

逢甲大學學生報告 ePaper

現代生活中的助手-掃地機器人介面設計

Interface Design for Robotic Vacuum Cleaner

作者：劉家豪 李睿哲 葉欣裴 林巧恩

系級：電子三丙 自控三甲 自控三乙 自控三乙

學號：D1060536 D1059928 D1093216 D1059932

開課老師：黃清輝

課程名稱：介面設計

開課系所：自動控制工程學系

開課學年：112 學年度 第 1 學期



中文摘要

本文藉「介面設計」課程中，從課程中學習需求探究，明確設計窗口後，實現規格過程中探討彼此間之介面關係的系統介面圖，包括硬體、軟體及韌體等，及介面控制過程訊號流實現探討的系統運作流程圖等；本組期末報告以探討現代掃地機器人的技術演進、設計考量以及未來可能的發展趨勢為題。

在掃地機器人領域，歷史上經歷過多次技術革新，以時間線的方式追溯了一些歷史過程以及目前市場上常見的品牌如 iRobot、Roborock、小米等。而現代掃地機器人的智能連接功能成為趨勢，透過手機應用程式或聲控技術實現遠程控制和監控，提供使用者更便捷的清潔體驗。

在硬體方面，闡述了掃地機器人模組的結構，包括電源管理、馬達驅動器、感測、無線連接性、控制單元和人機界面等元件的功能和作用。介紹了技術和硬體特點，如自動拖布清洗、感測器應用、路徑規劃方法以及市面上 APP 功能。

同時進一步研究了掃地機器人的兩種清潔路徑方式：隨機覆蓋式和基於 AI 路徑規劃式，以及 SLAM 技術在路徑規劃中的應用，並探討了市面上 APP 功能的多樣性，如手機遙控、地圖建構、AI 識別、清潔紀錄等，強調了這些功能對提升使用者體驗的重要性。

總括而言，本文分析了現代掃地機器人的技術和設計，提供了一個全景式的視角，使本組對這一領域的演進有更深入的了解。且對於系統的設計開發流程，實現過程探究的系統介面，更能從理論中體會實務實現的技巧。

關鍵字：

介面設計、掃地機器人、運作流程圖

Abstract

This paper applied the "Interface Design" course to explore the learning requirements from the system. After clarifying the design specifications, the system interface diagram of the interface relationship between each other is discussed in the process of implementing the specifications, including hardware, software, firmware, etc., and the interface control process. System operation flow chart for signal flow implementation discussion, etc.; The final report of our group is titled to discuss the technological evolution, design considerations and possible future development trends of modern robot vacuums.

In the field of robot vacuums, there have been several technological innovations throughout history. The article traces some of these historical processes in a timeline format and discusses common brands in the current market, such as iRobot, Roborock, and Xiaomi. The emerging trend in modern robot vacuum is the integration of smart connectivity features, allowing remote control and monitoring through smartphone applications or voice control, providing users with a more convenient cleaning experience.

On the hardware front, the article elaborates on the structure of robot vacuum modules, encompassing components such as power management, motor drivers, sensors, wireless connectivity, control units, and human-machine interfaces. It introduces technical and hardware features, including mop cleaner, sensor applications, path planning methods, and functionalities available in mobile applications.

Furthermore, the article delves into two cleaning path methods employed by robot vacuums: random coverage and AI-based path planning. It explores the application of Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) technology in path planning and discusses the diversity of features in mobile applications, such as remote control, map construction, AI recognition, and cleaning records. The importance of these features in enhancing user experience is emphasized.

In summary, this article analyzes the technology and design of modern robot vacuum, providing a comprehensive perspective that enables readers to gain a deeper understanding of the evolution in this field. In addition, for the system design and development process and the system interface to realize the process exploration, we can better understand the practical implementation skills from the theory.

Keyword :

Interface Design, System operation flow chart, Robot vacuum

目 次

中文摘要.....	1
Abstract.....	2
目次.....	3
第一章 背景介紹.....	4
第二章 掃地機器人介面流程圖.....	4
第三章 掃地機器人模組方塊圖.....	5
第四章 常見技術及硬體.....	8
第五章 路徑規劃.....	10
第六章 市面上 APP 功能.....	12
第七章 結論.....	14
參考文獻.....	16

第一章、背景介紹

1996 年時 Electrolux Trilobite 成功量產了第一款掃地機器人，不過在當時因清掃功能不良且常常因碰撞問題而停下，並未獲得人們青睞。而接著 iRobot 公司於 2002 年推出了 Roomba 系列，擁有先進的感應技術，能夠避免障礙物並辨識樓梯懸崖，為未來的掃地機器人奠定了基礎，並被視為第一台成功的掃地機器人。

Neato Robotics 在 2010 年推出了一系列雷射光導航掃地機器人，這種技術提高了機器人的導航能力，取代了以前的隨機運動模式。而現今隨著智能家居的發展，現代掃地機器人通常具備智能連接功能，可以透過手機應用程式或聲控技術進行遠程控制和監控。

目前台灣市場常見的品牌有 iRobot、Roborock、小米等。常有不同電量、吸力、集塵量、集水量、以及不同的智慧功能等規格可以選擇。

第二章、掃地機器人介面流程圖

本文藉「介面設計」課程中，從課程中學習需求探究，明確設計窗口後，實現規格過程中探討彼此間之介面關係的系統介面圖，包括硬體、軟體及韌體等，及介面控制過程訊號流實現探討的系統運作流程圖等；本組以探討現代掃地機器人的技術演進、設計考量以及未來

可能的發展趨勢為題。

在掃地機器人領域，歷史上經歷過多次技術革新，現代掃地機器人的智能連接功能成為趨勢，透過手機應用程式或聲控技術實現遠程控制和監控，提供使用者更便捷的清潔體驗。我們試著將掃地機器人從啟動到結束可能會發生的流程繪製成以下流程圖，詳如圖 1 示意：

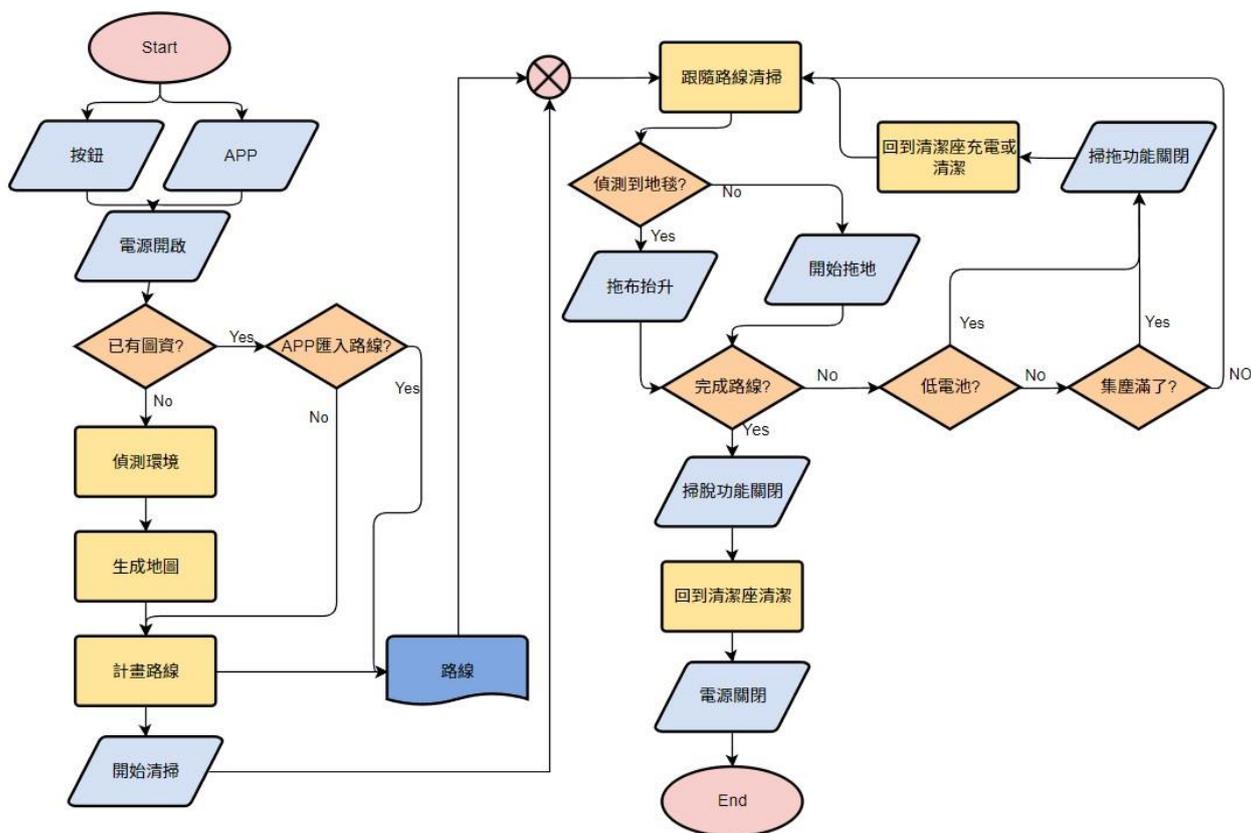


圖 1、掃地機器人系統運作流程圖

第三章、掃地機器人模組方塊圖

針對本組探究之掃地機器人功能，探討相關硬體、軟體及韌體介面的介面關係，確認彼此間輸入、輸出等訊號流，以利實現彼此之介

面控制，系統方塊圖詳如圖 2 示意。

本組分別就其電源管理 (Power Management)、無刷直流馬達驅動器 (3-Phase BLDC Motor Driver)、信號狀態 (Signal Conditioning)、有刷直流馬達驅動器 (Brushed DC Motor Driver)、感測 (Sensing)、無線連接性 (Wireless Connectivity)、控制單元 (Control Unit) 及人機界面 (HMI) 進行設計探討，說明如下：

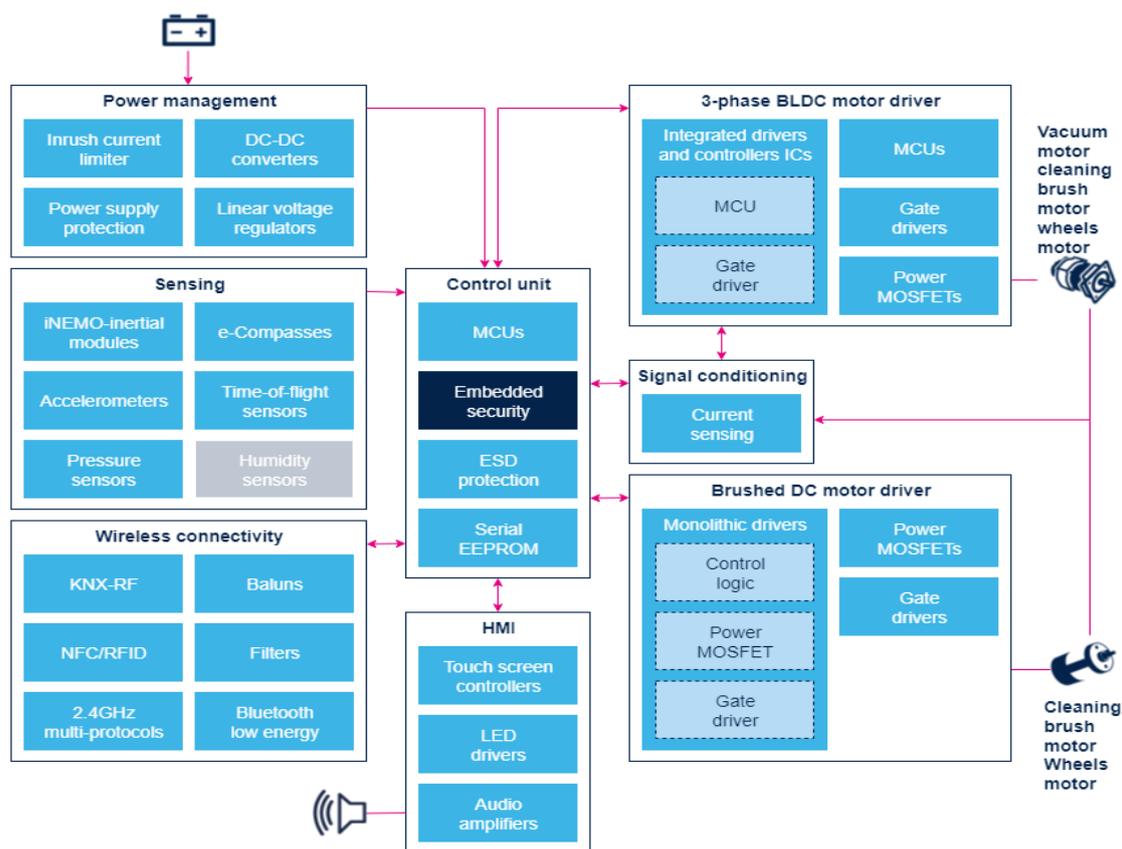


圖 2、掃地機器人模組方塊圖(來源:意法半導體[4])

1. 電源管理 (Power Management)：在電源管理方面，可能包含了以下元件：

- (1)**湧流限制器 (Inrush Current Limiter)**：防止電源在啟動時產生過大的電流，確保系統的穩定啟動。
 - (2)**直流-直流轉換器 (DC-DC Converters)**：將電源輸出的直流電轉換為不同電壓的直流電，以供掃地機器人的各個系統使用。
 - (3)**電源保護 (Power Supply Protection)**：防止電源受到過壓、欠壓、過流等異常情況的損壞，確保系統長時間穩定運作。此外，還包括線性電壓穩壓器，以提供穩定的電壓輸出。
2. **無刷直流馬達驅動器 (3-Phase BLDC Motor Driver)**：馬達控制是掃地機器人運作的核心可運用在吸塵的馬達或掃地刷，包含微控制器 (MCU) 和閘驅動器，用於控制三相無刷直流馬達的轉速和轉向。
 3. **信號狀態 (Signal Conditioning)**：透過電流感測，確保馬達系統能夠準確運作並回授信號給控制單元調整電流。
 4. **有刷直流馬達驅動器 (Brushed DC Motor Driver)**：整合的驅動器，包括控制邏輯、功率 MOSFET 和閘驅動器，用於驅動和控制有刷直流馬達，例如清潔刷、輪子等。
 5. **感測 (Sensing)**：感測元件可以瞭解周遭環境，以下有用到幾個元件：

- (1) **慣性模組 (INEMO-Inertial Modules)**：包括加速度計、陀螺儀和磁力計，用於感測掃地機器人的運動狀態。
- (2) **紅外線感測器 (Time-of-Flight Sensors)**：用於測量與障礙物之間的距離。
6. **無線連接性 (Wireless Connectivity)**：使掃地機器人能夠與其他設備例如手機通信，包括 KNX-RF、NFC/RFID、2.4GHz 多協定和藍牙等協定。
7. **控制單元 (Control Unit)**：控制單元是掃地機器人的心臟，包含微控制器 (MCU)，接收感測器數據，根據這些數據控制掃地機器人的運動和清潔行為。包括串列式 EEPROM 和 ESD 保護，用於存放數據和保護系統的電路。
8. **人機界面 (HMI)**：人機界面提供了與機器互動的方式包括觸控螢幕、按鈕、喇叭等，提供直觀的操作界面、控制 LED 燈光，以及撥放音訊等。

第四章、常見技術及硬體

1.常見技術：

- (1)支援自動拖布清洗和自動補水、自動清理集塵、電池充滿電則自動斷電。

- (2)偵測灰塵顆粒並根據灰塵水平自動調整吸力與清潔頻率。
- (3)改良清掃路徑，尋找最高效率的清掃方式。
- (4)透過感測器辨別並避開障礙物、防止掃地機器人墜落。
- (5)在掃地機器人即將沒電時，預估與基座的距離，自動回航進行充電。
- (5)感測器判別地形，依據當下狀況選擇要使用哪個工具，像是偵測到掃地毯不需要用拖布，他就會自動將拖布升起來。



圖 3、拖布抬升示意圖(來源: Roborock S7 MaxV Ultra[5])

2 硬體：

- (1)單邊刷將基本灰塵、屑屑從角落等地方掃出。
- (2)全橡膠主刷更耐用、也不容易造成毛髮纏繞打結的問題。
- (3)主輪可以跨越 2 公分以下門檻、胎面也相當耐磨。
- (4)拖地布聲波震動拖地自動清洗拖布。



圖 4、拖布自動清洗示意圖(來源: Roborock S7 MaxV Ultra[5])

3.感測器系統：

- (1)超音波感測器判斷前方物體的大小、遠近及大體屬性、防跌落。
- (2)紅外線感測器利用紅外線的返回訊號來識別周圍環境的變化。
- (3)雷射激光測距感測器 LDS 通過高速旋轉發射雷射，再通過雷射發射後觸及障礙物反射回來的時間，測量距離。
- (4)防墜落感測器防止掃地機器人從高處跌落。
- (5)邊緣偵測感測器確保機器人可以始終貼著牆的邊緣走，能更好地清潔牆壁邊緣死角的位置。

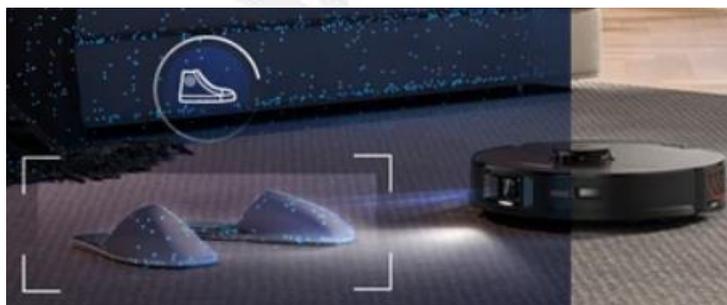


圖 5、自動辨識物體示意圖(來源: Roborock S7 MaxV Ultra[5])

第五章、路徑規劃

掃地機器人的清潔路徑有 3 種方式，第一種是隨機覆蓋式，比較

舊型的掃地機器人會使用隨機覆蓋式，他的缺點就是比較耗電，也會漏掉一些地方沒有清潔到，行走軌跡詳如圖 6 示意。

第二種就是利用 AI 製作的路徑規劃式，他會比較有系統性的清潔，比隨機覆蓋式的效率還要更高，即使有障礙物也能夠把障礙物附近的地板清理乾淨。

第三種使用的路徑規劃方法是 slam，也是目前市面上高常見的路徑規劃方法，是一個卷積神經網路和深度學習的補充，如果把機器人放在一個未知的位置，他可以在運動過程中重複觀測到環境特徵來定位自身位置，再根據自身位置來來構建周圍環境的增量式地圖，他可以達到定位和地圖構建的兩個目的，行走軌跡詳如圖 7 示意。

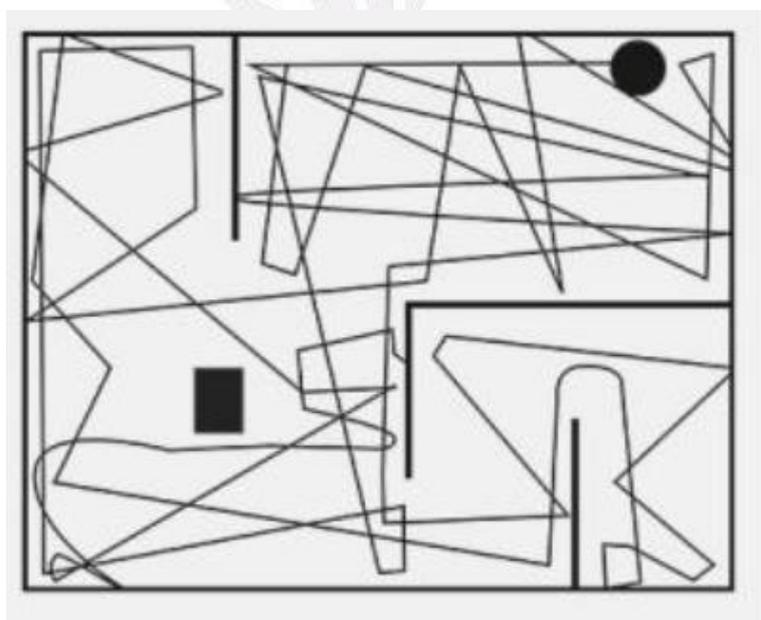


圖 6、隨機覆蓋式路徑規劃示意圖

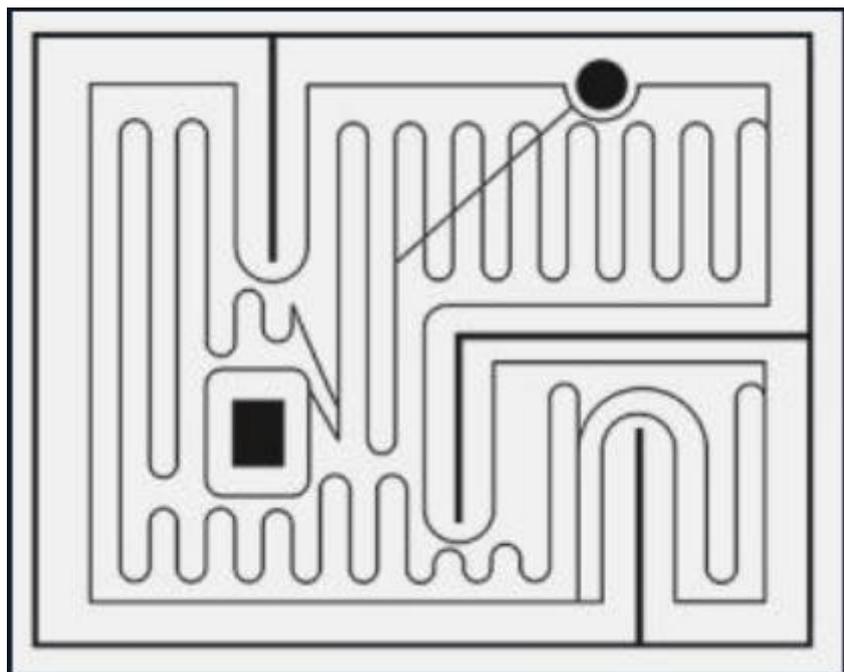


圖 7、AI 製作的 slam 路徑規劃示意圖

第六章、市面上 APP 功能

1. **手機透過 Wi-Fi 與載體連動**：APP 可適用於此公司的每一代的掃地機器人，使用 Wi-Fi 就可以連動。
2. **韌體更新**：有些剛上市的機器人有時會有些驅動的問題或是讓用戶使用起來不太智能的功能，就可以利用軟體或韌體的更新讓它用起來更便利。
3. **APP 功能及客製化設定**：可透過手機 APP 進行智能操控。



圖 8、APP 功能及客製化設定示意圖(來源:廖阿輝[2])

4.遙控模式：區分為自動及手動兩種方式。

(1)自動：可根據地圖的位置，點選要去的區域，掃地機器人就會出發去該地點清掃。

(2)手動：APP 中會顯示搖桿讓你手動控制機器人的前進路線，要讓機器人回到充電站或是要局部清掃的動作也只需一鍵即可。

5. 地圖建構：分成 2D、3D、MATRIX 地圖。

(1)2D 和 3D 是透過機器人的感測器及鏡頭去掃描建構出來。

(2)MATRIX 地圖跟 3D 地圖的差別是，用戶需要使用手機去掃描實體，這樣就能更精準以及在監控時可以看到實際物體。



圖 9、地圖建構管理設定示意圖(來源:廖阿輝[2])

6. **AI 識別**：場景識別、少碰撞模式(透過結構光偵測，預知有無物體)、實景照片(點擊地圖上的障礙物圖示，會顯示一張機器人拍到的照片)。
7. **APP 清潔紀錄**：硬體(包括掃具以及感測器)的健康度及使用紀錄。
8. **可客製化的功能**：時間排程、自動集塵、指示燈、洗脫布、機器人時區、勿擾模式等。

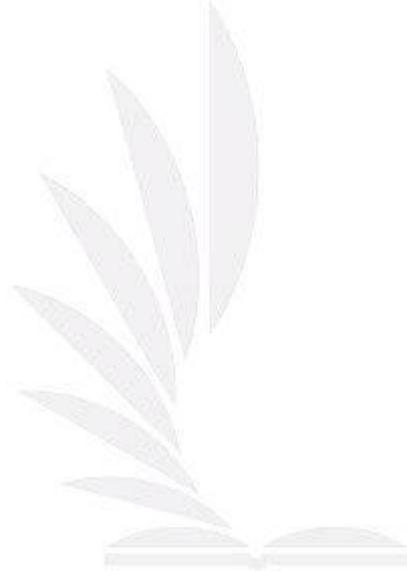
第七章、結論

看似簡單的家用產品，其背後涉及的技術和設計考量繁多。從感測技術到移動算法，再到使用者體驗和能源管理，每一環節都需要精

心設計和評估。

此外，要去了解用戶的需求和痛點，才能開發出真正貼合市場的產品。在研究過程中，我們能深刻體會到持續學習和創新的重要性，因為科技和市場需求都在不斷變化。

利用理論的課程，進行系統逐步介面解析，從中能更加瞭解彼此間的介面關係與系統規格的實現連結，可將理論運用於本組期末報告之現代生活中的助手-掃地機器人實務探究中。



參考文獻

- [1]R. Bormann, F. Jordan, J. Hampp, M. Hägele. “Indoor Coverage Path Planning: Survey, Implementation, Analysis. “ In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2018.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8460566>
- [2]廖阿輝。「解放雙手真王者降臨 Roborock S7 MaxV Ultra 全新自動掃拖機器人新上市！清潔開箱推薦」，上網日期:2022-04-15，檢自
<https://ahui3c.com/117190/roborock-s7-maxv-ultra>
- [3] Visual Paradigm Online。「Vacuum Robot」，上網日期:2024-2-6，檢自
<https://online.visual-paradigm.com/diagrams/templates/flowchart/vacuum-robot;/VPSESSIONID=D40E198BD62807189BDDE119006129AA>
- [4]意法半導體。「Robot Vacuum Cleaners」，上網日期:2024-2-6，檢自
<https://www.st.com/en/applications/home-and-professional-appliances/robot-vacuum-cleaners.html>
- [5]Roborock，「S7 MaxV Ultra」，上網日期:2024-2-6，檢自
<https://www.roborocktw.com/s7-maxv-ultra>