

無線感測網路在農業之應用

吳俊德、游適彰

前 言

農業在人類歷史上扮演舉足輕重的角色，從狩獵發展至農耕，因生活模式與科技進步而有所變化，而農業之重要性只在發生戰爭或天災時才讓人感受到。臺灣農業發展的過程中，都處於時起時落的生產狀態，自1970年以後，即不斷的調整其在臺灣經濟及社會上的角色。最明顯的變化是從「產量的增加」轉變到「品質的提昇」，進而在1990年以後朝向「生態農業」的永續農業而發展。

政府歷年來推動『農業自動化』後，陸續發展精緻農業、安全農業等產業政策，遇到重要問題如：極端氣候影響造成農業的生產不穩定、農民對現有設施或是科技的利用度不足、農民年齡層偏高等問題，除因應日漸減少的農村人力因而發展自動化農業外，如何更有效率推動安全農業，提升農產品價值，首要即是針對不同環境因素作物目標，建立對應之知識平台，並收集各種數據資料作為作物管理的依據，輔以產銷履歷之流程管制，可以成為消費者購買農產品的安心保障。因為田園環境傳輸受到先天性的限制，使得無線感測網路成為一個適合應用於農林漁牧等生產管理監控領域且有實際應用價值的技術工具，獲得農業界廣泛的重視與迴響。

無線感測網路技術

無線感測網路Wireless sensor networks(WSN)是一種由無線Ad Hoc網路傳播機制加上連結數量眾多的感測器，將各類感測器收集到的數據加以處理，並將資料從目標區域回傳，具有感測、運算與通信的能力。

隨著微型製造技術、通訊技術及電池技術的進步，讓微小的感測器具備了感測、無線通訊和資料處理的能力，小型和低成本的感測器量測系統趨向無線化、

小型化、模組化、網路化以及經濟與省電化發展，促使價格便宜與取得便利性，WSN的蓬勃發展已經可以應用在我們的日常生活中。

感測器為無線感測網路WSN組成的核心元件，各感測器內建中央處理器(CPU)，並有感測器、通訊模組與電源裝置等組合而成，多樣化的感測器與適合的通訊模組則是構成WSN的重要元件。

一、感測器裝置(Sensor)

在 WSN 系統中使用者依照其需求選擇適合的感測器，目前常見的感測器可以量測溫度、濕度、光照度，其他例如壓力、風速、方向、雨量等感測器則可以搭配需要感測的環境選購，較為特殊的感測裝置例如氣體種類偵測、土壤酸鹼值偵測、水含氧量等特殊的感測模組，則可能需要使用者自行研發外掛在感測模組上。

感測元件開發或是使用上最常遇到的問題為環境干擾，例如熱能輻射影響到感測溫度導致感測資料錯誤，或是因開發環境與使用環境的差異與污染，造成感測錯誤或是數值異常誤差。因為類比信號轉換數位信號的關係產生的誤差，所以在佈建無線感測網路時，田園環境條件因素是選擇感測器的重要參考依據。

二、網路傳輸協定(Transfer Protocol)

(一)Zigbee 通訊協定：是由 IEEE 訂定之 802.15.4 協定為基礎，設定具有低成本、低功耗、雙向傳輸、高可靠度及感應網路功能等特性，是一種短距離無線通訊標準，可支援同時與多個節點通訊，容易整合個人無線數位環境並應用於多樣的產品，廣泛應用於多種監測系統，為適合 WSN 採用的通訊技術之一。目前分散式微型節點(Mote)感測器使用 ZigBee 通訊協定，透過感測器內的控制程式使 WSN 內的各個節點可以交換傳送資訊，將各點收到的資訊回傳到資料收集中心，雖然 ZigBee 設定為短距離傳輸，但是透過多重跳傳的方式，仍可將資料傳回。跳傳的方式除了可以降低電池耗能，受到天候或是地形阻礙直線傳遞時，WSN 仍可以將資料回傳，使得 ZigBee 在大範圍田間應用上得以勝任。

(二)IEEE802.11 通訊協定：近年來無線網路規格「IEEE802.11」已經全球性地普及，伴隨著網路上處理的資料量增加而逐漸高速化，2007 年起傳送 600Mbps 速度的 HD 高畫質影像之「IEEE802.11n」規格也正式上路，透過無線路由器與 WiFi 認證，行動網路開始普及。目前最穩定以及快速的無線

通訊協定，廣泛應用於各種筆記型電腦、個人數位助理(PDA)以及智慧型手機等。支援 TCP/IP、Ethernet 等，使用 2.4GHz 頻段。

(三)IEEE802.15.1(藍牙)：該技術使用於手機、印表機、汽車、醫療設備，解決數據短距離(10m)無線傳輸。藍牙用於在不同的裝置之間進行無線連線，例如連線電腦和外圍裝置，如印表機、鍵盤等，又或讓個人數位助理(PDA)與其它附近的 PDA 或電腦進行通訊。目前市面上具備藍牙技術的手機選擇非常豐富，可以連線到電腦、PDA 甚至連線到免持聽筒。

(四)行動通信技術：通用封包無線服務技術(GPRS, General Packet Radio Service)是 GSM 行動電話用戶可用的一種移動數據業務。GSM 網路的連線是以電路交換(Circuit-Switch)方式，而網際網路上的資料傳遞則以封包交換(Packet-Switch)的方式，不同的交換架構，導致彼此間的網路幾乎都是獨立運作，並不互相連接。GPRS 技術標準的制定與發展，改變了這兩種網路互相獨立的現況。GPRS 服務是在現有的 GSM 網路上加上幾個數據交換節點，因為數據交換節點具有處理封包的功能，所以使得 GSM 網路能夠和網際網路互相連接，GSM 網路無線傳輸的便利與網際網路資訊的豐富都能彼此共享。行動通訊技術從 GSM 邁入 GPRS 時，可說是 2G 時代邁向 3G 時代過程的第一步，這個時期被定位為 2.5G 時代，手機用戶雖然已經可以享受較高速的無線上網，不過內容應用仍然只限於收發 e-mail、片段視訊下載等服務。

WCDMA(Wideband CDMA)又稱為寬頻分碼多工存取，是第三代(3G)行動通訊系統無線傳輸技術的一種，適合高速數據傳輸。雙工方式採 FDD-TDD，載波頻寬為 5MHz，晶片速率為 4.096Mcps，可支援 384Kbps 到 2Mbps 不等的資料傳輸速率。在同一個傳輸通道中，WCDMA 可包含電路交換和分封交換的服務，使用者可以同時利用交換方式接聽電話，然後以分封交換方式存取網際網路，提昇行動電話的使用效率。在費用方面，WCDMA 因為是藉分封交換的技術，所以網路使用的費用不是以撥接的時間計算，而是以消費者的資料傳輸量來定。至於現今流行的 3.5G 時代採用的是 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)高速下行鏈路封包接取技術，它是 3G 時代 WCDMA 系統的進階技術。HSDPA 被認為是邁向 3G 蜂巢式網路的重要起步，其下載速度可以達到 14Mbps，而系統資料容量是

WCDMA 網路的 3 倍，這項技術對行動電話記憶體市場格局帶來重大變革。

通訊協定選用之依據應依照頻寬、傳輸率、取用性、經濟效益與技術經驗等因素選擇最適合的通訊協定。

相較於傳統的田間伺服器(Field Server)大型感測器，採用微型感測器(Mote)形式的無線感測網路，具有價格低廉、體積小、省電之優勢，Mote 全部使用無線網路傳輸，以提高網路佈建的彈性，可以在單一區域中建立密集的監測節點藉以大量散播，提供高密度之測量資訊，常用於偏遠地區或危險區域的環境監測。WSN 即利用大量此類的感測器散佈在自然環境中，透過無線網路的多點跳躍(Multi-Hop)技術，將資料以無線傳輸的方式傳回至資料收集中心。

無線網路田間伺服器系統為低成本的網路田間資料監測系統，其單點監測器可以用太陽能電池運作，可以選擇感測器包括日照、土壤、環境溫度、濕度與導電度，加上喇叭、攝影機、紅外線等輔助配備，以及具有乙太網路協定之無線傳輸功能等，可以提供遠端田間資料收集與監測管理。

無線感測網路最初發展源於美國軍方用於戰地監測等軍事應用，現在則廣泛的應用於環境的監控、安全防護與事件追蹤、醫療健康與生理狀況即時監測、工廠與機械動力監測、倉儲存貨盤點與貨品定位、森林防災監測以及建築物結構監測，例如地震的影響等。

無線感測網路實作應用之研究

本所於 94 年度依據台中太平甜柿試驗區之研究環境與田間概況，選擇田間伺服器(Field Server)進行電源網路線佈建配置，開始資料收集之試行研究，配合研究人員依其所需選擇適合的偵測器、攝影機、儲存媒體以及資料庫連線規格評估，進行相關資料收集規劃之採購與組裝測試等相關工作。透過可變焦感光耦合元件(CCD)攝影機網路連線進行遠端監看與資料收集。

另於 98 年度將 WSN 技術導入作物管理紀錄之研究工作，利用自動化收集的感測資料，配合作物生長栽培管理，作為產銷履歷紀錄之輔助工具。並利用 WSN 收集之微氣候，例如：土壤含水量、PH 值、光照量等，透過無線網路功能回傳至實驗室(如圖 1.)，由研究人員分析紀錄，作為作物整合管理之參考依據。

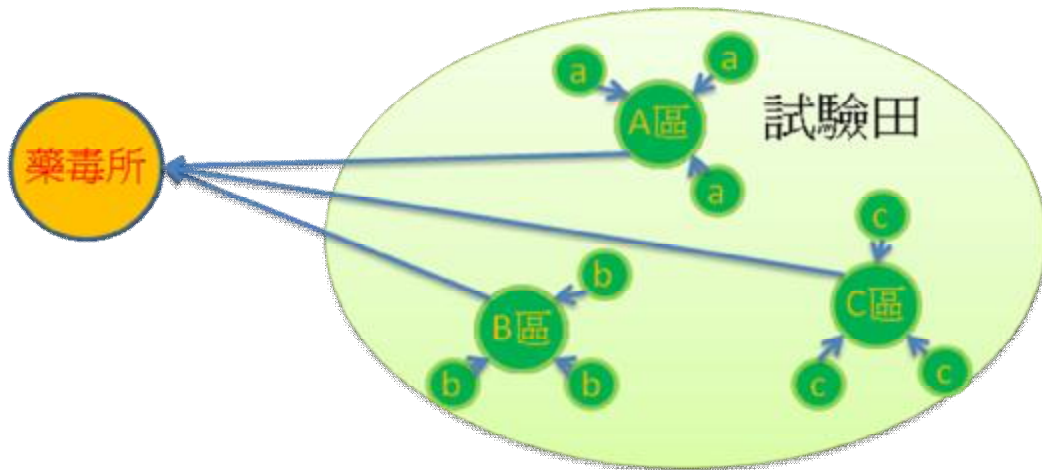


圖1. 無線感測網路架構示意圖。

系統架設感測主機，收集無線感測節點之數據資料上傳，進行自動化收集作業與網頁介面設計，利用網站系統資訊之建構，提供不同的需求與服務(如圖 2.)。田間紀錄作業可利用 PDA 將紀錄資料輸出為電子檔，與資訊系統作整合，以達便利無紙化之目的。



圖2. 系統軟硬體設備。

前端系統依據不同試驗田特性需求，搭配不同功能之感測裝置，提供遠端田間資料收集與監測管理，改善以人工取得記錄器資料而兩地往返曠日廢時情況。後端系統提供感測裝置資料自動分析警訊功能，遇到異常或非標準作業情境，即透過手機簡訊或是電子郵件方式回報管理人員。

農藥藥效時間受到溫度、日照、風速風向以及時間的影響，而感測器所收集產出原始感測資料，正提供了研究人員試驗數據的依據，以建立可靠的農藥合理使用量以及安全採收期等後續相關評估，將這些資料納入實驗室標準作業流程，可提供可靠的試驗佐證以及後續相關試驗的對照資料來源。系統提供之輔助功能

可即時排除異常狀況，降低作物傷害或農業損失。研究人員也可掌握特殊狀態判斷接下來之預防措施，例如高溫雨後發生之病害等。

無線感測網路佈建之問題

利用 WSN 佈建之感測器節點會彼此相互溝通，或直接向目的節點(Sink)傳遞資料。使用大量的感測器節點之優勢，在於感測資料之收集能有更廣泛的涵蓋區域以及更準確的參考價值。然而感測節點會耗盡電量，直到無法通訊或是感測，當越來越多的感測節點沒電，WSN 會分散成為幾個子網路而無法使用。因此電量持久性對於每個感測節點傳送資料有決定性影響。所以在 WSN 應用領域中，節省能源是一個重要的課題。

佈建在戶外感測器節點的電源供應通常來自於小型電池，當電量耗盡時資料也無法傳送回資料收集中心，故需定期更換感測節點上的電池。然而在許多狀況下是無法執行的，例如危險區域或是人員無法到達的地方，這樣就失去了 WSN 進行長期遠端監測的意義。所以研究人員需要精確的估算各種電源消耗，在有限的電源供給下盡可能延長佈建 WSN 生命週期，以節省人力成本。節點的電力消耗主要在傳輸資料時發射以及接收信號，所以除了必要的偵測以及運算外，會關閉大部分的功能進入休眠狀態，以降低電力消耗，另在關鍵感測點可加裝外掛太陽能電池以延長運作時效。農業的應用上若依賴太陽能發電則需要考慮加掛的蓄電池以及陰雨天多寡問題進行考量。

農業應用中 WSN 多半在田園中運作，故設備的防水、防鏽、防塵等問題是另一個受到考驗的問題，由於電子產品常因為濕度過高，或因風吹日曬雨淋而遭受損壞，抑或意外因素導致故障等，所以硬體設備皆需要適切的防護措施。另因為環境因素使然，各種測量數據的交叉比對以及感測器的數據校正，也可能會對監測結果造成影響。

結 語

資訊與通信科技近年來迅速發展，對人類生活、世界經濟與農業發展各層面都產生了巨大的影響。應用這些工具與技術知識的社會與農企業往往也能獲得較多較快的經濟利益。

因此現代化的農業經營管理，需要具備有資訊科技發展的相關知識與技術，加上適當的設備應用、生產監控、管理資訊系統以及決策系統，降低與先進地區農業技術的數位落差，而當農業資訊科技發達也會有更人性化的人機介面，以資訊科技縮短農業數位落差。

農業經營管理者接受甚至善用這些科技應用，對於提昇競爭力及產品優勢有著大量的助益。WSN 技術應用農業生產遠端監測與田間資料即時收集，雖是農業領域中相對較新的技術，但其應用發展正大量的使用中，包括野生動物調查與病蟲害診斷防治污染監測等，若能整合台灣地方產業特色以及外銷潛力的種苗、水果、花卉等農作物或養殖漁業等，在生產管理、安全認證、產銷履歷之間整合建構，充分發揮資通訊科技(ICT)在農業電子化應用之效益，可有效提昇外銷競爭力，達到農業永續經營的目標。

參考資料

1. 江昭皚。2010。無線感測器網路技術對於農業資訊化之影響。國際農業科技新知 46 P3-8。
2. 應用 WSN 技術於東方果實蠅即時監測之研究發展。計畫編號：98 農科 6.1.5-糧-Z1。
3. 玉荷包荔枝微精準生產系統之建立。行政院農業委員會農業試驗所鳳山分所。98 年「玉荷包荔枝微精準生產系統之建立及荔枝育成品種成果」觀摩會。
4. 李俊賢。2006。無線感測網路與 ZigBee 協定簡介。工研院電通所電信國家行科技計畫 2006 年 1 月 77 期。
5. 萬一怒。2006。農業無線感測器網路建構技術。國立中興大學生物產業機電工程學系。
6. 台灣易利信-行動通訊技術 <http://eipa-acc.ericsson.com/>
7. 應用資通技術建構東方果實蠅自動化區域監測網之先導研究。2010。行政院農業委員會農業試驗所。
8. 張廖年峯。2009。無線感測系統於果園灌溉控制之應用研究。屏東科技大學生物機電工程系所。
9. 萬一怒。2003。農業資訊科技發展及近年來之成就。中華民國農學團體 92 年聯合年會特刊。
10. Wan Yenu。2008。Agricultural grid and information system development [J]。Transactions of the CSAE, 2008,24(Supp. 2)319-324.(EI)。
11. ZigBee Alliance, <http://www.ZigBee.org/>
12. IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs, <http://www.ieee802.org/11/>
13. Wiki, <http://zh.wikipedia.org/wiki/HSDPA>
14. IEEE。2003。Wireless Medium Access Control(MAC)and Physical Layer(PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks(LR-WPANs). IEEE standard 802.15.4。The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc。

藥毒所專題報導

發行人： 高清文
發行所： 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所
地址： 臺中市霧峰區舊正里光明路 11 號
網址： <http://www.tactri.gov.tw>
電話： (04)23302101
總編輯： 李貽華 執行編輯： 王蓉萱
編輯委員： 馮海東 蘇文瀛 何明勳 李宏萍
高穗生 游碧瑄 蔣慕琰

展售書局：

- 1.國家書店松江門市/台北市松江路 209 號 1 樓 (02)25180207
網路書店/ <http://www.govbooks.com.tw> (02)26598074
- 2.五南文化廣場/台中市中山路 6 號 (04)22260330

印刷： 財政部印刷廠
地址： 台中縣大里市中興路一段 288 號
電話： 04-24953126

中華民國 100 年 4 月出版

定價： 新台幣 30 元

GPN：2007600007

ISSN：1017-9569(平裝)