

綠色農場遠端自動化監控系統之研究

陳響亮* 陳廷宗 林昆輝
國立成功大學製造資訊與系統研究所
*slchen@mail.ncku.edu.tw

摘要

傳統農業往往僅是以人力勘查為主，無法立即得知農場環境周圍的狀況，為解決此問題，本研究提出綠色農場遠端自動化監控系統，以綠色能源太陽能，作為遠端自動化監控設備之供電來源。感測器的偵測的感測訊號經由 MCU(Micro-Controller Unit)作處理運算，經由高傳輸速率的無線 Wi-Fi 模組將所有的感測訊號無線化傳送至遠端使用者。農場遠端監控系統結合溫度、濕度以及土壤濕度感測器進行佈建，並利用 C#設計綠色農場遠端監控系統人機介面，供使用者進行農場遠端監控與操作。此外，本研究將搭配土壤溼度感測器設計灑水系統，當土壤濕度低於設定值時，微控制器將判斷是否開啟灑水裝置。

本研究之主要目標為改善傳統農業所需監控人力之不足並且以 Wi-Fi 傳輸改善傳統農業遠端監控之訊息即時性低及提昇資料傳輸範圍。

關鍵詞：微控制器、Wi-Fi、灑水系統

Abstract

Traditional agriculture farm conditions are usually determined by farmers, which can't obtain the information of farms immediately. In this research, solar energy is used as a power supply, and MCU (Micro-Controller Unit) is used for sensor computing. High-transmission-speed Wi-Fi module is adapted for transmitting the sensor signals to remote monitoring system. Temperature sensor, moisture sensor and soil moisture sensor are used to build up the wireless sensor network for remote system of green farm, We use C# programming language to design the monitoring system interface for users. A sprinkler system is designed in this research with soil moisture sensor, and the soil moisture quantity will determine whether to start the sprinkler system or not.

The purpose of our research is to enhance and improve the transmission efficiency of information for farmers.

Keywords: Micro-controller, Wi-Fi, Sprinkler System

1. 前言

近年來，綠能環保意識抬頭，永續發展已是全球共識，農業的發展與環境的保護是各界關注的重點。另一方面，台灣自加入世貿組織(WTO)之後

[1-2]，國內的農業發展已不能仰賴高關稅進口限制，價格支持等傳統保護措施，因此需調整農業生產結構，提升生產力與競爭力。面對各國對國內農業衝擊的影響，如何將自身的農業結構提升，結合現有的高科技，將台灣農業發展帶向全方面，並提升在國際間競爭力，將是未來農業界投入的重要課題。

隨著科技不斷的進步，農業發展也趨向由自動化生產代替人力勞工以及農業產品的改良，因此如何在自動化生產中實現遠端監控系統以節省人力成本，兼顧環境因素，將是農業遠端自動化監控所需致力發展的目標。

1.1 研究動機

在農場裡，農民無法隨時隨地進行場地勘查及土壤水分的變化，且農場內之灑水設施並須本人親臨現場操作，除了費時且無法即時性的調整。此外，由於在使用農業遠端監控系統上必須強調實用性，首要工作即是針對不同農場環境做為監控目標，建立相互應監控平台，並收集各種數據及建立資料庫作為農作物生長環境管理之依據，使農產品可獲得有效的管理。因為農場環境傳輸受到先天性的限制，使得無線感測網路技術成為一個適合應用於農業生產管理監控領域且實際應用價值之工具，相當獲得農業界重視，故本研究提出綠色農場遠端自動化監控系統。

1.2 研究目的

本研究針對以上問題提出以「綠色農場遠端自動化監控系統」，本研究之研究目的為下列3項：

- (1) 以 Wi-Fi 無線網路為傳輸中心，建構農場遠端監控系統，達成符合大面積農場之傳輸範圍需求。
- (2) 建構自動化灑水系統，針對土壤水分變化進行調整，取代傳統農業需以人力操作為主之控制方式。
- (3) 建構遠端監控系統平台，監控農場各項周圍環境，使用者可於資料庫即時調閱歷史資料，取代傳統以人力勘查方式。

1.3 文獻回顧

蕭伯翰[3]使用可程式控制介面卡(PICNIC)做為驅動裝置，將多種感測器、IP攝影機、無線基地台及遠端的個人電腦整合成無線多媒體感測網路

(WMSN)，並建構植物立體化萵苣栽培環境控制室之遠端監控系統，然而此系統未針對無線網路傳輸問題進行說明，無法得知遠端傳輸時，是否感測資訊能夠即時性的傳送到虛擬伺服器進行資料庫存取。

Park[4]等人提出使用 WSN 技術之遠端監控系統作為預測農作物上之露水是否凝結影響農作物之生長。Park 等人設計之遠端監控系統結合感測節點進行資料蒐集，並使用 Barenbrug formula 計算農作物上的露點作為感測器偵測露水之判讀以啟動設施。

2. 綠色農場遠端自動化監控系統

2.1 系統架構

圖 1 為本研究之系統建構圖，依此架構建立整個農場遠端監控系統。環境監控之感測資訊傳輸透過 Wi-Fi 模組(RN-131-EK Evaluation Board)將所有感測資訊透過 SSID(無線基地台)傳送至遠端監控介面，使用者可於 GUI 介面平台之資料庫進行歷史訊息查閱。

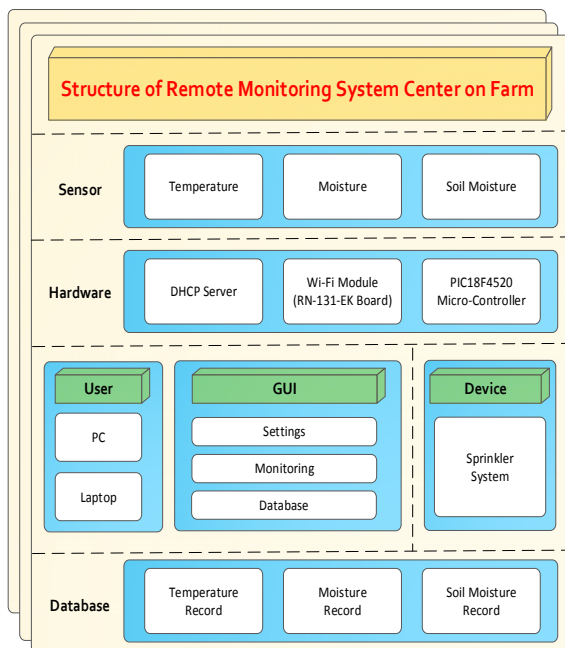


圖 1 本研究系統架構圖

圖中情境分為以下六大區塊，包含：(1)電源供應(2)感測器佈建(3)伺服端(4)自動化設施(5)遠端監控等五大部份，農場監控系統將以此情境逐步建立架構，並針對以上五大區塊進行說明。

(1)電源供應：

本研究以太陽能板及市電切換作為整個農場監控系統之電源供應來源。串接兩片太陽能板並搭配蓄電池充電以提供各項設施所需的 12V 電壓。由於太陽能轉換成電能的轉換效率有限，因此設計太陽能與市電切換電路，當蓄電池尚未充飽電壓時，繼電器打開轉由市電對於整個系統進行電源供應，以維持整個農場監控系統之運作。

(2)感測器佈建：

感測器佈建情境中，使用者將各項感測器佈置於農地，形成各個感測節點。感測器傳出的感測訊號傳送至微控制器 (Micro-Controller) 進行訊號處理，並透過 Wi-Fi 模組將資料傳送至伺服端。

(3)伺服端：

伺服端包含資料庫伺服器以及網頁伺服器，此平台將數據存取於資料庫伺服器，使用者可連線至網頁伺服器，從遠端調閱當時農作物的周圍環境狀況以及歷史資料。

(4)自動化設施：

自動化設施將依據土壤溼度感測器之數據，藉由微控制器(Micro-Controller)內之運算式判斷是否開啟或關閉灑水系統，達成自動化設施的運作。

(5)遠端監控：

使用者可使用本研究以 C#程式設計所開發之 GUI 人機介面以及資料庫，監看各項農場環境資料，其包含溫度、濕度以及土壤溼度等相關資訊，感測資料透過網路連線至伺服端進行即時的資料監控，並將各項資訊存入於資料庫，使用者可透過此系統進行農場周圍環境的歷史資料調閱。

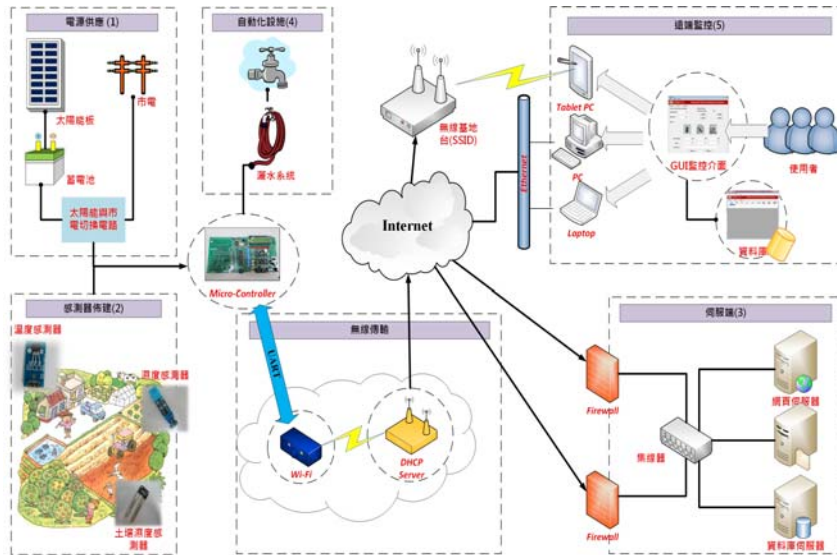


圖 2 本研究遠端監控系統情境圖

2.3 Wi-Fi 虛擬 IP 建置

本研究的感測資料將透過 Wi-Fi 無線網路傳輸。微處理機結合 Wi-Fi 模組後需要有一個 IP 位址才能經由無線 AP 上網傳輸資料。DHCP Server 會動態分配虛擬 IP 給 Wi-Fi 模組，使其能將資料傳送至伺服器端。

農場監控系統，因需即時擷取溫度、濕度、土壤溼度等感測訊號後傳輸，因此用高傳輸速率及寬廣無線範圍的 Wi-Fi 網路，為使系統小型化及降低成本將使用嵌入式的 Wi-Fi 模組來進行數據傳輸。本研究以 RN-131-EK Evaluation Board 模組，進行評估及設計，模組支援 2.4 GHz IEEE Std. 802.11b 通訊協定，藉由無線 AP 上網，Data Rate 最高可至 2Mbps，網路涵蓋範圍最高 400 公尺，可用 Microchip 高階微控制器進行開發設計，降低網路建置成本，達成高速感測資料傳輸之目的。

感測器訊號由微控制器的 ADC 轉換成數位訊號之後，其感測資料藉由微控制器上的 UART 傳送至 Wi-Fi 模組，再由 Wi-Fi 傳送至遠端電腦進行傳輸，其示意圖如圖 3。

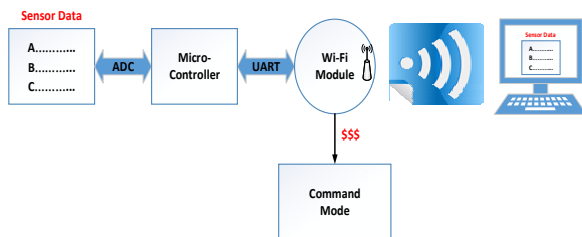


圖 3 Wi-Fi 模組與遠端連線示意圖

2.4 感測器系統建置與規劃

本研究之感測器建置規劃依序為溫度感測器、濕度感測器以及土壤溼度感測器，同時參考各項環境因子標準值、檢測方法及設置地點等進行感測器佈建。

初步規劃以 PIC18F4520 為核心進行感測資料擷取及資料傳輸，其資料處理程序以及 MCU 各項輸出入模組之腳位圖，如圖 4，以下將列出四項對各區塊進行說明：

- (1)號區塊，微處理機中間部分為核心 PIC18F4520 單晶片，其操作速度可達 10MIPS，可快速進行感測訊號處理及相關運算與轉換。
- (2)號區塊，各項感測器連結到 MCU 上的 ADC 模組，將類比電壓轉換為數位訊號。
- (3)號區塊，灑水系統由 MCU 的 I/O 輸出入埠連結至控制電路，經由控制電路，使之開啟或關閉灑水系統。
- (4)號區塊，Wi-Fi 傳輸模組藉由 Micro-Controller 將感測資料透過 Wi-Fi 模組傳送至伺服器端。

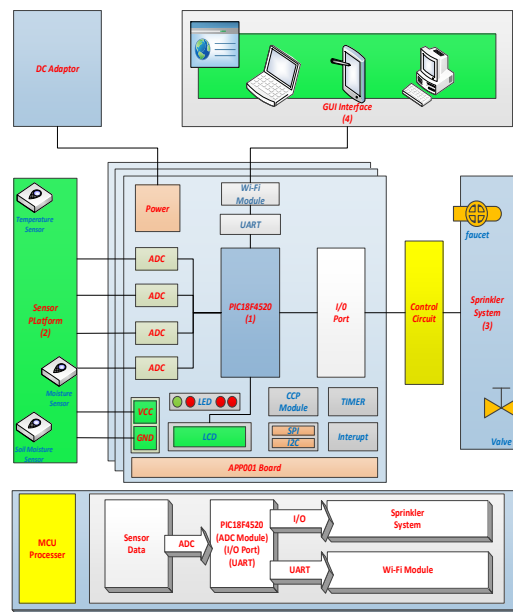


圖 4 微處理機與設備連結配置圖

3.4 Wi-Fi 無線感測網路實作

本節將針對 Wi-Fi 模組加入無線網路進行設定。利用 RN-131 EK Evaluation Board 的 USB 與電腦 COM Port 連結，當 Wi-Fi 完成加入網路時，將使用微控制器與 Wi-Fi 模組進行傳輸。感測器佈建將針對感測資料透過 Wi-Fi 模組傳送至遠端進行實作，如圖 12，其實作步驟如下：

- (1) 首先，設定 Wi-Fi 為接收端，而微控制器為傳送端。
- (2) 利用 Wi-Fi 模組的 UART Interface 上的 Pin 3 連結至 APP001 開發板上的 J6，進行單向之資料傳輸。
- (3) 感測資料傳輸至 Wi-Fi 模組，藉由 Wi-Fi 模組傳送至伺服端，進而讓遠端使用者收到即時性的訊息。

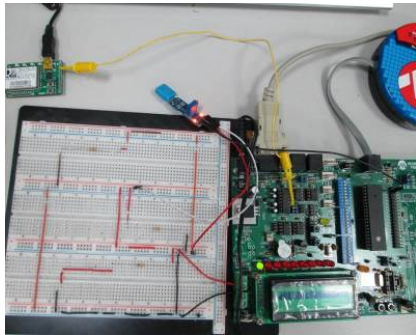


圖 12 Wi-Fi 無線感測傳輸實作

後之電阻值，以及各項感測數據轉換之後所得到的環境數據。介面另外設計自動化設施所需的控制鍵，使用者可根據環境狀況停止灑水系統，或藉由當感測值達到限制值時，即會開啟或關閉各項設施。當灑水系統為開啟狀態時，ovalshape 容器會顯示為綠色，反之為紅色，使用者可由此功能得知灑水系統是否已開啟或是關閉狀態。類比轉數位訊號之採樣時間選擇為 20Tad，其類比訊號轉換為每一個數位訊號位元所需時間為 32 μ s。

(2)資料庫介面:圖 15 為監控介面所連結之資料庫，此資料庫採用 Microsoft Access 建立，結合 C#人機介面顯示各項感測器偵測的數據。資料庫主要欄位包含：使用者、日期、各項環境感測值及各項感測器輸入的類比電壓值。使用者可將所蒐集的數據儲存，並藉由日期調閱各項資訊以利得知當時周圍環境狀況。



圖 14 GUI 監控介面

3.5 農場遠端監控系統人機介面

本研究設計監控系統使用者登入介面，如圖 13，使用者可藉由登入介面進入監控系統平台，並進行各項功能之操作。



圖 13 GUI 使用者登入介面

本研究所設計人機介面上之兩項子項目進行功能介紹，其依序如下：

- (1)監控介面:如圖 14，此介面設計自動化設施之控制鍵、當時天氣狀況以及各項感測結果之動態顯示。感測器之動態顯示包含回傳之類比電壓和計算

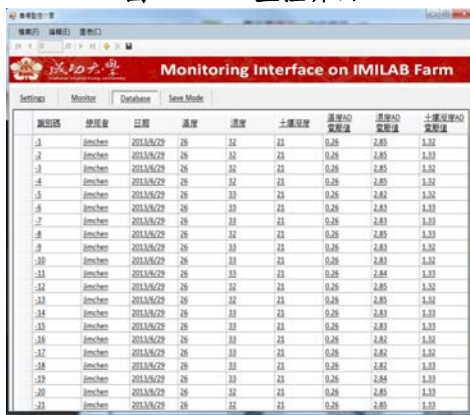


圖 15 GUI 資料庫紀錄功能

4. 綠色農場遠端自動化監控系統實作

4.1 自動化灑水系統實作

- (1)首先，以農地進行綠色農場自動化系統佈建，如圖 16 與圖 17，利用土壤濕度感測器置入於土壤進行佈建，如圖 18 與圖 19，之後經過 MCU(PIC18F4520)的 ADC 模式進行運算處理，處理完的感測訊號，依據灑水系統程式碼，由微控制器判斷土壤濕度是否足夠進而開啟灑水裝置，當土壤濕度低於 30%RH 即會開啟。



圖 16 農場佈建(1)



圖 17 農場佈建(2)



圖 18 土壤溼度感測器佈建



圖 19 感測器與 MCU 連結

(2)太陽能板進行串接,如圖 20,提供蓄電池進行充電,如圖 21。灑水系統的控制電路藉由充電完成的蓄電池進行供電,如圖 6-8,而控制電路的繼電器與電磁閥的連結,並與微控制器進行連結,如圖 6-9、圖 6-10、圖 6-11 與圖 6-12 所示,整個灑水系統如圖 6-13、圖 6-14 與圖 6-15 所示。



圖 20 太陽能板串接



圖 21 蓄電池充電



圖 22 電磁閥



圖 23 控制電路



圖 24 控制電路與微控制器



圖 25 灑水系統

4.2 綠色農場遠端監控系統實作

首先,將溫、濕度感測器進行農場佈建,如圖 26 與圖 27,連接 Wi-Fi 模組(RN-131-EK Evaluation Board)並與電腦進行連接,如圖 28,進入 Command Mode 進行網路設定,將 Wi-Fi 加入於網路並進行感測訊號傳輸,微控制器與 Wi-Fi 模組使用 UART 模式進行傳輸,如圖 29,之後將各項感測數據藉由網路傳至遠端使用者的介面上進行農場遠端監控,並

藉由伺服端進行數據資料庫之儲存,如圖 30 與圖 31。



圖 26 濕度感測器佈建於農場



圖 27 溫度感測器佈建於農場



圖 28 Wi-Fi 模組



圖 29 Wi-Fi 模組與 MCU 連結



圖 30 遠端連線

時間	溫度	濕度	土壤溼度	電池電壓
10:00:00	25.0	65%	15%	3.7
10:01:00	25.0	65%	15%	3.7
10:02:00	25.0	65%	15%	3.7
10:03:00	25.0	65%	15%	3.7
10:04:00	25.0	65%	15%	3.7
10:05:00	25.0	65%	15%	3.7
10:06:00	25.0	65%	15%	3.7
10:07:00	25.0	65%	15%	3.7
10:08:00	25.0	65%	15%	3.7
10:09:00	25.0	65%	15%	3.7
10:10:00	25.0	65%	15%	3.7
10:11:00	25.0	65%	15%	3.7
10:12:00	25.0	65%	15%	3.7
10:13:00	25.0	65%	15%	3.7
10:14:00	25.0	65%	15%	3.7
10:15:00	25.0	65%	15%	3.7
10:16:00	25.0	65%	15%	3.7
10:17:00	25.0	65%	15%	3.7
10:18:00	25.0	65%	15%	3.7
10:19:00	25.0	65%	15%	3.7
10:20:00	25.0	65%	15%	3.7

圖 31 資料庫顯示

5. 結論

本研究以溫度、濕度與土壤濕度感測訊號為主進行訊號擷取,採用LM35溫度感測元件,精度範圍 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。另外,在濕度訊號擷取方面,採用KSM006型之濕度感測器,其精度範圍 $\pm 5\% \text{RH}$ 。在實驗設計上,我們同時監控各個感測器,其本研究使用之Wi-Fi模組皆可以維持資料傳輸的穩定性與即時性,大約可同時傳輸200平方公尺之農場土地面積。以下歸納出本研究之結論與貢獻:

- (1) 以 Wi-Fi 無線傳輸應用於農業遠端監控系統,改善傳統農業以人力勘查方式,不須農民親自到現場,且較適合佈建於涵蓋大範圍之農場。
- (2) 以 MCU 內之 ADC 模式結合 I/O 模式,可組成自動化系統。本研究之自動化灑水系統以此模式建立,當土壤溼度低於臨界值時,微控制器即可判斷是否開啟灑水系統,改善需人力啟動灑水系統,以達到即時性與便利性。
- (3) 設計農場遠端監控系統人機介面,並搭配資料庫管理,將所有蒐集的環境感測資料及資訊存入於系統之中,使用者可即時性的調閱各項資料,提醒使用者農作物生長周圍的環境狀況。

6. 致謝

感謝高科技設備前瞻技術發展計畫 HTED 302205501 對本研究之經費提供與技術支援,由於賜福科技公司的支持,使本研究得以順利進行,特此致上感謝之意。

參考文獻

- [1] ICT 在農業之應用, <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=2445998>, reference date: 2013/04/13.
- [2] 行政院農業委員會, “農政與農情,” 農委會出版品, 第 242 期, Aug. 2011.
- [3] 蕭伯翰, “植物立體化栽培控制環境之遠端監控,” 國立台灣大學生物產業機電工程學系碩士論文, 2009.
- [4] Dae-Heon Park, Chul-Young Park, Sung-Eon Cho, Jang-Woo Park, “Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System Based on Dew Condensation Prevention,” Embedded and Multimedia Computing (EMC), 2010 5th International Conference on IEEE, pp. 1-5, Aug. 2010.
- [5] Hirafuji, M., Ninomiya, S., Kiura, T., Fukatsu, T., “Field Server Projects,” Applications and the Internet Workshops, 2007. SAINT Workshops 2007. International Symposium on IEEE, pp. 75, Jan. 2007.
- [6] David Hest, “Farmstead Wi-Fi hotspots,” Farm Industry News, April. 2010.
- [7] Dae-Heon Park, Chul-Young Park, Sung-Eon Cho, Jang-Woo Park, “Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System Based on Dew Condensation Prevention,” Embedded and Multimedia Computing (EMC), 2010 5th International Conference on IEEE, pp. 1-5, Aug. 2010.
- [8] Mahir Dursun and Semih Ozden, “A Wireless Application of drip irrigation automation supported by soil moisture,” Scientific Research and Essays, vol. 6, no. 7, pp. 1573-1582, April. 2011.
- [9] Izzat Din Abdul Aziz, Mohd Hilmi Hasan, Mohd Jimmy Ismail, Mazlina Mehat and Nazleeni Samiha, “Remote Monitoring in Agricultural Greenhouse Using Wireless Sensor and Short Message Service(SMS),” International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS, vol. 9, no. 9, pp. 35-43, Oct. 2012.
- [10] Swarup S. Mathurkar, D. S. Chaudhari, “A Review on Smart Sensors Based Monitoring System for Agriculture,” International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering(IJITEE), vol. 2, pp. 76-78, March. 2013.
- [11] Clement Atzberger, “Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs,” Remote Sens., vol. 5, pp. 949-981, 2013.