



圖 / 大山影像

林業物聯網可行性評估及可能發展

文、圖 | 陳碩聰 | 雲林科技大學未來學院助理教授
彭奕嘉 | 林務局森林企劃組資訊科管理師 (通訊作者)

物聯網 (Internet of Things, IoT) 是近年來火紅的科技，其所帶動的智慧家居、智慧交通、智慧城市及智慧農業等應用，已逐漸滲透到大家的日常生活中，本文說明物聯網基礎架構及發展現況，及林務局2018年「物聯網應用於林業經營之可行性評估」之結論，提出林業物聯網之可能發展。



圖3、SIGFOX 模組圖。(圖 / 優納比網路股份有限公司)



圖4、LoRa 模組圖。(圖 / 建弈科技有限公司)



圖5、Weightless模組圖。(圖 / 優必闊科技股份有限公司)

UnaBiz)。實務上SIGFOX對使用其平台的技術生態系統有較為嚴格之限制門檻。

三、LoRa

LoRa (圖4) 是美國半導體製造商Semtech所開發，並由Semtech、IBM、Cisco為核心所組成的LoRa聯盟所推動，可說是當前最受產業界支持的LPWAN技術，也是除NB-IoT外，唯一吸引電信營運商投入的LPWAN技術。

四、Weightless

Weightless (圖5) 為使用非授權頻段，並已與歐洲電信標準化協會 (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) 達成合作協議，該技術將仿效Wi-Fi，規劃建立統一的標準和認證體系，將技術和產品標準化、產業化。

以上幾個主要通訊技術的比較整理如表1。

應用層

由位在雲端的主機將接收到的大量使用信息，經過分析後，做出反應並給予各設備相對的指令，如同人類的大腦中樞。現今，物聯網技術快速發展，各國政府及不同領域皆相繼採用物聯網技術，目前於物流、交通、保全、能源、醫療、建築、製造、家居、零售和農業等，皆有不錯的解決方案。

國內外林業物聯網發展現況

目前先進國家對於物聯網在林業上應用，主要可分為森林環境與資源監測、森林火災消防智能管理以及盜伐預防等3大面向。

表1、LPWAN主要技術比較表

技術協定	主推者	成立時間	布建國家	基站連接數	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度
NB-IoT	3GPP	2016	NA	10萬	授權	20km	50kbps
Sigfox	Sigfox	2009	17	100萬	非授權	10-50km	0.1kbps
LoRa	IBM、CISCO	2015	12	25萬	非授權	3-15km	50kbps
Weightless	ARM、NEUL	2015	3	100萬	非授權	2-5km	100kbps

資料來源：依據《新通訊》2月號資料重製

在森林環境及資源監測方面

運用溫度、濕度、降水量、風速等氣象感測器與臭氧、氮氧化物、硫氧化物等空氣污染感測器於森林環境的監測。另外，水質水位感測器可用於監測林中溪流與湖泊的水質與水位監測，除掌握水質與生態變化外，亦可預警溪流湖泊水位過高造成洪水與土石流，以利在災害發生前採取應變措施。

在林火偵測方面

美國已有許多研究，以溫度感測器偵測林火發生，惟感測器部署方式、傳輸方式及後端分析最佳化尚處研究階段，主流方式為應用Fuzzy的方式隨機部署感測器節點，經多重跳接式無線網路（Multi-hop Wireless Networks）技術傳輸，最後在後端利用大數據分析隨時間變化之溫度分布圖，判斷是否有火情發生。

在防止盜伐方面

嘗試利用振動、聲音、傾倒等多元感測器結合RFID同時監測樹木狀態與辨識樹木位置，與環境監測及林火預防的部署相比，其網路傳輸部分部署依貴重樹木分布位置而有所不同。

我國林業應用物聯網技術可能面向評估

為了評估我國林業部門應用物聯網相關技術的可能面向，經與林務局各業務單位以及學者專家多次會議研討後，嘗試以環境監測、人流感測及盜伐監控等3項應用進行評估，並於2018年9月至2019年1月間在福山植物園、北插天山及北橫公路實地建置物聯網環境。建置期間考量國內山區地形複雜，訊號傳輸多仰賴無線電通訊，爰於環境監測評估時，一併於東眼山地區實測無線電結合物聯網傳輸之可行性，前揭規劃及結果分述如下。

評估規劃

一、森林環境監測

利用微氣象站（整合空氣溫濕度、土壤溫濕度、紫外線、光照度、大氣壓力、二氧化碳的大型感測裝置），搭配小型溫濕度及壤溫度感測器蒐集環境資訊，感測器部署於福山動態樣區入口、東眼山森林遊樂區碎石林道入口、北插天山第二登山步道入口及北橫公路68km，並透過NB-IoT直連NB-IoT基地台及LoRa加上multi-hop方式串連等2種方式傳輸資訊，評估可建立小範圍的微氣候圖，及進一步分析後應用於林木生長監控、林火警告等方面。

二、步道人流感測

將人流感測器（紅外線偵測型）部署於赫威山往北插天山方向之第一與第二登山步道入口處，統計該入口登山客出入量，並透過NB-IoT直連NB-IoT基地台方式傳輸，評估透過人流分析，作為森林保護區或育樂場域人數總量管制或相關活動辦理之參據。

三、林木盜伐監控

嘗試利用斷線感測、磁簧感測、震動感測、影像傳輸等感測器偵測，相關感測器規劃部署於北橫公路60km至68km並透過LoRa傳輸，透過多元化感測器即時偵測盜伐行為，並能同步傳送盜伐現場影像予管理人員以利即時處置。

四、以既有無線電系統結合微波通訊建構山區物聯網通訊之可行性

臺灣山區幅員廣闊且受地形崎嶇阻礙、通信不易，因此如何有效整合運用最新的資通訊技術，以建立符合林業需求之「神經網路」成為建構林業物聯網的關鍵。

林務局為達成森林資源維護、森林災害搶救、支援軍事作戰及救災防護等任務，於1992

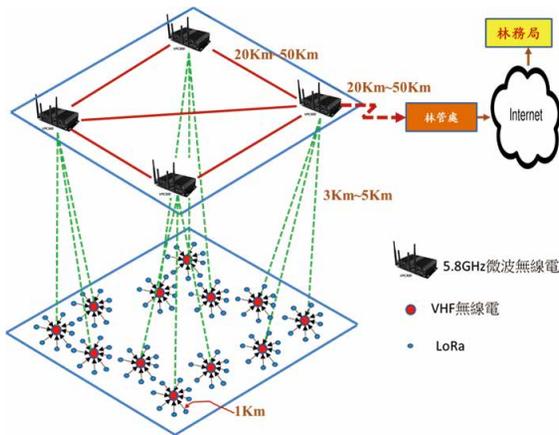


圖6、微波物聯網建置架構圖。(圖/雲林科技大學)

年起陸續於全臺林地布建無線電通訊網路，並於2008年起逐步將全臺無線電通訊系統由類比轉為數位，大大提升通訊品質、安全及保密性，因此林業物聯網有關傳輸層的建構，宜以此為基礎，並嘗試將現有無線電中繼站位置共構於一微波結合物聯網之網路通訊架構中（如圖6）。本次評估選定東眼山至板橋市區之辦公大樓（距離22.8km）進行長距離傳輸實測，如可證實遠距傳輸可行，未來將可應用相關技術於遠山地區，有效改善山區網路通訊品質。

評估結果

經由前揭應用情境建置後，分別就物聯網之感知層、傳輸層及應用層評估其應用可行性及限制。

一、感知層

（一）感測器效能：本次評估使用之溫濕度、盜伐觸發、人流計數器等感測器，依據實地量測結果，於山區環境溫度計誤差 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ；濕度計誤差 $\pm 0.2\%$ ；盜伐觸發裝置尚需進一步調校及研究；人流感測因環境因素複雜且有併排行走等干擾因素誤差率較高。

（二）感測器耐候性：山區氣候多變，雨量及濕度均會影響感測器使用年限，惟受限於測試時間較短，尚無法評估影響程度。

（三）感測器維護：感測器依感測事件觸發類型分為「定時傳送」及「事件觸發」2種，其中定時傳送型（如溫濕度感測器）因觸發頻率固定，可定期派員維護；事件觸發型（如盜伐監測）平時處於休眠模式耗電量低，但觸發後設備會被破壞或必須重新設定，需不定期派員維護。

二、傳輸層

（一）基站維護：基站建置除考量空間條件、水土保持及生態保育要素外，也需評估場域的平均日照量是否充足，如日照量不足應考慮以蓄電池結合太陽能板的模式供電，於電力供給不足處建立基站將大大提供維護頻率。

（二）訊號傳輸受環境影響：物聯網訊號傳輸易受山坡高度落差及林木茂密影響，如經過山壁將完全斷訊，需採架高天線或 multi-hop 傳輸方式處理；另，依據在福山植物園測得資訊推估，氣候陰濕下雨對訊號強度造成約7%-21%衰減，如遇連續大雨之天氣時，將導致訊號不穩，甚致中斷。

（三）微波物聯網傳輸可行性：經實地傳輸實測，已證實長距離點對點通訊之可行性，並實測達35Mbps之通訊速率，足以傳送影片資料，惟目前實驗數據較少，於基站選址及中繼傳輸方面需進一步研究。

三、應用層

- (一) 資料整合：物聯網通訊正處於蓬勃發展，各家廠商都有一套資料格式及傳輸的標準，如何接收及整合不同的資料傳輸標準及資料格式是首要問題。
- (二) 資料處理：隨著林業物聯網規模逐漸擴大，蒐集到的資料將會以幾何級數的方式成長，如何蒐集、儲存及處理大數據，將是未來可以預見的關鍵問題。
- (三) 資料利用：配合國發會資料開放政策，未來林業物聯網所蒐集到的資料，將以全數開放為原則，資料開放API應使用Restful格式撰寫，以利各需求單位介接使用。

林業物聯網未來應用發展之探討

物聯網技術在林業部門的應用，即使在先進國家仍處萌芽期，對我國而言，無論在技術面或應用面上仍有許多努力空間。

技術面

一、在感知層方面

感測器選擇應考量臺灣位處於亞熱帶潮濕多雨的環境特性，至少應有IP66以上防護等級外殼以提升防潮性能，必要時可採模組式開發降低裝置成本。

至於感測器維護應依不同感測器訂定適合巡檢頻度，以確保資料蒐集之可用性。

二、在傳輸層方面

於通訊架構方面，可採混合微波、LoRa、NB-IoT之混合架構，因應地形環境之不同，適時調整採行的傳輸方式，以節省建置成本。

另，為減輕氣候及地形影響，可採長期固定方式並縮短基站間距方式處理，基站電力供應亦需考量以蓄電池結合太陽能板的模式供電。

三、在應用層方面

應規範感測器回傳資料格式、大數據資料儲存格式及開放API格式，並整合各項資料標準，避免資料整合、介接及交換發生錯誤。

於後端應用面，可採用大數據處理技術（如Spark、Hadoop）處理，以提升整體效能。

應用面

一、前期

可於3G/4G訊號充足且電力與施工車輛皆可及之區域，如各森林遊樂區及淺山地帶，建構物聯網通訊環境，可在有限的成本下協助進行環境監控及設施管理相關業務。

可與地方合作於偏鄉地區建構物聯網環境，除利用物聯網蒐集林地環境資訊協助政府決策外，亦可將物聯網利用於教育、醫療、交通、救災及農業等領域，改善山區民眾生活品質。

二、後期

可建置林業物聯網資料共享平台，彙整產官學各界物聯網資訊，並提供開放式介面，促進資料交換及資料應用發展。

可開放部分林地作為國內林業物聯網產業媒合實驗試辦計畫（POC, Proof of Concept）場域，協助產官學研各界進行產業創新、強化公私協力及提升林地管理效能，建置產官學三者共榮之生態體系。

結語

根據Strategy Analytics於2017年研究預測（圖7），至2021年全球將有超過300億個物聯網裝置，超出電腦及手機等通訊產品之總合，並持續且穩定的保持年增率10%以上的成長，顯示物聯網及其應用將是未來科技發展的一大領域。

隨著相關科技發展之成熟，技術面的瓶頸將逐漸被克服，在應用服務及資訊整合面如何統整分析大數據資訊以最大化發揮物聯網應用價值，將是未來極需思考的課題。 

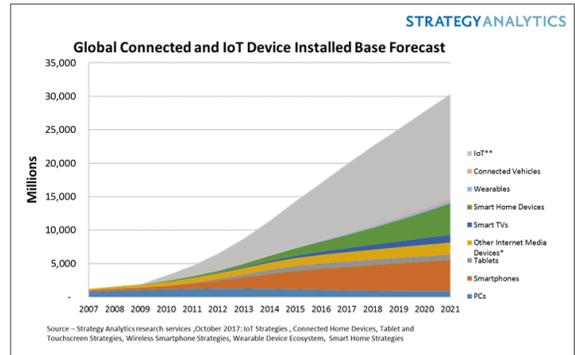


圖7、物聯網裝置數量預測圖。（圖片來源：<https://www.strategyanalytics.com>）



圖 / 大山影像