

履帶式電動智慧跟隨農地搬運機之研究

羅楷暘¹、潘光月¹、陳建文²、林宛儒¹

¹農業部高雄區農業改良場

²國立清華大學資訊工程學系

摘要

為因應政府淨零碳排及省工高效機械政策，現行溫網室或小型果園之管理、採集運送等作業方式，多以人工搬運或使用引擎動力搬運機為主，除了會產生廢氣排放及噪音汙染問題，也易發生因長時間搬舉重物導致工作傷害，再加上日益嚴重的農業勞動力短缺及老年化問題，研發省工、省力兼具綠能的電動化農用搬運機械就顯得越發迫切。本研究之目的為研製一台適合於溫網室或一般田間地形操作之履帶式電動跟隨搬運機，其動力系統採用兩部上置式 600W 有刷直流減速機，通過鏈條分別帶動左右側履帶輪，電源使用 24V 36Ah 鉛酸電池，控制系統則以自行設計之系統電路主板，整合包含遙控、人員跟隨、障礙物偵測、語音提示等功能，其中人員跟隨功能，採用 UWB (Ultra-wideband) 超寬頻測距技術並開發出雙向跟隨系統，雙向跟隨除了特別適合於無迴轉空間之田間操作，亦能避免因大幅度轉向所造成的急劇電力消耗，達到省電效果。經測試，本搬運機行走速度約為 1.5 公里/時，最大載重 200 公斤，有效跟隨距離 0.8 至 4 公尺。

關鍵詞：履帶式、電動、跟隨搬運機、遙控、超寬頻。

緒論

近年來因氣候變遷，政府為穩定農作物供應及市場價格，推動設施型農業計畫，輔導並補助農友興設溫網室，因此溫網室栽培日益普及，然而，於這些相對密閉之場域使用引擎動力搬運車(機)，除了更會加重廢氣排放及噪音汙染問題，也易發生因長時間搬舉重物及重複相同動作導致工作傷害，再加上日益嚴重的農業勞動力短缺及老年化問題，研發省工、省力兼具綠能的電動化農用搬運機械就顯得越發迫切。有鑑於此，本文著手研發適合於溫網室或小型果園之電動搬運機，目標開發出以履帶輪為底盤之簡單輕巧機體，具有一定的載重能力，且可依作業情境自行選擇人員跟隨或遙控操作之履帶式電動智慧跟隨搬運機。

材料與方法

一、機體結構及動力系統

為因應空間狹小溫網室或小型果園的較小種植行距，提高搬運機於農地中的操控靈活性，本文改良了履帶式底盤傳動結構如圖 1，在左右側履帶輪上方，分別搭載兩部 24V 600W 直流有刷馬達 48:1 減速機，動力由馬達透過鏈條將動力分別傳送至傳動箱如圖 2 左右側之 19 鏈條齒輪，傳動箱上的驅動輪再分別帶動兩側履帶機構。上述設計可有效縮減傳動單元體積，使得搬運機具有窄型之機體，並保有一定的載重能力，從而提高搬運機的實用性。

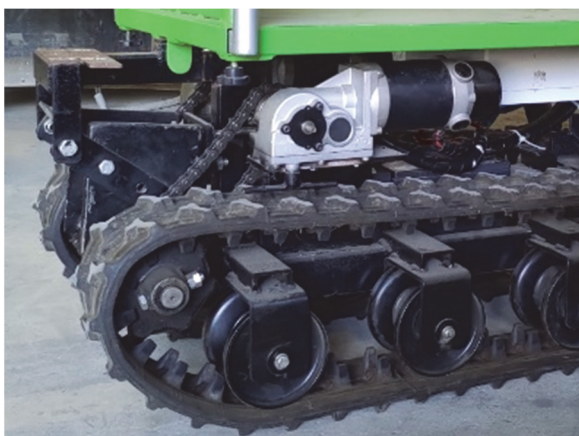


圖 1、履帶式底盤傳動結構



圖 2、傳動箱^[1]

二、控制系統架構及流程

(一) 電池

電池使用鉛酸電池 12V 36Ah 串接成一組件，總共額定電壓為 24V，電量 36Ah，總重 5kg，安裝於載台下方。

(二) 控制系統

本技術使用自行設計之主控電路板，整合了包含遙控操作、人員跟隨、障礙物偵測、語音提示等功能，其系統架構如圖 3，系統控制流程如圖 4，其中人員跟隨功能，係利用超寬頻(ultra-wideband, UWB)測距技術，並使用 Decawave DW1000 UWB 無線收發晶片^[2]，將 UWB 測距基站安裝於搬運機，操作者攜帶 UWB 標籤作為辨識跟隨目標，當操作者移動時，UWB 測距基站會運算出標籤與基站間之距離及偏離角度，搬運機再以此為依據進行人員跟隨。此外，為避免跟隨過程中發生碰撞，另於機體四個角落裝設超音波感測器作為障礙物偵測系統。

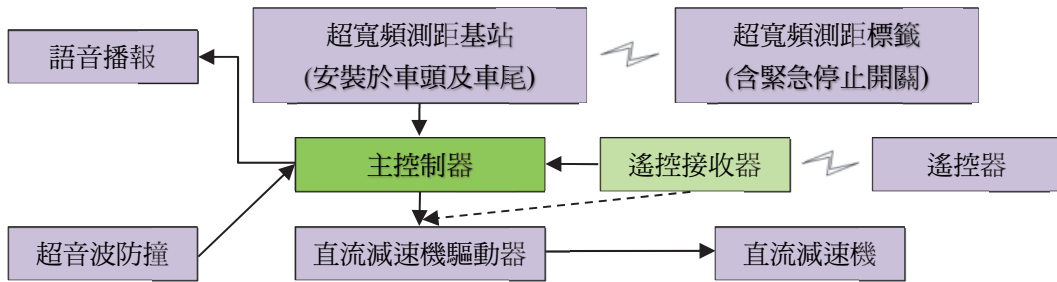


圖 3、控制系統架構

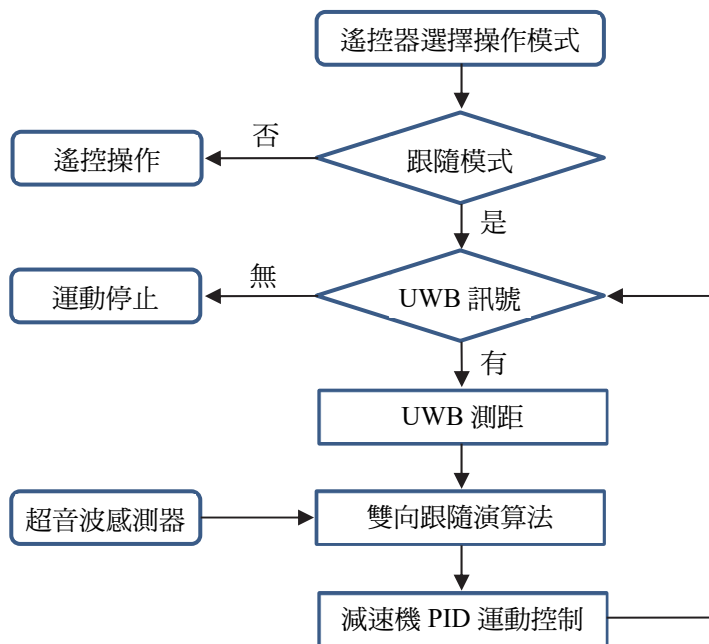


圖 4、控制系統流程圖

三、動力測試

以不同載重負荷及行走型態檢測電流量。

結果與討論

一、搬運機各部元件及性能概要

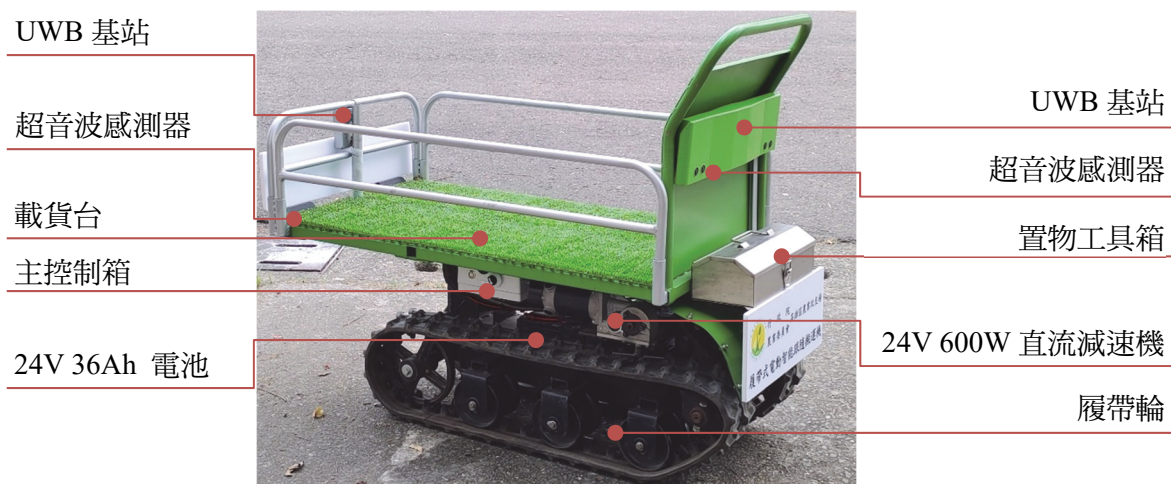


圖 5、搬運機各部元件說明

表一、搬運機性能概要

尺寸(cm)	最大載重(kg)	重量(kg)	行走速度(km/h)
130 (L) 60 (W) 100 (H)	200	178 ^[1]	1.5

二、動態測試結果

動態測試結果如表二所示，負載越小電流量越低，原地轉彎電流量大於其他動態。由於負荷重較輕的負荷摩擦大，且直線行走的摩擦力低於轉彎，因此摩擦之大小與電流量成正比。

表二、不同負載動態測試電流量情形

動態	負載			
	空載	60 kg	100 kg	160 kg
直線前進	14.3	16.7	18.1	21.4
直線後退	14.5	16.2	18.3	21.2
左轉彎	17.3	19.5	20.8	23.1
右轉彎	17.9	19.3	20.7	23.3
原地轉彎	35.1	38.9	43.1	50.2

三、雙向跟隨系統

本文於搬運機車頭及車尾位置分別裝設 UWB 基站，搭配自行開發的雙向跟隨演算法及減速機 PID 控制，完成雙向跟隨系統，跟隨測試情境如圖 6。此系統主要以測距值的變異度，動態識別操作者的位置是處於搬運機的車頭或車尾，然後搬運機不用做任何掉頭轉向動作，可直接切換成車頭或車尾跟隨，也就是雙車頭的概念，特別適合在無迴轉空間的田地操作，另根據不同負載下之耗電量測試結果^[1]，原地轉向為最耗電的運動方式，而此雙向跟隨系統能有效避免因大幅度轉向所造成的急劇電力消耗，進而延長可操作時間。



圖 6、搬運機於果園進行雙向跟隨測試

結 論

本文已完成開發履帶式電動智慧農地搬運機，包含車體結構、電控系統及相關程式碼撰寫，經實際於田間測試，其結果皆已達到原設定之目標。尤其運用 UWB 技術開發之雙向跟隨系統，未來可再擴大應用於其他需要人員跟隨功能之搬運載具，其後續開發將結合姿態感測器及資料融合演算法，完善搬運載具的運動控制能力。

誌 謝

感謝農業部提供研究經費支持本研究、國立屏東科技大學林宜弘教授協助電路設計及相關技術指導，以及高雄區農改場農機工廠的工作夥伴們協助機體製作及安裝，使本研究得以順利進行，特此致上感謝之意。

參考文獻

1. 潘光月。2021。履帶式電動智能跟隨農地搬運機。高雄區農技報導 157: 3-11。
2. Dotlic, A. Connell, H. Ma, J. Clancy and M. McLaughlin (2017, October). Angle of arrival estimation using decawave DW1000 integrated circuits. In 2017 14th Workshop on Positioning, Navigation and Communications (pp. 1-6).