



一種以顏色辨識方式的自動識別跟隨系統之設計

李余耀¹
Yu-Yao Lee

陳宜君^{2*}
Yi-Jun Chen

鍾雅婷³
Ya-Ting Chung

摘要

本文說明一種自動識別跟隨系統的設計。以即時影像顏色辨識感測器識別目標。當使用者身上穿戴或黏貼顏色標記，靠近跟隨系統即可自動啟動跟隨控制。以相鄰最大相同影像色塊識別標的之大小和方位，控制跟隨系統與使用者保持距離。設計完整跟隨控制執行流程，實作軟體與硬體，驗證系統設計結果。

關鍵詞: 影像顏色感測、自動識別、跟隨系統。

Abstract

This article describes a design of automatic recognition and following system. The target is identified by a real time color image recognition sensor. The system design can automatically start when the user with an identified color mark closes it. The following distance and orientation of target are filtered from adjacent maximum image block of color mark. The control drives the follower to keep distance with the user. A complete execution flow design and its experiment of software and hardware verify good results of the system design.

Keywords: Color Image Recognition, Automatic Identification, Following System

¹美和科技大學資訊科技系助理教授 x00002168@meiho.edu.tw

²美和科技大學資訊科技系學生 ella906632@gmail.com *通訊作者

³美和科技大學資訊科技系學生 she8446@gmail.com

1. 前言

隨著感測和資訊電子技術的進步，成本降低，自動化技術由工業應用普及到民生用品上。一些報導中多有提到自動跟隨車的應用，例如YouTube中有**跟很大!自動跟隨式手推車**(2010)，以RFID為基礎，結合紅外線感應防撞功能，防盜系統，算錢功能等。中時電子報報導的**輕量型可折疊、易攜帶的高爾夫球跟隨車**(2012)，跟隨距離3米，只要打球者身上佩帶超音波發射器，跟隨車即能接收訊號並計算打球者的方位與距離自動跟隨與停走，有超音波定位、避障技術優點。蘋果日報報導**福斯汽車在YouTube頻道分享的全自動嬰兒車**(2015)，有自動巡航控制感測器，推它撞牆會自動停止，逛街散步時嬰兒車會自動跟隨，跟隨時就算有人跑過前方，也能緊急停下，防止衝撞等。此外，眾所周知的Google和各大汽車廠都在自動駕駛車技術上摩拳擦掌的發展。自動駕駛車無疑地會有距離保持的自動跟車系統，以便更有效率的利用道路空間。研究自動跟隨相關技術有很大的運用價值。

2. 系統分析

回顧目前跟隨車需要的功能為識別、跟隨功能和防撞功能。識別跟隨應是主要技術。識別跟隨功能，首要考量者為可以辨識和感測被跟隨者距離的感測器。慢速跟隨車應用大約需要手臂內到三步距離的跟隨控制，約需30公分到3米的識別以及方位和距離感測。此區間常用的識別感測器(2016)有：條碼，RFID，即時影像辨識等，距離和方位感測器有：雷射、超音波、紅外線測距，即時影像處理等。綜合兩者功能需求，即時影像辨識技術可以同時做到辨識和方位距離感測，如果以系統簡單化考量，應是最適合的綜合感測方式。

即時影像處理技術需要大量的運算和專業技術，高製作成本和技術門檻。所幸市售較低成本的影像辨識模組已達到一定的追蹤辨識精確度，設計控制軟體善用影像感測資料，過濾辨識被追隨者，可以達到實用上的低成本的識別跟隨控制設計。

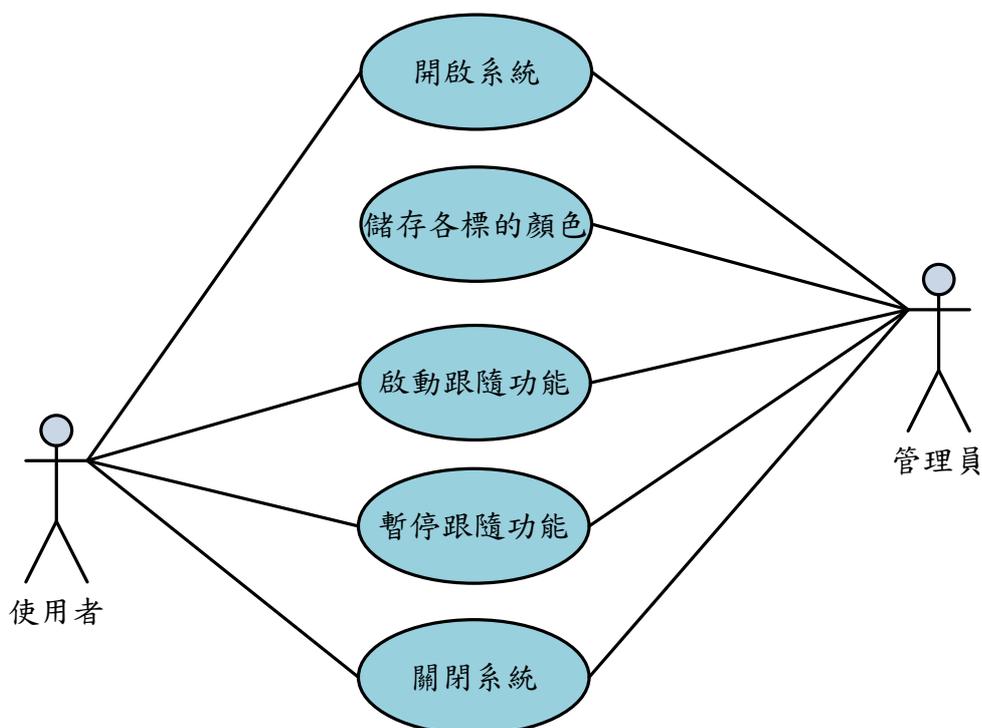


圖 1.自動跟隨系統使用案例圖

自動識別跟隨系統使用案例如圖1所示。系統設計以方便使用者操作為原則。自動跟隨系統工作前可由管理者將鮮明色調的顏色標記影像儲存。當記憶中的顏色標記靠近辨識攝影機時，自動啟動跟隨控制。跟隨中可以暫停跟隨，讓使用者取放跟隨車上物品。可以停止跟隨功能，變更使用者等。

自動辨識跟隨車結合影像辨識模組、核心控制器、控制軟體、驅動動力、車體機構等。原型車可以選擇直流馬達驅動的小車車體，整合影像辨識模組、微電腦控制器、馬達驅動模組來開發設計。系統架構如圖2。

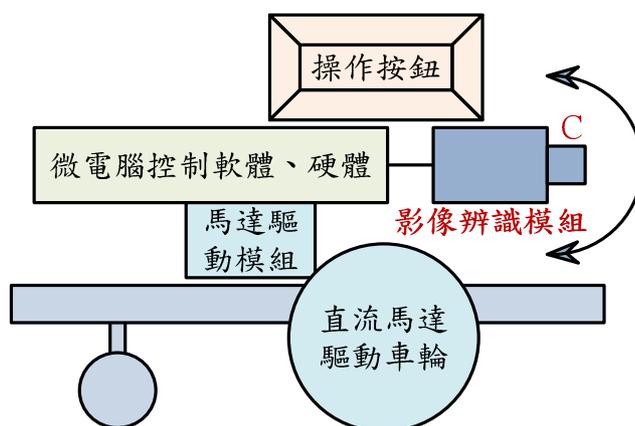


圖 2. 自動跟隨車系統架構圖

2.1 追隨感測器

市售顏色影像辨識模組中，Charmed Labs的Pixy CMUcam5(2012)應很適合慢速跟隨車的感測。Pixy CMUcam5是一個開源的圖像識別感測器，支援多物體，多色彩的顏色識別，最高支援7種顏色。使用者可以告訴它想要的顏色，教它找東西。其支援多種通信方式，如SPI，I2C等，可以直接加在Arduino微電腦控制板上。把它安裝到跟隨車上，為跟隨車的眼睛。所搭載的圖像感測器配合內建硬體，可以配合追蹤、分析多色的資料數據。其處理器上搭載一個圖像感測器會選擇性的處理有用的信息，採用以顏色為辨識的方式。該模組只將選定顏色的物體的視覺數據發送給相互配合的微控制器，而不是輸出所有視覺數據以進行圖像處理。所以常用的Arduino控制器板或其它微控制器就可以容易地與之交流，然後騰出許多控制器CPU時間來執行其他工作。Pixy CMUcam5顏色辨識模組如圖3a所示。



圖 3a. CMUcam5 顏色辨識
模組(2012)

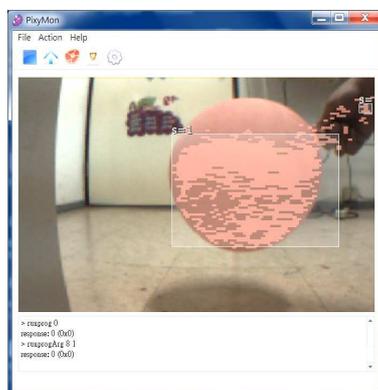


圖 3b. CMUcam5 感測標記顏色

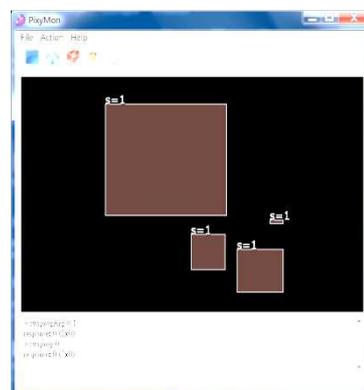


圖 3c. CMUcam5 送出之色
塊狀態

CMUcam5使用基於色調過濾演算法來識別物體。當CMUcam5供電時會閃幾下LED。等待LED滅掉後可以教CMUcam5記憶要識別的顏色。按住CMUcam5頂部的按鈕，等待大約1秒鐘，LED會變亮，顯示白色，然後是紅色，然後是其它六種顏色。當LED變色時鬆開按鈕後，LED的顏色就是CMUcam5所看到的圖像中間部分的顏色，由監看軟體PixyMon顯示例如圖3b之影像色塊。這時可以用LED的顏色來檢查是否物體在CMUcam5視角的中心位置。當感覺LED顏色和物體顏色很接近時，按下並釋放按鍵，如果CMUcam5感覺待測的物體色調足夠好的話，LED會閃爍表示已經操作完成。CMUcam5因此已經“記憶”了設定物體顏色，並且會追蹤具有相同顏色的物體。如果物體的色調不對感測不到時，LED會關閉。

CMUcam5被設計為可以與微控制器進行通訊，CMUcam5可以直接與Arduino直接連線通訊。它會以1Mbits/s的速度發送色塊資訊給Arduino。CMUcam5每秒可以發送超過6000個識別的物體或每幀135個被識別的物體（CMUcam5每秒可以處理50幀畫面）。CMUcam5會將所選顏色以長方型色塊方式送出色塊識別代號、橫座標、縱坐標、寬度和高度資料，提供追蹤目標的識別和方位，可以由監看軟體PixyMon顯示例如圖3c的色塊資訊。資訊簡潔，減少主控制器功能成本，但需要由控制器軟體設法善用這些資訊，有效過濾和鎖定追蹤目標。

2.2 微電腦控制器核心

自動辨識跟隨系統核心是微電腦控制器。目前最常被使用的微電腦控制器中，Arduino系列的微電腦控制板應是最簡易使用的。Arduino微電腦控制器(2016)，也是一種開源的軟硬體開發設備。使用者能快速製作微電腦控制電路原型。彈性、易使用，其原來設想的使用對象是藝術家、設計師、任何對互動控制有興趣的人。由於容易使用，現在已經應用到各種互動控制的領域，加上感測器元件或者通訊模組就能感知周遭環境變化和控制周遭裝置。Arduino微電腦控制板可獨自運作，也可以連線其他資訊設備運作溝通。其中之Arduino UNO控制板(2016)，使用7-12V直流電源，穩壓後可以供應5V和3.3V應用。控制板上主要為ATmega328微電腦控制器：包含6支類比輸入接腳，14支數位輸入或輸出接腳，其中6支可以設定為PWM輸出功能等，可以提供直流馬達控制訊號。其ICSP接腳可以直接接CMUcam5顏色辨識模組。有裝置端USB連接器可以接電腦來直接載入撰寫程式。Arduino控制板可以簡化自動辨識跟隨系統的硬體電路設計。如圖4所示。

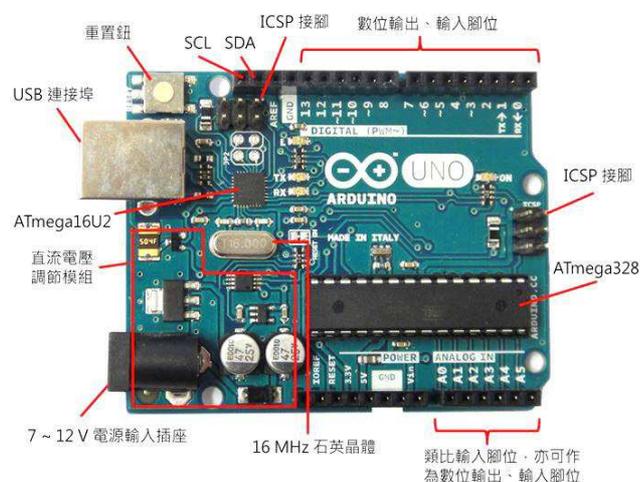


圖 4. Arduino UNO 控制板(2016)

Arduino 軟體開發環境(2016)可由其網站<http://www.arduino.cc/en/Main/Software> 免費下載使用。其網站隨者合作廠加入各種控制核心板或周邊元件，即時提供更新版本，並且提供各式相關函式庫、範例和說明。程式開發整合環境例如圖5所示。Arduino 的程式語法基於C/C++。主要函式區段分為setup()與loop()。setup()主要做設定區段，只執行一次，loop()為無限迴圈。



```
followMe | Arduino 1.6.5
檔案 編輯 草稿碼 工具 說明
followMe
#include <SPI.h>
#include <Pixy.h>
//pin for 正轉 反轉 停止
const int motorIn1 = 4; // HIGH LOW LOW //Motor LEFT
const int motorIn2 = 5; // LOW HIGH LOW //Motor LEFT
const int motorIn3 = 6; // HIGH LOW LOW //Motor RIGHT
const int motorIn4 = 7; // LOW HIGH LOW //Motor RIGHT
const int pwmR = 10; // speed of right motor 0-255
const int pwmL = 9; // speed of left motor 0-255

Pixy pixy;
#define X_CENTER ((PIXY_MAX_X-PIXY_MIN_X)/2)
uint16_t blocks;
int Signature; //追蹤的色號
int i = 0;
int trackedBlock = 0;
int xError;
long newSize;

15 Arduino/Genuino Uno on COM1
```

圖 5.Arduino 軟體開發環境(2016)

2.3 馬達驅動模組

跟隨車跟隨使用者移動，以電驅動車較適當。考量速度和控制方便性選擇直流馬達驅動的小車體來實作原型車可接近實際設計情況。小型直流馬達驅動電路最常用L298N等IC模組。L298N馬達驅動板(2016)可以提供驅動馬達轉向控制和速度控制。L298N馬達驅動板上有4個輸入腳位控制兩個馬達轉向，另有兩隻腳輸入PWM訊號來控制馬達速度。驅動模組如圖6所示。



圖 6.L298N 直流馬達驅動模組(2016)

3. 系統設計與實作

系統設計與製作分為硬體和軟體兩部分。硬體部分為電路連接和車體整合。軟體部分為系統工作流程設計、CMUcam5顏色辨識模組感測資料過濾運用和驅車控制等。

3.1 電路配置

車體電路以Arduino UNO微電腦控制板為核心，控制板之ICSP介面直接連接Pixy CMUcam5影像辨識模組。Arduino Uno控制板D4、D5、D6、D7、D9、D10接到L298N馬達驅動板IN1、IN2、IN3、IN4、ENA、ENB，控制驅動馬達的轉向和轉速。L298N的OUT1、OUT2、OUT3、OUT4接直流馬達。主要電路配置如圖7所示。

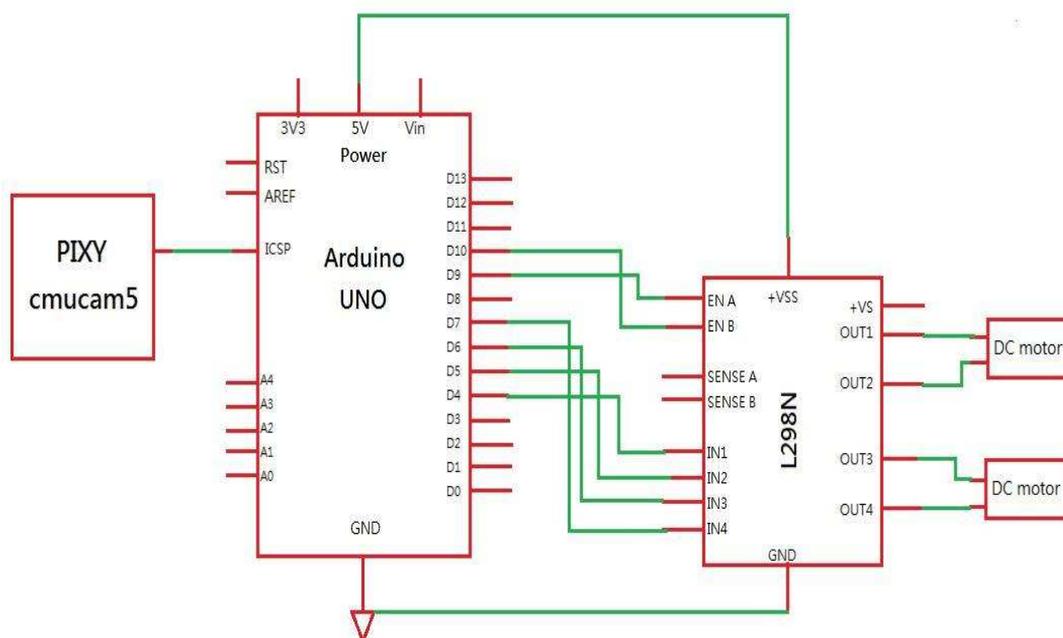


圖 7.自動跟隨車電路圖

3.2 電路與車體組裝設計

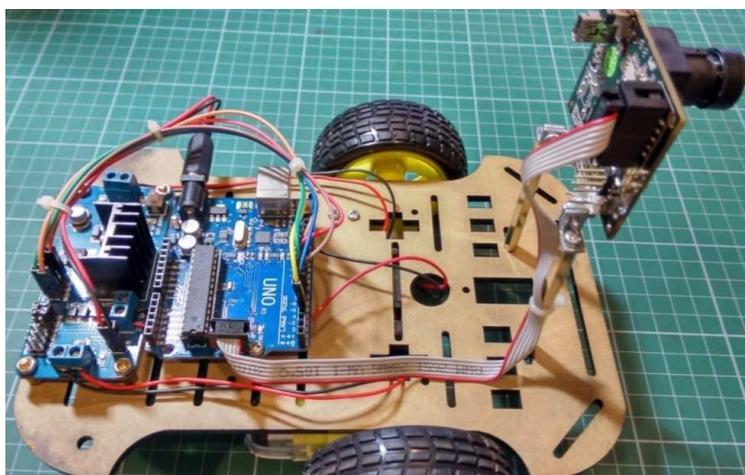


圖 8.自動跟隨車原型車底盤

辨識跟隨系統之試驗車如圖8所示。CMUcam5安裝於車前方，感測追隨標記顏色。CMUcam5以排線接Arduino UNO之ICSP介面。CMUcam5模組左上方有按鈕，可以記憶學習使用者身上的顏色標記。Arduino UNO和L298N安裝於車底盤後上方。電池裝於車底盤下方。電池電源開關做系統總開關。L298N上有按鈕開關，按下啟動馬達驅動，再按彈起關斷。在設計開發階段，此開關使得CMUcam5做記憶學習、辨識感測、訊號傳送測試，可以和跟隨車的行進控制分開測試設計。測試完成後，此按鈕開關做為跟隨中暫停控制的開關。

3.3 系統工作流程

自動跟隨車的工作情節如圖9之工作流程圖。系統設計讓一般使用者開啟電源，將辨識色標物靠近辨識攝影機即可啟動識別跟隨控制。系統管理者開啟電源後則可以關閉馬達驅動按鈕，進行色標的影像辨識記憶，然後重啟系統即可進行辨識跟隨工作。

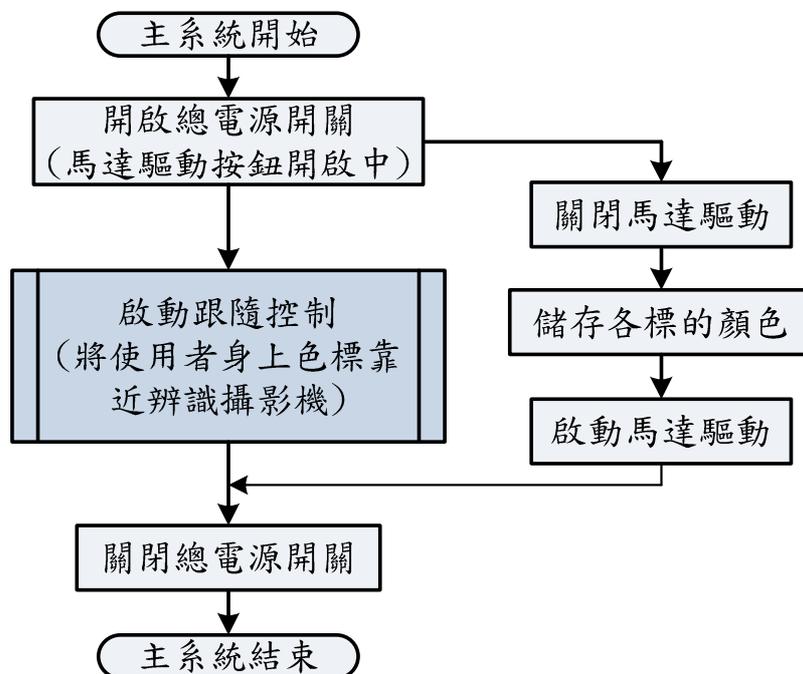


圖 9.系統工作流程圖

啟動跟隨控制後，Arduino UNO控制程式不斷地接收CMUcam5傳過來的顏色方塊資料。當有儲存中的最大色塊大於起動距離的影像面積時，系統進入追隨控制啟動程序。控制軟體將以這個顏色的代號碼為追蹤標的，之後的各時間點，將以最接近前一次時間點的相同色塊和大小為追蹤標的，設定當標的色塊大於55公分的影像面積時驅車前進，當目標色塊小於50公分的影像面積時驅車後退，當標的色塊中心在橫軸的正座標軸方位時驅車右轉，當標的色塊中心在橫軸的負座標軸方位時驅車左轉。跟隨控制設定在約50公分的跟隨距離，使得需要暫停跟隨時可以將馬達驅動按鈕壓下，以便取放物品，再按壓一次按鈕可開啟馬達驅動。跟隨控制流程如圖10所示。

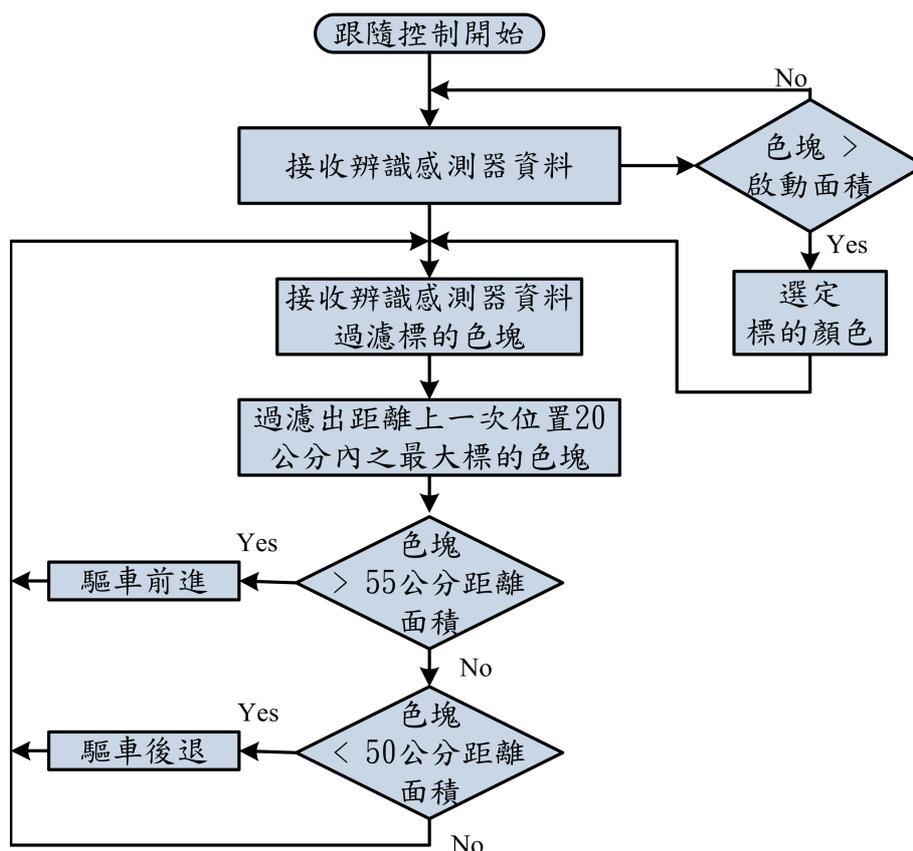


圖 10.追蹤控制流程圖

3.4 自動跟隨車設計實作結果

自動跟隨車原型車測試結果，參照圖9之作業流程，開啟系統電源，關閉馬達驅動，進行標的顏色記憶操作例如圖11。

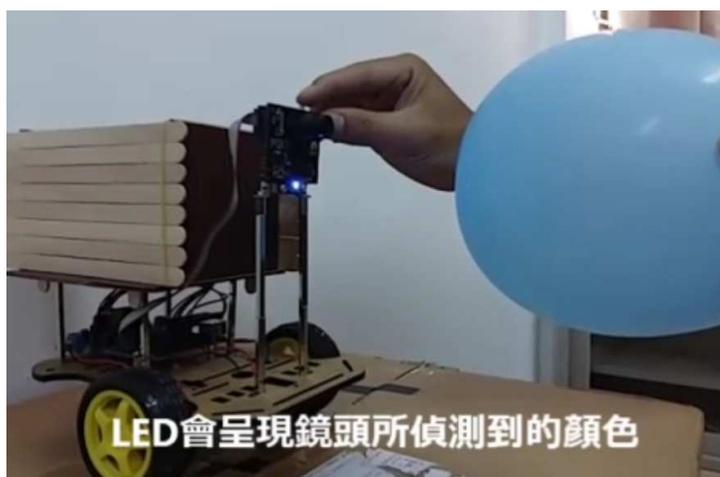


圖11 記憶標的顏色操作

CMUcam5顏色辨識模組記憶顏色後，模組會不斷送來各個色塊資料，當有色塊面積大於啟動設定的面積時，系統將以該色塊顏色代碼為標的顏色，啟動識別跟隨控制。系統啟動追蹤控制，跟隨標的顏色物體移動，保持約50公分距離，讓跟隨車

與使用者距離控制在手臂範圍內，以便使用者可以暫停追蹤系統。標的顏色包含使用者衣服或褲子顏色也可以之做為追隨標的，如圖12所示。



圖12 跟隨標的顏色物體移動

4. 結論與未來發展

本自動辨識跟隨系統利用單一色標的顏色影像來辨識感測，追隨使用者，以前一時間點相鄰最大色塊影像為標的之辨識方法，測試結果皆無誤判。需要再加強的是所用的辨識感測器CMUcam5顏色辨識對有反光的色標影像辨識效果不夠好。以單一顏色最大色塊影像為識別的方法，雖然測試結果無誤判，但存在可能誤判的機率。若改用多顏色混和標記來辨識，應能解決問題。CMUcam5可以最多同時記憶7個顏色，可以組合成很多的識別標記，並且減少誤判的機率。

參考文獻

1. 跟很大!自動跟隨式手推車(2010)。2016年5月20，摘自網頁：https://www.youtube.com/watch?v=_IOWOJyF8Ks
2. 蔡榮昌(2012)。俊業桿弟跟隨車更聰明。中時電子報。2016年5月20，摘自網頁：<https://tw.news.yahoo.com/%E4%BF%8A%E6%A5%AD%E6%A1%BF%E5%BC%9F%E8%B7%9F%E9%9A%A8%E8%BB%8A-%E6%9B%B4%E8%81%B0%E6%98%8E-213000541.html>
3. Revolutionairekinderwagen van Volkswagen(2015)。2016年5月20，摘自網頁：<https://www.youtube.com/watch?v=IcMJWyEAKxw>
4. 維基百科。感測器(2016)。2016年5月21，摘自網頁：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%BC%A0%E6%84%9F%E5%99%A8>
5. Charmed Labs。pixy cmucam5(2012)。2016年5月20，摘自網頁：<http://www.cmucam.org/>
6. Arduino(2016)。2016年5月20，摘自網頁：<https://www.arduino.cc/>
7. Arduino UNO 控制板(2016)。2016年5月20，摘自網頁：<http://openhome.cc/Gossip/Books/mBlockArduino1-3and1-4.html>
8. L298N 馬達驅動模組(2016)。2016年4月10，摘自網頁：http://www.aliexpress.com/store/product/Freeshipping-L298N-double-dc-motor-driving-module-steering-gear-drive-plate/815142_662001147.html