



東方果實蠅原產於印度、馬來半島等地，已知的寄生植物如芒果等高達150種，是台灣果樹的重大害蟲。

東方果實蠅的監測

■ 江昭暄 · 朱怡靜 · 盧福明 · 楊恩誠 · 曾傳蘆 · 謝志誠

隨著近40年的農業機械化之後，
過去「鋤禾日當午，汗滴禾下土」的景象已不復見。
而今，農業更將邁入「自動化」、「資訊化」
與「監測無線化」的時代。

無線感測器網路源於戰場監測等軍事用途，現今則應用於多種領域，如環境監測、生態監測、健康與醫療照護、防災救災、商業與家庭自動化、交通管理等，都有重要的實用價值。

以環境監測為例，儘管電腦科技快速發展，環境變異因子如氣候資料、各地區空氣品質資料等的量測，仍仰賴固定的感測器和人員紙筆記錄，不但耗費大量人力，記錄結果也容易出錯。相對而言，無線感測網路的監測範圍取決於布建節點的覆蓋率，在下達指令後，可輕易地在數分鐘內取得百里外上千公頃的監測資料。遭遇颱風等天災時，更可在第一時間得知監測地的情形。

無線感測器網路結合了無線網路技術、感測器、資料記錄器和資訊技術。廣義而言，只要是通過無線傳輸把感測節點連結在一起，且對外界具有量測功能，即可稱為無線感測器網路。

無線感測器網路的監測範圍取決於布建節點的覆蓋率，在下達指令後，可輕易地在數分鐘內取得百里外上千公頃的監測資料。

一般的無線傳輸使用電磁波，其波長和頻率成反比。在相同能量供應下，波長較長的波具有較佳的穿透率，適用於較長的傳輸範圍。但不是所有波段都可以使用，部分波段需要經過政府核可、發給執照才能使用，所謂的調頻（FM）與調幅（AM）廣播就屬於這一類。工程師和研究人員為幾種常用的波段訂定了標準，而 ZigBee、Wi-Fi 就是一些常用的個人區域網路的無線傳輸標準和協定，用於小範圍內的監測，若搭配 GSM 或 3G 等廣域網路使用，可完成各式各樣的監測任務。

組成無線感測器網路的最小單位稱為感測器節點，內建有感測器和無線通訊模組，可以量測環境因子，並以接力方式藉由無線通訊把感測資料傳輸至閘道器。感測器節點布建的位置決定了資料在空間上的密度，寫入感測器節點的程式指令，則決定了測量的時機和回傳的方式，可以是定時測量、因事件發生而自動測量，或是因收到指令進行即時量測。這些條件允許研究者在偏遠地區進行大範圍的高空間和時間解析度的測量，觀察傳統監測方法所無法觀察的現象。

東方果實蠅的危害

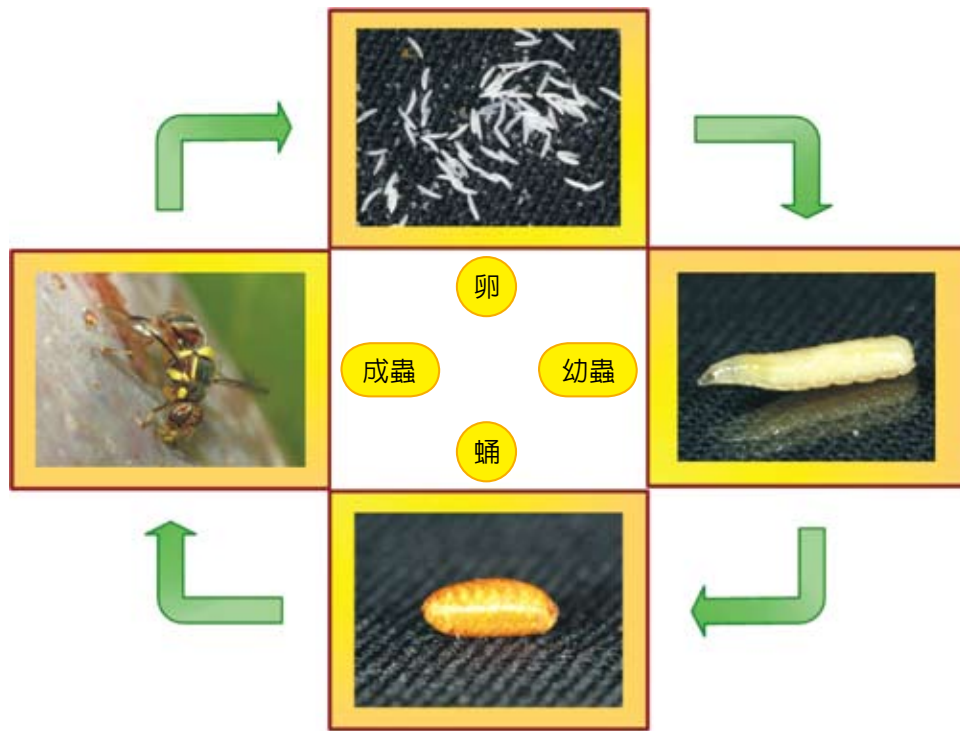
東方果實蠅，學名 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)，是果實蠅的一種，原產於印度、馬來半島等地，已知的寄生植物如芒果等高達 150 種，是太平洋地區果樹的主要害蟲。受災水果可能會因而畸形、腐敗或落果，進而失去價值，導致以億為單位



廣義而言，只要是通過無線傳輸把感測節點連結在一起，且對外界具有測量的功能，即可稱為無線感測器網路。工程師和研究人員為幾種常用的無線傳輸波段訂定了標準，如 ZigBee、Wi-Fi 等，各有其適用範圍。



東方果實蠅把蟲卵產在水果表皮下，因而造成水果畸形、腐敗或落果，進而失去價值，導致以億為單位的農業損失。



東方果實蠅的生命周期

果實蠅的平均壽命是30~40天，一隻雌性果實蠅一生可產下數千顆蟲卵，每年大約繁衍8、9代，是太平洋地區果樹的主要害蟲。

的農業損失。東方果實蠅的平均壽命是30~40天，且具高度繁殖力，一隻雌性東方果實蠅可產下數千顆卵，每年大約繁衍8、9代。若收成的水果內留有東方果實蠅的卵或幼蟲，在檢疫上便會出現問題而無法出口，造成蔬果外銷的障礙。

目前政府每年花費數千萬元的防治經費，並派員至各果實蠅監測站布放捕蟲筒，計數誘捕器裡捕捉到的東方果實蠅數量，以判斷田間蟲害的嚴重情形和決定施灑農藥的時機。然全台監測範圍廣大而人力有限，調查的頻率約每10天1次，且都由人工計數，除了費時費力外，

更受限於空間和時間解析度及環境參數的不足，無法全面了解東方果實蠅出現時的環境變異狀況。因此有必要利用自動化觀測設備，改善現有的監測系統。

生態監測與預警系統

東方果實蠅生態監測與預警系統分為兩大部分：遠端的田間害蟲生態監測網路和後端的主控平台。

田間害蟲生態監測網路由閘道器和多個無線感測器節點組成，感測器節點上除了有感測器測量環境參數（溫度、溼度、照度等）外，

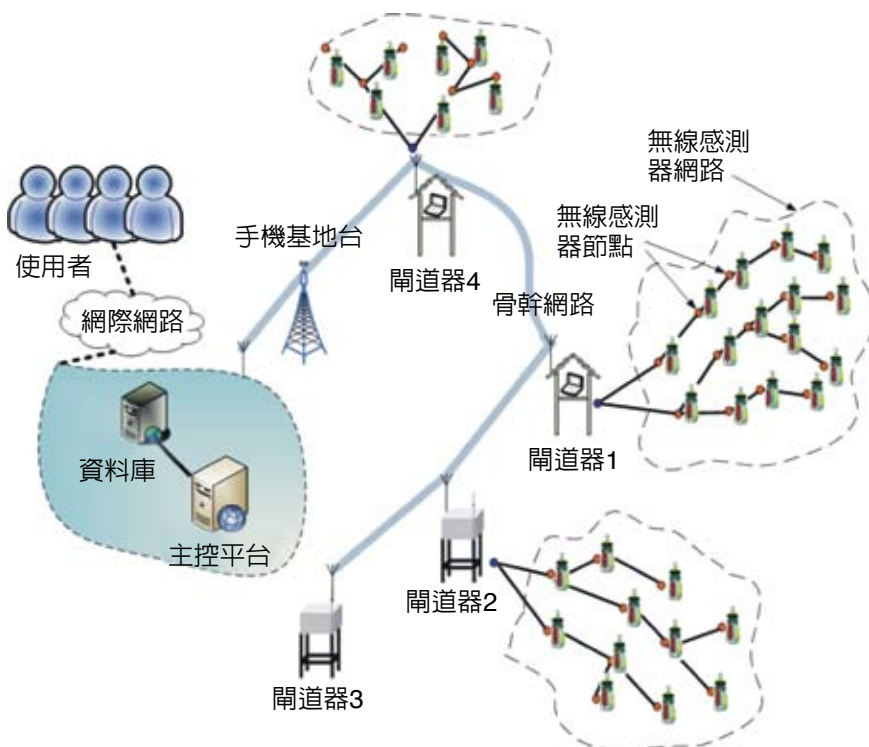
還配置有自製的誘捕裝置，內部放置甲基丁香油等誘引劑，能有效吸引東方果實蠅。當東方果實蠅爬過特別設計的誘引通道時，藉著兩段式光遮斷開關完成自動計數的工作。因為要測量的範圍很大，這些節點通常採用階層式管理，一層一層地以無線接力傳遞方式把訊息回傳至田間閘道器。

田間閘道器管理轄下所有的感測器節點，在彙整該監測區的大量感測資訊後，結合閘道器上的風速計感測值和GPS全球衛星定位模組的訊號，以手機簡訊方式傳送至主控平台。因環境的需求不同，田間閘道器有PC型、節能型和單機版3種選擇。PC型田間閘道器以現成的個人電腦或筆記型電腦為操作平台，適合有提供室電的田野環境；節能型田間閘道器則以MSP430晶片為整合核心，適用於偏遠

或無室電供給的地區。在不適合布置網路處可使用單機版田間閘道器，不需配合感測器節點就可對個別區域進行監測。

主控平台配置有手機模組，可接收來自閘道器的系統資訊。由於台灣手機基地台的覆蓋率接近百分之百，因此無論無線感測網路布建在何處，主控平台都可收到監測結果，然後把資料存放在MySQL寫成的資料庫中。通過認證的使用者可經由網際網路讀取資料庫數據，觀看田間害蟲生態監測網路所收集的即時田間環境資料，或進行歷史資料查詢和分析作業。

主控平台也具有對遠端網路的操控權。由於無線網路架設在戶外，節點的能量全面仰賴電池供應，若電池電量不足時，整個網路就可能失去效



「東方果實蠅生態監測與預警系統」運用機電整合技術，結合無線感測器網路技術、GSM行動傳輸技術和網際網路技術，可分為遠端的田間害蟲生態監測網路和後端的主控平台兩大部分。



大範圍監測時，通常對感測器節點採階層式管理，透過無線傳輸把蒐集到的數據傳送給下一層節點，不斷接力傳遞至田間閘道器彙整。



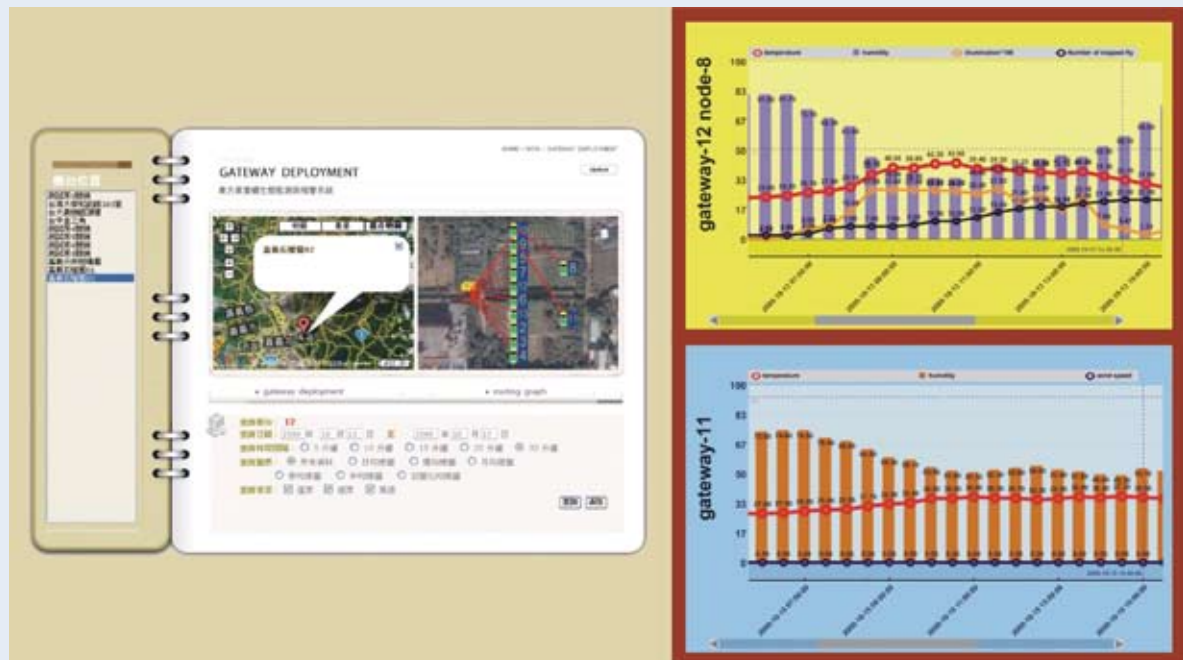
Octopus II 通訊模組

計數電路

兩段式紅外線偵測裝置

紅外線中斷電路

結合環境因子感測器、無線通訊模組和自動計數誘捕裝置的感測器節點。整合果實蠅自動計數偵測電路和內裝誘引劑的蟲筒，利用無線感測器通訊模組接力傳輸執行即時資料監測，可量測果園栽植區的溫度、溼度、照度、果實蠅蟲數等，以及蒐集其他相關影響因子的現地資訊。



後端主控平台的監測資料查詢頁面。經過認證的使用者可經由網際網路讀取資料庫數據，觀看田間害蟲生態監測網路所收集的即時田間環境資料，或進行歷史資料查詢和分析作業。

為提升農產效率和品質，實際執行的首要步驟就是精準收集各種數據，做為田園操作管理的依據。



田間閘道器管理轄下所有的感測器節點，彙整該監測區的大量感測資訊後，結合閘道器上的風速計感測值及GPS全球衛星定位模組的訊號，以手機簡訊方式傳送至主控平台。



感測器節點的布建位置決定了果園資訊在空間上的密度，時間上的密度則取決於感測器節點內部程式的規定，可以定時、依事件、依主控平台與田間閘道器的指令進行測量。



配合太陽能板的使用，可以在陽光充足時對供應感測器節點電源的電池充電，延長節點使用時間，以確保整體網路的完整性。

用。於是在網路剛布建時，田間閘道器會把轄下節點的相互路由關係傳給主控平台，主控平台會根據每個節點的負載量排定資訊蒐集時的階層關係，以

確保遠端網路壽命的最大化。而且在節點因電量消耗過度或其他原因失去和閘道器間的連繫時，主控平台可以強制要求網路重新進行路由排定的工作，使系統運作達成全面無線化和自動化。

這個害蟲偵測系統目前已在台北、台中和嘉義地區進行測試，其中如自動誘引計數裝置、PC型和節能型田間閘道器、主控平台等裝置和相關技術，都已分別取得中華民國專利或現正申請美國專利中。另外，若適當地置換節點上的捕蟲筒、誘引劑，則可以把捕捉對象由東方果實蠅更換為其他害蟲。

多層次的價值與功效

自民國59年開始，政府大力推行農業機械化政策，在各類農業栽植和管理工作層面上，都達成了相當優異的成果。目前稻作的機械化程度，在亞洲中僅次於日本。近年來，永續性發展的觀念抬頭，

無線感測器網路結合機電整合實現資料的自動收集，
 允許大範圍、長時間、高頻率的記錄工作，
 不僅提升生態監測系統的準確性、感測範圍和便利性，也節省人力資源。

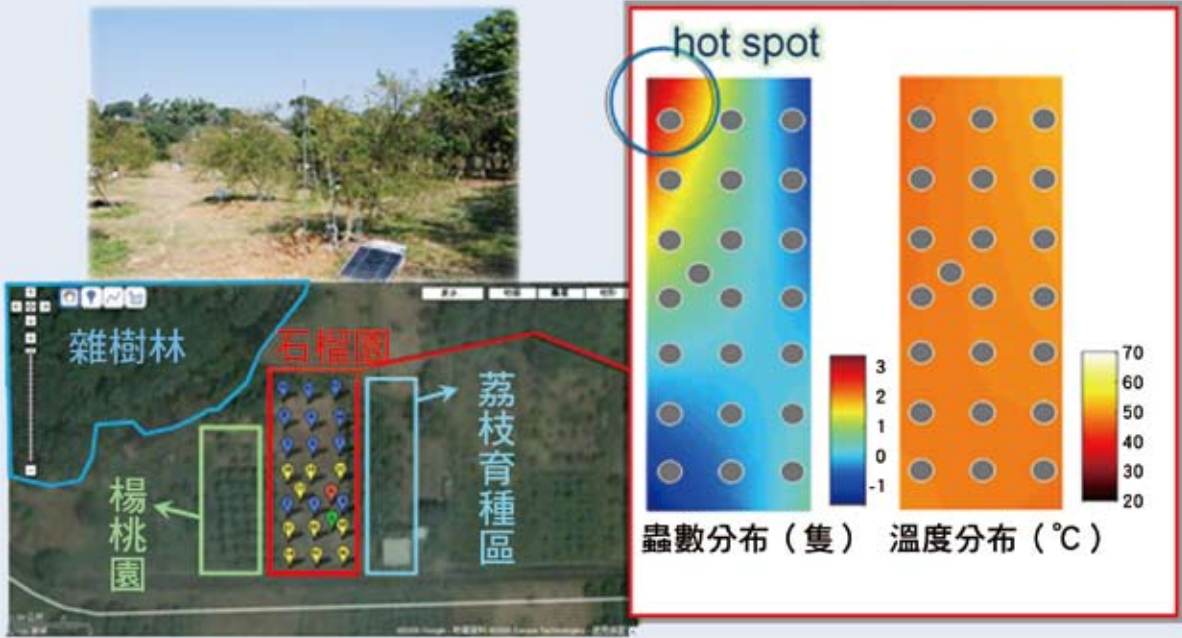


目前在台北、台中和嘉義進行測試的東方果實蠅生態監測與預警系統。

加上農業成長率減緩，農業已逐漸往資訊化、自動化的方向發展，稱為精準農業。為提升農產效率和品質，實際執行的首要步驟就是精準蒐集各種數據，做為田園操作管理的依據。

在東方果實蠅監測防治的應用方面，無線感測器網路結合機電整合實現資料自動收集，

允許大範圍、長時間、高頻率的記錄工作，不僅提升生態監測系統的準確性、感測範圍和便利性，也節省人力資源。農民更可以透過回傳的資訊了解東方果實蠅的活動狀況，同時考慮監測區域植被等相關地理資訊，可找出它們的活動熱點。在東方果實蠅的活動熱點重點施放



無線感測器網路結合機電整合實現資料自動收集的目的，更可以透過回傳的資訊，輔以節點的所在位置，找出東方果實蠅的活動熱點。



感測器節點上的感測器能測量溫度、溼度、照度等環境參數，還配置有自製的自動化誘捕裝置，對捕捉到的東方果實蠅計數。這些資訊可以找出東方果實蠅的活動熱點及建立生態模型，提供給農民及研究人員參考。

農藥，不但可減少整體農藥強度，還可降低生產成本。

長期累積的數據更可以用來建立東方果實蠅的生態模型。在早期以每10天為單位的監測報告中，昆蟲學家只能觀察到以旬為時間單位的果實蠅活動紀錄。以天為周期的研究則相當罕見，這些少數的論文只能模糊指出，早上8點是東方果實蠅的活躍期，接近傍晚則數目漸少。同時因環境參數的缺乏，無法建立氣候因子和東方果實蠅活動的關聯性。

本系統則納入了溫度、溼度、照度、風速 / 風向和作物種類的資訊，加上30分鐘一次的回傳頻率，能夠有效建立東方果實蠅的出沒狀態。這個系統自2006年6月測試至今，依誘捕時間統計的結果可明顯看出，早上6~8點是東方果實蠅的活躍期，高溫午間期幾乎不活動，下午4~6點間活動量略有回升現象，之後便逐漸緩和，夜間幾乎不再活



東方果實蠅生態監測與預警系統是世界首創，運用無線感測器網路技術結合機電整合、GSM無線傳輸技術與網際網路技術，對東方果實蠅進行自動化監測。



工作人員在果園中架設標竿，以懸掛蟲筒。

動。這些紀錄不僅符合前人論文所提出的出沒趨勢，還進一步把時間精準至小時的尺度。

「東方果實蠅生態監測與預警系統」結合機電整合、GSM無線傳輸技術和網際網路技術，對東方果實蠅進行自動化監測，是世界首創。這項研究成果使得檢疫人員、農民和研究人員不需親臨偵測裝置部署的位置，在個人電腦上就可下載預定間隔的監測資訊，同時輔以

地理資訊系統技術，分析空間資訊，透過資料挖掘，找出影響和切斷東方果實蠅生命週期關鍵因素的防疫手段，使經濟產業、農業發展、生態平衡、學術研究和作物檢疫各方面都有長足的發展。

繼獸力和機械化後，自動化與資訊化為農業帶來了第三波改革。雖然無線感測器網路是農業與生態領域中較為新穎的技術，卻可做為架構出高度精確度新農業的基礎。

江昭皚·朱怡靜·盧福明·謝志誠

臺灣大學生物產業機電工程學系暨研究所

楊恩誠

臺灣大學昆蟲學系暨研究所

曾傳蘆

臺北科技大學機電工程系
