

# Zigbee 水質微氣候多點監控系統之研發



林志遠

水產試驗所企劃資訊組

## 前言

隨著社會型態的轉變與科技的進步，農、漁產業的生產力與效率大為提升，然而卻也帶來水質污染及土壤生態系統破壞等惡果；而面臨全球人口持續成長、新興國家對蛋白質需求增加等因素，安全農、漁產品及永續農、漁業成為 21 世紀最優先的目標，農、漁業的生產理念也由最大化轉為最佳化(台灣農業資訊科技發展協會，2009)。此外，全球暖化導致極端氣候 (extreme weather) 出現的機率增加，使得陸域及海域環境監測與預警的議題愈來愈受重視 (Morović, 2008)。近年來地球溫室效應引發的氣候不穩定性，層出不窮的天災及季節錯置位移所導致的水產養殖損失，讓漁民與業者更加重視即時性掌握養殖環境變化及事先防範的重要性，因此加速發展無線感測網 (wireless sensor network, WSN) 技術與落實應用於農、漁業領域確實有其必要性。

WSN 技術在各領域的應用已展現相當影響性。國內早於 2007 年由政府領頭開始推動此項技術。該技術除以 GPRS、3G 作為無線通訊網路層之外，架構於 IEEE 802.15.4 標準基礎上之中距離、低頻寬、低耗電之 Zigbee 協定，為 WSN 應用技術中最重要的通訊方式，其網路型態有 Star、Mesh、P2P 或其混

合等，早期已應用於農糧領域多年 (萬，2006；方與雷，2006；蕭，2007；江等，2009；蕭與方，2009；楊，2009)，後始有水產養殖應用之學理探討 (李與李，2008；寇，2008)。

本研究於 2010 年開始，創新研發養殖專用行動化 Zigbee 水質微氣候監測系統與布建，並實際應用於本所澎湖水產種原庫 (林等，2011)。2012 年起，進一步改良養殖專用之省電與行動化 Zigbee 監測模組與感測器及其監控管理系統，包括：機板 MCU 改為 PIC 系列之 8 位元單晶片、Zigbee Pro 韌體升級設計、提升水質電路板訊號穩定性之配線方式、增加繼電器電路板設計、擴充開發遠端監測反饋自動控制機能、改進機殼機構及支架機構設計等，並進行野外及現場長期測試。多年來，已提升系統之無線傳輸效能、穩定性及觀測功能。

本系統具小型化、低功耗、便攜性、多功能、低成本及高可用性等特性，除具技轉及實用價值外，應用上將有助於降低大範圍養殖場區分散式環境監測系統之建置成本、節省許多現場儀器量測之人力與時間，且以即時獲得的養殖水質微氣候觀測資料，可更精準的掌控繁養殖過程中的各項環境因素，減少因環境異常所造成之損失。

## 技術內容

本技術全新開發低成本魚塢養殖專用之省電與行動化 Zigbee 水質與微氣候監測模組及資料警示管理系統。包含 4 種水質電極整合電路板、Zigbee 終端路由器、Zigbee 協調器、LCD 螢幕設定顯示器、繼電控制板、單機版 (中介) 程式、監控網站等部分。監測項目除 GPS 位置、電力、訊號強度之外，主要進行溫度、溼度、照度等微氣候參數，以及整合水質感測電極，以接取水溫、鹽度、pH (酸鹼度)、ORP (氧化還原電位)、EC (電導度)、DO (溶氧) 等水質參數之監測。

除電極外，本系統硬體自行設計整合 Zigbee Pro 標準通訊元件、PIC 單晶片、4 種水質電極放大電路、警示與反饋自動控制機能 (4 個 Relay (繼電器))、協調器內建網頁伺服器等特殊功能電路設計。此外，整合水質電極無須外接各水質參數的顯示放大與運算表頭 (訊號轉換器)，而可直接將各水質電極接入本體。手持式、小型移動化、鋰電池供電與省電化、低價位等為本系統開發原則，且目前市面上並無類似一體成型產品，故具原創技術新穎性及市場競爭性。

## 產品功能與特性

### 一、硬體系統 (圖 1)

#### (一) Zigbee 終端/路由器 (EndDevice/Router)

1. 使用 Zigbee Pro 無線通訊模組。單一 Zigbee Pro 模組可建立 15 個 MAC 連結數，單一 Coordinator 協調器可同時連接 32 台終端/路由器。
2. 小型化：長寬高僅 12 × 10 × 8 cm。電壓輸入範圍 6—12 V。



圖 1 Zigbee 水質微氣候多點監控系統之 4 種硬體

3. 終端模式為省電模式，路由模式為非省電模式，兩者可切換。省電模式下除保留單晶片運作外，其餘元件等均進入休眠 (耗電小於 1 mA)。
4. 省電模式下移動/防竊偵測觸發訊號時可強迫喚醒運作。
5. 具 RS232 介面，可設定模組 PAN-ID、Channel-ID、Device-ID、Node-Type (終端 EndDevice 或路由 Router)、加密與否、傳送間隔時間長度、上列各感測元件資料警示上下限值等。
6. 可監看資料及直接燒錄 Zigbee 元件韌體及底板單晶片韌體。
7. 可直接接入 4 種水質電極 (pH、ORP、EC、DO)，並記錄各校正參數。
8. 內建溫度、濕度、光照度感測元件。
9. 可外接 GPS 或其他數位儀器。
10. 具紅色高亮度 LED 閃爍低電力警示及橘色 LED 閃爍感測資料警示、綠色 LED 傳輸資料。
11. 各感測元件可彈性對應 4 個 Relay，依感測警示上下限值輸出 Relay 訊號。

#### (二) Zigbee 協調器 (Coordinator)

1. 機板內建 10/100 Base-T RJ-45 網路功能，以相同 Zigbee Pro 無線通訊模組接收「Zigbee 終端/路由器」之傳輸資料後轉由 TCP/IP 網路埠送出。
2. 具不同 LED 燈號顯示電源、硬體異常、Zigbee 組網及資料接收與傳送等狀態。
3. 可監看資料傳輸與燒錄 Zigbee 元件韌體及底板單晶片韌體。
4. 內建網頁伺服器，可直接由瀏覽器設定網路參數、RS232 傳輸參數及 Zigbee 通訊參數。

### (三) LCD 設定顯示器

使用簡易鍵盤及背光 LCD 螢幕設計，主要用以設定「Zigbee 終端/路由器」及進行各水質感測電極之校正。

簡易鍵盤具上、下、左、右、確定、換頁等按鍵，用以輸入英數字、符號。LCD 螢幕可顯示 4 排各 20 個英文與數字，並可每分頁顯示多項資料。另具蜂鳴器。

### (四) Relay 控制板

具遠端監測反饋自動控制機能，與「Zigbee 終端/路由器」連接，依觀測參數警戒設定或由軟體系統送出之命令資料，手動或自動彈性觸動 4 個 Relay 的狀態。具備 4 組繼電器輸出端子 (NC、COM、NO)。具 LED 燈號，可顯示 Relay 狀態。

## 二、軟體系統

### (一) 中介程式 (圖 2)

1. 使用 C#.Net 設計、內含 MySQL。
2. 所有 Zigbee 模組感測資料分欄位寫入本機及網路端之 MySQL 資料庫中，兩者具比對及補送機制。
3. 負責接收「Zigbee 協調器」網路傳送資

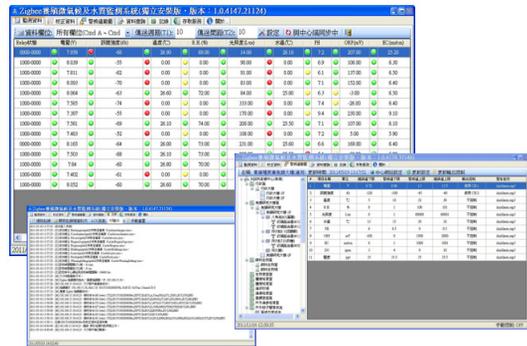


圖 2 Zigbee 水質微氣候多點監控系統之中介程式

料，同時回送感測資料警示上下限值、時間、傳送間隔時間、Relay\*4 控制位元資料至協調器轉回原終端設備。

4. 監測資料各文數字欄位資料均可排序及移動，並設計「群組資料欄位」下拉功能選單。
5. 監測值依據設定的警示範圍，以燈號顯示。校正資料可匯出。
6. 資料查詢使用下拉選單，可定義布爾運算的查詢條件，可「依接收時間」、「依設備編號」、「依所在區域」、「依各感測元件監測值」、「依 GPS」、「依 Relay」等。並提供 CSV 及 Excel 兩種檔案輸出功能。

### (二) 監控網站 (圖 3)

1. 主功能項目為監測資料、攝影畫面、養殖作業、歷史資料、區域資料、設備維護、系統管理等 7 大項。
2. 畫面使用 JavaScript 階層方式，可收合及全部展開。
3. 首頁設群組化 (拓樸式) 顯示設計，可點選某一個列終端設備資料後，依設備名稱、設備編號、MAC、魚池來進一步展示其近期的連續監測資料。各欄位均



圖 3 Zigbee 水質微氣候多點監控系統之監控網站

- 可隨意移動及設定顯示與否。
4. 提供影像儲存路徑或設定，以 HTTP、FTP (含帳密與路徑) 的方式取得，並可設定其區域配置、Google Map 與平面圖 (使用者上載，可放大或縮小顯示尺寸)。
  5. 查詢功能改良加強欄位統計、自訂計算式與資料探勘功能。
  6. 警戒設定中可選擇以燈號、email 傳送、音效 (可選 mp3、wav 檔案) 等方式警示。另可於區域資料中與各魚池相關連，亦可設定多個 Relay 定時開關時間範圍。
  7. 設備維護管理可提供終端設備校正之最新與歷史資料查詢及輸出的功能，可以使用拓撲關係、時間範圍或 MAC 等參數查詢。
  8. 系統管理中提供權限管理、系統紀錄、直接中介程式之安裝連結、線上備份與還原資料庫，以及可刪除系統中暫存檔案。指定區域與設備資料後可匯入其他非 Zigbee 之觀測資料。查詢匯出之資料亦須可正確匯入，可依時間與 MAC 排除重複資料。亦可於指定區域與設備資

料後，依時間範圍及間隔以監測警戒數值範圍亂數產生各欄位資料 (顯示與確認 SQL 語法)。

9. 系統可顯示 MVC 架構中相關版本與協作控制資訊表格。包括網站各資料表、Model、JavaScript 檔之最新版本號碼、匯入 SVN 版本、Controller、建構與修改日期、附註等訊息。
10. PDA 版本提供即時資料、查詢、作業登錄等簡易功能，並可變換解析度為  $480 \times 320$  或  $320 \times 240$ 。

以上所列各系統硬體詳細電氣規格，均可進一步參考表 1 所載。

## 結語

Zigbee 水質微氣候多點監控系統為一套養殖或水資源環境監測之 WSN 架構的解決方案。結合以 Zigbee (IEEE 802.15.4) 無線傳輸基礎之協調器及終端/路由器，配合連結於終端/路由器之微氣候 (含溫度、濕度、照度) 與水質 (含水溫、EC、DO、ORP、pH、鹽度) 感測器，組成一個可以彈性擴充與應用之 WSN 環境感測網路。搭配系統區域端中介軟體與中心端的監控網站及資料庫，可以完整記錄監測環境的變化。系統可配置至一般室內外水產養殖場域，提供多點即時警戒與控制功能，能降低監測人力與時間成本及減少因環境變化對產業造成的危害或損失。

本技術目前已通過農委會審查及正式公告 3 年非專屬授權。相關技轉訊息，請連結本所網站 ([www.tfrin.gov.tw](http://www.tfrin.gov.tw))，並進入「公告與活動」之「技轉公告」。

表 1 Zigbee 水質微氣候多點監控系統之電氣規格與配件

產 品	項 目	規 格
終端/路由器 (EndDevice/ Router)	外盒尺寸	L × W × H : 120 × 100 × 62 mm
	外盒材質	鋁製外殼，經陽極防鏽與噴砂烤漆處理 雙側板具防水膠條，感測器接頭使用防水迫緊頭
	供電及耗電	DC 5-12V 250 mA (Sleep Mode 耗電 200 uA) 7,200 mAH 鋰電池：174 hrs (連續)、60 days (1 min 間隔)
	感測器 (內建/外接)	照度：0-65,535 Lux ± 15%、解析度 1 Lux (IC, 內建) 溫度：0-50 ± 0.4°C、解析度 0.1°C 濕度：0-100 ± 3%、解析度 0.1% 白金電阻水溫：0-40°C、解析度 0.1°C DO 溶氧電極：0-20 ppm、解析度 0.1 ppm ORP 氧化還原電位電極：-1000-+1000 mV、解析度 1 mV pH 酸鹼度電極：0-14.0、解析度 0.1 EC 電導度電極：0-100 ms/cm、解析度 0.1 ms/cm 鹽度：0-100 ppt、解析度 0.1 ppt
	Relay 控制輸出	4 個 Relay 控制訊號 + 1 個 Relay 狀態 Latch 訊號
	串列介面	RS-232 × 1 (連結 GPS), RS-232 × 1 (除錯用)
	移動偵測	Wake up Input Pin × 1
	RTC	3V Battery Real-Time Clock × 1
	Zigbee	頻帶：ISM 2.4 GHz 16 Channel 傳輸率：250 Kbps, 輸出功率：+8 dbm, 接收靈敏度：-98 dbm 戶外無障礙距離：450 m (100%) - 600 m (90%) 通訊協定：IEEE802.15.4 Zigbee PRO Feature Set
協調器 (Coordinator)	外盒尺寸	L × W × H : 130 × 130 × 75 mm
	外盒材質	防水等級為 IP65 之半透明防水盒
	電壓輸入	DC 7-24V 500 mA
	串列介面	RS232 × 1 : 19200/8/n/1 (除錯用) ISP × 1 (協調器韌體更新用)
	網際網路傳送功能	PIC build-in LAN: 10/100 Mbps
	RTC	3V Battery Real-Time Clock × 1
	Zigbee	(同終端/路由器規格)
LCD 設定顯示器	外盒尺寸	L × W × H : 165 × 85 × 60 mm
	外盒	具保護外殼
	電壓輸入	DC 6-12V 500 mA
	LCD	黑白、背光，4 行 × 20 字，英數字型
	鍵盤	6 鍵 (上/下/左/右/ENTER/PG)
Relay 控制板	PCB 尺寸	L × W × H : 83 × 83 × 17 mm (含 Latch IC 設計)
	電壓輸入	DC 5V (端子台輸入)
	繼電器	5V 驅動繼電器 × 4 接點規格：10A/250V 15A/28V，COM/NO/NC
	LED	繼電器狀態指示 × 4
終端/路由器 周邊配件 (均含防水接頭)	外接式溫溼感應器	具保護外殼
	韌體更新連結線	使用 Microchip 燒錄套件，更新協調器或終端路由器韌體
	LCD 連結線	可與 LCD 設定顯示器連結
	水質電極連結線	4 組獨立：pH、EC、DO 與 ORP
	Relay 控制板及移動 偵測連結線	移動偵測可以連結微動開關，做為移動偵測或防盜之用途 Relay 訊號線可以控制 4 個 Relay
	其他連結線	2 組：1 組 DC 電源、1 組連接 GPS 或其他數位設備