

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

以藍牙通訊為基礎之環境感測系統設計

Design of Environmental Sensing System based on Bluetooth

Communication

洪禎甫

Chen-Fu Hung

指導教授：賴信志 博士

Advisor: Shin-Chi Lai, Ph.D.

中華民國 108 年 12 月

December 2019

摘要

本研究基於藍牙實現一對多傳輸來搭配感測器感知室內環境狀況，利用藍牙 4.0 短距省電的特性，能有效進行室內溫溼度等感測數值的傳遞，使其能運用在溫室或自家小型溫室。本系統將針對最下游感測器節點做一個資料彙整中心，透過藍牙 4.0 模組互相溝通，將從端感測電路放置溫室內各個角落，或放置於多個小型溫室內，用以監測室內空間的各處環境數值。實作藍牙以一對多連線來主動輪詢各個從端裝置，並回傳到主端電路上傳資料庫供 APP 顯示。從端藍牙非傳輸時處於休眠模式，其耗電流為 50-200 μ A，此時從端模組總電流為 17mA，能有效地省下耗電量。透過開發藍牙一對多的切換方式來將感測器端溫度、濕度及照度傳送給主端匯集電路，主端電路大小為 80mm \times 85mm，據有 LCD 顯示面板可呈現目前輪詢到的從端數據及時間，同時也具備 WiFi 模組，將環境數據上傳到雲端資料庫，且使用者可透過手機 APP 監測各節點環境數據。經過測試藍牙 4.0 單一節點完整蒐集一次資料需要 1.1 秒，若切換連接四個節點依然相當地快速，將藍牙一對多應用於溫室環境監控，更有利於管理者更方便監控溫室內部的環境變化。

關鍵詞：藍牙一對多、環境感測、溫室

ABSTRACT

This study uses Bluetooth to implement one-to-many transmissions to match the sensor to sense the indoor environment. Using Bluetooth 4.0's short-range power-saving features, it can effectively transmit indoor temperature and humidity and other sensing values, making it applicable to greenhouses or home-use greenhouse. This system will be a data collection center for the most downstream sensor nodes, communicate with each other through Bluetooth 4.0 modules, and place the end-sensing circuits in every corner of the greenhouse, or in multiple small greenhouses to monitor the indoor space Environmental values around. The implementation of Bluetooth actively polls each slave device with a one-to-many connections, and returns it to the master circuit to upload a database for display by the APP. The slave Bluetooth is in sleep mode when it is not transmitting, and its current consumption is 50-200uA. At this time, the total current of the slave module is 17mA, which can effectively save power consumption. Through the development of a Bluetooth one-to-many switching method, the temperature, humidity and illuminance of the sensor end are transmitted to the master end collection circuit. The size of the main end circuit is 80mm × 85mm. According to the LCD display panel, it can present the currently polled slave end. Data and time, and there is also a WiFi module to upload environmental data to the cloud database, and users can monitor the environmental data of each node through the mobile APP. After testing Bluetooth 4.0, it takes 1.1

seconds for a single node to fully collect data. If four nodes are switched and connected, it is still quite fast. Applying Bluetooth one-to-many to the monitoring of the greenhouse environment is more conducive for managers to more easily monitor the environmental changes inside the greenhouse.

Keywords: Bluetooth one-to-many, Environmental sensing , greenhouse



目錄

摘要	I
ABSTRACT.....	II
目錄	IV
圖目錄.....	VII
表目錄.....	X
第一章簡介	1
1.1 前言	1
1.2 研究目的	3
第二章背景	7
2.1 技術探討	10
2.1.1 無線通訊技術介紹	10
2.2 文獻回顧	15
2.2.1 環境感知系統實現.....	15
2.2.2 遠端盆栽監測	16
2.2.3 基於藍牙 4.0 BLE 的無線溫度計	18
2.2.4 應用於農場環境監控織物聯網系統.....	19
2.2.5 保護檀香樹的藍牙運用	21

第三章系統設計方法	22
3.1 系統架構	22
3.2 硬體介紹	24
3.2.1 藍牙簡介	25
3.2.2 RTC 模組.....	27
3.2.3 LCD 顯示模組	28
3.2.4 感測器	29
3.3 Arduino 程式設計說明.....	35
3.3.1 藍牙連線流程與設定	36
3.3.2 藍牙連線程式碼.....	38
3.3.3 LCD 模組與 RTC 模組.....	43
3.3.4 Wifi 程式碼.....	44
3.4 手機 APP	48
3.4.1 APP 與伺服器連線.....	49
3.4.2 APP 環境數據顯示介面.....	50
3.4.3 溫溼度警告通知	51
第四章實現結果與討論	52
4.1 硬體設備架設	52

4.2 資料顯示	54
4.3 資料庫資料	55
4.4 手機 APP 監測	56
4.5 手機 APP 通知	57
4.5.1 溫溼度範圍警告	57
4.5.2 從端設備異常警告	58
4.6 系統比較	59
第五章結論與未來展望	61
第六章參考文獻	63



圖目錄

圖 1 對蔬菜與果樹工作者重要之應用服務	5
圖 2 對花卉農業者重要之應用服務	5
圖 3 蔬菜與果樹農業工作者智慧應用現況與需求	6
圖 4 遠端盆栽監控系統架構圖	17
圖 5 藍牙 4.0 無限溫度計應用之 MCU 程序控制流程圖	18
圖 6 應用於農場環境監控織物聯網系統之系統架構圖	20
圖 7 保護檀香樹的藍牙運用之分布式架構	21
圖 8 系統架構圖	23
圖 9 主端資料彙集電路	24
圖 10 從端感測器電路	25
圖 11 DS1307	28
圖 12 LCD 模組	28
圖 13 感測器溫度比較(攝氏).....	30
圖 14 MAX44009	31

圖 15 電流與 LUX 讀數關係圖	32
圖 16 BME280	33
圖 17 藍牙運作流程圖	36
圖 18 藍牙資料封包格式	38
圖 19 RTC 顯示流程	43
圖 20 APP 流程圖	48
圖 21 單一節點資料顯示	50
圖 22 溫溼度警告提醒	51
圖 23 場域架設模擬圖	52
圖 24 主端架設圖	53
圖 25 從端架設圖	53
圖 26 LCD 顯示圖	54
圖 27 資料庫圖	55
圖 28 手機 APP 資料顯示	56
圖 29 溫溼度警告設定	57

圖 30 APP 通知溫度異常 58

圖 31 APP 通知節點異常 58



表目錄

表格 1 各感測器之比較	30
表格 2 BME280 數據表	34
表格 3 系統比較表	59



第一章 簡介

1.1 前言

感測器結合物聯網的監控設備現在被廣泛用於溫室或家庭等各場域，來讓人們更方便地監控場域內的各項環境數值變化，並有效地在有限空間或資源下達到更高更優質的農產品。WiFi、ZigBee 和藍牙都是當今物聯網無線通訊的主要技術，以上三種無線通訊技術都有各自優缺點，ZigBee 與藍牙 4.0 都標榜低功耗，且相較於 WiFi 之下成本低，而 WiFi 優勢為傳輸數據量高。在本論文中以藍牙作為前端感測結點數據收集，再透過 WiFi 將所有收集到的節點資料上傳至雲端資料庫，最後由手機 APP 於資料庫下載環境數據，使用者可以透過手機 APP 監測所有節點的環境數據，並且可以設定溫濕度上下限提醒。目前藍牙的應用非常廣泛，一般比較常見的例如藍牙耳機、藍牙喇叭和藍牙滑鼠鍵盤等，但也有人應用藍牙網路保護檀木不被非法砍伐[1]，或是運用在一些醫療系統上[2]，利用藍牙 4.0 將患者溫度資訊傳遞到手機，長時間觀察溫度變化，建立於藍牙連接的系統都強調藍牙 4.0 BLE (Bluetooth Low-energy)省電的特性。

藍牙早在智慧型手機問世前就運用於行動裝置上，是行動裝置的基本功能，藍牙 4.0 也是目前智慧型手機普遍使用的藍牙版本，相較於 ZigBee，可連接手機就是藍牙的一大優勢，手機藍牙結合環境感知的應用也不少；例如，藉由手機藍牙透過 APP 連接場域內的節點，掃描距離最近的藍牙模組並連接取得資訊[3]。本系統也有手機 APP，不一樣的是使用者可以在任何地方透過無線網路來查看溫室環境數據。

本系統是針對溫室或自家小型溫室對植物進行環境數據監控，做法是架設一個蒐集資料的匯集中心，匯集中心會將所有收集的資料透過 WiFi 將資料上傳至伺服器，其構成可分為兩個部分：第一部分為資料收集主端，負責收集各個從端所傳遞的資料並將資料傳至伺服器；第二部分為從端，從端功能為收到主端指令後控制所有感測器蒐集資訊，將感測資訊傳遞給主端，每個主端會搭配 4 個從端，彼此之間會透過藍牙傳遞資訊，從端搭配感測器蒐集環境資料，再將資料經過藍牙傳到匯集中心顯示資訊，藍牙屬於一對一連線裝置，但發射資料延遲的總時間在 3 毫秒內，因此藉由主端快速斷線連線從端設備實作藍牙一對多。

1.2 研究目的

在政策研究指標資料庫[4]各國農業出口值比較中台灣 2017 年度農業出口占全球百分之 1.98，同年台灣農業出口占 2.19，成長曲線持續上升，回顧台灣農業發展[5]，從早期農業扶持工業到工業化農業再到現在的智慧型農業，從 1980 年代工業提升農業，進入了工業化農業時代，為了增加產量，大量使用農藥、化學肥料及單一農產品大量生產，這種工業化密集化的生產導致環境生態遭到破壞，土地汙染嚴重，本來工業汙染嚴重的台灣加上農藥在空氣、河川、土壤上的殘留，是工業化農業的重大問題，2007 年行政院農委會開始實施「農產品生產及驗證管理法」，「有機農業」及其產品即納入政府的法律規範[6]。

具有機農業全球資訊網的資料顯示[7]，十年來，全球有機農業每年成長 20 至 25%，但並未解決台灣農業瓶頸，有機農業需要的成本太高，台灣土地面積太小汙染嚴重，而智慧化農業剛好可以解決基本問題，搭建溫室配合感測監控環境，結合物聯網進一步減少人力成本，增加產量，減少因天氣環境不定導致產量減少的問題，也提升產量品質減少蟲害。

台灣趨勢研究在 2018 年針對台灣農業智慧應用議題進行市場調查[8]，如圖 1 對於蔬果與果樹工作者而言「監控系統」的相關應用最受關注，其次為數據收集，而花卉工作者有高達八成比例認為「監控系統」為重要應用服務，如圖 2。監控系統是最能夠有效幫助到農業工作者的一項科技應用，它可以直接地節省工作者的時間，在有無線傳輸設備的情況下可以即時地知道現場狀況，且進一步進行控制。而監控系統應要具備最基本環境數據監測功能，以及使用無線傳輸技術以方便架設，無線網路技術除了在硬體之間傳輸，也需與行動裝置進行資料傳輸得以使用者監測。而在調查結果中顯示了在生產、倉儲、物流及銷售四個階段的智慧應用現況，如圖 3，生長作業環節為例，僅有 13.9% 導入智慧應用輔助農作物生產，但是有 40.2% 的比例期待將智慧應用技術導入來提高生產效率，而銷售環節則已有三成以上採用智慧應用服務，銷售相對於其他環節最容易實現。

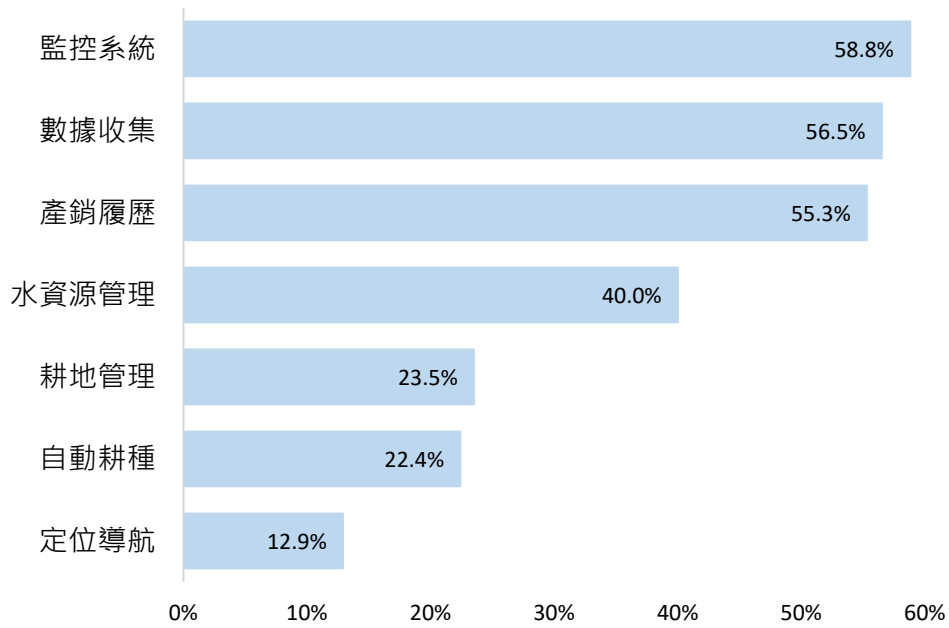


圖 1 對蔬菜與果樹工作者重要之應用服務

資料來源：台灣趨勢研究

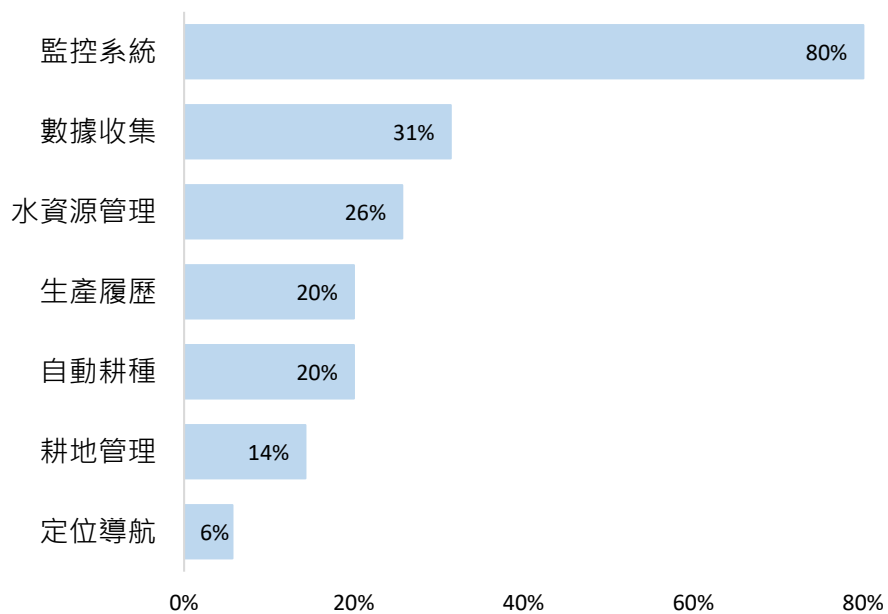


圖 2 對花卉農業者重要之應用服務

資料來源：台灣趨勢研究

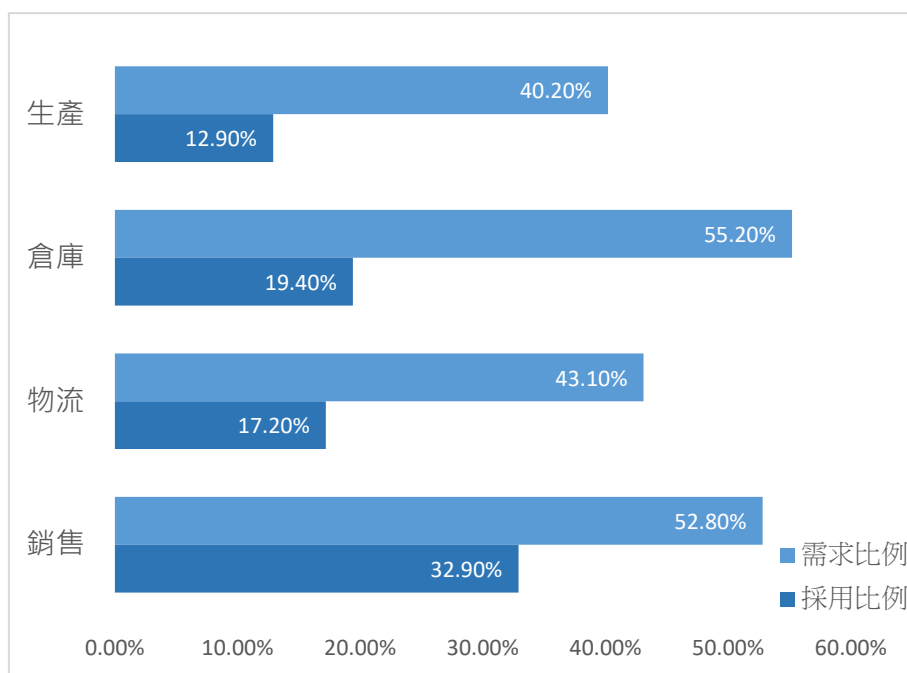


圖 3 蔬菜與果樹農業工作者智慧應用現況與需求

資料來源：台灣趨勢研究

物聯網的應用是現在的趨勢，在大數據時代中透過蒐集大量資訊上傳雲端供分析應用已是系統的基礎，本系統目的為建立一個具有數據蒐集的監控系統，選用藍牙 4.0 通訊為基礎搭配 WiFi 來實現物聯網應用，利用藍牙一對多蒐集感測器資料，透過手機 APP 遠端監視環境數據，有利於控制蔬果花卉生長的溫度、濕度、照度等環境指標，資料庫數據讓使用者可用於進一步分析。

第二章 背景

最早的溫室出現在 2000 多年前，在當時古人建造簡易的設施，利用火在建築內加溫以達到作物生長的溫度需求，在但溫度的保持正是一項難題。然而在 19 世紀現代溫室的雛型也開始誕生，英國開始大規模的使用玻璃做為溫室建材，玻璃溫室可以利用太陽輻射產生的熱量提升溫室內的溫度，溫室發展漸漸進步，後來也加上通風及排水系統，新發明的技術也慢慢移植到溫室，漸漸的朝向專業化及規模化發展。

直到現今，溫室與自動化科技結合也有許多成功案例，但說起現代智慧化溫室不得不提遠在北歐的荷蘭，荷蘭早在大約一百五十年前就開始利用玻璃溫室種植只能在溫帶區生長的葡萄樹，葡萄園在全球分布於南北緯 38~53 度之間，在高緯度的寒冷環境下為了國家的農業能在國際上競爭，荷蘭的溫室技術不斷精益求精，在現今已經擁有一萬多公頃、五千多座玻璃溫室，主要種植的都是一些高單價的農產品例如：番茄、青椒和黃瓜等，以及寶蓮花和玫瑰花等各式各樣的花卉。在荷蘭的「植物工廠」內有著各式的機具，包括可上下移動的採暖管道來為植物做溫控，以及自動採集水果的升降車及物流運輸車；儘管現代科技發達但溫室依然遵循自然法則，利用蜜蜂來為植物授粉，

且避免使用農藥，植物害蟲則藉由天敵昆蟲或真菌來與其對抗。

荷蘭土地略大台灣 5000 平方公里，在 2018 年的農產品出口額超過 900 億歐元，雖然台灣不像荷蘭是以農業為最大出口，但台灣農業栽植技術也是世界聞名的，且台灣農產品出口額也是逐年升高，以蘭花出口額為例，在全球貿易大數據平台顯示[9]，從 2016 年的 15504 萬美元到 2017 年的 16190 萬美元，2018 年更成長了超過 1000 萬美元的出口額，農業出口對台灣而言也是不容小覷。而荷蘭農業之所以能在世界赫赫有名，完全可以歸功於有組織化的溫室栽植技術。

植物生長的變因有陽光、土壤肥料、溫度及水分，除此之外還需要抵抗天然災害及蟲害，在農委會公布的 9 種溫室標準圖[7]可以看到溫室建築架構可以方便控制植物生長變因，並且可以抵擋颱風等天然災害。而當傳統農業轉為精緻農業，生產從露天漸漸移到設施內栽培，普通溫室到智能溫室，設施的成本和轉型過程的瓶頸都需要農業工作者自行面對，在 105 年由農業工作者成立「台灣農業設施協會」[10]，配合農委會定期舉辦新溫室技術交流研討會，為了就是做溫室設備等技術的交流，結合科技的智能溫室可以進行基本的環境感測到數據分析或自動溫控灑水，大幅降低成本進一步提高產量。

以科技的角度要完美的達到植物的生長條件需要結合各個領域，如機械工程、自動化控制資訊工程等等，蒐集環境資訊與目標數據做比較再改變溫度水分等變因，滑軌自動化機械實現自動澆水的系統，陽光溫度都可以人工控制，植物生長的結果也必須蒐集數據最會整併分析，如此也需要一個夠大的伺服器，給後台處理資料分析，UI 介面顯示各種資訊及方便的控制系統，一個完整的溫室控制系統需要用到大量的技術，儘管到了現在還是不斷有人研究新的方法或技術為了提高溫室的效益。本論文中要探討的是環境感知的環節，除了感測器還需要資料傳輸的技術，而無線傳輸技術又為主要發展的項目。

2.1 技術探討

2.1.1 無線通訊技術介紹

19 世紀末無線傳輸的技術有很大的突破，當時已可以將無線電利用發射器傳達到數百公尺遠，一開始的「無線」指的是無線電收發器，直到現代無線已是各種無線傳輸技術應用的統稱，包括無線電、超音波或紅外線。在現今無線傳輸技術有上百種，從近距離的 Zigbee、藍牙、WiFi、NFC 以及 LoRa 等，到遠距離的數傳電台、無線網橋及衛星通訊等[11]。

(1) Zigbee

Zigbee 是基於 IEEE802.15.4 規範的短距離無線網路協定，名稱源於蜜蜂群的溝通方式，特色為低速率短距傳輸、低耗電和低成本，傳輸距離通常在 10-100M，傳輸速率為 250kbps；在低耗電待機模式下，使用 2 顆 5 號乾電池可支持一個節點 6~24 個月的工作時間；ZigBee 因為免協議專利費，因此每塊晶片成本非常低大約為 2 美元，現今在智慧家電上的運用極為廣泛。

(2) 藍牙

藍牙(Bluetooth)為此篇論文使用的無線傳輸技術，藍牙為一種無線通訊技術的標準，為無線電波，使用頻段為 2.4 至 2.85GHz，1994 年由愛立信 (Ericsson) 發展出此技術，目前由藍牙技術聯盟 (SIG) 來維護其技術標準，目前廣泛用於電信、電腦、網路及消費性電子產品。本系統使用藍牙第四代規範的 4.0 BLE 模組，其重點特性是支援省電，擁有 30M 的傳輸距離，以最不需要佔用太多頻寬的裝置連接為主的低功耗藍牙，傳輸數度達 1Mb/s，支持星形拓撲一對多連接，節點數量理論值為 2 的 32 次方，在快速連接和斷開來完成一對多的連接模式。藍牙原先台灣翻譯為「藍芽」，早在 2006 年就正式統一更改為直譯的「藍牙」，但仍有不少人在文字上出錯。

(3) WiFi

WiFi 正確中文名稱為無線熱點，建立於 IEEE802.11 標準的現區域網路技術，目前常見的通訊標準有 IEEE 802.11b、g、n 和 ac，最新的標準 802.11ac 理論速度最大為 867Mbps，速度相當地快，WiFi 在全球使用普及，在物聯網產品上也有許多應用，但在使用上還是要考慮距離、天線、障礙物等影像訊號衰減的因素。

(4) NFC

NFC 為近場無線通訊，傳輸距離小於 20 公分，最大資料傳輸量為 424 kbit/s，極短的傳輸距離在應用上有特別的用途，現今行動電話大多都擁有 NFC 功能，一次只能與一台機器連結因此擁有較高的保密及安全性，一個完整個 NFC 裝置會有三種工作模式：

卡類比模式 (Card emulation mode)，此模式相當一張 IC 卡，且並非單一功能，可用於門禁管制 墊子車票 門票等

讀卡機模式 (Reader/Writer mode)，作為可以從電子標籤上讀取相關資訊的非接觸讀卡機使用，由具備 NFC 裝置的設備與 NFC 標籤近距離接觸做感應後讀取標籤上的訊息。

對等模式 (P2P mode)，須由兩個具備 NFC 的裝置來做傳輸，用於資料交換，傳輸建立速度快且傳輸速度也快

NFC 應用並非取代其他無線通訊，相反的，獨樹一格的特殊傳遞方式也發展出很多新的現代生活方式，透過 NFC 可以實現快速通關，取代現金及刷卡支付款項，快速取得產品詳細訊息，或是智慧型手機間快速傳送網頁、圖片等資料。

(5) LoRa

LoRa 屬於廣域網路(LPWAN; Low-Power Wide-Area Network)的一種，LoRa 為近期較新的傳輸技術，原先由法國 Cycleo 所開發隨後被美國 Semtech 公司收購，LoRa 藉由折衷數據速率實現了可以長距離傳輸的優點，一般距離可大於 10km；LoRa 傳輸速率低於 50kbps，長距離低速率的情況使得傳輸上會有所延遲，適合遠距離、低功耗且只需少量數據傳輸的應用。

(6) 數傳電台通訊

全名為「數位式無線資料傳輸電台」，使用工作頻率為 220-240MHz 或 400-470MHz 頻段，適合惡劣環境，穩定性高。其有效覆蓋範圍半徑達數 10 公里，已經在各種行業廣泛應用。

(7) 無線網橋

無線網橋便是無線網路的橋接，是傳統有線網橋技術和無線射頻技術的結合，利用無線傳輸在多個網路之間建立通信的橋樑，連接方式分為兩種：

點對點 (PTP)，無線網橋設備用來相連分別位於不同建築物的兩個固定網路，它們通常為一對橋接器和一對天線，天線必須

為相對定向放置，作為「直接傳輸」。

中繼方式，AC 兩點互相不可視，但兩者中間有 B 樓與 AC 兩點互相可視，由此可藉由 B 樓當作中繼站，此時 B 樓無線網橋須具備兩組無線網卡及天線，分別指向 AC 兩點，此傳輸為「間接傳輸」。

(8) 衛星通訊

衛星通訊是利用人造衛星作為轉發器來傳遞和放大無線電訊號，這些人造衛星稱為通訊衛星，在地球軌道上擁有 2000 多顆。在系統上有兩個部分，地面端與衛星端，衛星通訊可以應用於電視、電話、廣播、網路或軍事，但衛星通訊有一個主要缺點，因為傳輸距離長，無線電波在空中傳輸必定會有延遲，衛星通訊的優點也是覆蓋範圍廣 不受地理條件限制。

2.2 文獻回顧

在眾多無線傳輸技術中各個技術有相對應適合的應用領域，也有些是不分軒輊相互較勁，在本論文溫室環境感之實驗領域中，最常被使用且討論的就是藍牙、Zigbee 和 Wifi，而無線傳輸應用於環境感知的案例也不少，設計者針對不同的無線傳輸溝通有非常多不同的設計，再本章節中會針對於環境感知及藍牙傳輸做文獻回顧，說明作者設計概念及系統架構，並評點其優缺點。

2.2.1 環境感知系統實現

童麗芬於 2018 年發表的論文[3]以小型溫室農場示範箱模擬「新型智慧溫室農場系統之實現」，作者也選用藍牙 4.0 作為此系統的無線通訊裝置，此研究構想是將溫溼度感測器與藍牙整合，並將數個裝置放置於溫室內各處，由管理者拿著手機於溫室內移動並由偵測最近的裝置與其連線，此時藍牙裝置會將測得資訊傳送給手機顯示環境感測資訊外，還可以環境溫溼度做控制，利用手機 APP 給環境控制裝置預期溫溼度目標值，使用遲滯控制方法由控制裝置下開關指令，將環境溫溼度維持於設定範圍內。如此一來就可以清楚掌控環境的溫溼度，經過專業管理者的即時判斷，控制適合植物生長的條件，並且達到省電的功效，但此系統每個節點都必須與手機連結才可以讀取數據

及控制，意味著使用者一定得進入該場域且與每個節點靠近連結，在監控及控制上必定會有少許不便。

2.2.2 遠端盆栽監測

謝政紘於 2016 年發表的「以嵌入式系統實現具遠端微氣候監測的智慧植栽及其行動照護軟體」[12]，其內容製作了手機 APP 監測盆栽植物生長環境，提供土壤濕度、光照度及空氣溫溼度，系統架構圖如圖 4 遠端盆栽監控系統架構圖。此設計利用 Wifi 將各感測器測得資料上傳於雲端資料庫，作者建立一個功能完整的資料庫用於數據分析使用，手機 APP 也製作非常完善，除了環境數據監測介面外也有帳號登入系統，並且讓使用者可以新增盆栽，更方便於個人居家植物的照護。

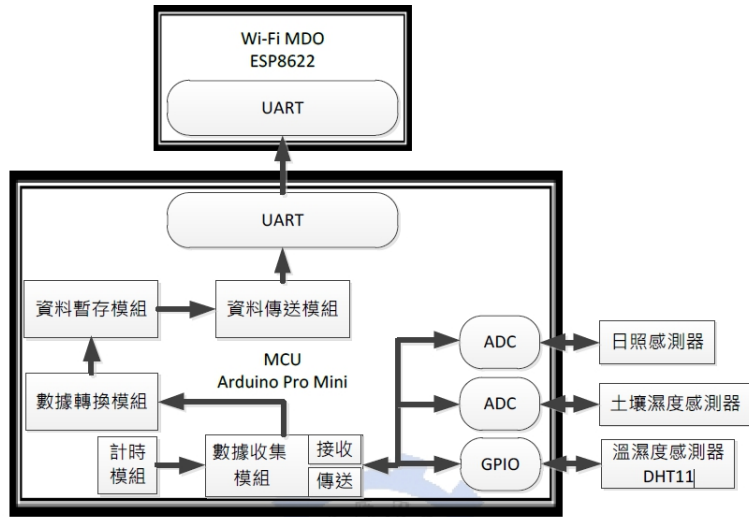


圖 4 遠端盆栽監控系統架構圖



2.2.3 基於藍牙 4.0 BLE 的無線溫度計

2014 年 Hongjie Li 發表的論文[2]，利用紅外線測溫儀器測得人體溫度，將溫度數據藉由藍牙傳給手機 APP，MCU 控制流程圖如圖 5，此篇論文作者將原本只能感測單一時間溫度的紅外線測溫裝置加上藍牙並傳送給手機，且開發 APP 來匯集所有時間測得的溫度數據，有效地彙整病患長時間的溫度變化，可靠的無線數據傳輸給手機可以充分地分析利用。

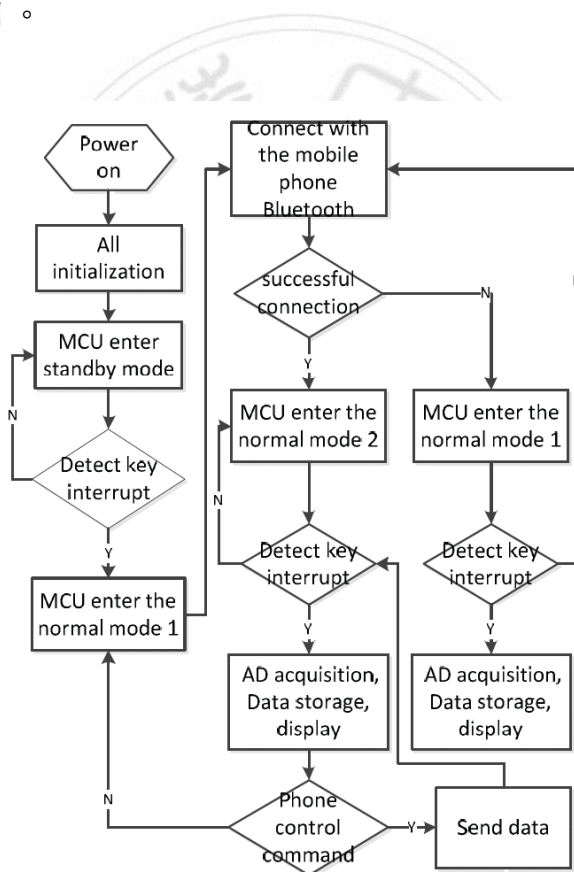


圖 5 藍牙 4.0 無限溫度計應用之 MCU 程序控制流程圖

2.2.4 應用於農場環境監控織物聯網系統

此系統由魏貫哲於 104 年提出[13]，使用 ZigBee 做為無線通訊管道，圖 6 為系統架構圖，ZigBee 感測器模組與 ZigBee 主端機做資料傳輸再透過藍牙傳給手機主控端顯示，隨後將資料上傳雲端資料庫供手機監控，控制部分則透過手機或手機主端機下達指令，透過雲端到達手機主端機再由藍牙傳給 ZigBee 主端機，最後由 ZigBee 主端機控制繼電器開關達到開燈關燈及風扇。

此系統完善提供監視與控制功能，方便遠端監控，實現再居家環境使用的小型智慧植物栽培箱，讓生活繁忙的一般民眾也可以透過手機時時刻刻照顧植物。但在系統中資料傳輸繁雜，經過數個層級為非必要，ZigBee 主控端模組若能直接使用 Wifi 與數據資料庫供通便能減省資料傳輸的步驟及時間。此外在距離極短且功能簡單的情況下使用 3 塊 ZB2530P ZigBee 模組作為小型栽培箱的無線控制平台不切實際，成本過高；同樣功能若不使用 ZigBee 完全可以做得到且可降低成本。

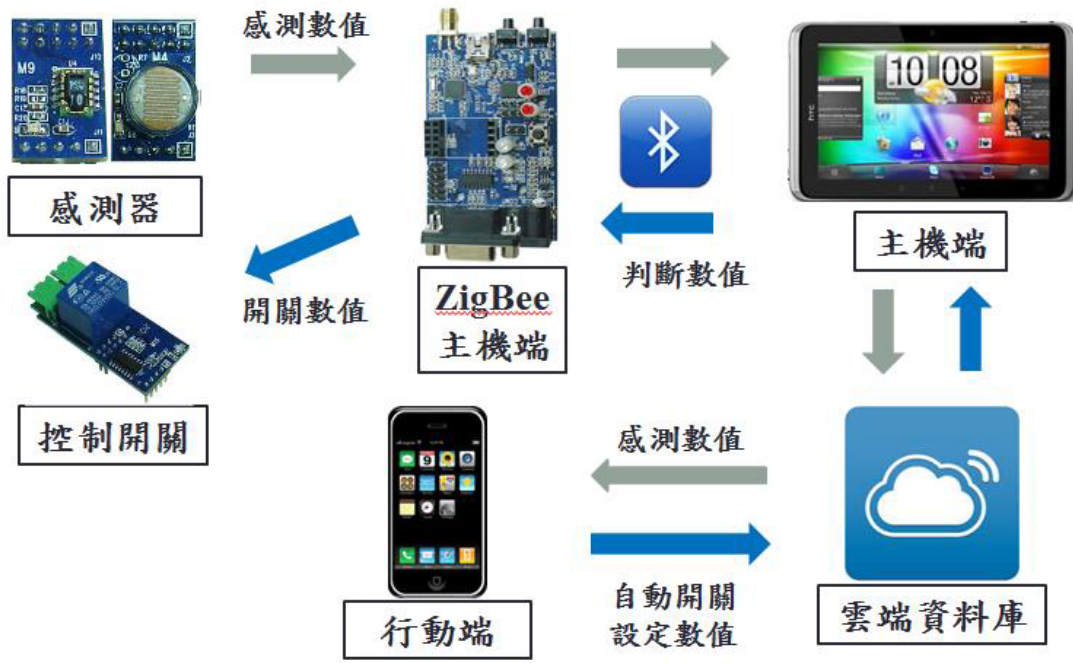


圖 6 應用於農場環境監控織物聯網系統之系統架構圖

2.2.5 保護檀香樹的藍牙運用

由 Santhosh Hebbar 等人提出為保護檀香樹的藍牙 4.0 運用[1]，系統設計為分布式架構，如圖，在每個節點樹上纏繞線圈及架設系統從端設備，在盜採者破壞線圈後由藍牙裝置傳送到主端節點並通知管理者，在每個節點上裝有蜂鳴器，於線圈被破壞後啟動，也可由使用者設定警鳴時間及次數，此系統還可以透過電話提醒管理者樹木遭盜採。但此系統設備容易被破解，還需增加隱匿性，使盜採者無法察覺設備存在，或改進線圈纏繞方式進一步增加觸發機會。

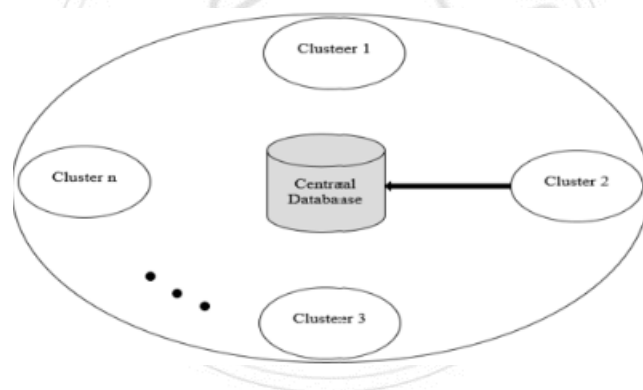


圖 7 保護檀香樹的藍牙運用之分布式架構

第三章 系統設計方法

3.1 系統架構

本論文研究目的為設計應用於環境感知的藍牙一對多連線系統，此系統使用低耗能的藍牙 4.0 實現一對多無線傳輸，藉由 Arduino 做為程式開發平台，使用 ATmega328P 微控制晶片整合周邊模組，此系統分為兩個部分，完整系統架構如圖 8。主端電路實體電路如圖 9，架構由 Arduino NANO 開發板做控制，結合 RTC 模組產生時間，以及藍牙 4.0 模組無線傳輸蒐集結點資料，且由 LCD 顯示模組顯示結點資訊，資訊內容包含時間、結點名稱和此結點測得溫濕度及照度等資訊，最後透過 WIFI 模組將結點資料上傳伺服器供手機 APP 使用；從端架構實體電路如圖 10，感測器感測環境溫度、濕度、照度及大氣壓力，並將蒐集到的環境數值透過藍牙模組傳輸給主端電路。

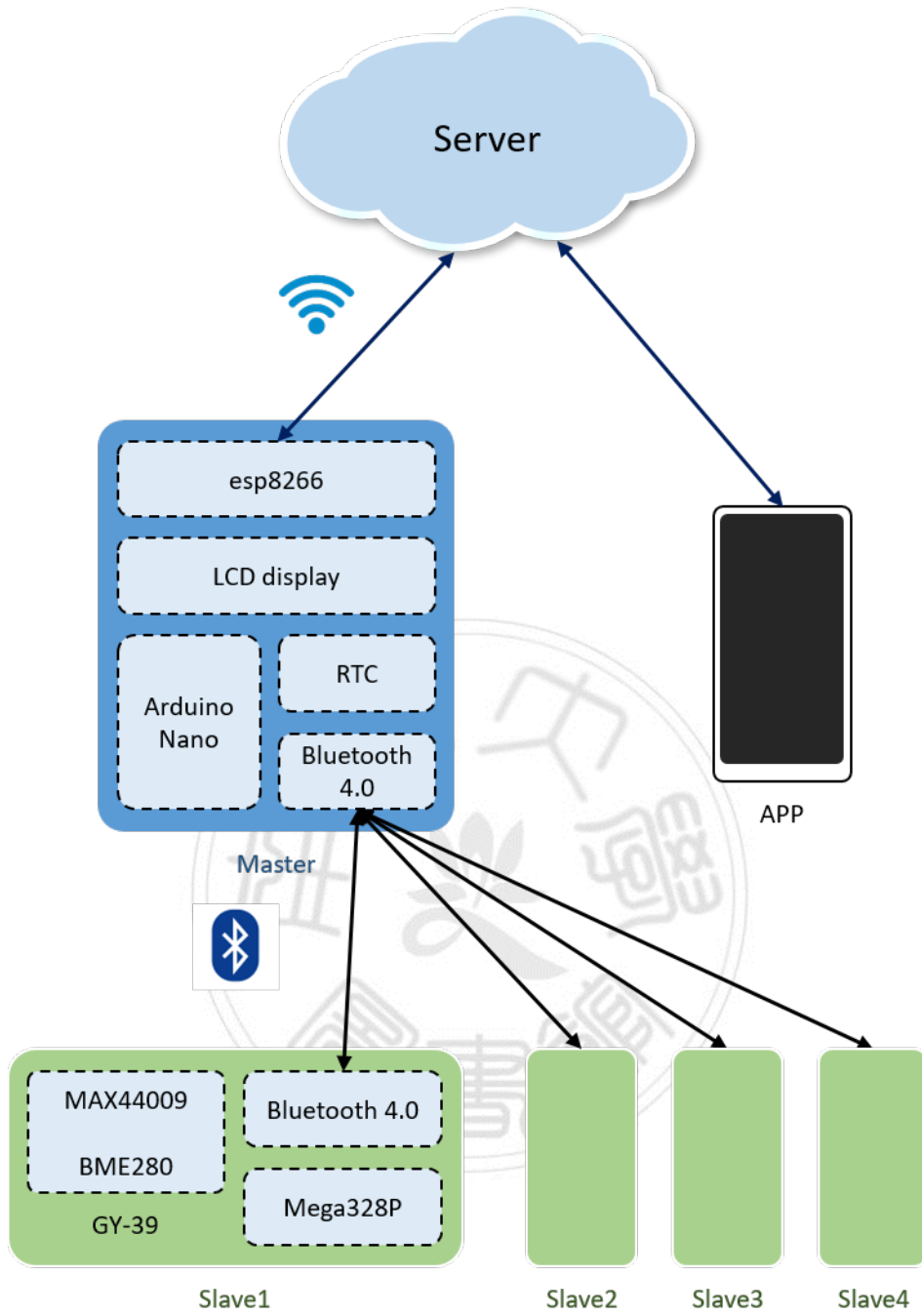


圖 8 系統架構圖

3.2 硬體介紹

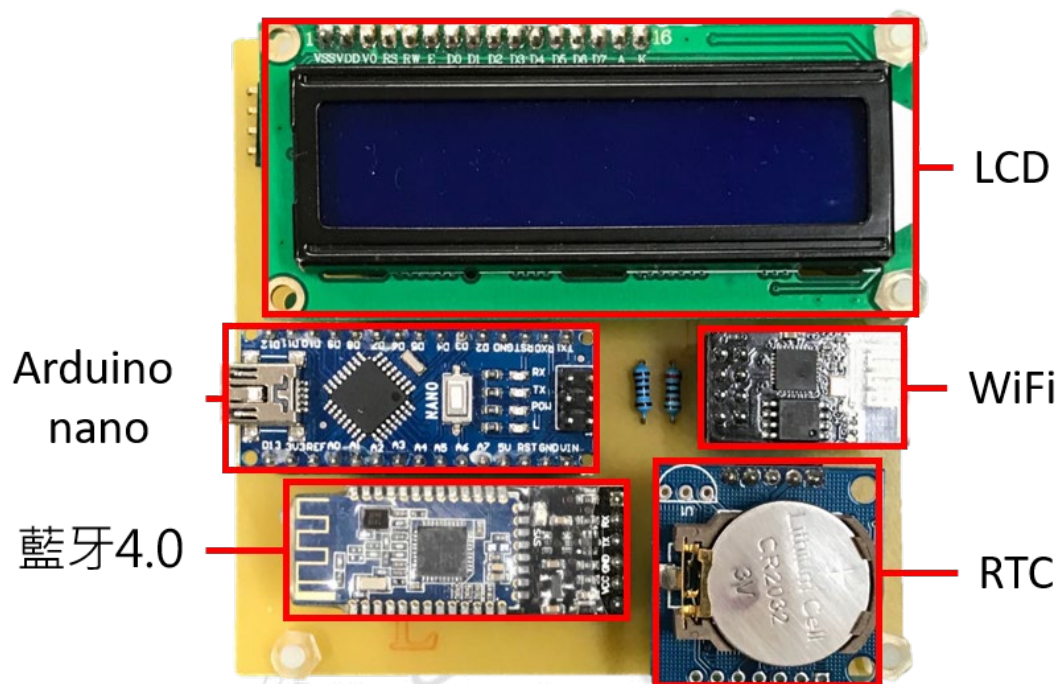


圖 9 主端資料彙集電路

本系統電路模組經由電腦設計電路後，使用 PCB 雕刻機製作而成，並將各類模組安插於此。主端資料匯集電路上方是 LCD 顯示器，左邊分別是 Arduino nano 開發板及藍牙 4.0 模組，右邊分別是 esp8266 WiFi 模組及 DS1307 RTC 時間模組。

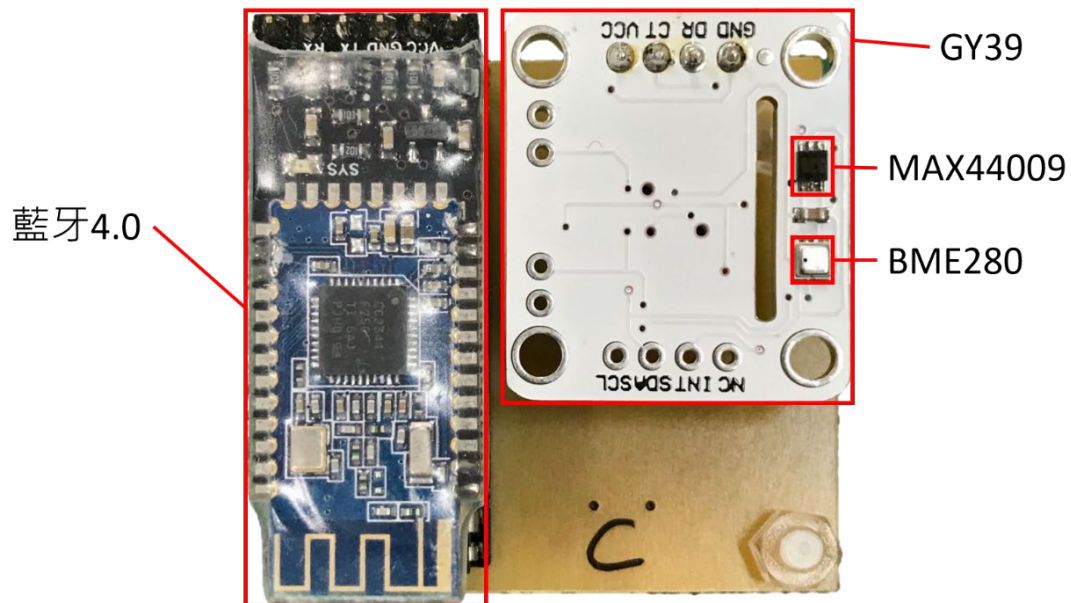


圖 10 從端感測器電路

從端電路左邊為藍牙 4.0 模組，ATmega328P 控制 IC 安置於藍牙模組底下以節省電路板空間，模組右邊為 GY-39 感測器模組，GY-39 為四合一感測器模組結合 MAX44009 及 BME280 兩顆感測器，可以感測照度，溫度，濕度及大氣壓力。

3.2.1 藍牙簡介

藍牙幾乎是大家眾所皆知的無線通訊技術，使用的是短波超高頻無線電波，用來短距離間資料交換，透過 2.4 至 2.485GHz 的 ISM 頻段來進行通訊。最初技術在 1994 年由愛立信電信商 (Ericsson) 發展出世，是希望建立一個無線版的 RS-232，能夠與多個裝置連結。藍牙技術目前是由藍牙技術聯盟來負責維護技術標準。

藍牙技術分為基礎率/增強資料率 (BR/EDR) 和低耗能 (LE) 兩種技術類型。其中 BR/EDR 型是以對等網路拓撲結構建立一對一裝置通訊；LE 型則使用對等 (一對一)、廣播 (一對多) 和網格 (多對多) 等多種網路拓撲結構。

早期第一版藍牙問世時出現許多問題，多家廠商的產品互相不相容，在資料封包傳送過程中也不保密，藍牙 1.2 版本中改進了許多項目，包括實現硬體匿名 改善無線電干涉及抵抗，還有更高的實際傳輸速度 測試約為 90KB/S (721Kbps) 左右。

第二代加入非跳躍窄頻通道，不需要與每個裝置交換應答訊號，這種通道可用來在同時廣播到巨量的藍牙硬建，且擁有更高的連接速度及支援多個速度水平。並增加了 Sniff 省電功能，節省不少電量。

2009 年 4 月，藍牙技術聯盟頒布了藍牙 3.0 版，為全音的交替射頻技術，提高資料傳輸速率，是藍牙速度 2.0 的 8 倍，且加入了增強電源控制，節省空閒時的耗電量。

本系統使用的藍牙 4.0 在 2010 年 7 月由藍牙技術聯盟推出，最重要特性為支持省電，推出了低耗電藍牙、傳統藍牙及高速藍牙三種模式。

2016 年 6 月，藍牙 5.0 正式發布，與上一代藍牙 4.2LE 版本相比傳輸距離相差四倍，而傳輸速度為藍牙 4.2 的 2 倍，且藍牙 5.0 還支援室內定位導航功能，結合 WiFi 可以實現精度小於 1 公尺的是內定位，針對物聯網進行了很多底層最佳化，但目前藍牙 5.0 還未完全取代藍牙 4.0，且價格也相對昂貴。

3.2.1.1 iBeacon

Beacon 為一種鄰近系統(Proximity System)，運行在智慧型手機或穿戴裝置對 Beacon 設備發出信號進行響應，Beacon 設備體積小可以放在場所任何地方，向一定範圍內的”響應設備”發送信號；而 iBeacon 為蘋果公司自家的 Beacon 平台，iBeacon 技術是透過低功耗藍牙 4.0 來實現的，藍牙近距離感測的功能可以透過識別碼與 APP 響應來知道設備物理位置，或可以觸發例如推播等單一動作。

3.2.2 RTC 模組

RTC (Real-time clock) 稱為實時時鐘，它可以像時鐘一樣輸出實際時間，在需要精確時間的系統都會有此功能。本系統使用 DS1307(圖 11)，用來輸出系統抓取環境資訊時的時間。

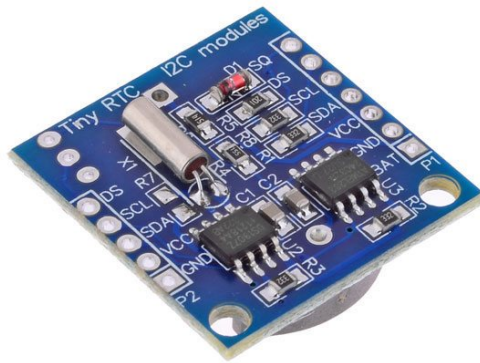


圖 11 DS1307

3.2.3 LCD 顯示模組

本系統採用 16*2 的 LCD 模組(圖 12)，在本系統蒐集到節點資訊時，在 LCD 面板上會先顯示節點名稱，接著顯示時間及蒐集到的溫溼度和照度資訊給使用者知道。



圖 12 LCD 模組

3.2.4 感測器

感測器(Sensor)用於感受環境變化偵測外界刺激，通常由敏感元件組成，使用感測器通常會搭配傳輸裝置將數計傳至給其他電子裝置，例如中央處理器或中央控制器。本系統為基礎架構採用成本低的感測器模組來做實驗測試，其目的只為了感測出的數值供藍牙 4.0 傳輸使用。

在感測器的選擇上本系統採用名為 GY-39 的環境感測整合模組，由 MAX44009 光強度感測器以及 BME280 溫度濕度大氣壓感測器模組所組成，GY-39 模組採用 I2C 傳輸協定與微處理器進行交握，在感測器的挑選進行多方考量，GY-39 使用的感測元件較為精準以下做詳細介紹。

各類感測器比較本論文參考了網路資料[14]，此實驗測試者使用 DHT11、DHT22、LM35、DS18B20、BME280 及 BMP180 六款溫度感測器，測試者整理出以上感測器數據建立數據比較表，如表格 1，並測試感測器之溫度上升差異。

表格 1 各感測器之比較

						
傳感器	DHT11	DHT22	LM35	DS18B20	BME280	BMP180
感測項目	溫、濕度	溫、濕度	溫度	溫度	溫、濕度、壓力	溫度、壓力
通訊協議	單線	單線	模擬量	單線	I2C、SPI	I2C
溫度範圍	0 至 50°C	-40 至 80°C	-55 至 150°C	-55 至 125°C	-40 至 85°C	0 至 65°C
準確性	+/-2°C (0 至 50°C)	+/-0.5°C (-40 至 80°C)	+/-0.5°C (在 25°C 時)	+/-0.5°C (-10 至 85°C 時)	+/-0.5°C (在 25°C 時)	+/-0.5°C (在 25°C 時)

資料來源：Random Nerd Tutorials[14]

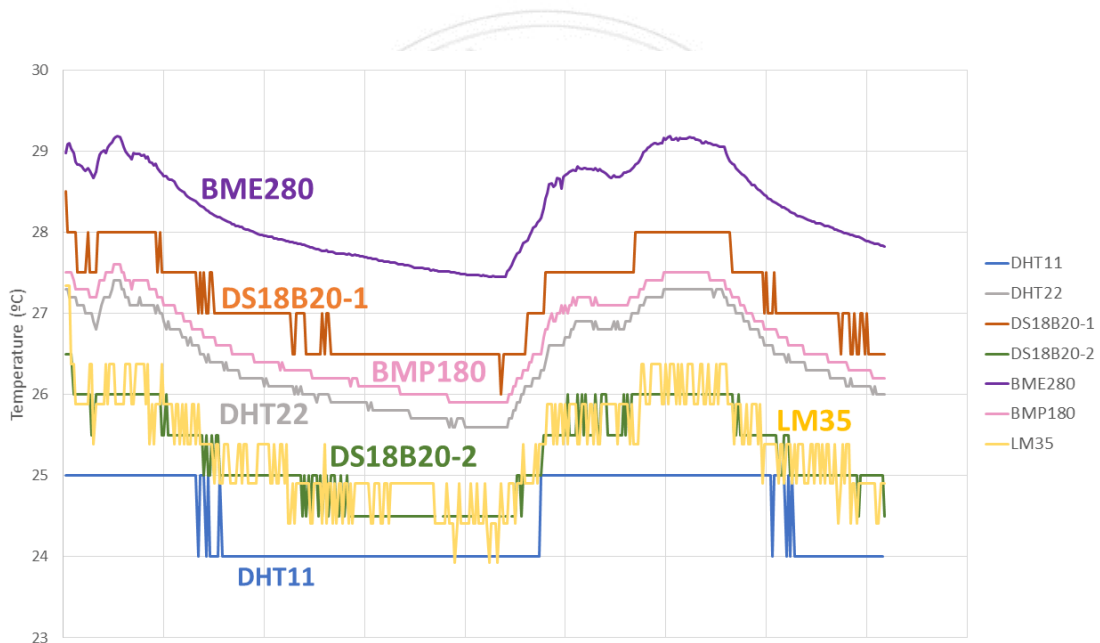


圖 13 感測器溫度比較(攝氏)

資料來源：Random nerd tutorials[14]

在圖 13 中，使用的感測器均未經過校準且不具對照組，純粹比較感測器表現及之間的差異，DHT11 感測數值只有到個位數而且誤

差較大，而本論文使用的 BME280 測得數值不會出現太多震盪，但 BME280 自體模組會發熱，比其他感測器差距 1 至 2 度，這部分可經由和對造組比對後進行校準。

3.2.4.1 MAX44009 環境光感測器

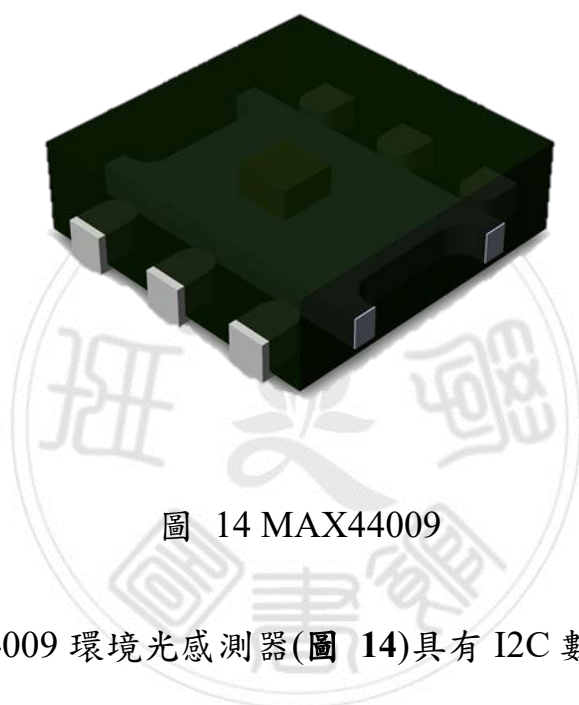


圖 14 MAX44009

MAX44009 環境光感測器(圖 14)具有 I2C 數位輸出，是智能手機，筆記本電腦和工業傳感器等多種便攜式應用的理想選擇。工作電流小於 $1\ \mu\text{A}$ ，是業界功耗最低的環境光傳感器，具有 0.045 lux 至 188,000 lux 的超寬 22 位動態範圍。低光操作可在深色玻璃中輕鬆操作應用。

晶片光電二極管的光譜響應經過優化，可模擬人眼對環境光的感知，並具有紅外和紫外阻斷功能。自適應增益電路可自動選擇

正確的 lux 範圍優化測試(計數值/lux)。

該 IC 設計工作在 1.7V 至 3.6V 電源電壓範圍，全功耗僅為 0.65 μ A。採用小尺寸 2mm x 2mm x 0.6mm UTDFN-Opto 封裝。

光電二極管是將光訊號轉成電訊號的半導體元件，光電二極管在反向電壓作用之下工作，若沒有光照時，反向電流很小，光的強度越大，反向電流越大，這種特性稱之為”光電導”，產生的電流叫”光電流”，若在外電路上街上附載，就可得到電訊號並且隨著光的強弱而變化(圖 15)。

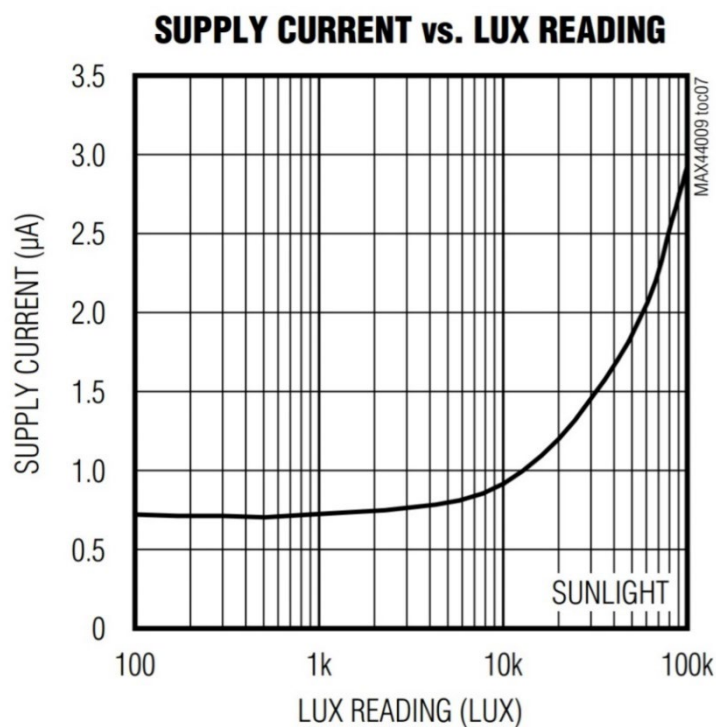


圖 15 電流與 Lux 讀數關係圖

3.2.4.2 BME280 環境傳感器



圖 16 BME280

BME280 專為小體積低耗能所設計(圖 16)，擁有溫度、氣壓和濕度感測的傳感器，感測器模組被緊密地安裝在金屬蓋內，數據表如表格 2。小尺寸及低功耗的設計可以應用於手機或新興的家庭自動化控制，他有極快的溫度反應時間，在壓力感測上也具有極高的精準度及分辨率。

表格 2 BME280 數據表

Package	2.5 mm x 2.5 mm x 0.93 mm metal lid LGA
Digital interface	I ² C (up to 3.4 MHz) and SPI (3 and 4 wire, up to 10 MHz)
Supply voltage	1.71 V - 3.6 V
Operating range	-40...+85 °C, 0...100 % rel. humidity, 300...1100 hPa
RH Accuracy	3 %
Output Type	Digital
Supply Current	0.5 uA
Maximum Operating Temperature	+ 85 C
Minimum Operating Temperature	- 40 C

植物生長需要環境的配合，陽光、溫度、濕度、空氣、土壤是植物生長的五大要素。大氣壓力相較其他環境變因較無法改變，且影響不大，本系統在顯示環境數據時將 BME280 測得大氣壓力數據移除顯示介面。照度介紹，照度的定義為被照體單位面積所受的光通量，單位為 LUX。

3.3 Arduino 程式設計說明

本系統為了無時無刻監控環境資訊，透過不斷輪巡四個節點來獲取及時數據，首先從端藍牙模組在通電後會自動進入睡眠模式，在主端藍牙啟動後開始依照順序與從端連接、傳輸資料及斷開連接，以防干擾情況產生，程式內有連線失敗時採取的重新連線防護，再未收到從端資料時，主端藍牙將會重複與其從端藍牙進行 5 次重新連線，若確認連線失敗及會與下一個從端模組進行連接。從端連牙到連線訊號會自動喚醒，並於傳送完資料段開連線後再次進入睡眠模式以達到省電節能。

主端匯集電路的 WiFi 模組在通電後會立即搜索設定的無線網路熱點並連接，在每一次蒐集到新的節點資料後建立 TCP/UDP 連線接著傳送資料到資料庫。

監控系統結合物聯網能讓使用者透過手機在任何地方都可以監控溫室環境數據，為此，本系統將結點數據上傳伺服器資料庫，使用的 MySQL 資料庫是開放原始碼的關聯式資料庫管理系統，使用 C 和 C++ 編寫。主端匯集電路上傳環境數據於 MySQL 資料庫有利於數據分析，並且可由手機下載溫室環境資訊供使用者監控。

3.3.1 藍牙連線流程與設定

圖 17 為本系統藍牙運作流程圖，左邊為主端；右邊為從端。由於主端會主動分別與每個從端藍牙連接，因此主端並不需進入睡眠模式，而從端藍牙大多時間都在未連線狀況下，因此將其設定通電後立即進入睡眠模式，主端發送連接指令後從端藍牙將會立即被喚醒進行連接。主從連接時若失敗計數器會加 1 並重新連接該從端藍牙，直到計數器達 5 次後結束連接該從端藍牙，其資料設定為 NULL 表該節點藍牙連接失敗。

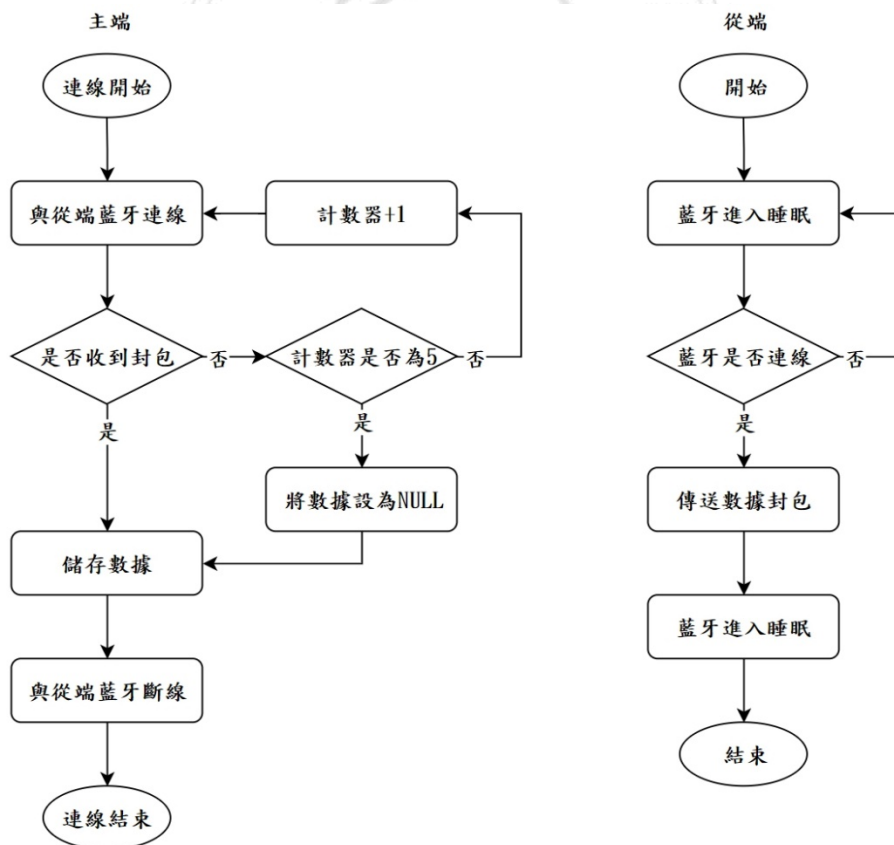


圖 17 藍牙運作流程圖

藍牙模組要能實際於系統運作必須先下達 AT 指令使其模組設定符合應用需求[15]，藍牙 AT 指令設定為前置作業，以下為本系統使用的指令介紹。

AT+ADDR 查詢模組 MAC 地址

AT+ROLE1 / 0 設定主從

AT+IMME1 上電後暫不工作

AT+PWRM0 自動休眠

在藍牙連線時有分為多種連線方式，本系統使用指定 MAC 地址連接模式，<AT+ADDR>指令可得知模組 MAC 地址。藍牙模組若需要互相溝通必須設定主從關係，指令<AT+ROLE0>將模組設定從設備或<AT+ROLE1>將模組設定成主設備。<AT+IMME>指令決定設備在上電後是否直接工作，參數 0 為上電後立即工作，可馬上連接其他藍牙設備，本系統參數設為 0，由 Arduino 程式控制連線設備的順序。在從端電路中，藍牙模組在為工作狀態下為休眠模式，休眠模式分為主動和被動，<AT+PWRM>指令讓從端藍牙在上電後自動休眠，被主端藍牙連線時會自動喚醒，並於斷線後再次自動進入休眠模式。

3.3.2 藍牙連線程式碼

圖 18 為藍牙資料傳輸的封包格式，從端傳回主端資料格式順序為節點名稱、溫度(攝氏)、大氣壓力、濕度和照度，最後結尾則是供主端判斷是否成功收到資料的確認碼。由從端傳送給主端的完整資料結尾應為 0，若連線失敗或資料未送達則自動設定為 1，此確認碼方便於資料上傳資料庫時供管理者檢查與除錯。

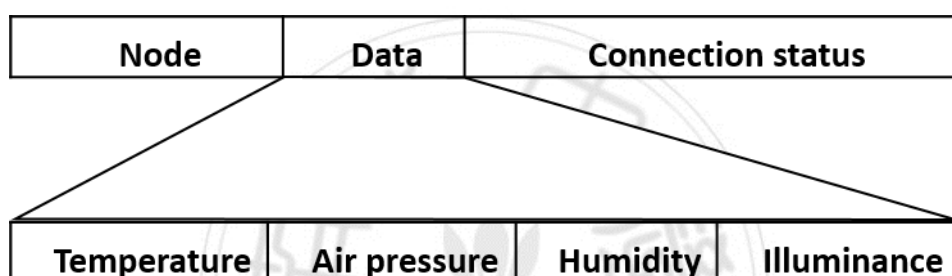


圖 18 藍牙資料封包格式

```
#define Slave1 "AT+CON88C2551E21C0"
```

```
#define Slave2 "AT+CONC8FD19440DBC"
```

```
#define Slave3 "AT+CONC8FD19440C4E"
```

```
#define Slave4 "AT+CON88C255191936"
```

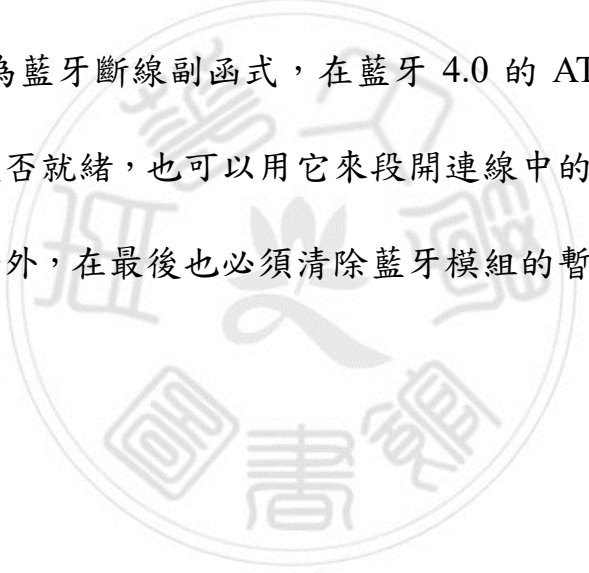
主端程式儲存節點的藍牙 MAC 地址，使用藍牙 AT 指令 <AT+CON>，將整串連線指令由識別碼取代並儲存起來。

```
void Link_Slave(char LinkCommand [], int linkNodeTemp) {  
  
    bool Link = true ;  
  
    String data = "" ;  
  
    while (Link == true) {  
  
        MasterBT.print(LinkCommand) ;  
  
        MasterBT.print("Send") ;  
  
        if (MasterBT.available()) {  
  
            while (MasterBT.available())  
  
                data += char(MasterBT.read()) ;  
  
            Link = false ;  
  
        } else { } } } }
```

Link_Slave 為連線副程式，布林變數 Link 用來判斷是否重新連線，Link 為 true 時將會不斷進入連線 while 回圈，回圈內首先是連線指令，接著發送"Send"字串確保從端收到訊息，若從端發送訊息來將資料放入 data 暫存陣列中，並將 Link 變數值改為 false 離開回圈。

```
else {  
  
    Serial.print("Clear...");  
  
    while (MasterBT.available()) {  
  
        Serial.write(MasterBT.read());  
  
        if (conter == 5) {  
  
            data = "0,0,0,0,0,1";  
  
            Link = false ;  
  
        } else  
  
            conter ++ ; }  
}
```

本系統設有重新連線機制，在首次連線失敗後將會再進行 4 次連線，共 5 次連線機會。再重新連線前必須先清除藍牙模組暫存區資料，避免殘留亂碼，接著由下面判斷式判斷是否連線 5 次，若否則計數器 +1 並重新連線，當計數器數值為 5 時系統將資料設定為 0，並將確認碼設為 1 代表本資料為無效。

```
void BreakOff() {  
  
    MasterBT.print("AT");  
  
    Serial.println("AT");  
  
    delay(200);  
  
    Serial.print("Clear...");  
  
    while (MasterBT.available())  
  
        Serial.write(MasterBT.read()); }  
  

```

BreakOff()為藍牙斷線副函式，在藍牙 4.0 的 AT 指令中，<AT> 可以確認模組是否就緒，也可以用它來段開連線中的藍牙。斷線副程式包含斷線指令外，在最後也必須清除藍牙模組的暫存區，防止殘留資料及亂碼。

```
if (linkNode == 1) {  
    Link_Slave(Slave1, linkNode);  
    linkNode = 2 ;  
} else if (linkNode == 2) {  
    Link_Slave(Slave2, linkNode);  
    linkNode = 3 ;  
} else if (linkNode == 3) {  
    Link_Slave(Slave3, linkNode);  
    linkNode = 4 ; }}  
} else if (linkNode ==4) {  
    Link_Slave(Slave4, linkNode);  
    linkNode = 0; }}  
}
```

本系統採用輪巡連線，在切換連線的程式碼中，linkNode 變數由 1 開始進入判斷式，呼叫 Link_Slave()連線副程式進行連線，結束連線後 linkNode 設定為 2 並按照節點順序持續切換連線，於最後一個節點連線完成時回到第一個節點，已達成即時監控需求。

3.3.3 LCD 模組與 RTC 模組

LCD 顯示節點環境數據，RTC 模組則提供時間，圖 19 為 LCD 模組顯示的流程圖，本論文使用的是 2x16 LCD，上排顯示節點名稱及時間，時間由 RTC 產生，在藍牙連線時 LCD 下排會顯示“連線中”，若藍牙接收到節點資料將會陸續顯示於 LCD 模組的下排。

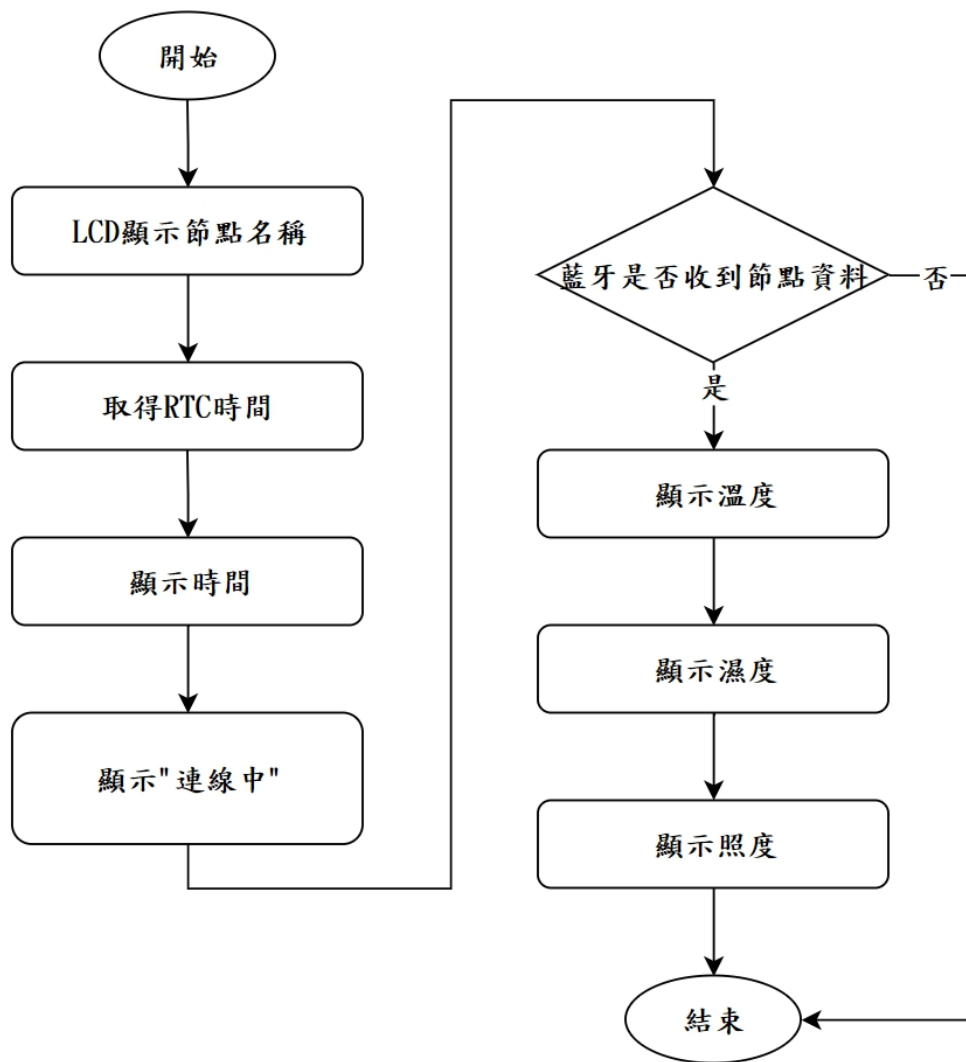


圖 19 RTC 顯示流程

3.3.4 Wifi 程式碼

將環境資料上傳於雲端資料庫是本系統的重要環節之一，使用 esp8266 Wifi 模組連線無線網路，再將須上傳的資料傳送到伺服器資料庫 MySQL。Wifi 模組有專屬的 AT 指令集，本程式使用到的指令將會後續介紹。

```
#define SSID "Hi"
```

```
#define PASS "12345678"
```

```
#define IP "210.240.202.113"
```

```
String GET = "GET /greenhouse/update.php?";
```

程式一開始必須將預連線的無線網路資訊等儲存起來，包括無線網路名稱、無線網路密碼、伺服器 IP 及伺服器 API。

```
boolean connectWiFi(){
```

```
    esp8266Wifi.println("AT+CWMODE=1");
```

```
    Wifi_connect();
```

```
}
```

setput()程式在初始化時，會執行 connectWiFi()副程式，並執行< AT+CWMODE=1>指令，用來將模組設定成網卡模式，隨後呼叫 Wifi 連線副程式 Wifi_connect()。


```

void Wifi_connect(){

    String cmd = "AT+CWJAP=\\" ;

    cmd += SSID ;

    cmd += "\",\\" ;

    cmd += PASS ;

    cmd += "\\" ;

    sendEsp8266(cmd) ;

    Loding("Wifi_connect") ;

}

void sendEsp8266 (String cmd){

    esp8266Wifi.println(cmd) ;

}

```

Wifi_connect() 是 Wifi 連線副程式，由 AT 連線指令 < AT+CWJAP=> 來與無線網路連接，指令參數為無線網路名稱及密碼。在將指令給 sendEsp8266()。

sendEsp8266() 為專門發送 Wifi 指令的副程式，Wifi 在程式初始時會透過此副程式連線無線網路，也會在需要上傳資料庫時使用此副程式。

```

void SentOnCloud( String node, String temp, String humi, String illu,
String airp ){

    String cmd = "AT+CIPSTART=\"TCP\", \"" ;

    cmd += IP ;

    cmd += "\",80" ;

    sendEsp8266 (cmd) ;

    if ( esp8266Wifi.find( "Error" ) ){

        Serial.print( "RECEIVED: Error\nExit1" ) ;

        return; }

}

```

資料發送雲端時由 SentOnCloud()副程式執行，在其中首要目標要先連到伺服器 IP，<AT+CIPSTART=>指令用來連線伺服器 IP 位置，if 判斷式中 find()函式可以接收 Wifi 收到的回傳是否為"Error"。

```
cmd = GET + "data"+"r\n";  
  
esp8266Wifi.print( "AT+CIPSEND=" );  
  
esp8266Wifi.println( cmd.length() );  
  
delay(1000);  
  
if (sendEsp8266.find( ">" ) )  
  
    esp8266Wifi.print(cmd) ;  
  
else  
  
    esp8266Wifi.print( "AT+CIPCLOSE" ) ;
```

確認連到伺服器 IP 後就可以進行上傳資料了，GET 在程式一開始時宣告為"GET /greenhouse/update.php?"，並將要傳送的資料接在後面並由"r\n"結尾。在開始傳送資料之前必須透過<AT+CIPSEND=>指令告訴 API 預傳送資料的長度，接收到回傳">"後方可開始傳送資料，若未收到">"，<AT+CIPCLOSE>指令將可以結束本次 API 連線。

3.4 手機 APP

遠端監控是本系統重點之一，人手一機的時代提升環境監控的便利性，在本系統使用的 APP 稱為”Green House”，由主端電路上傳各個結點數值到伺服器，再由此 APP 下載數據並顯示。

圖 20 為 APP 流程圖，主程式首先與伺服器建立連線，將環境數據下載並顯示，“溫溼度警告提醒”被按下後出現輸入畫面供使用者輸入溫溼度上下限數值，若環境數據超出設定數值並會發出警告提醒給使用者。

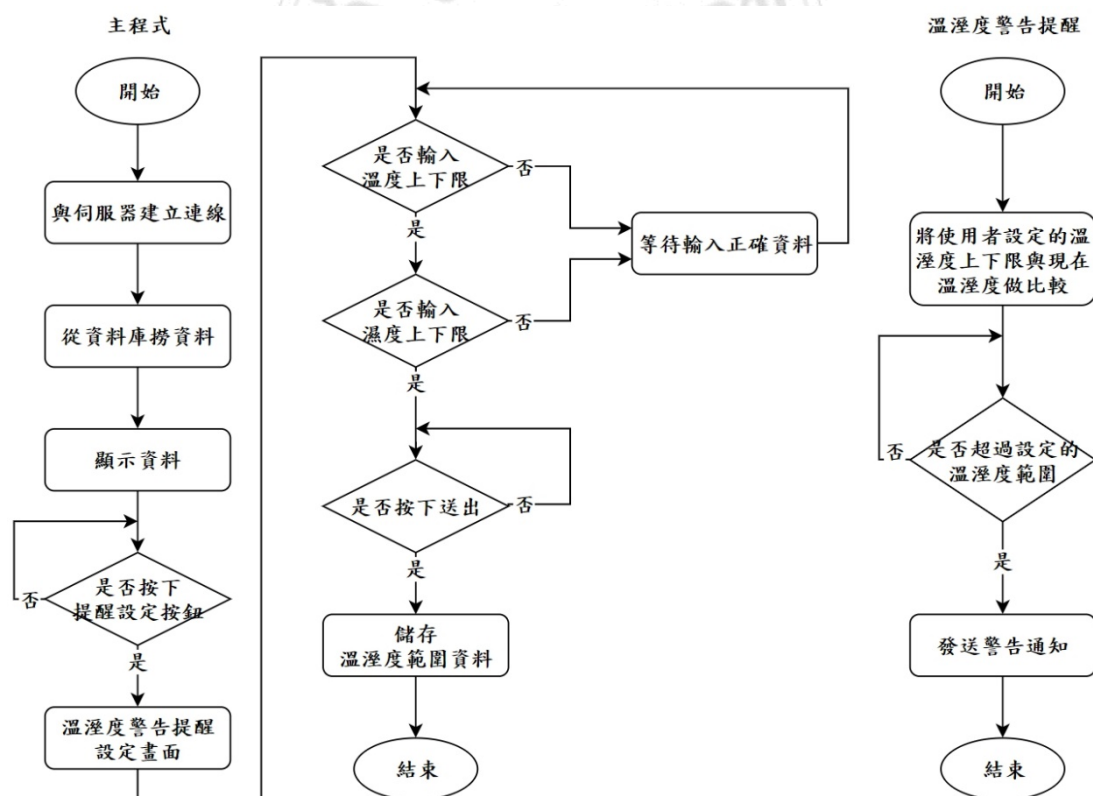


圖 20 APP 流程圖

3.4.1 APP 與伺服器連線

```
private String uriAPI =  
"http://210.240.202.113/greenhouse/getAllData.php" ;  
  
HttpPost httpRequest = new HttpPost(uriAPI) ;  
  
List<NameValuePair>params = new ArrayList<NameValuePair>() ;  
  
params.add(new BasicNameValuePair("data", strTxt)) ;
```

建立 HTTP Post 連線，透過 API 要求伺服器資料，Post 運作傳送變數必須用 NameValuePair[]陣列儲存。



3.4.2 APP 環境數據顯示介面

<TextView

```
android:id="@+id/temperature"  
android:layout_width="wrap_content"  
android:layout_height="wrap_content"  
android:layout_marginLeft="195dp"  
android:layout_marginTop="9dp"  
android:textSize="25dp"  
android:textStyle="bold"  
android:textColor="#000000"/>
```

設定文字外框寬高及位置，使用 wrap_content 依照元件內容提供適當大小，marginLeft 及 marginTop 分別設定離左邊及上面的距離，textStyle 設定為粗體，設定文字顏色為 000000，在十六進位色碼表為黑色。單一節點完整資料顯示為圖 21。



圖 21 單一節點資料顯示

3.4.3 溫溼度警告通知

```
<EditText  
  
    android:id="@+id/tem_name"  
  
    android:maxLength="2"  
  
    android:digits="0123456789"  
  
    android:singleLine="true"  
  
    android:hint="請輸入溫度上限"  
>
```

設定溫溼度上限輸入框，maxLength 限制使用者只能輸入兩個字元，singleLine 設定為 true 限制輸入行數為一行，digits 限制輸入內容只能為數字，如圖 22。



圖 22 溫溼度警告提醒

第四章 實現結果與討論

4.1 硬體設備架設

系統結合物聯網，資料傳輸都透過無線傳輸技術，節點模組利用藍牙傳輸環境溫度、濕度、照度及大氣壓力給主端匯集電路，且個個模組都透過 PCB 電路模組化，所以在架設方面相對簡易，以下圖 23 為架設模擬圖。

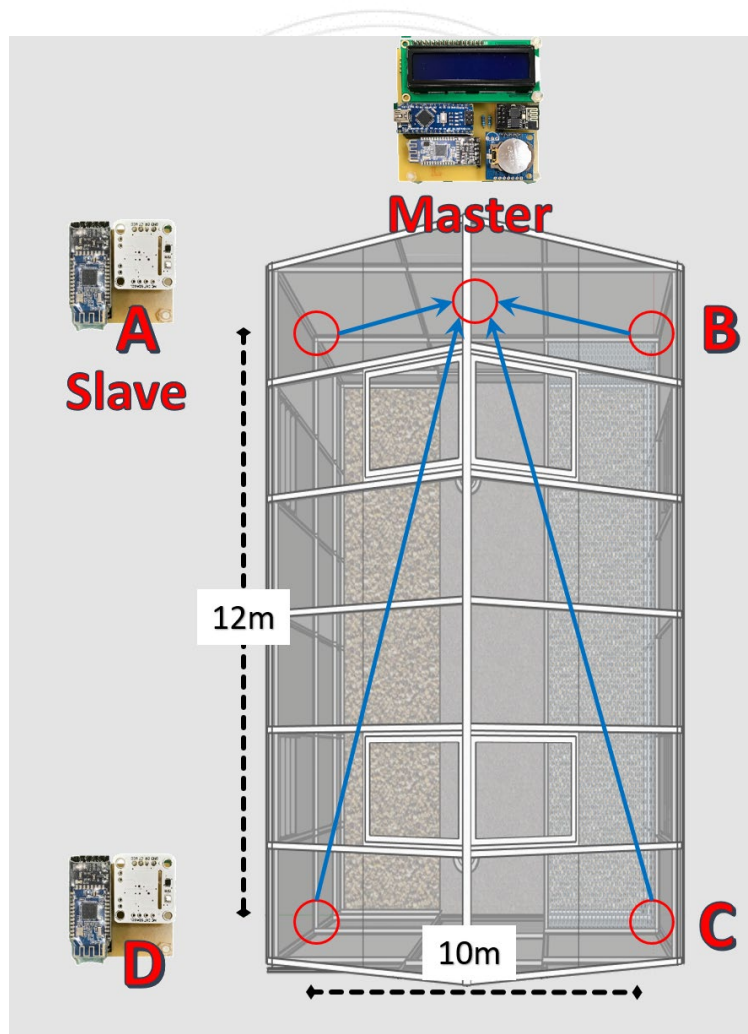


圖 23 場域架設模擬圖

系統架設於實際溫室內，如圖 23 中，主端匯集電路安裝在溫室前頭(圖 24)，節點放置於 A、B、C、D 四個角落(圖 25)，溫室長為 12 公尺，寬為 10 公尺。



圖 24 主端架設圖



圖 25 從端架設圖

4.2 資料顯示

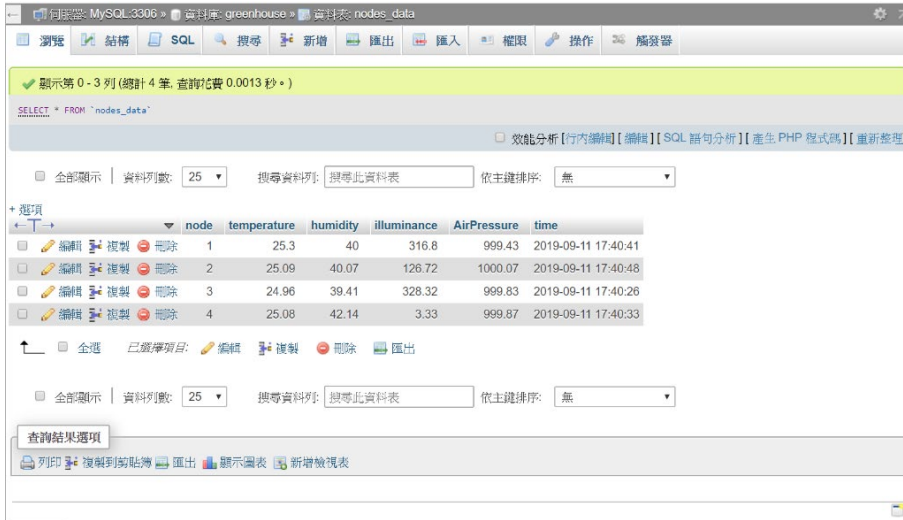
即使有手機 APP 方便使用者監控環境數據，主端匯集電路還是保有顯示資料功能，LCD 顯示模組會顯示當下連接的節點名稱(圖 26)，以及依序顯示溫度，濕度，照度及大氣壓力。



圖 26 LCD 顯示圖

4.3 資料庫資料

主端電路蒐集完一個節點的環境數據後便會透過 WiFi 上傳到 MySQL 資料庫。如圖 27，在資料庫內可以看到節點、環境數據及上傳時間，雲端資料庫可以將過往資料儲存供後續分析使用。



The screenshot shows a MySQL database interface with a table named 'nodes_data'. The table contains four rows of data, each representing a node with its temperature, humidity, illuminance, air pressure, and time. The interface includes a search bar, a table view, and various action buttons like '編輯' (edit), '複製' (copy), and '刪除' (delete).

node	temperature	humidity	illuminance	AirPressure	time
1	25.3	40	316.8	999.43	2019-09-11 17:40:41
2	25.09	40.07	126.72	1000.07	2019-09-11 17:40:48
3	24.96	39.41	328.32	999.83	2019-09-11 17:40:26
4	25.08	42.14	3.33	999.87	2019-09-11 17:40:33

圖 27 資料庫圖

4.4 手機 APP 監測

圖 28 為 APP 首頁，簡潔清楚地顯示所有節點及各節點溫度、濕度及照度，首頁最下面也顯示了平均溫度及平均濕度，右上角有「提醒設定」的按鍵。

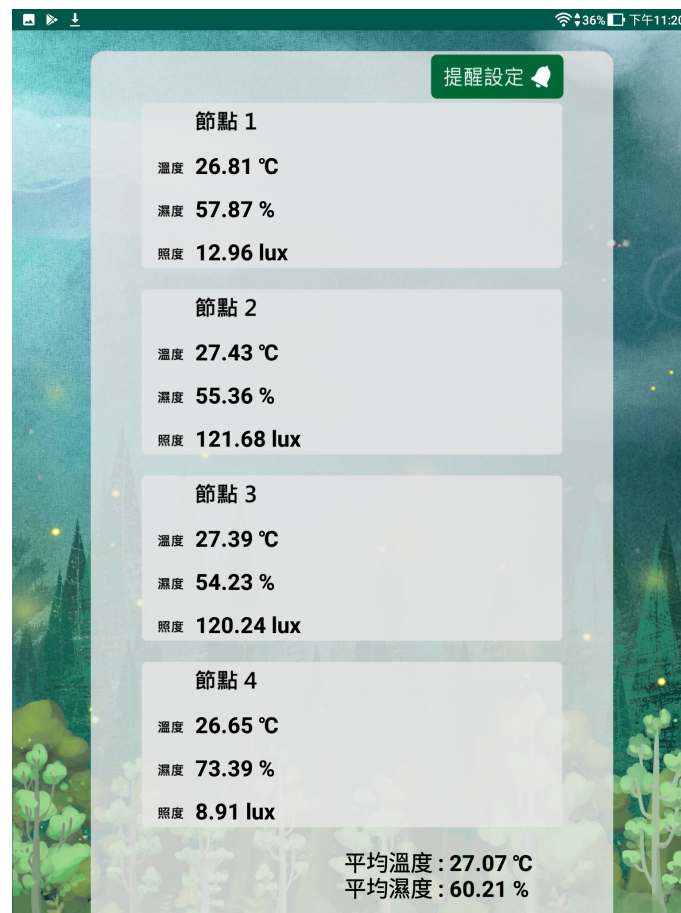


圖 28 手機 APP 資料顯示

4.5 手機 APP 通知

為更方便使用者監控場域數據以及可快速得知溫室內突發狀況，此系統監測 APP 擁有兩個警告通知功能，溫溼度範圍警告及節點設備異常警告。

4.5.1 溫溼度範圍警告

點選首頁右上角的警告通知後便會進入溫溼度警告介面，如圖 29，在這裡可以設定溫度及濕度的上下限值，設定完成後系統將會判定，若有任何一個節點的溫度或濕度超出使用者設定範圍即會發出通知，如圖 30。

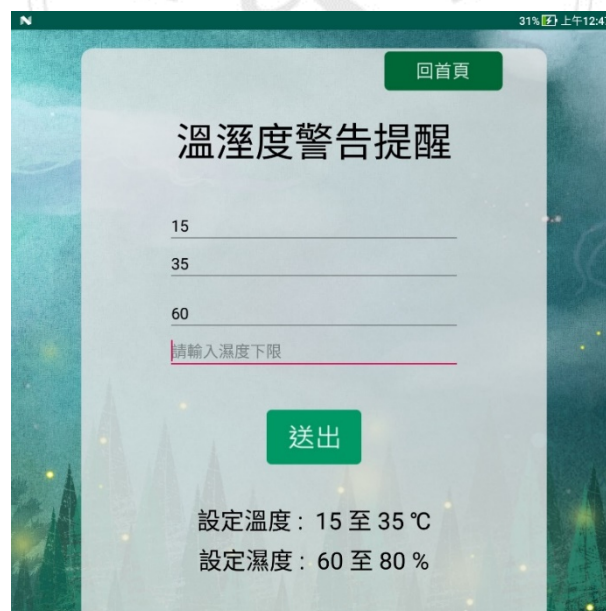


圖 29 溫溼度警告設定



圖 30 APP 通知溫度異常

4.5.2 從端設備異常警告

本系統建立在遠端監測上，若設備發生異常使用者並不能馬上發現，所以在本系統中建立設備異常警告通知為非常重要。在手機 APP 設計中有節點設備異常警告通知，若在單一資料蒐集失敗即會顯示上一筆資料並標註此節點異常，若超過 3 次就會發出節點設備異常的警告通知給使用者，如圖 31。



圖 31 APP 通知節點異常

4.6 系統比較

本系統與 2018 年董麗芬發表的「新型智慧溫室農場系統之實現」
 [3]，和魏貫哲於 2016 年發表的「應用於農場環境監控之物聯網系統」
 [13] 做系統功能比較，如表格 3。

表格 3 系統比較表

Function	2016[13]	2018[3]	Proposed
溫濕度監測	○	○	○
照度感測	○	×	○
有無中控	行動裝置主機端	×	○
無線傳輸方式	Bluetooth Zigbee WiFi	Bluetooth 4.0 BLE	Bluetooth 4.0 BLE WiFi
遠端監測	○	×	○
資料庫	TinyWebDB	×	MySQL
手機 APP	○	○	○
環境數據異常通知	×	×	○

在比較表中(表格 3)，首先來看 2018 年[3]這篇論文中的系統，作者未使用資料庫儲存環境資訊，大大減少系統效益，且未提供遠端監測，局限了使用者監控的距離。手機 APP 在系統中也扮演著很重要的腳色，但使用者未必會無時無刻開啟 APP，因此本系統的 APP 推播提醒為相當重要的功能。

2016 年[13]的論文中，雖然系統功能完善，但因作者使用行動裝置作為主機端，加上 Zigbee 無線傳輸技術無法與手機直接連接，迫使又需增加藍牙裝置才得以與主機平板溝通。資料由感測器端透過 Zigbee 到中控，再經由藍牙到主機平板，最後由主機平板透過 WiFi 上傳到雲端，控制訊息則以相反順序傳輸回從端設備，整個過程頗為繁雜。且不論此系統使用三種無線傳輸技術，讓供耗提升了不少外，光是主機端的平板耗電量就不容小覷了。

第五章 結論與未來展望

氣候變遷的影響，現今溫室植栽越來越普及，有了方便監控環境溫溼度的感測系統可以降低種植的難度，以藍牙 4.0 一對多輪詢的方式也可省下大量的電費成本，本系統除了在一般溫室上做應用，更可以與大型農企業溫室設施做結合。低成本高傳輸速度為藍牙 4.0 一大特點，快速連線也是本系統運用的一大重點，大多智慧無線監控系統均採用一對一設計，本系統的優點為可以監控數個節點資料，若未來再與其他系統結合便能更方便監控溫室的環境變化，進一步利用控制裝置來控制環境數據，以下幾點改善能為系統提升更好的效能及使用者體驗。

(1) 使用藍牙 5.0 替代藍牙 4.0

目前若使用藍牙 5.0 成本會過高，未來若價格降低，便可將藍牙 4.0 替換成藍牙 5.0 技術提升傳輸距離。

(2) Arduino 休眠模式

在 Arduino 開發板使用的 ATmega328P 為控制晶片，也支援各種省電模，在 Arduino 中省電模式及待機模式都可以降低功耗電流至 1.62mA。

(3) 手機 APP 增加功能

目前本系統擁有溫濕度上下限的提醒，除此之外也可以增加各種植物的生長環境條件，例如蘭花生在溫度 15 度 C 至 25 度 C 及濕度 60%至 70%的狀況下生長最好，系統可提供選項讓使用者直接做選擇。

(4) 增加土壤溼度感測器

空氣濕度感測器可以測得空氣中的水分是否適合植物生長，而土壤感測器則可以感測土壤內的水分，讓使用者可以得知何時需要澆水或需要管灌多少的水分。

第六章 參考文獻

- [1] S. Hebbbar, P. Pattar, R. Madli, and V. Golla, "Sandalwood tree protection using Bluetooth version 4.0," in *2015 International Conference on Computing and Network Communications (CoCoNet)*, 2015: IEEE, pp. 620-626.
- [2] H. Li and J. Luo, "Wireless Thermometer Based on Bluetooth 4.0 Low-Energy," in *2014 Seventh International Symposium on Computational Intelligence and Design*, 2014, vol. 1: IEEE, pp. 80-83.
- [3] 童麗芬, "新型智慧溫室農場系統之實現," 國立台北科技大學, 2018.
- [4] "政策研究指標資料庫," 2019. [Online]. Available: https://pride.stpi.narl.org.tw/index/dashboard?type=INT_COMP&cdmId=25.
- [5] 黃有才, "一百年來台灣農業的回顧與展望," 2011.
- [6] "行政院農業委員會," 2019. [Online]. Available: <https://www.coa.gov.tw/index.php>.
- [7] 農傳媒編輯部, "有機農業全球資訊網," 2016. [Online]. Available: <https://info.organic.org.tw/2366/>.
- [8] "台灣趨勢研究," 2019. [Online]. Available: <http://www.twtrend.com/index.php>.
- [9] "全球貿易大數據平台," 2019. [Online]. Available: <https://itrade.taitra.org.tw>.
- [10] "台灣農業設施協會," 2019. [Online]. Available:

<http://www.twasa.org.tw/about.asp>.

[11]" 維 基 百 科 ," 2019. [Online]. Available:

https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page.

[12]謝政紘,"以嵌入式系統實現具遠端微氣候監測的智慧植栽及其行

動照護軟體," 碩士, 電子工程系碩士班, 國立高雄應用科技大學,

高 雄 市 , 2016. [Online]. Available:

<https://hdl.handle.net/11296/9jmdzs>

[13]魏貫哲,"應用於農場環境監控之物聯網系統," 碩士, 電腦與通訊

系碩士班, 樹德科技大學, 高雄市, 2016. [Online]. Available:

<https://hdl.handle.net/11296/h793qm>

[14]"Comparing 6 Temperature Sensors " 2018. [Online]. Available:

<https://randomnerdtutorials.com/dht11-vs-dht22-vs-lm35-vs-ds18b20-vs-bme280-vs-bmp180/>.

[15]濟南華茂科技有限公司,"HM 4.0 BLE 藍牙模組規格說明書,"

2019. [Online]. Available: <http://www.jnhuamao.cn/>.