

運用 Wi-Fi 技術實現遠端通訊

吳政隆 余政杰*
國立臺北科技大學
電腦與通訊研究所

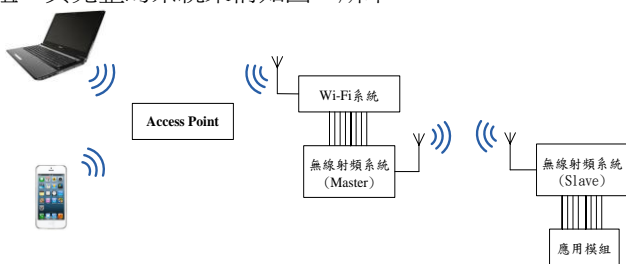
摘要 —由於現代 Wi-Fi 網路的普遍，許多通訊產品幾乎都整合 Wi-Fi 功能，而當通訊技術越來越成熟，Wi-Fi 的普遍將會成為生活中的一部份。有鑑於此，本嵌入式系統的開發是為了迎合現代和未來科技的產品走向去設計，目前的智慧型手機普遍都具備 Wi-Fi 功能，因此可透過手機的 Wi-Fi 去連接本系統達成遠端通訊，利用微控制器去控制射頻收發模組並使用組合語言編譯，設計出一套無線射頻系統，再與 Wi-Fi 做整合，實現運用 Wi-Fi 技術達成遠端通訊。

關鍵詞： Wi-Fi、嵌入式、遠端通訊、無線射頻系統

一、簡介

近幾年以來通訊技術越來越發達，Wi-Fi網路的使用也日新月異的增加，在臺灣幾乎每個家庭都具備Wi-Fi網路的使用。由於智慧型手機的普遍還有生態浩劫的危機，國內外不少學者投入在無線感測[1]-[3]、物聯網[4]-[6]和居家科技[7][8]的研究。透過行動裝置與遠端通訊的系統概念在未來勢必是個趨勢。有鑑於此，本篇論文提出一個低成本、高效率 and 實用性廣的無線射頻系統與Wi-Fi整合的通訊方式，來達成遠端通訊。

無線射頻模組與Wi-Fi整合最重要目的是讓一般射頻系統與網路建立通訊的橋樑，讓使用者利用Wi-Fi裝置即可控制或讀取遠端射頻系統的狀態，由於Wi-Fi晶片比一般射頻模組昂貴許多且Wi-Fi的程式架構較龐大，需要使用較高等級的微控制器才可執行，所以本系統使用兩種不同的微控制器分別去控制Wi-Fi模組與射頻收發模組，其完整的系統架構如圖一所示。



圖一 整體系統之訊號傳遞示意圖

目前智慧型手機幾乎都具備Wi-Fi與Bluetooth的無線通訊功能，由於Wi-Fi傳輸可支援到網際網路，開發應用上雖然較為複雜，但是的發展性較高且使用者在使用上不需要像Bluetooth去對每個裝置進行配對，相對來說較為便利，這也是本系統選擇使用Wi-Fi與一般射頻收發機整合的原因之一。

目前市面上有許多通訊技術，例如藍牙(Bluetooth)、

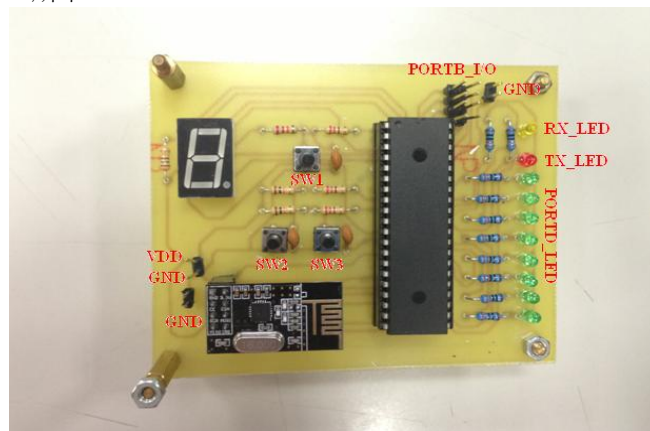
無線保真(Wireless Fidelity ; Wi-Fi)和 Zigbee 等等，這些雖然都是具備無線通訊的功能，但依照使用的方式不同，其定位也不盡相同。因為不同的通訊方式彼此之間的通訊協定不同，無法直接做無線溝通，但可以透過微控制器整合，把訊號做轉移，透過有線的方式傳送到不同的通訊模組上，如此一來便可實現不同通訊技術之間的無線通訊。

二、硬體框架

本篇論文主要分兩大主軸，一是使用 8 位元微控制器和射頻收發模組實現無線射頻傳輸系統；二是運用 16 位元的微控制器和 Wi-Fi 模組建立 Wi-Fi 系統，最後將無線射頻系統與 Wi-Fi 系統做整合以實現遠端通訊。

2.1 無線射頻系統之硬體框架

無線射頻系統使用 Microchip 公司出產之 8 位元 PIC16F887 微控制器[9]與 Nordic 公司出產之 nRF24L01 2.4GHz 射頻收發模組[10]進行整合，其整合後成品如圖二所示。

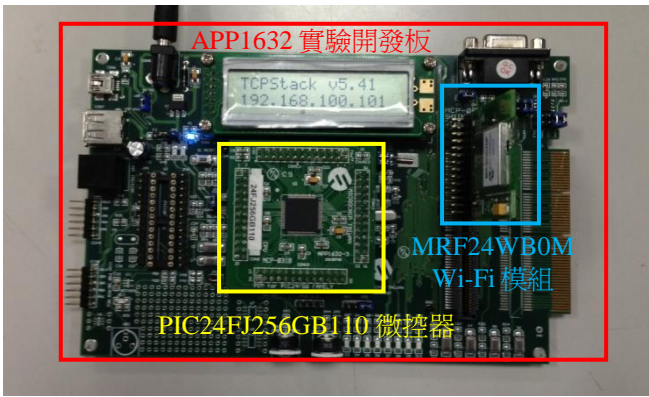


圖二 無線射頻系統之實作成品圖

圖二之無線射頻系統實作成品中所設計的 PORTB_IO 負責與 Wi-Fi 系統作連結，SW1 按鍵為系統重置功能、SW2 按鍵為 Master/Slave 切換按鍵、SW3 按鍵為手動射頻發送模式時每按一次進行一次無線射頻發射，PORTD_LED 為顯示發射與接收之數值，RX_LED 與 TX_LED 燈為顯示此系統模組處於接收或發射狀態。

2.2 Wi-Fi 系統硬體框架

本篇論文使用 Microchip 公司出產之 APP1632 實驗開發板[11]、PIC24FJ256GB110 之 16 位元微控制器[12]，與 MRF24WB0MA 之 Wi-Fi 模組[13]，如圖三所示。



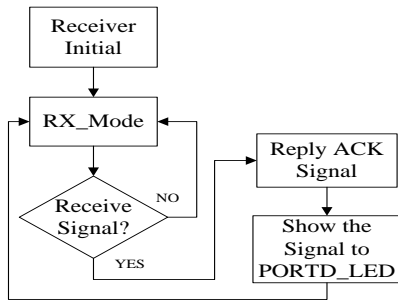
圖三 Wi-Fi 系統之硬體框架

由於本 Wi-Fi 系統建立在 Infrastructure 模式之下，所以還必須使用一個無線存取點(Access Point；AP)作為區域網路的連結。

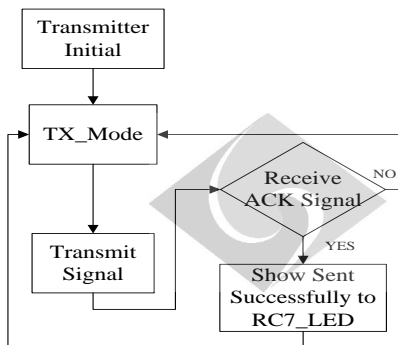
三、無線射頻系統之軟體設計

3.1 應答設計

應答(Acknowledge)功能是讓收發機更健全的一種機制，讓發射端知道接收端是否有收到訊號，如果單純以微控制器控制射頻收發機去切換發送與接收，來達到應答功能，這會使微控制器佔用太多效能與執行時間，並且發送端與接收端的發送和接收時間週期也必須匹配，在程式的設計上並不太容易，而 nRF24L01 射頻模組本身有支援應答功能，如果善用模組本身的應答功能，不但可以大大減少微控制器的負擔，在程式的設計上也較為容易，本系統利用 nRF24L01 射頻模組的應答功能搭配微控制器來建立應答機制，其接收端與發送端之應答機程序流程如圖四、圖五所示。



圖四 接收端應答功能之程式流程

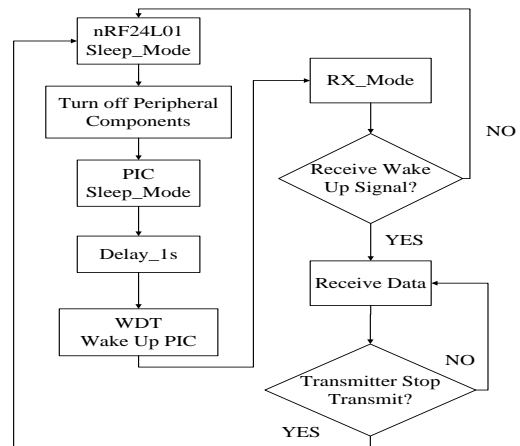


圖五 發射端應答功能之程式流程

3.2 休眠設計

如果讓無線射頻系統的接收端一直保持在接收狀態，雖然訊號的接收完整，但是會有一個耗電的缺點，此無線射頻系統經儀器量測可得耗電量大約為 25 mA (PIC 微控器 + 周邊元件 + 射頻模組)，所以要克服此問題必須去思考如何讓射頻模組、PIC 微控器和周邊電路耗電量達成最低，並功能不變達成最有效率的無線傳輸。

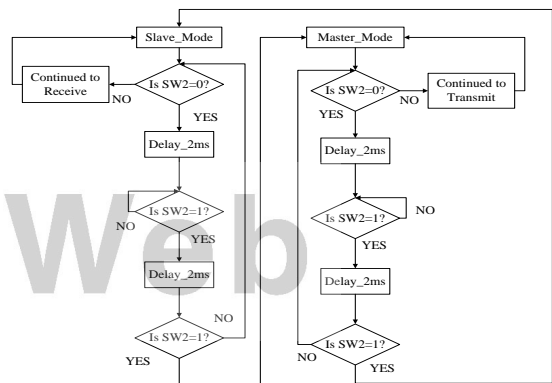
休眠程式流程如圖六所示，先進行無線射頻模組休眠再來讓周邊元件關閉最後讓微控制器進入休眠狀態，當微控制器休眠 1 秒後透過看門狗計時器(Watch Dog Timer；WDT)喚醒隨後進入接收模式，接收時間為 250 ms，檢查有無喚醒訊號，若接收到喚醒訊號後進入接收狀態繼續接收資料，若無接收到喚醒訊號則繼續休眠；當系統喚醒後，進行正常的接收模式，若此時發送端停止傳送訊號則接收端將再度回到睡眠模式。經量測結果得知，當無線射頻系統處於休眠狀態時耗電量低於 1mA。



圖六 接收端之休眠模式程式流程

3.3 按鍵切換 Master/Slave 模式設計

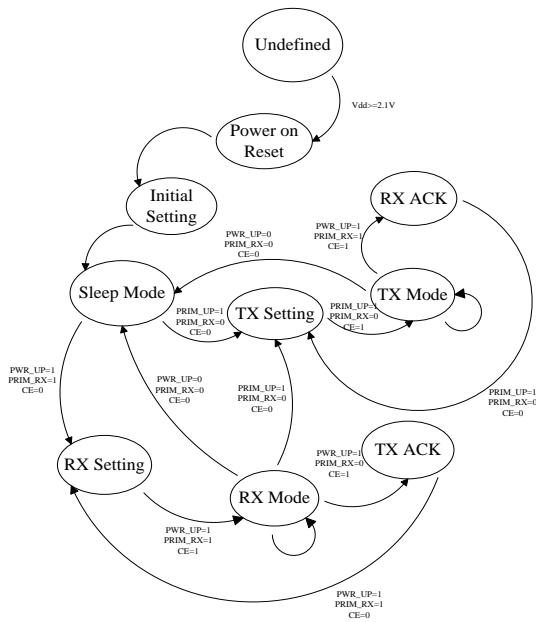
本系統只需要透過按鍵就能切換 Master 與 Slave 模式，讓相同的無線射頻系統可自由切換 Master 或 Slave 端使用，其特點在程式開發上不必去特別選定發送或接收的程式燒入，使用較為方便，使用者也不必擔心選用上錯誤；按鍵切換程式流程如圖七所示，此系統為 Pull-High 按鍵，未按時 SW=1，按下時 SW=0。



圖七 按鍵切換 Master/Slave 模式之程式流程圖

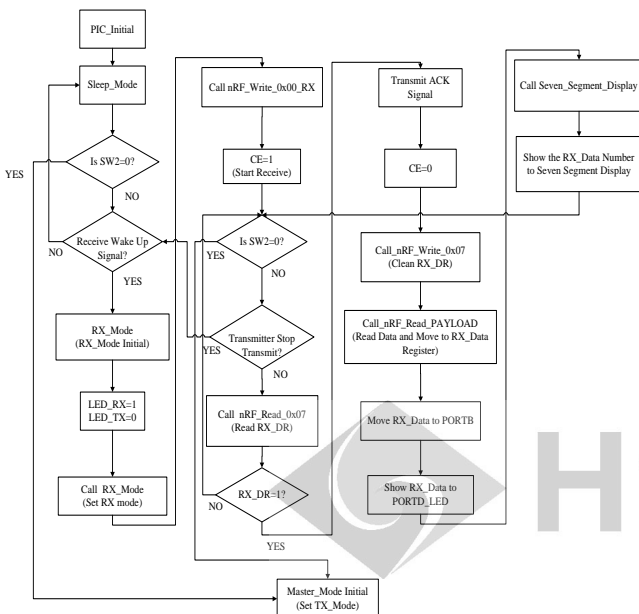
3.4 遠端控制之軟體設計

遠端控制之軟體設計主要透過發射端(Master)發送訊號去控制接收端(Slave)的系統，本系統設計將加入前面介紹的按鍵切換發送/接收狀態設計、訊號完整性設計、應答功能和休眠模式和等功能，其遠端控制之程式狀態轉換如圖八所示。

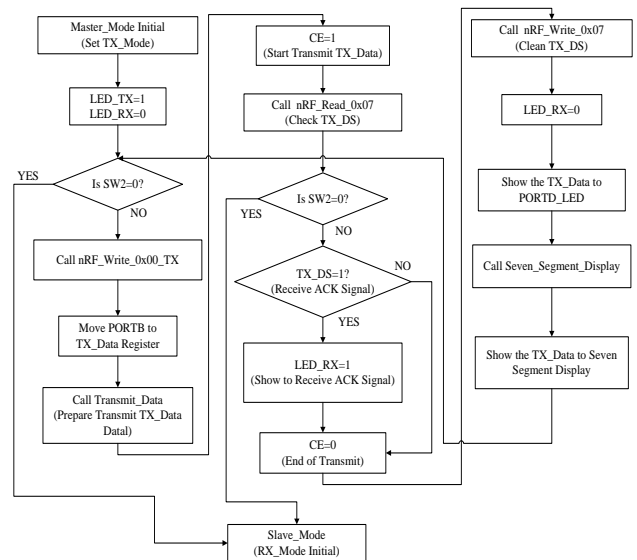


圖八 遠端控制系統之狀態轉換圖

遠端控制系統 Slave 端與 Master 端程式流程如圖九、圖十所示，圖中 CE(Chip Enable)=1 為 nRF24L01 射頻模組激發進行無線傳輸。



圖九 遠端控制系統之 Slave 端程式流程圖



圖十 遠端控制系統之 Master 端程式流程圖

此系統模組透過 SW2 按鍵可任意切換發送與接收模式，當系統啟動時會直接進入整合睡眠功能的接收模式，並每隔一秒檢查是否有接收到喚醒訊號，如果接收到喚醒訊號則進入正常的接收模式，並且把接收到的數值輸出到 PORTB 並且顯示數值在七段顯示器與 PORTD_LED 上；當切換成發射模式後，系統會持續讀取 PORTB 數值並透過無線方式傳送出去，此時 PORT B 為輸入端口，主要連接 Wi-Fi 系統的輸出。

四、 Wi-Fi 應用

本系統使用 Microchip 提供之 Microchip Solutions TCP/IP 應用程式 [14]，把 Wi-Fi 程式燒入在 PIC24FJ256GB110 微控制器裡，並利用電腦透過 Wi-Fi 方式上傳使用者頁面[14]到 MRF24WB0MA 晶片。

使用者可透過手機連線加入到與 Wi-Fi 系統同一個區域網路內，使用瀏覽器輸入 Wi-Fi 系統的 IP 位置即可讀取到 Wi-Fi 系統使用者頁面，如圖十一所示，此頁面可以控制 Wi-Fi 系統中的 PIC24 微控制器輸入輸出端口。



圖十一 透過智慧型手機讀取 Wi-Fi 系統使用者介面[14]

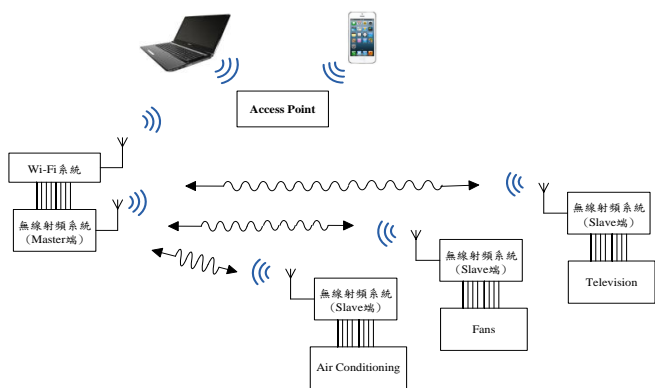
五、 應用導向

Wi-Fi 系統與無線射頻系統整合後可達成遠端通訊的概念，使用者只需用支援 Wi-Fi 連線的電腦或手機即可進行遠端操作，整體的系統架設如圖十二所示。



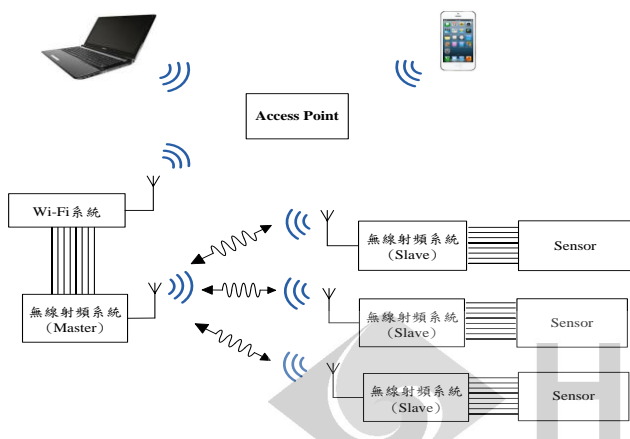
圖十二 本篇論文之無線系統整體架設

本系統的應用方面有物聯網(Internet of Things ; IoT)、無線感測網(Wireless Sensor Network ; WSN)或居家科技等等，應用層面非常廣泛。應用本系統基於物聯通訊去控制居家電器的概念如圖十三所示。



圖十三 基於物聯通訊之遠端控制概念應用

應用本系統實現無線感測網路的概念如圖十四所示，把感測器與無線射頻系統 Slave 端的 PORTB_I/O 連接，Slave 端則透過無線的方式把感測訊號傳到 Master 端。



圖十四 無線感測網之概念應用

六、 結論

本篇論文的核心價值在於產品導向的設計，而在產品設計的同時也追求著三大訴求，分別是低成本、高性能和實用性廣，本篇論文也以這三大方向追求。為了提高無線射頻系統的運作效能，去思考設計出 TX/RX 模式按鍵切換、休眠模式和應答模式等，讓整個系統運作起來更有效率且人性化。比較文獻上得知 WSN、IoT 和居家科技，除了 Wi-Fi 的運用之外，在無線射頻系統部分，大多使用 Zigbee、Bluetooth 或者 RFID 通訊的無線技術，而本篇論文利用 8 位元的微控制器與 nRF24L01 收發模組所設計的無線射頻系統，在成本反應上不但較具優勢且透過微控制器去控制 nRF24L01 射頻模組在通訊操作的變化彈性較大，讓開發者在韌體設計的過程中，有更大的空間去思考如何讓硬體運作得更有效率。

本系統的提出只是無線通訊的起步，未來可以針對不同的應用去進行更進階的開發，例如撰寫使用者介面、結合網際網路、訊號加密保護、資訊管理等等，讓此系統建構更完善且貼近使用者，這也是本論文研究的終極目標。

參考文獻

- [1] P. Corke, T. Wark, R. Jurdak, W. Hu, P. Valencia and D. Moore, "Environmental Wireless Sensor Networks," in *Proc. IEEE*, vol. 98, no. 11, pp. 1903-1917, Nov. 2010.
- [2] A. Narmada and P. S. Rao, "Zigbee Based WSN with IP Connectivity," in *Proc. Computational Intelligence, Modelling and Simulation (CIMSIM), 2012 4th International Conf.*, 2012, pp. 178-181.
- [3] Jihong Song, "The Application of WSN Technology in the Space Location System," in *Proc. Image and Signal Processing (CISP) 4th International Conf.*, 2011, pp. 633-636.
- [4] Z.H. Yang, Y. F. Peng, Y. Z. Yue, X. B. Wang, Y. Yang and W. J. Liu, "Study and Application On the Architecture and Key Technologies for IOT," in *Proc. ICMT International Conf.*, 2011, pp.747-751.
- [5] A. E. Kouche, "Towards a Wireless Sensor Network Platform for the Internet of Things," in *Proc. IEEE ICC Ad-hoc and Sensor Networking Symposium Conf.*, 2012, pp. 632-636.
- [6] M. T. Lazarescu, "Design of a WSN Platform for Long-Term Environmental Monitoring for IoT Applications," *IEEE Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 45-54, Mar. 2013.
- [7] A. J. Dinusha Rathnayaka, Vidyasagar M. Potdar and Samitha J. Kuruppu, "Evaluation of Wireless Home Automation Technologies," in *Proc. 5th IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies*, Korea, May 2003, pp. 76-81.
- [8] C. Gomez and J. Paradells "Wireless Home Automation Networks: A Survey of Architectures and Technologies" *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, no. 6, pp. 92-101, Jun. 2010.
- [9] Microchip Inc., "PIC16F88X Data Sheet," <http://www.microchip.com/>.
- [10] Nordic Inc., "nRF24L01 Single Chip 2.4GHz Transceiver Product Specification," <http://www.nordicsemi.com/>.
- [11] Microchip Inc., "APP1632 Manual," <http://www.microchip.com/>.
- [12] Microchip Inc., "PIC24FJ256GB110 Data Sheet," <http://www.microchip.com/>.
- [13] Microchip Inc., "MRF24WB0MA Data Sheet," <http://www.microchip.com/>.
- [14] Microchip Inc., "Microchip Libraries for Applications," <http://www.microchip.com/mal>.