

以 Arduino 發展平台為基礎之智慧生活監控系統

廖文淵¹、何翊²、張啟祥

^{1,2} 德霖技術學院資訊工程系助理教授

中文摘要

本論文提出以 Arduino 發展平台為基礎之無線感測網路智慧居家生活系統，本系統由數個子系統組成，包含 ZigBee 無線感測子系統、Arduino 監控後端子系統及 Android 手機雲端遠端控制子系統。藉由本系統的完成，前端各感應設備可透過 ZigBee 等以無線方式將收到的資料傳至後端處理系統，並由後端依環境自動進行家電的操控，有效提昇生活環境的舒適性與居家照護的安全性及符合綠能環保科技的智慧生活空間。

家電經由 ZigBee 無線感測模組回傳狀態資料到手機，告知使用者目前家電的開啟狀況；同時本系統亦可自動感測環境的溫度、濕度及亮度，依據事先設定的狀況條件，開啟無線區網連線，傳送控制信號至 ZigBee 無線感測模組，此模組再傳送訊號給 Arduino 監控後端主系統，藉以控制電風扇、冷氣的強弱及電燈的明亮度，以達到節能的效果。最後，本系統運用 Android 平台手機，讓使用者可遠端透過雲端得知目前家裡狀況，對家電進行調整，以增加使用者操作之便利性。

關鍵字：Arduino 平台、無線感測網路、智慧生活監控系統、WiFi、XBee 晶片。

The Remote Control System Based on Arduino Platform for Intelligent Living Application

Wen-Yuan Liao¹

I Ho²

Zhang Chi-Xiang

^{1,2}Assistant Professor, Department of Computer Science and Engineering De-Lin Institute of
Technology

Abstract

In this paper, we proposed a remote control system for intelligent living application based on Arduino platform system and wireless sensor networks (WSN). In the proposed system, we have three subsystem, including ZigBee WSN system, Arduino control system and Android mobile system.

In our system, The ZigBee WSN system was used to detect the living environment of the life space. Then the Arduino system could make decision by receiving from the XBee wireless signal. According to the environment condition, the system would send the control signal to control the electrical appliance by the Arduino platform. Beside, the user could also control the home appliance by Android mobile phone via the WiFi. With the functions described as above, the system can provide a comfortable and safe environment for living space.

Key word: Arduino platform, WSN, intelligent living application, WiFi, XBee.

壹、前言

在這個科技與技術發展飛躍的時代裡，我們的生活空間也越來越趨近於智慧生活化，透過科技的引進，讓人們生活變得更便利、更舒適、更節能、更安全。但也因為社會的發展，低出生率與低死亡率，使得老人數目與所佔比例的不斷提升，也因為國內就業機會飽和，造就年輕人口大量外移，老人獨居或僅和配偶同居的居住模式普遍，智慧型生活、居家看護空間系統逐漸成為未來發展的重要課題。

智慧化居住空間科技正日新月異的發展中，其包含的重要議題與應用，包括有居家安全[14]、環保節能、健康照護、舒適便利等，因此在智慧居住空間的發展趨勢下，舉凡生活空間的所有事情，均希望透過科技的引進，能讓生活變得更便利、更舒適、更節能、更安全[11]。也因此需要更多新的智慧裝置來取代舊有較浪費電能的家電產品。故我們想要設計一套對於居家生活環境有幫助的智慧節能系統。

本研究提出一個以 Arduino 為基礎、結合無線感測網路之智慧生活應用平台，整體系統架構如圖 1 所示，本系統使用 Arduino 平台作為開發環境，並將 ZigBee 之無線通訊技術應用在家電的智慧控制上，使用者即可透過網路來控制家電產品，如要開冷氣或電視就可透過手機來操作及控制，達到生活的便利性，我們亦開發了可使用智慧型手機及網頁來控制家電的系統。

本研究所建立的智慧生活監控系統，對於人機介面設計而言，建構一套輔助年長者或行動不便者，增進與環境之互動關係，建立一個不論是銀髮族或殘障人士一個友善的生活環境。本論文組織如下：第二節描述使用到的技術背景，包括 Arduino 平台與 ZigBee 及其他硬體元件模組，相關的系統架構在第三節，第四節則說明本研究系統實作成果，結論與未來發展則最後一節。

貳、技術背景

一、ZigBee 無線感測網路架構

無線感測器網路[4,16]指把很多微型獨立的無線感測器安裝在建築物、道路、服裝、人體等物理空間，通過無線網路技術，對周圍的溫度、光、加速度、磁場等資訊進行監控和管理的技術。這種無線感測器節點中內置了感測器、感測器控制電路、CPU、無線通訊模組、天線、電源裝置等，通過 Ad-hoc 通訊技術[18]，可以與周圍的感測器節點一起把資料傳輸到節點。Ad-hoc 通訊技術是指即使沒有諸如特定 AP 或 sink mode 的中繼器，也可以在各無線節點之間組成獨立網路的技術。目前廣泛應用於大部分無線通訊中的 Infra-structure 網路技術，在構築時消耗大量的費用，而且在節點之間的自由移動及連通性等方

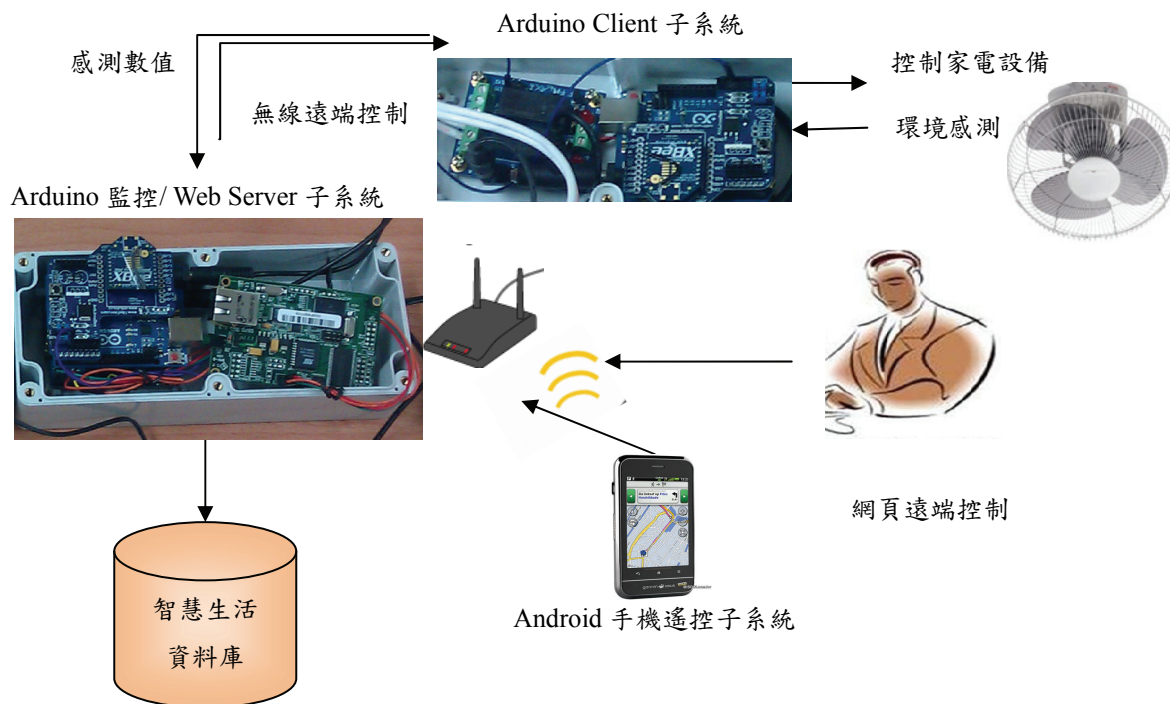


圖 1 系統架構與硬體配置

面還存在很多問題。例如 IEEE 802.11 Infra-structure WLAN [12]技術，設備的無線通訊範圍局限在以一個 AP 為中心的 1-hop 內，因此在擴大網路規模或在其他地點設定新網路時，也存在著局限性。在無線環境下，因大量感測器節點自由配置在很多空間中執行，即使沒有特定的中繼器也可以自行構成網路的 Ad-hoc 通訊技術，與 Infra-structure 網路相比，則非常有效。

ZigBee 協定層從下到上分別為實體層、媒體存取層、網路層與應用層等，這裡僅就網路層與應用層說明如下：

1. ZigBee 網路層協定：負責以下工作：加入與離開某個網路、將封包作安全性處理、傳送封包到目標節點、找尋並維護節點間的繞徑路線、搜尋鄰節點、儲存相關鄰節點資訊。
2. 應用層：ZigBee 應用層包含應用程式支援子層（APS）、應用程式框架（AF）、ZigBee 裝置管控物件（ZDO）與各廠商定義的應用程式物件。
3. 應用程式支援子層（APS）：此子層是負責上層應用程式物件與下層網路層的協調。其工作為維護 Binding 表與轉發已配對裝置間的訊息。
4. ZDO 的功能包括起始應用程式支援子層、網路層以及安全服務等。ZigBee 乃是基於 IEEE 802.15.4 低速率無線個人網路 PHY & MAC 標準所發展訂定之無線隨意網路與無線感測網路標準，適合不同大小規模之各方面應用，諸如智慧型家庭與大樓、工業自動化、環境監測等等，相當多元廣泛。然而 ZigBee 網路的功能運作，與無線感測裝置之佈署以及裝置間自我組建之網路連結有極密切之關係。

無線感測網路裝置的角色可分為 ZigBee 協調者(Coordinator)、ZigBee 路由器(Router)、ZigBee 末端裝置(End Device)等三種：(1) ZigBee 協調者：其工作為發起一個網路，設定各項網路參數並分派網路位址及規範網路位址分發原則。(2) ZigBee 路由器：其工作為負責延展整個網路的路由器。(3) ZigBee 末端裝置：通常會包含感測器。

當網路一啟動後，無線感測網路裝置會互相競爭成為 ZigBee 協調者，若一裝置成功地成為協調者，將掃描所有的無線頻道並從中選擇一合適者作為操作頻道，接著協調者開始廣播 Beacon 訊框來讓其他裝置能夠加入它所形成的網路。當裝置接收到一 Beacon 訊框，該裝置執行加入網路的程序，以成為 ZigBee 路由器或者作為一個 ZigBee 末端設備。如果成為一 ZigBee 路由器，此路由器也能夠發送 Beacon 訊框來讓尚未加入網路的裝置加入此網路。當裝置成功加入一個網路後，Beacon 訊框的傳送者將會依給定網路位址，做為日後資料傳輸之識別碼。

二、Arduino 開放式發展平台介紹

Arduino 是一款開放程式碼的開發平台，近年來常應用在藝術家、設計師或大專院校學生製作專案中。它簡化過的控制硬體流程與以往單晶片的工作環境相比，顯得非常易用，可縮短專案設計的時程，花更多精力在建構創意。微處理器就如同一台小型電腦，負責命令各電子元件的動作；像是接收開關的狀態，或是決定何時該讓門鈴響起。它可以執行豐富多樣化的無線網路專案。

Arduino 平台使用的 CPU 為 ATmega8 或 ATmega168，其中基本款的 Arduino 裝置型號是 UNO，它提供 13 個數位輸入/輸出通道以及 6 個類比通道，基本工作電力可由電腦中的 USB 或是從外部直流電壓取得。撰寫程式的大小依據晶片的款式有所不同，Arduino UNO 使用型號 Atmel Mega328 的微處理單晶片，提供 32K 的程撰寫程式空間與 2k 的暫存空間。

Arduino 平台具有完整的電子周邊模組，例如感應器、控制器、發光二極體、步進馬達或其他輸出裝置。Arduino 也可以獨立運作成為一個可以跟軟體溝通的輸入裝置，例如：Flash、Processing 或其他互動軟體等。Arduino 整體開發平台(IDE)為開放原始碼，可以讓使用者免費下載使用。

此外，Arduino 平台在 I/O 方面則具有 4 通道 PWM 輸出、6~8 通道 10bit ADC 輸入。在系統開發工具上，則使用類似 Java、C 語言的 IDE 整合式開發環境，讓設計者可以快速使用 Arduino 語言與 Flash 或 Processing 等軟體，作出互動設計。其具有下列特色[5]:

1. 開放原始碼的電路圖設計，程式開發工具免費下載，也可依需求自己修改。
2. 使用低價格的微處理控制器。可以採用 USB 供電，不需外接電源。也可以使用外部 9VDC 輸入。
3. Arduino 支援 ISP 線上燒錄，可以更新的 Bootloader 韌體燒入 ATmega8 或 ATmega168 晶片。有了 Bootloader 之後，可以透過連接埠或者 USB to RS232 線更新韌體。

4. 可依據官方提供的電路圖，簡化 Arduino 模組，完成獨立運作的微處理控制。更可簡單地與感測器，及各式各樣的電子元件連線，如紅外線,超音波,熱敏電阻,光敏電阻,伺服馬達…等。
5. 支援多種互動程式，如：Flash、Max/Msp、C、Processing…等。
6. 利用 Arduino，突破以往只能使用滑鼠，鍵盤，CCD 等輸入的裝置的互動內容，可以更簡單地達成單人或多人遊戲互動。

參、系統架構

一、系統元件模組

本系統使用之硬體元件包含 Arduino 硬體、XBee 無線網路模組，PINK 網路伺服模組及繼電器模組。其中 Arduino 已於前面說明，不再贅述，以下依序介紹其他三個模組：

1. XBee 無線感測網路模組：XBee 模組(Digi formally Maxstream)在 Arduino 社群中，是一款最常被使用的無線通訊模組。其主要的特性為，傳輸距離長、支援一對多傳輸。XBee 支援 2.4GHz，並且是一個平價、低功率符合 ZigBee 的無線感測網路模組。這個模組為 IEEE 802.15.4 實作並以簡單的方式設定組態。這個模組容許微控制器、電腦、系統含有 Serial Port 間非常可靠的及簡單的無線通訊，以及點對點及點對多點支援，XBee 無線網路模組如圖 2(a)所示。
2. PINK 網路伺服器模組：網際網路提供了一個簡單但功能強大的解決方案，PINK 網路伺服器模組主要用於連接 Arduino 並可實作出一個嵌入式小型的 Web Server，PINK 網路模組如圖 2(b)所示。其功能有嵌入式 Web 伺服器、支援 FTP 檔案傳輸、支援 DHCP 和靜態 IP 支持、Telnet 連接埠、發送電子郵件、密碼保護的配置和用戶選擇的網頁、10/100 BASE-T 乙太網路 RJ45 接頭、Flash 可存儲 100 個預設變數。

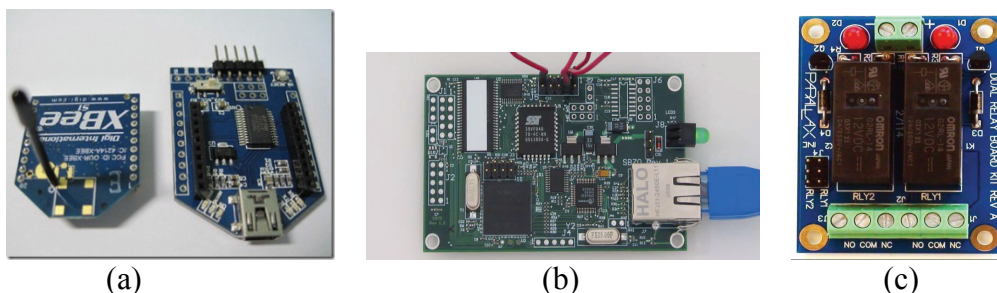


圖2 系統使用元件：(a) XBee無線感測網路模組 (b) PINK網路模組 (c) 雙繼電器模組

3. 雙繼電器模組：繼電器可用於作為燈或風扇等設備的開/關，同時隔離微控制器與其他電器。本系統使用的雙繼電器模組可以控制兩個大功率設備。每個獨立繼電器的控制是通過提供一個 2x3pin 腳，LED 用來指示繼電器的狀態，圖 2(c)所示為雙繼電器模組。

二、系統設計

系統設計分為三個子系統，包括 Web Server 子系統、Arduino 智慧監控子系統及 Arduino Client 子系統，分別說明如下：

1. Web Server 子系統: 使用 PINK 網路伺服器模組實作一嵌入式 Web Server，並透過網路介面，讓使用者可利用手機或電腦經有線或無線網路，遠端控制家電的動作。
2. Arduino 智慧監控子系統: 藉由讀取 Web Server 子系統內的控制變數，Arduino 可判斷要對週邊下達的動作命令，最後再利用 ZigBee 無線發送命令以控制致動器的動作，即可控制 Arduino Client 系統，發送訊號到控制室內的家電作開啓或者關閉。
3. Arduino Client 子系統: Arduino 為可獨立運作之單晶片套件，其可搭配使用的感測器及致動器。本系統將利用無線 Arduino 模組接收後端傳來的控制訊號，以控制室內的家電作開啓或者關閉。此外，藉由 Client 子系統上的感測器，亦可自動控制家電週邊的開關，同時將感測資訊傳回後端，以做為決策的依據。

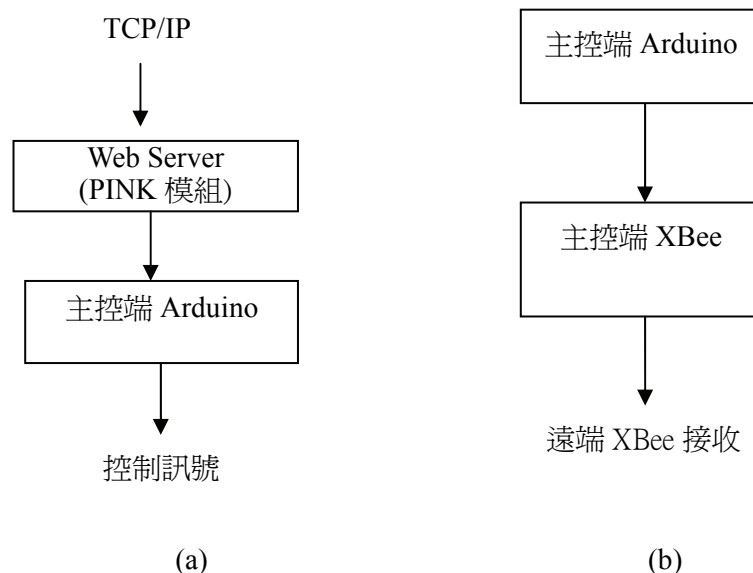


圖 3：(a) Web Server 網路模組流程 (b) Arduino 主控端模組流程圖

三、系統流程

本系統實作之系統設計模組包括有 Web Server 網路模組、Arduino 主控端模組、門禁

模組、燈光模組及風扇模組，說明如下。

1. 網路模組主要功能為自網路(TCP/IP)取得使用之命令，將控制訊號經由 Arduino 主控端模組送出，流程如圖 3(a)所示。
2. Arduino 主控端模組包含 Arduino 與 XBee，運作原理為：首先 Arduino 接收自 Web Server 之訊號後，判斷並將控制家電之命令，經由 XBee 無線模組傳送到 Arduino Client 端，流程如圖 3(b)所示。
3. 燈光系統功能有兩種控制方式，一種為手動模式，為由使用者手動控制燈光的開關；另一種則為自動情境控制模式，依據模組上的光感測器測得的亮度值，決定燈光的明暗，並可進一步的進行多段的明亮度設定。

肆、系統實作

一、實驗方法與硬體配置

本系統實作之硬體配置如圖 4 所示，完成之功能模組包括有 Web Server 網路模組、Arduino 主控端模組、門禁模組、燈光模組及風扇模組，各系統實作硬體模組如圖 5 所示：

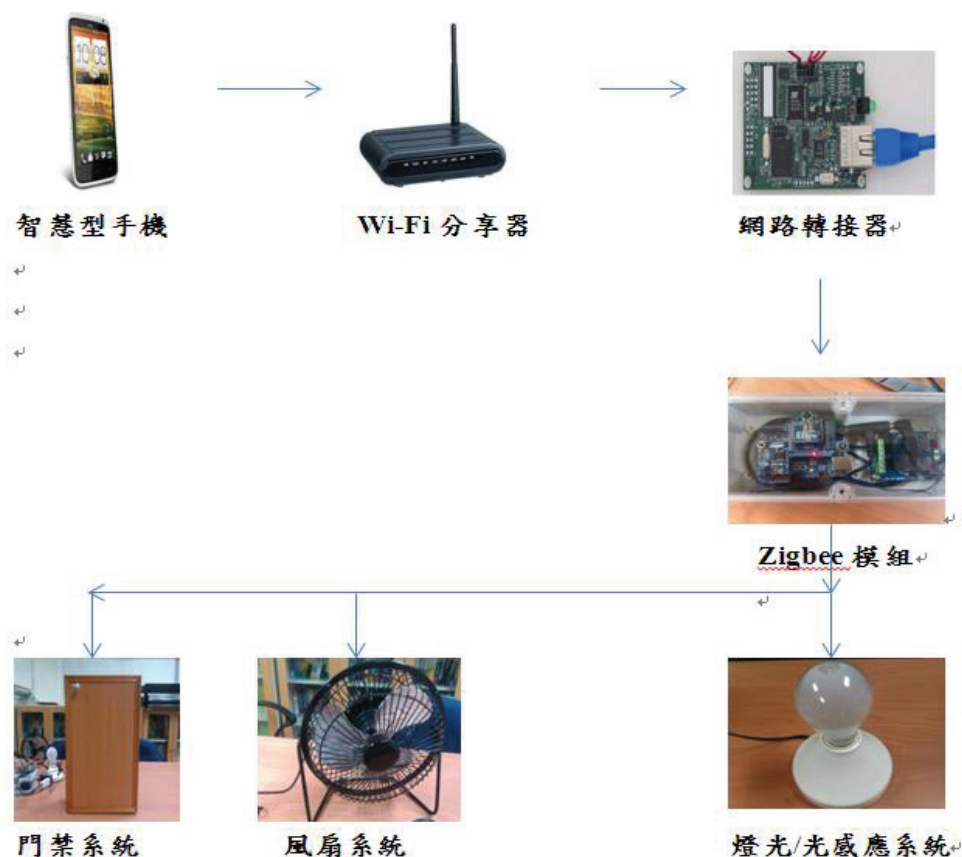
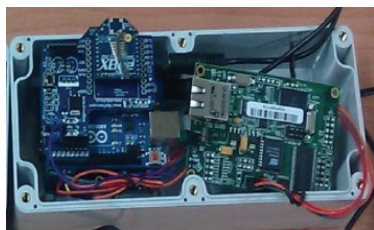


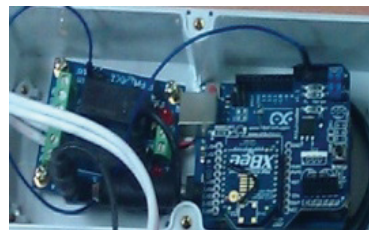
圖 4 實作之硬體配置圖

1. Arduino 主監控模組，包含 Arduino 與 XBee 模組，作為主要監控之用，實作成品如圖 5(a) 所示。X-CTU 是 XBee 模組官方發佈的設定軟體，使用 X-CTU 之前，先將 USB 連接板接上 XBee 模組，並且將 USB 連接器接上電腦，然後啟動 X-CTU 軟體，它應該會顯示 USB 連接埠的名稱，接著確認 comport Baudrate(預設 9600)，完成設定。
2. PINK 網路模組可提供透過儲存在網路伺服器上的變數控制 ZigBee/Arduino 模組，實作成品如圖 5(a) 所示。在乙太網網路上的每個設備都需要一個 IP 位址。PINK 網路模組支援動態主機配置協定(DHCP)和靜態 IP 位址。
3. 門禁模組是利用 ZigBee 接收命令後，透過 Arduino 模組控制門的開關，實作如圖 5(b) 所示。
4. 情境燈/光感模組是利用 ZigBee 接收命令後，透過 Arduino 模組燈光，同時裝有感測器可自動依情境亮度來控制燈光的明暗，實作如圖 5(c) 所示。
5. 風扇模組是透過網路訊號的控制風扇的開關，實作如圖 5(d) 所示。

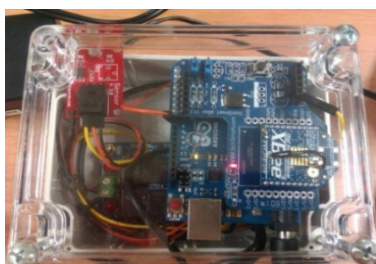
本系統實作一個後端管理系統與 Android App，讓使用者可利用 PC 或手機連線至 WebServer，再經由主控端 ZigBee 以無線方式發送控制訊號給受控端之 ZigBee，藉此完成家電設備之控制。實作之控制端使用者介面如圖 6 所示。



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 5 系統實作硬體：(a) Arduino 主監控模組(左) 與 Web Server 網路模組(右) (b)門禁控制模組 (c)情境燈控制模組 (d)風扇控制模組

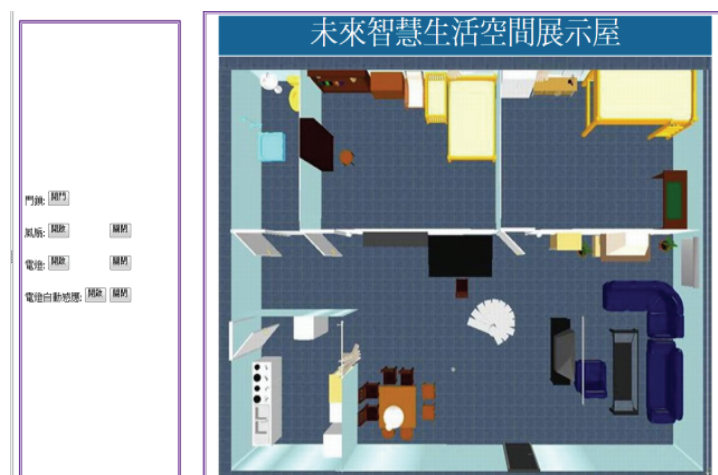


圖 6 控制端畫面

伍、 結論

本系統藉由手機的遠端控制室內家電，讓我們能在手持著智慧型手機，就能夠直接控制室內家電。我們使用 Arduino 和 ZigBee 技術，可以使用手機或電腦透過網路來控制家電，這樣一來人，不在家裡時就可以用手機來開關家電。

另一方面，因為可以增加使用者的便利性以及省下使用者的時間，由於智慧型手機的持有者的普遍度大增，以至於往後只要是內加裝 ZigBee 模組，加上本程式，即可遠端操作室內家電。

本系統還可以延伸操作其他家電，加裝冷氣、調節冷氣的溫度高低，窗簾則可以做開關的動作，讓使用者生活更方便。由此，本研究具有作為進一步延伸應用實作的基礎技術。

陸、References

- [1] Robert Faludi 原著，林義翔、士達譯，建置無線感測網路，碁峰，民國 101 年。
- [2] 小林茂著、許郁文譯，Prototyping Lab「邊做邊學」，Arduino 的運用實例，馥林文化，2012
- [3] 李俊賢，ZIGBEE 技術規格與測試方案之發展，電腦與通訊期刊，第 119 期，2007。
- [4] 孫棣譯，ZigBee 開發手冊，全華，民國 98 年。
- [5] 孫駿榮、吳明展、盧聰勇著，最簡單的互動設計-Arduino 一試就上手 2/e，碁峰，2012

- [6] 梅克·施密特(Maik Schmidt)著、曾吉弘譯，Arduino 快速上手指南，馥林文化，2012
- [7] 盛暘科技，FT-6260 高功率 ZIGBEE MESH 快速開發套件使用手冊 R1.3，2009。
- [8] 陳光雄著，體感創作 DNA ——「想」與「做」間的拔河與結合，藍海文化，2011
- [9] 陳世興，Google 雲端技術— Maps、Android、App Engine CloudSQL 與電子商務 API 實務，全華，2012
- [10] 陳柏皓，基於 UPNP 與 ZIGBEE 的家庭自動化系統設計與實作，碩士論文，國立台北科技大學自動化科技研究所，2008。
- [11] 黃鴻翔，支援跳頻之 IEEE 802.15.4 ZIGBEE 無線隨身網路機制設計與實現，國立中央大學通訊工程研究所碩士論文，2007。
- [12] 曾煜棋、潘孟鉉、林致宇，無線區域及個人網路：隨意及感測器網路之技術與應用，基峰，2011
- [13] 傅子恆，ZIGBEE 技術縱橫(上)，新通訊期刊，第 80 期，2007。
- [14] 楊群期，寬頻無線網路於遠距居家照護之研究，碩士論文，國立東華大學資訊工程學系，花蓮縣，民國 97 年。
- [15] 瑞晶資訊，ZIGBEE PRO 教學實驗平台及實驗手冊，2009。
- [16] G. J. Pottie and W.J. Kaiser, Wireless Integrated Network Sensors, Communication of the ACM, Vol.43, No.3, pp. 121-133, 2001.
- [17] G. S. Ahn, A. T. Campbell, A. Veres, and L.H. Sun. "SWAN: Service Differentiation in Stateless Wireless Ad Hoc Networks," In Proc. IEEE INFOCOM'2002, June 2002.
- [18] T. Hea, J. A Stankovic, C. Lu, and T. Abdelzaher, "SPEED: a stateless protocol for real-time communication in sensor networks," in Proc. IEEE International Conference on Distributed Computing Systems, pp. 46-55, May 2003.
- [19] V. Raghunathan, C. Schurgers, S. Park, and M. B. Srivastava. Energy-Aware Wireless Microsensor Networks. IEEE Signal Processing Magazine, 19: 40–50, 2002.