

無線多媒體感測網路技術於養雞場自動化系統整合之研究

尤崧名*, 萬一怒**, 楊佳祥***

* 中興大學生物產業機電工程系研究助理

**中興大學生物產業機電工程系教授

***中興大學生物產業機電工程系研究生

摘要

自動化生產是現代化農業的重要發展項目，為了整合與提昇現有自動化系統的功能，本研究以無線多媒體感測網路(WMSNs)技術發展養雞場自動化整合系統，功能包括遠端即時溫度、相對溼度、氨氣濃度、風速、降雨偵測及影像監控，並整合捲簾、噴霧及風扇環控設施，由主控電腦、感測節點及控制節點組成網路監測與控制系統。本實驗於凱馨實業有限公司所屬的契養戶建立實驗示範點，遠端系統使用有線及無線網路方式與各節點溝通，藉由所完成之資料擷取系統取得環境資訊，以條件式建立氣候環境條控決策，並採取相對應的設備控制，達到低風險、省人力、高管理效率的雞隻生產管理功能。本研究顯示，應用所發展之 WMSNs 系統於自動化結合，資訊整合性佳且田間佈建容易，所收集的雞隻生長資訊可提供食品安全追溯機制的建立，增加產品附加價值。

關鍵詞：自動化、無線多媒體感測網路、感測器、自動控制

1. 前言

自動化生產是現代農業的重要發展方向，農業自動化可以節省人力成本、緩解農民的辛勞、降低生產開銷及穩定產品品質，此外農業自動化配合產品追溯機制的建立，可加強食品安全系統的執行，這些都能幫助農業達到永續性的經營。自民國 80 年起，國內農業在政策的推動下，許多產業建立從機械式到昂貴的整合型自動化系統，如蛋雞產業，許多養雞場從國外進口大型的生產管理系統，使用餵飼、集蛋、洗選、廢棄物處理、水簾等自動化設備，從飼養到收穫皆為一貫化的流程，然而技術資源及維護升級資金的不足，往往很難保持其自動化整合的功効；此外，許多產業因生產規模及背景無法有效實施自動化，例如土雞生產自動化程度較低，其原因為土雞飼養需要

較大的開放式空間，經營管理複雜度高且控制設備建構不易。因此發展新式的自動化功能，包括設備的整合、可遠端管理、具智慧化、技術國產化等，且價格合理的系統，改善目前的農業生產技術，是所有農產管理人員的目標。

近年來，微製程技術的更新帶動微晶片、資訊與網路通信科技 (Information communication technology, ICT)等產業快速發展，有許多應用以小型 IC 感測器結合微處理器，使用網路為架構，發展了無線感測網路 (Wireless sensor networks, WSNs)系統，帶動了監測系統的變革。隨著 WSNs 的改良及 CMOS(Complementary metal oxide semiconductor)技術的提昇，攝影機感光元件解析度提高而價格下降，將 WSNs 結合影像、聲音等多媒體資訊發展出無線多媒體感測網路 (Wireless multimedia sensor networks,

WMSNs)成為新的發展趨勢，感測器數據與多媒體資訊的結合，加強了系統的完整性及可信度，發展出更多元的應用，例如即時醫療看護、自動化老人照顧、環境影像監測、人員定位控管、工廠生產控制等，並能以組織化方式建立農業自動化系統(Akyildiz et al., 2007)。

2. 系統設計

本研究以 WMSNs 技術建立具組織化、智慧化、可遠端的雞隻生產環境自動化管理系統，主控電腦、感測模組及控制設施透過網路平台聯繫，可進行溫溼度、氨氣濃度、風速、降雨判斷及雞隻影像等監測，並整合捲簾、噴霧及風扇環控設施，以數位傳輸通信，建立雞舍環境管理系統，達到現場及遠端的雞隻自動化生產。系統研製可分為硬體及軟體兩部分，硬體部分包括感測器模組的建立與校正、感測與控制節點的開發以及現場自動化設備的整合等。軟體部分使用 JAVA 程式語言發展包括監測資料擷取管理軟體、遠端設備自動控制程式、人機圖形顯示介面、智慧化環境模式管理系統等。本研究並以開放式土雞生產為例建立實驗示範點，所發展雞隻生產環境管理系統透過跨縣市遠端網路，自動監測雞舍內及室外天候環境變化，適時啟動雨遮、通風系統、溫控管理等措施，可提供雞隻穩定的生長環境，防止突來的氣候變異造成雞隻死亡或生長效率降低。

2.1 系統架構

為配合養雞場環境感測與設施控制，共開發感測及控制型兩種形式的節點，感測節點(Sensro-node)可連接包括溫度、相對濕度、氨氣濃度、雨滴反應、風速與即時影像等感測模組，並配合架設位置需要的感測項目進行刪減及改變外殼防護，可組成多形式的監測模式，

例如雞隻生長環境、室外氣候變化、雞隻活動進食等監測，運作架構如圖 1 所示，類比訊號感測器透過自行開發之 LFS(Livestock field server)卡，可轉換為高精度之數位資料，再由無線設施進行傳送。

控制節點(Control-node)用來替換原本的傳統按鈕控制，成為網路機電控制的管理設備，控制節點由 LFS 卡、固態繼電器及無線基地台組合而成，外觀如圖 2 所示，LFS 卡可提供 TTL 等級開關訊號，藉由固態繼電器(Solid State Relay)的連接可開啟或關閉大功率的工作馬達、雞舍捲簾、水閥等設備，控制回報並使用簡易觸控電路，收取回授訊號進行判斷，LFS 卡並可提供精確的 Timer 控制及技術器功能，配合軟體計算可進行定時控制，並紀錄控制訊號回報狀況。

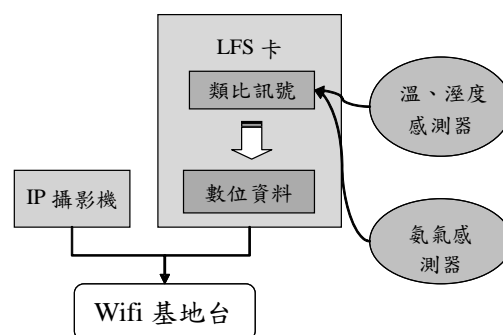


圖 1 感測節點架構



圖 2 控制節點

2.2 軟體開發

系統軟體以跨平台之 JAVA 語言開發，JAVA 具有良好的網路及圖形介面之類別程式元件，相當適合以網路架構為主的 WMSNs 系統開發，所發展軟體系統包括三個部份，環境管理系統、監測系統、控制系統。環境管理系

統是整體自動化配置的管理中樞，透過監測系統週期性的自動擷取感測節點資料，分析判斷管理模式後再對待命中的控制系統進行管理，系統運作架構如圖 3 所示。

環境管理之判定是以雞舍內溫度、相對濕度、氨氣濃度及是否降雨為參數建立條列式判斷系統，並根據型態特徵，將環境區分為氨氣通風、高溫、低溫、降雨及正常模式，各模式配合噴霧系統、風扇系統及捲簾系統進行適當的管理措施，並建立條件順序針對降雨、寒流等緊急項目優先進行管理。

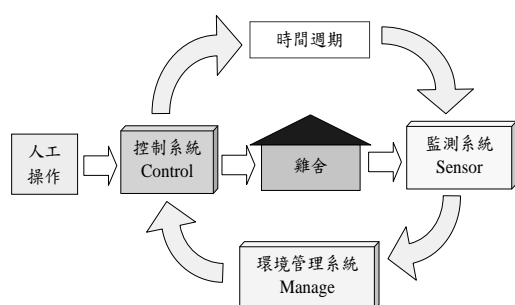


圖 3 系統運作流程圖

監測系統採用中央主控式，以輪詢方式逐一擷取各節點資料。此傳輸方式為非可靠傳輸協定，傳輸時僅送出擷取訊號，若定時內未收到回應封包，則放棄該次擷取，繼續詢訪下一節點，為避免短時間送出多筆擷取要求使的網路壅塞，造成封包延遲或遺失，因此系統以時間管理程式，分散節點擷取的時間，讓網路保持在低使用率的狀況，減少擷取失敗的機率。資料收取後集中於終端伺服器進行訊號篩選、轉換與紀錄建檔，並發展圖行介面視窗，讓使用者方便查閱即時資訊，了解雞舍變化。

控制系統同樣使用主控式透過網路對控制節點的 LFS 卡送出控制訊號，進而驅動繼電器以啟動設備，為避免控制訊號未正確傳輸或設備無法正常啟動，需主動讀取 LFS 卡的輸入狀態，取得控制節點回授訊號，由主控系統判斷，可達到近似閉迴路精確控制的效果。

本研究試驗場地位於雲林縣虎尾鎮，為凱

馨實業有限公司所屬的契養戶，主要以飼養紅羽土雞及烏骨雞為主，該場所使用的自動化管理設備相當少，僅有簡易的定時器設定噴霧時間及飼料自動輸送設備等，且都需由人手動啟動，環境方面則依靠人工經驗判斷，啟動風扇、噴霧、人力開啟捲簾等方式進行管理。由於人力有限本實驗選擇最靠近管理人房舍的三棟雞舍進行系統架設，佈建有七個感測節點、四個控制節點、測試 PC 主機一台及路由設備，並以控制節點整合自動化控制設備，PFS 系統可透過住宅內之 ADSL 進入網際網路，將雞舍內資料即時傳送回中興大學實驗室資料庫，若需進行環境管理亦可透過網際網路遠端直接操控現場設備，各節點架設位置及網路傳輸路徑如圖 4 所示，各節點的代號說明如下：

室外感測節點：S1。偵測項目：溫度、相對濕度、雨滴、風速。

室內感測節點：S2~S5。偵測項目：溫度、相對濕度、氨氣濃度。

捲簾控制節點：C1~C3。

噴霧控制節點：W1。

Sink：個人電腦一台、路由(Router)設備、對外網路 ADSL。

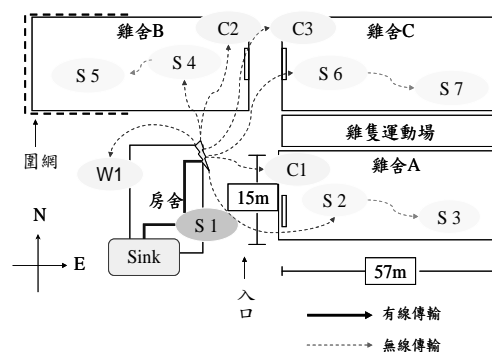


圖 4 節點佈建位置

3.1 系統佈建測試

所發展監測系統之人機介面的圖表模式如圖 5 所示，可選擇性顯示欲查詢的感測項

目，並載入設定期間的歷史資料，並能快速將資料輸出文字格式，顯示各感測器的數值，方便管理人快速檢視。影像模式如圖六所示，圖像隨週期下載更新，可觀察雞舍內即時狀態，鏡頭對準雞隻主要活動區域，例如飼料盆、飲水器、風扇控制設備等，經由人工判斷，可遠距獲得雞隻活動、進食狀況、設備運作等資訊。系統於雞舍使用時，粉塵量相當高，設備使用一段時間即會積滿灰塵，因此節點設計時需妥善做好散熱及防塵措施。

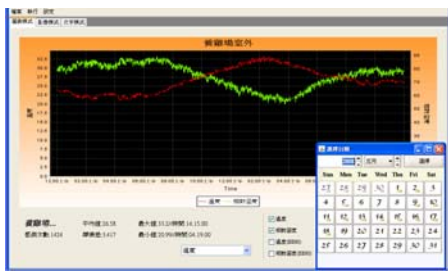


圖 5 監測系統圖表



圖 6 即時影像顯示

3.2 自動化管理應用

本研究以雞隻生長一期的環境數據進行比較，日期為 2008 年 2/21~4/18 號，共 58 天，為中型(1.8kg)烏骨雞飼養。觀察此季雞舍捲簾的狀態後發現，雞隻於 1~21 日齡為育雛階段，捲簾幾乎為全關狀態，除白天偶爾開啟隙縫通風，晚間換氣效果極差，在 22~39 日齡時，雞舍則是維持半關閉的狀態，入夜時關閉捲簾，於白天溫度升高時開啟一半進行通風，並逐漸增加開啟的時間，40 日齡後，雞隻為成雞狀態，捲簾幾乎全天候開啟，除了下雨時才關閉下層捲簾。

圖 7 所示為當季風速及氨氣濃度的日平均測試結果，結果顯示日齡 1~24 日時，雞舍捲簾關閉通風效果差，因此雞舍內的氨氣濃度，隨著時間逐漸上升，於日齡 24 日時達到頂峰(7.3ppm)，之後隨著捲簾開啟逐漸下降，到 39 日齡時回復到 0.7ppm。而比較氨氣濃度與室外風速的感測值，發現於 20 日齡之前，由於捲簾多為關閉狀態，兩者較無明顯的相關性，20~40 日齡之間，捲簾為半開啟的狀態，風速與氨氣濃度呈現明顯的反向相關，風速上升時氨氣濃度下降，但是第 40 日齡時發生降雨，捲簾為關閉狀態，加上當時墊料層已累積相當多的雞糞，且風速較弱，因此雞舍內氨氣濃度有急遽上升的趨勢，但雨停後捲簾維持全開，氨氣濃度即快速下降。

結果顯示捲簾的開啟狀況，是影響雞舍內氨氣濃度的主要因素，風速則為次要因素，當捲簾僅部份開啟時，需配合室外通風，可加速雞舍換氣，風速愈強換氣效果愈好，若完全開啟時，雞舍即有良好的通風，可有效降低氨氣濃度。所以風速大小會影響換氣的速度，但仍需配合捲簾的開啟，才會有較好的通風的效果。

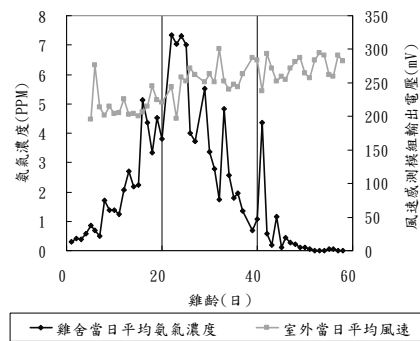


圖 7 雞舍氨氣濃度與室外風速變化圖

雞隻於 39~42 日齡，降雨發生時雞舍內相對濕度的變化狀況如圖 8 所示，由雞舍影像得知，下層捲簾於 3/30 號 18 時關閉，上層保持開啟，而隔天 3/31 號早上 8 點即開始下起連續大雨，相對濕度並逐漸上升，最高達到 82.7%，之後逐漸回穩在 70% 上下。下層捲簾

於 4/1 號早上 11 點時開啟，當時雨量並不大，且接近正午時候，溫度較高，因此相對溼度增加不多。圖 9 所示為此時段雞舍內的氨氣濃度及室外風速變化圖，一開始降雨時，氨氣未立刻增加，而是過了一天，4/1 號早上 7 點氨氣才大幅增加，當 4/1 號早上 11 點捲簾開啟時，氨氣濃度即大幅下降，晚間入夜後又有回升的趨勢，觀察此時的風速可以發現，剛開始降雨時室外仍有刮風，配合上層捲簾的開啟，仍可有效的換氣，但氨氣濃度上升的兩個時段，風速都相對較低，當風速上升時氨氣濃度下降，風速下降時，又造成氨氣濃度上揚。

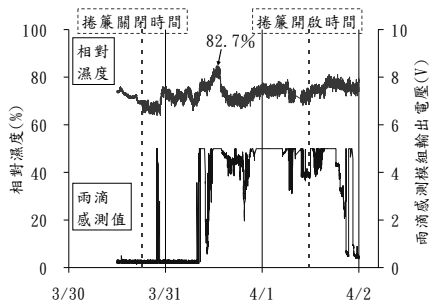


圖 8 降雨狀況及雞舍內溼度變化狀況

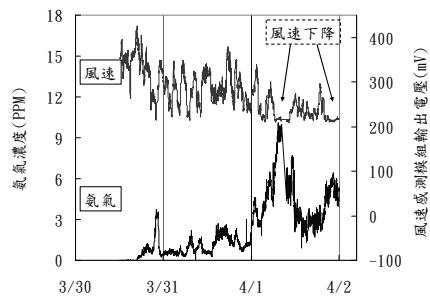


圖 9 室外風速及雞舍內氨氣濃度變化狀況

3.3 環境自動化管理

雞舍降雨管理測試結果如圖所示。測試時間為 2008/3/14 日清晨的降雨狀況，根據捲簾控制點的 I/O 狀態紀錄，可以知道控制點對捲簾進行馬達啟動及關閉的時間。由感測器的紀錄得知，2:50 及 3:10 分開始有零星的降雨，但雨點相當小，所以系統並未判斷為降雨，到了 a 點 4:08 分時雨滴感測器為 1020，超過降

雨臨界值，即進行捲簾關閉的動作，但降雨僅持續兩分鐘即停止，未達 5 分鐘，所以捲簾仍持續關閉三分鐘後才開啟捲簾，到了 b 點 4:23 分時又感測到降雨，此次降雨時間較長，直到感測值開始下降後始開啟捲簾。

測試的結果顯示捲簾控制部份如預期運作，當降雨發生時，可在一分鐘內關閉捲簾，並於降雨結束時自動回復開啟狀態，達到降雨預防自動管理的效果。

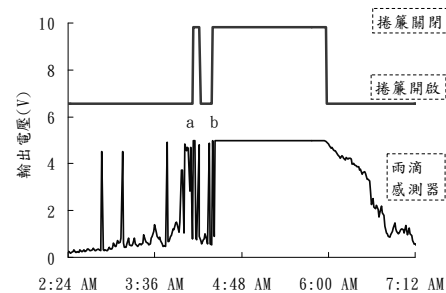


圖 10 降雨反應系統運作狀況

在溫度管理時，系統可自動管理捲簾開啟的比例，溫度上升時開啟比例逐漸增加，超過 25°C 即全開，低於 21°C 時全關，控制結果如圖 11 所示，顯示在清晨及傍晚時氣溫較低，捲簾會降低開啟比例進行保溫，若溫度過低則完全關閉捲簾，白天時溫度上升後則完全開啟以增加通風。捲簾系統設定 10 分鐘動作一次，可高效率且長時間連續的自動管理，管理者僅需透過影像觀察或是大略巡視即可。

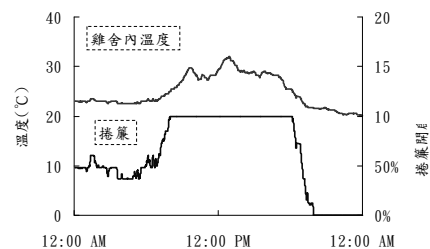


圖 11 捲簾開啟比例對溫度的變化

4. 結論

本研究以 WMSNs 技術所發展之禽畜環境自動化監測與控制系統可適用於傳統管理

設備的整合，並透過無線或有線傳輸，可快速佈建於禽畜養殖環境，建立監測、控制及環境管理系統，達到現場及遠端的雞隻生產自動化管理的功能，所發展之環境管理系統，可條件式判斷雞舍的環境變化，分析不同氣候模式，再啟動對應的環控設施管理，能自動解決降雨、溫度變化等氣候異常對雞舍環境的影響，提供更穩定的生長環境，來降低飼養風險，達到節省人力、增加管理效率的功能。

研究顯示 WMSNs 相當適合土雞飼養管理自動化的開發，主控系統透過網路以有線及無線傳輸與節點聯繫，田間架設方便且維護容易，系統以模組化構成，應變能力高且延展性強，未來並可應用在農業及畜牧飼養自動化系統開發，例如自動化畜舍結合、生長效益評估、溫室環控、品質監測等，所建立的歷史紀錄也能加強農產品追溯系統的建立，提昇食品安全保障，加強市場競爭力。

誌謝

本研究為農委會研究計畫經費補助之研究成果，並感謝凱馨實業有限公司與廖崑銘先生熱心提供實驗所需之土雞養殖場試驗點，特此致謝。

參考文獻

1. 萬一怒。2004。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。
2. 萬一怒。2007。農業無線多媒體感測網路的發展與禽畜場之應用。台灣農業資訊科技發展協會研討會。台北市：林業試驗所。
3. Akyildiz, I. F., T. Melodia and K. R. Chowdhury. 2007. A survey on wireless multimedia sensor networks. *Computer Networks*. 51:921-960.
4. Kulkarni, P., D. Ganesan, P. Shenoy, Q. Lu. 2005. SensEye: a multi-tier camera sensor network. in: *Proc. of ACM Multimedia*, Singapore, November 2005.
5. Fukatsu, T., M. Hirafuji. 2002. Development of the Field Server Enhanced Field Monitoring Function (in Japanese). In *Proc. Joint Meeting on Environmental Engineering in Agriculture 2002*, 214, Tokyo, Japan.