



無線感測網路技術大突破

掌握與大自然 「來電」新契機

在發展戶外環境監測系統時，如何取得穩定的電力供給系統運作，向來是最艱難的挑戰。工研院研發的「土壤驅動監測系統」，突破能源供給與系統耗能的限制，設計出利用土壤能源，讓低耗能無線監測系統達到能量自主化的技術，讓臺灣的無線監測發展技術更上一層樓。

記者／賴宛靖 攝影／李庭歡 圖片提供／法新社

全球科學家致力於新能源開發，舉凡土壤發電、植物發電、微生物發電甚至海洋底泥發電的研究等都有人涉獵，但產出電力多半十分有限，不足以供應或支持所需。

而工研院有了令人雀躍的發展，不僅能取得由土壤發出的電能，更成功研發出極低耗能的「土壤驅動監測系統」，未來能進一步應用在國土監測、無線監測甚至跨足智慧農業等領域。

工研院資訊與通訊研究所技術副組長廖育德表示，「計畫初期是想找尋能量來源，畢竟在無線網路系統中常用的電池，不僅具污染性，時效也短，汰換需耗費大量人力物力，因此找出環境中能應用的能源刻不容緩。團隊研究相關論文設定方向，確知土壤存在著可運用的能量，經戶外實驗後得到印證。」



近年來因氣候劇變，因此各國對於環境監測系統皆投入更多的資源，盼能藉此預警自然災害，降低損失。

擺脫電池 無線監測技術大躍進

土壤驅動監測系統克服傳統環境監測倚賴電池又耗能的缺點，採用土壤離子產生的能源，搭配自主研发的高效率直流升壓與超低功耗能源轉態檢測晶片，方能供給無線監測系統使用。

「但光有能量來源還不夠，必須做到『節能』。」廖育德說道。工研院研發團隊除巧妙應用土壤發電外，其核心技術概念為「Physical Interrupt 物理量中斷」，透過自然界物理量反應出的能階去自動控制系統，而此物理量就是土壤能源。其既能當成能量來源，也能做為感測器，如此才能真正做到極低耗能的系統。

傳統無線監測系統通常會採用定時回報方案來降低系統耗能，也就是每幾秒或是每幾分鐘把系統喚醒，進

行資料的感知與傳送，結束後又讓系統回到待機模式，然而此種方式仍無法提升能源使用效率。工研院資通所副經理李瑜表示，「本系統最大優勢是土壤含水量自主驅動技術，低含水量時土壤能源極低，系統完全關閉；含水量接近警戒值土壤能源會有劇增現象，此時能源將足夠開啟系統進行資料處理與警示傳送，物理量中斷將具有最佳化的能源使用效率。」

不僅低耗能 更能聰明傳輸數據

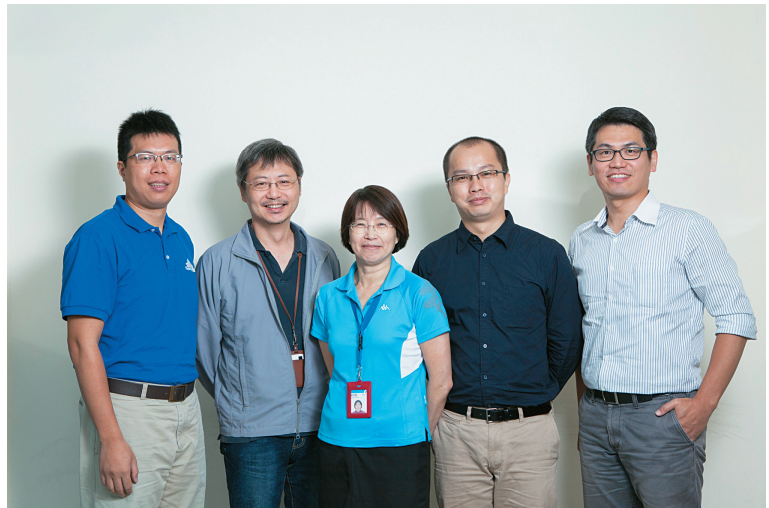
一般無線監測網路會分為感知終端（end device）、路由（router）與閘道（gateway），資料會藉由無線方式一路往上傳遞，為了確保網路暢通無阻，因此上層的無線接收模組要永遠開啟，造成耗能居高不下，「本計畫另一特色，是加入自主開發的超低功耗喚醒接收晶片，無事件發生時，系統中僅有此晶片醒著，利用極微量的能量去聆聽各終端是否有訊息回報；當有事件回報，便會喚醒高資料量／高功率標準通訊平台，進行資料傳輸或警示。」

未來這套技術實際系統操作時採用兩階段喚醒技術，物理量中斷與無線喚醒，具有智慧型能源分配，達成低維護成本、長時監測之目的，李瑜說，「換言之，監測系統不會不停傳輸大量數據，導致後端得花龐大人力物力分析，這套技術能在土壤含水量出現波動時啟動監測並傳輸資料，不僅過濾掉龐雜資料，更能做到節能。」

電機專家 跨領域搞懂自然科學

做研究一定會遭遇關卡，不僅是發電量這個難題；該計畫跨了材料、自然科學甚至電化學，比方說研究土壤發電需了解地質結構、含水量多少會造成崩塌，便請土木系教授提供協助；加上技術用到電極，又需跟工研院的專家交換意見，討論電極的反應。由於研究層面跨足不同領域，讓這群電機專家必須對外尋求支援，卻讓研究團隊更堅實，累積出更豐厚的研發能量。

這套技術的優勢不僅只是延伸至土壤監測外，也即



工研院研發團隊克服無數瓶頸與考驗，成功研發出極低耗能的「土壤驅動監測系統」，未來能進一步應用在國土監測、無線監測，甚至跨足智慧農業等領域。

將走入智慧農業。工研院資通所工程師蔡昆儒進一步說明，「智慧農業也需多節點感測，有了這套技術，將來不用接電源線，也能做多點建置。例如像是一些大型菇類培植場或大範圍溫室，其環境密閉悶熱溼度高，且多感知節點時電源佈件複雜，此時土壤發電就是最佳的使用場域。」

應用層面廣 為地球解難題

近幾年全球因極端氣候變化等問題，許多國家遭受大規模的環境災害，土石流、屢破百年紀錄的時雨量等，不僅造成嚴重災情，甚至讓國土產生無法復原的改變。為了預防此類問題，各國目前大多採用無線感測網路（Wireless Sensor Networks；WSNs）技術進行環境監控與融合處理，藉此達到預警，能及早疏散民眾減少災害發生。在工研院的努力下，克服無數瓶頸與考驗，由臺灣人自行研發的「土壤驅動監測系統」已漸趨成熟，其自給自足的能源、低耗能感測器的誕生及其多元應用的特性，堪稱無線感測網路技術的一大突破。

以往，人類總認為「宇宙萬物為我所用」，長期漠視對自然界造成的衝擊，修補與環境的關係已是刻不容緩的議題。未來以順應自然的方式進行科技研發，相信才是人類需努力的目標，也才能真正做到與自然和諧共榮、環境永續。■