

智慧型配電盤應用於無線感測器網路

陳永隆*

鄭晉丞

施孝助

楊國政

謝欣佑

臺中科技大學資訊工程系

ylchen66@nutc.
edu.tw

blackhorseya@gm
ail.com

s18013110@nutc.
edu.tw

s18013106@nutc.
edu.tw

s18013118@nutc.
edu.tw

摘要

本論文提供一種改良式配電盤，主要是架構在無熔絲開關內部電路上，當電路發生過載或短路時，無熔絲開關會自動跳脫，電流改由指示電路流經使燈泡發亮，以顯示過載或短路之位置點，在監控系統方面是利用單晶片當控制器，並使用無線感測器將訊號經由無線通道傳輸至個人電腦，而我們使用無線感測器模組為 ZigBee 無線傳輸模組或藍芽無線傳輸模組。搭配功率表讓使用者隨時可以查看負載消耗功率、轉換電費等等。並結合網路攝影機(webcam)傳輸即時影像至主機端顯示並儲存所有訊息於 MySQL 中，經由 PHP 網頁將資料顯示於網際網路中之遠端電腦與手機。進一步我們也結合太陽能板，供電至單晶片控制器，以達到節能的效果。

關鍵詞:改良式配電盤、wireless sensor networks、ZigBee、單晶片。

Abstract

This paper proposed a modified distributor system based on the internal circuit of no fuse breaker. The path of an electric current is overload or short circuit that no fuse breaker will disconnect automatically. Besides, the path of an electric current will be changed, let the bulb lights up so as to display The path of an electric current of overload or short. In the monitoring and control system, we use the microcontroller as controller that we also use wireless sensors to transport signal to personal computers through wireless channels. The wireless sensor is ZigBee wireless transmission module or Bluetooth wireless transmission module. With the power meter, users can check the load power consumption and electricity bills conversion. Furthermore, the real-time video are tramitted to the server by the internet webcam and save all information in MySQL. All information will

show on the remote computer and mobile devices through PHP web page. To save energy, we also use solar panels to provide power to the microcontroller system.

Keywords: modified distributor, wireless sensor networks, ZigBee, microcontroller.

1. 前言

傳統式的配電盤中，常見的無熔絲開關一般是用於控制各樓層、房間之電壓負載，若其中一個發生短路跳脫而停電時，因無法立即得知是哪一個配電盤之無熔絲開關跳脫，而必須逐一檢查並將造成過載或短路的原因排除，此問題若發生於一般住宅用戶中，其一個樓層頂多一至二個的配電盤，只要逐一檢查各樓層的配電盤短路原因，雖可解決問題點並恢復供電，但可能因黑暗造成一時疏忽稚齡兒童的安全而發生意外；若發生於大型工廠時，因配電盤數量龐大，要逐一檢查出問題點，是一件不容易的事，相當耗費時間、人力、物力，無效率可言，在講求效率與速度的工商社會，若無法快速排除停電的問題，將使企業的生產停擺過久，造成嚴重的損失。

本論文是在改良式配電盤這方面開發與研究。利用單晶片作為硬體系統的控制架構，使用繼電器之元件作為開關。當使用者發送繼電器動作之訊號時，經單晶片控制器判斷之後作出開關開啟或關閉之功能，例如使用者在室外時家中有電器忘記關，可以利用遠端控制將家中之電器關閉，並透過 webcam 即時影像取得最新電器使用狀況，即可避免不必要的浪費電，降低電器發生意外走火的疑慮。

在硬體控制系統方面，本文使用單晶片[3-4]來整合整個架構。是智慧型配電盤系統之監控方塊圖，其動作原理是以單晶片為控制器。個人電腦為輸入訊號，當輸入訊號透過 wireless sensor networks(WSNs)[10-11]將訊號經由無線通道傳輸至單晶片控制器，控制器判斷訊號後開啟繼電器負載通電，而此論文使用的器材為 ZigBee 無線傳輸模組[1-2] 或藍芽無

線傳輸模組[9]，達到節省線材及無線傳輸之功能。

軟體控制系統方面，除了顯示硬體目前狀態外，我們將控制負載與行動裝置結合，讓使用者亦可利用行動裝置應用程式，將控制負載、取得負載之使用狀況與 webcam 即時影像 [8]。

2. 智慧型配電盤系統設計

如圖 1 智慧型配電盤系統架構圖所示，智慧型配電盤系統設計內容有控制系統、無線傳輸、近端控制、遠端控制。當中控制系統包括太陽能綠能模組[5]、改良型配電盤、負載、單晶片控制器，主要是利用單晶片控制交直流電路；無線傳輸我們使用了 ZigBee 無線傳輸模組或藍芽無線傳輸模組，提供了多樣化的選擇，能使個人電腦與單晶片控制器之間的傳輸不受線材限制。近端控制使用個人電腦可以直接對單晶片進行控制，並將 webcam 即時影像透過網際網路傳輸至遠端電腦。進一步我們能利用遠端電腦，或是行動裝置進行遠端控制。

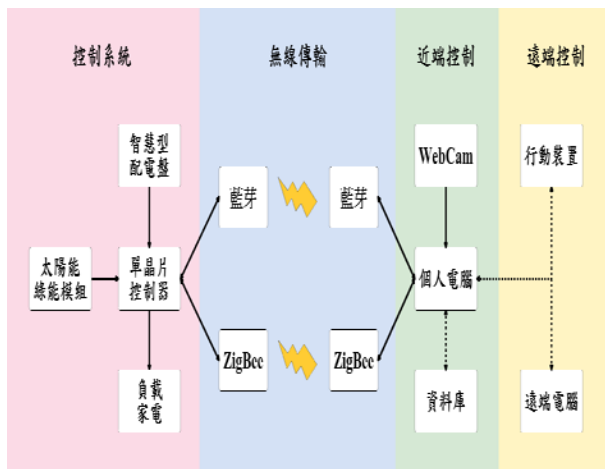


圖 1 智慧型配電盤系統架構圖

在室內，改良型配電盤如同交流電之配電系統，而太陽能綠能模組則是提供直流電之配電系統，我們將太陽能所產生出來的直流電供於單晶片控制器，如此一來單晶片控制器不需要再額外供電，在單晶片控制器上我們使用繼電器達到開關之功能，進而控制負載之動作；在室外，使用者可以使用行動裝置透過網際網路遠端控制家中之負載，更可利用 webcam 的即時影像查看多功能計量表，得知負載之使用功率、電費等，如圖 2 智慧型配電盤系統示意圖所示。



圖 2 智慧型配電盤系統示意圖

3. 控制系統

3.1. 太陽能綠能模組

隨著經濟持續發展及生活水準提高，對電力的需求也越來越重要，因大眾對環保意識提高，電力開發的困難度越來越困難，使得地球能源逐漸減少，因此再生能源的開發在今日受到重視。以台灣地區而言，天然能源十分缺乏，一切資源需仰賴進口，能源進口的成本常受到產地輸出國和世界局勢而有所浮動。目前較具可行性的再生能源有太陽能、風能和等，其他再生能源能具有開發價值的有地熱能和潮汐能等。根據上述分析，本論文採用太陽能充電板作為綠能之發電模組，如圖 3、4 所示。



圖 3 太陽能綠能模組之正面



圖 4 太陽能綠能模組之背面

太陽能綠能模組特點有下列三點:

1. 電壓電流雙顯示，同時也能切換顯示功率、充電容量和時間。
2. 靈活的線上校準功能，使用者可自行校準電壓電流值。
3. 方便易攜帶，簡單易操作。

太陽能板我們則是用功率:8 瓦特(W)、開路電壓:18 伏特(V)、短路電流:0.44 電流(A)、尺寸:300x300x36(±3)mm 的規格，太陽能充電時電流大約 0.3 安培(A)，如圖 5，輸出電流範圍:0~20 安培(A)，足以供電至單晶片控制器，得以讓單晶片控制器不需額外供電也能正常運作。



圖 5 太陽能充電電流 0.29 安培(A)

如因天候不佳使太陽能綠能模組無法正常充電，也可使用市電充電，市電充電電流大約 0.8 安培(A)，如圖 6，不會因外在的天候影響其正常運作。



圖 6 市電充電電流 0.78 安培(A)

二線制輸入電壓範圍:10 伏特(V)~90 伏特(V)。此太陽能綠能模組內嵌兩顆 LED 燈，一顆 LED 燈開啟時，輸出電流大約為 40 安培(A)，如圖 7，在故障維修時可以利用此 LED 來增加照明，也可外接单晶片控制器進一步進行控制，可達到遠端控制之效果。



圖 7 兩顆 LED 開啟時輸出電流 0.84 安培

此模組後方也結合了 VAM9020 電壓電流錶，如圖 8 所示，是一款能夠測量電壓、電流、功率、充電容量、時間等多種物理量的新型全數位電壓電流錶，該儀錶採用上下兩組 LED 數碼管同時顯示被測資料，使用中可以靈活切換顯示不同的物理量。因此本儀表非常適合於需要對輸出電壓電流進行監控，以極為電池充電和放電等應用場合，可測電壓 0~90 伏特(V)電流 0~20 安培(A)。



圖 8 VAM9020 電壓電流錶(左方為充電錶頭；右方為輸出錶頭)

3.2. 改良型配電盤

本論文是有關一種改良式配電盤，特別是指一種具有提示電路之無熔絲開關結構設計，其主要利用無熔絲開關之內部電路上，加以並聯上電阻及顯示燈泡便可形成開關跳脫之指示電路裝置，而該顯示燈泡之位置係設置於無熔絲開關之外殼表面及配電盤之面板表面以清楚顯示其通電狀態，當電路發生過載或短路，無熔絲開關跳脫時，電流改由指示電路流經使顯示燈泡發亮，人員可直接知道問題點所在之用途。右方我們使用萬方多功能計量插座/功率計 WF-D02B，讓使用者的電器設備提供接插轉換用電的同時，即時監測和紀錄電器設備的工作，使得使用者隨時隨地方便地了解電器設備的工作狀況(如工作電壓、轉換電費、工作時間、即時功率、使用電量、和工時等)。



圖 9 改良式配電盤

改良式配電盤中使用安全電流 15 安培(A)之無熔絲開關(NFB)，當無熔絲開關正常開啟

時，如圖 10，C、D 點導通所以綠色發光二極體會發亮，表示電路安全開啟；當無熔絲開關發生過載或短路時，A、B 點因為無熔絲開關而形成迴路，電流經由 C 點回到 A 點使得紅色發光二極體發亮，如此一來就可以清楚顯示其通電狀態。

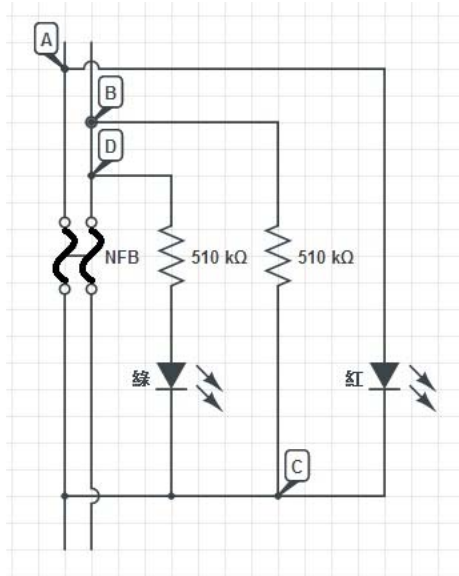


圖 10 配電盤之電路圖

傳統式的配電盤，常見的無熔絲開關係三種結構形式，一般均用於控制各樓層、房間之電壓負載，若其中一個發生短路跳脫而停電時，因無法立即得知哪一個配電盤之無熔絲開關線路跳脫，須逐一檢查並將發生過載或短路的原因排除，此問題若發生於一般住宅用戶中，其一個樓層頂多一至二個的配電盤，只要逐一檢查各樓層之配電盤短路原因，雖可解決問題點並恢復供電，但可能因黑暗造成一時疏忽稚齡兒童的安全而發生意外；若發生於大型工廠時，因配電盤數量龐大，要逐一檢查出問題點，是一件不容易的事，相當耗費時間、人力、物力，毫無效率可言。在講求效率與速度的工商社會，若無法快速排除停電的問題，將使企業本身之生產停擺過久，造成嚴重的損失。如何開發一種改良式配電盤結構設計，能使住宅或工廠皆有效且即時管理所有配電盤的狀況，當任何一個配電盤發生短路跳脫時，人員能立即得知問題點的所在並前往檢修，節省以往必須逐一檢查的時間。

3.3. 單晶片控制器

本系統使用 Nuvoton W78E052DPG 單晶片當控制器，如圖 11 所示。透過遠端控制發送

繼電器動作之訊號，藉由 ZigBee 無線傳輸模組傳入單晶片控制器，當單晶片控制器收到訊號後，使用 SimLab-8051 軟體撰寫組合語言，再將撰寫好的組合語言預先燒錄到單晶片裡，單晶片判斷收到之訊號，利用單晶片的 I/O 控制輸出訊號，使 5V 的電壓導向繼電器產生電磁效應，使繼電器閉合或釋放來達到開關之效果，並將繼電器目前的狀態再經由 ZigBee 無線傳輸模組傳回至個人電腦來監視目前之狀況。



圖 11 單晶片控制器

因為 W78E052DPG 開發之單晶片有多功能選項，燒錄系統方便且使用簡單，可以使用 RS232 與電腦做連結，有一組全雙工的 UART 及足夠的記憶體，所以我們決定選用 W78E052DPG，W78E052DPG 為 Nuvoton 公司推出的 C51 系列產品之一，接腳如圖 12 所示。

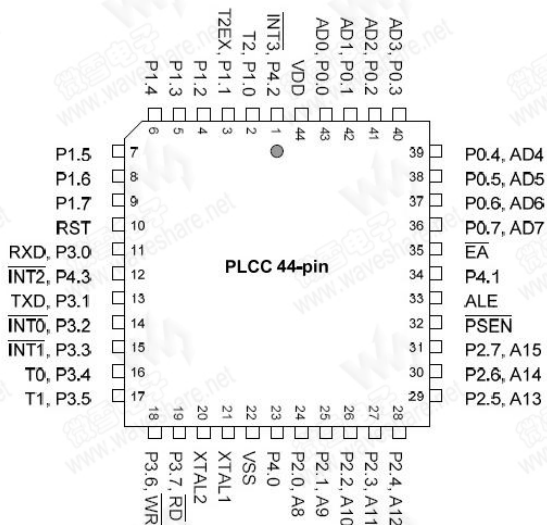


圖 12 W78E052DPG PLCC 44-pin 接腳圖

W78E052DPG PLCC 44-pin 主要規格如下:

1. 為一般控制應用的 8 位元單晶片。
2. 內部程式記憶體 (ROM) 為 8K 位元組。
3. 內部資料記憶體 (RAM) 為 256 位元組。
4. 封裝 44-pin PLCC。
5. 36 條雙向輸入輸出線，且每條皆可以單獨做 I/O 的控制。

4. 無線傳輸

4.1. ZigBee 無線傳輸模組

ZigBee 低耗電量並具無線資料傳輸的通訊模組。因此我們單晶片控制器與個人電腦之間是採用 ZigBee 無線通訊架構來進行雙向資料傳輸，ZigBee 是一種短距離、架構簡單、低消耗功率與低傳輸速率的無線通訊技術，其傳輸距離約為 100 公尺，並可達到雙向通信功能。ZigBee 標準主要是 IEEE 802.15.4 與 ZigBee Alliance 這兩個組織，分別制定硬體與軟體標準。在物理層 (PHY)、媒體儲存控制層 (MAC)、資料連結層 (Data Link) 等發展由 IEEE 主導，而 ZigBee Alliance 負責制定邏輯網路、資料傳輸加密機制、應用介面規範及各系統產品之間互通規範。ZigBee 的傳輸速率一般介於 20kbps ~ 250kbps 之間。

ZigBee 的拓樸方式分為三種[6]:

A. 星狀 (Star) 拓樸

星狀網路拓樸實際上是一個網路樞紐系統，在此系統中數據資訊量和網路命令通過中心節點 Master 節點傳輸。在星狀拓樸中，Master 作為網路協調器，負責協調全網的工作，其他的主控設備或附屬設備分布在其覆蓋範圍內，這些外圍節點需要直接通過無線與 Master 連接，因此，如果受到干擾或某一特定節點的失敗都會導致網路的可靠性降低。星狀網路拓樸最大的特點是簡單性。這種網路的控制和同步都比較簡單，所以適用於節點數量比較少的場合。

B. 網狀 (Mesh) 拓樸

端到端網路拓樸，也稱作 Mesh 網路拓樸，是一個容易適應外界環境的不規則的拓樸結構。Mesh 網路拓樸結構的網路具有強大的功能，可以通過“多跳”的方式來通信；該拓樸結構還可以組成極為複雜的網路 並且具備自組織、自恢復功能等等。Mesh 是高度無框架網路拓展部署的理想選擇。當這個拓展的假設被開啟及潛在的干擾源被預期，Mesh 拓樸是保證無線連接的可靠方式。尤其是當拓展的密

度中等或很高時，Mesh 網路拓樸的多餘空間可加入在整個網路中具相當大的設計空間和靈活性。

C. 樹狀 (Tree) 拓樸

在傳輸方式上，樹狀架構可以說是匯流排架構的另一種形式。樹狀架構中的任何二部電腦之間只有一條傳輸線連接，當資料進入任一個節點後，會向所有的分支傳遞 (除樂訊號進入的分支)。因此樹狀架也具有廣播傳送的特性。

我們使用的是高儀科技有限公司推出的 IP-Link 1223 基於 IEEE 802.15.4/ZigBee 技術的嵌入式無線模組，如圖 13 高儀 IP-Link 1223 模組。它包含一個高性能的 8-bit 8051 微處理器和一個符合 2.4GHz IEEE 802.15.4 標準的射頻收發器。IP-Link 1223 模組可以工作在 2.4GHz 全球通用的 Industrial Scientific Medical (ISM) 免付費頻段上，劃分為 16 個頻道，在該頻段上，數據傳輸速率為 250kb/s[8]。



圖 13 高儀 IP-Link 1223 模組

在設定我們用 IP-Link 簡易配置工具[7]是一款配置 IP-Link 系列模組的工具軟體，如圖 14 IP-Link 簡易配置工具。在一班配置中拓樸類型我們選用 Mesh 拓樸，如圖 15 一般配置頁面，然後我們使用透通模式，實現點對點的與格式無關的資料通訊，避免與其他設備干擾，如圖 16 透通模式頁面。



圖 14 IP-Link 簡易配置工具



圖 15 一般配置頁面



圖 16 透通模式頁面

4.2. 藍芽無線傳輸模組

藍芽(Bluetooth)傳輸是一種短距離無線通訊技術，具備低功率、高安全性、高穩定性、成本低及體積小的特性。藍芽技術工作在全球通用 2.4 GHz ISM，資料傳送數度最大可達 1 MB/s，並且可發送語音及數據資料。藍芽技術的優勢是全球統一的頻率設定，雖然 ISM 頻帶是對所有的無線電系統開放之頻段，但為避免無法預知的干擾源，藍芽傳輸特別設計跳頻技術以確保連結之穩定性，將 ISM 頻段切割成 79 個頻道以進行跳頻的程式，每一各頻寬為 1MHz，跳頻速率每秒 1600 次，藍芽採用 Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK)最高傳輸可達 721 Kbps[9]。

藍芽協定支援一對一及一對多的通訊。藍芽基本的網路組成是微型網路，其實是一種個人的區域網路。在一對多的連接方式中，多個藍芽裝置則共用同一條通道及頻寬。在微型網中有一個藍芽裝置扮演 Master，其餘的為 Slave，最多可容許 7 個活動(Active)狀態的 Slave 單元及 256 個處於休眠(PARK)狀態的 Slave 單元，對於通道存取都是由 Master 來進行控制。在本系統中，我們所用到的是 Slave 單元與 Master 單元是一對一的方式。

在本系統中我們所使用的是 Hotlife HL-MD08P-C2 遠距一對一型 10 公尺藍芽 RS232 轉換器，如圖 17。HL-MD08P-C2 能快速直接升級傳統 UART 成為無線藍芽傳輸，讓有線的 UART 設備簡單的轉換為藍芽無線傳輸。採 CSR BC04 藍芽 v2.1 版晶片。v2.1+EDR 技術可向下相容於 Bluetooth 1.x 以往所有藍芽規格。其傳輸率也為 Bluetooth 1.x 約 3 倍快。提高多功處理及多種藍芽設備同步運作的能力，配備新規格的設備可傳輸更大的數據檔案。低耗電量特點將延長新一代藍芽裝置的使用時間高達現行的兩倍。



圖 17 Hotlife HL-MD08P-C2

5. 近端控制

5.1. 個人電腦訊號處理

利用 Microsoft Visual Basic 6.0 導入 Microsoft Comm Control 6.0 元件，設定 comport 為 1、傳輸速率 9600、同位檢查 N、資料位元 8、停止位元 1，利用繼電器之按鈕，傳送訊號，訊號經由 ZigBee 通訊模組傳送至單晶片控制器，字串"0"繼電器全關，"1"~"5"分別控制繼電器編號"1"~"5"，單晶片判斷接收之訊號後，回傳"1"表示繼電器 ON；"0"表示繼電器 OFF，由 1 或 0 改變 VB 繼電器之狀態，如圖(b)，若未收到回傳值表示 comport 連線失敗，將顯示在網路連線狀態，如圖(a)，再將改變後繼電器之狀態有效規劃處理變成資料，上傳至 MySQL 資料庫儲存中，同時後台也一值再執行與 MySQL 資料庫同步繼電器狀態之資料，以達到遠端控制之效果。監控軟體如下圖 19 所示。

5.2. webcam 即時影像

webcam 即時影像 本模組使用 USB webcam 搭配 Adobe flash media live encoder 3.2，如圖 20、21 所示，來實現視訊捕捉軟體是一個媒體編碼器。將目前配電盤及功率表狀況，即時顯示於 PHP 網頁上，如遇突發狀即

可透過此 PHP 網頁即時查看，並進行狀況排除方案，就不用到場才在檢查是哪裡出了問題，再擬定維修方案，拖延整個狀況排除的時間。功率表如出現異常狀況(大量功率損耗)，也可及時發現並且記錄下來，提升意外狀況處理速度，以及避免重大意外發生。

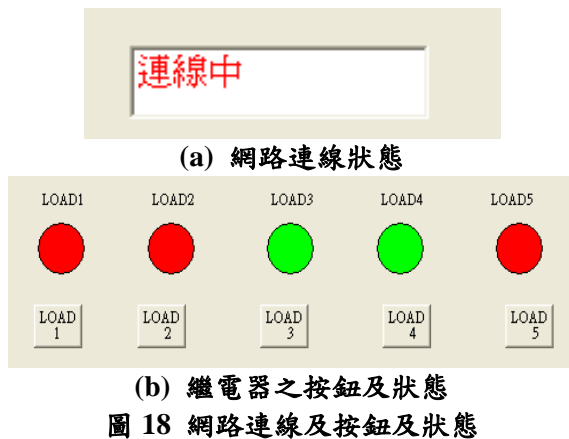


圖 18 網路連線及按鈕及狀態



圖 19 監控軟體畫面



圖 20 USB webcam

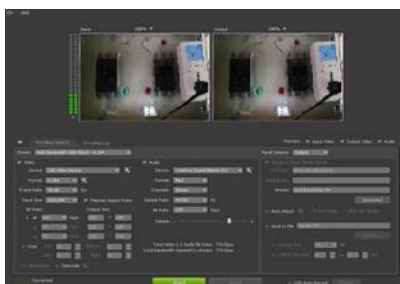


圖 21 Adobe flash media live encoder 3.2

6. 遠端控制

6.1. 網際網路遠端監控

我們更進一步的利用 AppServ 架設 Server 端，再配合 HTML 載入 PHP 網頁完成網頁排版與架設，網頁在後台定時向資料庫抓取資料以判斷繼電器目前之狀態，來更新網頁圖示是否動作，也可利用按鈕遠端控制繼電器之動作。我們使用 phpMyAdmin 來管理資料庫，phpMyAdmin 是一個以 PHP 為基礎，以 Web-Base 方式架構在網站主機上的 MySQL 的資料庫管理工具。隨著時代的變遷，行動裝置跟人們越來越密不可分，所以本論文也因應時代的潮流加入了行動裝置的功能。我們使用行動裝置內建 webview 功能連線至網頁，利用左方的按鈕可以遠端控制繼電器之動作，上方是繼電器之狀態圖示，下方則是利用 webcam 即時影像通訊模組傳送即時影像，行動裝置網頁畫面如下圖 22。透過即時影像我們能知道負載目前的使用功率，如有異常可以查看繼電器之狀態圖示，進一步能使用按鈕將其關閉，避免浪費電的情況發生，也可降低電器發生問題的可能性。



圖 22 行動裝置網頁畫面

6.2. 行動裝置遠端控制

本系統是以 android 智慧型手機做為開發平台，我們的智慧型手機所使用的開發環境為 Eclipse，並搭配 Android Develop Tool (ADT)，測試手機為 小米 2S，其作業系統平台為 Android OS 4.1.1，如圖 23。此目的是為了讓使用者在家中或者工作環境能使用藍芽無線傳輸模組做短距離的控制，達到輕鬆控制負載的效果，並且使環境乾淨(若無搭配藍芽，則會有一堆線材。)，減低發生意外風險(線材老舊易導致電線走火情況發生)。例如：行動不方

便者可以利用行動裝置控制家中之負載，既能達成使用上之方便，也可以避免不必要的意外發生。



圖 23 行動裝置藍芽控制 APP

7. 結論

本系統利用改良式配電盤之指示電路，以顯示過載或短路之位置點，節省了逐一尋找問題點之時間，人員能立即得知問題點的所在並前往檢修，儘快恢復供電。為了達到減能減碳之功效，我們加上了太陽能綠能模組提供直流電並供電於單晶片控制器，減少單晶片控制器額外消耗的電量。使用 ZigBee 無線傳輸模組和藍芽無線傳輸模組，達到節省配線和無線傳輸之功能。此外，透過遠端控制，使用者不論何時何地都能及時的對負載控制，利用 webcam 即時影像來觀測負載之使用狀況。

8. 誌謝

本論文為國科會專題計畫(計畫編號: NSC 102-2221-E-025-001)之研究成果的一部分，感謝國科會的經費贊助使本論文得以順利完成。

參考文獻

- [1] 楊俊弘，”ZIGBEE 自動發射功率控制之模擬及實現”，*大同大學通訊工程研究所碩士論文*，2009。
- [2] 蘇博尹，”ZigBee 在環境監控的應用與 ZigBee 模組的開發研究”，*華梵大學電子工程學系碩士班碩士論文*，2009。
- [3] Nuvoton ， ”W78E054D/W78E052D/W78E051D Data Sheet”，2009。
- [4] 蔡朝洋，”單晶片微電腦 8051/8951 原理與應用”，*全華圖書股份有限公司*，2009。
- [5] 林宗仁，”永磁/同步發電機與太陽能發電系統之整合研究”，*國立成功大學電機工程學系碩博士班論文*，2001。

- [6] 高儀科技有限公司，”IP•Link 1223 嵌入式無線模組”，2009。
- [7] 高儀科技有限公司，”IP-Link 簡易配置工具用戶手冊”，2009。
- [8] Young-Long Chen, Yao-Ching Liu, Ti-Sheng Kwang, Ting-Kai Feng ，”Design of a Bridge Management system”，*2012 資訊科技國際研討會暨第二屆網路智能與應用研討會論文集*，2012。
- [9] 李大昌，”利用藍芽實現無線生理監控系統”，*國立中正大學工學院通訊工程研究所碩士論文*，2004。
- [10] W. B. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan, “An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks,” *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 1, no. 4, Oct. 2002.
- [11] J. Kim, S. Park, Y. Han, and T. Chung, “CHEF: Cluster Head Election Mechanism using Fuzzy Logic in Wireless Sensor Networks,” *in Proc. International Congress on Anti-Cancer Treatment (ICACT 08)*, pp. 654–659, Phoenix Park, Korea, Apr. 2008.