

Internet of Things Automation using Raspberry Pi and Arduino

陳宏達
朝陽科技大學資訊
工程系
Honda@cyut.edu.tw

林松霖
朝陽科技大學資訊
工程系
s10127067@gm.cyut.
edu.tw

林峻毅
朝陽科技大學資訊
工程系
s10127121@cyut.edu
.tw

楊智穎
朝陽科技大學資訊
工程系
s10127077@cyut.edu
t.edu.tw

摘要

本論文成功實現以 Raspberry Pi 為核心的嵌入式系統並使用無線 Wi-Fi 方式連結控制周邊元件，週邊控制元件主要是由 Arduino 的 MCU 及 ESP8266 Wi-Fi 模組所構成，在嵌入式系統部分以 Raspbian 作為嵌入式 Linux 核心並建構 DHCP Server、支援 PHP, Python / C CGI 的 Lighttpd 網頁伺服器及 MariaDB 資料庫伺服器，而人機操作介面是使用網頁瀏覽的方式可經由平板或智慧型手機透過 Wi-Fi 方式連結到伺服器操作。人機操作介面部份使用 JavaScript、jQuery 函數庫及 CSS 來適應各種操作者環境及達到滑動效果。本系統可透過手機平板或電腦在有網路地方件可進行家中電器的開啟控制。

關鍵詞：Arduino、Raspberry pi、家庭自動化教、Wi-Fi 控制

Abstract

A home automation system with raspberry pi through Wi-Fi commutation was successfully developed. The peripheral devices were constructed with Arduino and the Wi-Fi module ESP8266. Linux system used on Raspberry Pi was the Raspbian which was based on dedian Linux distribution. On this system, DHCP server, Web server and mariadb database server were installed. The Lighttpd based Web Server was adjusted to support PHP, Python, and C-CGI applications. The users can access this system through mobile phone, tablet, or desktop browser which needn't to install any extra applications.

Keywords: Arduino, Raspberry pi, Home

Automation, Wi-Fi

1. 簡介

物聯網(Internet of Things, IoT) 可以帶來生活的便利，近年來開源硬體的 Arduino[1]及樹莓派(Raspberry Pi)[2]提供低成本及高便利性的開發方案，再加上有很多專案範例、很多免費軟體開發工具、很多免費作業系統可供利用。

樹莓派為一種號稱 35 美元的單板電腦，支援多種 Linux 作業系統[2]，本論文中僅作為週邊控制處理元件，而主控制核心的部份則採用樹莓派(Raspberry Pi) 這種可以運行 Linux 作業系統的 ARM Based 單板電腦，其 CPU 速度可達 800MHz 或更高，由於有 Linux 的支援，可在此系統上建構 DHCP, 網頁, MariaDB 等伺服器，並可支援 Python 語言，也有完整的 C/C++開發環境，因此使用 樹莓派作為控制核心，並研究利用 GPIO, USART, 無線網路的控制介面。

Arduino 基本上使用 Atmel AVR 微控制器，雖然它的處理能力有限外，但對於簡單的家電控制以足夠了，也提供免費的開發軟體開發整合系統(IDE)，開發軟體方面大多以 C 語言程式為主。

無線控制可以減少配線的成本與不便性，上海樂鑫提供的低價的 ESP8266[3] Wi-Fi 方案，它能與 Arduino 搭配良好，使用 Wi-Fi 方案可以與目前所使用的 Wi-Fi 相容，其技術成熟，擴展也很方便。

操作介面這個部分，樹莓派雖可運作在圖形介面及支援觸控面板，但效能仍不好，所幸目前行動力高的觸控平板、智慧型手機相當普遍且平價，因此論文透過這些設備以無線 Wi-Fi 連結到嵌入式控制核心來監控這個系統，並透過網頁方式來控制。

2. 系統概述

2.1 系統架構圖

系統架構如圖 1 所示，智慧加伺服器採用樹莓派搭配網頁伺服器所構成，樹莓派使用兩張無線 USB 網卡，網卡 1 作為整個家用 Wi-Fi 網路的一個 Client，與手機、平板或電腦在由家用 IP 分享器所構成的區域網路，周邊 Wi-Fi 元件在樹莓派網卡 2 所構成的網域中。RFID 則採用有線 RS-485 系統，有線目前還是比較可靠的方式，而電捲門的部份則直接改裝目前電捲門控制器，此方式除了可以使用手機控制開啟外，也可以使用原有的遙控器。

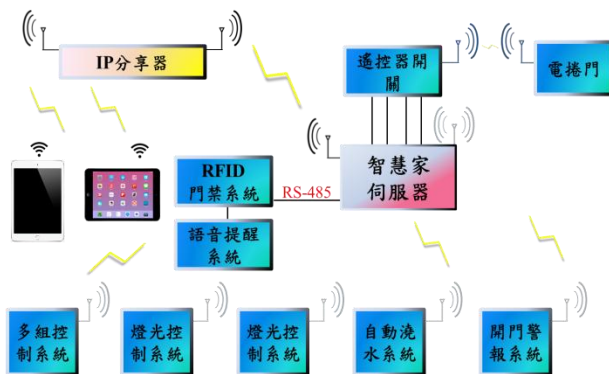


圖 1 開發系統結構圖

2.2 功能需求規劃

RFID 門禁系統與語音提醒系統：當透過門禁讀卡進入時，會提醒現在時間及磁簧開關現在狀態。

線上控制及定時系統：透過網頁可以遠端遙控及定時周邊設備，像是遙控插座、玄關燈光控制、客廳燈扇控制、自動澆水系統…等

磁簧開關與 RFID 門禁紀錄清單：紀錄開關狀態及進出的人員。

2.3 系統開發系統與工具

2.3.1 Arduino 開發板

本論文使用了 Arduino UNO 及 Arduino mini Pro，Arduino UNO 因有完整週邊用來作為初期開發，Arduino mini Pro 與 Arduino UNO 使用相同的 MCU Atmel ATmega328，但

體積更小與低價，軟體開發則採用 Arduino 所提供的 IDE 開發系統。

2.3.2 樹莓派

本系統所使用的樹莓派 Raspberry Pi B+ 開發板，使用 Raspbian 作業系統[4]，並在系統架設 Lighttpd 網頁伺服器[5]、搭配 PHP[6]與 MariaDB 資料伺服器[7]，MariaDB 為 MySQL[8]的一個分支，此外在為了搭配 IO 控制，網頁伺服器也調整以搭配 Python[9] 及 C/C++ 語言。

2.3.3 ESP-8266 Wi-Fi 模組

ESP8266 為一個低成本的 Wi-Fi 模組，本論文使用了 ESP8266 ESP-12 及 ESP-1 兩種模型，對與本系統搭配 Arduino 的使用情況下這兩種型號並無差別。

2.3.4 RFID 模組

RFID 採用 NXP[10] RF522 Mifare RFID 系統。

3. 研究方法及進行步驟

3.1 網路環境

如圖 1 所示系統規劃了兩個無線區域網路，一個是樹莓派連到區域網路，與手機、平板及電腦所共用的區域網路，另一個為周邊控制元件所使用的次區域網路，這種規劃是基於安全考量，在周邊元件所使用的網路上隱藏 SSID 來增加安全性，家用電腦所使用區域網路則考量使用方便性，如需要由外界連網近來控制則由 IP 分享器開啟「虛擬伺服器」的方式連接到樹莓派伺服器，使用非標準埠號可以增加安全性，在樹莓派內判斷如果來自外界網路則需要再輸入帳號密碼，但由本地區網連入則不需要帳號密碼以增加方便性，區網的安全性有 IP 無線分享器來控制。

3.2 周邊控制元件：

周邊元件主要利用 Arduino Uno 板相容於 CPU - Atmel ATmega328 且搭配 ESP8266 模組，並利用 Norbert Truchsess 的 UIPEthernet 函數庫[11]撰寫以 Socket 程式來與嵌入式系統進行通聯，至於整體程式則在 Arduino 開發環境上完成。

ATmega328 MCU 的控制接腳會簡單連接一些 I/O 接腳及感測器來進行整體測試，在程式設計上也保留未來擴充的便利性。

3.3 嵌入式核心控制程式：

硬體控制介面會使用 C/C++ 與 Python 語言進行開發，而 Python GPIO 函數庫是用來開發 Raspberry Pi GPIO 介面，C CGI(Common Gateway Interface) 若要執行 HTML POST/GET 功能則利用 C CGI 函數庫，資料處理方面會使用混合使用 PHP、C/C++ CGI、Python CGI 來處理驗證介面或資料庫處理。

3.4 圖形使用者操作介面：

圖形使用者操作介面(Graphical User Interface, GUI)，必須能提供使用者較方便及便利的操作方式，本論文欲使操作者能直接使用手機、平板或一般連網的電腦經由瀏覽網頁方式來操控系統。當平板或手機進入無線網路範圍時，如已設定自動登入時便會自動登入網路，使用瀏覽器便可連結到控制頁面，此時要能夠支援使用者所使用瀏覽器的類別及解析度，程式必須有使用者端瀏覽器類別判斷的能力，並依照使用者端的解析度來調整控制頁面的解析度，此外也必須符合平板或手機觸控的操作特性，這部份是利用使用者端的 JavaScript (包含 jquery 函數庫及一些 Touchscreen Swipe Script) 並且搭配伺服器端的程式語言 PHP 來進行開發，至於遠端資訊(被監控端的狀況)擬使用 AJAX(Asynchronous JavaScript and XML) 技術固定間隔時間(如每一秒)刷新一次網頁狀態。

4. 結果與討論

智慧家伺服器，為 Raspberry Pi 與 USB 無線網卡組成，網卡分別使用市面上常用的 USB 無線網卡 Edimax EW-7811Un 及 PCI 的 GW-US54GXS，RS-485 透過 USB to 485 轉換器供應，如圖 2 所示。



圖 2 智慧家伺服器

4.1 內部連線與外部連線



圖 3 登入介紹頁

透過 IP 分享器(連接到 Public IP)，使用者可在世界各地透過網路瀏覽器登入智慧家伺服器。使用個人電腦、手機或平板開啟物聯網無線智慧家網頁，內部連線會直接開啟系統網頁。外部連線會進入使用者登入介面。圖 3 為內部連線開啟畫面。圖 4 為外部連線的使用者登入畫面。

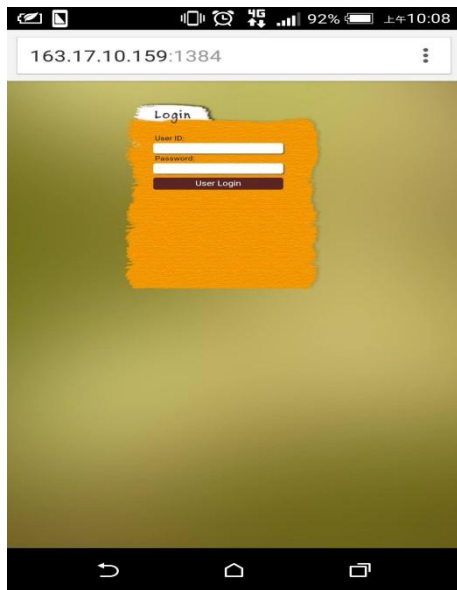


圖 4 由外部通入時的登入認證頁面

4.2 遠端控制

人性化的操縱滑動介面，藉由點擊畫面的 ON、OFF 按鈕，即可達到遠端控制該硬體，並有即時硬體狀況圖示提醒使用者是否正確開啟。圖 5 為遠端控制畫面(OFF)。圖 6 為遠端控制畫面(ON)。



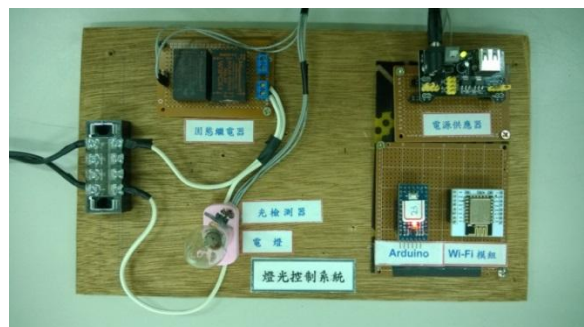
圖 5 遠端控制 OFF 時畫面



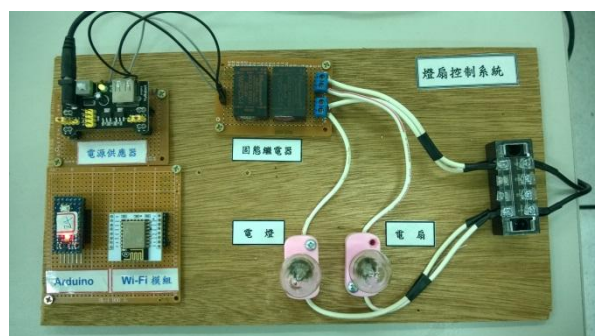
圖 6 遠端控制 ON 時畫面

4.2.1 燈光與燈扇控制系統

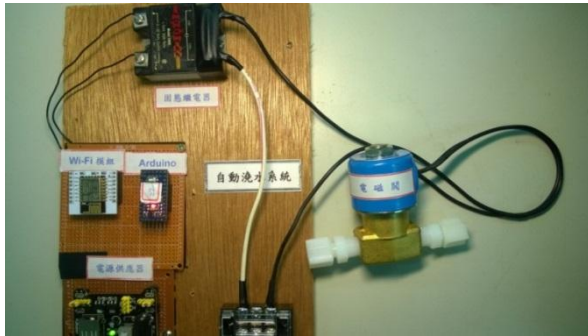
圖 7(a)為燈光控制系統，Raspberry Pi 透過無線網卡與硬體 ESP8266 進行 Wi-Fi 控制電器，並有光敏電阻作為開啟確認(失敗警告)檢測功能。另外也加入多組控制如圖(b)，可擴充電器的數量，如客廳餐廳燈扇控制。圖(c)為自動澆水系統可以控制陽台花草自動澆水之用。



(a)



(b)



(c)

圖 7 (a). 燈光控制系統 (b).燈扇控制系統, (c). 自動澆花系統

4.2.2 遙控插座

圖 8 遙控插座，Raspberry Pi 透過無線網卡與硬體 ESP8266 進行遠端電器開啟。具電流檢測，確認是否成功開啟，網頁即時更新可以讓使用者知道。



圖 8 遙控插座

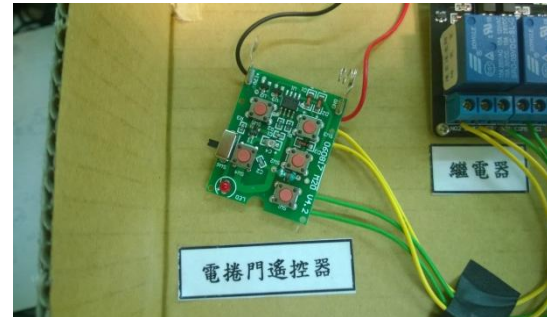
4.2.3 電捲門控制系統

圖 9 電捲門制系統，改裝現有電捲門控制系統，Raspberry Pi 透過 GPIO 控制電捲門遙控器，除了原有遙控器，也可以運用手機達到開關效果。相容既有的電捲門控制器、改裝遙控器。

4.2.4 門窗警報系統

圖 10 門窗警報系統，Raspberry Pi 透過無線網卡與硬體 ESP8266 進行 Wi-Fi 接收窗警報系統所傳回來的值並紀錄。由 Arduino 偵測到動作警報器動作，隨即發出警報，可以經由手

機關掉。



(a)



(b)

圖 9 電捲門制系統

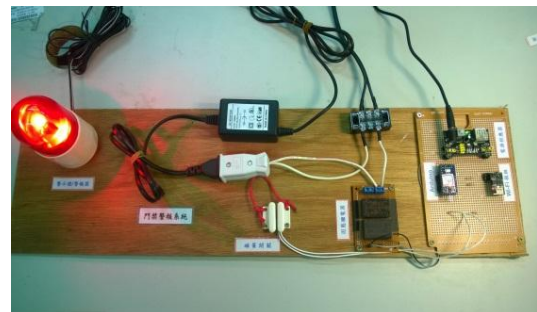


圖 10 門窗警報系統

4.3 多重定時功能

除了可以利用手機平板來控制電器，也可以設定定時操作，選定硬體開啟與關閉的時刻，在不勾選日期，送出即可達到定時功能。若勾選日期則能達到週期性定時。圖 11 為多重定時的設定畫面。圖 12 為設定好的週期性定時列表。



圖 11 多重定時的設定畫面



圖 12 設定好的週期性定時列表

4.4 RFID 門禁系統

圖 13 為 RFID 裝置，RFID 門禁系統是由讀取卡號功能來辨別使用者是否正確，以達到正確的人員進出管制，並有語音提醒各種狀態及嚇阻作用，如圖 14 所示。

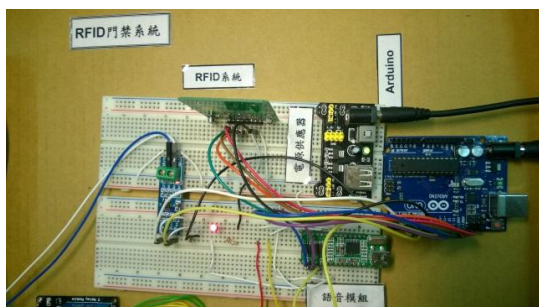


圖 13 RFID 系統



圖 14 語音提醒系統

4.5 後台管理

管理者登入介面，需要以固定帳號登入，在管理者權限下有查詢 RFID 門禁使用時間，也有新增、刪除與修改 RFID 使用者名單，如需要更改管理者名稱或密碼也可以進行修改。圖 15 為管理者登入介面。圖 16 為管理者密碼名稱修改介面。



圖 15、管理者登入介面。



圖 16、管理者密碼名稱修改介面。

圖 17 為新增門禁使用者通行介面在此介面我們可以新增目前讀取到的卡號進行新增。使用者所建立的每一筆資料都將儲存至 MariaDB 資料庫中，如圖 18 所示，而我們也可以透過管理者介面來進行資料管理與修改。



圖 17 RFID 卡號新增



圖 18 卡號修改與刪除

<https://www.python.org/>

[10]NXP 官方網頁 <http://www.nxp.com>

[11] ntruchsess 函數庫

<https://github.com/ntruchsess>

致謝

作者要感謝朝陽科技大學資訊學院小型專題研究計畫支助。

5. 結論

整個系統可以成功控制，樹莓派作為智慧家伺服器也可以勝任，無線 Wi-Fi 控制可以真正實現，增加了控制方便性減少佈線的麻煩，出差旅遊在外也可以透過網路查看家中狀況或開啟電器，重要電器開啟也有實際開啟確認及提示，可真正了解是否正確開啟，定時功能也可以如需求定時開啟，本論文整體成本可不高並容易取得。

參考文獻

- [1] Arduino 官方網頁
<https://www.arduino.cc/>
- [2] Raspberry Pi 官方網站
<https://www.raspberrypi.org/>
- [3] 樂鑫官方網站 <http://espressif.com/>
- [4] Raspbian 官方網站
<https://www.raspbian.org/>
- [5] Lighttpd 官方網站
<https://www.lighttpd.net/>
- [6] PHP 官方網站 <https://www.php.net/>
- [7] MariaDB 官方網站
<https://mariadb.org/>
- [8] Mysql 官方網站
<https://www.mysql.com/>
- [9] Python 官方網站