

無線微型定位測溫浮球系統之設計 開發與應用

林志遠¹、呂逸林²

¹水產試驗所企劃資訊組、²澎湖海洋生物研究中心

前言

無線感測網路 (wireless sensor networks, WSN) 觀測技術因具有低成本、低功耗特性，目前國外已廣泛應用於水溫變化對於海洋藻類異常增生之評估 (Bondarenko et al., 2007; Sieber, 2008)、珊瑚礁連續監測 (Bromage et al., 2007) 及海域環境或棲地監測等各項領域 (Lu et al., 2012)。國內則有學者實作龍膽石斑養殖水質之溶氧 Zigbee 無線感測系統，具遠端監測警示功能 (王與張，2009)，惟 Zigbee 因通訊距離 (依功率約 300–2,000 m) 之限制，尚無法應用於沿海之遠距 (距基地台約 30 km) 監測。洪等 (2009) 嘗試建立一套結合 GPRS 無線感測器網路之嵌入式蓄水池水質即時監測系統，具穩定性高及可廣泛布署優點，但耗電量較高。

本所自 2010 年起，在澎湖吉貝嶼、海墘岩、東吉嶼及二崁、澎南箱網養殖區，建立 5 組太陽能大型底錠式或浮標式海洋水質水溫 WSN/GPRS 觀測站 (林等，2012)，提供即時的重要訊息與警訊供政府與養殖業者參考，並於 2011 年初將觀測之澎湖海域寒害前異常海溫狀況通報澎湖縣政府及漁民業者採取因應措施 (呂等，2012)。然而大型固定式海洋觀測站在澎湖長期強風及颱風環境下，

建置與維護經費及人力成本均相對較高。

基於上述理由，本研究近三年來積極開發低成本、省電化、自記式與自動警示等多功能海用微型定位測溫浮球，可於沿海以定點或漂流方式，利用 GSM/GPRS 即時且連續傳輸水溫、剩餘電力及衛星定位等資料，並持續進行實際應用及針對機構防水、續電力及多水層感測電路進行改良。此外，亦建置完成監測警示網站與查詢系統。運用本系統，將有助於澎湖海域之即時動態水溫分布觀測，以作為箱網養殖產業在異常寒害時之決策支援背景資料。

材料與方法

一、電路主機板開發

以單晶片設計迷你尺寸 (長寬各 8 cm) 電路主機板，並規劃有 5 個主要功能：(1)微處理器：使用 MicroChip 8 位元 PIC-16F886 單晶片；(2)資料傳送：使用 GSM/GPRS 通訊模組；(3)衛星定位：使用高精度 15 頻道 GPS 衛星定位模組；(4)儲存：使用 8GB 容量 MicroSD (TF) 記憶卡插槽；(5)輸出入：除 2 組 AIO 等介面之外，共使用 3 組水溫感測之數位介面。本感測模組使用 SHT75 高精度溫濕度 Sensor-IC，密接於下半浮球內之底

部以及穿透上半球並分別延伸至兩邊球體至水下 6 m 及 10 m 長，可直接輸出溫濕度數位資料，溫度量測範圍-40—125℃、精確度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ，濕度量測範圍 0—100% RH、精確度 $\pm 2\%$ RH。溫度部份經與高精度的 PT-1000 白金溫度計（誤差 0.01°C 以下）比較，其差異量平均值在 0.3°C 以內，符合規格標準（林等，2014）。

二、通訊協定與軟體環境

GPRS 無線網路傳送資料及記憶卡記錄資料欄位包括：SIM 卡 IMEI 內碼、時間間隔值、剩餘電壓值、GSM 訊號強度值、GPS 定位資料（日期、時間、經度、緯度、定位狀態）、3 項溫濕度感測等資料。TCP/IP 封包回授指令包括修改設定前置延遲時間、傳送時間間隔、遠端 IP 位址等。此外，接收端中介軟體及網站系統均使用 Microsoft Visual Studio 環境進行設計，資料庫則使用 Microsoft SQL Express 版本。

三、浮球機構

為節省成本，本裝置外殼部分使用市面現有之耐衝擊、不易變形、不受氣候影響、抗 UV 之 21 cm 直徑 ABS 材質漁具浮球。選用的浮球半成品之上半浮球設計有兩組 IP68 防塵防水等級的電纜迫緊頭，以進行充電、韌體燒錄及資料連線設定與傳輸。

四、電力

浮球內部使用可充電式鋰電池，由 12 顆 3.6 V、2,900 mAh 的鋰電池，以並聯方式組裝成 3.6 V、34,800 mAh 的電池組，內建具過充及低電壓保護之電路。

五、防水測試

本浮球使用 IP68 防水防塵等級的迫緊

接頭，為驗證監測浮球組裝後至少達到 IPx7 防水等級，本研究依據 IEC IP-Code 國際標準 (IEC, 2001)，進行水下 1m 深度、放置 30 分鐘之測試，並於實驗前後將浮球停留在水面上，以觀察其訊號發射狀況與球體內濕度變化。

六、澎湖海洋箱網養殖場布放測試

為測試浮球實際海上環境作業，2014 年 12 月至 2015 年 2 月間，於澎湖西嶼二崁村之天和養殖場（海上面積約 24 公頃）的海上箱網區放置一 WSN 浮球，其位置如圖 1，以觀測該海域冬季之各水層水溫即時動態，並觀察浮球在海上受風浪與強風之防水效果。



圖 1 澎湖二崁箱網區浮球設置地點

組裝測試與應用

一、浮球機構整合

先於半成品塑膠浮球之下半球內置入電路主機板、配件及鋰電池，使用 PU 發泡填縫劑固化固定，另在上半球鎖入 IP68 防水接頭並使用螺絲膠將防水接頭外圍點上，可以更緊密的固定在球體上並提高防水性，再協調浮球原廠使用特殊大型熱熔接機具進行上

下半球之高溫完全黏合，其球體系統成品、內部配件電路主機板及鋰電池如圖 2。此外，浮球系統之各部構造剖面、外殼機構、配線工程、延伸外部 6 m 及 10 m 水溫感測線及定位通訊方式等結構示意詳如圖 3。

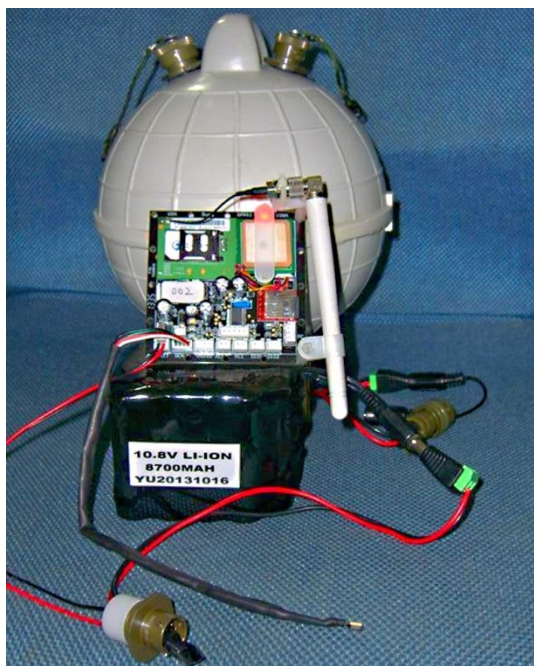


圖 2 WSN 微型定位測溫浮球實體成品及內部配件

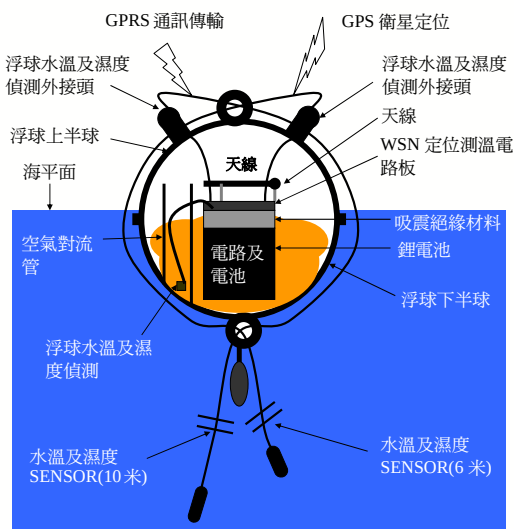


圖 3 測溫浮球剖面配置及運作方式示意圖

二、監測網站資料庫系統

本網站系統使用 MS-SQL Express 資料庫，並設計以下主要功能：(1)管理介面包括：權限密碼設定、水溫上下限警示值、剩餘電壓警示值管理、警示收件人 email；(2)使用者權限：檢視所有使用者帳號、名稱及登入權限；(3)顯示設定：以表格顯示已設定的警戒值範圍及警戒值通知人信箱表格；(4)即時資料：Device-ID、GPS 日期/時間、接收時間、水溫、濕度、剩餘電壓值、GSM 訊號強度值、時間設定值並且結合 GoogleMap 位置繪圖等功能 (圖 4)；(5)歷史資料查詢與匯出。



圖 4 監測浮球網站資料庫系統之即時資料網頁

三、省電設計及電力計算

浮球內電路板使用省電架構設計，並區分二種時段模式：運作模式 (Operating Mode) 與休眠模式 (Sleep Mode)。在運作模式下，MCU、電路零件、GPS 模組、Sensor-IC 模組、MicroSD 模組及 GPRS 模組均將耗電，而在兩筆資料傳送間隔中間的省電休眠模式時，除保留基本 MCU 單晶片運作外，其餘通訊元件與感測元件等均為斷電狀態，以節

省電池消耗，當到達設定的觀測時間，將會被喚醒運作。

經儀表量測，以連續休眠耗電 0.06 mAs、30 秒總運作耗電 6,600 mAs 等常數條件，若設定 10 分鐘傳送一筆資料，理想狀態下本裝置約可使用近 4 個月。若設定 30 分鐘傳送一筆資料，則本裝置約可使用 1 年以上（如表）。

測溫浮球耗電計算與使用天數比較表

資料傳送 時間間隔	運作耗 電 mAs	休眠總 耗 電 mAs	每次總 耗 電 mAs	電池電 力 mAh	可用 次數	可用 天數
1 分鐘	6,600	1.8	6,602	34,800	18,977	13.2
2 分鐘		5.4	6,605		18,966	26.3
5 分鐘		16.2	6,616		18,935	65.7
10 分鐘		34.2	6,634		18,884	131.1
20 分鐘		70.2	6,670		18,782	260.9
30 分鐘		106.2	6,706		18,681	389.2
1 小時		214.2	6,814		18,385	766.0

四、海上訊號強度實測

使用海安號試驗船於馬公港出海，將浮球置於船上，搭配中華電信 GPRS 通訊，以每 20 分鐘為資料傳輸間隔進行訊號測試及資料即時傳輸，可觀測浮球於該海域移動時之訊號穩定性及訊號強度。圖 5 分別是至澎湖最北邊的吉貝嶼（左圖）與最南邊的東吉嶼（右圖）的測試情形。顯示澎湖周邊海域之中華電信 GPRS 訊號穩定、資料未中斷，且不會因移動而不穩定。

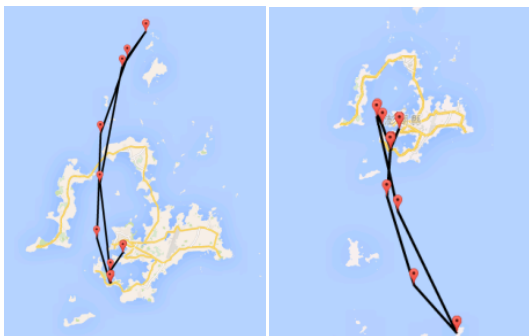


圖 5 澎湖群島最北邊吉貝嶼（左圖）及最南邊東吉嶼（右圖）的隨船訊號航跡圖

五、浮球系統防水驗測

由於 GPRS 在水下無法傳送資料，因此在浮球 IPx7 測試下潛前，先確認浮球通訊正常（-67dBm）。測試過程之水下訊號強度為 0，測試完成上浮後的訊號強度約在 -71—-51 dBm 之間，與實驗前訊號強度相當（圖 6）。因此，整體浮球之防水防護佳，測試前後訊號穩定，且浮球內部濕度保持在 15%，代表外露的 2 個 Sensor 接頭防水性良好，受水壓下並未造成浮球內部濕度上升現象。通過 IPx7 的驗證過後，將可提高海上實測及應用之實用性與安全性。

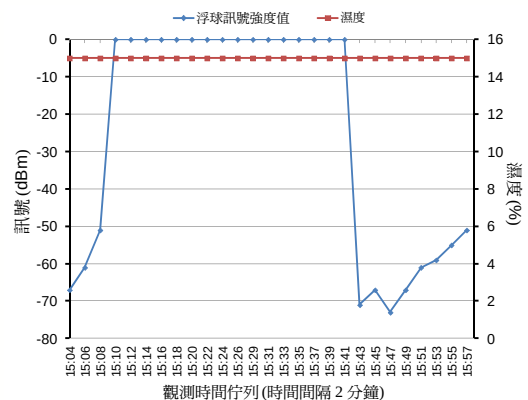


圖 6 浮球系統 IPx7 防水驗測

六、澎湖箱網養殖區之布放與分析

多水層的浮球測溫可同時比對海水中各水層的溫度變化及不同深度對溫度的影響。浮球三組水溫 Sensor 共分成 0 m（浮球內部）、6 m、10 m 三種深度進行觀測，後兩者溫度較不受大氣環境及日照影響。

歷年來，澎湖低溫及寒害大多出現在冬天 12 月底至 1 月底。本次觀測（圖 7）自 2014 年 12 月 29 日至 2015 年 1 月 31 日。其中 0 m 深度的溫度變化，受環境影響（日照、風速、

寒流低溫等) 非常大, 整體平均日均溫大約為 16–21°C 範圍、平均值為 17.34°C、標準偏差為 1.37°C, 且特別有日周期性 (近正午時較高) 現象。而 6 m 及 10 m 深度觀測水溫平均 18.6 及 18.43°C, 標準偏差為 0.51°C, 期間均未達到以往寒害 12°C 警示標準, 甚至反有暖冬現象。另外, 經惡劣海象衝擊後, 球內濕度觀測資料雖有上升 (24–28%), 仍位於安全範圍內。

本浮球水溫監測網站系統已將該地區箱網養殖業者手機及 email 設定為警示通知對象, 提供即時警訊及權限查詢, 可隨時提供業者即時之各水層水溫觀測資料, 以有效對寒害進行警訊, 獲業者極為正面之迴響。

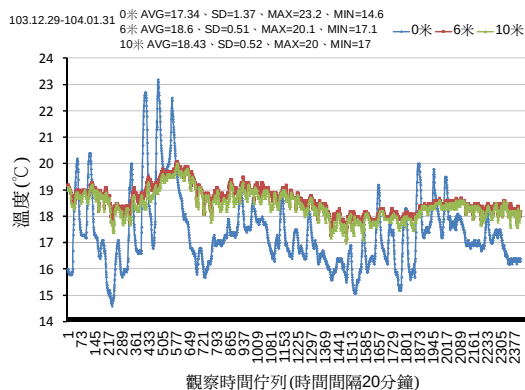


圖 7 澎湖二坎箱網養殖區之多水層浮球水溫觀測資料分布

結論與展望

目前小型海洋環境參數觀測之產品並不多, 國外產品 (如 AXYS Technologies Inc., Datawell BV Inc., MetOcean Data Systems Inc.等公司) 之尺寸體積多半偏大 (直徑約

60–100 cm 以上), 其優點為: 具備 GPS 定位功能、觀測參數多 (水溫、氣壓、波浪、海流、聲納等)、具衛星通訊及一般無線通訊選用能力、外部機構造型流線且防水性佳、可安置更多電池及儀器。但缺點為多使用充電式電池, 且耗電性大致續航力差, 以及價格昂貴等。比較之下, 本研究開發之 WSN 微型測溫浮球主要特點為體積小、易攜帶、易回收、低耗電、易操作、多用途 (定點或漂流) 等, 特別是製作材料與工資成本 (2 萬元以下) 僅國外產品價格的 5% 以下, 甚至可規劃為拋棄式海流觀測用途。

本研究已開發並持續改良軟體設計, 不僅提升電池續航力、增加多水層深度測量、更換防水接頭以降低成本, 未來將朝通訊、多觀測參數、使用模具生產外殼機構, 以及使用太陽能充電等四方面進行改良, 包括可使用近端藍芽通訊、遠程衛星通訊或是 UHF 訊號結合通訊, 並整合多參數水質電極、微型魚探機偵測魚群數量或是水下攝影機等功能。另外, 浮球將進一步導入模具客製設計生產以提高防水性、操作方便性及上述整體功能提昇, 亦可加裝太陽能板產電自用且達到持續自動供電之目的。

本測溫浮球初期將布放於澎湖海域, 整合本所建立的 5 組大型固定式海洋 WSN 測站資料、生物資料 (珊瑚礁白化調查) 及氣象資料, 進一步探討各類因子彼此之間的交互作用, 希望結合 WSN 即時性及資料探勘分析技術, 來建構相關的預警模式, 藉此減少氣候變遷可能衍生的災損, 並提供更多元且可信賴的訊息, 提供管理者決策時之參考。