

世新大學資訊管理學系

畢業專題文件

Recycling Robot (R^2)

組長：葉玫筠 (A104222039)

組員：嚴雪綾 (A104222020)

王品云 (A104222026)

林媛宣 (A105222006)

指導老師：林金玲 老師

中 華 民 國 一 〇 七 年 十 一 月

摘要

對於高人口密度的國家來說，垃圾製造量相對於低人口密度的國家會來的更多，面對全球暖化議題日益升溫，如何減少焚化爐所需燃燒的垃圾量也是環保的一項重要關鍵。現代人雖然很會製造垃圾，但卻不見得會正確的進行垃圾分類，隨著環保意識的抬頭，我們若能積極地做好垃圾回收與分類，不僅可以提升公共衛生還可以為這個地球村盡一份心力。研究計畫針對不同環境場所，以視覺伺服為基礎，搭配機械手臂與移動機器人為雙主軸。首先，機器人會不斷地在垃圾撿集的環境中，檢視周遭的環境，往有待分類回收的物品處移動；然後，對物品進行外觀與材質的辨識，作為判定分類回收的根據；最後，探討機械手臂如何根據物體擺放方式的不同，計算適合的抓取點，撿集分類回收的物品，投遞於適合的收集處；以達到自動化垃圾撿集與分類的目標。

關鍵字：環保、視覺伺服、移動機器人、自動化垃圾撿集與分類

目錄

摘要.....	I
表目錄.....	III
第一章 系統開發計畫書.....	4
第一節 簡介與動機.....	4
第二節 計畫目的.....	6
第三節 系統概述.....	7
1.3.1 系統功能簡介.....	7
(1) 使用者需求說明.....	7
(2) 系統範圍.....	7
(3) 功能概述.....	8
1.3.2 系統特色簡介.....	9
(1) 影像辨識.....	9
(2) 機器人控制.....	9
第四節 系統效益.....	11
1.4.1 現行作業環境、功能.....	11
1.4.2 系統化後之作業環境、功能.....	11
第五節 相關研究.....	11
1.5.1 機器人控制.....	11
1.5.2 視覺辨識.....	12
1.5.3 物品分類.....	12
1.5.4 結論.....	12
1.5.5 未來展望.....	13
1.5.6 參考資料或文獻.....	13

圖目錄

圖一：2017 年臺灣各縣市垃圾量統計 [1].....	4
圖二：回收人員職業傷害 [3].....	5
圖三：訓練資料.....	9
圖四：物品位置不同.....	9
圖五：物品方向不同.....	10
圖六：物品形狀不同.....	10
圖七：CNN 進行影像分類的處理流程 [4]	12

表目錄

表一：功能說明表.....	8
---------------	---

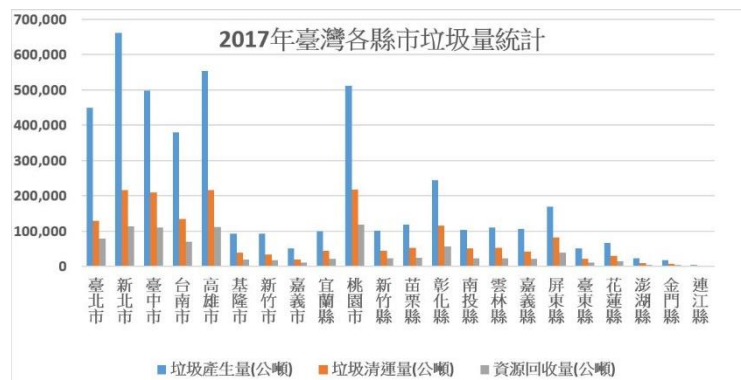
第一章 系統開發計畫書

本章節為系統開發計畫書，期望研發出一台可移動式的視覺辨識環保機器人的雛型，使機器人在室內的環境下可以自行朝著物品的方向前進，並透過視覺辨識物品的外觀，再利用機器人手臂的控制選擇合適的抓取點，進行回收分類。其中內容包含有簡介與動機等。

第一節 簡介與動機

地球環境氣候變遷異常儼然是當今重要的社會議題，為了地球的永續經營，改善現階段的人為破壞是我們的目標，政府也提倡了許多政策，包含綠建築、太陽能發電的相關產業也日漸興起；身為學生的我們能夠做到的就是降低垃圾量，因此我們應當做好資源回收。

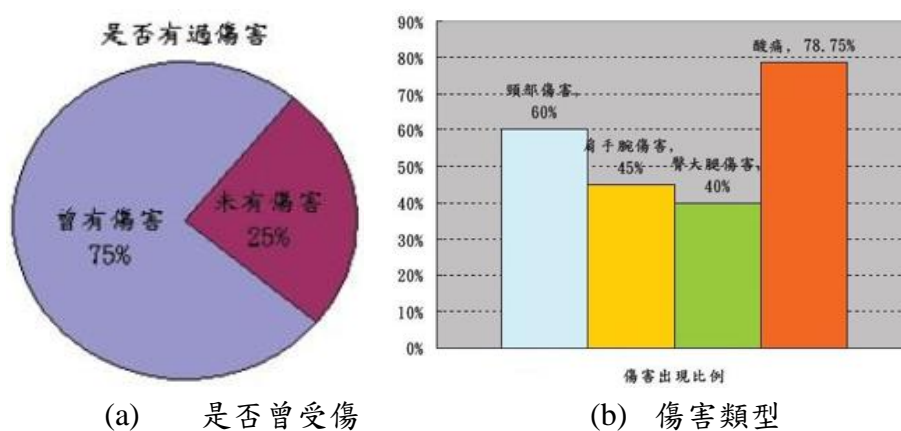
根據行政院環境保護署環境資源資料庫的數據資料（以 2017 年為範例，如圖一）[1]，顯示以中心城市為主體的各個市區（如：台北市、桃園市、新北市、台中市、台南市以及高雄市）由於都市人口密集，垃圾產生量也就高居其他縣市；在產製出大量垃圾的情況下，勢必需要一個妥善處理垃圾的環境與清掃大量垃圾的方案。



圖一：2017 年臺灣各縣市垃圾量統計 [1]

政府於 1984 年在內湖設立了第一座的垃圾焚化廠，由於最初「垃圾掩埋」的諸多問題包括土地利用有限、掩埋地點發出惡臭以及發生大火的危險；隨後改以焚化的方式來處理垃圾，根據行政院環境保護署焚化廠營運管理資訊系統 [2]，目前全台共計有 24 座大型的垃圾焚化廠。但即便有再多的焚化廠，也會因為使用的時間和次數，漸漸地被淘汰；不僅如此也會因為興建過多的焚化廠造成空氣汙染，而影響居民的生活品質與健康。為了降低焚化廠的燃燒量，減少垃圾量是一項不可或缺的重要因素，為了達到這個目的，努力做好資源回收，提高資源回收率將成為關鍵。

目前臺灣的垃圾處理方式為一週中除了兩天無法投遞垃圾和回收資源外，其餘的日子皆有回收人員為我們處理眾多的垃圾和回收物品，然而「職業傷害」卻是這些回收人員經常會面臨的問題，(如圖二) [3] 長期累積下來的職業傷害，對從事回收作業的人員來說是不可小覷的。



圖二：回收人員職業傷害 [3]

除此之外，臺灣目前採取定點投遞垃圾及可資源回收的方式，能檢集的垃圾及回收到的資源就僅限於有人居住或管理的私人住宅、廠辦、展場、營業場所等室內環境而已；其它的公開場所，如街道、公園、大型廣場、海灘等，相較之下會遇到更多的垃圾收集及投遞問題，若以人力的方式去清掃這些場所，或是進行垃圾回收的分類作業，可謂是相當費時費力的。如能運用服務型機器人，於不同的場所進行垃圾的檢集、投遞、分類、乃至於清運，不僅可以降低作業人員的

職業傷害，及減少處理垃圾及回收資源所需的清潔人力外；進一步，還能提高資源回收率，及維護環境的衛生與清潔。

第二節 計畫目的

以下是我們研究計畫目標：

- 在無軌跡的環境下，機器人裝備攝影機朝著目標物前進。
- 透過電腦視覺辨識該物品的外觀。
- 控制機器人手臂選擇合適的抓取點來撿集物品。
- 藉由資料蒐集，設計出一套關於回收物的分類。
- 將建立完成的 model 進行訓練後，使機器人可以自行判斷並找出最合適的結果。
- 透過數據分析，探討垃圾量和地域間的關係以及建構出其他地區獨有的機器人設計。

根據上述的目標，我們希望能夠設計出一台移動式的視覺環保機器人，並藉由機器學習的方式幫助機器人進行更多的視覺辨識訓練，以提升分類回收物的準確性，此外，我們還能運用蒐集而來的回收物品進行資料庫建置；後端網頁程式經過整合後，可以顯示即時的機器人活動情形以及各區域回收資訊。近年來，環境保護的議題儼然已經成為全球的焦點，各國政府也極力推廣相關的政策措施，倘若我們將此研究投入到現今社會中，不僅能夠減緩地球暖化的現象，還能降低環保人員的職業傷害。

第三節 系統概述

預備開發的視覺環保機器人雛形，以開放原始碼(Open Source)的控制板與軟體為主軸進行系統的建置與操作。該系統架構大致分成「分類回收作業」與「後端資料處理作業」兩個部分。前者是透過機器人身上裝設的攝影機偵測附近環境的物品位置，並朝著其中一個物品前進，接著將物品進行外觀的辨識後，投遞到屬於該物品的分類籃子中。後者是將辨識到的回收物資料記錄至資料庫中，並經由後端處理後呈現於網頁上，方便未來在各區域進行人力派遣的管理作業。

1.3.1 系統功能簡介

為了達成該系統建置的目標，在系統開發階段我們劃分成兩個部分：機器人相關控制與連接伺服端的後端管理平台。

(1) 使用者需求說明

- 政府可以有效率的進行清潔工作
- 回收作業人員可以降低職業傷害
- 使用者可以節省人力成本的問題

(2) 系統範圍

- 環境

針對室內與室外等大範圍面積的環境需求，我們使用移動式服務型機器人搭配視覺辨識系統，以利於機器人在無軌道的情況下，透過攝影機捕捉畫面並朝目標物品的位置移動。

- 使用者

架設網站方便使用者監控機器人與查看回收物相關資料，作為在未

來應用於數據資料分析上使用。

- 系統預期使用者

給欲執行環境保護的社會團體、企業或政府使用。

- 未來系統將會被如何使用

將使用在較空曠的地區，例如：公園、廣場、沙灘等場所進行垃圾撿集與分類的工作。此外，使用者可以監控機器人或是依據回傳資料再分派人手至該地點，這樣可以減少人力過度浪費的問題。

(3) 功能概述

以下是兩大功能的細項及說明，包含各項軟硬體，如表一所示：

表一：功能說明表

四大功能	功能細項	功能說明
機器人控制	移動	透過攝影機朝特定物品前進，行進時會自動避開障礙物，若是沒有目標物會沿著牆壁移動
	抓取	依照物品所擺放的重心，進行抓取
	投遞	將手臂抓取到的物品經過分析後投遞到相對應的位置
視覺辨識	位置	透過攝影機定位物品
	外觀	利用攝影機拍攝到的畫面判斷抓取點
物品分類	無	透過機器學習進行回收物的分類
後台管理	系統監控	監控機器人

1.3.2 系統特色簡介

本系統的系統特色可分為兩個部分，第一個部分是關於影像辨識，另一個部分則是關於機器人控制。

(1) 影像辨識

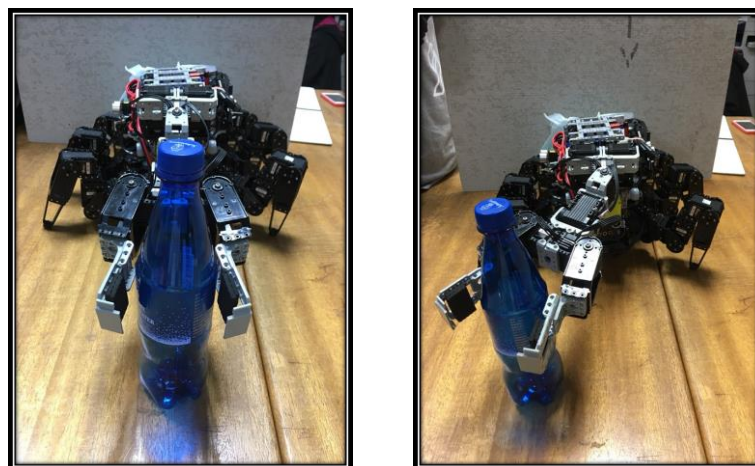
- 機器學習所產生的分類器是使用彩色圖片進行訓練的，一共分成 5 種類別，包含塑膠類、紙類、鐵罐類、玻璃類、鋁罐類。



圖三：訓練資料

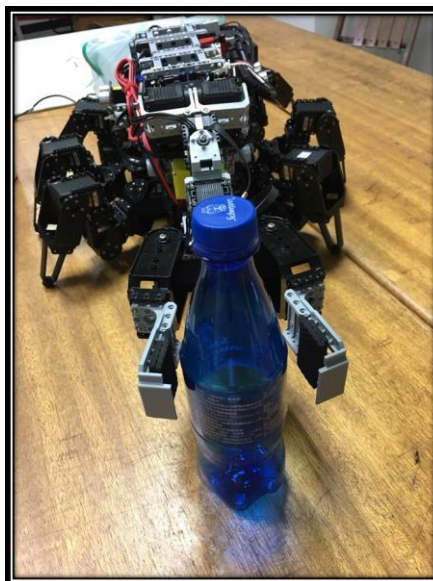
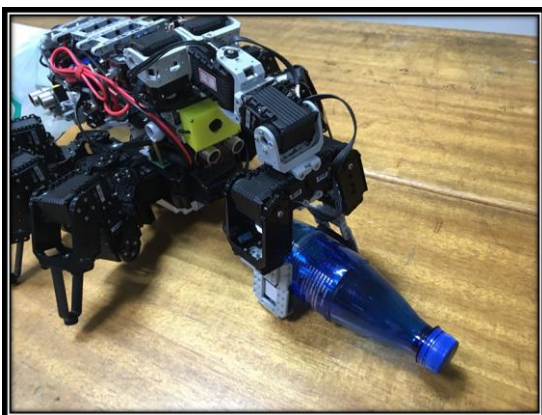
(2) 機器人控制

- 根據物品擺放的位置、方向以及形狀的不同，可以進行多樣的抓取模式。
- 位置



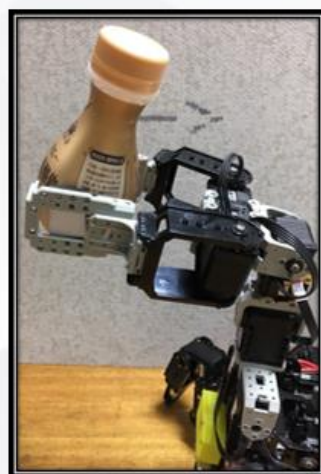
圖四：物品位置不同

- 方向



圖五：物品方向不同

- 形狀



圖六：物品形狀不同

第四節 系統效益

1.4.1 現行作業環境、功能

現今社會不論是學校機構或是政府單位等大多是以聘請清潔人員的方式來進行分類回收與撿集的作業，僅有少部分的回收工廠有利用機械手臂來替代，但也是侷限在工廠等室內環境。而現階段對於室外，例如：公園、沙灘、海水浴場等場所採取定點設置垃圾桶，一旦垃圾投遞滿了，就必須派遣人力進行清掃，無法即時的監控環境的清潔狀況。

1.4.2 系統化後之作業環境、功能

經過系統化之後，可以使機器人透過機器學習的方式自行判斷物品外觀，並運用裝備在機器人身上的攝影機判斷物品位置，此外，機器人經過計算後選擇出合適的抓取點進行撿集與投遞至相對應的置物籃中。這樣即可節省人力資源的消耗，以及減少回收流程的作業。

第五節 相關研究

1.5.1 機器人控制

機器人主要以六足作為行進控制的動力裝置，相較於一般輪型機器人，可以行走在較不平的地面；超音波、紅外線、羅盤、攝影機、WiFi 等感測器來引導機器人的移動及避障，撿集物品放置的籃子設計機體上，行走時需避免籃子產生碰撞的問題。

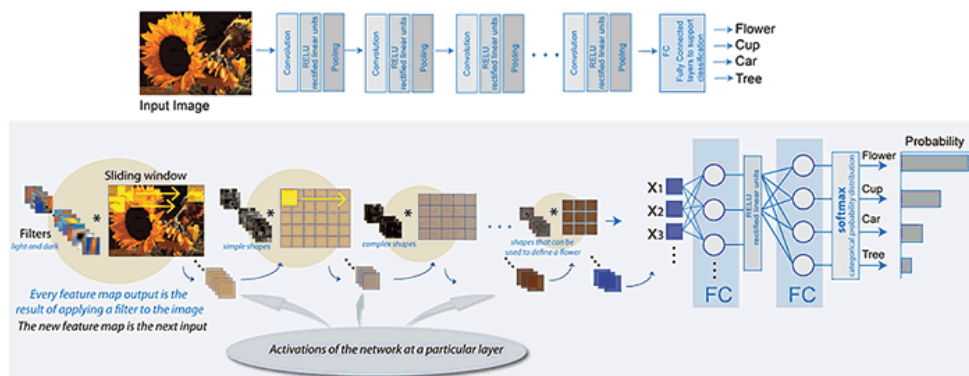
物品抓取則是控制有三個自由度的機械手臂，能依 XYZ 三軸旋轉移動機械手臂，再依照物品所擺放方向的重心，選擇一個適合的抓取點，進行抓取，再根據分類結果投遞到不同的收集籃子中。

1.5.2 視覺辨識

將機器人結合攝影機，透過特徵點，辨識物品的位置、外觀，計算適合機械手臂抓取物品的馬達角度，以撿集物品，放置適合的收集籃子中。

1.5.3 物品分類

深度學習網路中的卷積神經網路 (Convolution Neural Network, CNN) 使用多層的類神經網路架構，層與層之間由一組相互連結的節點所構成，會將學習到的特徵與輸入的數據進行迴旋積，如圖七所示，CNN 將濾波器用在每張且多種解析度的影像上，每個卷積影像的輸出會是下一層的輸入，一開始濾波器會找出一些簡易的特徵，如亮度或邊緣，隨著階層的推進，特徵會變成更加複雜的形狀 [4]。因為 CNN 利用類神經網路疊加多層網路架構，可以處理複雜的非線性問題，用於圖片分類、迴歸分析和特徵學習有很好的效果。



圖七：CNN 進行影像分類的處理流程 [4]

1.5.4 結論

此研究結合人工智慧機器學習、機器視覺、與機器人控制，透過分析攝影機所擷取到的影像，引導機器人的移動及物品的抓取，然後影像再配合機器學習進行物品的分類；而搭配開源的軟硬體裝置，讓開發的視覺辨識移動式環保機器人，具有高度的擴充性。專題研究完成後，預計將會有移動式環保機器人的參考離型、移動物品撿集與分類回收投遞的相關軟體程式；屆時，可將公共場所的垃圾處理作業，交由環保機器人來處理，可以輕鬆又便利的達成任務，既可減少所需的清潔人力，亦不失垃圾分類的準確性，實現以機器人取代人力的自動化垃圾分類目標。

1.5.5 未來展望

未來希望能夠進一步將這樣的想法擴大至其他的領域中，利用機器學習物品自動分類的功能、及機械手臂抓取的技術，運用在更多不同的地方；如研發出一種可以幫忙收拾家中小孩子玩具的服務型機器人；工廠中可以運用在相關零組件等製成品的抓取與分類；在郵務方面，可以用於大量郵件的分類，包含平信、掛號信等信件寄送的區分方式，以及收件人的地區分類；此外，還能應用在處方籤上的藥品抓取與分類等等。

1.5.6 參考資料或文獻

- [1] 行政院環境保護署-環境資源資料庫，
<https://erdb.epa.gov.tw/DataRepository/PollutionProtection/TrashClearOverview.aspx>，2018。[存取日期：2018/01/29]。
- [2] 中華民國行政院環境保護署焚化廠營運管理資訊系統，
https://swims.epa.gov.tw/swims/swims_net/Incineration/Incineration_Map.aspx，107/01/15。[存取日期：2018/01/31]。
- [3] 高碧雲，資源回收人員肌肉骨骼傷害之調查研究，國立高雄應用科技大學工業工程與管理系碩士學位論文，2006。
- [4] TeraSoft，機器學習(Machine Learning)與深度學習(Deep Learning)，
<https://www.terasoft.com.tw/matlab-simulink/solutions/machine-learning-deep-learning/>，2017。[存取日期：2018/02/18]。