

OAC-NKUST-108-002

使用人工智慧開發箱網養殖之水產養殖自動化 IoT 系統研究

(正式報告)

海洋委員會補助研究

中華民國 108 年 11 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

OAC-UNIV-108-002

使用人工智慧開發箱網養殖之水產養殖自動化IoT系統研究

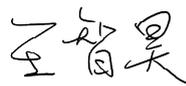
正式報告

海洋委員會

OAC-NKUST-108-002

使用人工智慧開發箱網養殖之水產養殖自動化 IoT 系統研究

(正式報告)

學校：國立高雄科技大學/建工校區/電子工程系
指導教授：鐘國家  王智昊
申請人：王智昊 
研究期程：中華民國 108 年 5 月至 108 年 12 月
研究經費：新台幣陸萬元

海洋委員會補助研究

中華民國 108 年 11 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，
該會保留採用與否之權利。」

目次

目次	1
表次	2
圖次	3
摘要	4
第一章 預期目標與進度說明	5
第一節 研究緣起與問題背景	5
第二節 現況分析	7
第三節 研究目的及研究重點	8
第四節 預期目標	9
第二章 研究方法與過程	10
第一節 研究方法	10
第二節 研究過程	14
第三章 研究發現與成果	16
第一節 硬體建置-物聯網系統	16
第二節 軟體建置-人工智慧	21
第三節 系統測試-參數調校	25
第四章 結論與展望	26
參考資料	26

表 次

表1-1 甘特圖與預定工作項目	9
-----------------------	---

圖 次

圖 2-1： 網路架構圖	10
圖 2-2： ESP-8266 控制器	11
圖 2-3： RF-LORA-915SO 控制器	11
圖 2-4： 水質酸鹼值感測器	12
圖 2-5： 水中溶氧感測器	12
圖 2-6： 熱電耦溫度感測器	12
圖 2-7： 研究過程	15
圖 3-1： LoRa 發射器(成品)	16
圖 3-2： LoRa 發射器(零件分解圖)	17
圖 3-3： LoRa-WiFi 閘道器	17
圖 3-4： WiFi 發射器(成品)	17
圖 3-5： WiFi 發射器(零件分解圖)	18
圖 3-6： LoRa 發射器用於監測水質之無線感測(遠距離)	19
圖 3-7： Wi-Fi 發射器用於監測水質之無線感測(短距離)	19
圖 3-8： LoRa 發射器用於自動投餌之遠端控制器(長距離)	20
圖 3-9： 系統方塊圖與人工智慧中的資料與控制流向	21
圖 3-10： 物聯網系統檢監測/控制平台	22
圖 3-11： 資料訓練過程	23

摘要

關鍵詞：人工智慧、箱網養殖、水產養殖自動化、IoT系統

一、研究緣起

儘管目前台灣的箱網養殖技術全世界中佔有舉足輕重之地位，然而仔細探討後，仍然有許多值得透過更多科技新技術，協助改善養殖環境以及養殖管理方式，例如目前正當紅的物聯網(IoT: Internet of Things)技術和人工智慧(AI: Artificial Intelligent)技術，就是這個時代非常強而有力的升級利器。物聯網技術可以協助漁民透過遠端的方式監測控制位於近海上的箱網，而人工智慧則可以透過分析由物聯網系統所產生的資料。進而萃取許多層面的訊息或是協助漁民進行養殖自動化。

二、目的

市面上已經陸陸續續出現了基於物聯網(IoT)系統，所設計的漁業養殖輔助系統，例如自動投料系統、水質監控系統或是箱網安全監控系統，這些系統都是透過組合感測器、邏輯判斷及無線電收發器所設計而成的半自動化輔助系統，甚至透過監視器，可以監視觀察箱網內魚群的成長狀況或是活動狀態，但市場上缺乏了對於資訊整合的技術區塊，於是本研究計畫預計整合前端物聯網系統(IoT)成為一個水產養殖的專家系統，再透過人工智慧(AI)對此系統進行加值，促使基於物聯網所設計的漁業養殖輔助系統，可以成為一個真正全自動化的養殖系統，除了提高箱網的單位產生數量，更可以透過系統的監測技術同時確保自然環境的完整，達成漁業資源及海洋環境的永續發展。

三、研究方法與過程

主要研究方法使用物聯網技術及人工智慧分析資訊。研究步驟則先後完成硬體建置、軟體建置、系統測試及系統運轉。

四、重要發現

本計畫之系統硬體部分已全數完成，並進入硬體參數及通訊參數調整階段的尾聲。每一個LoRa單一節點可以讀取四組類比訊號以及五個數位訊號，因此可以同時監控多種感測器類型，LoRa發射器於戶外實測空曠距離可達直線一公里以上，已足以使用於沿岸養殖甚至近海箱網養殖。Wi-Fi節點則可以讀取四組數位訊號並輸出兩組控制訊號，於戶外實測空曠距離可達直線30公尺，適合安裝佈建密度高之區域。

第一章 預期目標與進度說明

第一節 研究緣起與問題背景

在台灣加入世界貿易組織(WTO)以後，雖然大幅較低了進口水產品的關稅，但是同時由於低關稅，而又相對衝擊了我國水產養殖業的水產品競爭市場。再者因為台灣亦進入高齡化社會，許多傳統的農工漁業面臨了技術人口高齡化，甚至是流失的問題，於是進口水產品，又成為了本土漁業必須面臨的一個重大議題。

由於人力日漸不足，水產養殖業的發展模式，必須從過去的勞力密集形式，改型為集約精緻化的高效率生產模式。早期的漁業養殖在台灣沿海蓬勃發展，在經過七十年代經濟起飛以後水產養殖業，更如雨後春筍般迅速拓展開來，但接著導致了許多養殖環境不良、超抽地下水或地層下陷等問題，且養殖技術並未隨著時間而改良成長，這造成了養水產的品質遠不如天然的水產漁獲。

經過許多專家學者的實地訪查並深入研究以後，開始提出近海箱網養殖，透過海上箱網養殖，可以減緩土地的破壞、減緩地下水的超抽狀況、維持沿岸海水的水質、改善人工養殖條件而更天然、增加單位養殖密度及成為集約養殖漁業。於是目前世界各國的養殖漁業逐漸將陸上養殖轉往海上養殖，透過產業科技技術的轉型，將台灣的水產等級徹底的提高產業經營層次及競爭能力，並創造高品質養殖技術，而以往僅能仰賴捕撈的高經濟物種，如今已經成功的透過人工方式繁殖。

目前常見的箱網養殖，是在內海或是近海上利用固定構築的圍網體，於一定範圍水體內飼養大量水產養殖法，由於不佔用、消耗陸地水土資源，單位水體生產力高，且以此法養殖之魚類與天然海水魚成長環境幾乎相似，使得養殖魚種與野外魚種的肉質並無太大的差異。對於漁民是一項穩定且有保障的收入，對於海鮮餐廳業者而言，不必擔心高級魚貨短缺，對於環境保育而言又不會造成濫捕而影響環境。所以從約民國六十年代末期在澎湖地區開始萌芽發展，多年來經過各界多方的努力推動發展之下已經具有穩定規模，目前養殖魚種以海鱸、石斑、嘉臘魚、銀紋笛鯛等高經濟價值之魚類為主。

儘管目前台灣的箱網養殖技術全世界中佔有舉足輕重之地位，然而仔細探討後，仍然有許多值得透過更多科技新技術，協助改善養殖環境以及養殖管理方式，例如目前正當紅的物聯網(IoT: Internet of Things)技術和人工智慧(AI: Artificial Intelligent)技術，就是這個時代非常強

而有力的升級利器。物聯網技術可以協助漁民透過遠端的方式監測控制位於近海上的箱網，而人工智慧則可以透過分析由物聯網系統所產生的資料。進而萃取許多層面的訊息或是協助漁民進行養殖自動化。

市面上已經陸陸續續出現了基於物聯網(IoT)系統，所設計的漁業養殖輔助系統，例如自動投料系統、水質監控系統或是箱網安全監控系統，這些系統都是透過組合感測器、邏輯判斷及無線電收發器所設計而成的半自動化輔助系統，甚至透過監視器，可以監視觀察箱網內魚群的成長狀況或是活動狀態，但市場上缺乏了對於資訊整合的技術區塊，於是本研究計畫預計整合前端物聯網系統(IoT)成為一個水產養殖的專家系統，再透過人工智慧(AI)對此系統進行增值，促使基於物聯網所設計的漁業養殖輔助系統，可以成為一個真正全自動化的養殖系統，除了提高箱網的單位產生數量，更可以透過系統的監測技術同時確保自然環境的完整，達成漁業資源及海洋環境的永續發展。

第二節 現況分析

因為世界貿易組織造成的低關稅衝擊了台灣本土的水產品市場，使得以箱網養殖高經濟價值魚種，成為應對了此情況的解決方案之一，由於海上箱網養殖具有水質條件良好、養殖水產品質優良、成長快速以及對陸地水土資源依賴低等優點，箱網養殖已經成為養殖漁業中相當重要的一環，於是政府投入了高技術密集與投資成本，促使箱網養殖可以提升為科技化的養殖產業，以達到合理之經濟效益，建構科技化、優質化的海上箱網養殖環境。

箱網養殖技術為我們帶來了，許多過去並無法獲得的經濟效益及環境效益，隨著養殖成本逐漸下降而投入的養殖戶越來越多，因而箱網養殖的數量、需求、材料及技術等也持續的提升。台灣許多的新建網箱養殖建構技術，水準相對較低，且許多的養殖場所幾乎都是設置在港灣內的木結構小型網箱，雖然以此方式相當容易推廣，但由於造價低廉，製造快速，所以其抗風浪性能相當差，因此使用年限短。由於目前網箱大量集中於港灣內而造成養殖密度過高，同時又缺乏有效預防寄生生物附著的方法，從而使養殖環境自身污染嚴重，網箱內外水流不暢，引起魚病頻發，養殖魚種品質下降。

近海箱網設置飽和，往外海建置更大型的網箱，已經是多國的共同趨勢，由於早期的發展都在內海進行，所以承受風浪的等級並不足夠強韌，為了抵禦外海強勁的風浪，就必須提升箱體本身的機械結構。箱網養殖在台灣迅速竄出，過於快速的發展，在沒有適當的政府配套措施下造成缺乏宏觀管理的模式，特別是近幾年各地盲目發展海水網箱養殖，從而使港灣內網箱養殖已出現超負荷現象，造成養殖海區環境惡化嚴重破壞生態。對於養殖業而言，餌料是相當基礎且重要的課題，但是台灣對於餌料應用基礎性研究嚴重不足，餌料研究缺乏系統性且基礎研究嚴重滯後。

隨著養殖技術的演進，可以發現許多的問題相繼衍生，箱網結構可以透過監測系統監視箱體中，每個連接結構的狀態，例如水質透過感測器進行監測，餌料透過系統分析後自動地適量投餌，箱網之間則可以透過雲端系統進行管理監控。就目前的科學技術而言，已經可以達成許多不同功能的系統同時裝置於箱網養殖場，但是唯有克服問題並整合資源，才可以有效的對箱網養殖真正地提升技術層級及經濟等級，所以本研究會將幾項基本的問題進行系統整合，並透過人工智慧開發出漁業養殖輔助自動化系統。

第三節 研究目的及研究重點

基於物聯網以及人工智慧的管理系統，目前是許多產業區塊可以使用的系統架構，從工業開始一路往商業、農業至漁業皆可以透過這樣的架構進行方案改善，在許多先進國家中也已經導入物聯網以及人工智慧到傳統的水產養殖業上，這樣子的政策可以解決許多面向的問題，陸上養殖的嚴重破壞陸地水土資源，海上養殖可以解決此議題並提供更貼近自然的生長環境。陸上單位水體生產力低於海上同樣容積的生產力，陸上養殖無法使高經濟價值物種正常生長使得水產經濟效益低而致使野生資源遭到濫捕。

綜合以上幾點是造成養殖戶與政府發生許多衝突，然後透過科技方法加值傳統養殖業成為辦自動化或全自動化的養殖系統，可以有效的解決人類與環境之間的衝突、養殖戶的生計問題、環境的保育永續問題。而對於政府而言，全國的養殖管理及環境管理可以直接透過物聯網系統及資料庫進行管理查核，節省許多人事資源的浪費。基於物聯網所設計的漁業養殖輔助系統可以成為一個真正全自動化的養殖系統，除了提高箱網的單位產生數量，更可以透過系統的監測技術同時確保自然環境的完整，達成漁業資源及海洋環境的永續發展。

第四節 預期目標

本章節說明預計工作目標，表1-1是本計畫預定之甘特圖以及預定完成之工作項目，期中查核應完成工作項目共計有硬體建置、部分軟體建置以及部分系統測試。詳細之項目說明由後續章節再行說明。

表1-1 甘特圖與預定工作項目

工作項目	年月份								
	108年 4月	108年 5月	108年 6月	108年 7月	108年 9月	108年 10月	108年 11月	108年 12月	
A. 硬體建置-物聯網系統	■								
水質監控之無線感測網路	■								
檢測物理結構之無線感測網路		■							
具自動投餌功能之無線遠端節點		■							
B. 軟體建置-人工智慧			■						
物聯網系統檢監測/控制平台			■						
基於人工智慧之數據分析平台				■					
基於人工智慧之自動化養殖平台				■					
C. 系統測試-參數調教			■						
硬體建構之完整性			■						
軟體建構之完整性				■					
結合硬體與軟體進行參數測試					■				
D. 系統運作-自動化運行					■				
依據箱體建置環境及材料設定監測參數					■				
依據養殖標的種類設定水質環境監測參數					■				
依據養殖標的種類建立自動化養殖規則						■			
期中報告製作				■					
期末報告製作								■	
預估累計工作進度(%)	5	10	25	40	50	60	80	100	

第二章 研究方法與過程

第一節 研究方法

A.物聯網系統

物聯網系統是一個當今主流的系统設計形式，在一個標準的物聯網系統，內涵蓋了許多網路通訊技術，而這些網路技術可以組合成許多不一樣的網路型態，如圖2-1所示即為常見的網路拓撲，網狀網路經常使用於節點之間都必須通用的場合，星狀網路常用於由一個作為主節點，進而直接控制其他節點的場合，叢集樹狀網路則是常用於網路具有階層管理或是延伸拓展的場合。

在實際的應用當中，設計者必須針對環境及使用場合的不同，而使用不一樣的網路結構以符合需求，而無線節點的主要控制器，目前為具有Wi-Fi及TCP/IP協議，如ESP-8266系列晶片及具有LPWAN的LoRa系列晶片。

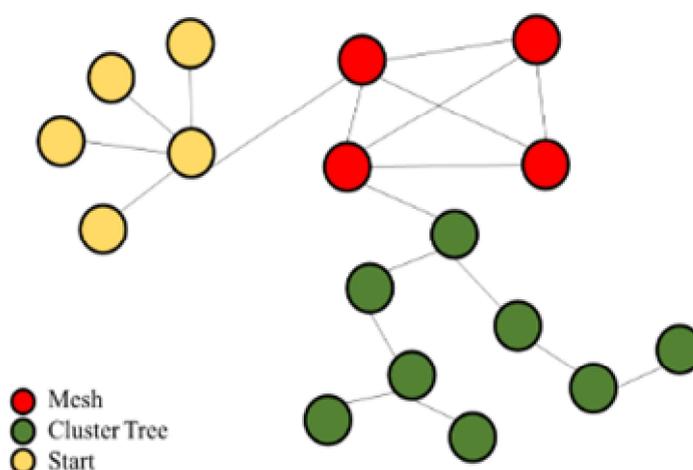


圖2-1：網路架構圖

ESP-8266是一款具有Wi-Fi及TCP/IP協議的控制器，如圖2-2所示為ESP-8266的NodeMCU款式，ESP-8266是一款提供完整TCP/IP協議棧的32位元單晶片，由於晶片單價非常低但功能性卻非常完整，因此發行短短幾年的時間，已經成為全球眾所矚目的物聯網開發主流之一。由於完全相容網路協議且符合802.11 b/g/n協議，使得ESP-8266可以自由組成各式各樣的網路型態，透過GPIO的監測與控制，就可以建構出低成本的物聯網(IoT)系統，但是Wi-Fi無線傳輸本身受到短距離的限制，導致可以佈建的實際面積受到約束，通常面臨長距離或大面積時，則會考慮結合其他類型的無線收發器成為異質性網路。



圖2-2： ESP-8266控制器

LoRa(Long Range)是屬於一種長距離低功耗的無線射頻技術，如圖2-3所示為LoRa晶片，目前全球使用的免執照頻段為169 MHz，433 MHz，868 MHz（歐洲）和915 MHz（北美）。相較於其他通信距離較長的技術而言，如LTE或NB-IoT，LoRa在距離上及成本上仍是相當優勢的，依據實際使用頻率及天線種類，實際通信距離可以在數百公尺到數公里不等。

對於物聯網(IoT)系統而言，是極個極具競爭力的無線通信技術，由於早期開發2.4GHz頻段上的ZigBee、BLE或是Wi-Fi，存在著電力消耗及通信距離等問題，這使得同時兼具常收發距離及超低功耗的LoRa得以脫穎而出。然而LoRa本身並不相容TCP/IP等網路協議，所以儘管成為個人區域網路以後並無法與網際網路相連成為實際的物聯網，因此我們將LoRa與ESP-8266互相結合設計為異質性網路，使得這兩個不一樣的無線技術可以相輔相成的成為一個高相容度的物聯網(IoT)網路。

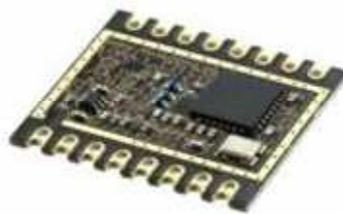


圖2-3： RF-LORA-915SO控制器

當建立起基本物聯網硬體架構後，就必須加入感測器使其更完整，由於本研究計畫的目標，為海洋的養殖管理及永續發展，因此物聯網系統(IoT)內所使用的感測器，主要為如圖2-4所示的水質酸鹼值感測器、圖2-5所示的水中溶氧感測器及圖2-6所示的熱電耦溫度感測器，然而針對不一樣的養殖場所還可以選擇如溶解離子（氟化物（ F^- ）、鈣（ Ca^{2+} ）、硝酸鹽（ NO_3^- ）、氯化物（ Cl^- ）、碘化物（ I^- ）或銅（ Cu^{2+} ）等不同的感測器。養殖環境的條件對於水產物的生長有很大的影響，例如水中的溶氧、酸鹼值及溫度都會直接影響生物活性及抵抗力，故本研究計畫所建立的基本感測器中包含此三種類型的感測器。



圖2-4：水質酸鹼值感測器



圖2-5：水中溶氧感測器



圖2-6：熱電耦溫度感測器

B.人工智慧(AI)

人工智慧(AI)主要仰賴資料探勘與深度學習進行開發，資料探勘是在龐大的資料集合中發現模式的一個過程，在這個過程中涉及機器學習、機率統計、數值分析和資料庫系統。資料探勘是電腦科學和統計學的跨學科子領域，其目標是從資料集中挖掘有用的或是隱含的訊息，並將訊息轉換為可被理解的型態，以提供進一步使用資料探勘是“資料庫中的知識發現”過程。

除原始分析步驟外，它還涉及資料庫和資料管理方面的領域，資料預處理、模型和推理考慮因素、興趣指標和複雜性考慮因素，發現結構之後的後處理，視覺化和即時更新。資料分析和資料探勘之間的區別，在於資料分析是解釋一個既定的事實，例如分析營銷活動的有效性，相較之下，資料探勘著重於使用機器學習和統計模型，來預測未來並發現既定事實中尚未被發現的模式。

本研究計畫使用了資料探勘與深度學習，強化海洋養殖與管理系統的新興價值，深度學習的訓練(Training)可以分為三個步驟：定義網路架構(define network structure)、定義學習目標(define learning target)、最後才是透過數值方法(Numerical method)進行訓練。過去由於只能依賴人力統計商業資料，或是盡力找出未發現的隱藏訊息，現在則使用深度學習發掘工程資訊的相關訊息，例如無線節點的網路建立結構、有效路由規劃、最佳傳輸路徑或是設備失效與妥善率等。

資料探勘則用來探索商業養殖及管理行為所需要的重要資訊，例如如何制定養殖策略、推估目前養殖管理模式影響水產生長的狀況，或是預估養殖環境未來的變化等，可以透過改良海洋養殖與管理系統後的資料庫進行資訊探索，使資料庫不僅只是存放資料的地方，也是一個可以提供有效養殖資訊的最佳利器。

第二節 研究過程

本研究計畫將研究步驟主要區分為四個步驟如圖2-7所示:

1.硬體建置-物聯網(IoT)系統

首先使用ES-8266以及LoRa建立物聯網系統，使用這兩種無線技術所建立的異質性網路可相容802.11 b/g/n及TCP/IP協議，且可以透過長距離通訊的方式串聯相近的箱網養殖群進行的群組管理。而感測部分則分為水產養殖環境的水質監測，以及箱網自身物理結構強度的檢測，控制部分則有可以遠端控制的餌料投送控制模組。

2.軟體建置-人工智慧(AI)

使用基於人工智慧的學習技術建立數據分析平台，本研究計畫將此步驟再細分為三個子部分，分別為物聯網系統檢監測/控制平台、養殖及環境之數據分析平台以及自動化養殖平台，物聯網系統檢監測/控制平台屬於人工智慧中資料前處理的階段。在這個部分收集了許多的水產養殖環境資料以及箱體物理結構感測資料，並可以顯示目前水中的環境參數指標，以及箱體的結構強韌性指標，這些資料進行預處理以後，則交由養殖及環境之數據分析平台繼續進行剖析，此階段是處於人工智慧中(AI)，相關資料訓練及驗證的處理階段。

在這個平台中，將可以看到對於養殖方式的分析及水質環境變化趨勢的預測，例如餌料投下後局部區域水質的變化程度，或是外圍水體的指標變化，有了這些趨勢可以建立養殖管理模型，藉以協助養殖管理者在適當的時機進行正確的決策。最後是屬於人工智慧中佈署階段的自動化養殖平台，在這平台中可以觀察透過前兩個平台，所建立的相關智慧模型如何對箱網養殖進行自動化管理。

3.系統測試-參數調教

所有的系統平台建置完畢以後，將會在此階段測試並調整基本網路及系統參數。

4.系統運作-自動化運行

經過設計、測試及部署以後的系統就是在線上開始運行，由於給一個箱網所處的環境及目標養殖水產種類並不相同，所以會依據箱體建置環境及材料設定監測參數，依據養殖標的種類設定水質環境監測參數，最後依據養殖標的種類建立自動化養殖規則。

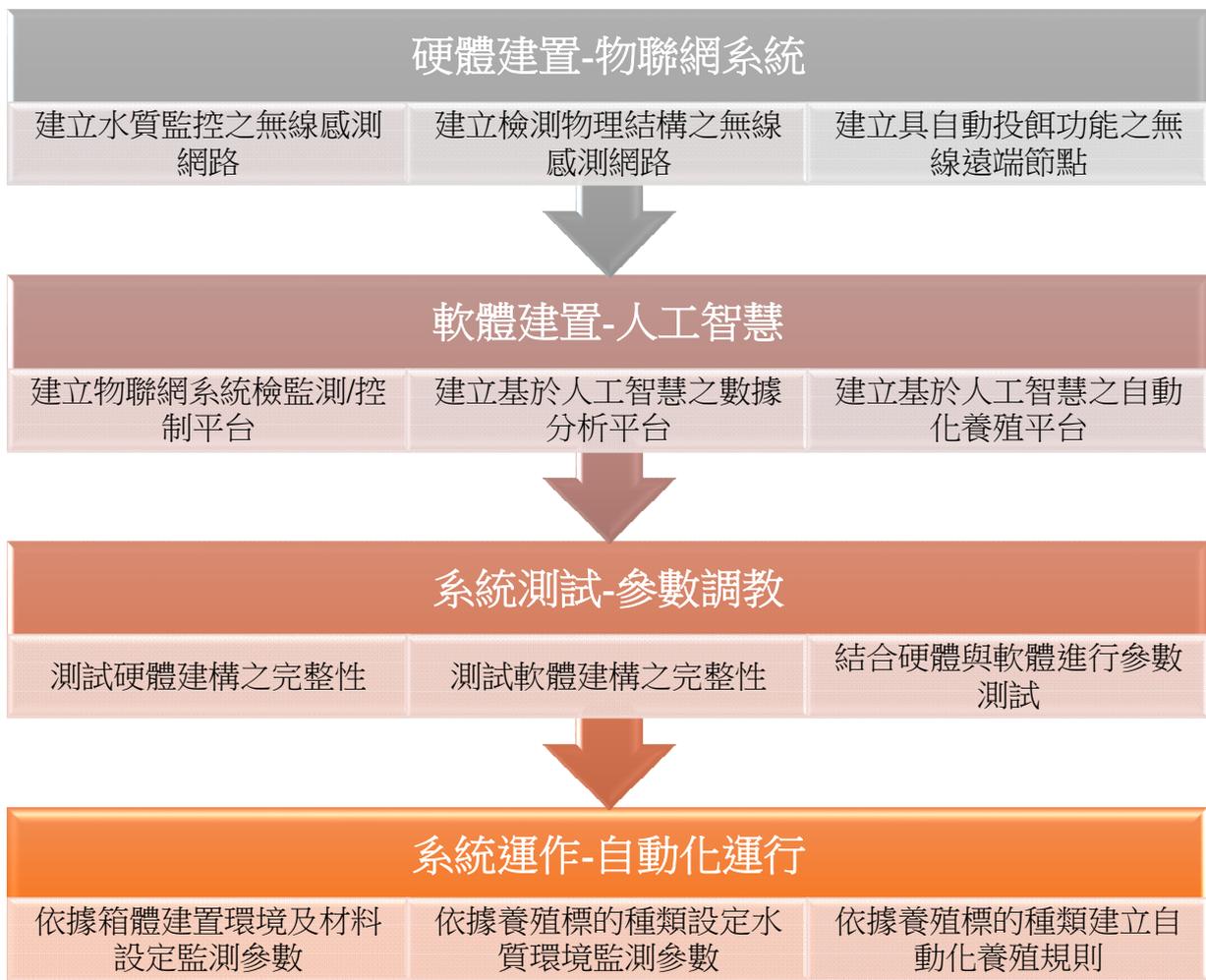


圖2-7：研究過程

第三章 研究發現與成果

物聯網監測平台以C#完成系統平台的開發。以多執行緒方式分開監測不同通訊通到之節點設備。同時可以監看圖形化的節點狀態以及檢視流水號訊息，紅色代表觸發，綠色代表靜止。所有的資料都將會被存進資料庫並讓人工智慧數據分析平台分析資料。

第一節 硬體建置-物聯網系統

本計畫中主要使用了Wi-Fi與LoRa此兩種無線通訊協定設計物聯網系統。圖3-1是LoRa發射器的成品照片，零件分解圖則如圖3-2所示。一個完整的LoRa發射器由控制晶片、LoRa晶片以及母板所組成，與監控及迴路有關的設計由控制晶片管理，LoRa晶片則負責與無線發送相關的管理。每一個LoRa單一節點可以讀取四組類比訊號以及五個數位訊號，因此可以同時監控多種感測器類型，LoRa發射器於戶外實測空曠距離可達直線一公里以上，已足以使用於沿岸養殖甚至近海箱網養殖。LoRa發射器自身並不支援網際網路的TCP/IP網路通訊協定，因此需要如圖3-3所顯示之LoRa-WiFi閘道器將訊號轉換至適當封包並以TCP/IP方式將資料傳送至雲端。圖3-4是Wi-Fi發射器的成品圖，從圖3-5鐘的分解圖可以知道Wi-Fi發射器僅由Wi-Fi控制晶片及母板組成。母板的設計可提供多元感測器輸入，可以提供外部上拉電組、外部下拉電組、內部上拉電阻及開集極控制迴路，本計畫所設計的Wi-Fi發射器規格可以讀取四組數位訊號並輸出兩組控制訊號，於戶外實測空曠距離可達直線30公尺，適合安裝佈建密度高之區域。

本計畫於硬體建置階段共分為三個小節，詳細內容說明於本節中說明。

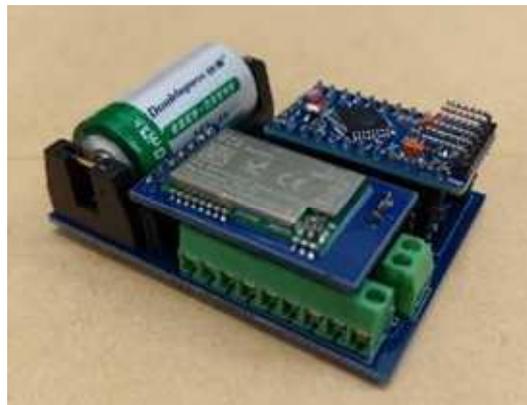


圖3-1： LoRa發射器(成品)



圖3-2：LoRa發射器(零件分解圖)



圖3-3：LoRa-WiFi閘道器



圖3-4：WiFi發射器(成品)

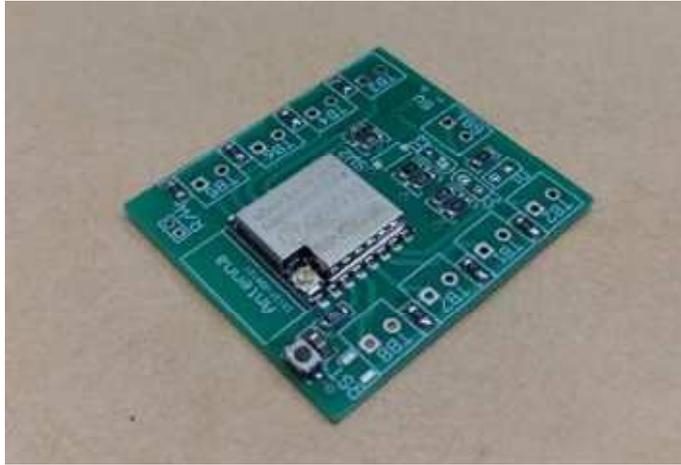


圖3-5：WiFi發射器(零件分解圖)

A. 水質監控之無線感測網路

水質監控之無線感測網路主要使LoRa以及Wi-Fi無線通訊協定協定做為無線發射方法，並使用一個微控制器處理數位及類比訊號，單一節點之設備成品如圖3-6所示。以Wi-Fi為主要發射器之感測設備如圖3-7所示。在水質監控目的之無線感測網路主要以量測類比感測器為主，例如酸鹼值感測器、溶氧感測器及溫度等。

每一個節點可以讀取四組類比訊號以及五個數位訊號，因此可以同時監控多種感測器類型，LoRa發射器於戶外實測空曠距離可達直線一公里以上，已足以使用於沿岸養殖甚至近海箱網養殖。Wi-Fi於戶外實測空曠距離可達直線30公尺，適合安裝佈建密度高之區域。



圖3-6： LoRa發射器用於監測水質之無線感測(遠距離)

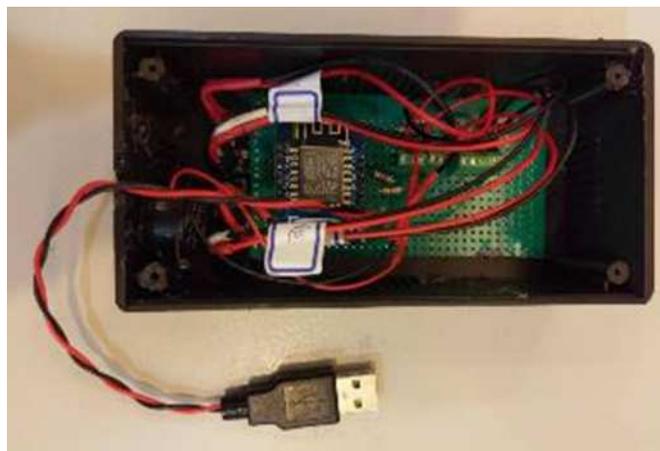


圖3-7： Wi-Fi發射器用於監測水質之無線感測(短距離)

B. 檢測物理結構之無線感測網路

檢測物理結構用之無線感測網路主要用於檢測結構之間的連結是否異常，檢測功能包括結構鬆動以及結構鬆脫，透過電位計的檢測可以知道結構之間的位移量進而判斷是否鬆脫或是脫落。由於與A小節之網路同屬LoRa以及Wi-Fi之無線感測網路，因此在網路配置上與前節相同。唯一不同是為了方便管理配置，水質感測器無線網路以及物理結構感測網路之管理是分開的，也就是無線網路通訊協定之中的群組ID是不同的。

C. 具自動投餌功能之無線遠端節點

用於自動投餌用之無線遠端控制器主要組件如圖3-8所示，此控制器由圖3-1以及電力繼電器所組成。此模組之設定及設計允許使用者以遠端控制方使啟動連接模組之繼電器進而投餌，實際戶外測試距離如水質監控及物力結構監控之LoRa一樣可達至少一公里之傳輸/控制距離。有別於前兩種無線網路系統皆混合LoRa以及Wi-F通訊協定，投餌機所使用之遠端控制節點儘使用LoRa通訊協定進行設計，同時群組ID也將被獨立管理。

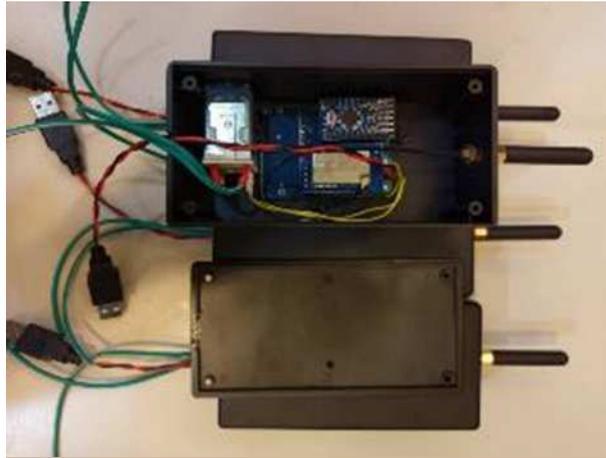


圖3-8： LoRa發射器用於自動投餌之遠端控制器(長距離)

第二節 軟體建置-人工智慧

本結說明人工智慧之資料科學如何應用於智慧養殖，圖3-9說明的是系統方塊圖以及完整的資料與控制流向。首先根據需求於養殖標地區裝設感測器，此時的資料流將會藉由物聯網將資料發送至伺服器，此時間會有兩個任務需要執行，第一是根據學習引擎分析或是訓練資料，並產生決策結果，第二則是將完整的資料歷程儲存至資料庫。根據決策結果，伺服器將會透過物聯網進行遠端控制。控制的結果將再由感測器感測結果以後發送回伺服器再進行決策，如此周而復始。因此，此系統為一典型之閉迴路系統，透過閉迴路控制可以精確將系統維持於目標值，進而提升水產養殖效率。

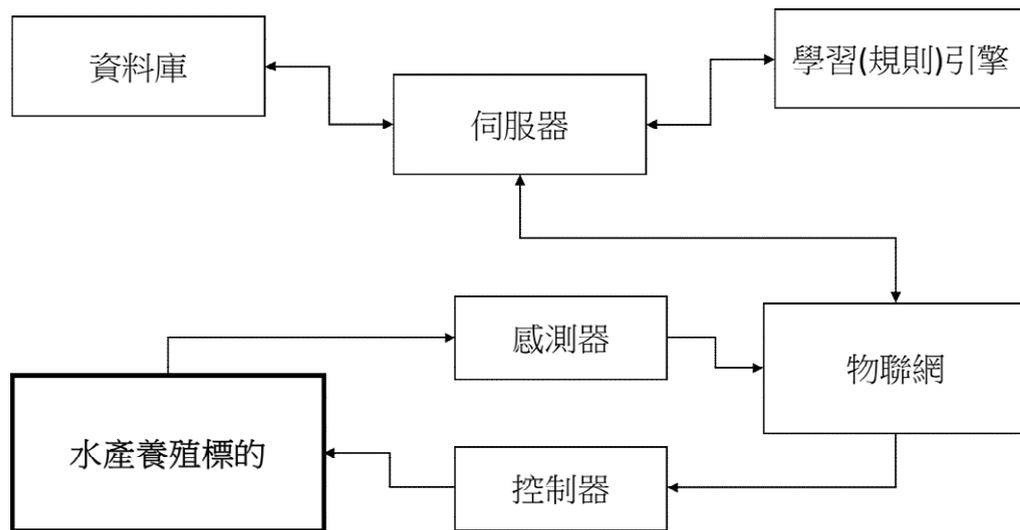


圖3-9：系統方塊圖與人工智慧中的資料與控制流向

A. 物聯網系統檢監測/控制平台

於此項目中完成物聯網監測平台，主要以C#進行設計開發。以多執行緒方式分開監測不同通訊通到之節點設備。左側可以看到圖形化的節點狀態，紅色代表觸發，綠色代表靜止。右側則可以檢視流水號訊息。所有的資料都將會被存進資料庫並讓人工智慧數據分析平台分析資料。



圖3-10：物聯網系統檢監測/控制平台

B. 基於人工智慧之數據分析平台

本系統所感測之數據結果分為數位訊號或是類比訊號，由於二種訊號皆為時序訊號，因此使用之數值預測分析方法必須具有因果關係，所以具有此特性之遞回歸神經網路(RNN)就非常適合作為本計畫之資料學習方法。由於現實中衍生的資料種類繁雜且大量，因此本計畫於執行階段並未刻意增設條件以降低訓練困難度，因此未來進行技術轉移時可以貼切的適用於相關場合，圖3-11顯示的是部分類比資料訓練的結果。

```
train on 90 samples, validate on 10 samples
Epoch 1/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4944 - acc: 0.7222 - val_l
oss: 1.4792 - val_acc: 0.4000
Epoch 2/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.5030 - acc: 0.6556 - val_l
oss: 1.2373 - val_acc: 0.6000
Epoch 3/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4353 - acc: 0.8000 - val_l
oss: 1.2023 - val_acc: 0.6000
Epoch 4/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4694 - acc: 0.7222 - val_l
oss: 1.5389 - val_acc: 0.3000
Epoch 5/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4751 - acc: 0.7556 - val_l
oss: 1.3853 - val_acc: 0.3000
Epoch 6/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4888 - acc: 0.8444 - val_l
oss: 1.3097 - val_acc: 0.3000
Epoch 7/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.4383 - acc: 0.7556 - val_l
oss: 1.3444 - val_acc: 0.5000
Epoch 8/100
90/90 [=====] - 1s 6ms/step - loss: 0.3825 - acc: 0.8000 - val_l
oss: 1.7633 - val_acc: 0.3000
```

圖3-11：資料訓練過程

由於資料訓練以及決策的過程中並非可視化的過程，而是透過比較分析輸入與輸出(預測)資料的關係，因此僅對於輸入與輸出資料進行可視化。同時受限於不同的資料會有不同的解讀模式，因此資料的匯出將成為呈現智慧決策結果的關鍵。

C. 基於人工智慧之自動化養殖平台

完整的系統資訊流與控制流呈現於圖3-9中，藉由閉迴路控制系統完成自動化養殖系統，於本計畫中主要示範兩個項目，第一為餌料投送，第二為機具設備的安全性通知。在本章的第一節中提到水質監控、餌料投送以及物理結構檢測用的無線感測網路，其中水質控物聯網以及遠端餌料投送使用於投料自動化的設計，而物理結構檢測則是用於機具設備的安全性檢測。

傳統的餌料投送自動化設計中，大多以計時器定時投送餌料以取代人力，而投送的量也將由計時器控制，因此可以達成定時定量的自動化結果，但是隨著水產物種的成長，餌料需求也將會隨之改變，因此如果使用傳統方式並無法有效追蹤投餌效果，因此透過水質感測器了解而料於水中溶解之情況以判斷餌料是否適量投放，同時根據水溫及溶氧調整餌料投放量，除了可以有效掌握餌料以外，同時可以掌握水中的相關參數以進行相關事先預防作業，因此可以確保水產於一健康的養殖環境生長並且提升單位容積生產量。

水產養殖業必須將養殖標的圈養於限定範圍內，並以相關機具設備加以提供更適合的養殖環境，例如箱網養殖需要確保海水的流動性以維持良好的養殖場，魚塢養殖則透過水車提供足夠的氧氣，因此無論是何種養殖標的都必須仰賴高可靠度的機具，過去常見養殖業主發現養殖標的出現異常行為甚至死亡時才了解到相關機具設備已故障停止運轉，後來加裝故障指示以後雖可以及時發現機具的故障發生，但仍無法有效並及早防範未然，因此我們加入了故障行為的預測模式，不僅是對單一設備的歷史故障訊息監控，更針對區域型的設備進行故障關聯性分析，透過更多的資料訊息可以提供更完善的機具設備故障提示。

第三節 系統測試-參數調校

本計畫主要依據物聯網進行所有的資料傳輸以及遠端命令控制，因此物聯網的傳輸可靠度佔了相當重要的角色。完成物聯網架構完整性的測試之後最重要的就是連線性能的測試，由於本計畫使用了兩種不同類型的無線通訊技術，因此首先必須評估無線感測網路用於不同通道及不同協定種類的交互使用，並且架設完基本節點於室內實驗場域測試連線品質及耐用度。根據三個月的測試結果而言，LoRa及Wi-Fi的個別運作及整合運作皆可以達到理想的設計功能。

於室外實驗場進行測試時，主要調整連線品質的參數，在經過一個月的測試以後，LoRa發射器於戶外的理想工作距離為700公尺以內，可達到99%以上的資料正確接收比例，而達到95%的距離約為1000公尺，因此於沿岸養殖或較廣域的養殖時，即可以透過LoRa傳輸協定進行網路佈建。Wi-Fi發射器於測試以後於25公尺可達到99%以上的資料正確接收比例，而達到95%的距離約為30公尺。

第四章 結論與展望

目前的水產養殖業中，仍然有許多養殖戶仰賴經驗傳承的方式飼養水產，在面對天候不斷異常變遷的情況下，經年累月所傳承的經驗不能夠穩定的帶來收成，透過資料科學以及資料預測技術，把過去累積的經驗數位化，並因地制宜的修正這些被數位化的經驗，將可以有效提升水產養殖的單位生產效能。

參考資料

- [1] C. Dupont, P. Cousin and S. Dupont, "IoT for Aquaculture 4.0 Smart and easy-to-deploy real-time water monitoring with IoT," 2018 Global Internet of Things Summit (GIoTS), Bilbao, 2018, pp. 1-5.
- [2] S. Abraham, A. Shahbazian, K. Dao, H. Tran and P. Thompson, "An Internet of Things (IoT)-based aquaponics facility," 2017 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), San Jose, CA, 2017, pp. 1-1.
- [3] W. Ipanaqué, I. Belupú, J. Castillo and J. Salazar, "Internet of Things applied to monitoring fermentation process of Cocoa at the Piura's mountain range," 2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), Pucon, 2017, pp. 1-5.
- [4] K. R. S. R. Raju and G. H. K. Varma, "Knowledge Based Real Time Monitoring System for Aquaculture Using IoT," 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC), Hyderabad, 2017, pp. 318-321.
- [5] S. Tseng, Y. Li and M. Wang, "An application of internet of things on sustainable aquaculture system," 2016 International Conference on Orange Technologies (ICOT), Melbourne, VIC, 2016, pp. 17-19.