



無線網路智慧居家監控

修平技術學院 電機系

摘要

近年來資訊化建築與智慧型家庭自動化科技蓬勃發展，在此新興科技領域中，無線感測網路(Zigbee)、無線射頻身份辨識(RFID)等技術，大量應用在智慧型家庭。在這些網路監控系統中，需要搭配大量的單晶片微控制器，做為感測與驅動的控制端點元件。因此選用適合的微控制器，整合到系統中，使其功能效用最大化，是此領域發展重要課題之一。盛群半導體公司的HT-46系列8位元單晶片具高抗雜訊，低功率耗電、價格便宜、嵌入式控制介面等功能特性，廣泛應用在一般消費電子、資訊家電上，很適合運用在智慧型家庭自動化科技。本作品將使用HT46F49E/HT46R24微控制器，整合單晶片技術、Zigbee技術、建構一個Web-Base的無線感測網路監控系統，應用在智慧型家庭自動化上。系統功能包括：智慧型居家照明設備、溫濕空調設備、防災保全設備的監控，確保居家安全與維持良好家庭環境。本作品採用線上燒錄功能晶片-HT46F49E，將可提供更方便的系統維護與韌體修改需求。此外，監控系統採用PHP程式撰寫的Web-Base人機界面執行遠端監控，只要利用網際網路與無線行動上網裝置，隨時掌握家庭的狀況。

關鍵字：無線感測網路(Zigbee)、Web-Base 監控系統、智慧型家庭。

1. 前言

1.1 動機與背景：

科技的發展與進步，最重要的目的是，提供人類一個舒適與便利的生活與居住環境，此外還能顧及環保生態，達到人類永續生存與發展的目標。近年來資訊化建築與智慧型家庭自動化科技蓬勃發展，在此新興科技領域中，最新的無線感測網路-Zigbee、無線射頻身份辨識-RFID等技術，大量應用在智慧型家庭。在這些監控網路系統中，需要使用到大量的單晶片微控制器，做為感測與驅動的控制端點元件。因此選用適合的單晶片微控制器，應用到此系統中，亦是此領域發展重要課題之一。

盛群半導體公司的HT-46系列8位元單晶片具高抗雜訊，低功率耗電、價格便宜、嵌入式控制介面等功能特性，廣泛應用在一般消費電子、資訊家電上，很適合運用在智慧型家庭自動化科技。HT-46系列單晶片微控制器應用在網路監控上，本系學長在第二屆盛群杯的參賽得獎作品-“**HOLTEK 晶片在網路監控的整合應用**”，使用HT-46晶片建立RS-485網路，已經累積許多實務經驗。本屆我們的參賽作品中，藉由此一經驗技術，進一步擴充到Zigbee無線感測網路，並建構一個Web-Base的網際網路無線感測監控，應用在智慧型家庭自動化上。

1.2 作品簡介：

本作品使用多顆HT46F49E具有線上燒錄功能(ISP)的8位元微控制器，結合Zigbee無線感測網路技術(IEEE 802.15.4標準)，與Web-Base網際網路監控，建構一套智慧居家監控系統。作品結構如圖1，功能說明如下：

- (1) HT46F49E微控制器的I/O控制埠可驅動燈光、家電、空調、門禁等設備數位開關；微控制器內建10位元的ADC功能用來擷取溫度、濕度、CO₂等類比訊號，做為感測與驅動的控制端點元件。
- (2) HT46F49E晶片透過Zigbee模組與其他監控設備做網路連線。在Zigbee網路上，我們建立一套簡易的通訊協定，讓每一個HT46晶片的監控訊號狀態，可相互的傳達與連繫，達到無線網路監控的目的。例如，使用HT46晶片製作的Zigbee搖控器，無線搖控與設定任何燈光、家電、門窗、空調設備。
- (3) 透過Zigbee基地台可將網路連接到具有Web-Base監控能力的PC電腦伺服機(Apache網站)，透過PHP程式與MySQL的資料庫存取，提供網際網路遠端監控服務功能。例如，可提供警察局或保全單位做家庭安全監控。外出的家人也可透過行動裝置(如手機、筆記型電腦或PDA)，直接連接回家中，隨時掌握或設定家庭監控系統。

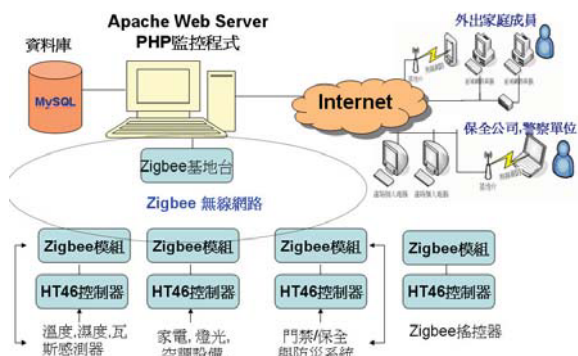


圖 1:作品功能架構圖

1.3 作品特色/創新與實用法：

本作品採用盛群半導體公司最新推出可線上燒錄的 HT46F49E 晶片，整合 Zigbee 無線感測技術與 Web-Base 網路監控功能，提供智慧型家庭自動化的一套具體無線監控方案。作品創新與特色，說明如下：

- (1) HT46F49E 具有線上燒錄功能微控制器，應用在 Zigbee 網路上，提供晶片韌體即時便捷的修改與維護，例如監控方式改變或網路通訊協定修正，都可直接下載更新韌體程式。
- (2) 使用 HOLTEK 微控制器做為感測與驅動的控制端點元件，應用在資訊家電、消費電子裝置上，可透過程式的撰寫，做智慧型環境溫濕度、照明、門禁保全監控，充份發揮嵌入式晶片的功能特性。
- (3) 使用 Zigbee 搖控器，取代傳統紅外線搖控器，可同時控制多個家電裝置。網路型的搖控範圍擴大，雙向式的通訊型態，大幅提昇家電與保全監控功能。
- (4) 採用 Web-Base 監控方式，讓家裡外家庭人員，警察局或保全公司，利用網際網路與無線行動上網裝置，隨時掌握家庭安全與智慧型監控的狀況。此外，使用 PHP 網路監控程式，可以很容易移植到 Linux 系統上。由於 PHP 監控程式可架設在免費的 Linux 平台，而且目前為產業界廣泛使用。

2. 工作原理

2.1 無線感測-Zigbee 原理

ZigBee 是一種家庭區域網路，為取代不斷增加的獨立遙控器而設計。當初建構 ZigBee 是為了滿足市場對支援低資料速率、低功耗、安全可靠的基於標準的低成本無線網路的需求。為滿足此一需求，ZigBee 聯盟在 IEEE 802.15.4 無線標準之上開發了標準化的應用軟體。該聯盟與 IEEE 密切合作以保證為市場提供一個整合的、完整的和可互操作的網路。圖 2 顯示 Zigbee 通訊協定層級上的分工圖。ZigBee 通訊的最

底兩層：PHY、MAC 是以 IEEE 規範為基礎，業者所結合成立的 ZigBee 聯盟則負責規範測試，最高層的應用則由各開發設計業者自由發揮。

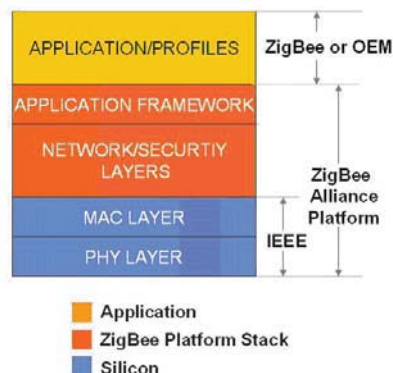


圖 2:Zigbee 通訊協定分工圖
(資料來源／ZigBee.org)

ZigBee 的網路拓模型態(Topology)如圖 3。一般大多數的無線網路都只採行 Star(星狀、放射狀)方式，而 ZigBee 則較為靈活，除 Star 狀外也可用 Peer-to-Peer(成對配接，如電視配電視遙控器、冷氣配冷氣遙控器，互無關連)的方式，不過 Star、Peer-to-Peer 是使用、應用層面的邏輯拓模，而更底層的實際溝通、聯繫運作的拓模則允許用各種複雜且多樣變化的連接，如 Cluster Tree(叢串樹狀)、Cluster Star(叢串星狀)、Mesh(雜網狀)、Hybrid(雜混狀)。ZigBee 網路最多可支援 65000 個節點，也就是說每個 ZigBee 節點可以與數萬節點相連接。

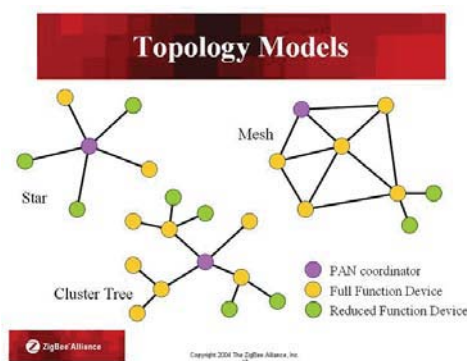


圖 3:Zigbee 網路拓模(資料來源／ZigBee.org)

2.2 Zigbee 模組元件

本作品採用 MaxStream 公司出品符合 802.15.4 規範的 Zigbee 模組元件- XBee。此一元件的操作頻率在 2.4G 頻段模組，1mw 的傳輸功率，傳輸範圍在室內 30m，室外 100m。20Pin 的 IC 接腳，可透過串列方式與 HT46 晶片進行資料與指令的傳輸。

2.3 系統作業原理

本作品的作業原理可區分為：感測與驅動監控層(HT46 晶片)、監控網路層 (Zigbee 網路)、Web-Base (Apache-PHP)三層級，圖 4 顯示作業流程說明如下：

- (1) 感測與驅動監控層：使用 HT46 微控制器的 I/O 介面與內建的在類比訊號 A/D 通道，配合感測與驅動元件，直接擷取居家環境狀態，或驅動控制接點。例如讀取環境溫度、濕度、瓦斯...，或是啟動或關閉家電、燈光、警報器開關。監控端點的狀態與擷取的資料，可暫時儲存在微控制器的記憶體緩衝區中，等待上一層 Zigbee 網路的指示，上傳資料，或執行上層監控系統的指令動作。
- (2) Zigbee 監控網路：每一個 HT46 微控制器皆配置 Zigbee 的 RF 無線發射與接收模組，加入 Zigbee 監控網路系統。透過網路通訊協定的制訂，整合系統的每個監控端點，包括單晶片或可獨立作業的 Zigbee 搖控器，以及可連線到上一層的 PC 電腦伺服主機端。在 Zigbee 無線網路中，我們採用主僕式 (Client-Server) 控制模式，由監控網路上層做主機端，每個具有獨立的位址的單晶片作為客戶端，主機傳來的位址與指令訊號，採中斷方式傳送到每個單晶片節點，只有符合位址的單晶片裝置才會執行主機下達的指令。
- (3) Web-Base 監控系統 (Apache-PHP)：在 Zigbee 網路的一個節點，透過串列通訊埠，連接到 PC 電腦伺服主機上。在此電腦我們架設 Apache 網站，並使用 PHP 程式的 Direct IO Functions，可直接讀寫 RS-232 串列通訊埠。執行 Zigbee 網路監控工作，並使用 MySQL 資料庫記錄監控資料，並提供遠端行動裝置的監控與查詢。

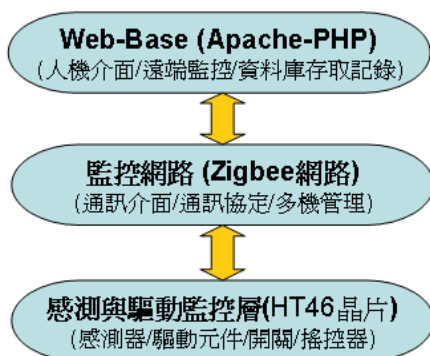


圖 4:系統作業原理

2.4 Holtek 微控制器的核心功能

HT46 晶片為 8 位元 RSIC 晶片，具高抗雜訊，低功率耗電，價格便宜、嵌入多元化功能介面，目前已廣泛應用在資訊家電與消費電子

裝置上。本作品即用利用 Holtek 微控制器的此一優勢，加入 Zigbee 無線感測網路功能，讓微控制器的特色充份發揮。例如，無線感測監控的實務應用上，類比訊號的擷取是重要功能需求，例如溫/濕度的感測與監控，一般微控制器需要用到大量的接腳與轉換電路，才能達到此一功能。本系統即使用 HT46 內建的 8 通道 10 位元的 ADC 功能，可簡化電路，提供更方便的功能服務。此外，HT46 內建的 PWM 功能，還可以做調光控制，提供智慧家庭的燈光照明調整使用。

本作品嘗試採用 HT46F49E 微控制器提供的線上燒錄功能(ISP)，利用此一功能可即時線上修改單晶片韌體程式與網路通訊協定。方便系統維修，或移植到任何其它的 Zigbee 無線感測監控系統上。

3. 作品結構

本作品的系統結構有硬體電路、Zigbee 網路通訊協定、展示用模型屋、軟體程式等四個部份。分別說明如下。

3.1 硬體電路部分

本作品的硬體電路包括 HT46F49E 晶片線上燒錄電路、Zigbee 無線發射接收模組電路、與控制電路、Zigbee 搖控器電路，Zigbee 基地台電路，分別說明如下：

- (1) HT46F49E 晶片線上燒錄電路：線上燒錄功能所需要的 5 隻接腳設為多功接腳，在燒錄完成後，PA0/PA4 腳可用指撥開關切換成一般的 I/O 接腳，如圖 5 下所示。
- (2) Zigbee 無線發射接收模組電路：使用 HT46F49E 的 PA6、PA7 腳連接 Xbee 模組的 Rx、Tx 腳，PA5(INT)中斷觸發腳並接在接收腳，如圖 6。這種電路配置方式，讓 Zigbee 網路傳入的訊息以中斷方式讀取。
- (3) 感測與驅動介面電路：HT46F49E 晶片的所有 I/O 接腳連接排針，如圖 5 左側所示。在使用排線連接到家電、燈光，空調開關控制，以及擷取環境溫度、濕度、瓦斯...等類比訊號的感測與驅動介面電路上。
- (4) Zigbee 搖控器電路：Zigbee 無線發射接收模組電路再配置 LCD 液晶顯示器與 4x4 鍵盤，就可做成 Zigbee 搖控器的輸出入裝置。LCD 資料埠採用四位元的傳輸方式，以節省 HT46F49E 晶片的 I/O 埠腳位。
- (5) Zigbee 基地台電路：在 Zigbee 無線發射接收模組電路上配置 RS-232/RS485 串列通訊傳輸介面，就可將 Zigbee 網路延伸到 PC 電腦伺服機(乙太網路、無線網路與網際網路)，以及 RS485 網路上。

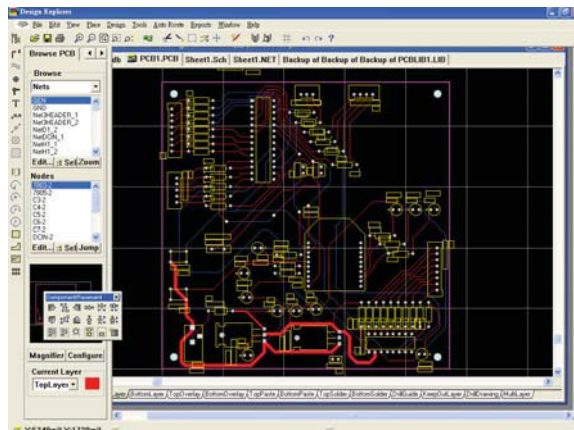
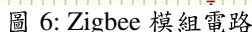
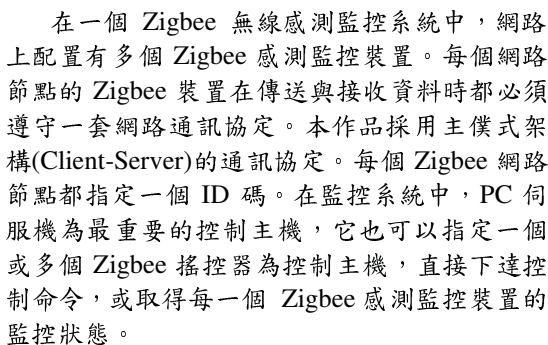


圖 7:使用 Protel 洗製 Zigbee 感測監控裝置電路

圖 5: HT46F49E 晶片的線上燒錄功能電路



由 HT46F49E 晶片線上燒錄電路，Zigbee 無線發射接收模組電路，與感測與驅動介面電路組合而成的 Zigbee 感測監控裝置，是 Zigbee 感測網路節點上所需配置的基本裝置。由於本作所需的數量不止一個，因此我們使用 Protel 做電路設計與佈線，整合成一塊電路板，並大量洗製，以提供作品在系統配置與做整合測試的需求使用，如圖 7。



當系統啟動時，主機立即掃描系統中的每一個 Zigbee 感測監控裝置並要求回報狀態。若節點處於正常運作狀態，主機隨時可下達指令(功能碼)，指定該一節點執行動作，然後處理資料或傳回資料，單一動作結束後，即傳送結束碼恢復等待狀態並檢查狀態。傳送的資料封包格式，以及本作品四個 Zigbee 感測監控裝置的裝置碼與功能如表 1：

起始碼	裝置識別	功能碼	資料碼	結束碼	檢查碼
STX	ID	FunCode	Data1,Data2...	EXT	SUM

裝置碼	介面裝置	介面功能
0x30	ZigBee +I/O +ISP	Zigbee 控制器，控制 I/O 接點 控制家電開關、門窗窗簾，燈光控制
0x40	ZigBee +I/O +ADC +ISP	Zigbee 控制器，控制 I/O 與 ADC 介面 溫度、濕度、CO ₂ 、空調開關
0x50	I/O+ADC +ZigBee	Zigbee 控制器，控制 I/O 接點
0x60	LCD+KB44 +ZigBee	Zigbee 搖控器，可控制多個 Zigbee 裝置 顯示監控狀態，下達控制指令

表 1: Zigbee 感測監控裝置與功能碼

受控的 Zigbee 感測監控裝置除了定時擷取資料存放在記憶緩衝區外，並等待主機下達指令。當確認主機呼叫本裝置時，立即提取功能碼與相關參數(資料碼)，執行指定動作，並回報執行結果。

3.3 展示用模型屋

為了測試與展示本作品的功能特性，我們特別製作了一展示用模型屋，如圖 8。模型屋中配置三個 Zigbee 感測監控裝置，連接到 Zigbee 無線感測網路。監控的設備包括門禁控制、溫濕度監控、照明設備、家電控制、防災保全等。透過此一模型屋，我們可以進行智慧家庭自動化遠端監控的系統整合測試與功能展示。



圖 8: 展示用模型屋

3.4 軟體程式

本作品 HT46 微控制器使用 HT-IDE3000 開發工具撰寫 Holtek C 語言程式。單晶片程式依電路與功能特性區分為兩下列兩個主要程式：

- (1) Zigbee 感測監控裝置程式：程式啟動後，設定串列通訊中斷，並進入單機監控狀態，採輪詢方式讀取 I/O 埠與 ADC 通道，存放在資料緩衝區。由溫度濕度與光度等讀取資料，適時利用冷氣風扇、窗簾等開關，自動調節溫度與照明，達到智慧居家環境的監控目標。程式利用串列通訊傳輸與 Zigbee 網路連繫。當觸動警報時，採最優先回報。當中斷發生，確定網路主機呼叫本裝置，立即提取功能碼，執行指定動作，並回報執行結果。Zigbee 感測監控裝置程式流程如圖 9。
- (2) Zigbee 搖控器程式：啟動串列通訊中斷、LCD 顯示器，掃描鍵盤輸入資料。使用者可透過鍵盤輸入下達指令，透過串列傳輸到指定的 Zigbee 感測監控裝置，改變監控狀態，或是要求回傳感測狀態，如溫度、濕度、開關狀態...等等資料，並顯示在 LCD 上。Zigbee 搖控器程式流程如圖 10。

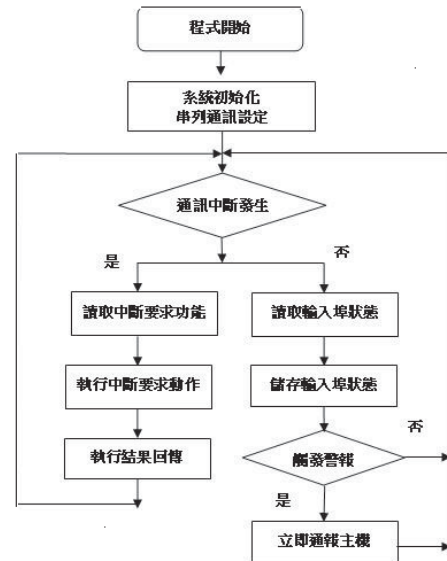


圖 9: Zigbee 感測監控裝置程式流程圖

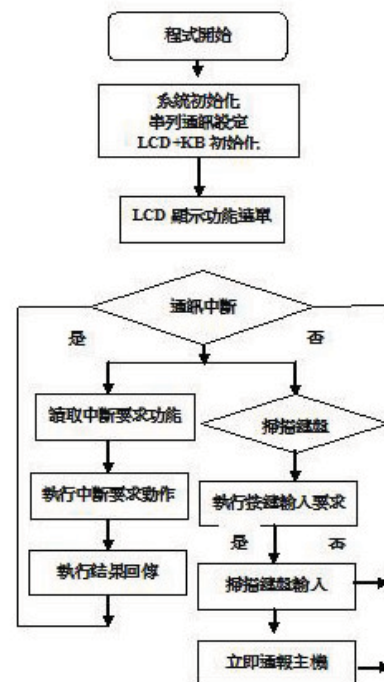


圖 10: Zigbee 搖控器程式流程圖

PC 電腦伺服主機端，我們使用兩套方式撰寫網路監控程式。第一種較簡單的方式是在 Windows XP 作業平台上，使用 VB6.0 程式，透過讀寫串列通訊(RS-232)，對 Zigbee 無線網路上，其中一個 Zigbee 感測監控裝置下達監控指令，並要求回傳監控狀態。我們透過 VB6.0 提供的圖形物件，將展示模型屋的圖面配置，製作圖形監控的人機介面程式，方便監控者進行網路監控。由於這種方式電腦只能單機操作，如果要透過網際網路做遠端監控，必須另行架設網站，撰寫 Web-Base 監控程式。



建立 Web-Base 監控方式，首先必須在 PC 監控電腦上架設網站，並使用撰寫網頁監控程式，提供監控人員在遠端電腦或行動裝置使用網頁瀏覽器直接監控系統。在 Windows XP 平台上，以往通常採用 IIS 架設網站，再使用 ASP 撰寫網際網路監控程式，透過 ADO 資料庫與 VB6.0 圖形監控程式之間的資料交換，達到遠端監控的目的。本作品為了符合目前業界實際需求，並進一步提昇電腦伺服機監控程式的效能，我們改採 PHP 程式。首先在 PC 上架設 Apache 網站(Windows XP 或 Linux 平台皆可)，使用 Dreamweaver 製作網頁型人機介面。使用 PHP 撰寫監控程式，RS232 串列埠的讀寫，採用 PHP 的 direct I/O。使用 MySQL 資料庫記錄並提供資料查尋。

4. 測試方法

本作品在規劃三階段的測試工作。第一階段測試所有的電路是否正常運作，第二階段做 Zigbee 無線網路傳輸測試，第三階段結合電路、模型屋、Zigbee 無線網路與 Web-Base 網路遠端監控，進行系統整合測試。測試的方法與結果分別說明如下。

4.1 電路板測試

Zigbee 感測監控裝置電路板製作完成後，首先進行 HT46F49E 的線上燒錄(ISP)、基本 I/O 的功能測試、ADC 擷取類比訊號功能。結果單晶片程式很順利的燒錄到晶片上，基本 I/O 也都正常動作。規劃為 AD 輸入的 PB 埠也都順利讀取到溫度、濕度感測器訊號。Zigbee 搖控器電路的測試包括 LCD 顯示功能與鍵盤輸入功能。測試結果 LCD 可正常顯示，鍵盤輸入動作正常。

4.2 Zigbee 無線網路測試

Zigbee 無線網路首先進行 Zigbee 感測監控裝置與 PC 主機之間的單機發射與接收測試。在實際測試過程中，我們發現 Zigbee 模組的 Data Sheet 的資料有錯，經過一番測試，後來將第 5 腳的 Reset 與第 6 腳的 RSSI 對調後，才能正確動作。由於 HT46F49E 並無提供串列通訊功能，我們使用孕龍公司提供 LAP-16128U 邏輯分析儀，經過幾天的測試，最後終於測試成功。

接著我們進行 Zigbee 搖控器與 Zigbee 感測監控裝置的無線傳輸測試。Zigbee 搖控器透過鍵盤的輸入發出指令，Zigbee 感測監控裝置收到指令後執行動作，並將結果回傳到 Zigbee 搖控器，顯示在 LCD 上。測試結果皆能正常動作。

在多機測試時，PC 主機能識別 Zigbee 網路每個感測監控裝置，透過裝置識別碼，對不同兩個 Zigbee 感測監控裝置下達指令，並能正確回傳監控訊息。

4.3 監控系統整合測試

Zigbee 感測監控裝置連接到模型屋，Zigbee 網路也配置完成後，系統啟動，進行下列各項功能測試：

- (1) PC 電腦主機基本監控：使用 PC 電腦主機透過 Zigbee 網路，對模型屋的燈光照明、家電開關進行遠端搖控。模型屋目前的房間溫度、濕度、門窗與家電開關狀態，透過 Zigbee 網路傳回 PC 電腦主機，並顯示在圖形監控程式視窗上。
- (2) Zigbee 搖控器監控：使用 Zigbee 搖控器遠端搖控模型屋的燈光照明、家電開關。模型屋目前的房間溫度、濕度、氣體、門窗與家電開關狀態，透過 Zigbee 網路傳回 Zigbee 搖控器，並顯示在 LCD 上。
- (3) 智慧居家環境監控：使用 PC 電腦主機或 Zigbee 搖控器，設定最舒適溫/濕/光度範圍後，當設定範圍超出設定，自動啟動冷氣、窗簾開關，將溫/濕/照明調整回原設定範圍。
- (4) PC 電腦主機保全監控：PC 電腦主機或 Zigbee 搖控器，下達啟動保全後，門窗狀態、或氣體感測異常，發出警報，傳回 PC 電腦主機或 Zigbee 搖控器。
- (5) Web-Base 網際網路遠端監控：使用筆記型電腦與 PDA 行動裝置，透過網際網路與無線網路，連接到 PC 電腦伺服主機，前(1)、(3)、(4)項的功能測試，以確認網際網路遠端監控 Zigbee 無線感測網路，可達到正常動作與預期功能。

5. 參考文獻

- [1] Mikhail Galeev, “採用 Zigbee 建立家庭網路”，電子工程專輯，2005/07/11
- [2] 郭長祐, “ZigBee 無線技術新趨勢”, EE Watch 2008/03/10
- [3] 王暑衛, “滿足嵌入系統小型化及高整合度需求, 高速 8 位元網路 MCU 興起”, 新電子科技雜誌第 246 期 2006 年九月號
- [4] Holtek Semiconductor Inc., “HT46F46E/HT46F47E/HT46F48E/HT46F49E”, Data Sheet, 2008/04/21,
- [5] MaxStream, Inc., XBee/XBee- PRO 802.15.4 OEM RF Modules v1.xAx [2006.10.13]
- [6] 鍾啟仁著, “HT46 微控制器理論與實務寶典”, 全華科技, 台北市, 民國 95 年
- [7] 林振漢著, “8051 單晶片實作-使用 C 語言”, 博碩文化, 台北縣, 民國 94 年