樹莓派：

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%A0%91%E8%8E%93%E6%B4%BE>(摘自維基百科)

二、 VNC 遠端控制

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/VNC>(摘自維基百科)

三、 RGB 色彩

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%B8%89%E5%8E%9F%E8%89%B2%E5%85%89%E6%A8%A1%E5%BC%8F>(摘自維基百科)

四、 HSV 色彩

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/HSL%E5%92%8CHSV%E8%89%B2%E5%BD%A9%E7%A9%BA%E9%97%B4>(摘自維基百科)

五、 超音波傳感器

<http://coopermaa2nd.blogspot.com/2012/09/hc-sr04.html>(摘自 Copper Maa)