

智慧回收系統

i Recycle System

彭稟皓 徐代晏 林豐禾 徐宏昌

指導老師：江緣貴 助理教授

國立聯合大學 資訊工程學系

摘要

本專題「智慧回收系統」為一套以物聯網技術為基礎的自動回收系統，該系統除了可以透過智慧回收桶來辨識回收物的種類進行自動分類，還可以回饋點數供使用者兌換商品。系統前端包含了網頁、手機應用程式及智慧回收桶「Green Bean」等設備，後端則有 Arduino、Raspberry Pi、MySQL 資料庫及 Apache 伺服器主機等，負責進行資料的儲存及處理。

使用者可以透過網頁或 Android 應用程式進行回收或是兌換商品。當使用者按下回收按鍵，前端會發送訊息告知伺服器，伺服器會通知智慧回收桶開始進行回收。回收桶擁有獨立鏡頭可以掃描使用者與回收的商品並分析該商品的種類，然後自動進行分類回收，並在回收完畢後會立即回饋點數給使用者。使用者可以使用透過回收所得到的點數來兌換其他商品。

關鍵詞：回收、物聯網、Android、Arduino、Raspberry Pi。

一、研究背景與動機

近年來，人類的環保意識逐漸抬頭，政府也開始推動綠色能源及減少塑膠袋使用等政策，就是為了要在人民的心中種下一顆名為「環保」的種子。我們以保護地球環境為出發點，構想本次的專題，決定實踐「會自動分類的資源回收系統」的主題，並將其命名為「智慧回收系統」。

苗栗市南勢里聯大 2 號

{U0424012,U0424041,U0424011,U0424043}@smail.nuu.edu.tw,
ykchiang@nuu.edu.tw

二、設計與方法

(一) 開發環境

我們採用了 Raspberry Pi 並使用 Python 語言作為智慧回收桶的核心，因為它符合能做簡易的資料處理與連上網路的需求，加上 Arduino 來控制硬體電路，驅動馬達來完成回收任務。

網頁與伺服器的部份我們採用 Apache 與 MySQL 的組合，兩者皆為自由軟體且廉價與普遍，非常適合用來做快速的開發。

手機應用程式我們決定在 Android 上開發，Android 為市場上主流的手機作業系統，適用在各家廠牌的手機上，因此開發 Android 手機應用程式是較佳的選擇。

(二) 系統架構與其它設計

我們按照開發環境畫出了本次專題的系統架構圖，如下圖所示：

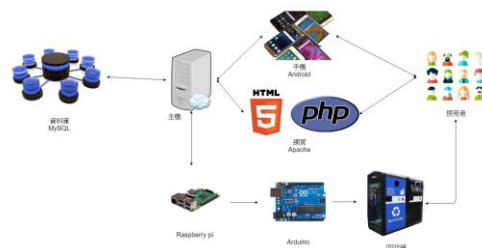


圖 1：系統架構圖。

在使用者操作的功能上，需要有會員系統、資源回收、兌換商品及查詢紀錄等功能，因此我們設計出的功能架構圖如下：

3. 步進馬達驅動與計算

步進馬達一般規格上，特點有具自保持力、高響應性，步級角為代表單相激磁之情況下當個脈波量所移動之角度，靜力矩即轉軸可轉動的扭力大小，實際大小與馬達之電流、轉速有關，能達到實驗上的穩定轉動為主要需求，其中定位力矩是非轉動時的自保持力，可防止外界一定程度的干擾，轉動慣量為轉動運動中的質量，相關轉動運動計算公式[1]如下：

$$\begin{aligned} \text{步進角} &= 360^\circ / \text{寸動數} \\ &= 360^\circ / (\text{相數} * \text{轉子齒數}) \quad (1) \end{aligned}$$

$$\text{馬達運轉量}(\circ) = \text{步級角}(\circ/\text{step}) * \text{脈波數} \quad (2)$$

$$\text{馬達運轉速度}(RPM) = \text{步級角}(\circ/\text{step}) / 360(\circ) * \text{脈衝頻率}(Hz) * 60 \quad (3)$$

$$\text{轉動慣量 } I \text{ (kg} \cdot \text{m}^2) = 1/2 * m * r^2 \quad (4)$$

$$\text{扭力矩 } T = I * a \text{ (角加速度)} \quad (5)$$

根據所需角度，我們利用公式(2)算出所需之脈波數、(3)算出所需之脈衝頻率，但考慮實際的應用，需確保馬達扭力能帶動實物，故需再利用(4)、(5)計算出實際的最大總轉動慣量和所需之轉矩，找尋到適合的步進馬達 17HS5604，為 12V 4 相 6 線之小型高轉矩馬達，順向激磁順序為 A(黑)、B(紅)、A~(綠)、B~(藍)，可配合程式自定義的各類激磁法，力距是由對稱的線圈通過電流而產生，標示電流 0.4A 是馬達線圈所需要產生該力距的電流大小。

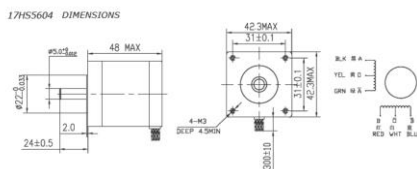


圖 7：步進馬達規格。

4. Arduino 之韌體控制

步進馬達控制實際程式撰寫採用 1-2 相激磁法，輪流激磁一組、兩組線圈，以半步進方式驅動運轉，意味著步級角減半，有著雙倍的解析度、精度不變、平順運轉的特性，同時保持低轉速，目的在於提升扭力確保轉動正確，也有低振動、低

噪音的優點，轉動之角度分為四種模式分別對應著四類回收。

| 順時方向 激磁正轉 | A | B | \bar{A} | \bar{B} | 反時方向 激磁反轉 |
|--------------|---|---|-----------|-----------|--------------|
| 1 | ■ | □ | □ | □ | 8 |
| 2 | ■ | ■ | □ | □ | 7 |
| 3 | □ | ■ | □ | □ | 6 |
| 4 | □ | ■ | ■ | □ | 5 |
| 5 | □ | □ | ■ | □ | 4 |
| 6 | □ | □ | ■ | ■ | 3 |
| 7 | □ | □ | □ | ■ | 2 |
| 8 | ■ | □ | □ | ■ | 1 |
| 1 | ■ | □ | □ | □ | 8 |

圖 8：單/雙向激磁法。

直流馬達程式為直接控制兩條引線來轉動直流無刷馬達，並利用 PWM 進行馬達的轉速控制，相當於直接以電壓控制轉速，如反堵減速改變供電方向。

狀態面板使用電路板焊接上移位暫存器 74HC595 達成複數發光二極體之控制，透過 Arduino 三個輸出控制 IC 之 DS、SH_CP、ST_CP 輸入，DS 做 0/1 位元資料選擇，SH_CP 高電位時做推入暫存器動作，決定好輸出編碼後給予 ST_CP 高電位做實際輸出的動作到 Q0~Q7，其中 Q1~Q6 對應六種狀態的燈號。

表 1：燈號狀態表。

| 狀態 | 執行動作 |
|----|------------|
| 0 | 等待動作/閃紅燈 |
| 1 | 回收至塑膠/亮黃燈 |
| 2 | 回收至玻璃/亮藍燈 |
| 3 | 回收至紙盒/亮白燈 |
| 4 | 回收至金屬/亮粉紅燈 |

表 2：燈號編碼輸出狀態表。

| 輸入訊號 DS | | LED 狀態(MSB Q1~Q6) | | | | | |
|---------|----------|-------------------|----|----|----|----|-----|
| 十進位 | 二進位 | 綠燈 | 紅燈 | 黃燈 | 藍燈 | 白燈 | 粉紅燈 |
| 0 | 00000000 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 |
| 2 | 00000010 | 亮 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 |
| 4 | 00000100 | 暗 | 亮 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 |

| | | | | | | | |
|----|----------|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 00001010 | 暗 | 暗 | 亮 | 暗 | 暗 | 暗 |
| 18 | 00010010 | 亮 | 暗 | 暗 | 亮 | 暗 | 暗 |
| 34 | 00100010 | 亮 | 暗 | 暗 | 暗 | 亮 | 暗 |
| 66 | 01000010 | 亮 | 暗 | 暗 | 暗 | 暗 | 亮 |

(四) 軟體設計與方法

1. 伺服器處理

在使用這套系統時，需要連接使用者、伺服器及智慧回收桶，因此我們想出可以透過 Socket 來進行連接，經過設計後能同時連接各種不同平台的設備，下圖為我們的伺服器處理流程圖：

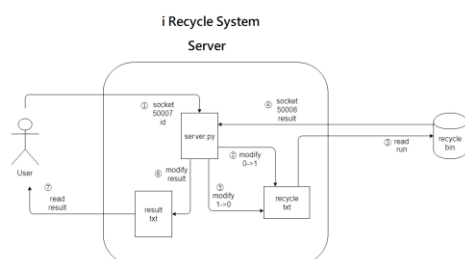


圖 9：伺服器處理流程圖。

在使用者端，使用者可以透過手機或是網頁，與伺服器的 Socket 連接並傳送該使用者的 id。伺服器收到訊息後，便會關閉該 Socket 防止其它使用者連續使用，然後將 id 儲存起來並請求智慧回收桶開始回收。智慧回收桶透過 Raspberry Pi 的鏡頭來讀取回收物的 QR Code，並將結果傳送給 Arduino 進行分類，在此同時也會將結果透過 Socket 傳回給伺服器。伺服器收到結果後，會停止回收的請求，再將結果告訴使用者。以上是我們伺服器處理的流程。

2. 資料庫抓取

使用者想要取得資料庫中的資料時，我們採用 HTTP/PHP 方法。在 Android 應用程式中，使用抽像類別 HttpURLConnection，透過 HTTP/1.1 協定來和伺服器的 PHP 進行溝通，使用者端會透過手機，依照需求向伺服器 POST 各式的資訊，伺服器的 PHP 在處理過後會將要求的資料 ECHO 回使用者的手機，此時應用程式會進行資料處理，將得到的資訊視覺化。

三、研究結果

智慧回收系統的架構與平台已經成形，使用者與伺服器端構通無礙，系統中的各種功能皆能正常運行，以下為成果展示：

(一) 智慧回收桶



圖 10：智慧回收桶「Green Bean」。

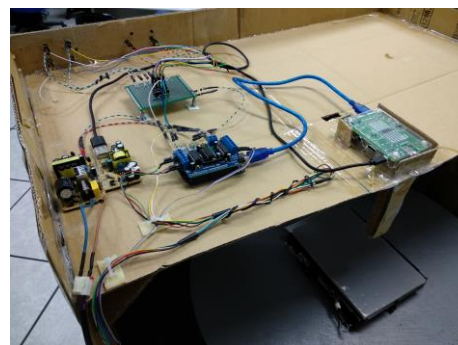


圖 11：回收桶內主機配置。

(二) Android 應用程式



圖 12：手機應用程式首頁。



圖 14：手機應用程式兌換頁面。



圖 13：手機應用程式回收頁面。

(三) 智慧回收系統網站



圖 15：網站首頁。



圖 16：網站會員中心。



圖 17：網站兌換頁面。

四、結論與未來發展方向

(一) 作品產業分析

目前市面上類似的產品有台灣的廠商「皓揚環境科技有限公司」的產品「iTrash」及韓國的廠商「SuperBin」的產品「Nephron」，將在下表進行分析。

表 3：「Green Bean」與其他廠商比較。

| 產品 項目 | Green Bean | iTrash | Nephron |
|----------|------------|--------|---------|
| 上市日期 | 2018 | 2018 | 2017 |
| 分辨方式 | 掃描 QRcode | 掃描商品條碼 | AI 圖形辨識 |
| 影像處理技術需求 | 低 | 低 | 高 |
| 回收物分類方式 | 機器推動 | 軌道、傾斜 | 輸送帶 |
| 回收物絞碎壓縮 | 無 | 有 | 有 |
| 可回收的種類 | 四種 | 兩種 | 兩種 |
| 機器成本 | 低 | 高 | 極高 |
| 回饋方式 | 兌換飲料 | 加值至悠遊卡 | 兌換現金 |

我們可以藉由提升影像處理技術，採

用 Nephron 的做法，透過 AI 學習自動分辨不同的回收物，藉此提升回收準確率及效率，且此方法不用事先建檔，也不會有找不到該條碼的問題發生，在維護上更為方便容易，還可以增加民眾回收的意願。

在回饋系統方面，未來可以跟進 iTrash 的方式導入悠遊卡加值回饋，或是像是 Nephron 的現金回饋，可以至各據點利用點數兌換現金，或是填表進行扣點並匯入指定帳戶等方式。

(二) 結論與未來發展方向

由上節中可得知，近期有兩種產品都是在近一年內開始進行商業化，代表自動回收系統為非常新穎的構想，目前市場上競爭對手非常少，還有很大的空間可以發展，在不久的將來，自動回收系統勢必成為一股熱潮，街上充斥著不同廠牌的自動回收機的盛況指日可待。

智慧回收系統的未來非常看好，在此提出幾點可以改進的目標，才能跟上其它廠商的腳步，讓此系統發揚光大。

1. 增強伺服器連線及硬體部分長期運作的系統穩定度。
2. 增強系統之會員資訊安全與回收桶的防弊。
3. 增強回收桶外觀材質。
4. 採用 AI 影像自動辨識功能。
5. 增加使用悠遊卡進行交易的功能。
6. 增加感測器來監測回收桶是否已滿。

五、參考文獻

- [1] 陳青天、廖信德、戴任詔，機電整合，高立圖書，2000 年。