

# LoRa 無線傳輸自動化監測 以烏山頭水庫為例

三聯科技股份有限公司 / 謝志龍

LoRa (Long Range) 無線傳輸技術在各行各業應用範圍十分廣泛，其低功耗與長距離傳輸的技術特色，解決了早期自動化監測系統在建置上對於電源取得困難及儀器訊號線路維護不易的問題，LoRa 無線傳輸自動化監測為近年台灣大地工程監測系統設計與規劃的主流。

## 一、IoT 物聯網

IoT 物聯網 (Internet of Things, 簡稱 IoT) 的組成一般可分為三層架構，包含前端感測儀器層、中端無線通訊層及後端資料記錄層，圖 1 為 IoT 物聯網架構，下文以大地工程監測領域分別說明：

### (一)、前端感測儀器

大地工程監測感測儀器拜科技進步之賜，感測儀器生產製造技術突飛猛進，現今的感應元件已將體積縮小且大幅降低費用，因此在設計自動化監測系統時，監測儀器佈建數量可以依需求做更有效的規劃。表 1 為目前常用的感測儀器型式，圖 2 為各種感測儀器型式照片。

### (二)、中端無線通訊

通訊傳輸技術的發展則更是快速，行動通訊從 2G、3G、4G 以至最新的 5G，而無線通

訊早期以 Wi-Fi、Bluetooth 及 ZigBee 為主，近年則以低功耗廣域網路 LPWAN (Low Power Wide Area Network) 的 LoRa、NB-IoT 及 Sigfox 最受矚目，表 2 為目前常用的無線通訊技術功能比較。

### (三)、後端資料記錄

所有現地量測的監測數據，最終皆需要透過後端軟體進行資料儲存、換算物理量、曲線繪製、報表匯出及管理值告警通知等工作，依目前的電腦運算能力，這些工作皆能在幾秒鐘內完成，即時呈現監測結果，提供監測管理人員做為判斷的依據，目前主流的監測軟體開發多數採用 WEB 版網頁化雲端監控方式，透過各種智慧型裝置或電腦，即可登入並即時觀看監測數據。

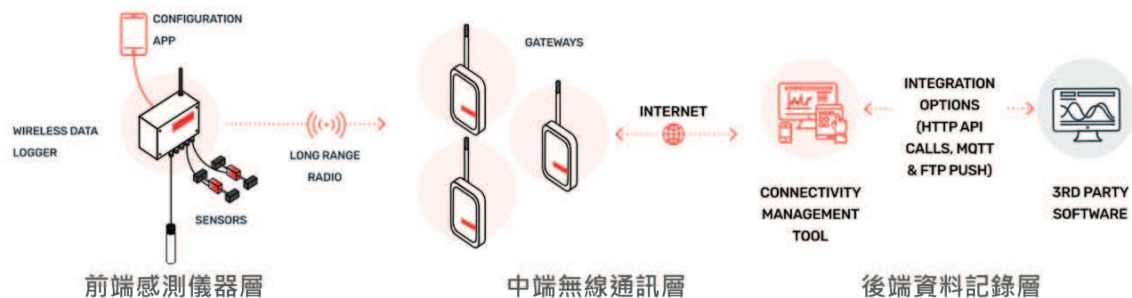


圖 1. IoT 物聯網架構 (資料來源：Worldsensing 網站)



圖 2. 各種感測儀器形式照片 (資料來源：Sanlien 網站)

表 1. 常用的感測儀器型式

感測儀器型式		常用的監測儀器
振弦式	Vibrating Wire Type	水壓計、應變計、鋼筋計、荷重計、裂縫計
電阻式	Full Wheatstone Bridge Type	水壓計、應變計、鋼筋計、荷重計、裂縫計
電位式	Potentiometer Type	位移計、角度計
電壓式	Voltage Type	傾斜計、水位計、加速度計
電流式	Current Loop Type	傾斜計、水位計
脈衝式	Pulse Counter Type	雨量計
數位式	Digital Type	電子式傾度儀

**表 2. 常用的無線通訊技術功能比較**

無線通訊種類	功耗	傳輸速率	傳輸距離
4G	高	100M-1G bps	≥ 5km
Wi-Fi	高	300M bps	100-300m
Bluetooth	中	24M bps	10-100m
ZigBee	低	250K bps	50-300m
LoRa	低	300-50K bps	≥ 10km
NB-IoT	低	50K bps	≥ 10km
Sigfox	低	100 bps	10-30km

## 二、LoRa 無線傳輸技術

LoRa (Long Range) 是使用 LPWAN 協定及展頻技術所開發的物聯網通訊技術，其技術特性包含長距離傳輸、低功耗、大容量、抗干擾等優勢，LoRa 架構類似區域網路服務的概念，其系統設備包括含有 LoRa 晶片的記錄器 (Node) 及終端收集主機 (Gateway)，Node 與 Gateway 間通訊在台灣是使用不需申請許可的 920~925MHz 低功率廣域物聯網射頻器材頻段。Gateway 具有大容量接收節點的優勢，通常 1 台 Gateway 可接收幾百台 Node，而且 Node 與 Gateway 間通訊可以單向溝通，亦可雙向溝通，傳輸距離在通視空曠的地方可達 10 公里以上，在都市環境亦超過 2 公里。所有 Node 量測資料，係透過 Gateway 對外的網路 (4G 或 ADSL) 或內網上傳到資料庫。另外在低功耗的表現，以 LoRa Sensing VW Node 為例，使用 1 顆 3.6V 鋰電池，量測頻率為每小時 1 次，通常可提供 3 年以上工作電力。圖 3 為 LoRa 無線傳輸自動化監測示意圖。

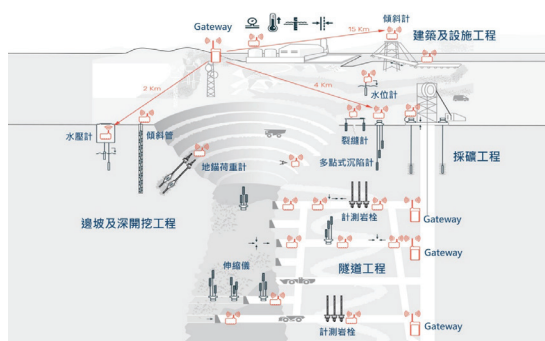


圖 3. LoRa 通訊傳輸示意圖  
(資料來源：Worldsensing 網站)

## 三、烏山頭水庫新設 LoRa 無線傳輸自動化監測案例說明

烏山頭水庫位於臺南市六甲區與官田區交界、曾文溪北支流官田溪上，於 1920 年興建，1930 年完工，主要水源來自曾文水庫之放流水，於曾文溪東口堰攔引經 3.1 公里烏山嶺隧道西送至西口堰調節後由喇叭口溢流管自由溢流入庫，供應臺南地區公共給水與嘉南大圳廣大灌區灌溉用水之需。

烏山頭水庫主壩採「半水力淤填」式 (Semi-Hydraulic Fill Method) 構築，是台灣唯一採取此工法的水庫，其壩高 56 公尺，壩長 1273 公尺，為維護水庫安全而設置自然溢流陡槽溢洪道，入口寬度 124M，出口寬度 18M，側牆高 4.5M，長度約 636M，最大溢流量 1500m<sup>3</sup>/sec。為了解並確保溢洪道結構周



圖 4-a. 烏山頭水庫主壩



圖 4-b. 烏山頭水庫主壩



圖 4-c. 溢洪道上游方向

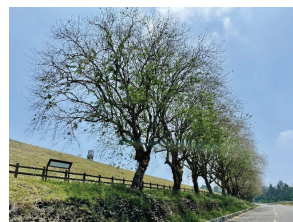


圖 4-d. 溢洪道下游方向

圖 4. 為烏山頭水庫主壩及溢洪道現場照片



邊安全，故於 2022 年新建置 2 處溢洪道「水位監測系統」及 4 處溢洪道「結構物傾斜監測系統」。圖 4 為烏山頭水庫主壩及溢洪道現場照片。

由於溢洪道地理位置離監測辦公室約 2 公里，且現場無電源提供，考慮環境限制及經費等因素，故決定採用 LoRa 無線傳輸自動化監測方式執行本計畫工作。溢洪道新建置的水位及傾斜 LoRa 監測設備使用鋰電池供電，每小時量測 1 次可運作超過 3 年以上，量測資料透過 LoRa 無線傳輸到 Gateway 終端收集主機，主機再透過既有的光纖電纜傳送到監測辦公室的電腦主機。本案水庫監控資訊平台採用 WEB 版網頁軟體開發，其功能包含平面位置圖即時安全狀態燈號及物理量計算結果顯示、

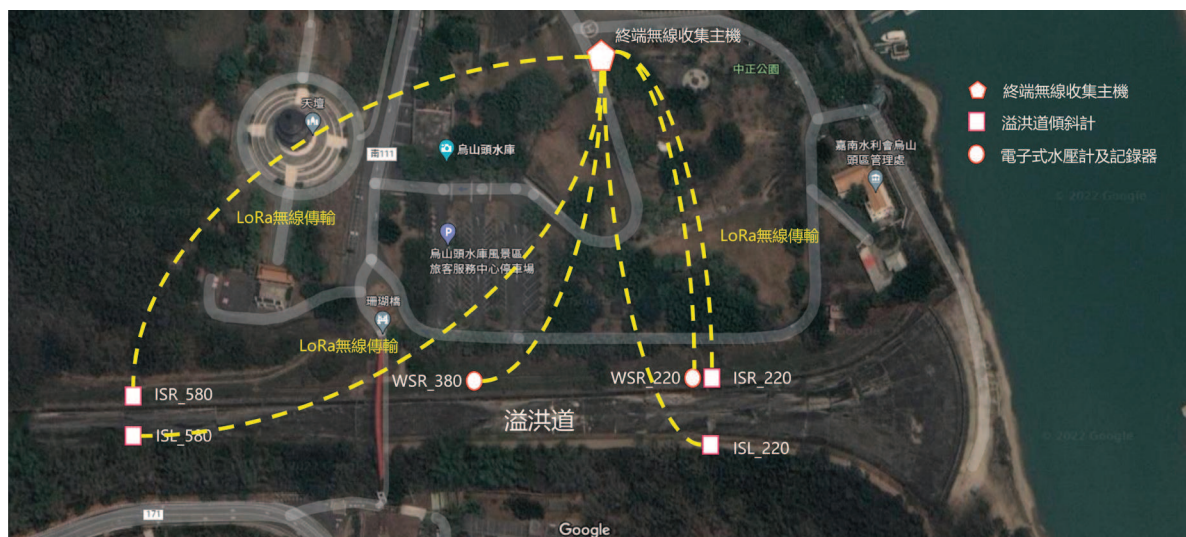


圖 5. 本案例溢洪道儀器與終端無線收集主機安裝位置及傳輸架構圖



圖 6. 本案例終端無線收集主機與監控電腦主機安裝位置及傳輸架構圖

歷史變化曲線圖查詢與匯出及日報表、月報表查詢與匯出等功能。表 3 為本案例使用的儀器規格表，圖 5 為溢洪道儀器安裝位置及傳輸架構圖，圖 6 為終端無線收集主機與監控電腦主機安裝位置及傳輸架構圖，圖 7 為本案例自動傳輸系統架構，圖 8 為本案例現場儀器安裝照片，圖 9 為本案例水庫監控資訊平台軟體畫面。

**表 3. 本案例使用的儀器規格表**

項次	項目	廠牌及型號	儀器規格
1	電子式水壓計	Sanlien PZ-1050	(1) 量測範圍：3.5bar
			(2) 線性精度：±0.1%
			(3) 解析度：0.025%F.S.
2	水壓計記錄器	Loadsensing LS-G6-VW-1M	(1) 量測訊號：振弦訊號含 Thermistor 溫度訊號
			(2) 量測範圍：300 Hz ~ 7,000 Hz
			(3) 精度：0.01% F.S.
			(4) 解析度：0.01Hz
			(5) 內建資料儲存容量：200,000 筆
			(6) 資料傳輸：可透過 Lora 無線傳輸及 android 手機現場下載資料
			(7) 電源提供：採用鋰電池，每小時量測 1 次可運作超過 3 年以上
3	溢洪道傾斜計	Loadsensing LS-G6-TIL90-X	(1) 型式：三軸向 MEMS 加速度計
			(2) 量測範圍：±90 度
			(3) 解析度：0.0001 度
			(4) 精度：0.005~0.06 度
			(5) 重複性：0.0003 度
			(6) 防水等級：IP68
			(7) 含溫度校正功能
			(8) 傳輸：可透過現場 Lora 無線傳輸及 android 手機現場下載資料
			(9) 儲存容量：140,000 筆
			(10) 電力提供：採用鋰電池，每小時量測 1 次可運作超過 3 年以上。
4	終端無線收集 主機 (Lora)	Loadsensing LS-G6-KIO GW-923	(1) 可無線接收水位、結構物傾斜計資料及將來擴充之用
			(2) 通訊埠：10/100 網路通訊 (RJ45 PoE)、內建 4G 模組、USB(type C) 通訊
			(3) 記錄器無線接收有效距離：2km 以上，最遠距離可達 15km
			(4) 敏感度：-137dBm
			(5) 電力提供：可透過 110V 市電 (48 V DC PoE)
			(6) 防水等級：IP67



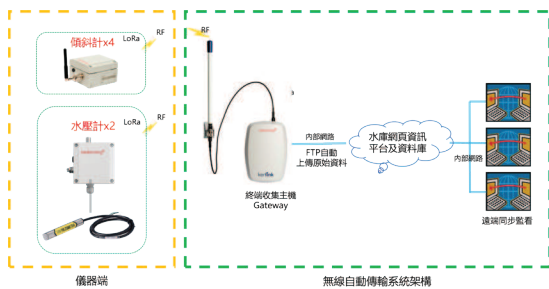


圖 7. 本案例自動傳輸系統架構



圖 8-a. 電子式水壓計安裝照片



圖 8-b. 水壓計 LoR 記錄器安裝照片

圖 8. 本案例現場儀器安裝照片



圖 8-c. LoRa 傾斜計安裝照片



圖 8-d. LoRa 傾斜計安裝照片



圖 8-e. LoRa 終端無線收集主機安裝照片



圖 8-f. LoRa 終端無線收集主機安裝照片

圖 8. 本案例現場儀器安裝照片

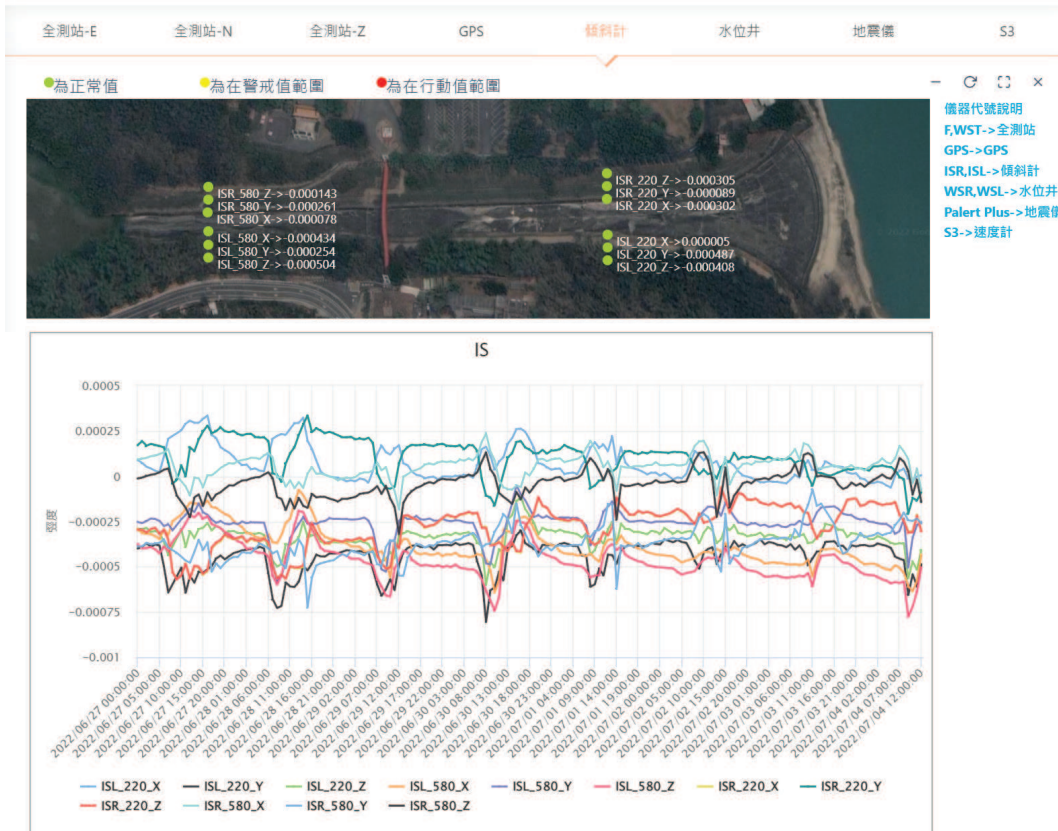


圖 9-a. 溢洪道傾斜量測平面位置圖即時安全狀態燈號及物理量計算結果顯示

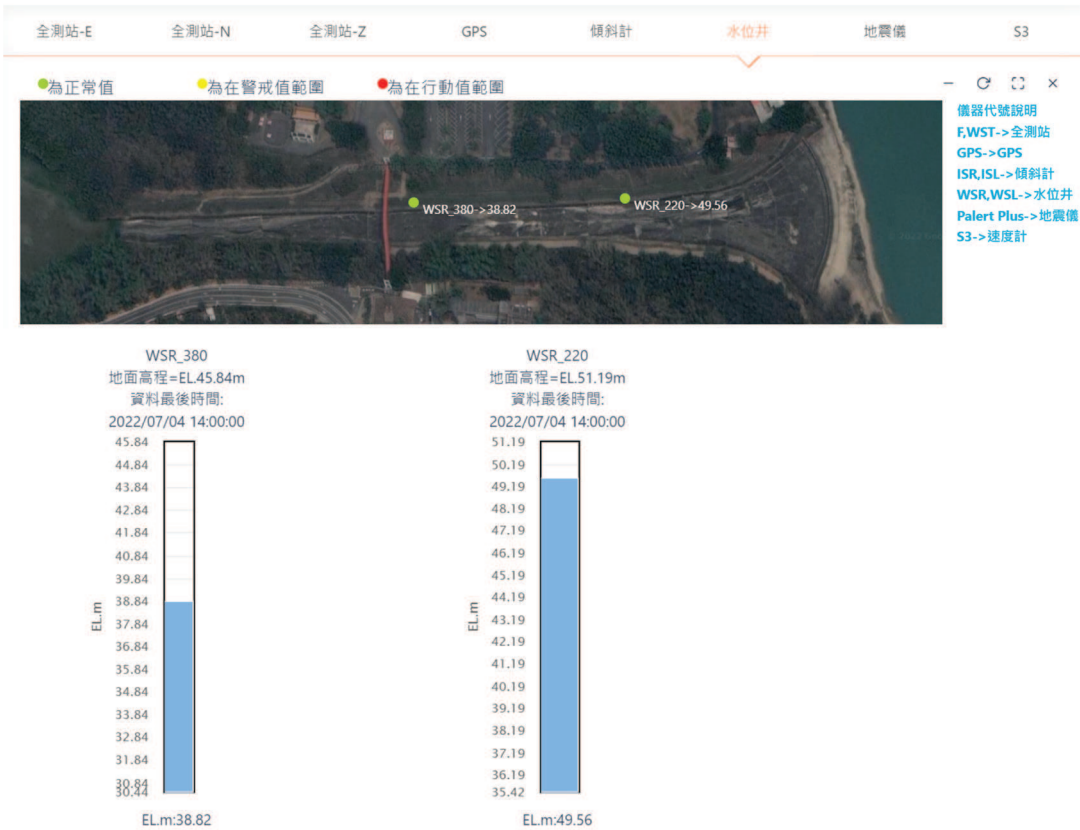


圖 9. 本案例水庫監控資訊平台軟體畫面

#### 四、結語

LPWAN 低功耗廣域網路運用在無線傳輸自動化監測為未來安全監測之發展趨勢，其中 LoRa 特別適合使用於封閉場域且對外網傳輸敏感的案場，例如水庫或電子廠辦等，本案例系統規劃採用 LoRa 無線傳輸自動化監測技術，比傳統自動化監測模式具備的優勢包含以下幾點：

- (一)、LoRa 記錄器透過鋰電池供電，解決現場電源取得不易之困擾。
- (二)、減少大量訊號線路佈設及長期檢查與維護費用。
- (三)、簡化現場安裝工作，節省人力與工時。
- (四)、記錄器與 Gateway 透過 LoRa 無線傳輸，訊號穩定且無通訊費用。
- (五)、Gateway 終端收集主機 LoRa 訊號涵蓋範圍廣，後續可隨時增設各種監測項目。
- (六)、本案例使用的 LoRa 記錄器可量測各種監測儀器，包含水壓計、傾斜管自動化感應器、傾斜計、應變計、荷重計、雷射位移計、雨量計…等各種監測儀器。

#### 參考資料

- [1] 維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%89%A9%E8%81%94%E7%BD%91>
- [2] 維基百科 <https://zh.m.wikipedia.org/zh-tw/LoRa>