

行政院國家科學委員會補助
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

* *****
* 計 畫
* : 智慧型感應資源分類垃圾桶
* 名 稱
* *****

執行計畫學生： 陳世軒
學生計畫編號： NSC 100-2815-C-216-003-E
研究期間： 100年07月01日至101年02月28日止，計8個月
指導教授： 俞征武

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中華大學資訊工程學系

中華民國 101年03月20日

目錄

壹、專題計畫摘要.....	p.1
貳、研究動機與目的.....	p.2
參、文獻回顧與探討.....	p. 4
肆、垃圾分類及對應之感測技術.....	p.5
4-1 垃圾種類對應之感測技術.....	p.5
4-2 垃圾種類分類.....	p.5
4-3 嵌入式系統(Embedded System)	p.6
4-4 實作的感測原理.....	p.6
伍、感測器實測及應用.....	p.7
5-1 紅外線實測.....	p.7
5-2 超音波實測.....	p.10
5-3 電子羅盤.....	p.11
5-4 實際應用.....	p.12
陸、設計智慧感測分類桶.....	p.12

柒、實驗結果.....	p.15
捌、結論及未來展望.....	p.16
玖、參考文獻.....	p.17
拾、致謝.....	p.17
附錄、程式碼.....	p.18

壹、專題計畫摘要

地球的氣候異常與環境的變遷，讓人們警覺人為的環境破壞已經造成了無法彌補的傷害，現在最重要的是注重環境保護，環境保護意識的抬頭，也讓垃圾分類成為重要角色之一。要如何的有效利用地球資源是一個重要的研究議題。當然，資源回收再利用也是有效利用地球資源的方法，但是人為的分類往往會造成垃圾分類的錯誤，資源沒辦法有效的回收利用，因此，利用智慧型分類裝置自動將垃圾分類便成了一個有效分類垃圾的方式，智慧型分類裝置能夠分辨的垃圾種類會因為垃圾的材質和感測元件種類而有不同的設計方式，在此計畫中，我們要設計出一個有效且迅速將垃圾分類的「智慧型感測資源分類桶」，能夠達到迅速有效的垃圾分類。

貳、研究動機與目的

近年來地球環境變遷氣候異常，許多研究指出人為的破壞是造成這種結果的主因之一，如：工廠排放破壞臭氧層廢氣、山坡地濫墾濫伐和製造過多的垃圾量，為了地球的永續發展，改善目前生活型態勢在必行，除了政府推動環保活動之外，民間業者也必須配合進行環保工作。目前我們學生所能夠做到的只有減少生活中製造的垃圾量，要減少垃圾量就要徹底實行垃圾分類，讓資源能夠回收再利用。

在傳統的一般垃圾處理是掩埋法來處理一般垃圾，但是人類生活的土地有限，垃圾量過多時，並沒有如此大量的土地提供掩埋，要使一般垃圾體積減少就必須要使用焚化法，將可以燃燒的一般垃圾以及可再利用的資源回收分類，一般垃圾經過焚化之後剩餘的體積變小後再掩埋，就可以減少垃圾的製造量，但是錯把不可燃燒的資源回收當一般垃圾燃燒，有可能會造成對人體有害的氣體或是破壞地球臭氧層的氣體，因此資源回收受到人們的重視。

促使我們研究「智慧型感應資源分類桶」的原因是因為目前一般的垃圾桶並沒辦法自動將一般垃圾與資源回收區分開來，雖然垃圾上面印有可不可以回收的標章，但是有些標章並不明顯導致無法以人為方式判斷是否可以回收，在不知道是否可以回收的情況下，就會將垃圾投入一般垃圾的垃圾桶內，造成不必要的垃圾量，使資源回收工作無法徹底的執行，所以「智慧型感測資源分類桶」有存在的必要。

目前垃圾分類大致上分成一般垃圾以及資源回收，垃圾分類是要經由人為因素才能夠分辨是否是資源回收，垃圾桶也只有收集資源垃圾或是一般垃圾的功用，但若是用裝置自動分辨是一般垃圾或是資源回收是一個困難的問題，若是將可回收的資源回收放入一般垃圾之中，會造成上述的問題，所以要能夠篩選是一般垃圾或是資源回收。

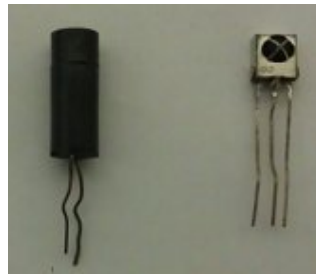
有學者認為可以在資源回收桶上加上標籤(Tag)再利用讀取器(Reader)[9]讀取標籤內容至後端，判斷此桶子是否為資源回收或是一般垃圾，但是此種方法會使用到大量的標籤(Tag)，且須要有一個後端系統的資料庫判斷物品是否為一般垃圾或資源回收，再者幫垃圾分類的不是智慧型裝置，人為的分類難免會因為主觀意識造成分類上的錯誤，應用此系統會造成資源回收以及一般垃圾的誤判。

較佳的分類方式是利用垃圾的材質特性來做分類，如何利用資源回收與一般垃圾的特性來分辨，智慧型裝置要達到百分之百正確的分類十分的困難，有些材質特性以現行的感測元件是無法判斷出來，再者垃圾材質單一判斷時比較容易，有些垃圾是混合型的垃圾，若是多種不同種類的垃圾一次性投入時如何去分類也是尚待研究的問題之一，如何有效利用現有的感測元件判斷，如：溫濕度感測元件(圖一)、紅外線感測元件(圖二)、超音波感測元件(圖三)和電子羅盤感測元件(圖四)...等等；如何利用不同的感測器去辨別各種投入的物體分類，將是此研究的最大困難處。

如何利用個數有限的感測器，做出方便又節省成本的，智慧型感應資源分類桶，可能每種感測器都要經過不斷的感應測試，做出統整，在從裡面找出最適合的感測數據，比較不會出錯，但是成本也會隨著感測器增加而增加，而我們就是要利用有效的資源，有效的成本去做出智慧型感應資源分類桶。



圖一：溫濕度感測元件



圖二：紅外線感測元件(左:發射器，右:接收器)



圖三：超音波感測元件



圖四：電子羅盤感測元件 (Hitachi HM55B)

我們希望能利用垃圾特性以及感測器能夠達到「智慧型感測資源分類桶」，

要能夠有智慧的將垃圾分類要有幾個基本的功能(如圖五)：

1. 自動分類

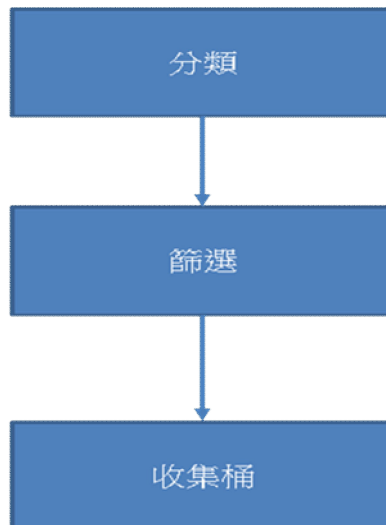
自動分類是垃圾丟入此系統時，由各種不同的感測器了解此垃圾的特性，藉由此垃圾的特性會自動分類出此垃圾是哪一個種類的垃圾。

2. 篩選

若是沒有一項符合此垃圾的特性，我們要有一個篩選的機制判斷是不是將一般垃圾誤投入資源回收桶之中。

3. 回收桶滿載時通知

回收桶滿載時，要有一個將資源回收的機制。



圖五：功能順序圖示

目前我們先將重點放在「智慧型感測資源分類桶」這一部分，也就是自動分

類這一部分。

參、文獻回顧與探討

很早之前國外就已經有學者意識到垃圾分類桶的概念，並提出垃圾分類桶專利 ([3], [7])，但是並不是自動將垃圾分類後裝入桶內，還是需要人工將垃圾分類，此舉動有可能會引起垃圾分類的誤判以及使用者不良的習慣造成垃圾分類桶沒有達到應有的作用，因此，靠智慧型裝置的幫忙可以省去人工的判斷，使人類的生活更為便利。

國內對於垃圾分類裝置的研究相對國來說比較少，與此計畫最為相關的文獻是由開南大學在 2008 年所撰寫的文章[8]，針對垃圾分類處理流程圖，利用垃圾的材質特性來做分類，而此論文研究著重於垃圾分類這一部分，還是有部分的資源無法經由感測器將其分類出來，而且沒有考慮到篩選不是資源回收的垃圾以及回收桶滿載時該如何去處置，此計畫有考量到這兩點。

就如上述要達到百分之百正確的分類十分的困難，有些材質特性以現行的感測元件是無法判斷出來，再者垃圾材質單一判斷時比較容易，有些垃圾是混合型的垃圾，若是多種不同種類的垃圾一次性投入時如何去分類也是尚待研究的問題之一，如何快速的將垃圾準確分類完成也是本計畫的主要研究方向。

除了將垃圾分類是主要的研究方向外，還有分類桶的分類控制，如何將垃圾以控

制訊號控制垃圾該往哪裡放置，如何與現有的垃圾桶做結合使這套系統可以實作於現有的環境之中，或是設計一套新的垃圾分類系統能實作在現行環境之中。

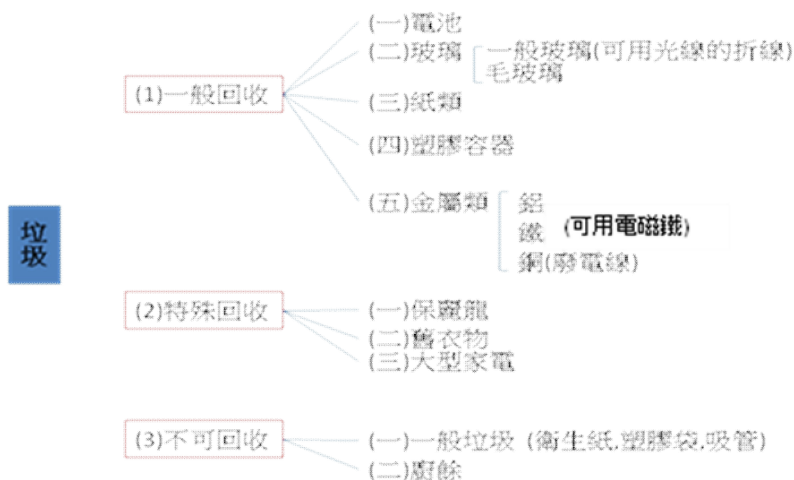
肆、垃圾分類及對應之感測技術

4-1 垃圾種類對應之感測技術

不同的資源回收會有不一樣的特性，例如金屬與其他材質不同，可以利用折射來判斷，或是利用金屬的導電性和屏蔽效應來判斷是否為金屬，一般玻璃有極高的穿透性，這兩種類可以利用光線與其他資源回收做區分，紙類的可塑性高，可以利用壓力或是吸水性來分辨是否為紙類，如此就可以依照資源回收的特性將其分類。特殊回收的部分以及一般垃圾的部分在本專題中就沒有納入考量。

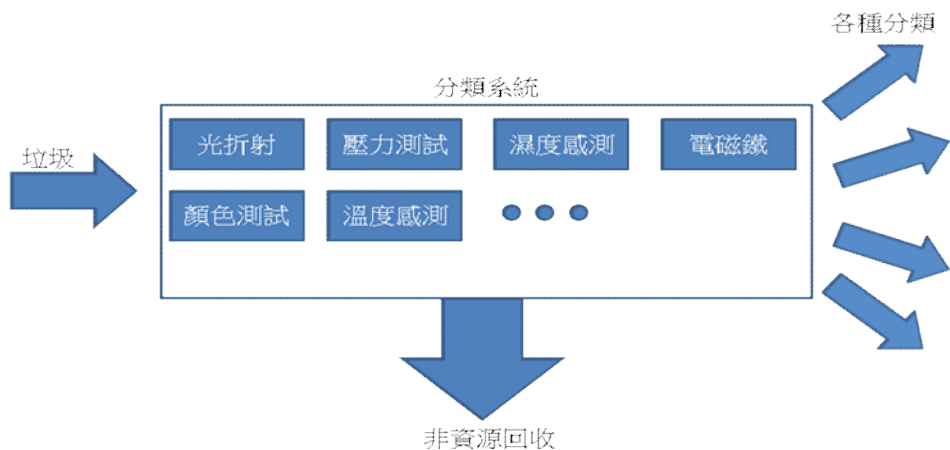
4-2 垃圾種類分類

智慧型分類裝置要實作之前，必須要先將現行的垃圾分類方式以圖表的方式清楚顯示（圖六），將垃圾的材質分類清楚之後，才能夠針對不同的材質用不同的感測元件將垃圾分類。



圖六：目前垃圾分類圖 (資料來源:環保署網站: <http://www.epa.gov.tw/>)

日常生活接觸到的瓶罐大多是資源回收垃圾，大致上可以分為：金屬類、塑膠類、玻璃類以及紙類。由於大部分家庭所使用的瓶罐以紙類為包裝的較為稀少，大多是飲料產品才以紙類為包裝，所以我們現階段不將紙類納入考量。



圖七：分類系統圖示

4-3 嵌入式系統(Embedded System)

在實際實作上並不需要很強大的資料運算或是龐大的資料紀錄，使用桌上型電腦或是準系統當作實作平台太過於浪費，所以在本專題中我們採用了不需要強

大計算或大容量紀錄的獨立作業平台，也就是嵌入式系統，嵌入式系統的好處就是不需要大功率的電量消耗，也能夠達到我們所需要節能的目標。

本計畫會使用到 Basic Stamp 2 當作智慧型資源分類統的核心控制單元，以 BOE-BOT 面板接收感測元件的訊號傳送給 Basic Stamp 2 判斷感測資料，再由 Basic Stamp 2 下達控制命令給驅動器將垃圾分送至不同的地方，以達到智慧型感測分類桶的目標，但是礙於時間以及設備限制，本次重點著重在分類和設計分類桶的雛形，利用便宜以及有效的感測器來達到日常生活所接觸到的瓶罐做為分類的實驗樣本。

4-4 實作的感測原理

1. 超音波原理：

超音波喇叭傳送一個短波 40kHz(人耳 20Hz-20kHz)，並用超音波麥克風測量回音回來的時間，再乘以聲音在空氣中的速度，就是距離(在 Basic Stamp 程式中用來儲存超音波感測器訊號時間的長短)

2. 紅外線原理：

藉由紅外線不同頻率對於不同材質的穿透性也不同，我們利用紅外線接收器沒有接收到回傳訊號就代表這頻率沒有感測到物體，就將計數器加一，若是有接收到就代表無法穿透此材質，計數器就不變，因為紅外線頻率低的射波偵測距離比較遠，所以我們使用的頻率是 36000、37000 以及 38000。

3. 電子羅盤原理(磁力計)：

將電子羅盤感測器通電後，感測器會感測到地球的磁場，金屬材質會受到地球磁場的影響，在自身周圍產生磁力場，假使有金屬類材質靠近，則會影響電子羅盤感應到的磁場產生變化。

4. 導電性原理：

將金屬物品放置在斷路的電路圖中，用來橋接此斷路讓此電路能夠形成一條迴路，讓電流通過，收到訊號為 1(也就是正電壓)，但是實作上不易之外，現有的金屬罐中，為了使內容物不易變質和容易保存，在金屬罐表面塗上一層保護膜(有色塗料)，這樣的結果會造成降低原本金屬的導電性，使得我們不能用這種方法來判斷是否是金屬類。

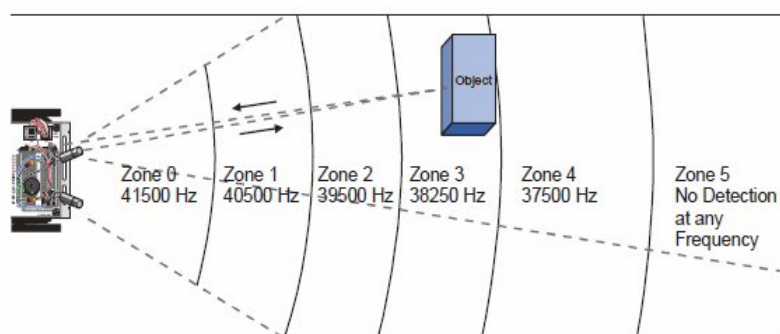
伍、感測器實測及應用

以下會針對我們實測感測器測試出來的數據表格做分析來判斷使用哪一種類的感測器對於偵測日常生活中的瓶罐的分類是最有效率且敏銳的，日常生活接觸到的瓶罐依照材質來說，可以利用穿透性和金屬的特性為分類的依據，我們使用超音波以及紅外線來測試材質穿透性的部分，實驗比較過後，發現紅外線會比超音波更適合使用在材質穿透性的感測，超音波則適合用來測量是否有物體存在，而我們會使用電子羅盤(磁力計)來測試金屬對於磁力的干擾判定是否為金屬，但實驗結果發現，鋁罐對於磁力的影響並不是很大，而且電子羅盤(磁力計)

是一種被動式的感測元件，磁力變化的大小影響是根據等待測量的物體大小或是移動的快慢來決定磁力受影響的大小，感測器的敏感度不是我們能夠掌握的，所以我們不納入分類系統中。

5-1 紅外線實測

藉由紅外線不同頻率對於不同材質的穿透性也不同，我們利用紅外線接收器沒有接收到回傳訊號就代表這頻率沒有感測到物體，就將計數器加一，若是有接收到就代表無法穿透此材質，計數器就不變，因為紅外線頻率低的射波偵測距離比較遠，所以我們使用的頻率是 36000、37000 以及 38000。



圖八：紅外線頻率可達到的範圍

以下是五個固定頻率(41500、40500、39500、38250 和 37500)所測試的計數器數值與距離：

表 1：紅外線對於玻璃類的感測資料

項目名稱	備註	固定 12cm 下計數器數值	三個固定頻率下的距離值
可口可樂	綠色透明瓶身	4-5	無法偵測到物體

彈珠汽水	綠色透明瓶身	4	5.5cm
精華液	霧面瓶身	4-5	10cm
草莓果醬罐	有標籤面	4	無法偵測到物體
草莓果醬罐	無標籤面	1-2	無法偵測到物體
可口可樂	紅色透明瓶身	4-5	無法偵測到物體
香檳汽水	綠色透明瓶身	4-5	3.7cm
玻璃酒杯	霧面瓶身	4-5	5.5cm
玻璃體重計	透明平面	4-5	4.5cm

表 2：紅外線對於塑膠類的感測資料

項目名稱	備註	固定 12cm 下計數器數值	三個固定頻率下的距離值
舒跑 CWater 黑加侖 C	有標籤面	4	8.5cm
舒跑 CWater 黑加侖 C	無標籤面	4-5	3cm
園之味	有標籤面	0-1	7cm
園之味	無標籤面	4-5	3cm
700cc 果汁瓶	霧面	4-5	5cm
白鴿洗衣精	綠色瓶身	0-1	11cm
塑膠蓋	半透明	4-5	9.5cm
收納光碟塑膠盒	綠色盒身	4	7.1cm
塑膠碗	無透明	4	5.9cm
博士倫生理食鹽水	半透明瓶身	4	7.5cm
博士倫眼藥水	無透明瓶身	4-5	10cm
Boebot 整理盒	藍色盒身	4-5	9.5cm
Boebot 整理盒	紅色盒身	4-5	9.5cm
熊寶貝芳香劑噴霧		4-5	8cm
悅氏礦泉水	透明瓶身	4-5	無法偵測
泡舒洗潔精	透明瓶身	4-5	3cm
泡舒洗潔精	無透明瓶身	0-1	13.5cm
安全帽		4-5	6.5cm
磨牙棒桶	有標籤面	0-1	14.6cm
磨牙棒桶	無標籤面		8.5cm
盒裝新貴派	無透明		13cm

表 3：紅外線對於金屬類的感測資料

項目名稱	備註	固定 12cm 下計數器數值	三個固定頻率下的距離值
維他露 P	鋁罐	2	11.5cm
可口可樂	鋁罐	2	11.5cm
不鏽鋼煮水瓶	鐵罐	1-2	8.4cm
蕊娜爽身噴霧	鐵罐	4-5	11cm
國光牌環保去自油	鐵罐	2	11.3cm

總結：

我們做了兩種方式，一是固定距離，一是固定頻率，在固定距離的情況下(12cm)，我們發現不同的材質因為距離相近的關係並不會有太大的差距，而是都在相同的 range 裡面，導致無法辨別出材質的差異。於是我們嘗試固定頻率的方式下著手，我們發現到不同的材質當在同一個數據下只會因為透明與不透明的因素而造成數據的不同，當情況皆在不透明的情況下，則可以辨別出材質的差異。

藉由上述的方法再加以修改將頻率縮減為三個固定頻率(36000、37000 以及 38000)，並且調整適當的距離與角度，歸納出了三種材質會顯示出的不同偵測結果。偵測數據如下：

表 4：紅外線對於三種類感測頻率的計數器數值

材質	偵測計數器數值
塑膠	1、2
玻璃	3
金屬	0

實驗結果顯示紅外線感測器偵測到玻璃類大部分都會穿透，所以偵測結果為 3；金屬因維非透明材質，所以紅外線無法穿透；最後則是較複雜的塑膠，因為

塑膠有很多種類，所以這部份我們只針對日常生活較常看到的種類進行分類，塑

膠分類如下表：

表 5：塑膠類分類以及是否能以穿透性測量

種類	例子	是否可偵測
PET(寶特瓶)	汽水瓶、果汁瓶、礦泉水瓶、醬油瓶	V
HDPE (高密度聚乙烯)	不透明的清潔劑瓶、洗髮精瓶	X
PVC (聚氯乙烯)	透明的清潔劑瓶、沙拉油瓶	V
LDPE (低密度聚乙烯)	半透明的牛奶瓶、清潔劑瓶	V
PP (聚丙烯)	免洗餐具、果汁瓶、豆漿瓶	V
發泡 PS(保麗龍)	保麗龍免洗餐具、養樂多瓶	V

優點:敏銳、便宜

缺點: 對玻璃類感測不敏銳，所以我們使用了超音波感測器作為輔助。

5-2 超音波實測

超音波喇叭傳送一個短波 40kHz(人耳 20Hz-20kHz), 並用超音波麥克風測量回音回來的時間，再乘以聲音在空氣中的速度，就是距離(在 Basic Stamp 程式中用來儲存超音波感測器訊號時間的長短)

表 6：超音波對於玻璃類的感測資料

項目名稱	備註	固定 10cm (ms)
可口可樂	綠色透明瓶身	821
彈珠汽水	綠色透明瓶身	822
精華液	霧面瓶身	820
草莓果醬罐	有標籤面	811
草莓果醬罐	無標籤面	811
可口可樂	紅色透明瓶身	821
香檳汽水	綠色透明瓶身	814

玻璃酒杯	霧面瓶身	812
------	------	-----

表 7：超音波對於塑膠類的感測資料

項目名稱	備註	固定 10cm (ms)
舒跑 CWater 黑加侖 C	有標籤面	839
舒跑 CWater 黑加侖 C	無標籤面	839
園之味	有標籤面	786
園之味	無標籤面	786
700cc 果汁瓶	霧面	789
塑膠蓋	半透明	788
收納光碟塑膠盒	綠色盒身	787
塑膠碗	無透明	785
博士倫生理食鹽水	半透明瓶身	789
博士倫眼藥水	無透明瓶身	787
熊寶貝芳香劑噴霧		786
悅氏礦泉水	透明瓶身	782
泡舒洗潔精	透明瓶身	786
泡舒洗潔精	無透明瓶身	786
磨牙棒桶	有標籤面	776
磨牙棒桶	無標籤面	774

表 8：超音波對於金屬類的感測資料

項目名稱	備註	固定 10cm (ms)
國光牌環保去自油	鐵罐	817
維他露 P	鋁罐	797
可口可樂	鋁罐	797
蕊娜爽身噴霧	鐵罐	800

結論：

由上述表格說明三種材質有一定的範圍，但是存在太多變因，如材質表面的不同...等等，所以在做最後的整合時，將超音波感測器用來偵測物品的存在與否，在未來更可以利用超音波感測器判斷回收桶的滿載情況。

5-3 電子羅盤

使用電子羅盤感測器問題：

Q1.由於電子羅盤感測器屬於被動感測器，感測物件需要有速度的變化，但是物體的材質、大小、移動速度不同，靈敏度就不同，因此不完全取決於感測器好壞的問題，而是我們無法控制電子羅盤感測器的靈敏度。

Q2.感測的材質不外乎則是金屬類，而在分類桶種類則為鐵罐與鋁罐，但所有的鋁罐外都有一層鍍膜，會使感測器無法偵測到；鐵罐部分則需瓶底與感測器接觸才會使感測器偵測到鐵罐的存在，但有一些底部也度上了膜，會導致和鋁罐類一樣的狀況。

結論：

根據上述問題的狀況，對於電子羅盤感測器的應用在分類桶上是很勉強的，如分類桶的設計以及感測器的維護不易...等等，因此不將電子羅盤感測器納入分類桶感測器的行列之中。

5-4 實際應用

上述結果可以知道，超音波適合用來判斷感測區域內是否有物體存在，而紅外線的穿透性可以用來判斷不同的材質，所以我們會利用超音波來判斷是否有垃圾丟入桶內，當超音波判斷有垃圾存在時，就會啟動紅外線測量材質是屬於哪一類，在下一個章節會對於我們設計的分類桶詳細說明介紹。

陸、設計智慧感測分類桶

我們設計的分類桶主要能夠分類日常生活中的瓶罐類，但是一個物體要丟入垃圾桶內一定是由高處投入，物體會根據不同的外形撞擊地面後彈跳，如此就無法固定此垃圾停留的位置，讓我們採用的感測器感測來分類不同種類的罐子。所以我們遇到的問題就是使垃圾丟入時能夠落到待測區域內。要落入待測區域內就必須先限制投入的洞口不能夠太大，太大會造成我們在設計待測區域大小時要考慮到不同投入的位置會掉落到不同的區域，所以要先限制投入孔大小，再來就是吸收物體落下時的動能(減少衝擊力)，以下是我們內外部的規格以及實際圖片：

外部 (圖九)：

- (1)左側有約 3 公分*3 公分的開口，作為 LED 燈的排線口。
- (2)上方有個約直徑 8 公分的圓形，為了預防使用時丟不準確，導致物品沒有從圓柱內落到該落下的位置，故設計時需比內部圓柱直徑小。

內部 (圖十)：

圓柱:底部直徑為 8.5 公分，為了使物體落在該落下的位置，並在兩側面挖空。

- (1)圓柱外側面開口為 15 公分，為了測試時不讓物品彈出，在底部加裝 5 公分的塑膠片擋住，最後用魔鬼粘(黏扣帶)固定，讓物體方便拿出。
- (2) 圓柱內側面依感測器擺放的位置及高度，切成 5 公分*6 公分，可以減少感測

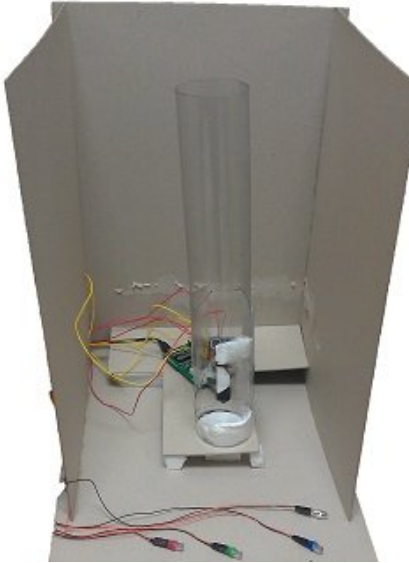
器偵測到塑膠片的誤判率，並由於紅外線的頻率範圍，經多次測試後要讓麵包板離圓柱的距離 4 公分。

緩衝系統：

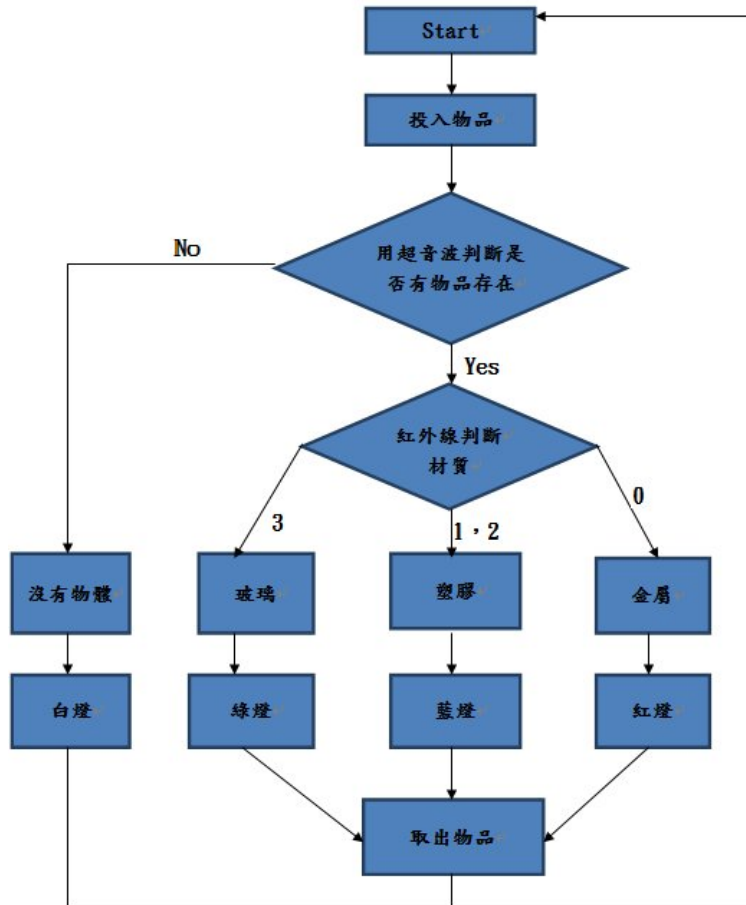
當物體掉落時，放海綿來吸收掉落物的力道，並在海綿上層放圓形珍珠板來平衡感測物，最後在珍珠板上層邊緣和圓柱內緣塞衛生紙以控制掉落位置。



圖九：分類桶錐形外觀



圖十：分類桶錐形內部



圖十一：系統流程圖

圖十一是此系統的流程圖，藉由感測器實測可以得知，當超音波感測到有物

品存在，紅外線完全可以穿透時，可以判斷出是玻璃類；而塑膠類的穿透性則是介於玻璃類和金屬類的中間，金屬類則是完全無法穿透，利用紅外線即可判斷，為了讓智慧型感測資源分類桶達到有效率且便利性，燒錄晶片後，我們捨棄傳統的螢幕輸出，直接使用LED燈表示輸出結果，過程中不需要額外連接電腦運作(沒有龐大的取樣資料)，LED燈顏色所代表的物體種類:紅燈表示為金屬類、藍燈為塑膠類、綠燈為玻璃類，白燈則為無物品存在。

柒、實驗結果

根據實驗結果，目前實驗資源回收物品取樣空間太小，要能夠證明我們所設計的分類準確度無法使用機率統計中的分佈方式來計算信心區間有多少百分比，所以要測試我們設計的分類系統(將瓶罐分成三類:金屬、塑膠和玻璃)的準確性就設計以下四種測試方式：

第一種測試是在同一類都是金屬類的罐子，每次隨機抽取一樣丟入桶內，丟100次所測到的實際結果，如下表：

表 9：金屬類的實驗結果

金屬類 隨機 100 次	
偵測物品：牛奶花生、八寶粥、黑麥汁、可口可樂	
成功	失敗
86	14

第二種測試是在同一類都是玻璃類的罐子，每次隨機抽取一樣丟入桶內，丟 100 次所測到的實際結果，如下表：

表 10：玻璃類的實驗結果

玻璃類 隨機 100 次	
偵測物品：黑麥汁(大)、黑麥汁(小)、彈珠汽水、香檳	
成功	失敗
92	8

第三種測試是在同一類都是塑膠類的罐子，每次隨機抽取一樣丟入桶內，丟 100 次所測到的實際結果，如下表：

表 11：塑膠類的實驗結果

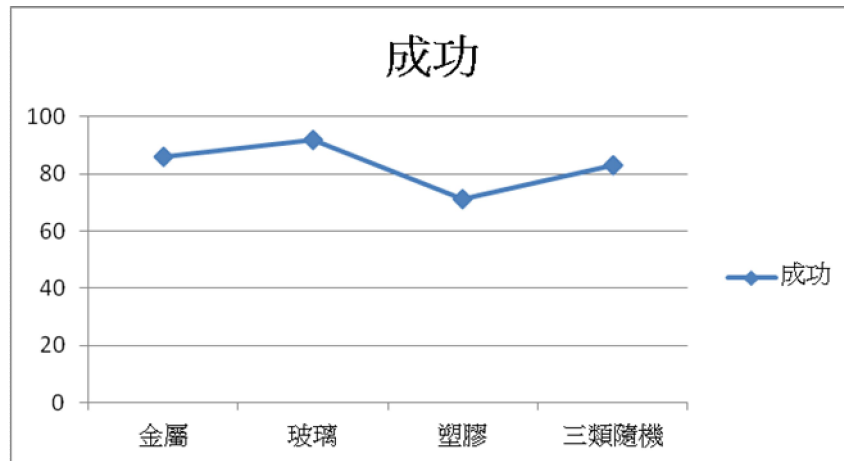
塑膠類 隨機 100 次	
偵測物品：沙士、礦泉水、雪碧、維他露 P	
成功	失敗
71	29

第四種測試是在三類的罐子中，每次隨機抽取一樣丟入桶內，丟 100 次所測到的實際結果，如下表：

表 12：三類隨機取樣的實驗結果

金屬類、玻璃類、塑膠類 隨機 100 次	
偵測物品：上述	

成功	失敗
83	17



圖十二：分類的成功率

由上面的四個實驗我們可以看到，除了塑膠類之外，其他兩類有極佳的分類效果，整體來看，光是以紅外線測試穿透性就可以有不錯的成果，但是塑膠類不能光以穿透性來判別是否是塑膠類，成功率雖不高但是可以做為判斷的一個依據。

捌、結論及未來展望

本專題我們目前已經完成以下幾點目標：

1. 設計一個資源回收分類桶雛形。
2. 日常生活中所使用瓶罐的分類。
3. 可應用在現有的資源回收分類機制。

目前所設計的分類桶雛形中，我們固定住一個待測區域，使得家庭中的小型垃圾投入桶中的掉落位置會是固定的，如此對於之後要加新增其他感測元件來對不同種類的資源回收分類時有實質上的效用，不需要煩惱垃圾投入桶中的垃圾會因為外形的不同而落入的位置不同，但是分類完之後要如何將資源移動到不同的空間中存放這是尚未解決的問題，之後可以再研究討論。

日常生活中所使用到的物品分類不只是目前所探討到的金屬類、塑膠類和玻璃類，還有其他種類，但是沒有找到一個簡單的物理特性能夠分辨不同種類的物品，就無法很有效率的將物品分類，若是能夠再找到其他分辨不同種類物品的物理特性，可以再加入此分類桶內，使此分類桶能夠將更多不同的物品自動分類，不需要經由人為來操作。

本專題針對日常生活中所使用的瓶罐分類，目前大型的垃圾還是必須要靠人為的幫忙才能夠將垃圾運送到其他地方（如：電腦、冰箱、洗衣機...等等），大型垃圾的回收可以透過不同種的機制回收，當要丟棄大型垃圾時可以透過物聯網 (Internet of Things) 的新技術來通知回收的廠商進行回收動作。

智慧型資源分類桶若是能夠實現，未來再加上自動資源回收機制能夠發展成熟，分類桶滿載時可以自動派回收載具將資源回收，未來不論是大型垃圾或是小型垃圾，都可以利用此系統自動的將垃圾分類完成，大型垃圾也能夠自動送至資源回收廠處理，如此便能夠為人類帶來更為便利的生活，也能夠使地球的環境保

存下去。

玖、參考文獻

- [1] URL: http://www.playrobot.com/home_index.htm, 飄機器人入口網站, 普特企業有限公司.
- [2] 鄭凱仁, 陳奕成, 索維廷, “無線巡邏車實驗手冊,” 中華大學, 2007
- [3] Sherry D. Sandreth, “TRASH CLASSIFICATION APPLIANCE,” *Patent Number: 5,242,220*, September 7, 1993.
- [4] CA Zimring, “Cash for your trash: Scrap recycling in America,” *New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press*, cop, 2005.
- [5] Ian F. Akyildiz, Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam and Erdal Cayirci, “A Survey on Sensor Networks,” *IEEE Communications Magazine*, Volume: 40, Pages: 102 – 114, 2002.
- [6] Smith et al., “RECYCLING AND REDUCTION OF PLASTICS AND NON-PLASTICS MATERIAL,” *Pub. No.: US 2011/0034570 A1*, February 10, 2011.
- [7] Harrington et al., “TRASH AND RECYCLING CENTER , ” *Patent Number: 5,718,168*, February 17, 1998.
- [8] 翁永進, 翁錦龍, 翁永春, 陳宏毅, 陳志嘉, 鄧佳茜, “控制技術應用於資源回收分類裝置之研製,” *生活科技教育月刊*, 四十一卷, 第二期, 2008.
- [9] Jon Froehlich, Kate Everitt, James Fogarty, Shwetak Patel, James Landay, “Sensing Opportunities for Personalized Feedback Technology to Reduce Consumption,” *UW CSE Technical Report: CSE-09-03-01*, 2009.

拾、致謝

製作專題的過程中我們遇到許多問題，從中我們努力克服問題，找出解決的方法，在此特別感謝指導老師的俞征武老師給予我們很多的建議，以及協助我們借器材的林臻義助教，最後感謝一同努力的組員們。

附錄、程式碼

```
' ----[ Title ]-----  
' Robotics with the Boe-Bot - DisplayBothDistances.bs2  
' Test IR detector distance responses of both IR LED/detector pairs to  
' frequency sweep.  
' {$$STAMP BS2sx} ' Stamp directive.
```

```

' {$PBASIC 2.5} ' PBASIC directive.
' -----[ Variables ]-----
freqSelect VAR Nib
irFrequency VAR Word
irDetect VAR Bit
distance VAR Nib

CMD VAR Word
time VAR Word
CMCONST CON 2260

' -----[ Main Routine ]-----
DO

PULSOUT 15 , 5   '超音波測距
PULSIN 15 , 1 , TIME
CMD=CMCONST **TIME

IF    CMD <= 42 THEN '當距離為<=42時 物品存在
GOSUB Get_Distances '呼叫 Get_Distances 的副程式
GOSUB Display_Distances

ELSEIF CMD > 42 THEN
PULSOUT 14, 1000   'LED 白 (閃白燈有可能東西彈跳後歪掉)

ENDIF
LOOP

' -----[ Subroutine -- Get_Distances ]-----
Get_Distances: '偵測紅外線的距離
distance = 0
FOR freqSelect = 0 TO 2
LOOKUP freqSelect , [36000 , 37000 , 38000] , irFrequency
FREQOUT 2 , 1 , irFrequency
irDetect = IN0
distance = distance + irDetect
PAUSE 100
NEXT
RETURN

```

```

'-----[ Subroutine – Display_Distances ]-----
Display_Distances: '依照距離判斷材質

IF      distance = 0 THEN '當 distance=0 時，則明確說明該物品在頻率 0 的範圍
時即可偵測到
PULSOUT 13 , 1000      'LED 紅  "金屬類" pin 角位 13

ELSEIF (distance = 1) OR (distance = 2) THEN '當 distance=1 時，則說明該物品可
偵測到的範圍是有跳動的半透明材質
PULSOUT 12 , 1000      'LED 藍  "塑膠類" pin 角位 12

ELSEIF distance = 3 THEN '當 distance=3 時，則說明該物品為紅外線感測器所無
法偵測到的玻璃材質
PULSOUT 11 , 1000      'LED 綠  "玻璃類" pin 角位 11

ENDIF
RETURN

```