

洋菇微型生產監測系統之研發

陳紫瑜

美和科技大學
資訊科技系

dsiney105@gmail.com

林晨皓

美和科技大學
資訊科技系

xup6tp6cl4@gmail.com

馮日辰

美和科技大學
資訊科技系

a0917576969@gmail.com

呂全斌

美和科技大學
資訊科技系

chuan.pin.lu@gmail.com

摘要

洋菇是國內民眾普遍食用的菇類，其經濟效益大，近年來，因無環境監控設施，易受各種病蟲危害，導致產量降低的風險存在。孕育洋菇的生長條件有以下六項，土壤養分、溫度、濕度、土壤酸鹼度、陽光和二氧化碳。上述條件與作物生長狀況有關鍵性的影響；為此，本研究進行一項"洋菇微型生產監測系統"的研發，期望透過此系統協助菇農栽培於洋菇，提高農作物的生長效率，以達穩定的農產品。本系統利用感測裝置隨時感知環境狀況，當菇寮環境有異常發生時，可透過推播機制自動發出異常警告，而使用者可透過網頁或是智慧型手機的應用程式掌握生長因子數據了解洋菇的狀況。文章將說明此系統架構，以及透過實作結果來呈現本系統的功能性與實用性。

關鍵詞：洋菇、生長因子、環境監控、感測裝置

Abstract

Mushrooms is the people commonly consumed mushrooms, large economic benefits, in recent years, because no environmental monitoring facilities, vulnerable to all kinds of diseases and pests, the existence of the risk of lower yields. The breeding mushrooms growing conditions are the following six, nutrition, temperature, humidity, soil pH, light and carbon dioxide. The above conditions and crop conditions have key influence; to this end, the present study was conducted to develop a monitoring system for the production of micro mushrooms, mushroom expected to assist in the cultivation of mushrooms using this system to improve the efficiency of the growth of crops, in order to reach stable agricultural products. The system uses a sensing device sensing environmental conditions at any time, when an exception occurs mushroom Laos environment,

can automatically send a warning exception, and the user can grasp the growth factor data to understand the situation of mushrooms through the web or smartphone app. This article describes the system architecture, as well as through the experimental results presented functionality and usability of the system.

Keywords: mushrooms, growth factor, environmental monitoring, sensing device

1. 前言

農為國本，早期農業是台灣的重要經濟來源，由於農作物易受環境影響而造成損害，如何使其穩定生長，是農民所面臨到的重要問題。在 2011 年德國漢諾威工業博覽會提出了「工業 4.0」，意謂著第四次工業革命，其技術以智慧整合感控系統及物聯網為基礎，工業 4.0 提出後，牽動著全球企業經營與生產模式，隨著國家也推動生產力 4.0 政策[3]，國內農業與物聯網技術越來越密切，行政院副院長張善政表示「台灣不用工業 4.0 而用生產力 4.0 作為下一階段科技發展的主軸，這其中還包括商業服務業以及農業在內」[5]；環境監測技術開始與農產業結合；環境監測系統運用在各方面已久，環境監測系統一般多用於防災機制，像是大樓裡的溫度檢測、煙霧偵測、瓦斯氣體監測，或是累積雨量等環境監測數據；除了防災外，環境監測也運用在近年來大量建置物聯網架構的智慧農業，透過其感測裝置，監測農作物生長的各類環境數據，依環境數據得以評估目前農作物生長狀況，使農作物達到穩定的生長，便能提高生長效率，以達穩定的農產品。

孕育洋菇的生長條件有以下六項，營養、溫度、濕度、土壤酸鹼度、陽光和二氧化碳[4]，營養與一般食用菌類菇相同，有水分、碳源、氮源、無機鹽類和生長素等成分，含蓋範圍廣，其中，溫度是培育洋菇中最重要的因素，可生長之溫度範圍為 7 至 22 度間，最適溫度

為 12 至 16 度間，若在最適溫度間環境中生長，其洋菇發育正常，菌柄短狀且菌蓋厚實；反之，在小於 12 度的環境中，生長趨於緩慢，生產量便會減少；而小於 5 度將會停止生長。若是溫度高於 18 度，菌蓋會質薄，導致品質不佳，當溫度到達 20 度以上時，也會使洋菇停止生長，甚至死亡。而對於洋菇而言，水分在生長過程當中也占了相當的比重，水分來源主要來自於土壤以及空氣之中，土壤濕度以 40 至 50% 為佳；空氣相對溼度以 85 至 90% 為佳。而土壤部分，弱酸性的土壤環境是最適合洋菇生長，但在生長過程中洋菇會產生有機酸，使得土壤酸鹼度控制不易，需添加碳酸鈣和消石灰來中和緩衝土壤酸鹼度。然而，洋菇沒有葉綠素，無法行光合作用，因此不需要陽光照射，但若陽光直射菇床，溫度上升，進而導致濕度下降，將會影響生長。在菇寮環境裡，洋估需要大量的氧氣，同時，會排放大量二氧化碳於空氣中，當菇寮中二氧化碳濃度大於 1% 時，將導致品質降低風險上升，若持續累積大於 5% 時，則生長將會受阻；由此可證，栽培洋菇每一環節都要十分小心，更需要監測系統來協助菇農來栽培洋菇。

洋菇生長因子與大多的農作物生長因子 [2] 相同，但以洋菇環境之監測系統，在市場上仍無此研發，然而，目前市面上已針對了農作物生長因子開發其感測裝置，且各個獨立的感測裝置所提供監測數據有限，農作物所需生長因子範圍也不盡相同，因此，如何確保感測裝置能在其溫室或是開放式農地上使用，需要再三評估。另外，現階段市場所研發的感測裝置，提供數據對於農民是不夠的，依農民長時間的忙於栽種農作物，無法頻繁觀看其監測數據，這類的裝置將無法發揮其最大功能，若能透過智慧型手機 APP (Mobile Applications, 本文簡稱 App) 呈現監測狀況，且自動發出警示訊息來通知農民，便能全心全意的專注於務農作業。

因此，本文章基於上述動機，提出一洋菇微生產監測系統的研發，此系統可以透過環境感測裝置傳輸之訊號，進以分析數據，依分析結果傳送異常警示給使用者，請管理者留意菇房狀態；此系統以物聯網技術為基礎來進行開發，環境監測、介面服務，結合嵌入式系統、微控制器、感測器、Embedded Linux 與 Node.js 等元素的整合所研發而成，使用者可以透過 App 與感測裝置進行通訊，並隨時取得菇房農

作物生長狀況，穩定生長效率，提高產值。在系統的研發上，以 ARM 架構的嵌入式系統為系統核心，提供通訊服務、資源配置、硬體整合與使用者介面；感測裝置訊號擷取由 Node.js 後端系統來實現；本文章於下述方法章節中，進行相關細節說明。

2. 方法

此系統是以物聯網技術為基礎來進行設計，本系統功能示意圖如圖 1 所示(洋菇生產監測系統示意圖)，在物聯網技術上分為應用層、網路層與感知層，在應用上是為菇寮中的洋菇監測系統為本文章目標；用來實現本系統的網路層，主要是透過以 Embedded Linux 作業系統為軟體運作與硬體控制平台，同時配合 Node.js 的 Web 服務來建置出該系統的網路通訊服務；最後的感知層則是透過感測裝置，分別為工業級資料紀錄器、土壤溫度感測器以及土壤濕度感測器，工業級資料紀錄器所提供感測數據，以洋菇作物所需生長因子，如二氧化碳、環境溫度以及環境濕度等傳感器裝置來取得菇寮中的狀態，並將所有感測裝置以 Node.js 後端來擷取資料；並即時回應於 Web 系統，將感知層中的感測器狀態回傳給智慧型手機上的應用程式 App，過程中感測裝置的訊息，皆由後端 Node.js 所建置的 Web 系統來進行異常訊息的判斷，一旦環境數據不符合洋菇生長環境因子，並以推播訊息方式告知 App 洋菇作物警告訊息。

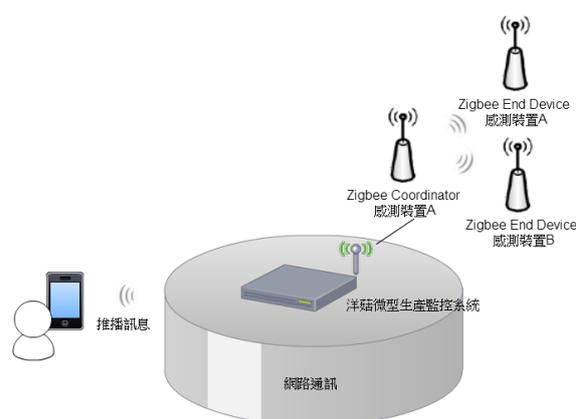


圖 1 洋菇生產監測系統示意圖

2.1 裝置硬體單元

本系統的硬體架構是以 Raspberry PI 2 開發板為整個系統的執行核心，此開發板使用

Quad-Core ARM Cortex-A7 處理器，其主要功能為執行 Embedded Linux 作業系統，以及成為 Web 服務通訊平台；感測裝置中的感測器土壤溫度裝置以及土壤濕度裝置結合了 Zigbee 無線網路協定。Zigbee[1]是採用標準規範的媒體存取層與實體層 IEEE802.15.4，主要特色有低速、低耗電、低成本、支持大量網路結點與快速通訊的特點，而在現階段市場上 Zigbee 已應用於多種系統上，如貨物倉儲管理、醫療監控、老人看護、停車場管理與門禁系統上，應用範圍廣泛。Zigbee 網路的角色可分為協調器 (Coordinator)、路由器 (Router)和終端設備 (End Device)，因此，要與其感測裝置作通訊，需透過 Zigbee USB Dongle 資料接收器作為 Coordinator 建置其網路來通訊，而土壤溫度裝置和土壤濕度裝置，在 Zigbee 網路上所扮演的角色是 End Device 設備。工業級資料紀錄器提供 RS485 通信界面，需透過 USB 轉 RS485 轉接器，連接於 Raspberry PI 2 配置的 USB 2.0 界面，最後，我們將感測器訊號交給 Embedded Linux 作業系統，使用 USB 通訊協定來擷取感測資料。

- 嵌入式系統 (Raspberry PI 2)

Raspberry PI 系列開發板[10]是一款基於 Linux 系統的小型嵌入式系統(如圖 2 所示)，該開發板是由英國的樹莓派基金會所開發，Raspberry PI 2 配置一 900MHz Broadcom 公司生產的 ARM 架構 BCM2836 處理器(Quad-core ARM Cortex-A7)、1GB 記憶體，GPU 則使用了 Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor，使用 microSD 卡當作儲存媒體，且設置有一 10/100 RJ45 Ethernet 通訊接口、4 個 USB 2.0 介面、以及 HDMI 視訊介面輸出，提供 40 個 GPIO 腳位。基於 ARM 架構，可裝載之操作系統可為 OpenSource 的 Embedded Linux 系統，如 Noobs、Raspbian [11]、Ubuntu Mate、Openelec、Pidora 等。使用嵌入式系統的好處為可以降低系統軟體開發成本、減少硬體尺寸與成本，尤其是在網路通訊服務、應用程式排程、硬體資源分配、以及系統人機介面設計上，因此，開發工程師只需關注系統整合與應用程式開發。

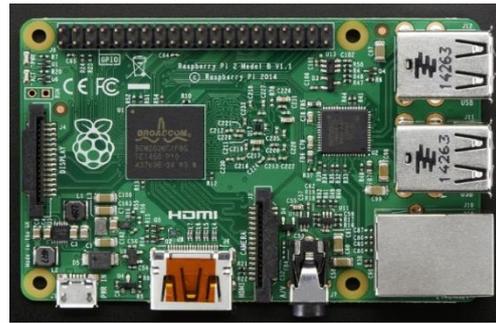


圖 2 Raspberry PI 2 開發板
(此圖節錄於 www.adafruit.com)

- 感測器

為了取得洋菇生長環境因素，本系統設三台感測裝置，如工業級資料紀錄器、土壤溫度裝置、土壤濕度裝置，而要讀取其土壤值，需有 Zigbee USB Dongle 作為接收器；我們將逐一說明四項感測裝置功能。

- I. 工業級資料紀錄器：工業級資料紀錄器功能為二氧化碳、環境溫度、環境相對濕度以及露點溫度的資料提供，符合了我們洋菇生長需求的環境監測。工業級資料紀錄器是以 RS485 通信界面作為通訊，其中有三種通訊協定可供選擇，分別為 ModbusRTU、DCON 與 DCONChkSum 通訊協定。MODICON[7]公司為自己所生產的 PLC(可程式邏輯控制器)所開發的 Modbus 通訊協定，後來廣泛為工業界所使用。其中 Modbus RTU 是以 Binary 的方式來傳輸；則 DCON 是一個以 ASCII 字串為基礎，相對簡單且容易使用的通訊協定；DCON 與 DCONChkSum 的不同在於 DCONChk-Sum 加入了 Checksum 機制，Checksum 機制廣泛運用於通訊或其他序列傳輸的系統中，來校驗其傳輸封包，提供一定的可靠性。最後，我們使用 ModbusRTU 來作為通訊協定，以 Binary 方式傳輸，在計算過程中較為容易。



圖 3 工業級資料紀錄器

(此圖節錄於 www.taiwanexcellence.org)

- II. 土壤溫度裝置：用於感測土壤溫度。裝置結合了 Zigbee 模組，應用於 End Device，裝置設置了自動建立 Zigbee 網路功能，透過裝置有的連線按鈕，配合 Coordinator 設備，形成 Zigbee 網路，本研究以菇寮環境作為實驗目的，其菇寮環境溫度低且潮濕，需具備防水功能才能在此環境當中運行，此裝置具有工業等級防護的抗紫外線 UV 及防水/防塵 IP66 等級的規格，IP66 指電器能夠防止外物侵入，灰塵也能夠阻擋，甚至可以承受猛烈的海浪沖擊或強烈水柱，使得進水量應不致達到有害的影響，因此，此裝置可確保在菇寮環境中能穩定的運作。



圖 4 土壤溫度感測裝置

(此圖節錄於 www.moni-control.com)

- III. 土壤濕度裝置：用於感測土壤濕度，其規格與上述土壤溫度裝置相同。



圖 5 土壤濕度感測裝置

(此圖節錄於 www.moni-control.com)

- IV. Zigbee USB Dongle：為 Zigbee 無線訊號接收器。連接在主電腦端，可以很輕易的透過相同的 IEEE802.15.4 Zigbee 通訊協定，設定建立 Zigbee 無線傳輸網路，將土壤溫度裝置與土壤濕度裝置串聯起來。



圖 6 Zigbee USB Dongle

2.2 Embedded Linux (Raspbian)

Embedded Linux 是以 Desktop Linux 為基礎的小型作業系統[11]，目前被廣泛的使用在網路通訊設備、智慧型行動電話、移動試車機、媒體播放器與許多的消費性電子產品。在過去，嵌入式系統應用程式通常都是使用專用的組合語言程式碼來進行開發，此外，開發者也必須撰寫所有的硬體驅動程式以及人機介面，這一點讓許多初學的工程師或學生不願投入開發；近幾年來，有賴於資訊技術的進步，現在多了許多程式語言的選擇，如 C++、Java、JavaScript 等，而這些進步使得更多的資訊工程師願意投入相關產品的開發，也讓嵌入式系統的應用更為廣泛了。Raspbian 是一個小型嵌入式 Open Source 的 Linux 作業系統，主要是針對 ARM 嵌入式系統晶片 Raspberry PI 開發板所設定，Raspbian 主要是修正 Debian Linux 作

業系統並進行了優化[11]，讓 Embedded Linux 系統能夠為在 Raspberry PI 硬體上來執行。Raspbian 不僅能進行系統人機介面的操作，它同時也提供了 35,000 軟體模組，在使用便利性上可以說是相當高，Raspbian 系統仍在積極提高系統的穩定性，以及盡增加可用的 Debian 軟體模組與支援度；Raspbian 所使用的桌面為 Mate，Mate 是一個直觀和有吸引力的桌面，在開發上提供了許多的便利性；基於以上這些原因，我們選擇 Raspbian 來作為此裝置的作業系統。

2.3 Node.js 架構 Web 服務

Web 後端服務關聯著與 Web 系統通訊，以及提供資料的運算、資料庫存取、硬體 IO 讀寫，後端服務可以說是訊息處理的核心，現階段能實現後端服務的架構有以下幾種，如 Python、PHP、Ruby、Node.js、Erlang、Scala、Clojure、Mono...等，各種架構都有其優點；其中，Node.js 是一個開放原始碼的應用程式框架 [8,12]，同時也是一事件驅動 IO 伺服器為基礎的 JavaScript 環境，同時使用 Google 所發展的高效能 V8 JavaScript 引擎，主要功能為提供撰寫可擴充 Web 網路服務程式；Node.js 主要的程式架構是為 JavaScript，而 JavaScript 亦為前端介面程式的其中一種 (HTML、CSS、JavaScript)，因此使用 Node.js 進行後端程式開發可以不須使用另一種程式架構，降低開發技術門檻進而提升開發速度。除此之外，Node.js 架構可以讓傳統的 JavaScript 跳脫瀏覽器的環境，在任何地方執行，同時配合 V8 JavaScript 引擎，在現今伺服器的雲端應用上可以有相當優越的效能表現。更重要的是由於 JavaScript 語言的特性，其應用程式執行時不會因為硬體設備或其它因素的延遲與等待而影響到整個程式的執行，讓程式非常輕盈，因此，相當適合非高效能、低功耗的嵌入式系統硬體來使用，目前投入 Node.js 開發的企業除了 Google 之外，還有 LinkedIn、Microsoft、Yahoo、eBay...等企業；基於上述的原因，我們選擇 Node.js 來作為此裝置的 Web 後端系統。

2.4 智慧型手機應用程式

為了能讓遠端監察管理者接收到裝置訊息，我們針對該裝置開發相對應之智慧型手機 App 來接收即時資料以及警示訊息，現階段 App 的開發大部分都需要依據手機作業系統的

類型，來選擇相對應的開發工具與程式語言，其開發工具如 Microsoft Windows Phone 必須使用 Microsoft Visual Studio IDE (Integrated Development Environment) 來製作，所使用程式語言可以是 C#、C++、VB、JavaScript；Apple 的 iOS App 的開發工具為 XCODE，使用程式語言為 Objective-C 或 Swift；Google Android App 開發工具則有 Android Studio、Eclipse，使用程式語言為 Java。以上三種是常見的慧型手機作業系統，所使用的開發工具與程式語言皆不同，若想開發一個能在各種裝置上皆能執行的應用程式是相當不容易；為了能達到跨平台的目標，近幾年來，有一種新的作法被提出來 [9]，此作法就是混合式的開發，這樣的開發是將原生程式結合 HTML5 [6] 製作出的一種 App，這種做法的優勢是可以降低 App 開發的難度，擴增 App 的延伸性，同時也可以快速的編譯出三種作業系統所需的 App，不須完整熟悉各作業系統的原生程式語言。能夠這樣開發 App 的主要原因是 Apache Cordova 的 API 函式庫，Apache Cordova 提供了能夠直接存取智慧型手機硬體元件的 API 函式 (如攝影機、GPS、加速度計、藍芽通訊、記憶儲存區、網路通訊...等)，其餘的程式介面與流程則使用標準的 HTML5、CSS、JavaScript 來建置出，雖然整體效能不如原生程式好，但在許多應用上也足夠使用。由於本裝置定位在急難求助，App 不須進行大量運算，只需定期更新裝置訊息，再加上能讓不同平台上的 App 與該裝置進行通訊，所以我們選擇採用混合型態的 App 開發 (原生程式加上 HTML5 架構)，使用工具為 Sublime Text 2.0 與 Phonegap 編譯 IDE。

3. 實作成果

3.1 裝置作動流程

起始動作為給予 Raspberry PI 2 所需的 DC 5V 電源後，即啟動 Raspberry PI 2，Raspberry PI 2 載入 Raspbian 嵌入式作業系統，將 USB 轉 RS485 轉接器和 Zigbee USB Dongle 連接 Raspberry PI 2，接著啟動 Node.js 框架，以及 Http Web 服務，此時 Node.js 開始執行吾等設計 Script 擷取感測裝置所傳遞的訊號，將擷取工業級資料紀錄器、土壤溫度裝置與土壤濕度裝置。



圖 7 裝置實際通訊畫面

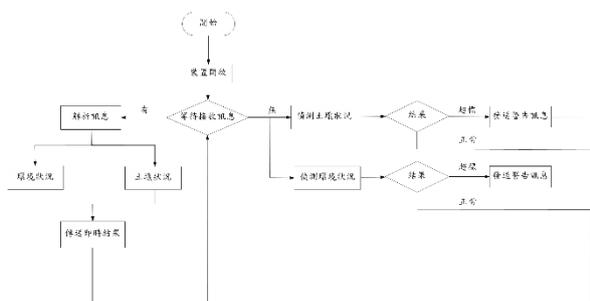


圖 8 裝置作動流程示意圖

3.2 系統呈現成果

此監控系統數據呈現為圖 8，提供五種數據，菇寮管理者可透過網路連至網頁或 App，監控菇寮環境資料。當各數據到達危險值時，透過推播機制，推播訊息如圖 9 所示，傳送警示訊息至智慧型手機，提醒菇寮管理者前往菇寮做防護處理。



圖 9 Web 網頁呈現



圖 10 App 介面與推播訊息

4. 結論

本文章以物聯網技術為基礎來研發一洋菇微型生產監控系統，目的是能讓菇農即時得知洋菇生長狀況，當菇寮環境感測中數據到達異常數值時，並能傳送警示訊息至智慧型手機。在網頁呈現上經過實驗的進行，皆可以正常運作，而在硬體的運算上，也都能到達預期目標，下一階段目標是新增檢測營養與土壤酸鹼值的感測器，將數據歸納至資料庫，加以分析，讓此系統增加便利性，使系統發揮其最大功效。

5. 參考文獻

- [1] DIGITIMES 中文網，“智慧家庭的物聯網連接：論 ZigBee 技術與應用”，大橡股份有限公司，十二月，2014。
- [2] 方煒，“設施生產自動化技術－第四章、溫室環境控制工程”，台大農業自動化中心。
- [3] 科技會報辦公室，“行政院生產力 4.0 發展方案”，行政院科技會報，九月，2015。
- [4] 陳昇明、羅榮豪，“添加營養劑對洋菇產量的影響”，國立中興大學生命科學院碩士在職專班碩士學位論文，一月，2013。
- [5] 黃彥茶，“張善政：超越工業 4.0 的生產力 4.0，是臺灣科技政策下一步”，電週文化事業，六月，2015。
- [6] HTML5, Web Site: <http://www.w3.org>
- [7] MODICON , Web Site: <http://www.mod-icon.com/>
- [8] Node.js, Web Site : <https://nodejs.org>
- [9] Phonegap, Web Site: <http://phonegap.com>
- [10] Raspberrypi , Web Site: <https://www.ras-pberry pi.org>

- [11] Raspbian , Web Site: <https://www.ras-pbian.org>
- [12] S. Tilkov and S. Vinoski, “Node.js: using javascript to build high-performance network programs”, IEEE Internet Computing, vol. 14, no. 6, pp. 80-83, 2010