

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

科 別：生活與應用科學(一)機電與資訊

組 別：國小組

作品名稱：Book 救藥—智能車送藥防疫與消毒系統

關鍵詞：自動送藥、智能車、消毒防疫

編號：



# 目 錄

摘要 .....	1
壹、 研究動機.....	1
貳、 研究目的.....	2
參、 研究設備及器材 .....	3
肆、 研究過程或方法 .....	4
伍、 研究成果.....	10
陸、 討論.....	27
柒、 結論.....	29
捌、 參考資料及其他 .....	30

## 摘要

我們創新實作一套居家照護系統能每天定時啟動，自動送藥給行動不便者、視障者、失智者以及老年人。我們的**智能車**有三種行動模式，一是自行運行在具有定位功能的循跡線上，二是主動結合迷宮避障與藍牙測距來搜尋需求者，三是需求者利用影像鏡頭與藍牙做遙控，往所在位置移動，傳遞該吃的藥品並量測體溫。而為了提醒吃藥，智能車透過語音、LED 和蜂鳴器來引起注意，運用機械開關可得知有沒有取藥。如果遇到緊急狀況時還會主動求救，經由內建的 Wi-Fi 元件發出 LINE 通知，立即傳到家屬或醫療單位的手機上，並且能隨時傳回相關的數據，包括何時吃了藥和體溫等。最後為了因應近期 COVID-19 的流行，智能車行進間可進行紫外線消毒防疫作業，以增進環境衛生。

關鍵詞：自動送藥、智能車、消毒防疫

### 壹、研究動機

我們的身邊都有健忘的長輩，常常需要提醒「藥吃了沒啊？」[1]，因為大人白天要上班，小孩白天也要上課，實在很替他們擔心。偶然間看到有新聞報導醫院使用送藥機器人“平平”和“安安，讓我們想要做智能車送藥的題目。

小組成員間提出了由送藥延伸出居家照護的需求。開始著手設計出一個送藥系統，讓需要吃藥的人不再忘記時間且按照劑量、用藥途徑、服藥注意事項來服藥，就像有機器人看護照顧一般，可自動提醒與送藥給病人，降低年長者或病人忘記吃藥、重複吃藥或吃錯藥的風險[2]。智能車系統搭配紅外線感測功能，能使用智慧循跡模式將藥送給病人，病人拿取並服用藥物後，還可以主動量測病人體溫，並將資料用 LINE 通知傳輸給家人或醫護人員。系統加裝 LED 與蜂鳴器，這項裝置將可引起視覺或聽覺的注意。此外為了監控是否送出藥物及病人是否按時間、劑量及用藥途徑服藥，系統加裝網路攝影機並將影像上傳，透過網際路可即時傳訊給家人，實現遠端監控。

現今 COVID-19 疫情嚴峻，丹麥一家名叫 UVD 的機器人公司，生產了一種機器人，能夠在醫院自動行走，並發出紫外線進行消毒，降低在醫院感染的風險[3]。從圖片中可看出機器人相當龐大，所以我們想設計出更精巧靈活的智能送藥機器人加上安裝類似的紫外線裝置，達到居家環境的消毒工作[4]，在跟老師和同組員討論過後開始分工設計作品，以上動機整理為圖 1-1。



圖 1-1 研究動機來源

## 貳、研究目的

我們嘗試解決現今老年人和需醫療隔離病患面臨棘手的用藥問題，希望達成目的如下：

- 一、以三種行動模式(循跡、避障、遙控)控制的智慧配送藥物系統
- 二、可自動送藥和量測體溫並記錄
- 三、具備吃藥的語音提醒和撥放音樂功能
- 四、具有遠端監控與自動通報家屬的功能
- 五、能進行紫外線消毒作業避免醫護人員被傳染

本作品整合了物聯網、智能車、感測器，包含六大模組如表 2-1，構想與功能如圖 2-1。

表 2-1 六大模組與功能對照表

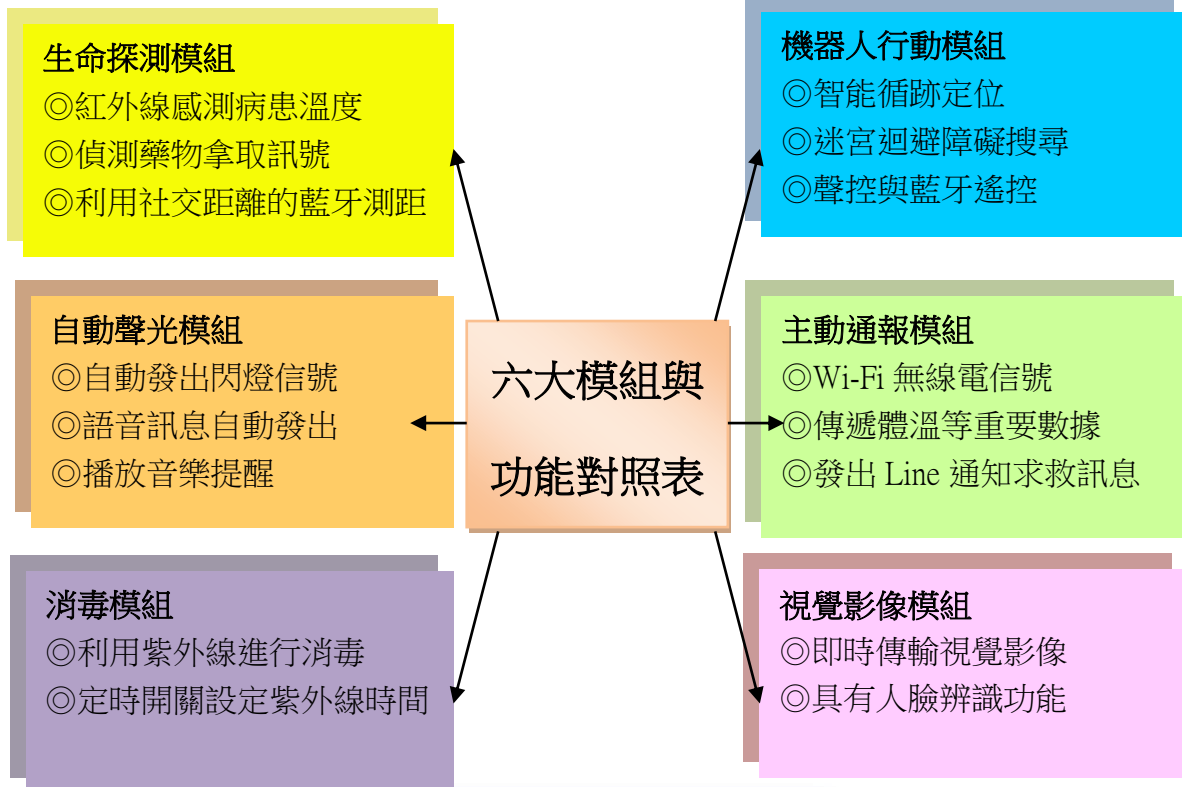


圖 2-1 作品構想與功能圖

## 參、研究設備及器材

本研究所使用的主要元件彙整如下。

			
<b>Arduino UNO</b>	<b>直流電機驅動擴展板</b>	<b>SYN6288 語音合成</b>	<b>超聲波測距</b>
開放性、易用性、交流性、豐富的第三方資源	疊層設計可直接插接，使用更加方便	將文字轉成中文語音發音	用於智能機器人行動時是否碰到牆壁
			
<b>碰撞傳感器</b>	<b>Wi-Fi 元件</b>	<b>藍牙元件</b>	<b>GY-906 紅外線溫度計元件</b>
用於偵測取藥沒有	用於連接伺服器發出 LINE 通知	用於遙控智能機器人傳回病房現況資訊	可以非接觸測量溫度
			
<b>MEGA2560 R3</b>	<b>Arduino MEGA Sensor Shield</b>	<b>A4950 雙路電機驅動模組</b>	<b>MPU-9250 九軸感測器模組</b>
更多輸入/輸出引腳 更多硬體序列埠	感測器擴展板	驅動馬達	三軸角速度測量轉動大小
			
<b>ESP32-CAM</b>	<b>飛利浦紫外線 UVC</b>	<b>定時開關</b>	<b>LD3320</b>
視覺傳達	需要 4 顆 1.5V 的 3 號電池	可以定時開關設定使用紫外線的時間	語音識別模塊

## 肆、研究過程或方法

我們利用每個星期的固定上課時間與課餘時間，在一起密集討論研究方法，並請老師協助指導。期望以簡單、現有的材料，以符合經濟與時間成本方式，製作出居家照護系統。

我們的作品**操作流程**：設計每天固定的時間，啟動機器人行動模組與自動聲光模組，利用生命探測模組找到病人，可讓病人使用智能車攜帶的醫療用品，如果量測到病人體溫有發燒的情況，此時智能車就透過主動通報模組，讓家屬或醫護人員知道；也可隨時進行居家的消毒作業。

**設計原理**：

我們的作品分成兩大必要裝置：1. **行動裝置**與 2. **Arduino 感測裝置**[5]，行動裝置就是機器人行動模組，其他各項模組都屬於後者。

老師在學校有教過 **Arduino** 的程式，因為 **Arduino** 提供很多第三方程式庫，還有多種感測器元件可以使用，所以我們依照其程式的範例學習並改寫。首先我們需要思考達到功能需要哪些元件？搜尋網路上的規格書和使用方法，把它們由杜邦線連接到 **Arduino** 板上的腳位，如**圖 4-1**；然後找到對應的程式庫，再做一些實驗來設定參數，就可以完成我們自己的函數庫，以便整合使用。用量測體溫的 **GY-906(MLX90614)**元件的第三方程式庫為例可以用以下步驟來說明。

1. 到 [github.com](https://github.com) 網站下載需要的元件編號程式庫  
<https://github.com/adafruit/Adafruit-MLX90614-Library>
2. 將 `Adafruit-MLX90614-Library-master` 目錄 copy 到 `ProgramFiles(x86)\Arduino\libraries` 下
3. 打開目錄下的 `samples mlxtest.ino` 學習如何寫程式
4. `#include <Wire.h>`
5. `#include <Adafruit_MLX90614.h>`
6. `Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();`
7. `void setup() {`
8. `mlx.begin();`
9. `}`
10. `void loop() {`
11. `Serial.print(mlx.readAmbientTempC());Serial.print(mlx.readObjectTempC());`
12. `}`
13. 一般是用 4.5. 兩行的方式 `#include <Adafruit_MLX90614.h>`
14. 之後宣告物件 `Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();`
15. `Setup()`中初始化物件 `mlx.begin();`
16. 主程式中呼叫提供的函數 `mlx.readAmbientTempC()` `mlx.readObjectTempC()` 就能得到我們想要得周圍溫度與目標物溫度了。

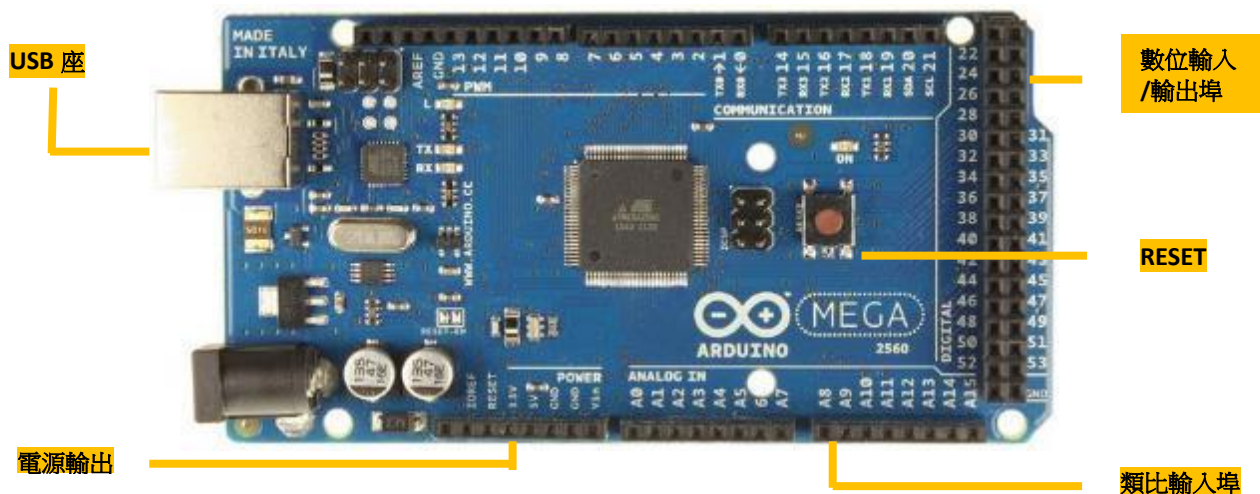


圖 4-1 Arduino MEGA 2560 結構圖

為確保我們的六大模組逐項開發成功，研究採行下列五大步驟，以確保每一項均能依序完成，如圖4-2 所示。研究先透過文獻探討，分析現今智能車的型式與最新發展應用等，透過目前坊間的科技產品與材料，學習與使用相關廠商的程式與參考文件，為使研究的產品符合研究目的，也自行設計修改相關的軟硬體，透過不斷的測試與修改，最終開發出一套智能車居家照護系統。



圖 4-2 研究步驟

本研究系統由六個核心模組構成，包括：自動聲光模組、生命探測模組、機器人行動模組、消毒模組、視覺影像模組及主動通報模組等部分，以下分述研究過程：

## 一、自動聲光模組

可開啟聲光模組，警報聲是來自蜂鳴器，分為有源和無源兩種[6]，我們的擴展板用的是有源蜂鳴器，內部帶震盪源，所以只要一通電就會發聲。為了讓智能車能說話，我們加入了中文語音合成模塊 SYN6288，就能用語音來提醒吃藥和說明用藥須知。

## 二、生命探測模組

是幫助機器人行動模組搜尋病人，我們利用藍牙信號強弱代表距離的觀念來執行任務。量測體溫是利用 GY-906 非接觸式紅外線測溫模組有以下特色：

(一)體積小、成本低、易於整合

(二)出廠校準的溫度範圍很廣：傳感器溫度為 $-40^{\circ}\text{C}$  至 $+125^{\circ}\text{C}$ ;物體溫度為 $-70^{\circ}\text{C}$  至 $+380^{\circ}\text{C}$

(三)較寬的溫度範圍內，精密度為  $0.5^{\circ}\text{C}$ ；測量解析度為  $0.02^{\circ}\text{C}$

## 三、機器人行動模組

智能車可以循跡和在迷宮中自動迴避障礙，經由生命探測模組直到找到病人或行動不便者。如圖 4-3 所示。



圖 4-3 循跡迷宮示意圖

基於這樣的認知，小組開始蒐集資料，並上網購買有關 Arduino 智能車模組進行研究。此系統只具備基本感測器（紅外線、超音波），提供如循跡及簡單避障等功能。我們充分利用現有的元件功能，並多次改良，讓我們設計的智能車不但會循著固定軌跡走(例如在地面上畫黑色的線條或有固定的圍牆)的裝置 [7]，學習現在醫院地上都貼有各種顏色的線，例如跟著綠線走，就可以到小兒科等，如果在家中我們可以在線到達某一個空間時，以斷線編碼來代表位置，例如到達客廳時，用 4 個短斷線代表這是客廳，用 3 短一長代表現在的空間是廚房，這就是十字定位法，除了可以識別空間以外，還可以把每次吃藥時間都在哪個空間發現病人傳回伺服器，時間久了，也許還可以推斷病人的生活習性。

此外還能在未知的且充滿障礙物的空間中具有智慧的找到病人，就像是要破解黑暗中的迷宮，這需要軟體的演算法與硬體精確的方向感配合才能達成。也希望能用藍牙遙控搭配視覺影像的輔助來移動。



**智能車**是自動控制很好的工具，透過馬達驅動器，控制二個直流馬達正反轉，可以成為行動自如的載具，如果以無線方式連接，例如藍牙，或Wi-Fi，就可以遠端無線遙控智能車。

為完成智能車行動模組，主要採用以下步驟：

(一)安裝車架與馬達：用舊有的車改裝，只保留車架輪子與馬達。

(二)連接擴展板：將Arduino板連接擴展板固定到車架上。

(三)連接電力：將電池座固定到車子的後座。

(四)行動功能測試：包含直線與轉彎，以及調整轉彎時間和角度。

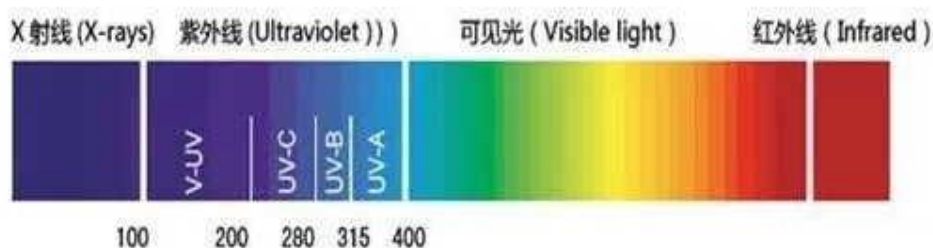
(五)修正功能測試：我們用左右超音波做修正，接近到牆時會自動微調等修正功能。

此外**藍牙介面**可將智能車與手機行動裝置互連，並將手機上的指令傳送給智能車，也能將智能車上的結果顯示在手機的藍牙介面上，像是增加鍵盤與顯示螢幕一樣的方便測試與除錯的主要介面。

我們增加了 **LD3320 語音識別模塊**，可執行非特定人聲的語音控制功能，讓使用者更方便的控制智能車。

#### 四、消毒模組

紫外線 UVC 具有消毒作用，科展使用的 TUV4W 波長 254nm **圖 4-4**，此殺菌原理：紫外線殺菌是利用適當波長的紫外線能夠破壞微生物機體細胞中的 DNA(脫氧核糖核酸)或 RNA(核糖核酸)的分子結構，造成生長性細胞死亡和(或)再生性細胞死亡，達到殺菌消毒的效果[8]。



**圖 4-4 紫外線波長 254nm**

#### 五、視覺影像模組

我們的視覺影像模組在後期我們修改為 ESP32- CAM[9]透過內建的軟體可臉部偵測，在網頁中可觀看即時畫面與拍照。

以下為 ESP32-CAM 操作方式：

(一)首先先將 arduino IDE 下載元件安裝 ESP32 開發版套件。

(二)安裝 ESP32 開發版套件 ESP32-CAM。

(三)安裝 USB TTL 及驅動程式。

(四)連接 USBTTL 及 ESP32-CAM(要接地和 5V、RX、TX)燒錄時 IO0 與 GND 對接按 RESET，燒錄完，把 IO0 與 GND 分開，在按一次 RESET。

(五)修改範例程式，裝上鏡頭後插入 32G 記憶卡插入主機。

(六)紫外線實驗中增加定時開關設定紫外線時間。

## 六、主動通報模組

我們的設計理念利用**無線電**通訊與定位，其中最普遍的方法就是 Wi-Fi 和藍牙了，它們具有**低成本、建置容易、抗干擾、穿透性佳**的優點[10]。當行動模組發現病人沒有按時服藥時，可以利用 Wi-Fi 向外界求助，可讓外界收到現場的**數據，包括病人體溫、聲音、服藥狀況**等，也能運用藍牙信號的強弱找到病人的位置。

我們的 Wi-Fi 元件是使用 ESP8266-01S 透過 Arduino 板子的硬體序列埠，經由 AT commands 連接，方法如下。當我們打開序列埠監控視窗，記得設 NL & CR，敲入 AT 若回 OK 表示初步連線成功！在手機上設定熱點，注意用 2.4GHZ，因為我們的 Wi-Fi 是 2.4G 的。

接著打入以下兩條 AT command 設定，就成功的連上手機的 Wi-Fi 伺服器了！

AT+CWMODE=1 設為 station mode

AT+CWJAP="SSID", "PASSWORD"

(一)**Line 通知**：統計即時通訊軟體當中，最常使用的產品為「LINE」，占 95.3%[11]。當 Wi-Fi 連接上伺服器後，可使用 Line 通知功能來緊急求救，我們上網搜尋過很多方法，最後選擇採取最簡單方便的 IFTTT 方式來實踐。IFTTT 是個網路服務平台，縮寫的意思是 IF ( if ) T ( this ) T ( then ) T ( that )，顧名思義就是「若做了什麼 ( this ) 則 ( then ) 就執行什麼 ( that )」。我們參考網頁：在 IFTTT 裡啟用 LINE Notify[12]來做設計。

(二)**藍牙裝置**：利用**手機或平板遙控**可讓醫療人員遙控我們的智能車的行動，傳回病人所在的環境資訊，達到類似在動機說明時提到的防疫功能。藍牙的設定是參考網頁：[13]。我們先安裝了 Serial Bluetooth Terminal 的 APP，然後設定**藍牙指令**。

七、**第一代系統整合過程**，**圖 4-5** 是不同階段的演進過程，簡要說明如下：

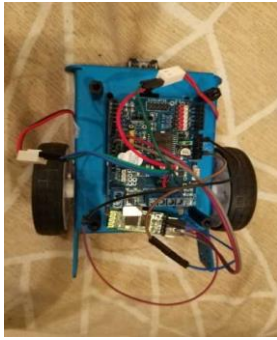
(一)左上圖擴展板架上後，運用藍牙遙控測試行動模組。

(二)右上圖嘗試用紅外線偵測左右牆壁，發現靈敏度很難調，最後改用超音波比較能精確的知道左右距離。

(三)左下圖還沒有用膠帶固定。

(四)右下圖陸續加入各元件，全部整合在一起真是大工程，最後還得慢慢微調左右元件的腳位位置，再將 3.3V 與 5V 的元件分群固定。

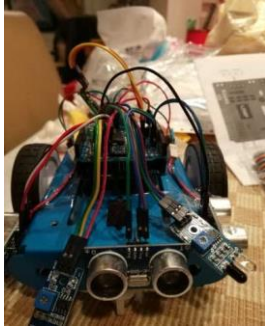
(五) 最下一張圖為整合完成圖。



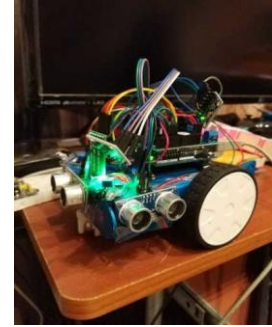
左上圖



右上圖



左下圖



右下圖

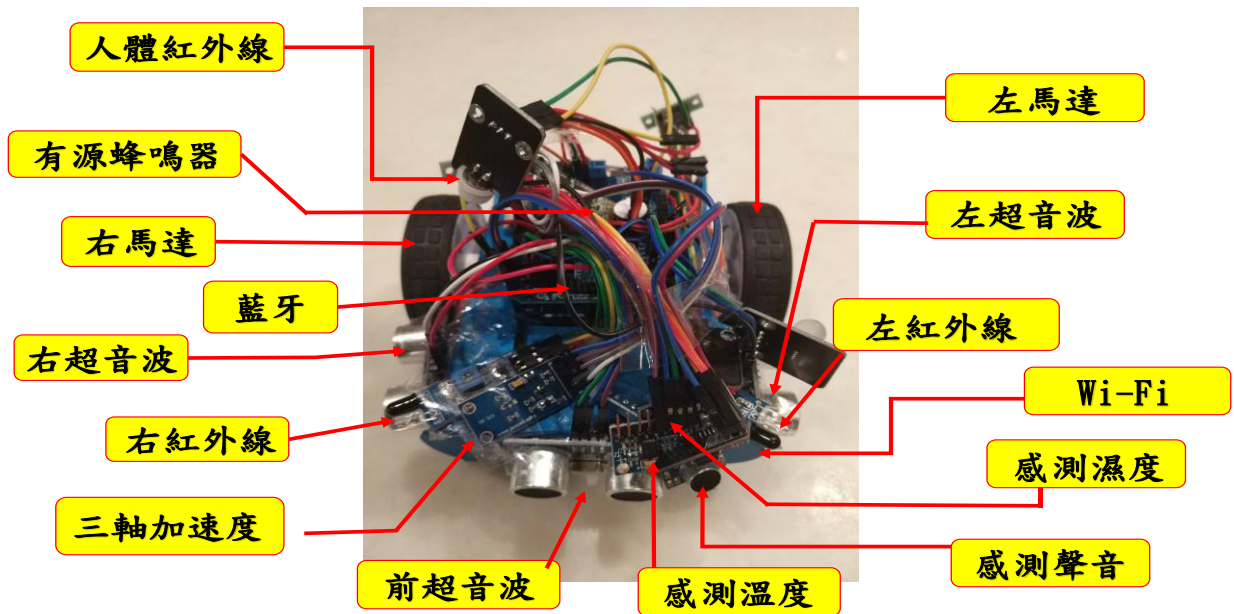


圖 4-5 第一代系統整合演進圖

## 伍、研究結果

我們的居家照護系統擁有眾多的模組與功能，大小零件有數十種，為了能夠清晰的描述和展現結果，我們會依照時間的先後、功能的依賴性和單一性、模組的整體性來說明。

### 一、讀取現在的時間

我們的系統需要在固定的時間啟動，但是 Arduino 主板並沒有時鐘(RealTimeClock)的功能，那要如何知道目前的時間？最先想到的方法就是找一個 RTC 的時鐘模組來用。後來我們找到一種利用已經安裝的 Wi-Fi 元件，透過網路連上國家時間與頻率標準實驗室的 NTP Server 校時方法[14]。經過不斷的嘗試才連上 NTP Server，但卻沒有回傳時間資料，直到測試 watch.stdtime.gov.tw 這個 NTP Server 才發現是可行的。再經過不停的測試與網路延時校正，得到以下誤差約在一秒內的結果，如圖 5-1。

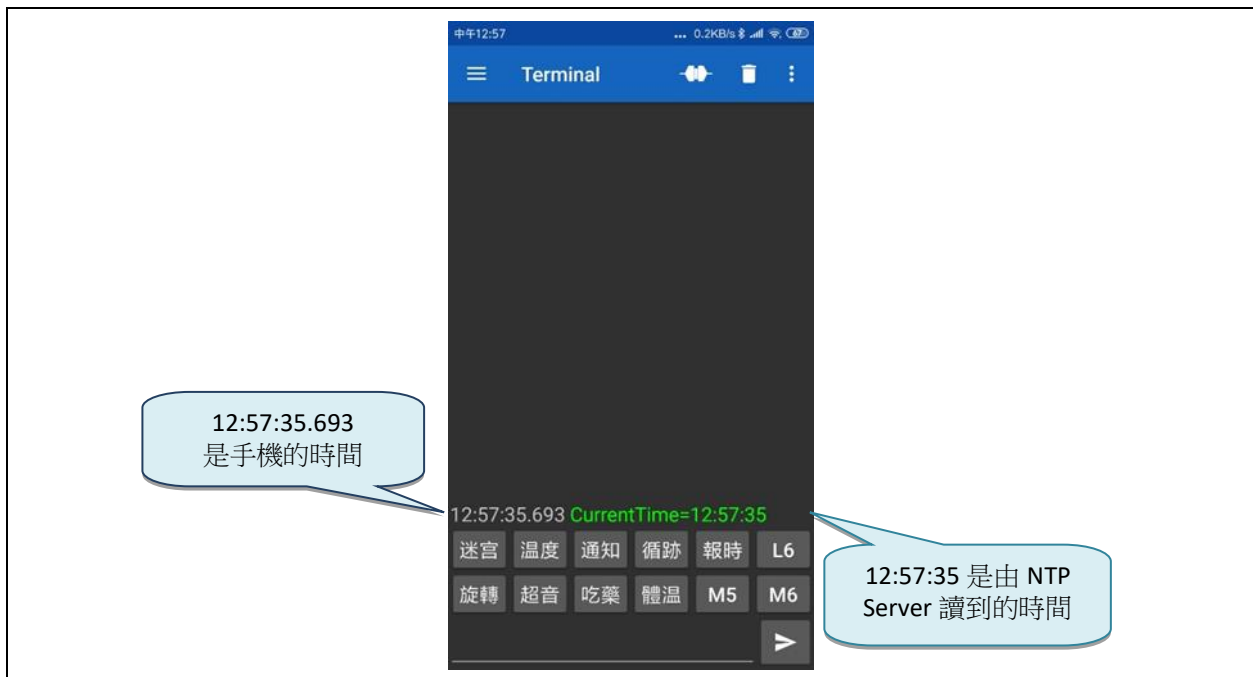


圖 5-1 讀取現在時間測試圖

有語音的報時影片連結 <https://youtu.be/3AaiKZIXTLU>，QR code 是 。

### 二、語音合成與蜂鳴器音樂和 LED 燈閃爍

為了提醒需求者我們的系統到來，我們運用 TTS(Text To Speech)語音合成模塊來說出中文。就是通過輸入我們想說的話的內碼，語音合成模塊把文字轉換成對應的聲音播放出來。因為語音模塊能使用的內碼有很多種，我們花了很多時間才弄懂內碼並且說出第一句話：歡迎使用智能車居家照護系統，我會送藥、測體溫與消毒，利用語音合成技術來

介紹本系統的视频連結 <https://youtu.be/7yEQkRKsjjM>，QR code 是 。

我們設計有源蜂鳴器設定為每一秒內打開蜂鳴器，50 ms 後關閉蜂鳴器，就持續維持發聲可以讓視障者聽見警報聲響。LED 燈發出的光亮可以讓聽障者看見有警示作用。

智能車行動自走後，為提醒病人送藥時間已到，並準備拿藥，系統安裝 LED 燈，以營造酷炫的燈光特效；另外亦改良蜂鳴器單調的聲響，寫入撥放音樂(巴哈的小步舞曲)的程式，結合聲光效果，增加創意驚喜。

我們組員都擅長樂理和演奏樂器，想到可以利用 MiDi 音高頻率和對應的節拍編寫巴哈小步舞曲的音樂檔案如表 5-1，就可以奏出：So Do Re Mi Fa So Do Do 等音符；其中音高的 0，1，2，3，4，5，6，7，8 分別代表 3B，4C，4D，4E，4F，4G，4A，4B，5C 九個音名，計算對應的 pitch (p 值) [15]；節拍的 1，2，3 分別代表半拍，1 拍，1 拍半，2 拍，2 拍半和三拍。

表 5-1 巴哈小步舞曲的音高和節拍

音高	5	1	2	3	4	5	1	1	6	4	5	6	7	8	1	1
節拍	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
音高	4	5	4	3	2	3	4	3	2	1	0	1	2	3	1	2
節拍	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	6
音高	5	1	2	3	4	5	1	1	6	4	5	6	7	8	1	1
節拍	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
音高	4	5	4	3	2	3	4	3	2	1	2	3	2	1	0	1
節拍	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	6

### 三、偵測藥盒是否被取走

我們偵測藥盒是否被取走是運用機械開關，當藥盒沒有被取走時，機械開關的狀態是 true，當藥盒被取走時，機械開關的狀態是 false。我們就是利用讀取機械開關的狀態來得知有沒有

取藥，示範取藥過程影片的連結 <https://youtu.be/p8t3qj9hQDI>，QR code 是 。

### 四、紅外體溫計量體溫和室溫

紅外體溫計的原理如下：紅外線屬於肉眼不可見光，當物體溫度大於絕對溫度時，由於物質存在分子振動，其產生的能量以電磁波的形式向外輻射，其中大部分為紅外線。每種物體的輻射波長、頻率和波形皆不盡相同。

為了瞭解 GY-906 測量體溫誤差值，我們使用 GY-906 與市售額溫槍比較測量溫度。因為市售額溫槍感測器與開口有一段距離，因此我們量測市售額溫槍感測器與開口之距離，再將 GY-906 與市售額溫槍感測器綁在同一平行位置，一同測量手心溫度。由實驗結果可推算出：以 GY-906 測體溫須加上 2.3 度才會與市售額溫槍測量出體溫相同，如圖 5-2。

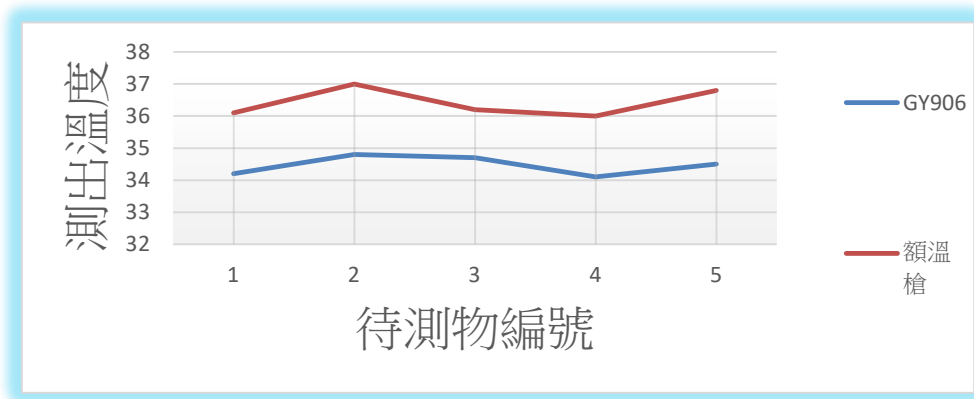


圖5-2 測量溫度和待測物與GY-906測溫儀測量距離關係圖

為了了解距離受測物多遠測量結果最準確，且受測物須保持恆溫。因為紅外線輻射只會發生在溫度高於絕對溫度時，因此我們使用冰塊(因為在冰水共存時永遠是 0 度)，以確保實驗不會有太大誤差。

結果顯示：在 GY-906 距離受測物 0.5 公分時，能測出最準確體溫；距離 4 公分時，完全無法測出物體體溫，如圖 5-3。

我們下載第三方的程式庫並且經由以上的實驗結果來量測周圍室溫或體溫，量測室溫的結果如圖 5-4。量測體溫時我們用超音波的距離來偵測受測者，這是種巧妙的設計如圖 5-5，當受試者靠近後自動量測體溫，體溫低於 37 攝氏度時會說：體溫正常。量測體溫的影片連結

<https://youtu.be/uOHs5hLZl0c>，QR code 是 。

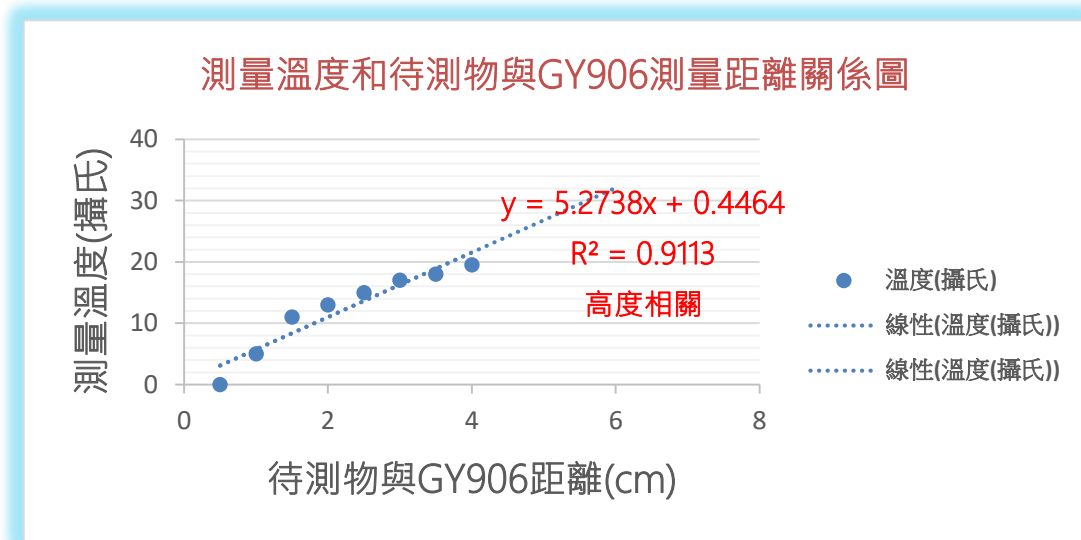


圖5-3 測量溫度和待測物與GY-906測溫儀測量距離關係圖

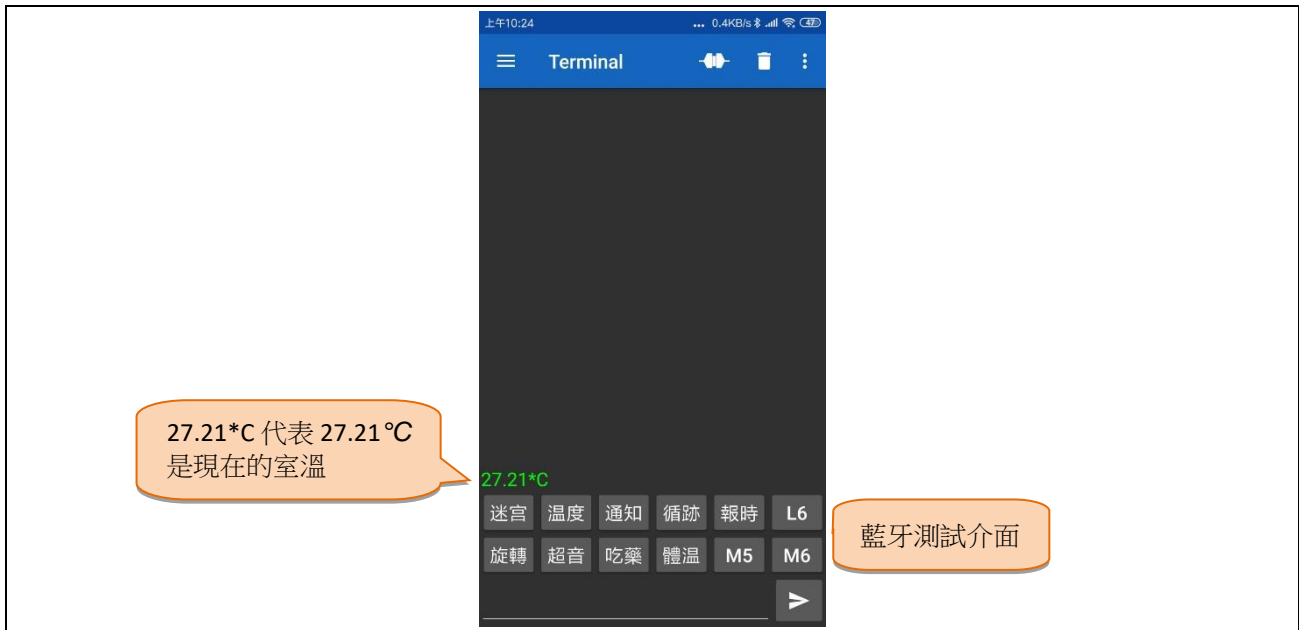


圖 5-4 讀取現在溫度測試圖

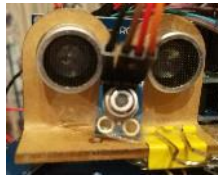


圖 5-5 結合溫度計和超音波的巧妙設計

### 五、機器人循跡定位行走

利用紅外線循跡智能車，能夠自動運行在預先規畫的黑色軌道上為免車速過快而衝出軌道，不斷測試智能車的行進速度，程式流程圖和主程式如圖 5-6。

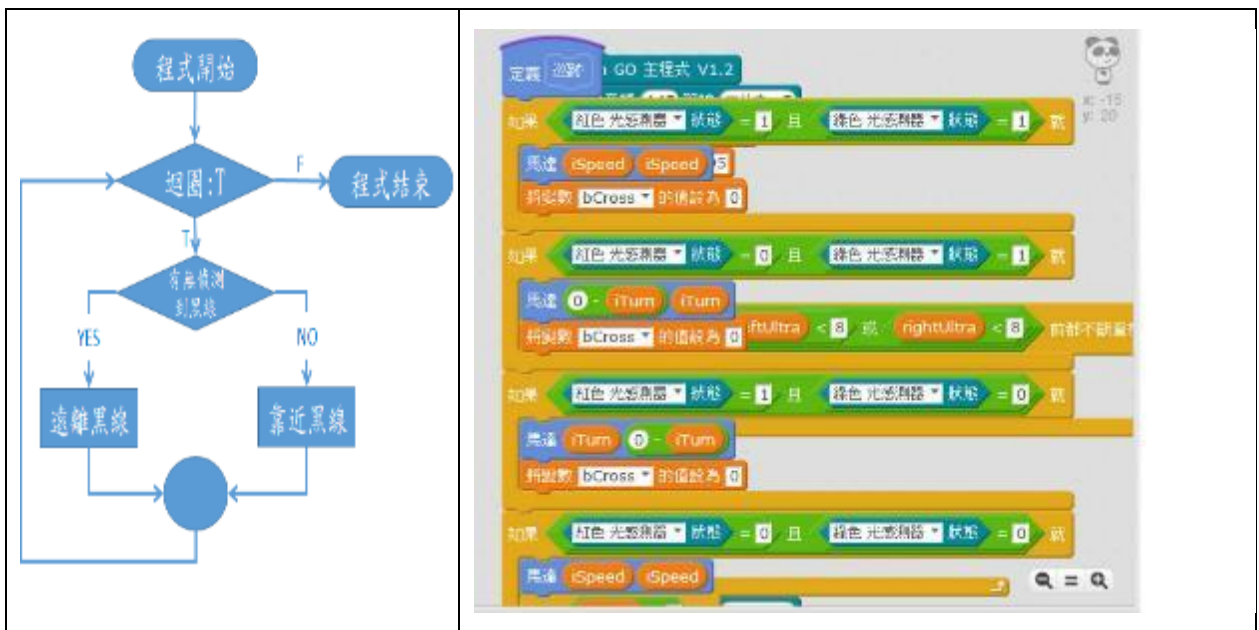


圖 5-6 智能車循跡功能流程圖和 mBlock 主程式

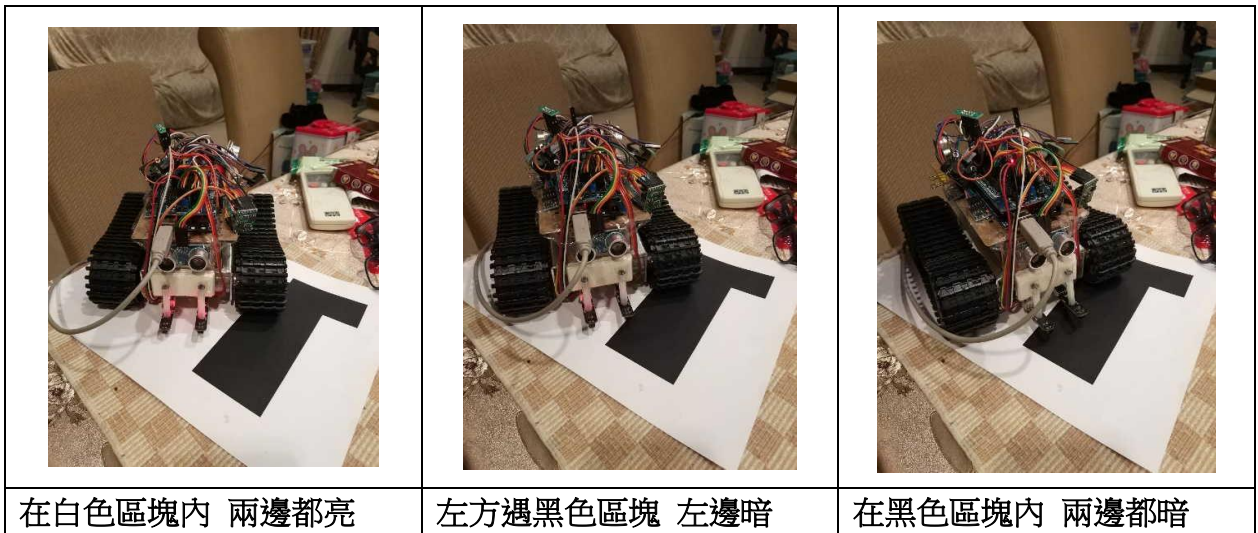


圖 5-7 履帶車紅外線元件功能測試圖

我們為履帶車黏貼紅外線元件測試基本的循跡功能，如圖 5-7。進行了循跡測試 如圖 5-8。

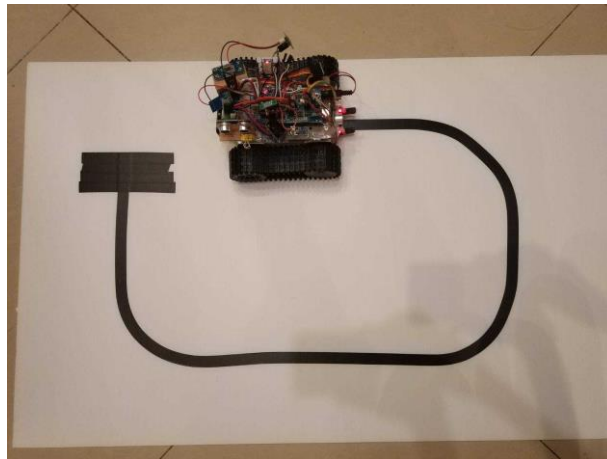



圖 5-8 履帶車循跡測試圖

履帶車循跡影片的連結和 QR Code 是  [https://youtu.be/WB\\_zGo4bWT8](https://youtu.be/WB_zGo4bWT8)。

我們發明的十字定位法的五台車走秀加上音樂影片，連結和 QR Code 是  <https://youtu.be/ltagaNZ7UpA>。

## 六、機器人迷宮避障行走

對於事先我們並不知曉全貌的迷宮，或者即使我們能瞭解到它的全貌（比如一些旅遊景點中的迷宮），但置身其中時仍會有“旁觀者清，當局者迷”的感覺。這樣的迷宮該如何破解呢？或許大家都知道神話中忒修斯拉線繩的方法——如果你有足夠長的繩子的話，這無疑是最保守和安全的方法。



但是我們想找一種更巧妙且有效的走迷宮策略，也就是只需要知道方位，並不需知道行走距離或其他資訊，就可以走出迷宮。後來在網路上搜尋到一位英國的 12 歲小男孩 Jon Pledge 發明的演算法，演算法是這樣的：先選擇一個偏好方向”favored direction”，比如東、南、西或北，然後總是盡可能朝這個方向走。當遇到牆時，向右轉身沿左側牆壁繼續前進，直到面向偏好方向且轉身數的總和為零（初始值為 0，順時針轉身時減 1，逆時針轉身時加 1）為止。此時繼續沿偏好方向向前走。([16])

我們寫了這個走迷宮程式，實際測試時我們做了以下改進：

- (一)當智能車在迷宮偏左或偏右時，能夠修正的功能，才能更順利完成任務。
- (二)此外，原始的演算法是採”右轉法”，一般狀況可成功如下方左圖回字型迷宮，但遇到右圖迷宮時就會一直繞圈。所以我們想到還可採其對稱策略”左轉法”：向左轉身沿右側牆壁繼續前進。所以研發了當遇到牆時，當右邊有缺口時採用”右轉法”，相反的，當左邊有缺口時採用”左轉法”，如果其他情況時可任意採其一，如此可較快的走出迷宮。
- (三)還有當發現處於一直繞圈時，也就是”轉身數總和”很大時(例如大於 10)，將右轉法切換成左轉法，沿著右側牆壁走，就可輕鬆脫離繞圈的窘境走進缺口處，如圖 5-9。

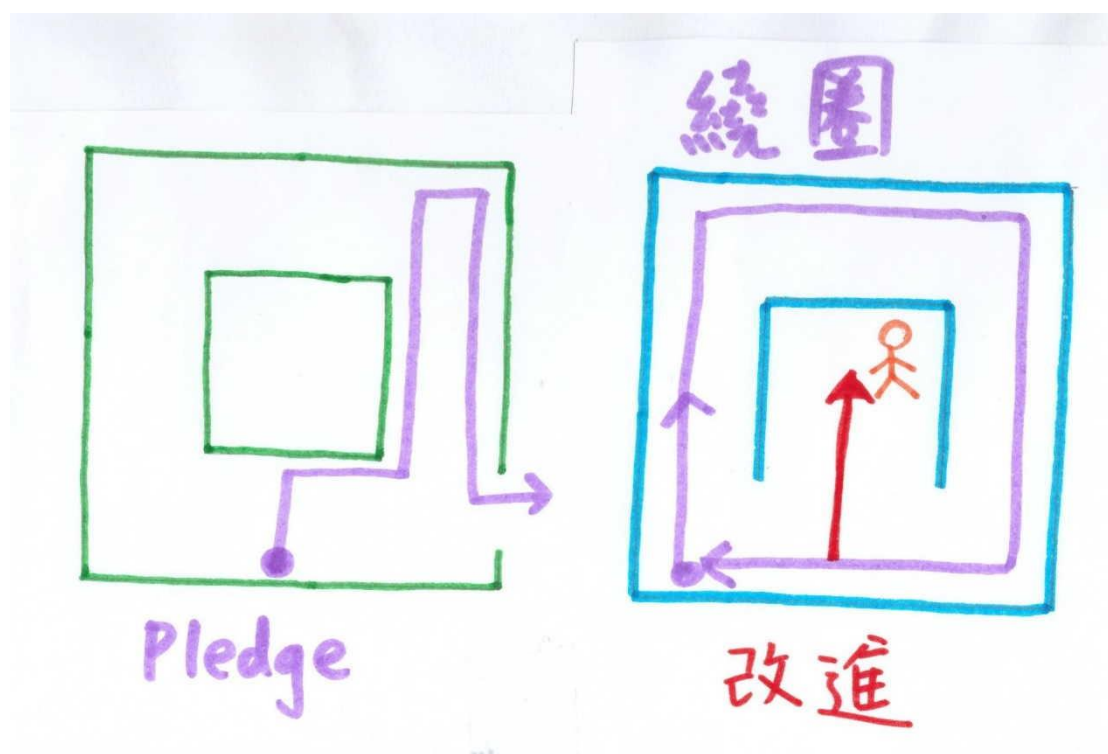


圖 5-9 Pledge 與改進迷宮演算法比較圖

在硬體設計方面：為了因應這個迷宮演算法必須看左右兩側，就增加了智能車前方和左右兩側共三個超聲波元件；為了修正偏移路線，增加了左前方和右前方兩個紅外線元件，用於有效的避障，右轉法和左轉法的最佳的路徑如圖 5-10。



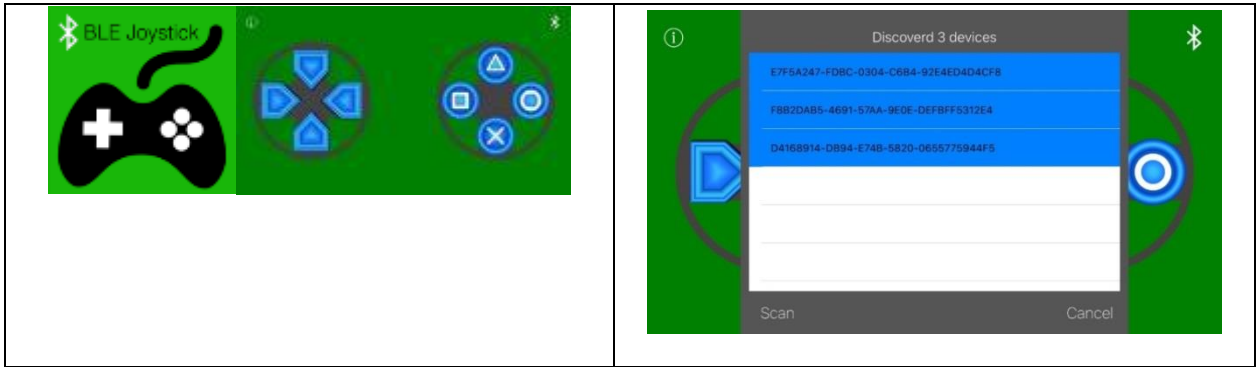



圖 5-11 藍牙遙控模組測試程式圖

藍牙遙控智能車影片連結和 QR Code 是  <https://youtu.be/Oo82DEHF9as>。

## 八、視覺影像模組

ESP32-CAM 燒錄完成後，設定照片的畫素和調整位置，即可看到即時影像。此 ESP32-CAM 具有人臉辨識功能。連結網頁可同步觀測，以下是實測拍攝的照片(圖 5-12)。

ESP32 鏡頭實測影片連結和 QR Code 是  [https://youtu.be/Z-PjRPIG\\_94](https://youtu.be/Z-PjRPIG_94)。

為了得到清晰的影像，我們調整不同的解析度，原本我們的鏡頭是 200 萬畫數，因有部分影像不清楚，我們後期還會新增有夜視鏡頭來測試，補足晚上燈光不足而無法錄製影像，希望能在光線不足時也可以運作。

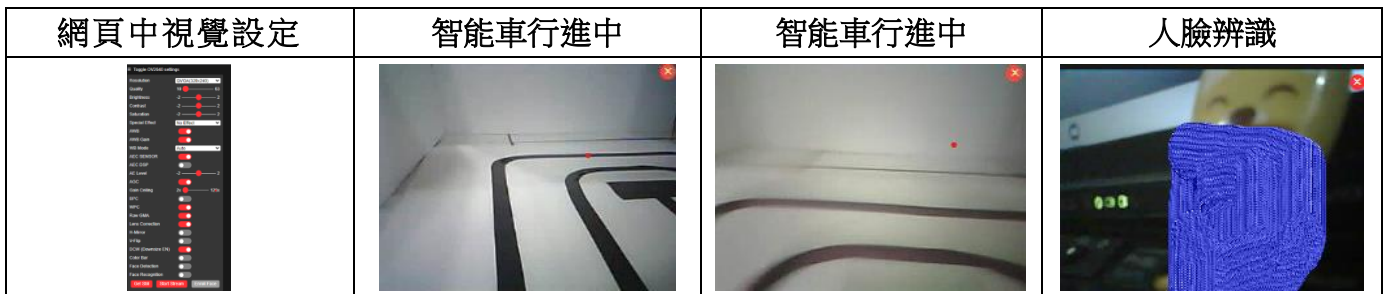


圖 5-12 影像模組所拍照片

## 九、Line 通知求救

我們搜尋網路上的 Line 通知方法有很多種，其中用 arduino 的方法有的需要寫網路程式，我們選我們能懂得經由 AT commands 用 Webhooks 到 IFTTT[17] 的方式，我們就是用這種方法，傳回是否吃藥和體溫等資訊，如圖 5-13。



圖 5-13 Line 通知吃藥與體溫功能圖

#### 十、三角定位與藍牙社交距離

三角定位法首先需要量測信號強度，Wi-Fi 信號強度單位 dBm 都是負值，愈接近 0 表示信號愈強。利用 AT+CWLAP="SSID", "" 可得到 dBm 經由 Line 通知(Line Notify)傳回，可知病人與伺服器 AP 的距離，如圖 5-14。

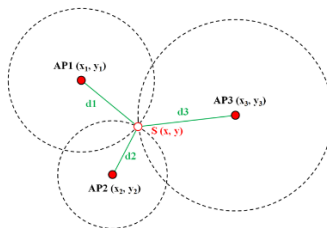


圖 5-14 三角定位方法圖示

我們很好奇如何由訊號強度 dBm 估算距離，上網搜尋相關資料，發現很多專家學者研究這個主題，兩者之間的關係可由圖 5-15 簡單的表示。

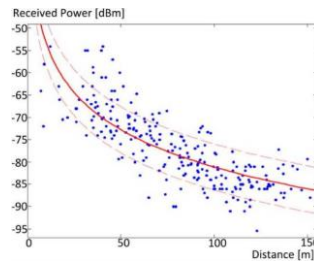


圖 5-15 dBm 與距離的關係圖

手機連接 Wi-Fi 信號的強度，其實手機跟 Wi-Fi 的距離、路由器設備型號和發射信號的強弱、路由器擺放位置有關，其實還跟**障礙物**有關，由參考文獻得知影響 Wi-Fi 信號的主要是**牆**([18])。

所以我們自己設計了一個**實驗**，探討垂直方向且有樓層阻擋物時，Wi-Fi 訊號強度(dBm)對應樓層之間的關係：實驗流程為物聯網裝置放在 1F，換上不同的天線，需要先連上藍牙，把伺服器移到各樓層，確定已和物聯網連接，物聯網可透過藍牙讀取十次平均的訊號強度 (dBm)，紀錄 dBm 值於對應的樓層中，估計每層樓高約 3.3 公尺，樓地板厚度約 18 公分。結果整理於**表 5-3**。

為了和手機的信號比較，以上的實驗也對手機做，整理於**表 5-4**，發現手機信號在高樓層比低樓層強。這個結果讓我們更好奇地下室的信號強度會如何？我們找一個**地下室**做信號強度的實驗，整理成**表 5-5** **表 5-6**，Wi-Fi 的信號比手機稍強一些。之後我們用天線和弧形反射面來增強訊號，分別做了實驗並進行討論。最近得到藍牙社交距離 APP 的啟發，我們著手研究藍牙的距離與信號強度關係得到**表 5-7** **圖 5-16**。

**表 5-3 Wi-Fi 信號強度與樓層的關係地點 I**

裝置放 1F	1F	2F	3F	4F
內建天線	-40.0	-73.8	-87.2	未連接
外接天線 A	-36.8	-70.1	-89.2	未連接
外接天線 B	-33.0	-71.4	-90.4	未連接
外接天線 C	-40.7	-74.0	-92.6	未連接
外接天線 D	-38.6	-68.3	-88.8	未連接

**表 5-4 手機信號強度與樓層的關係地點 I**

	5F	4F	3F	2F	1F
電信 1 手機 A	-67	-76	-90	-94	-96
電信 1 手機 B	-72	-93	-101	-95	-101
電信 2 手機 C	-59	-79	-89	-90	-89

**表 5-5 手機信號強度與樓層的關係地點 II**

	1F	B1	B2
電信 1 手機 A	-93	未連接	未連接
電信 1 手機 B	-92	-108	未連接
電信 2 手機 C	-84	-103	未連接

**表 5-6 Wi-Fi 信號強度與樓層的關係地點 II**

	1F	B1	B2
內建天線	-48.9	-75.2	未連接

表 5-7 藍牙信號強度與距離的關係

距離	0m	1m	2m	3m
十次平均信號強度 RSSI	-45.4	-63.8	-75.6	-82.7



圖 5-16 藍牙信號強度測量過程圖

### 十一、消毒智能車

我們利用另一台智能車設計了消毒功能，在車上加裝紫外線如表 5-8 [19]和定時開關，就可以達到在屋內定時消毒的效果 (圖 5-17)。

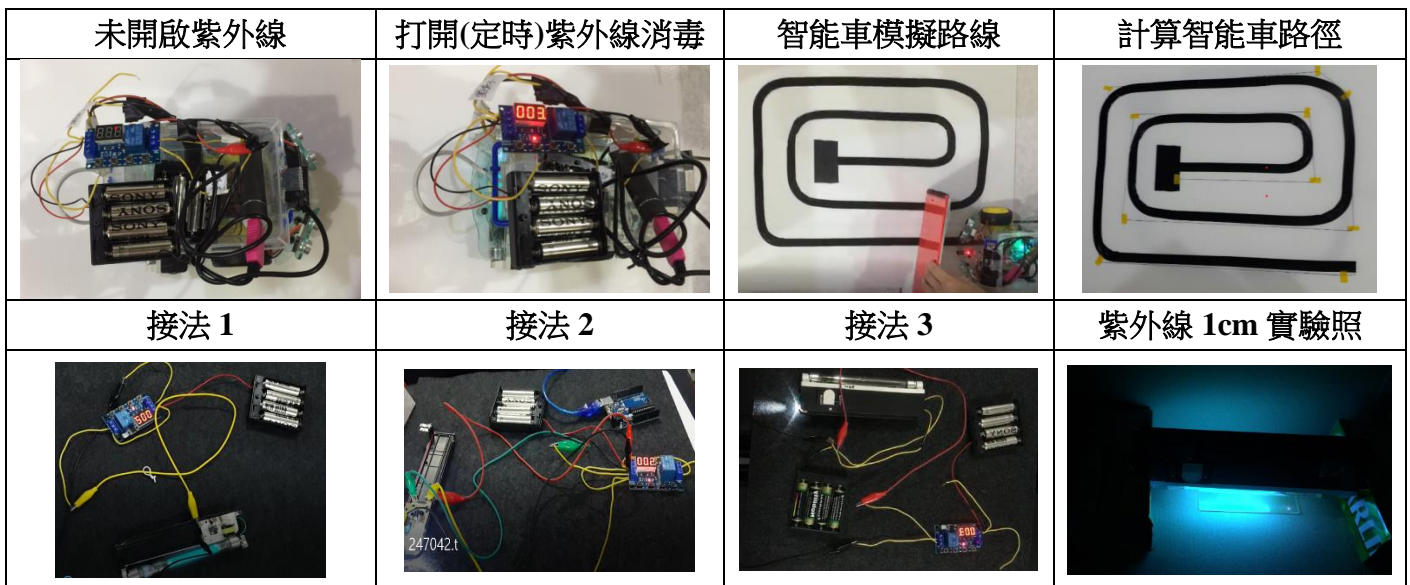


圖 5-17 紫外線消毒智能車和模擬路線和定時器接法

上排 4 張圖為在智能車連接上定時器後，走我們預定好的路線，計算智能車的路徑，因我們已經貼好在白板上，拆下來也不好量測距離，於是我們使用平常縫衣服的線，依路徑小心貼好後接下來量測，3 次的線長為 285cm。

定時器加紫外線接法，一開始不懂導致燈組燒壞，後來因為持續接錯，最後定時器損壞，直到最後經老師建議後和幫忙後，才順利完成定時開關設定，然後進行後續實驗。

酵母菌測試畫面，我們用牙膏盒從中剪一點，當卡槽把紫外線放到中間，再將此環境放置於鞋盒中，從旁邊拍照。

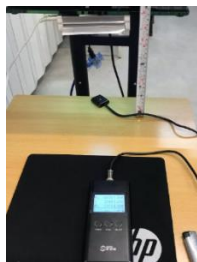
**表 5-8 TUV TL Mini 規格表**

TUV TL Mini 紫外線殺菌燈管規格

型號	長度mm	直徑mm	功率W	管壓V	電流A	UV-C輻射(W)	壽命h
TUV4W	150.1	16.0	4	29	0.17	0.9	8000

上圖為我們使用實驗燈管規格，此為飛利浦公司製作，荷蘭生產，選擇 4W 原因除了方便攜帶和改造，也是因為輕巧可放入智能車，其他的因為使用 110V 和燈管太長，所以無法在這次實驗中使用。依照 UVGI 技術查紫外線-C(UV-C)對各種細菌、病毒的致死劑量，{ K(殺菌劑量- $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ ) = I(強度  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )\*t(時間-sec) } 實驗使用為麵包酵母菌，劑量達到 8800( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ ) 酵母菌就會致死，由販賣紫外線的店家所做劑量測試圖 5-18 [20]，在 25cm 照射下即有 1311.8( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ )，我們測試時在 1cm 距離下，燈管長 15cm，另外燈罩內部使用對紫外線反射率高材料光面錫箔紙，紫外線照射面積為 15cm<sup>2</sup>。我們使用他牌測試紫外線能量數據[21]與實驗的 PHILIPS UVC T5，用 excel 內建趨勢線計算。在 1cm 距離，照射角度為 90 度，酵母菌遭受到的紫外線劑量已達 9000( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ )，如表 5-9 圖 5-18，所以實驗酵母菌均全數死亡圖 5-19 [22]。

下面的圖表即為測試紫外線的距離所產生的能量，依照 25cm 下，已有 1311.8( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ )，依照強度在 6600( $\mu\text{WSec}/\text{cm}^2$ )殺死大腸桿菌條件下，在 25cm 下，約 5.03s，大腸桿菌將會被紫外線破壞其 DNA 或 RNA 的分子結構，造成細胞死亡。



**圖 5-18 販賣紫外線店家所提供紫外線測試距離圖**

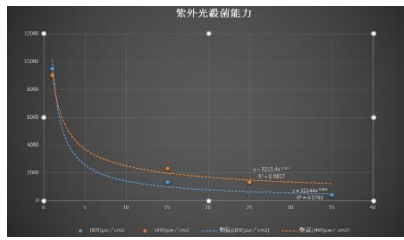


圖 5-19 紫外線殺菌能力圖

表 5-9 紫外線距離與強度對照表

cm	1	15	25	35
(8W) $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	9500	1310	--	390
(4W) $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	9000	2300	1311.8	--

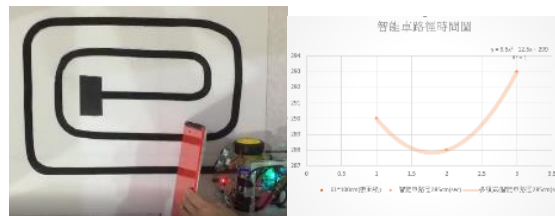


圖 5-20 智能車紫外線消毒路徑時間圖

我們想在醫院做智能車消毒實驗,但因疫情關係,不方便在醫院實驗,於是我們另外規劃。

舉例:一塊地磚的長寬各為 0.25m 計算,

地板面積為  $0.25*0.25*100=6.25\text{m}^2$

因此我們設想 2 個路徑,一個是較為寬的路徑,另外一個較狹窄的路徑,

依照路徑長短,計算應花費行進時間,和實際測的時間來統計如下:

**A 路線:** 智能車寬度約 16cm, 來回走 11 趟,  $11*250=2750(\text{cm})$

紫外線智能車以 1cm 走 1s,  $2750/60=45.83(\text{min})$

測試 3 次(53min/60min/59min)平均為 57.33min

**B 路線:** 智能車寬度約 16cm, 來回走 13 趟,  $13*250=3250(\text{cm})$

紫外線智能車以 1cm 走 1s,  $3250/60=54.16(\text{min})$

測試 3 次(63min/66min/68min) 平均為 65.66min

智能車的路徑如表 5-10、表 5-11、圖 5-20、圖 5-21 和圖 5-22。

表 5-10 智能車路徑表

計算智能車路徑	第一次/sec	第二次/sec	第三次/sec
61*100cm(地板面積)			
智能車路徑 285cm(sec)	290	288	293



表 5-11 智能車路徑表

計算智能車路徑 0.25*0.25*100(地板面積 6.25m <sup>2</sup> )	第一次/min	第二次/min	第三次/min
智能車路徑(綠色 11 次)	53	60	59
智能車路徑(黑色 13 次)	63	66	68

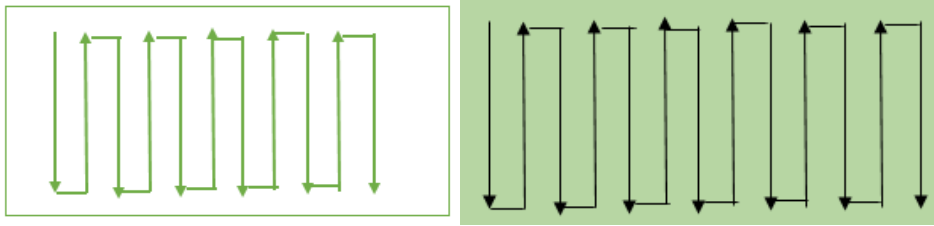


圖 5-21 消毒路徑示意圖

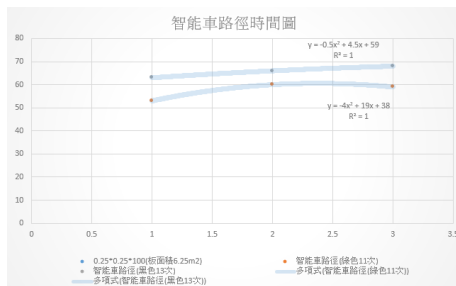
















































圖 5-22 智能車消毒路徑時間圖



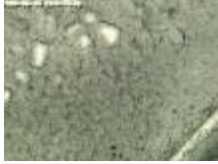





我們實驗使用紫外線對酵母菌做不同時間的照射，使其破壞細胞中的 DNA(脫氧核糖核酸)或 RNA(核糖核酸)的分子結構，實驗結果討論紫外線時間長短對於酵母菌影響。(表 5-12)

表 5-12 紫外線消毒前後對照表

測試時選用 3 個牌子電池，後期選擇 C 可重覆使用的環保電池			
測試前選用	碳鋅電池 A	碳鋅電池 B	環保電池 C

			
土司	土司	土司+酵母菌+75%酒精 (Before))	土司+酵母菌+ UVC (Before)
			
土司在測試箱中排 列	土司(After)	土司+酵母菌+75%酒精 (After)	土司+酵母菌+ UVC 30min (After)
			
測試箱開啟紫外燈	土司	土司+酵母菌+衛生紙 (Before)	土司+酵母菌+熔噴不織 布(Before)
			
剛發酵的酵母菌液	土司(After)	土司+酵母菌+衛生紙 (After)	土司+酵母菌+熔噴不織 布(After)
			
酵母菌	酵母菌 +UVC:1S(Before)	酵母菌+UVC:10S(Before)	酵母菌 +UVC:30S(Before)
			
酵母菌 +UVC:60S(Before)	酵母菌 +UVC:30min(Befor e)	酵母菌 +UVC:60min(Before)	

			
酵母菌	酵母菌 +UVC:1S(After)	酵母菌+UVC:10S(After)	酵母菌+UVC:30S(After)
			
酵母菌 +UVC:60S(After)	酵母菌 +UVC:30min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)	
			
酵母菌	酵母菌 +UVC:1S(After)	酵母菌+UVC:10S(After)	酵母菌+UVC:30S(After)
			
酵母菌 +UVC:60S(After)	酵母菌 +UVC:30min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)
			
酵母菌	酵母菌 +UVC:1S(After)	酵母菌+UVC:10S(After)	酵母菌+UVC:30S(After)
			
酵母菌 +UVC:60S(After)	酵母菌 +UVC:30min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)

			
酵母菌	酵母菌 +UVC:1S(After)	酵母菌+UVC:10S(After)	酵母菌+UVC:30S(After)
			
酵母菌 +UVC:60S(After)	酵母菌 +UVC:30min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)	酵母菌 +UVC:60min(After)

以上為測試酵母菌實驗，在前面因還不知道距離，所以用 5cm 來做紫外線實驗，發現 5cm 測試下和其他如酒精，在顯微鏡下不容易觀察，也可能是我們使用麵包，所以將材料改為用水埋玻片加酵母菌和不同時間的紫外線照射實驗。實驗觀察後發現，酵母菌平常我們在做麵包時，在適當的溫度和濕度下，麵粉糰會發的很漂亮，但是在紫外線照射下，發現上面的酵母菌會因紫外線照射時間越長而越來越乾燥，感覺上是被太陽曬乾了，所以 1cm 距離的殺傷力真的很大。

## 陸、討論

- 一、我們利用許多時間學習相關知識，老師在我們四年級時就開始指導我們 Arduino 的程式設計與應用，我們也在寒暑假時參加一些營隊活動，代表學校參加智能車的循跡比賽，得到縣市國小組第一名的佳績，以及全國智能車循跡賽的滿分，智能車創意賽五台車同步走秀得到全國第三名，也以地震救難機器人在世界青少年發明展得過特別獎與銀牌的肯定，顯示我們已經充分具備製作與測試智能車系統的能力。
- 二、實作的過程中發現，應該要將電子元件確實接妥，避免組裝整個系統時，因碰撞而形成斷路不容易察覺。各種元件的功能都寫了測試碼，經過藍牙測試介面反覆實驗，測試過程需要很小心，組合後的系統才能正常運作。
- 三、Arduino 沒有時鐘的功能，那要如何知道目前的時間？最先想到的方法就是找一個 RTC 的時鐘模組來用。後來我們找到利用已經有的 Wi-Fi 元件，可以透過網路連上國家時間與頻率標準實驗室的 NTP Server 校時方法，終於順利完成能在十秒內得到標準的時間。
- 四、一般市售的智能車只有簡單的循跡功能，如何精確的到我們想去的位置？我們運用智能車創意賽想到十字編碼定位法讓我們能走到想去的地方。但如果在無循跡線的迷宮中行動，我們需要偵測到左右兩邊有無缺口，也要修正走偏的路徑，所以我們決定在原有車架上加裝左右超音波，並且改良 Pledge 迷宮演算法與增加靠牆修正法，才能有效的完成能自動避障行走，也完成透過藍牙遙控的智能車。
- 五、我們曾看到手機上有災防告警訊息，所以想到可用即時發送求救通知的方式。上網查詢發現很多方法，但有的需要寫網路程式，對國小的我們來說太困難，經過不斷的摸索終於發現到使用 Wi-Fi 元件透過 IFTTT 傳出 LINE 通知的比較容易方法。
- 六、經過不斷改進後我們整合大多數元件，才設計出有更好的行動力，能克服崎嶇地形的履帶智能車(圖 6-1)。為了走迷宮時能精確的轉直角，我們嘗試用磁場與角速度的電子羅盤元件，但地球磁場因為太弱容易受到干擾，而且誤差不平均並不好修正，用累加角速度轉直角測試表現有明顯的改善(圖 6-2)，主要是解決之前用轉彎時間多少來決定角度，會發生電池電壓高低影響馬達轉速快慢，導致轉動角度時大時小的問題。
- 七、我們已經知道 Wi-Fi 信號和距離有關，最近由報導得知可用手機藍牙來維持社交距離的 APP，這促使我們接著研究藍牙信號強度與距離的關係，發現用信號強度 RSSI 約等於-64 時，兩物件間的距離為一公尺，這可以幫助我們判斷智能車是否已經接近需求者了。
- 八、為了增強 UVC 的紫外線強度，我們分別實驗了 3 種電池，後期選擇 C 可重覆使用的環保電池，除了電力較穩定之外，也達到環保的功能。實驗過程發現酵母菌加在土司上，經過紫外線照射後(此實驗距離為 5cm)，土司整塊乾硬，使得不容易用顯微鏡觀察。熔噴不織布在實驗中，阻擋酵母菌的滲入也確實有阻擋的功能。於是後面改用的載玻片上滴酵母菌加上紫外線實驗和觀察，驗證照射時間是否影響菌種活性，在設計了 1S， 10S， 30S， 60S， 30min， 60min 多種時間的實驗後發現(此實驗距離為 1cm)，酵母菌均全數死亡。之後查資料發現紫外線的強度和照射時間乘積產生紫外線的能量，是讓酵母菌死亡的原因。在這次也加裝了定時開關，控制紫外線的時間讓消毒後不用在戴防紫外線眼

鏡去關閉。過程中定時開關與燈具之間線路的連接我們嘗試很多接法，因不太懂電路，後來去找資料後發現接法錯誤導致實驗失敗。也因為我們用黑色電火布，實驗過程有可能線路的接觸不良，後來謝謝老師幫忙焊定時器開關部分的線路才獲得後面穩定的實驗。

九、在**視覺傳達**的部分，我們經過測試在距離約 60 公分可以辨識人臉，超過的話因為角度和光線影響會判讀不出來，另外現在戴口罩的部分還沒辦法辨別出人臉。不過有趣的是，如果是照片的話，距離再可偵測的範圍內，有幾次畫面會就秀出標記黃框的符號。目前可以儲存約 7 張人臉照片資料，因此我們想結合在智能車上，當做居家照顧可即時觀看的功能。

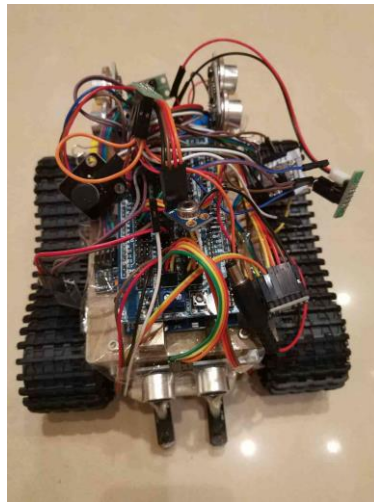


圖 6-1 履帶智能車

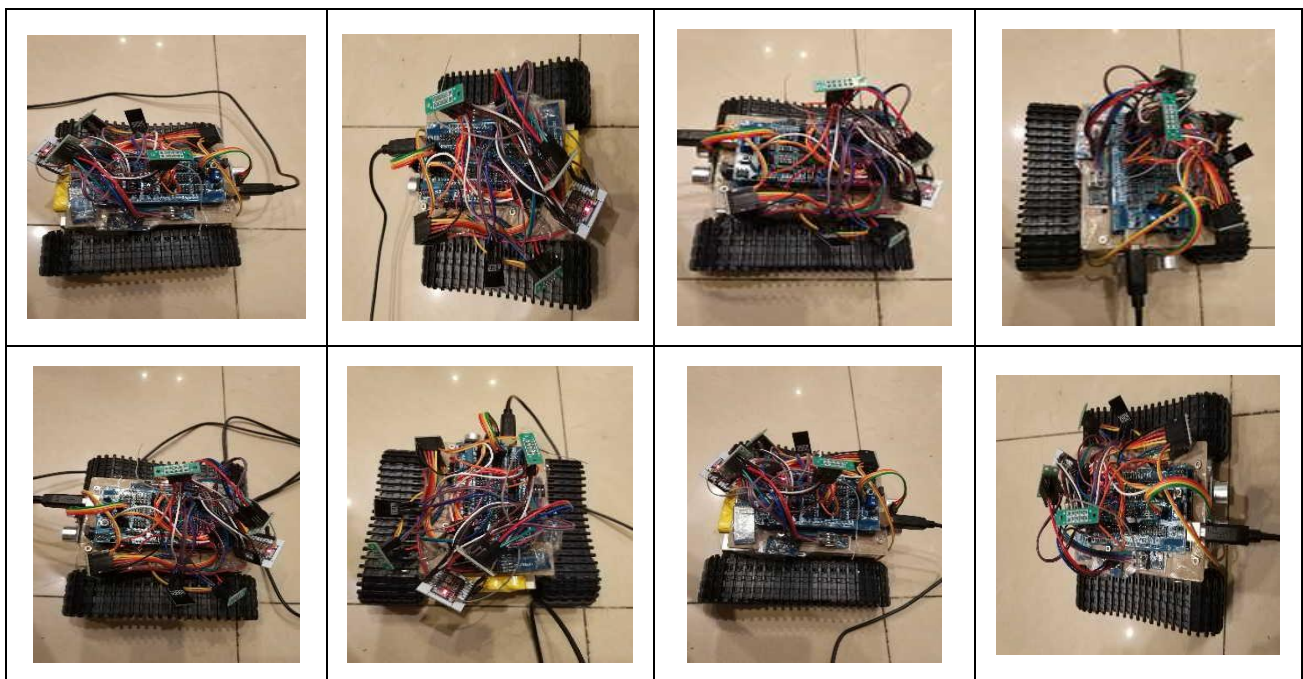


圖 6-2 連續左轉直角(上 4 張) 連續右轉直角(下 4 張)

## 柒、結論

- 一. 我們的作品花了很多時間，從設計到動手實作開發，各元件的線路連接與功能測試，問題的偵測、除錯、以及解決不穩定情況，實驗一做再做，才將所有功能整合在一塊Arduino板上，經過多代的演進，終於完成**穩定又有效率**具有行動力的**居家照護智能車**。
- 二. 本作品使用的硬體元件都是市面上常見和容易取得的，軟體都是我們自己獨力開發和使用網路上第三方程式庫資源的成果，不需要額外付費，而且使用上不會受到太多限制，很容易移植到其他平台，也可以依照需求來修改程式，設計具有**彈性**和**推廣應用**價值。
- 三. 我們創新設計的智能車具有偵測**人體溫度**的功能，讀取**NTP的時間**後開啟自動聲光模組，通知視障與聽障者，接著啟動**行動模組**，自主行動在具有**定位功能**的循跡線上，攜帶醫療用品給年長者、行動不便者、視障者、聽障者，且能利用紅外線幫病人**量測體溫**，或是主動結合**迷宮避障**與**藍牙測距**來搜尋需求者，也可切換成**藍牙遙控模式**，藉由視覺影像來操控。遇到緊急狀況時會用**主動通報模組**連上外界的手機來求救。防疫期間智能車還可攜帶**紫外線消毒**設備，幫忙家庭或學校等場所進行消毒作業，節省寶貴的人力。
- 四. **行動模組**的智能車我們做了以下的改良，軟體方面我們查詢到不需要利用距離，只需要**測量方向的Pledge演算法**，再用**左右轉交換法**改進其效率和能力，經過**迷宮實驗**發現無法精準的轉直角影響行動效率，所以我們用**角速度**做**累加**的方式來控制轉直角，讓智能車更有方向感。看過藍牙能維持社交距離報導後我們得到啟發，完成了我們自己校正的藍牙信號強度與距離關係表，接著運用**藍牙測距**和超聲波感測元件，達成在有**障礙物**的迷宮情況下搜尋到病人。
- 五. **LINE通知**採用**IFTTT**加上**Wi-Fi**元件，不但不用額外軟硬體付費且程式很簡潔容易移植，不會受限於特定的**Wi-Fi**元件與特殊的軟體環境，就能將**病人訊息**傳到手機上，達到快速且**即時**通報的目標。這種**偵測再通知模式**十分具有應用潛力。
- 六. **紫外線照射**酵母菌後，隨照射時間的增長，酵母菌死亡後乾枯的程度也增加。以智能車擺放紫外燈距離地面約**1cm**的消毒效果和時間最佳。使用紫外線要特別注意的是環境空氣的流通，雖然短時間高強度能量能殺死細菌，使用如不小心會造成傷害。最近**COVID-19**疫情人人堪憂，讓智能車先行消毒，使環境更加安全。
- 七. **視覺傳達**的晶片目前功能和使用越來越方便，可連上網路及時觀看，不過由於網頁的技術我們還沒辦法了解，雖然方便但也隱憂居家照顧的即時影像被截取的可能，待將來我們資訊能力提升，將會對這部分做更深得著墨和研究。
- 八. **語音的聲控與合成**近年有長足的進步，是智能系統常見的功能，我們經辛苦實驗後將語音功能結合到我們系統中，這項成果在居家照護方面的應用值得後續深入的研究發展。
- 九. 未來希望結合**資料庫**，將我們好不容易把每次送藥給病人的時間、量測的體溫等送回後端當作**數據**存起來，以作為日後若需要另行就醫時，可以給醫師參考的資料。
- 十. 我們發現**Arduino**的元件較**費電**，建議未來可以做幾項改進：1. 設計能夠回來固定的位置進行充電，類似掃地機器人的作法；2. 利用蓄電能力更強大的電池，例如氫能電池等；3. 將所有需要的功能整合在同一片板子上，變成省電**System On Chip(SOC)**型態。

## 捌、參考資料及其他

- [1] 慢性病患者居家用藥管理系統，  
<https://www.airtilibrary.com/Publication/alDetailedMesh?docid=U0017-0707200915373199>
- [2] 衛服部食品藥物管理署正確用藥宣導教材  
<https://www.fda.gov.tw/TC/siteList.aspx?sid=9468&pn=4>
- [3] 維基百科，2019 冠狀病毒病疫情，  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/2019%E5%86%A0%E7%8B%80%E7%97%85%E6%AF%92%E7%97%85%E7%96%AB%E6%83%85>
- [4] 保護我方醫務人員！機器人能送藥治病消毒，保護醫生護士不被傳染  
<https://kknews.cc/health/56q9x23.html>
- [5] Arduino，你為什麼這麼紅？<https://kknews.cc/zh-tw/tech/z6192ma.html>
- [6] 有源蜂鳴器和無源蜂鳴器的簡單介紹，  
[http://www.buyic.com.tw/print\\_product\\_info.php?products\\_id=1215](http://www.buyic.com.tw/print_product_info.php?products_id=1215)
- [7] 國立潮州高級中學，中華民國第 57 屆中小學科學展覽會作品說明書，“不藥煩惱，雲端智慧配藥系統”
- [8] UVC 的殺菌特性 <https://kknews.cc/zh-tw/news/2yp8vne.html>
- [9] ESP32-CAM (arduino)影像伺服器及臉部辨識教學原始檔 Video Stream Server  
<https://youyouyou.pixnet.net/blog/post/119383183>
- [10] 群雄並起，室內定位技術大比拼，<https://dahetalk.com/2018/05/02/群雄並起%ef%bc%8c室內定位技術大比拼%ef%bd%9c> 大和有話說/
- [11] 何英煒（2017 年 1 月 10 日）。台灣網友 9 成 5 愛用 LINE。中時電子報。2017 年 12 月 12 日，取自 <http://www.chinatimes.com/newspapers/20170110000124-260204>
- [12] 在 IFTTT 裡啟用 LINE Notify<https://www.oxxostudio.tw/articles/201803/ifttt-line.html>
- [13] 使用 Arduino 設定 AT 命令 <https://swf.com.tw/?p=712>
- [14] 利用 NTP 伺服器來同步 Arduino 系統時鐘  
<http://yhhuang1966.blogspot.com/2016/07/ntp-arduino.html>
- [15] 維基百科，音符，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9F%B3%E7%AC%A6>
- [16] 用迷宮困住死理性派？沒門！<https://www.guokr.com/article/71536/>
- [17] Send web request to Webhooks on IFTTT using AT commands，  
<https://www.esp8266.com/viewtopic.php?p=74105>
- [18] 手機 Wi-Fi 信號弱原來跟這個有很大關係，真相了！<https://kknews.cc/tech/8925x8e.html>
- [19] Philips 飛利浦 TUV 紫外線殺菌燈管使用說明 <http://www.fuji.com.tw/posts/3540>
- [20] 紫外線測試實驗照片 <https://goods.ruten.com.tw/item/show?22007283593483>
- [21] 參考他牌紫外線消毒實驗數值 <https://reurl.cc/KkLbve>
- [22] 公衛防疫武器－UVGI 殺菌系統簡介  
<http://setsg.ev.ncu.edu.tw/newsletter/epnews15-1-2.html>