

機電物聯網應用探討

張得福

前言

台灣從早期賀伯及納莉颱風侵台開始到去年的花蓮光復鄉堰塞湖的崩潰；因氣候變化的關係，颱風過境的所帶來的雨量及滯留時間開啟了多雨少風的新颱風結構，再加上前一年百年強震921也剛過，因此再後續幾年中又有柯羅莎、辛樂克幾個挾帶超大雨量颱風的登陸影響始得土石流這個在80年代以前不曾使用的名詞理所當然成了氣候災害的常態，近的一次更因莫拉克颱風造成八八水災而使土石流山洪造成東台灣及高雄小林滅村的慘劇發生。從這些變成常態的災害中我們體認到國土安全的部份危機已在國人生活的週遭形成，對此部份的安全監控機制不是沒有，更沒被政府忽略，只是在過去對於台灣河川及水庫上游集水區的早期預警系統在建置上完全無法預想到氣候變遷及地震等天然災害會來得如此大如此快，使得早期預警系統不是毀於大水土石流就是再地形變動災害中損壞。

因此在面臨全國上下都在思考是否該讓台灣大地河川有休養生息的時間或應建置更多更靈敏的災害早期預警系統時，我們在此藉由本文來了解現階段國內外的早期災害預警監控部份是否有更加智慧且耐受力高及資料收力更快更好的系統應用，尤其在河川與集水區水上中下游的有效監控告警機制部份。因為多次災害的源頭就在於對這三個部份的監控管制及預警做為不足所致，也希望藉由此應用的案例引發安控業能為國土安全部份提供更有效的軟硬體做為，共同為維護這塊美麗的海島家園盡心力。

何謂早期預警監控系統？它的架構有何優缺點？

首先；讓我們來瞭解何謂為河川及水庫早期預警監控系統，去監控工程業者都管它叫，“遙控遙測系統”或是監控與資料獲取系統（SCADA）Supervisory Control and Data Acquisition System，其主作用是用來一些特定的感應器（Sensor）或計量器（Counter）或偵測（Detector）將收集或感測到的遠端資訊利用特定的傳輸方式將資料上傳或下載的方式稱之。它的原理與現階段很多的遠端資料收集系統是一樣的，不過基本上在傳輸及遠端設備上由於地處特殊環境，所以在一些前端的設備與傳輸的介質是有特殊要求的，它的基本架構是由感知器（Sensor）資料收集器（RTU）及傳輸設備及資料庫（Data Base）來組成；從架構中我們可以瞭解在主要針對河川及水庫各有相同與不同的遙控遙測資料與控制要求項目，在不同的項目內提供遠端必要的數據參數或是類比的圖樣及影像資料以供河川局及水庫管理局或水力發電廠控制處進行上中游或取水口遠端水文資訊，同時也可以針對河川溪流上中游或水庫前池、取水進水或攔沙壩沉澱池等設施進行遠端閘門排污扒污等遙控動作。

我們也可以透過這種較早期的遙控遙測系統架構來探討在舊型式架構要求內容有那些？又各別在遙控遙測上提供那一些必要的參數分析功能；我們可以從第一個共同須求的水文資料說起，水文資料在河川及水庫的資訊分析很重要，它基本可以提供水流速度、水流量、水位高低與水流方向等參數，讓下



游管制人員可以在很遠的距離下瞭解到遠端上中下游不同區段下的水文資訊，接下來我們可以看到以有關利用電話線路傳輸的遠端影像監控，這個早期的影像傳輸方式大部份是針對溪流河川上游集水區或水庫上游前池或取水口狀態影像而裝置的設備，大部份是用一般專線電話或E1數據線路來傳送，大部份是黑白畫面且快可能是3-5秒才傳送一個JPG的畫面回到遠端，雖然看來是很慢的傳輸方式，但對早期的遠端監控而言；這樣的方式已是遠端遙控遙測一種很先進的應用。

再來就早其的遙控遙測系統還有一種很重要的控制應用內容就是利用（SCADA）來做遠方電力監控，這種電力遠端遙控的方視為當時的遙控遙測是很必要的功能，它可以做為遠端設備電力的控制及使用狀態監控，讓遠端資料設備收集器的電力可以有效掌握控制。以上這樣的一種架構是普遍被用於過去早期的遙控遙測上，那它的優缺點是怎樣呢？我們用下列表1來說明；

表1 早期國土安全-溪流河川遙控遙測系統優缺說明

舊型遙控遙測系統優點	舊型遙控遙測系統缺點
資料項目簡潔可快速明瞭	資料收集項目以不足應付現狀需求
設備架設成本較低建置容易	設備保全性不足損壞率高
遠端收集感應器收集性穩定	感應收集單元成本高替代性低
可藉由電話線路傳輸資料	傳輸性能低容量小斷線率高

從上表看出早期去的水利遠距監控都以資料收集為主；監控為輔，但到了91年以後所有遠距監控在光纖電纜及寬頻數據專線的大量利用後，遠距遙控遙測的重點由數據資料轉而變成以遠距影像監控為主的方式，但在環境因自然變遷的因素使得原來的數據收集系統及影像

監控已變得不足應付災害潛在因素的資料收集及早期預防做為；就拿近發生的國道高速公路七堵段邊坡坍塌事故來講，事後分析除了因順向坡不穩定地質因素外，部份專家業者也都把問題指向高速公路全線一千多公里里程中竟無任何邊坡及橋樑路段裝置有傾斜坍方感知設備，使得事件無法達到早期告警的做為。再往前推看八八水災更是系統在建置地點及方式無法做到預警功能是一樣的印證說明。要面對做好有關這些國土安全上的河川或山林監控，要先掌握災害發生因素，且就符合實際災害偵測檢知的智慧做法及措施，才能達到預警功效。

記取經驗掌握河川溪流災害因素 實際建構有效監控措施

在我們要建構一個智慧型的早期預警遙控遙測系統前，我們必需先掌握及瞭解現階段災害發生因素及可能因引發災害模式及可能結果，再去研擬建置系統的方式及架構。首先；我們看到現階段國土安全在河川溪流引發大的災害就是“土石流”這個在目前可怕的山林溪流河川災害正是許多早期遙控遙測的摧毀殺手，它的出現除了財物生命的損失外，更讓很多早期遠距監控系統損毀無法答程任務，所以自建置新的系統前必需要瞭解土石流的成因及監控的方式。我們知道降雨因素屬於自然因素無法做出真正災害臨界值，且土石流災害的產生及影響因素複雜，需很多事件經驗數據才能推估出較正確土石流量，目前從地質專家的數據上只能知道山坡面之平均坡度超過 55% 的陡峭邊坡即容易發生崩塌，還有溪谷之上游坡度超過20度，也容易成為土石流發生之條件，俗話說：燕子若低飛將會有大雨，大量螞蟻穿過馬路或往上方爬會有大水災，這都告訴我們在災害的徵兆上的注意掌控更重要才不致於受災。所以在建置感測器上必須瞭解並依據以下這些發生地形狀態去建置及選用感測器（Sensor



-)。這些可能發生地形徵兆及因應措施有：
1. 上游坡地可能才發生坍塌不久所呈現顏色不同，可加坡地傾斜偵測器予以監控。
 2. 中游由於可能發生過坍塌所以河面面積在短時間內變窄或變形，可用影像分析辨識來加以監空河面寬度及形體變動。
 3. 中游因水流量及流速改變而使河岸有異常切割情況，也可以採用影像辨識加上邊坡滑動級傾斜偵測器來掌控。
 4. 上中游段由於土質含水量過度飽和以致於邊坡下會隆起滑動體及起伏地形產生，是可以採用地下含水量測試儀及影像辨識偵測器偵測。
 5. 中下游段因為含水量大使邊坡滑動有斷裂及地面裂縫情形，可加坡地傾斜偵測器予以監控。
 6. 中游因地質含水造成液化軟化使地形產生不自然的窪地或陷落，這時有應加設傾斜偵測及影像辨識分析來監控。
 7. 中游因雨水量過大突然產生的積水長低窪地，採用地下含水量偵測器偵測。
 8. 下游段對河川邊坡突然出現大量的土石堆積；這時有應加設傾斜偵測及影像辨識分析來監控。
 9. 下游段沖積段出現堆積大量土石，應加設影像辨識分析來監控。
 10. 由於前段坍塌以致於下游段水量突然變化起伏河床突然乾涸，應加設水量及影像動態監測予以監控。

以上都是在河川上中下游狀態監控的經驗判斷及感測器或影像監控的因應作為，當然這些都只是在防制恩雨量大小或邊坡地變所

表 2 現階段智慧型遙控遙測系統設備說明

遙控遙測系統前端設備	主要功能	設置上位置及考量
固定式傾斜儀、地錨荷重計	固定式傾斜儀主要用於邊坡監測滑動及傾斜	安裝地點慎重及採二段式配置以達預警要求
電子式建物傾斜儀	電子式建物傾斜儀用於監測橋樑或攔沙壩擋土牆之傾斜監測	安裝地點慎重及採單段式配置及立即告警要求

造成的問題進行的國土安全監控方法，但全面性早期災害預警的國土安全智慧遙控遙測系統不該指是在土石流的掌握與預防監控而已，應該還要結合地下水位監測記錄、水量管理 給排水渠道水量管理還有農田水利的灌區水位流量自動測報系統、相關的大圳輸配水監控系統還有更重要的水庫管理 水庫各段區水位、集水區水文遙測排洪閘門監控及防洪整合監控系統才算是一個完整的智慧型早期預警遙控遙測系統架構措施。這些系統可能包含風速風向計、溫濕度計、大氣壓力計、雨量計、日射計、記憶模組、溫度計、自動資料搜集系統、百葉箱、強震儀、地表式地震儀、埋入式地震儀、地震即時警報系統、地震紀錄儀、橋樑振動量測儀、大壩地震監測系統、錄影系統、遙測系統、水壓計、水位計、水量計、位移計、地滑計、傾斜儀、地錨荷重計、沈陷計、資料擷取器太陽能板供電系統、數位訊號傳送器、資料記錄器、資料擷取器、影像遠端即時監控等。

智慧型遙控遙測系統的建置方式及設置上應注意問題

有別於早期的遙控遙測系統，現階段的遙控遙測系統的設備部份已有了大幅度的更新應用，除了既有在遙控遙測上所用的一些可程式控制（PLC）及資料收集器設備（RTU）外，影像、微波、網路、衛星及生化科技都已經被安防廠商應用於國土安全上的遠距監控系統中，我們就表2來看看這新一代智慧遙控遙測些應用設備的型式與功能；當然也必須注意該設備在設置上應該考量問題。

遙控遙測系統前端設備	主要功能	設置上位置及考量
電子式水壓計	電子式水壓計主要用於坡地地質含水量下水位變化之監測	安裝地點慎重及上中游應採多點式配置及立即告警型式
電子式水位計	電子式水位計主要用於河川及水庫上中下游水位變化之監測	安裝地點慎重及上中下游應採多點式配置及分段式告警功能
電子式流量計	電子式流量計主要用於河川及水庫上中下游水量變化之監測	安裝地點慎重及上中下游應採多點式配置及分段式告警功能
電子式雨量計	電子式流量計主要用於河川及水庫上中下游雨量變化之監測	安裝地點慎重及上中下游應採多點式配置及雨量分級告警功能
氣象資料收小屋 (百葉箱)	針對監控地區風力風象、溫濕度、大氣壓力計、日射資料記錄擷取並利用太陽能光電板供電在以有無線進行遠端資料即時傳送監控	本設備在建置上要特別注意山區昆蟲進入百葉屋的築巢破壞情形，採集水區上中游配置及定時告警功能
表面式強震儀、埋入型地震儀、位移計	地震儀主要用於水庫大壩、橋樑、河川攔沙壩等地點地震監測	安裝地點慎重及採定點式配置及立即告警功能
沉陷計及伸縮縫監測計	地震儀主要用於橋樑地點安全監測	安裝地點慎重及採定點式配置及立即告警功能
影像即時監控設備	影像監控系統主要用於河川及水庫上中下游之完整監測	安裝地點慎重考慮制高及視界及採多點式配置及影像分析辨識功能
IVS/IVA AI智慧運算系統	針對山形地貌變化還河川面寬度、檢測點位移等提供智能辨識及分析	搭配 AI 人工智慧固及影像式與數據收集 IVS/VA 分析辨識運算軟體，注意其辨識區應用

當然除了上述表內設備之外，國內外也有很多專家學者在土石流及目前超大雨量的監測及災害預防上有很多地措施及有效方法，我們可以看到了一些文獻或研究報告上的報導如 GPS/GIS 衛星定位位移監控及透過光纖的反射量、張力等資料，也可以用來監測橋樑安全和土石流狀況。還有利用被動感測元件如土石撞擊力量感測之拉力索（Tension Tendon），壓力轉換器，荷重計固定於溪流兩岸岩盤或防砂壩上還有地聲感測裝置感知土石聲響；藉以警報土石流之發生。

同時為了讓這些智慧型遙控遙測預警系統能在運作中發揮穩定而持續的作用，也為了克服過去至主幸統總在傳輸或電力系統因災害中斷後總無法繼續傳送遠端資訊，還有有時候因為遠端設備建置地點選擇不當及結構設計不良，結果雨量變大或土石流一來就先陣亡無法發揮應用功能。因此在傳輸系統上，我們也可研發建立包含軟硬體在內更具整

合功能性的平台及互換性高的感測器系統，還有除了現有的有無線電信網路或光纖電纜外的802.15.4/Zigbee及新的無線感測收集器網路（WSN, Wireless Sensor Networks）的多型式通訊協定、為固定式或移動式土石流無線感測網路傳輸技術提供一種新的無線系統整合，提升現有系統的預警能力。

結論

我們在台灣面臨環境變遷所造成的無數災害後，安全產業也應緊跟上這一區塊的應用研發，在此時我們必須在全面性的國土安全遙控監測上去符合如淹水河川邊坡多元化遙測掌握、河川盜採砂石、土石流、淹水等多種監測、集水區整體環境變化監控、資料蒐集取得提供分析及作為未來河川及水庫水利安全整治規劃等這應用目標，這樣才是一個國土安全在全面性智慧遙控遙測完整應用的解決方案。