



致理科技大學

資訊管理系專題報告

智慧農業雲端稻草人監控系統

A cloud-based scarecrow monitoring system for Intelligent Agriculture

專題生：

(10610259) 艾萬金
(10810205) 林至祥
(10810210) 趙品楓
(10810222) 葛承皓
(10810230) 熊慧元
(10810231) 馮立綺
(10810235) 李家成

指導老師：呂崇富 老師

中華民國 112 年 6 月

致理科技大學

資訊管理系

畢業專題

智慧農業雲端稻草人監控系統

一一一學年度

致理科技大學

授權書

本授權書所授權之專題報告在致理科技大學

111 學年度第 二 學期所撰寫。

專題名稱：

本人具有著作財產權之論文或專題提要，授予致理科技大學，得重製成電子資料檔後收錄於該單位之網路，並與台灣學術網路及科技網路連線，得不限地域時間與次數以光碟或紙本重製發行。

本人具有著作財產權之論文或專題全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限時間與地域，惟每人以一份為限。並可為該圖書館館藏之一。

本論文或專題因涉及專利等智慧財產權之申請，請將本論文或專題全文延至民國 112 年 7 月 1 日後再公開。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。

(上述同意與不同意之欄位若未勾選, 本人同意視同授權)

同意 不同意

學生簽名：

(親筆正楷簽名)

指導老師姓名：

(親筆正楷簽名)

中華民國 112 年 6 月

摘要

專題報告名稱：智慧農業雲端稻草人監控系統

頁數：32

校系別：致理科技大學資訊管理系

完成時間：111 學年度第 2 學期

專題生：艾萬金、林至祥、趙品楓、葛承皓、熊慧元、馮立綺、李家成

指導教授：呂崇富

關鍵詞：智慧農業、LoRa、物聯網

探討台灣多屬於小農的經營型態，農業人口年齡平均高，而物聯網與大數據分析廣泛運用於各領域，因此本研究以設計低成本、高穩定的室外型硬體感測設備，在北科附工實驗稻田帶領負責人操作監控設備，為驗證施肥用量、病蟲害發生率、人力成本及器具耗損比率之成效。

本研究於創客基地自行研發智慧雲端稻草人與遠端監控系統，能在稻田放置多個LoRa感測節點，藉由每個節點所蒐集到的酸鹼值、導電度與環境溫濕度數值，回傳建置於農舍的LoRa閘道器，並經由私有網路傳入雲端儲存資訊，使管理者能即時管控農場之情況。

當本研究檢測範圍值超出時，利用網路平台提供的通訊協定傳送提醒通知；另外，當偵測到土壤數值異常之情況，經由手機軟體遠端控制水閘門系統，使土壤數值回到正常的值域內，以穩定稻作生長。最後，研究成果也能夠運用在屋頂生態農場，朝科技城市及減碳排放的目標邁進。

ABSTRACT

Thesis Title : **A cloud-scarecrow monitoring system for Intelligent Agriculture**

Pages : 32

University : Chihlee University of Technology

Graduate School : Department of Information Management

Date : June, 2023

Degree : Master

Researcher : Zhi-Xiang Lin, Hui-Yuan-Hsing, Wan-Chin Ai, Pin-Feng Chao,
Chia-Cheng Lee, Li-Chi Feng, Cheng-Hao Ge

Advisor : Chung-Fu Lu

Keywords : **Intelligent Agriculture, LoRa, IoT**

This study explores the common management model of local farmers in Taiwan, where the average age of agricultural workers is high. With the widespread use of the Internet of Things and big data analysis in various fields, this study aims to use low-cost, high-stability outdoor hardware sensing devices to allow farmers to manage their paddy fields more efficiently. We lead the responsible person to operate these devices in the experimental paddy fields at The Affiliated Taoyuan Agricultural & Industrial Senior High School of National Taipei University of Technology to verify the amount of fertilizer used, the incidence of pests and diseases, labor costs, and equipment wear and tear ratios.

In this study, we independently developed a smart cloud scarecrow and remote monitoring system at the maker space. Multiple LoRa sensing nodes can be placed in the paddy fields, and the pH value, conductivity, and environmental temperature and humidity values collected by each node can be sent back to the LoRa gateway installed in the farmstead. Then, this information is transmitted through a private network to the cloud for storage, allowing managers to monitor the situation on the farm in real time.

When the values exceed a certain range, alert notifications will be sent through the communication protocol provided by the network platform. Moreover, when soil values are detected to be abnormal, the water valve system can be remotely controlled through a mobile phone application to stabilize rice growth by returning soil values to a normal range. Finally, the research results can also be applied to rooftop farms, contributing to the goals of technological cities and reducing carbon emissions.

誌謝

本專題花了將近兩年的時間完成，首先感謝我們的專題教授呂崇富老師，在繁忙的時間中抽出寶貴的時間指導、評論我們的專題論文。另外，我們要感謝通識部的劉老師，有您給予我們許多寶貴的意見，並提供豐富的競賽資訊，使我們有更多實戰經驗；這份論文是我們大學學習生涯中一個重要的里程碑，而我們能夠順利完成這份論文也是您們悉心指導和熱心協助的成果。

在此，我們要特別感謝指導老師在我們論文研究過程中，當面對問題與修改內容碰上困難時，能夠及時給予指導與鼓勵。您的耐心解答和提供寶貴意見，讓我們在論文寫作中有了更深入的了解和啟示。

同時，我們也要感謝評審委員對我們的論文進行詳細的閱讀、評審並予以指教。感謝您們的寶貴建議和意見，讓我們的論文能夠不斷的完善且完整。

最後誠摯的感謝曾經教導我們的老師及評審，因為您們的意見使我們循序漸進將本專題順利完成。

艾萬金、林至祥、趙品楓、葛承皓、熊慧元、馮立綺、李家成 謹致
致理科技大學 資訊管理 學士班
中華民國 112 年 6 月

目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iii
目錄	vi
圖目錄	v
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景與動機	1
第二節 研究目的	2
第三節 研究問題	2
第四節 研究過程	3
一、可供長期於室外且穩定感測數值之監測系統	3
二、LINE Notify 即時警示通知與水閘門遠端開關系統	4
三、幫助農場主有效監控管理	5
第貳章 文獻回顧與探討	6
第一節 通訊技術	6
第二節 國內外農業之 AIoT 技術發展	7
第三節 農業大數據分析之應用	7
第四節 傳統農業轉型智慧農業的發展	7
第參章 研究方法及步驟流程	8
第一節 確認研究主題與動機目的	9
第二節 蒐集資料及討論	9
第三節 需求分析及功能規劃	9
第肆章 實驗設計與成果	10
第一節 應用範圍與對象	10
一、應用層面	11
(一) 以感測器材製成雲端稻草人	11
(二) 智慧物聯網控制水閘門	13
二、應用對象	13
第二節 系統功能與規格	17
一、通訊層面	17
二、軟體層面	19
第三節 傳統農業創新之應用	20
第伍章 結論與未來展望	21
參考文獻	23

圖目錄

圖 1-1	2017 年農業就業人口	2
圖 1-2	監控介面圖	4
圖 1-3	北科附工實驗稻田場域	5
圖 1-4	實驗稻田場域環境監測	5
圖 3-1	步驟流程圖	8
圖 4-1	本專題技術服務示意圖	10
圖 4-2	硬體元件材料	11
圖 4-3	環境數值資訊感測機盒	11
圖 4-4	環境數值資訊感測器材	12
圖 4-5	北科附工實驗稻田測試	12
圖 4-6	RemoteXY 連線選擇	13
圖 4-7	RemoteXY 遠端控制介面	13
圖 4-8	後端連續數值資料分析	14
圖 4-9	LINE Notify 遠端控制介面	14
圖 4-10	智慧雲端稻草人	14
圖 4-11	施肥用量比率	15
圖 4-12	病蟲害比率	15
圖 4-13	人力成本比率圖	16
圖 4-14	器具耗損比率	16
圖 4-15	系統架構圖	17
圖 4-16	LoRa Gateway 系統安全性	18
圖 4-17	Arduino IDE 程式碼	19
圖 4-18	LINE Notify 檢測通知	20
圖 5-1	水閘門控制系統	21
圖 5-2	可食地景生態屋頂	22

第壹章 緒論

第一節 研究背景與動機

據農委會在農業區域統計分析中，農牧業從業人數約 77 萬戶(如表 1-1)，農民平均年齡亦高達 64.4 歲，平均耕地規模僅 0.77 公頃，屬於小農經營形態，而小農經營缺乏規模經濟效益、生產成本高，使得不少小農面臨低收入的生存問題，尤以偏鄉農業更為顯著。[1][2]

表 1-1. 農牧戶之區域分布

項目	台灣地區	北部地區 (北北基、 桃竹宜)	中部地區 (中彰 投、苗雲)	南部地區 (高嘉 南、屏東 澎湖)	東部地區 (花蓮、 臺東)
農牧戶(戶)	557,097	75,069	211,867	221,651	45,921
結構比(%)	100	13.48	38.03	39.79	8.24
占全國總戶數比率(%)	9.8	1.3	3.8	3.9	0.8
行政區域：鄉鎮別(個)	368	89	106	132	29
人口≤5萬人之鄉鎮 數(個)	233	36	69	102	26
人口≤5萬人之鄉鎮 結構比(%)	100	15.4	29.6	43.7	11.1

資料來源：農林漁牧業普查(109年)及內政部戶政司(110年9月)

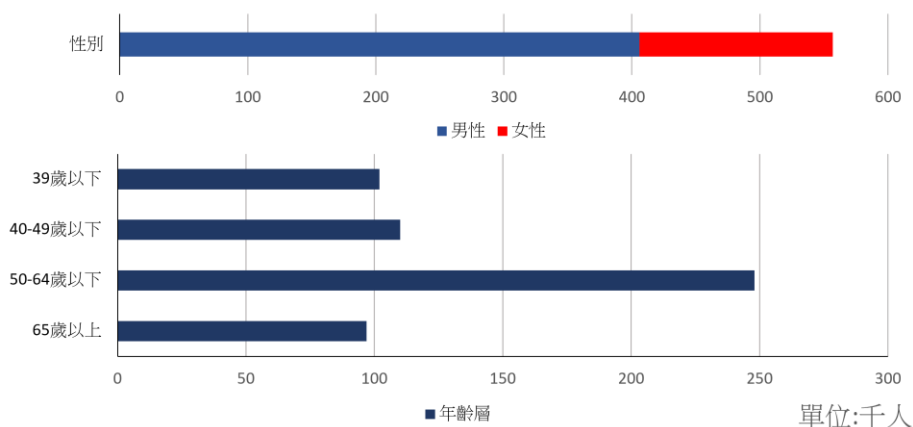
因北科附工稻田負責人有提高農獲率需求，經本研究需求探詢，若能穩定檢測農作的數據，並透過大數據分析，便可提高農獲率。本研究依稻田負責人的需求，提供 EC 值、PH 值、溫溼度等大數據分析增值服務，製作環境感測機盒與感測器材，並結合稻草人外觀造型，提供於農業稻作監測環境並記錄作物生長狀況。

第二節 研究目的

建置在田地上的感測器，透過實驗場域區分實驗組與對照組觀察作物生長，定期量測生長作物的狀況，經由 LoRa 通訊傳送感測數值，定期管理農作物的環境與土壤資訊，當土壤的酸鹼值與導電度超出正常值域時，發送 Line Notify 即時通知，並可藉由數值分析土壤數值未達到標準值，以 RemoteXY 軟體介面遠端控制農業水閥門，以達到農作生長環境的最佳狀態。

第三節 研究問題

分析傳統農業常遇到不可抗拒的外在因素，也就是「天災」與「人口老化」現象。據報導資料顯示，2009 年莫拉克風災重創台灣，使農業損失達 200 億元；2016 年初，連續 13 天的寒流來襲使得全台農損超過 42 億元，創歷年來寒害損失的新高。而農委會 2017 年調查農業從業人數(如圖1-1)僅剩 55.5 萬人，占全國就業人口 4.9%，農民平均年齡亦高達 62 歲。[3]



資料來源：行政院農業委員會農業就業人口(2017年)

圖 1-1. 2017 年農業就業人口

有鑑於此，本研究希望透過整合服務讓稻田負責人易於學習感測器材與監測介面系統的操作，相較其他大型企業高度自動化與標準化的溫室系統，本研究以雲端稻草人的便利安裝與數據資料管控，藉由「智慧增值」與「創造新體驗」，讓稻田負責人能夠隨時用介面系統控管作物的品質。

而本研究以「易於安裝的設備、易於監測的介面系統」，打造創新的整合式服務來創新市場需求，並應用 LoRa 展頻調變技術為核心，其多節點、低功耗、低成本特性，可以在大面積的農田中運用，安裝於雲端稻草人身上則可縮減人力資源；導入技術化、知識化、精準化的科技加以協助，促進青年返鄉務農，並將場地作為學生職涯發展「科技農業」的學習場域，提高在地青年的興趣，加強青年與在地的連結，使我們透過差異化獲取利益，設法降低設備成本與提升農作的價值，形成創新的雙軌並進方式。

第四節 研究過程

大型智能設備需要消耗較多電力，且不易進行電力佈線，因此現代農業轉型智慧農業多為棚架所搭建。而目前智慧農業科技應用的企業產品，多屬整合式的生產服務，若要將其設備建置在農場稻田上，除了會讓稻田負責人花費大量經費在建置設備上，其建置成本超過農作的生產成本，實質上經濟效益不佳。

因此，研究開始規劃製成一個室外型無線傳輸設備，並具安全穩定且抗潮濕的感測器材。本研究服務內容，主要功能如下：

一、可供長期於室外且穩定感測數值之監測系統

本研究的物聯網應用包括 EC 感測器、PH 值檢測器及環境溫濕度感測器，電子通訊網路以 LPWAN 的 LoRa 技術為主，藉由閘道器在終端裝置及網路伺服器作為中間的訊息橋接，將稻作培育場域的環境數據，由 LoRa 所架設的私有網路回傳並送至私有雲，以利農作集中監視管理(如圖1-2)，解決傳統農場管理員每日細心照料看顧農場環境的人力與資源需求問題。

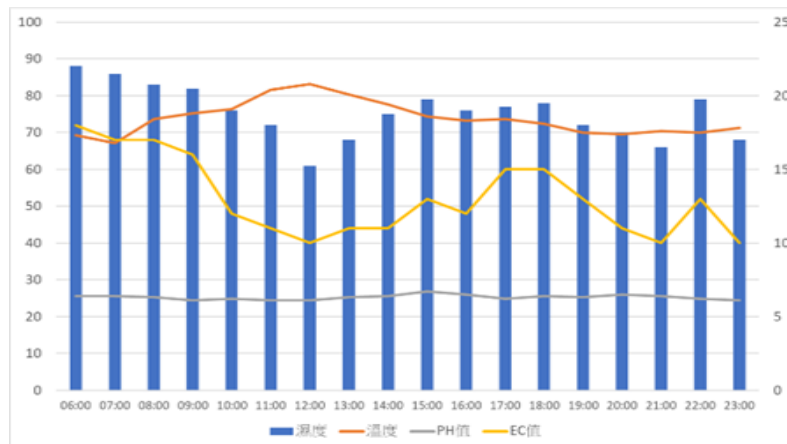


圖1-2. 監控介面圖

二、LINE Notify 即時警示通知與水閘門遠端開關系統

以 IFTTT 通訊協定發送 LINE Notify 即時警示通知，並運用智慧物聯網感測器中的 esp8622 模組進行網路連接，透過 IFTTT 通訊協定的方式，將數值資訊由客戶端(Client)發佈，服務端(Server)以 Line Notify 通知取得即時訊息。

目前以 Google Sheet 平台作為雲端數據存取，並分析測繪連續數值的資料折線圖，找到植物最佳生長的环境值域。遠端控制藉由 RemoteXY 所提供的應用程式，製作適合智慧物聯網遠端操控的介面，過程由感測器偵測到值域高過或低於範圍值，便透過 IFTTT 通訊協定即時傳送 Line Notify 通知至使用者，接著，即可利用 RemoteXY 軟體介面打開相對應之開關，便能即時協助遠處農田的環境管控，針對室外智慧物聯網系統，可協助使用者省去 40% 的田務管理成效。

三、幫助農場主有效監控管理

在北科附工的實驗稻田場域(如圖1-3)，以田埂劃分兩塊田地為實驗組及對照組，期間進行多次的溝通與協作，經過場域系統分析與藍圖設計後，運用敏捷式開發，實作出具便利性且易操作的自動化環控設施，來幫助場域進行監測與環境控制(如圖1-4)。

本研究除了教導稻田培育負責人操作雲端稻草人使用方式與檢測相關數值的數據分析應用外，另一方面也為農場產品把關，以提倡食品安全及有機農業價值；同時推動智慧農業，讓青年族群了解務農的前瞻性，加深青年在地服務的熱忱。



圖1-3. 北科附工實驗稻田場域



圖1-4. 實驗稻田場域環境監測

第貳章、文獻回顧與探討

第一節 通訊技術

LoRa 與 Narrowband (NB-IoT)及 SigFox 通訊相較後(如表2-1)，發現 NB-IoT 的通訊距離不適用於大面積的田地，而 SigFox 通訊距離雖遠於 LongRange (LoRa)通訊技術，但可穩定性相對較低。而 LoRa 通訊技術具低功耗及多節點的特性，在田間使用 LoRa 通訊傳輸之用途性與省電效能相對優於另二者[4]，此即為本研究使用 LoRa 通訊技術的主要原因。NB-IoT 和 LoRa 技術須依據具體應用選擇最合適的技術，每項使用情境都有其特定的要求與限制，LoRa 和 NB-IoT 目前在 IoT 市場皆佔有一席之地，LoRa 專注於低成本應用與遠距離展頻調變傳輸技術，在田間使用 LoRa 通訊距離相較合適，而 NB-IoT 則較適用需求高 QoS (Quality of Service)和低延遲的使用情境，傳輸距離較短，應用於農業會過於消耗感測元件[5]。

表2-1. 通訊技術比較圖[4]

	SigFox	LoRa	NB-IoT
使用頻譜	非授權頻譜 Sub-1GHZ ISM	非授權頻譜 Sub-1GHZ ISM	1GHZ以下之 授權頻譜 (營運商)
使用頻寬	100Hz	125-500KHz	180KHz
傳輸速率	100bps(低)	300bps- 50kbps(中)	50kbps(高)
最遠 傳輸距離	50公里	20公里	20公里
可連接 數量	100萬	25萬	10萬
優勢	1. 傳輸距離最長 2. 功耗較低 3. 提供現有 SigFox 基地台及雲端 平台 4. 全球性網路 服務	1. 營運成本低 2. 功耗較低 3. 資料傳輸速率 彈性 4. 可與多個電 信營運商合作	1. 使用授權頻 譜，干擾較小 2. 可維持穩定 連線品質 3. 可使用現有 4G電信基地台 4. 無限制傳輸 限制

資料來源：iBT 數位建築雜誌製表(2022年)

第二節 國內外農業之 AIoT 技術發展

目前國內像是亞太電信、中華電信等業者，都有所謂「智慧農業」的專案正在進行中。不論是透過物聯網的概念對養殖漁業的魚池水溫、水質進行即時的監控，或是對栽植園區土地的土壤酸鹼含量、農藥殘存等進行數據的採集等，是目前常見的應用[6]。

第三節 農業大數據分析之應用

以下針對三大資訊安全原則略作說明：

根據我國智慧農業發展現況的 2015 至 2018 年產業調查結果顯示，農企業目前採用智慧化科技前三名，分別為電子商務、感測或監測系統、知識管理或企業資源規劃系統[7]。

其中，智慧農業目前以偵測類型較為居多，像是在養殖場域中的環境監控、衛生管理等方面的基礎應用。雖然這些基礎應用相對容易，但對於最終農產品的產量及品質，也都可以有一定的幫助[8]。

第四節 傳統農業轉型智慧農業的發展

現代科技發達，電信網路已漸漸擴展至偏鄉地區，對於農業方面將有更多的應用，不過，通常農民在資訊不足，科技知識有限的情況下，無法判斷智慧科技可以協助改善哪些問題，以致於不清楚應如何規劃導入智慧科技，以及如何選擇適合自家農場需求條件的智慧科技與服務業者，而此亦為農民導入智慧科技的基本疑慮[8]，例如 LINE Notify 能讓農民在第一時間收到消息，不過在面對一長串的訊息資料和裡面的英文詞彙，農民是否能看懂亦是本研究想改善和調整的地方。

第參章、研究方法及步驟流程

本研究及步驟如圖3-1，研究流程劃分為硬體裝置組合與建置、製作 RemoteXY 手機軟體介面控制系統，以及利用 IFTTT 通訊協定獲取 Server 端之感測數值資訊，並將此資訊定時傳送 LINE Notify 手機通知，主要研究步驟及方法概況說明如以下：

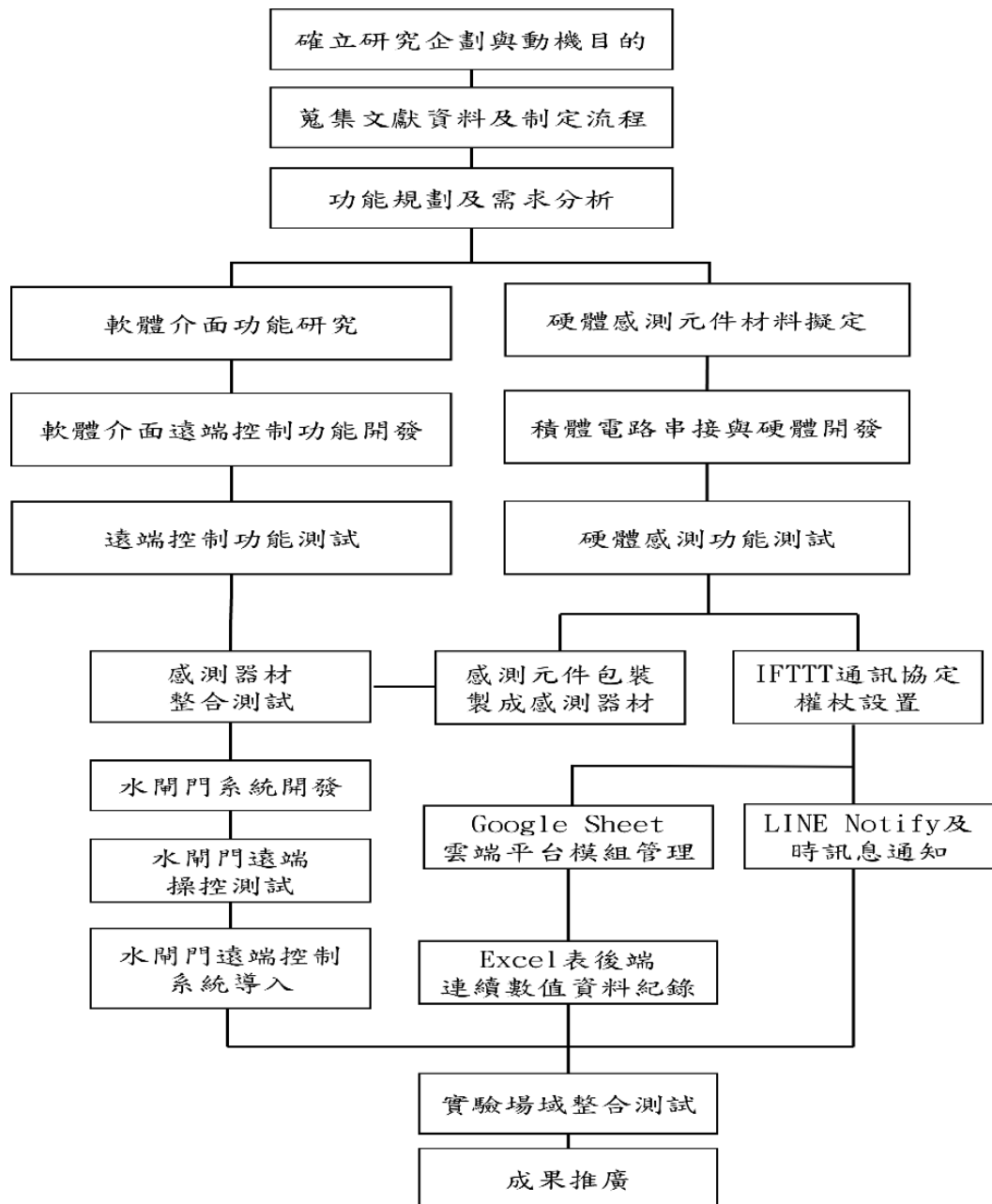


圖3-1. 步驟流程圖

第一節 確認研究主題與動機目的

觀察 AIoT 應用及大數據分析應用的趨勢發展，考量台灣農業多為傳統農業，且偏鄉農業甚少使用機械，多以採用人工方式運行，本研究將深探其因並訂定研究方向，設法克服傳統的農業問題，並藉由 AIoT 與大數據分析應用輔以漸進轉型為目的。

第二節 蒐集資料及討論

蒐集相關資料文獻資料包括 LoRa 通訊技術、國內外農業之 AIoT 技術發展、農業大數據分析之應用、分析傳統農業轉型智慧農業的發展，並彙整資料作為本研究參照與學習之用途。

第三節 需求分析及功能規劃

以田野調查方式探詢目標受眾對使用感測器的興趣程度，採用一問一答的方式，設計題目問答分為四個部分，詢問管理者對於傳統稻草人的感受，進行漸進式的意願探查。在第一部分題目中，詢問到若對於傳統稻草人中加入感測器會有什麼樣的看法；接著，根據第一部分得出結果，進行物聯網稻草人的解釋與調查訪問者對於其意願要因；接下來，則進入到第二個部分，探詢訪問者對物聯網稻草人的感受，使本研究調查使用者對於其的認知程度與興趣度。最後，知悉訪談對象對於物聯網感測器應用於稻田，環境監測感受程度。由於溫濕度及土壤酸鹼度會影響稻作的生長，本研究亦於試驗稻田中測試水閘門系統控制，將農田實體的水閘門與手機 RempteXY 介面進行連動，使得使用者能夠在遠處即可幫助稻田作物解決水源與控制土壤酸鹼度的需求。

第肆章、實驗設計與成果

根據本研究執行展望，我們希望透過初期提供雲端稻草人的軟硬體整合服務（如圖4-1），使農場每一塊稻田的農作、土壤、環境有數據的依靠，實時監控農作的生長，檢測到固定區域水質、土壤與蟲害影響稻作產量，若不適合生長時，則可採以非單一作物種植，降低單一作物受到汙染而減少產業經濟。運用本研究結果，北區附工稻田培育負責人可經由大數據分析幫助，預測出土壤及環境數值浮動過大時，再回到稻田進行翻土，成為一個智慧農業循環。

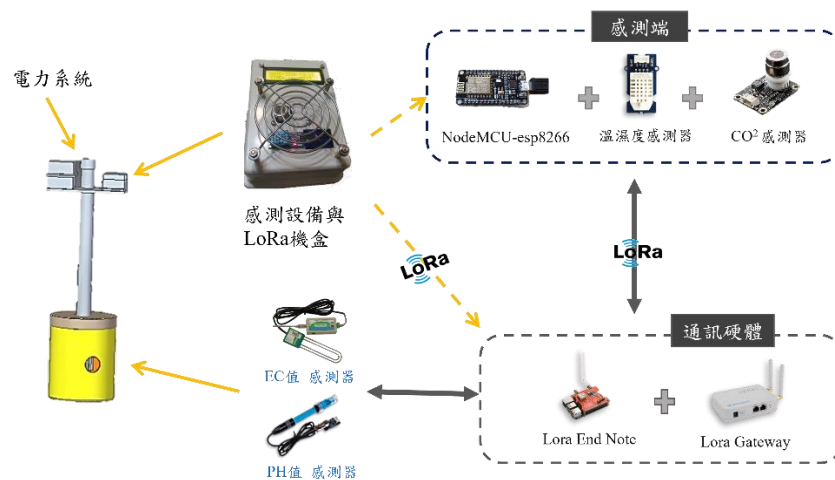


圖4-1. 本專題技術服務示意圖

第一節 應用範圍與對象

佈置在稻田各區域的智慧雲端稻草人，透過 LoRa 通訊技術將所蒐集到的濕度數值、土壤 PH 值與 EC 值資訊，運用 LoRa 節點將數值資訊集中到數據端，並以私有網路的方式傳送至雲端，經大數據分析出稻田各區域適合生長的值域，幫助農場管理者控管田地施肥量與水資源量。

導入自動化水閘門設備控制系統，當監測土壤缺少礦物質，以及酸鹼度超過稻作合適的生長範圍時，及時通知農場負責人，藉由手機 RemoteXY 介面遠端開啟水閘門，以利稻作在第一時間能夠有充足的補給，並調整土壤中的酸鹼度；而在土壤導電度的部分，則及時檢測礦物質的高低值，進行酵素、氮磷鉀等施肥方式，穩定稻田環境，並針對超過範圍的土壤進行改良，減少區域作物病蟲害的威脅。

一、應用層面

本研究製成之環境數值雲端稻草人藉由 IFTTT 通訊協定，可從雲端平台與後端查看數值資訊外，也能直接應用 RemoteXY 軟體介面控制遠端水閘門系統，達到智慧農業之效用。有關本研究雲端稻草人與軟體系統的相關介面，功能說明如下：

(一) 以感測器材製成雲端稻草人：

本研究運用到 DHT-11、NodeMCU esp8266、NodeMCU 底座擴展板、I2C OLED 與 I2C LCD 顯示螢幕模組（如圖4-2）材料製作感測機盒。以工業用防潮盒作為機盒外部的材料，並進行 Arduino IDE 程式編譯來驅動內部的感測元件，接著將感測機盒用雷射雕刻機切割，使硬體元件穩固於機盒內部，提升感測器防撞的功能(如圖4-3)。

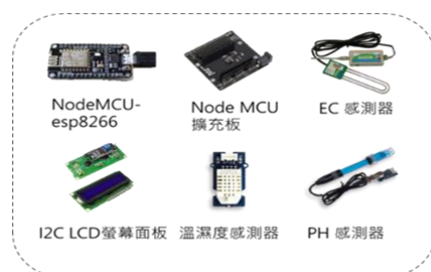


圖 4-2. 硬體元件材料



圖 4-3. 環境數值資訊感測機盒

接下來加入電力、LoRa 感測元件、EC 值感測器與 PH 值感測器組成感測器材的雲端稻草人機體構造，感測器材裝設有 LoRa 元件，成為稻田區中一個節點，可將數據集中傳輸建置於農舍的 LoRa 主端(如圖 4-4)，以傳送感測資訊。



圖4-4. 環境數值資訊感測器材

本研究在北科附工實驗稻田場域進行實地設備測試(如圖4-5)，因種植水稻會面臨病蟲害與氣候環境的影響，使得水稻每期收耕量不穩定，尤其蟲害的問題更是農場管理者面對的考驗，倘若能在每個區域放置本研究之雲端稻草人，便可利於農場管理者管控水質和土壤的酸鹼度等數據，再經過土壤改良與噴灑酵素水，降低斑飛蟲、褐飛蟲等蟲害，以及稻田縞葉枯病和枯病的發病率。



圖 4-5. 北科附工實驗稻田測試

(二) 智慧物聯網控制水閥門

記錄感測數值資訊，以私有網路傳送到雲端做數據分析，在感測數值超出範圍時，讓使用者開啟 RemoteXY 軟體介面，遠端操控水閥門控制系統(如圖4-6與圖4-7)，達到農業智慧物聯網的目標。

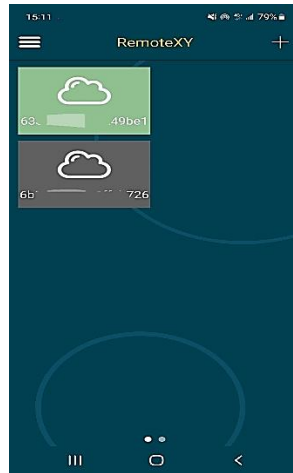


圖4-6. RemoteXY 連線選擇

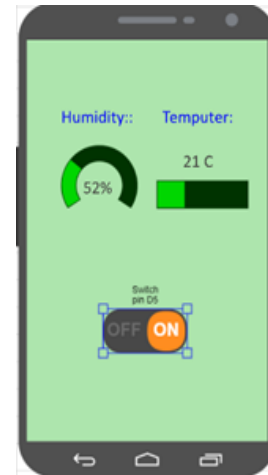


圖4-7. RemoteXY 遠端控制介面

二、應用對象

本研究著手稻作農業，將於農場每塊稻田設置多個 LoRa 節點，藉由這些節點所蒐集到的數據由 LoRa 通訊技術傳至 LoRa Gateway，再由網際網路傳送至雲端儲存並顯示於電腦後端作連續數值資訊紀錄(如圖4-8)，當環境監測數值超出設定的基本範圍值時，則以 LINE Notify 即時訊息通知農場管理者(如圖4-9)，方便管理者即時管控農場之情況。

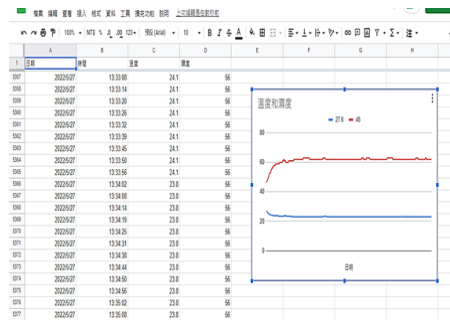


圖4-8. 後端連續數值資料分析

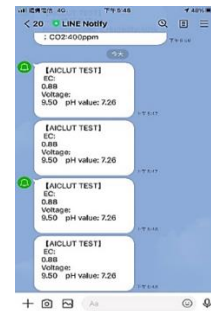


圖4-9. LINE Notify 通知

目前台灣行動寬頻系統 4G 通訊，滿足本島 82 偏鄉地區涵蓋範圍，但受限通信網路架設，仍未能全面函蓋偏鄉地區。而低功耗長距離傳送訊號方式，可解決偏鄉地區傳送訊號之限制。針對本研究物聯網系統化「農作物商品服務」設計，結合 LoRa 通訊傳輸技術與智能遠端控制方式運用於室外農作場域。

智慧雲端稻草人內含 LoRa 設備(如圖4-10)，其因 LoRa 低功耗的特性，藉由展頻調變訊號作傳輸，藉由 LoRa 從端傳輸溫溼度、PH 值與 EC 值資訊到 LoRa 主端，透過 LoRa 主端由 IFTTT 通訊協定上傳至雲端平台上，可在平台看到感測的資訊。



圖 4-10. 智慧雲端稻草人

在北科附工實驗稻田中，本研究以稻作生長前中後期的區分進行相關數據監控。本研究以田埂區分兩塊稻田分別為作為實驗組及對照組之用，進行觀測、控管、追蹤與數據分析，經由實驗比對出運用我們建置的智慧雲端稻草人器材，所得出的施肥用量比率、病蟲害比率、人力成本比率、器具耗損比率，皆明顯較未經使用器材的對照組低，有著顯著的成效，相關數據如圖 4-11 至圖 4-14 所示。

施肥用量的減少，是以溫濕度等數據分析其稻作適合生長的值域，因應依據環境變化作適量性的施肥，使用智慧雲端稻草人掌握其溫溼度等數據後，其平均施肥用量減少了 15%。

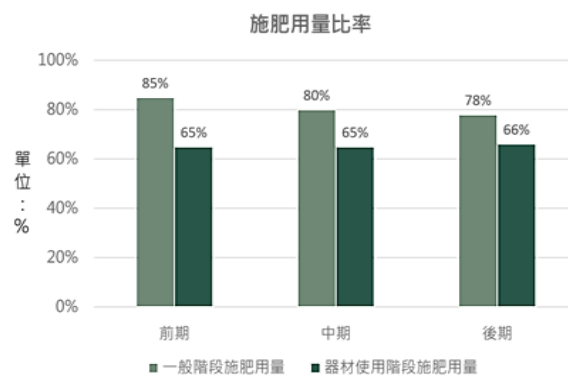


圖4-11. 施肥用量比率

因稻作旁有雜草生長藏有害蟲，及早掌握 EC 值數值值域，能夠預防性以酵素、氮磷鉀等方式進行稻作改良，以抑制雜草與害蟲生長，透過智慧雲端稻草人可掌握其 EC 值並進行土地改良，讓病害蟲比率減少了 9%。

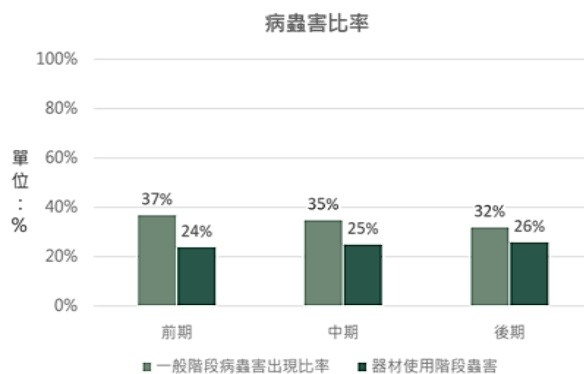


圖4-12. 病蟲害比率

人力與器具損耗的減少，北科附工試驗稻田負責人原只以一人管理一片稻田，但經由數據分析的方式，試驗稻田負責人能夠管理多片田，其平均人

力成本比率更下降了高達 44%，而傳統農業不易管控，須經常使用割草刀等器具，但經由稻作改良與抑制病蟲害生長，則能夠降低使用除草農具的使用次數，器材損耗頻率則減少了 17%，透過上述數據觀察，雲端稻草人能為傳統農業帶來相關效益，大幅縮減稻作採收時程。

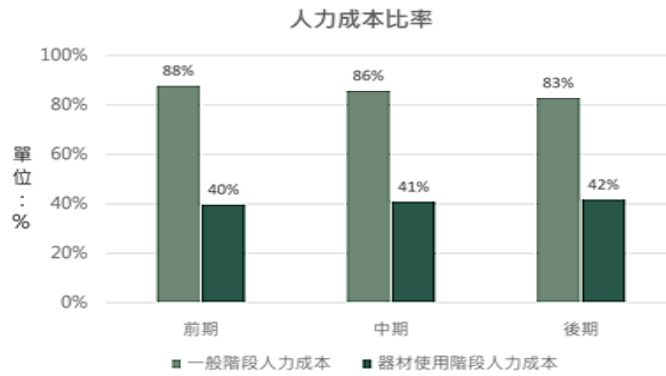


圖4-13. 人力成本比率圖

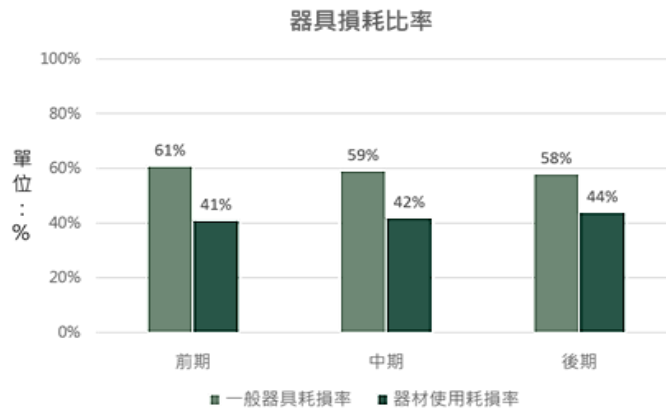


圖4-14. 器具耗損比率

第二節 系統功能與規格

一、通訊層面

本系統在感知層運用到 DHT-11 元件檢測稻田的環境溫溼度，並使用 PH 值與 EC 值檢測套件，對稻田的土壤進行酸鹼度與導電度的檢測，另透過嵌入式系統，採用 NodeMCU-esp8266 開發板和 Node MCU 擴充板，運用 Arduino IDE 軟體編譯，使檢測數值能夠藉由開發板的通訊晶片，藉由 IFTTT 通訊協定傳送 LINE Notify。

在網路及雲端服務層的部分，本研究採用 LoRa End Note 建置在每塊稻田區的雲端稻草人作為節點，將感測數據傳到 LoRa Gateway 數據端，並透過 Google Sheet 所屬雲端平台，上傳至雲端數據庫彙整分析，在應用層則透過量化數據分析，對稻田生長進行監測與管理(如圖4-15)。

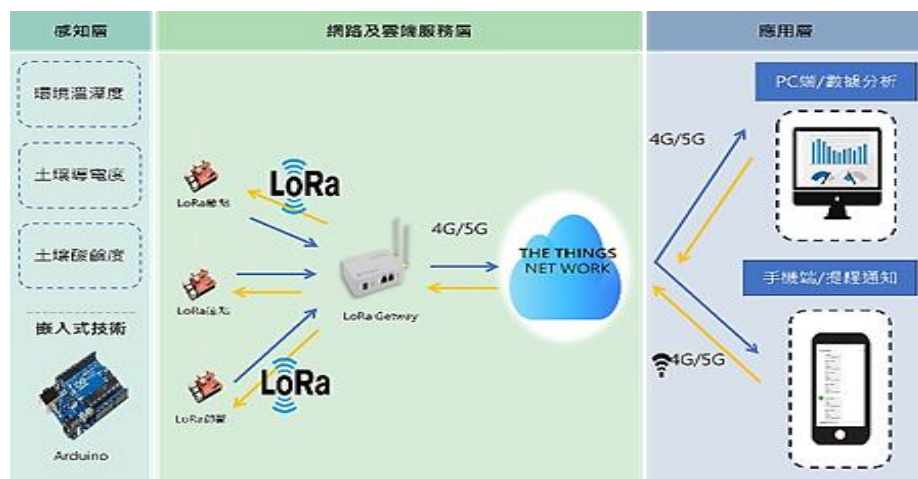


圖4-15. 系統架構圖

本研究的雲端稻草人主要運用 LoRa 設備連通網絡，LoRa 具有長距離及高抗擾特性的應用，使感測數據能有效率且精確地將各個區域感測數值傳回數據庫蒐集設備當中；另一方面，LoRa 屬於 923MHz 頻段，運用 IC 生成根密鑰(Root Key)保障嵌入式系統的穩定，並以 LoRa Gateway 確保通信連接上的安全(如圖4-16)，保護子網路內部的使用者，且節點與終端的低成本特性，對偏鄉農業轉為智慧農業有非常大的助益，加上由感測器定期上傳數值，連續紀錄資訊可有效幫助農業提高產量，降低經濟產量不足的風險。

連通 LoRa 技術導入實驗場域，產品不但輕巧易且置於室外稻田快速，有別於大型室內廠房，雲端稻草人如同公車站牌般，定時蒐集各區域感測數值，以 LoRa 信息如同公車路線行走的傳遞方式，將資料統一送往數據端資料庫，再運用 LoRa Gateway，便可安全地將數據傳到後端，防止資料遭受攔截；不僅於此，LoRa 具多向傳輸的功能，若在後端資料檢測某區域數值非均值時，透過協定便可通知訊息到農場主的手機上，農場主只要按下介面控制器按鈕，便能回傳驅動區域的灑水裝置或其他控制設備，不但便利、安全，且省時又省力！

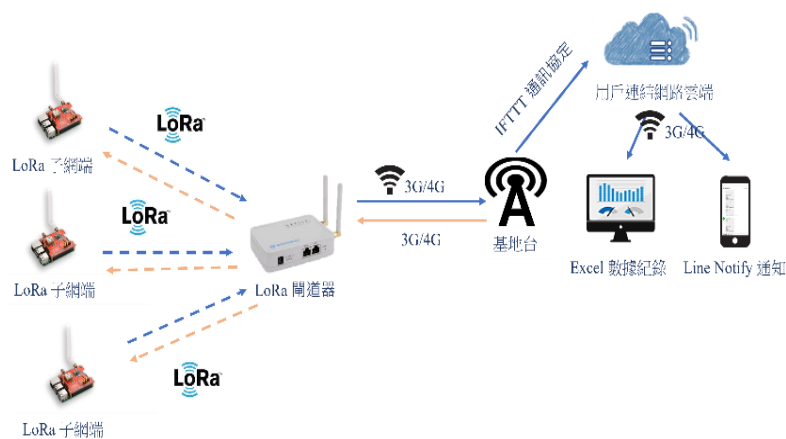


圖4-16. LoRa Gateway系統安全性

二、軟體層面

雲端稻草人內部運用 Arduino IDE 軟體進行編譯(如圖4-17)，其中包含使用到酸鹼度、導電度與溫濕度數值感測、運用插頭做 EC 值檢測，並將感測數值顯示在 I2C LCD 顯示面板上；同時，將數值資訊傳輸到 LoRa 子網端，藉由程式編譯使 LoRa 能夠順利傳到 LoRa Gateway，LoRa Gateway 可將數據集中，以私有網路連線權杖到所屬的雲端 Google Sheet 上，雲端同步紀錄蒐集到的數值資訊，並自動繪製折線圖。

針對 Arduino IDE 軟體進行編譯也可以透過 IFTTT 網絡提供平台連線到所屬的 Line Notify 權杖，並在軟體編譯器中撰寫判別條件，以利雲端稻草人在稻田檢測超出範圍的 PH 值、EC 值與溫溼度時，能夠將實時檢測的數值資料傳送 Line Notify 通知給管理者。



```
heltec_loRa_ph_ec_wifi_receiver_04_0521_05 | Arduino 1.8.15
heltec_loRa_ph_ec_wifi_receiver_04_0521_05
Heltec.display -> drawString(0, 0, "Connecting...OK.");
Heltec.display -> display();
// delay(500);
}
else
{
  Heltec.display -> clear();
  Heltec.display -> drawString(0, 0, "Connecting...Failed");
  Heltec.display -> display();
  //while(1);
}
Heltec.display -> drawString(0, 10, "WIFI Setup done");
Heltec.display -> display();
```

圖4-17. Arduino IDE程式碼

第三節 傳統農業創新之應用

智慧雲端稻草人的創新價值在於其 LoRa 通訊能夠傳遞 10 公里至 15 公里範圍，輔以稻作農業集中管理整片田地。運用智慧雲端稻草人作定時監測環境數值變化，透過 LoRa 數據端上傳數據至雲端平台，安全又迅速地完成大規模資料儲存，並藉由監控稻作全區域環境，規劃與分析每塊稻田區的施肥與水資源用量，在超出值域的田區加以改良，並加入自動化設備，透過水閘門系統穩定每塊農作物區域的生長，解決稻作農業環境條件均值化不易的問題。

本研究另運用 IFTTT 通訊協定，可以讓遠赴外地的農田管理者，透過 LINE Notify 隨時收取檢測通知(如圖4-18)，如在 EC 值量測過程中，可以偵測附近是否有惡劣企業排放污水，方便農場管理者掌握現況數據，當發現監測數值超出風險範圍值時，即時通知管理者協派農民進行稻田區域的穩定，以達到即時預警的功能。



圖4-18. LINE Notify檢測通知

第五章、結論與未來展望

本研究的目標欲朝有機農業、小規模農業種植智慧普及化邁進，藉由 LoRa 通訊技術，監測稻田各區的感測資訊，運用數據分析的方式，提升作物生產品質，並導入水閘門控制系統於農業中(如圖5-1)，取代傳統農業花費大量的人力和時間成本，藉由科技輔以傳統農業轉智慧農業，以利提升農業作物的成效。



圖5-1. 水閘門控制系統

現今農作物常出現品質異常造成出口困難，原因多為廢水汙染形成重金屬超標等因素所致，若能提早利用準確數據偵測各田地相關數值，不僅能提早預防，尋求解決問題方法，更能永續維持土壤健康，大幅減少食安問題。經研究發現有很多的農地需要大量人力且每天都會巡田；由於現在面臨農民人口減少，人力嚴重不足，因此農業若能藉由智慧雲端稻草人協助來落實 AIoT 應用，則可使傳統農業節省更多時間及人力。

許多農民種田一輩子不認為需要 AIoT 器具協助，懷疑 AI 判斷甚至需增加成本保養，但本研究製作的不只是雲端稻草人與遠端監控介面，同時也為土地的「永續」盡一份心力，且其建置管理成本並不高，長期檢測成果也能作為「農產品履歷」安心外銷提升外銷收入。

未來本研究欲朝低碳城市作為目標，本校 2017 年於圖書館樓頂建置屋頂生態農場(如圖5-2)，透過 USR 計畫推廣園圃綠化及種植多樣豐富的可食栽，提供學生學習樂活農業與民眾體驗園藝的課程；不僅如此，種植食用的植栽能夠有效地降低圖書館內部溫度，達到節能減碳的效果。

若在屋頂農場使用本研究的智慧運端稻草人監控系統，則能夠視覺化分析二氧化碳檢測濃度，並以大數據分析大氣溫度與相對濕度的相關性，當檢測數值超出範圍則及時發送通知，並遠端開啟灑水系統來調節溫濕度，加強低碳城市之成效。



圖5-2. 可食地景生態屋頂

參考文獻

- [1] 行政院主計處，“109年農林漁牧業普查初步統計結果”，網址：<https://www.dgbas.gov.tw/ct.asp?xItem=48545&ctNode=5624>，2022年9月21日
- [2] 內政部戶政司全球資訊網，“110年9月人口統計資料”，網址：<https://www.ris.gov.tw/app/portal/346>，2022年9月21日。
- [3] 行政院農業委員會，“農業概況圖(農委會)”，網址：https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2508406&RWD_mode=N，2022年1月28日
- [4] iBT數位建築雜誌，“一探究竟Sigfox、LoRa、NB-IoT-物聯網世代的無線傳輸技術”，網址：http://www.ibtmag.com.tw/new_article.asp?ar_id=25557，2022年2月11日。
- [5] Rashmi Sharan Sinha, Yiqiao Wei, Seung-Hoon Hwang, “A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT”，ICT Express Volume 3, Issue 1, 2017年3月。
- [6] DIGITIMES智慧應用，“善用物聯網概念 農業亦可輕鬆轉型”，網址：https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000563738_ZDM63S8I4G0YB47RK7L9Q，2022年1月26日。
- [7] 生物科技產業研究中心，“農業生技產業季刊第57期”，網址：http://www.biotaiwan.org.tw/mag/image_doc/57/57%E5%AD%A3%E5%88%8A.pdf，2019年。
- [8] 莊瑞雄，“智慧科技應用於農業產消實務之量化分析”，國立臺灣大學生物資源暨農學院生物產業傳播暨發展學系博士論文，2021年7月。