

應用水下 RFID 技術於魚類 監測之先期試驗

林志遠¹、高志忠²、黃家富³、張博光²、陳世欽¹、劉富光³

¹水產試驗所企劃資訊組

²工業技術研究院辨識與安全科技中心

³水產試驗所淡水繫養殖研究中心

前言

本所為保育重要水產生物的遺傳資源、維護遺傳歧異度，以利發展水產高科技產業、強化我國漁業及相關產業的國際競爭力，於 2000 年奉行政院核定籌建國家水產生物種原庫，並列入政府中長程公共建設計畫，2001 年度起正式編列預算實施。於 2005 年完成國家水產生物種原庫鹿港、澎湖兩支庫，並於 2007 年起接續建置東港主庫及台東支庫。為提升本所國家水產種原庫種魚管理營運作業上的效率及精準性，本所於農委會「建構 RFID 與二維條碼於農產品安全追溯管理之策略研究及應用」之 E 化領域重點優先執行之科技計畫支持下，規劃於 2008—2009 年間，利用非接觸性無線電波傳送識別資料特性，研發種魚之 RFID (Radio Frequency IDentification, 無線射頻識別系統) 監測管理系統，以自動化辨識及資訊化的作業流程，結合 RFID 通信設備及資料庫管理軟體，建立種魚養殖生態習性觀測系統，以利研究者記錄及查詢使用，並逐步擴大推廣於民間種魚場及活魚產銷供應鏈之中。

RFID 自從在二次世界大戰被推出後，應

用越來越廣泛，其特點為精度高、適應環境能力強、抗干擾、操作快捷、可以同時識別多個電子標籤及高速運動的電子標籤等。RFID 技術之原理為利用無線射頻方式在閱讀器和射頻卡之間進行非接觸雙向數據傳輸，以達到目標識別和數據交換的目的。與傳統的條型碼、磁卡及 IC 卡相較，RFID 電子標籤又具有非接觸、閱讀速度快、無磨損、不受環境影響、壽命長、便於使用等特點。目前 RFID 系統已被廣泛應用於產業自動化、商業自動化、交通運輸控制管理等眾多領域。

最基本的 RFID 系統由 4 部分組成：(1) 電子標籤 (Tag)：由耦合元件及晶片組成，標籤含有內建天線，用於和射頻天線間進行通訊；(2) 讀寫器：讀取及寫入標籤資訊的設備；(3) 天線：在標籤和讀取器間傳遞射頻訊號；(4) 應用程式系統：透過閱讀器的 RS232 或 RS485 介面與外部電腦連接，進行數據交換及應用。

RFID 已被視為本世紀最重要的前十大技術，有人以「二次 IT 革命」來形容此技術的潛能及發展性，可創造出無限的商機。因此，我國亦早已規劃加入產業推動行列之

林。行政院經濟部為推動我國 RFID 產業之發展，於 2006 年成立「無線射頻辨識系統推動辦公室」，協助公領域相關單位規劃無線射頻辨識系統應用及研擬各相關計畫關鍵績效指標，及跨部會整合工作。2006 年由承辦單位資策會及工研院共選定 5 項公領域包括居家與公眾安全、貿易通道安全、航空旅運應用、食品流通履歷追蹤及健康與醫療應用，成立整合型計畫，作為推動先導示範作用。2007 年則推動 4 項公領域包括衛生署藥品管制、台中市政府檔案管理、農委會花卉拍賣運銷、林務局山區林木管理，其中工研院另追加一項與本所合作案，以協助本所於正式研究計畫啟動前之先期概念驗證，以便確認其可行性。

驗測合作案係由本所企劃資訊組、淡水繁養殖研究中心及該辦公室執行團隊之一「工研院辨識與安全科技中心(原名 RFID 辨識中心)」共同合作進行「水中 RFID 頻率選擇」、「靜態讀取距離測試」、「環形水道魚體標籤讀取性能測試」及「魚池天線配置及動態讀取性能測試」等項目。

水中 RFID 頻率選擇

RFID 常用的頻率有低頻 (LF, 25 KHz、134.2 KHz, 標籤如圖 1)、高頻 (HF, 13.56 MHz、433 MHz, 標籤如圖 2) 及超高頻 (UHF, 860–960 MHz、2.4 GHz, 標籤如圖 3) 等，不同頻率的應用範圍與情境各不相同，在水下的效能也有很大的差異性。

為瞭解不同頻段 RFID 設備及標籤在水中的讀取性能，利用一 35 cm 長 × 16 cm 寬

× 20 cm 高之玻璃水缸進行測試 (圖 4)，將 RFID 讀取天線架設在水缸左側緊貼玻璃表面，將標籤放置在水槽中，正對讀取天線正中心，量測標籤之可讀取最大距離，可得表 1 讀取結果。



圖 1 LF 標籤外型(長 8-23 mm、直徑 2-4 mm，封裝材質：玻璃圓管)



圖 2 HF 標籤外型(3 cm 正方~7x5 cm，貼附材質：紙或 PVC 等)



圖 3 UHF 標籤外型(尺寸：7x2 cm 以下，貼附材質：以紙為主)

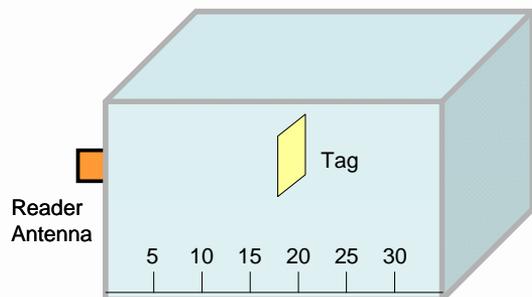


圖 4 不同 RFID 頻段水中讀取距離測試示意圖

表 1 RFID 各頻段(UHF、HF、LF)之水中讀取距離測試

| 頻段 | RFID 讀取器型號 | RFID 標籤型號 | 空氣中讀取距離(cm) | 水中讀取距離(cm) |
|-----|------------|-----------|-------------|------------|
| UHF | MC9090 | ALN-9540 | 840 | X |
| UHF | XR480 | ALN-9540 | 205 | X |
| HF | EV-100 | 15693 | 10 | 6.5 |
| LF | LF-2000 | WRHP-20 | 40.2 | 35+ |

其中，UHF 頻段易受水與金屬的影響，在水中以固定式讀取器及可攜式讀取器均無法讀取；HF 系統在水中之讀取距離，由大氣中之 10 cm 縮小為 6.5 cm，受水的影響很大；LF 標籤在水中的讀取距離大於測試水槽的 35 cm，受水的影響最小。就以上的分析與實際測試之結果，決定採用 LF 的系統作為水下魚類監測之 RFID 系統。事實上，目前國際上使用在畜牧業與動物晶片之 RFID 也已採用 125KHz (Type A FDX) 與 134.2KHz (Type B HDX ; FDX-B) LF 頻率及 ISO11784、ISO11785 等通信標準規範。

低頻(LF)系統靜態讀取距離測試

本測試所採用的天線電感值為 31.8 uH，傳輸線之電容值為 55 pF，根據公式計算 C_{res} 為 40.415 nF，而 C_{tunb} 為 38.16 nF。換言之，將天線調頻模組之電容值調整到 38 nF，將可得最佳通訊效果。為確認上式所得到的電容值可獲得最佳的通訊效果，以量測天線調頻模組在不同的電容值狀態下，標籤可被讀取得的最遠距離，製作一刻度工作台，左側放置感應天線，標籤 (TI RI-TRP-WRHP-20) 則放置在天線的中心點，延法線方向向外移動，至標籤無法被正常讀取，並記錄下標籤可被讀取的最遠距離。

經篩選配對選擇不同讀取器及電子標籤組合，以進行最大讀取距離測試。由測試結果得知 (表 2)，以 TI (德州儀器) 之讀取器及電子標籤組合之讀取距離最大。此外，當天線調頻模組上的電容值增加，標籤可讀取距離也相對增加，當電容值達到 38 nF，讀取距

離可達 402 mm，但若將電容值增加至 45.5 nF 時，因產生的共振頻率超過讀取器所能感應的範圍，則反而無法讀取標籤。

表 2 各廠牌 RFID 電子標籤讀取距離測試結果

| 讀取器廠牌 | 電子標籤廠牌 | 電子標籤 ID | 最大讀取距離 (mm) |
|--------|---------------|------------------------|-------------|
| TI | TI | 7579 0165 | 402 |
| Watron | Watron 18.5mm | 0000 0026 | 75 |
| | Watron 12mm | 0900 0230 4201 0864 | 63 |
| | Biomark | 865857 | 97 |

環形水道魚體標籤讀取性能測試

本項測試先設計製作一壓克力之長 150 cm、寬 100 cm、高 27 cm 的橢圓型環形水道測試平台 (圖 5)。平台長邊一側中央設一插槽，可將製作好的長方框型 (長 30 cm × 寬 15 cm) 低頻 LF 讀取天線固定。同時使用吳郭魚為測試魚種，當魚體通過天線時，觀察魚體內的標籤是否被讀取 (圖 6)。每次測試魚體通過天線 10 次，記錄成功讀取的次數，可得魚體植入標籤後的讀取率。

另為瞭解標籤注射植入魚體中之部位對水中實際讀取性能之影響，將四種不同廠牌型號的 LF 電子標籤分別植入魚體的三個不同部位 A、B、C 如圖 7 所示，A 為魚體背部背鰭部位，B 為背鰭後段靠近尾柄部位，C 為魚體的腹腔部位。植入時，令標籤方向與魚體方向平行。

測試時分別將植入不同廠牌標籤與不同位置的魚隻放入測試平台，並將讀取天線與適當之讀取器連結，每次組合使魚隻通過讀取天線十次，可獲得測試結果如表 3。

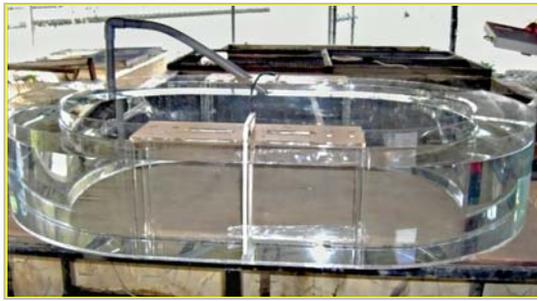


圖 5 環形水道動態讀取測試平台



圖 6 吳郭魚活體通過水中感應線圈之情形

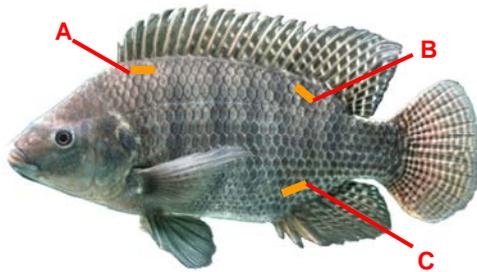


圖 7 魚體標籤植入位置示意圖

表 3 動態測試結果

| 電子標籤廠牌 | 電子標籤ID | 植入位置 | 讀取率(%) |
|---------------|-----------|------|--------|
| TI | 0000 0001 | A | 100 |
| | 0000 0002 | B | 100 |
| | 0000 0003 | C | 100 |
| Watron 18.5mm | 0000 0027 | A | 100 |
| | 0000 0029 | B | 100 |
| | 0000 0030 | C | 100 |
| Watron 12mm | 0900 0230 | A | 100 |
| | 4201 0449 | | |
| | 0900 0230 | B | 100 |
| | 4201 0325 | | |
| Biomark | 0900 0230 | C | 100 |
| | 4201 0912 | | |
| | 487788 | A | 100 |
| | 881728 | B | 100 |
| | 872985 | C | 100 |

由表 3 之測試結果可知，標籤之植入位置對於讀取效果並無影響；標籤在植入魚體後，在魚隻的正常活動狀態下，均可被成功讀取。

魚池天線配置及動態讀取性能測試

本項測試係於小型養殖池（約長 2 m × 寬 4 m）內配置 RFID 天線兩支於長邊兩側，如圖 8 所示。由於目前之讀取器只能於同一時間讀取一個標籤，所以魚池內只放置一尾在背鰭附近植入 TI 電子標籤的吳郭魚。



圖 8 動態讀取性能測試之養殖池及天線配置圖

測試時使用兩組 TI 讀取器及天線之內部連續讀取功能，以連線電腦針對同一時間所讀取之兩組資料（分別經由 COM1 及 COM6 串列埠介面）進行紀錄及儲存，其資料格式可轉換為 EXCEL 檔。由所記錄的 COM1 及 COM6 資料切換的時間差，可概略得知魚體的移動速度。

4 天試驗期間總共記錄數萬筆資料，由於資料內容龐大，因此擷取前 15 筆資料如表 4。在近半小時期間，魚體在兩支天線感應範圍內之移動時間差，可小至數秒或大至數分鐘。事實上，由原始數據的初步分析，攝餌期間、悠游期間或日夜間等，諸多環境狀況

均會影響其移動特性，而未來亦可進一步分析其活動範圍與活動力是否良好。

表 4 實際測試結果部分數據列表

| 資料序號 | 讀取天線 | 讀取時間 |
|------|------|---------------------|
| 1 | COM6 | 2008-03-20 16:00:02 |
| 2 | COM1 | 2008-03-20 16:03:23 |
| 3 | COM6 | 2008-03-20 16:03:58 |
| 4 | COM1 | 2008-03-20 16:12:33 |
| 5 | COM6 | 2008-03-20 16:13:19 |
| 6 | COM1 | 2008-03-20 16:16:08 |
| 7 | COM6 | 2008-03-20 16:16:37 |
| 8 | COM1 | 2008-03-20 16:17:36 |
| 9 | COM6 | 2008-03-20 16:18:54 |
| 10 | COM1 | 2008-03-20 16:19:09 |
| 11 | COM6 | 2008-03-20 16:21:34 |
| 12 | COM1 | 2008-03-20 16:24:01 |
| 13 | COM6 | 2008-03-20 16:25:14 |
| 14 | COM1 | 2008-03-20 16:25:25 |
| 15 | COM6 | 2008-03-20 16:26:44 |

結論

本驗測合作案已順利並成功完成「水中 RFID 頻率選擇」、「靜態讀取距離測試」、「環形水道魚體標籤讀取性能測試」及「魚池天線配置及動態讀取性能測試」等驗測項目，並獲致重要結果，亦即 RFID 技術證明實際可應用於水中活體魚類之動態監測。

現行魚類養殖與配種作業時，需大量人力配合各種魚類生態與習性進行紀錄，同時為取得正確魚類生態，也必須耐心、細心的清點與分辨各種魚類，因此影響養殖配種的效率與進度。本所水產種原庫未來將導入 RFID 系統，藉此改善傳統管理模式，將 RFID 標籤植入或掛載於所需觀察之魚類內，在記錄與觀察各種魚類生態與習性時，以水中固定式天線及讀取器便能快速清點魚類數量、

觀察魚類的活動能力，使魚種數量、位置、活動能力，各項魚類相關資訊均較能正確且快速地被整合於管理系統中，方便專案管理人員隨時掌握魚類資訊，以有效提升水產種原庫的管理及營運效率，並可建立更完善的種魚養殖生態監測與管理系統 (圖 9)。

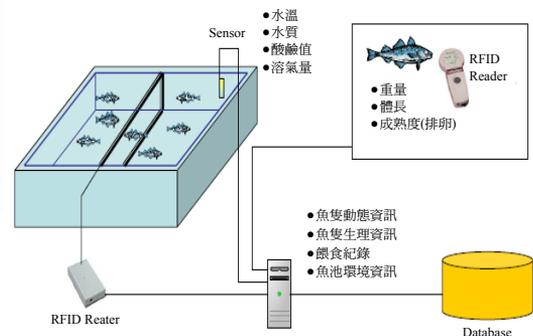


圖 9 導入 RFID 之種魚養殖生態監測與管理系統示意圖

隨著我國農漁畜產品產銷履歷制度的立法與推動，最近 RFID 開始應用於 TGAP 產品的生產管理與流通管理上面。目前有活魚儲運商使用一般流通用高頻 13.56 MHz 的大型 TAG，以尼龍繩結附在活魚嘴鰓間後直銷餐廳及飯店。該方式之魚體需離水極近距離 (約 3 cm 以內) 讀取資料，與本所未來研發以低頻之水中微型 TAG 直接較長距離感應天線技術及相關應用有所不同。另國外近年來也曾使用水中低頻 RFID 於野生及養殖魚類，例如鮭魚於淡水河川中生態及成長率的監測、鱒魚族群估計成長特性、沿岸養殖鯊魚的飼育生態等監測。但其各部分技術、機構、電料模組零組件及成本效益比，亦有許多值得改進之處，而低頻反碰撞、多標籤同時讀取、多天線自動切換之技術研發，亦為未來本所 RFID 研究計畫之研發重點。