

水產養殖電動定位感控自走車之研發

林志遠¹、林孝哲²、吳崧毅²

¹ 水產試驗所技術服務組、² 工研院中分院

前言

現今海洋資源枯竭與污染日益嚴重，水產養殖因能提供高經濟價值且安全的水產品來源且可永續經營，成為相當重要的民生產業。然而，水產養殖業有人力老化及缺工嚴重的問題，面臨養殖成本高及成長率/活存率不穩定等挑戰。

目前養殖作業時投餵飼料、益生菌或其他添加劑等投料管理，以及量測水質參數時，均需耗費大量人力與時間，且漁民普遍憑藉個人養殖經驗人工投料，不論對於體型較小的魚類(例如設施化養殖的觀賞魚或魚苗)，或者對於傳統開放式魚塢中體型較大的魚，均難以精確控制其投料量，而可能影響成長率或環境水質，然藉由各式省工省力之機械化設備，可緩解現有水產養殖產業人力嚴重缺乏及老化問題。

本研究藉由定位技術、物聯網技術及作業設備技術開發水產養殖自走車(又稱巡場車或巡場機器人)，首先選擇民間設施化觀賞魚示範場域，以無人化自走方式，自動量測水質參數及 CCD 視覺取像，並以 IoT 無線網路將所量得之參數傳回控制中心，取代人力巡視養殖池。巡場車定時至每一個養殖池進行自動化飼料投餵或投擲益生菌，以改善水產養殖缺工問題。漁民即使身在遠端，透過模組化方式整合各項感控、聯網、監測、記

錄功能，亦能監控養殖池環境各項生物環境參數，進行智能水質監控，搭配預警系統，提供漁民應變時間，減少損失，並透過智能控制飼料投餵，以科學技術進行精準養殖，達到省工、穩定水質、節能、精確投餵、降低重大風險與災損，節省人力成本，提高整體養殖作業管理之效率。

載台與感控單元設計與開發

本計畫考慮各種水產養殖池地形之適用性，載具採用橡膠履帶，可以將車輛的重量平均分散在地面，防止車輛沉入地面，履帶表面可完整貼於地面。相較於四輪車輛，裝上履帶後，可增加百分之八十八的抓地力，因此可在較惡劣的地表行駛。履帶動力可左右分別操作及轉向，履帶接地面積較大，轉向半徑小適合窄小走道移動轉彎，亦可適應戶外泥濘濕滑之環境。

車架設計依據場地空間大小、外觀樣式、乘載重量，再將各次模組的尺寸設計履帶內部空間及位置的安排，最終再以模擬軟體分析車架強度與確保機構無震動干涉，以簡易安裝與維修之理念進行設計，盡量以達到輕量化及平衡的機體結構，設計出車體框架如圖 1 之 3D 示意圖。

本自走車採用之動力模組包含電動馬達、減速齒輪與馬達控制模組，載具前後各

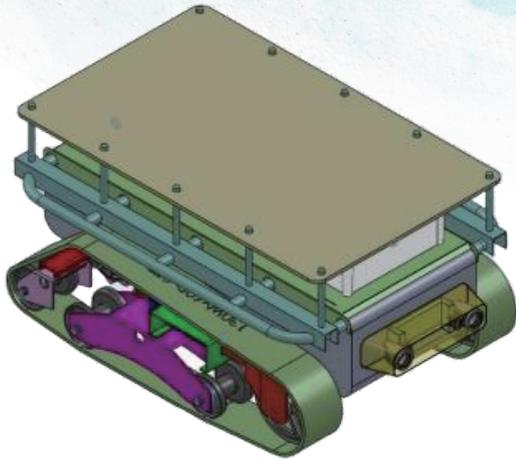


圖 1 載台機構 3D 示意圖

安裝一個紅外線測距感測器，並於四個角落安裝超音波感測器，以避免碰撞。載具採用的馬達動力源包含電磁煞車，在載具靜止時，馬達無法推動或旋轉。採用之電池模組為 48 V 鋰鐵電池。載台感控單元擔任全車的控制核心，採用 ARM Cortex-M3 系列之微處理器，主要工作為接收遙控器動力的控制、計算轉彎時馬達之轉速差、控制兩邊馬達、電池之監測、障礙監測等。上述功能各子系統採用模組式架構，可依使用者需求增減，具變更或擴充應用的彈性。載台感控單元架構圖如圖 2 所示，主控制系統中需接收搖控器控制訊號、控制磁軌感測器並接收其訊號、接收室內定位系統之座標訊號、控制上方機構模組訊號。另由於路徑規劃為固定式路徑，已將相對應行走座標擬定於晶片模組程式中，先以手動遙控器將自走車移動到初始位置，再按下自動行走按鈕使載具自動移動，並依據接收室內定位座標，再以磁軌作為輔助進行移動，以執行檢測、投料、投擲益生菌等作業。自走車載台作業如圖 3 所示。

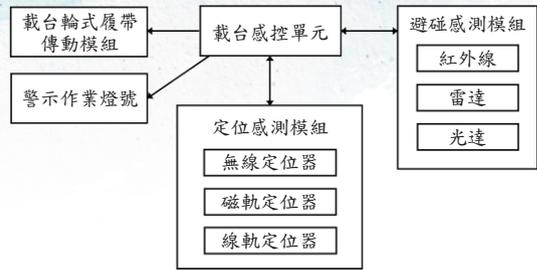


圖 2 載台感控單元架構圖

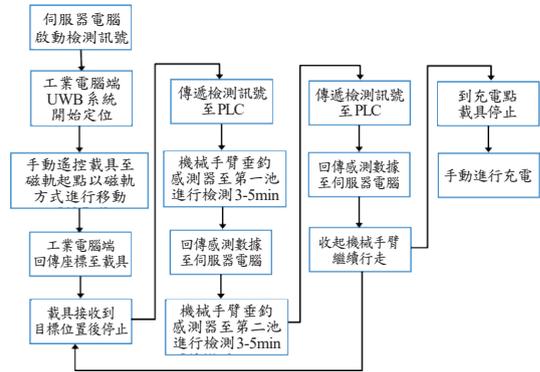


圖 3 自走車載台作業流程圖

酬載機構及感控單元設計與開發

自走車設計為無人化方式，自動行駛至養殖桶定位，透過懸臂系統，讓伸縮桿前臂移動至養殖桶的上方，再配合自動投餵飼料設備、自動投放益生菌設備與水質感測器的使用，即可對養殖桶自動進行投餵飼料、投放益生菌與水質感測等作業。自走車之酬載感控單元各模組設計方式架構如圖 4。

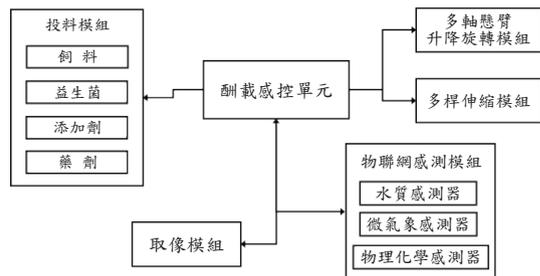


圖 4 自走車酬載感控單元架構圖

酬載感控單元架構包含投料模組、取像模組、多軸懸臂升降旋轉模組、多桿伸縮模組及物聯網感測模組五個部分。投料模組中至少可包含飼料、益生菌、添加劑及水質改良劑，前兩項已完成開發。其中，自動投飼料機構包含定量棒及緩衝杯，另自動投擲益生菌機構中之蠕動泵浦可控制益生菌之添加量。此外，物聯網感測模組三項其中之水質感測系統固定於兩節式伸縮桿之前端，以伺服馬達驅動升降滑台及伸縮桿上升下降，將水質感測器浸入養殖桶之水中，偵測各種水質參數。

最終將本酬載感控系統配裝於載台感控系統上部後之 3D 示意圖如圖 5 所示。

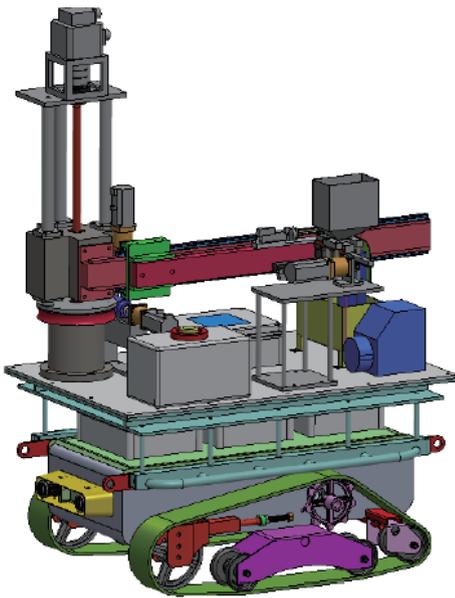


圖 5 自走車組裝載台及酬載系統 3D 圖

室內定位及影像傳輸系統

自動行走路徑規劃主要以 UWB 定位系統技術進行定位，並由磁軌輔助載具行走，

避免碰撞養殖桶。系統總共採用了三個基站，擺放於室內定點位置，三個基站最大間距為 50 m，Tag 安裝於移動目標上，由 WiFi 傳輸方式接收基站與 Tag 點位置，接收卡片的定位廣播資料並回應定位卡片，使定位卡片的定位廣播資料並回應定位卡片，使定位卡片得以獲取與定位基站的距離，並且轉傳定位資訊給伺服器端的定位軟體。

本系統採用 SICK 磁性軌跡導引的感測器，感測器將安裝於載具底部，透過感測器感應安裝在地面的磁軌，由感測器所感測的三個取樣點來判斷與磁軌的相對應位置，辨識是否行走於正中間，若產生偏離，則由訊號的強弱來調整載具的偏移。磁軌將布置於場地地面上，地面潮濕對磁軌影響甚低，磁軌感測上可讀取相關參數，包含(1)Track Dist：感測器與磁軌中心點距離 (mm)、(2)Quantity：感測器感測之數量 (個)、(3)Strength：感測磁場強度 (dB)、(4)Width：磁軌寬度 (mm)、(5)State：讀取狀態。

影像傳輸部分係採用網路監控攝影機 IP camera，在載具上安裝鏡頭，透過 WiFi 路由器將影像傳輸至中繼站，使用者可在遠端監看影像。影像傳輸架構圖如圖 6 所示，在現場架設一台電腦設備可以儲存錄製之影像，並以 OpenCV 錄影程式去解析 MQTT 封包，OpenCV 程式碼依據封包內容控制攝影機的起動及關閉。控制端以酬載系統端之 PLC 人機介面進行控制，另發布 MQTT 封包內容到主機 IP，若傳送 ON，攝影機開始錄製，傳送 OFF，攝影機結束錄影並紀錄影像檔，並能指定資料夾進行儲存。

影像錄製系統除提供遠端監看自走車巡場之外，另一用途是因應未來要做 AI 的資料

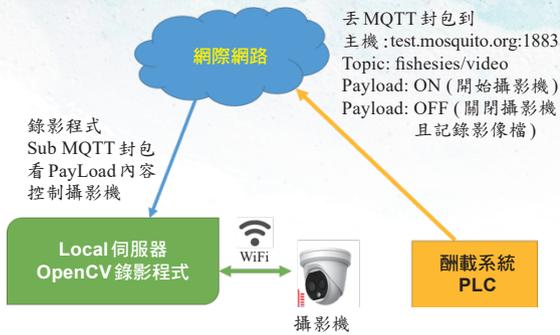


圖 6 影像傳輸架構圖

辨識，影像的錄製可以觀察魚群聚狀況，由魚群的活動情形說明魚的狀況，當魚群的狀況不一樣時可以顯示警告的系統，並告知是哪一桶的魚群有狀況發生，未來可朝更智慧化管理之方向發展。

雲端資料庫與資訊推播平台

水質資料相關數據藉由微控制系統進行收集，感測器使用 RS485 串口通訊進行資料傳輸。感測之數據經由無線發送到遠方的閘道器上，再由閘道器傳送至雲端資料庫。

資料將依據相關標準值進行數據之判斷，數據異常將以 Line 通知使用者並發出警報，使用者進入雲端資料庫進行監看。本計畫採用的資料庫為 MySQL，其資料庫的資料庫版本：MySQL 8.0，建立的資料表格，主要紀錄桶位的相關檢測數據，包含溫度、溶氧量、酸鹼度、導電度、氨氮、鹽度以及濁度等等資訊，透過定義好的資料表格式提供給控制系統進行資料的傳輸。

本計畫建立一網站可監看資料庫的相關數據，以 PHP 及 HTML 方式建置網頁並能到建立的資料庫中進行資料擷取，透過網站

可監測水質監測數據，包含溫度、溶氧量、酸鹼度、導電度、氨氮資訊以及相關作業紀錄，並且可進行不同桶位之資料查詢，將數據資料記錄成繪圖頁面，並建立一個 LINE BOT，LINE BOT 提供的 API 發送 JSON 格式訊息至 LINE 上，當偵測到有中斷事件時，會發送訊息至使用者手機，取代簡訊的功能，並且也能透過自動問答方式與 LINE BOT 進行問答，當發送關鍵字訊息給 LINE BOT，LINE BOT 就會依據關鍵字內容自動回應訊息，並提供相對應的資料。LINE BOT 中提供了溫度、溶氧量、酸鹼度、導電度、氨氮資訊以及相關事件查詢。

計畫中採用的數據警報通知系統是採用 Google 雲端以及 LINE Messaging，LINE Messaging API 是一個能夠客製化互動式訊息的服務，技術開發者可以運用 Messaging API 製作出不同的訊息發送與訊息回應功能，可以更彈性的決定訊息發送與回應的對象、時機、訊息格式等，來滿足各行各業在不同場景下的訊息互動需求 (圖 7)。

水產養殖定位自走車水質資訊平台								
首頁 場域資料 事件記錄 關於我們								
<small>12 sees to refresh Connect Server Success sql select in_date, field, size, bucket, position, water, temperature, water_DO, water_PH, water_ORP, water_EC, water_NH3_N from water_quality;再 5 筆資料</small>								
量測時間	大小電域	桶位	溫度(°C)	溶氧量(%)	酸鹼度(pH)	ORP(mV)	導電度(mS/cm)	氨氮(ppm)
2023-12-05 13:37:57	1	1	23.4	12.2	7.2	3.2	0.1	12.0
2023-12-07 11:08:30	1	1	23.4	12.2	7.2	3.2	0.2	12.0
2023-12-07 11:18:42	1	1	23.4	34.5	7.2	3.0	10.0	10.0
2023-12-08 15:12:36	1	1	23.4	12.2	7.2	3.2	0.2	13.0

圖 7 自走車水質資訊平台

結論與展望

研究成果已申請我國新型專利，專利名

稱：水產養殖電動感控定位自走車，取得專利案號：新型第 M642821。專利說明書中載明研發主要目的在於揭露一種水產養殖電動感控定位自走車，可自動執行水產養殖管理作業。技術內涵包含一自走車載台系統與一自走車酬載系統如圖 8 水產養殖定位感控自走車專利圖例，自走車載台系統具有載台輪式履帶傳動模組、輪框與軸承、載台底盤與載台感控單元。自走車酬載系統設置於自走車載台系統上並具有酬載感控單元、多軸懸臂升降旋轉模組與多桿伸縮模組，多桿伸縮模組為設置於多軸懸臂升降旋轉模組上。

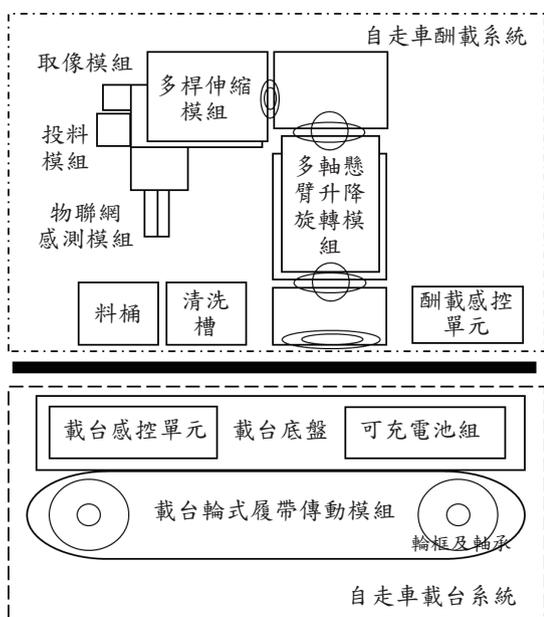


圖 8 水產養殖定位感控自走車專利圖例 1

本研究完成開發一部水產養殖自走車，因應養殖場域需求進行開發，自走車可依據規劃之路線進行移動，並於定點位置執行自動投擲飼料、投擲益生菌以、CCD 取像及水質監測等作業。開發完成之水產養殖自走車雛型 (圖 9) 已於彰化觀賞魚養殖示範場域

進行測試與相關業界觀摩。透過自動化省工機械導入，可讓該公司能更有效的將人力進行配置，讓自動化農業機械取代水質監測等勞力工作，後續可應用於更多室內外養殖場域，或與漁電共生的場域結合，讓漁電共生場域上方裝設太陽能板所吸收之能量提供自走車充電使用，形成一個創能、省工、省力及精準養殖之養殖區域。



圖 9 於觀賞魚示範場域測試之自走車雛型實體

謝詞

本研究為農業部委辦科技計畫 (111 農科-8.2.8-水-A3) 之部分成果，並感謝盛天合生物科技公司提供示範測試場域及寶貴建議。