

2026 ICEET

第十五屆 數位學習與教育科技國際研討會
International Conference on E-learning and Educational Technology

智慧教育×永續共榮

論文集 PROCEEDINGS



基於人機控制介面之搬運平台與機械臂放置系統設計

李承陽
大學生
義守大學
電子工程學系

E-mail : yangchengli657@mail.com

黃柏睿
大學生
義守大學
電子工程學系

E-mail : kaiw94040921@gmail.com

摘要

隨著智慧製造與自動化物流的快速發展，無人搬運載具已成為產業升級的關鍵。然而，在複雜且非結構化的環境中，純自動化設備往往缺乏突發狀況的應變能力。為提升系統之場域適應性，本研究設計並實作一套「基於人機控制介面」之搬運平台與機械臂放置系統，旨在探討無線遙控介入與底層控制整合之混合機制。本研究以公共場域之「紅龍柱」設備搬運為實際應用背景，針對其高重心與易傾倒之物理特性，開發相對應之穩定控制演算法。

本系統機構採用鋁合金模組建構移動車體與三軸機械臂。核心控制單元採用高整合度之 **MegaPi 主機板**（基於 **ATmega2560 微處理器** 核心），並搭配專屬感測擴充板以簡化電路佈線。系統動力架構包含四輪獨立驅動底盤以達成靈活移動，並配置三組直流編碼馬達 (Encoder Motor) 透過閉迴路控制實現機械臂抓取物件。

在通訊與介面設計上，本研究導入藍牙無線通訊技術，建構專屬之人機控制介面 (HMI)。系統底層軟體以 C/C++ 撰寫，能即時解析序列通訊 (UART) 之控制封包，允許操作者以極低延遲介入系統，進行特定物件之遙控夾取、搬運與精準放置任務。實作結果顯示，本系統具備優異的機動性與控制穩定度，能有效完成複合式的搬運作業，充分展現微控制器架構與無線通訊整合在智慧物流領域之實務應用價值。

關鍵字：mBot Ranger、搬運機器人、自動放置系統、教育機器人、人機介面

壹、前言

一、研究背景

在大型活動場地、機場、車站與展覽館中，常需進行各類物品之搬運與佈置作業，例如排隊引導設備、展示器材與臨時設施等。此類工作多仰賴人工搬運，不僅耗費人力與時間，亦可能因操作不當而影響作業效率與安全性。因此，發展一套具備搬運與放置功能之輔助系統，具有實際應用價值。

二、研究動機

隨著機器人技術與嵌入式系統之發展，搬運作業逐漸朝向自動化與智慧化方向發展。然而，對於教育場域或初階應用而言，建立一套結構簡單、操作直覺且具備實際功能之搬運系統，仍具有重要研究意義。

本研究以 Ultimate 2.0 10in1 教育型機器人為基礎，結合無線人機控制介面，設計一套可由操作者即時控制之搬運平台與機械臂系統，藉此模擬實際搬運作業流程，並探討其操作可行性與系統整合方式。

三、研究目的

本研究旨在設計並實現一套基於人機控制之搬運與放置系統，其主要目的如下：

- (1) 設計一套具備載物能力之搬運平台
- (2) 建立無線人機控制系統，使使用者可即時操作機器人
- (3) 開發機械臂夾取與放置機構
- (4) 整合移動與操作功能，完成搬運與放置流程

(5) 驗證系統於實際操作情境下之可行性與穩定性

四、研究架構

(一) 系統整體架構

本系統主要由以下三個部分組成：

1. 移動平台

以 mBot Ranger 作為移動底盤，負責機器人之行進、轉向與整體支撐。

2. 人機控制系統

透過藍牙通訊建立無線控制介面，使用者可利用控制裝置即時操作機器人之移動與機械臂動作。

3. 搬運與放置系統

包含載物平台與機械臂結構，負責物品之承載、夾取與放置功能。

圖表

圖 1 系統整體架構圖

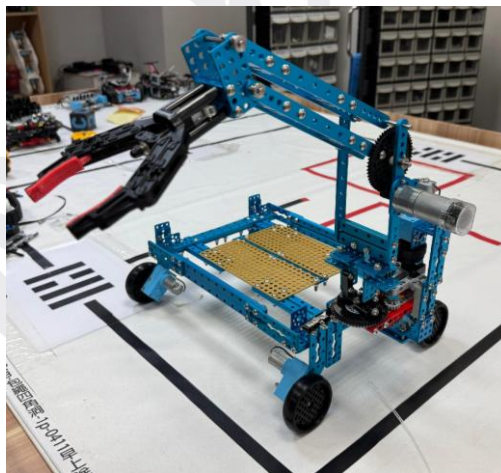
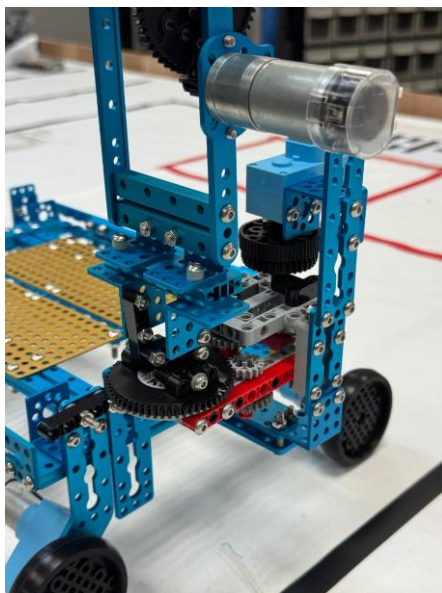


圖 2 搬運平台之機械齒輪構造圖



注釋

Ultimate 2.0 10in1 為 Makeblock 公司開發之教育型機器人平台，具備良好擴充性與模組化設計，適用於機器人控制與系統整合之教學與研究應用。

貳、文獻探討

1、 機械手臂夾取與定位技術

在機械手臂應用中，末端執行器（End-effector）的設計對於夾取穩定性具有關鍵影響。張仁智（2020）於其研究中指出，當機械手臂面對不同幾何形狀物體時，需透過適當的夾取策略與路徑規劃，以提升抓取成功率與穩定性。該研究透過分析物體形狀與重心位置，調整夾爪角度與運動路徑，使機械手臂能有效完成夾取任務。

因此，本研究在設計機械臂夾取機構時，參考上述概念，針對搬運物體之中心位置進行調整，並透過控制馬達轉動角度，使夾取動作更加穩定，以提升整體搬運過程之可靠性。

2、 搬運機器人之穩定控制

在移動搬運系統中，車體與機械手臂之協調控制為影響系統穩定性的關鍵因素。陳宇翔（2021）於其研究中指出，在搬運過程中，機械手臂的動作會導致重心偏移，進而影響車體平衡與行進穩定性。

該研究提出，系統應具備協調控制機制，使移動平台與機械手臂之動作能

夠相互配合。例如，在車體移動過程中避免同時進行大幅度手臂操作，或於停止狀態下再進行夾取與放置動作，以降低因重心改變所造成的影響。

基於此，本研究在系統設計上採用分段操作方式，於車體移動完成並穩定停止後，再進行機械臂之夾取與放置操作。同時，在控制流程中加入狀態判斷機制，以確保操作順序正確，提升整體系統穩定性。

3、 人機控制介面於搬運系統之應用

隨著人機互動技術的發展，透過控制介面進行機器操作已成為常見應用方式。相關研究指出，人機控制系統可提升操作彈性，使使用者能依現場狀況即時調整動作，特別適用於非固定環境之搬運任務。

相較於全自動系統，人機控制模式具有實作簡單、反應快速與調整彈性高等優點。然而，其缺點在於操作結果較依賴使用者熟練度，可能影響操作精準度與效率。

因此，本研究採用人機控制介面作為主要操作方式，透過無線控制裝置即時操控機器人移動與機械臂動作，以提升系統之靈活性與實用性，同時作為後續發展自動化系統之基礎。

參、研究方法與設計

一、系統硬體設計

(一)移動底盤

本研究以 Ultimate 2.0 作為移動平台，提供機器人行進、轉向與基礎承載能力。透過內建馬達與控制模組，配合無線控制指令，使車體能依操作指令完成前進、後退與轉向等基本移動功能。

(二)搬運平台

於機器人上方設計一承載平台，用以放置紅龍柱之模擬物（以寶特瓶代替）。平台採用樂高結構件進行組裝，並考量載重分布與固定方式，使搬運過程中物體不易滑動或傾倒，同時提升整體系統之穩定性。

(三)結構穩定與搬運放置機構設計

本研究結合樂高與 Ultimate 2.0 十合一機器人套件之零件，設計搬運與放置機構。系統包含旋轉底座、機械臂與夾取裝置，透過馬達驅動齒輪機構，使機械臂可進行夾取與放置動作。在結構設計上，考量搬運過程中因機械臂伸展與載物所產生之重心偏移問題，透過支架補強與結構配置調整，使系統在移動與操作過程中維持良好穩定性，避免因晃動或傾斜而影響放置效果。

(四)人機控制介面與通訊系統

本研究採用藍牙通訊方式建立人機控制介面，透過無線控制器（遊戲手把）將操作指令傳送至 MegaPi，使使用者可即時操控機器人之移動與機械臂動作。控制內容包含：

(一) 車體前進、後退與轉向控制

(二) 機械臂旋轉控制

(三) 夾取與放置動作控制

透過人機控制介面設計，使操作者能直覺地完成搬運與放置任務，提升系統操作之便利性與即時性。

二、控制系統設計

(一)程式控制流程

本研究之控制系統以人為操作為主，透過藍牙接收控制訊號並轉換為對應動作，整體流程如下：

1. 啟動系統：初始化藍牙通訊與馬達控制模組
2. 接收控制訊號：由手把輸入控制指令
3. 移動控制：依指令控制車體行進與轉向
4. 機械臂控制：操作夾取與放置動作
5. 完成搬運任務

(二)程式流程圖

依據控制流程繪製系統流程圖，如下圖所示，以說明人機控制介面與系統運作

之關係。



三、實驗方法

為驗證本研究所設計之搬運系統之操作性能與穩定性，規劃以下實驗：

(1) 操作穩定性測試

觀察在不同操作速度下，搬運寶特瓶時之穩定情形，分析是否發生傾倒或晃動。

(2) 操作精準度測試

測試操作者控制機器人至指定位置並完成放置動作之準確性。

(3) 任務完成時間分析

記錄操作者完成搬運與放置任務所需時間，以評估系統操作效率。

(4) 系統整體運作測試

整合移動、夾取與放置流程，進行完整操作測試，以驗證系統功能之可行性。

肆、結果與討論

一、系統測試結果

本研究完成搬運平台與機械臂之整合設計，並透過無線人機控制介面進行多次操作測試。測試結果顯示，本系統可穩定完成以下功能：

(1) 人機控制移動操作

透過無線控制裝置，操作者可即時控制機器人進行前進、後退與轉向，系統反應穩定且操作流暢。

(2) 物品搬運功能

搬運平台可穩定承載模擬物（寶特瓶），於移動過程中未出現明顯滑動或傾倒情形。

(3) 機械臂夾取與放置功能

透過手動控制機械臂進行夾取與放置操作，可完成指定位置之物品放置，整體動作具備基本穩定性與可行性。

二、系統優點

(1) 操作直覺性高

透過人機控制介面進行操作，使用者可即時調整動作，提升系統之操作便利性與彈性。

(2) 系統整合性佳

本系統整合移動平台、搬運結構與機械臂機構，能完整執行搬運與放置流程。

(3) 結構模組化設計

採用樂高與模組化元件組裝，方便調整與擴充，亦有助於系統維護與改良。

(4) 成本低且易於實現

利用教育型機器人平台進行開發，整體成本較低，適合教學與初階研究應用。

三、系統限制

(1) 操作依賴人工控制

本系統需由操作者透過控制介面進行操作，尚未具備自主判斷與自動化功能。

(2) 操作精準度受人為因素影響

機器人之定位與放置準確度會受到操作者熟練度影響，可能產生誤差。

(3) 承載能力有限

受限於 Ultimate 2.0 10in1 平台與結構設計，系統僅適用於輕量物品搬運。

(4) 結構穩定性仍有提升空間

於快速移動或機械臂伸展時，仍可能產生輕微晃動，未來可進一步強化結構設計與重心配置。

伍、未來展望

本研究已完成基於人機控制介面之搬運平台與機械臂放置系統之設計與實現，雖已具備基本功能與操作可行性，然仍有多項可進一步發展與優化之方向，說明如下：

一、控制系統優化

目前系統以人機控制為主，未來可進一步優化控制方式，例如加入速度平滑控制或操作輔助機制，以提升操控穩定性與使用體驗。此外，亦可發展半自動控制模式，使部分操作可由系統輔助完成，以降低操作者負擔。

二、結構設計強化

現有搬運平台與機械臂結構仍有提升空間，未來可透過改良支架配置、增加結構補強及優化重心分布，提升整體穩定性。特別是在機械臂伸展與載物操作時，減少晃動現象，以提升系統可靠度。

三、搬運能力與應用擴展

目前系統以輕量物品為主，未來可針對不同尺寸與重量之物品進行結構設計調整，以提升搬運能力，並擴展其應用範圍，例如場地佈置、物資搬運或教學展示等。

四、人機介面提升

未來可進一步優化人機控制介面，例如改善控制器操作配置，使控制更加直覺，或結合其他輸入方式（如手機應用程式或觸控介面），以提升系統之操作便利性與多樣性。

五、系統整合與功能擴充

本系統目前已完成移動、搬運與放置功能之整合，未來可進一步加入更多感測元件或輔助功能，例如距離警示或定位輔助，以提升整體系統之完整性與應用價值。

陸、參考文獻

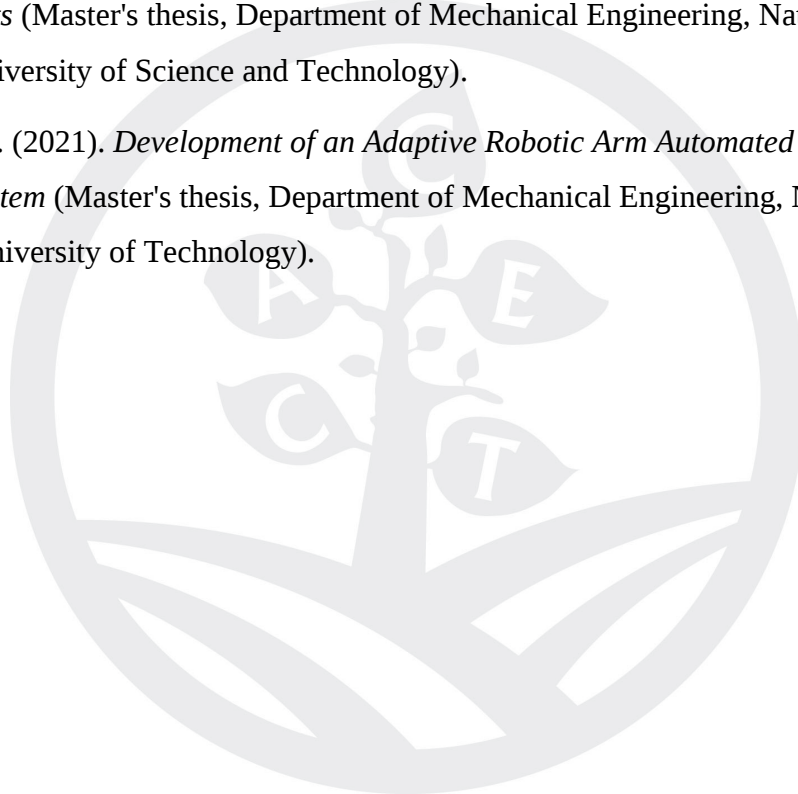
張仁智 (2020)。以機械手臂進行複雜幾何零件之自動化夾取。國立臺灣科技大學機械工程系碩士論文。

陳宇翔 (2021)。自適應機械手臂無人搬運車系統開發。國立勤益科技大學機械工程系碩士論文。

朝陽科技大學資訊工程系 (2016)。避障礙及防掉落自走車。

Chang, J.-C. (2020). *Automated Robotic Arm Gripping for Complex Geometry Components* (Master's thesis, Department of Mechanical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology).

Chen, Y.-S. (2021). *Development of an Adaptive Robotic Arm Automated Guided Vehicle System* (Master's thesis, Department of Mechanical Engineering, National Chin-Yi University of Technology).



Design of a Material Handling Platform and Robotic Arm Placement System Based on a Human–Machine Interface

Li, Cheng-Yang

Undergraduate Student, Department of Electronic Engineering

I-Shou University

E-mail: yangchengli657@gmail.com

Huang, Po-Rui

Undergraduate Student, Department of Electronic Engineering

I-Shou University

E-mail: kaiw94040921@gmail.com

Abstract

With the rapid advancement of smart manufacturing and automated logistics, unmanned guided vehicles (AGVs) have become a key factor in industrial upgrading. However, in complex and unstructured environments, fully automated systems often lack the adaptability to respond to unexpected situations. To enhance system adaptability, this study designs and implements a material handling platform and robotic arm placement system based on a human–machine interface (HMI), aiming to explore a hybrid control mechanism integrating wireless remote operation and low-level control. The system structure is constructed using modular aluminum components to form a mobile platform and a three-axis robotic arm. The core control unit employs a highly integrated **MegaPi microcontroller board (based on the ATmega2560 microprocessor core)**, combined with dedicated sensor expansion boards to simplify circuit design. The drivetrain consists of a four-wheel independently driven chassis for flexible mobility, and three encoder motors are utilized to achieve closed-loop control for robotic arm manipulation. In terms of communication and interface design, Bluetooth wireless communication is adopted to establish the human–machine interface. The system firmware is developed in C/C++ and is capable of real-time parsing of serial communication (UART) control commands. This enables operators to interact with the system with minimal latency, performing tasks such as object grasping, transportation, and precise placement. Experimental results demonstrate that the proposed system exhibits excellent mobility and control stability, effectively completing integrated handling tasks. The system highlights the practical application potential of microcontroller-based architecture combined with wireless communication in the field of smart logistics.

Keyword : mBot Ranger;Material Handling Robot;Automated Placement System;Educational Robot;Human–Machine Interface (HMI)

