

以 App 作為使用者監控界面的智慧聯網綠能生活空間感測與控制系統

吳文泰*、蔡唯翔、李家鑫、王文成、陳建志
國立臺南大學電機工程學系

摘要 —在本文中我們藉由無線感測網路(Wireless sensor network, WSN)打造一個智慧綠能的生活空間。在此空間中使用者不需要以手動方式去開關以及調整電器，電器會感測溫度、濕度、光度等環境資料，並藉由使用者的喜好以及環境狀況自動地去對各項家電做相應的調節，創造對使用者最舒適的生活空間，且當無須使用或使用者不在時，會自動關閉電器，達到節省能源避免不必要的浪費。¹

關鍵字 —無線感測網路、智慧家庭

一、緒論

自從人類能有效的運用電之後，許多家電陸續被發明出來，如：電燈、電扇、電視.....等。大大改變了生活環境的樣貌，它們使人類生活更舒適且更便利，然而，科技帶給人們更多便利的背後，也浪費大量的電力資源，而在現在電價、油價持續上漲的環境下，如何提升電力效率、妥善利用資源進一步做到節省能源，將會是未來家電的主要方向，歐洲各國現今已對環保節能此指標非常重視，往後世界各國也會跟進，高消耗能源的產品是一定會被淘汰的。現階段的家電大部分皆為手動控制，然而手動控制開關常會因為使用者的不良習慣，常常導致額外的能源消耗(例如：出門忘記關電器)。另外，手動控制的家電具有很大的局限性，無法真正滿足使用者的要求，以電燈為例，當晚上回到家，在家中是無人的狀況，要找出電燈的開關並不是非常容易。所以打造一個結合自動化電器以及節能的智慧型的綠能環境控制系統是未來智慧家庭的主流趨勢，使用者只要依照需求對系統做設定，系統會根據環境以及使用者的需求做動態的調整(若不需要時則會自動關閉)。

本文中我們設計及實作具有感測功能的電路(文中我們稱其為 end-device)並將其嵌入到傳統的電器，以感測環境的狀況(例如溫度、光度、濕度)，這些 end-device 藉由 Zigbee [1]無線通訊協定形成一個網路，感測到的資料也會藉由 Zigbee 無線介面以多點分層傳遞的方式傳給主控版(coordinator)，coordinator 根據環境的狀況以及使用者預先輸入的個人喜好溫度、濕度及光度做整合判斷後，系統會發送對應的指令給家電上的 end-device，由 end-device 對家電做自動調節與控制，達到感測環境狀況、蒐集環境資料以及自動控制的目的。另外我們以 Android application(APP)設計一個方便控制的使用者介面，此 APP 將會與 coordinator 作連結，具有可以讀取 coordinator 資料並監控環境狀況以及設定使用者所偏好的環境情況之功能。

¹ 本研究由國科會贊助，計畫編號 NSC-100-2218-E-024-001-MY3 和 NSC-102-2815-C-024 -019-E.

無線感控網路提供了一個建構智慧綠能生活空間的方法，無線感控網路是由許多節點組成，這些節點能收集、儲存以及處理由環境中獲得的資料，並且可以把資料互相交換及傳輸。現在應用到無線感測網路的相關應用和研究還有諸如智慧電網[2]、冷鏈物流[3]等應用。

二、系統架構

本系統建立一個智慧綠能生活空間(如圖一)可分為三個部分，(1) 智慧電器，(2) Zigbee 環境感知與控制網路，(3) Android 手機 App(後稱 Jennic-BT)，以下將對這三個部分進行詳述：

(1) 智慧電器

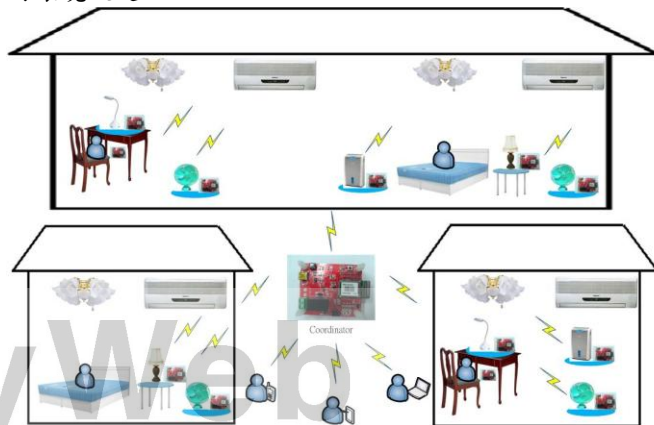
智慧電器是將鑲嵌上我們設計之電路板(end-device) 嵌入於電器中，每一個 end-device 上都具有光度、濕度及溫度 sensor，這些 sensor 將會收集環境資料，並且回傳到 coordinator，而後根據環境狀況 end-device 會收到來自 coordinator 的調控指令，對電器進行控制以及調節。另外有些 end-device 將會放在特殊的位置上(如：書桌下，門口)用來偵測是否有使用者存在、進入以及離開。

(2) Zigbee 環境感知與控制網路

每一個 end-device 上都具有 Zigbee 天線，藉由 Zigbee 將智慧家電以星狀或多點分層傳遞的方式構築成 M2M (machine-to-machine)網路。end-device 會將收集到的環境資料傳送給 coordinator，coordinator 會將這些資料做運算以及和使用者的設定做比較，並送出相應指令給 end-device，其邏輯判斷流程如圖二。

(3) Jennic-BT

我們藉由 Android APP 開發出一個可讓使用者方便使用的介面，手機與 coordinator 以藍芽連結做資料的傳輸，使用者可從手機觀看目前環境情況以及編輯個人化的環境設定。



圖一：智慧聯網綠能生活空間情境圖

三、系統原型及資料處理

根據上述的架構，以下會詳述我們所設計之電路以及資料處理方式：

3.1 Jennic 感測與控制電路板

圖三為 Jennic 感測與控制電路板之架構，為了能感測環境中的資料，並將資料做處理以及傳輸，本系統採用 Jennic5148[4][5] 微控制晶片，並搭配光度 sensor (TSL2561T) 和溫濕度 sensor (SHT21)，sensor 會將感應的資料會以 I²C (Inter-Integrated Circuit)[6] 作傳輸給 Jennic5148，Jennic5148 會將資料作運算和解析後以 DIO (Digital Input and Output) 腳位控制電位高低，電位高低將會決定繼電器 (relay) 開閉，再利用乾接點來控制電器的開關、段數或強度。而在前面所提過之 coordinator 將會比 end-device 多一塊與手機作近端藍芽溝通的 bluetooth 晶片，而 end-device 之間是藉由 Zigbee 作連結(在下一段落作詳述)，Jennic5148 內部程式開發是由其提供之 SDK (Software Development Kit) 以及 Libraries 並使用 eclipse 作為開發平台，實體電路板如圖四。

3.1.1 光度與溫濕度 sensor 感測資料

光度 sensor 感測之資料為 16 進位制之照度直接轉換便可獲得照度之值，而溫濕度 sensor 所感測之濕度及溫度資料分別為 12 位元以及 14 位元，感測到這些 raw data 後，會將此資料轉換為 2 個位元組的封包再將這兩個封包由 2 進位制轉換為 10 進位制分別可得： S_{RH} 、 S_T (均為 raw data)，而相對濕度 RH 以及攝氏溫度 T 可分別利用(1)，(2)作轉換

$$RH = -6 + 125 \times \frac{S_{RH}}{2^{16}} \quad (1)$$

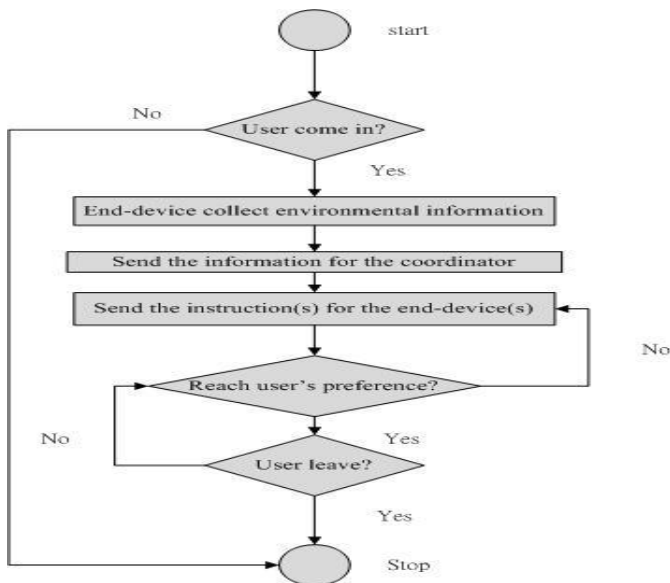
$$T = -46.85 + 175.72 \times \frac{S_T}{2^{16}} \quad (2)$$

3.2 Zigbee 環境感知與控制網路

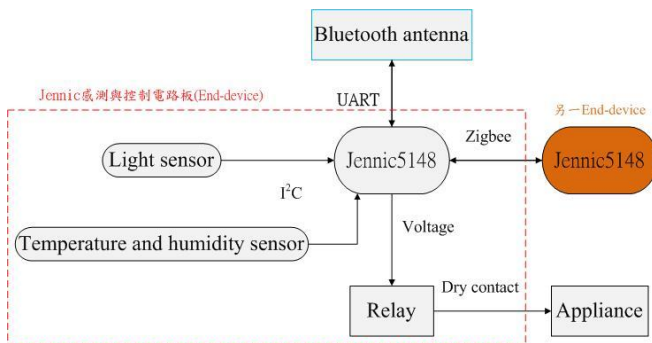
使用本系統所完成的 Jennic 感控電路，將在室內某些位置和家電上佈下這些感控電路(包括 1 個 coordinator 與 N 個 end-device)，這些感控電路藉由 Zigbee 介面組成一個 Zigbee 網路，每一個 end-device 都會把 sensor 所偵測到的資料回傳給 coordinator 做整理與解析，根據環境的狀況，系統會控制電器將環境調整至使用者喜愛的狀態，控制電器的方式是 coordinator 將控制指令傳給連結電器的 end-device 去執行，而使用者只需要利用手機的 APP 程式設定個人喜好的環境參數，透過藍芽把參數設定傳給 coordinator 改變其指令的條件，使電器運作以符合使用者喜好。圖五為 Zigbee 環境感知與控制網路的示意圖，雲朵表是由 Jennic5148 感控電路所組成的 Zigbee 網路，網路中的 end-device 將資訊送到 coordinator，coordinator 透過網路中的 end-device 與室內所有電器連線並控制它們。

3.2.1 環境布置與燈光控制

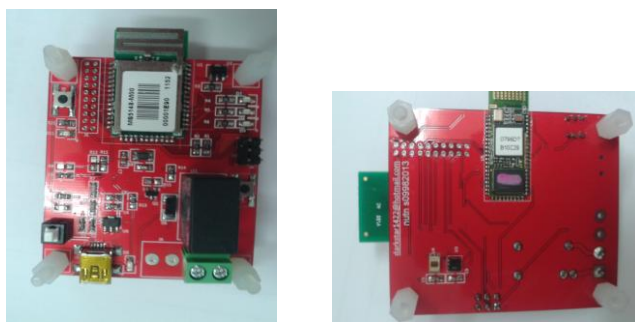
於家中將感控電路的一個或多個 relay 以乾接點的方式接上電器，為了預防 sensor 感測值與使用者感受差



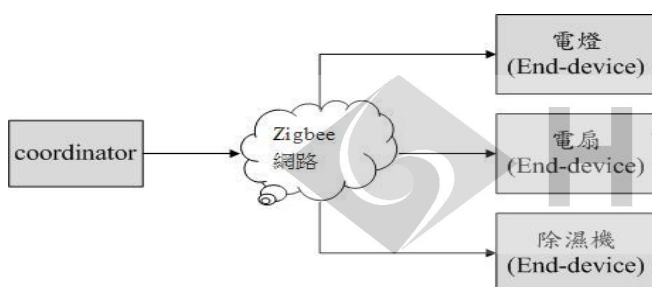
圖二：智慧聯網線能生活空間感測與控制系統邏輯流程圖



圖三：Jennic 感測與控制電路板架構



圖四：Jennic 感測與控制電路板實體圖(1)正面，(2)背面



圖五：Zigbee 環境感知與控制網路的示意圖

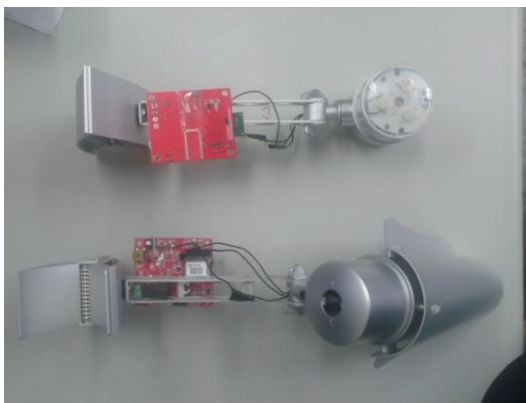
異過大，會將一些感控電路置於使用者較容易接觸的位置附近，且避開直接對 sensor 有刺激的區域(如：直射之陽光、冷氣口)。光度 sensor 收取完資料後(請參考光度與溫濕度 sensor 感測資料子段落)再利用(3)(E 為照度， r 為測量點與光源距離， α 為角度)

$$E = \frac{I}{r^2} \times \cos \alpha \times (K \times K_p) \quad (3)$$

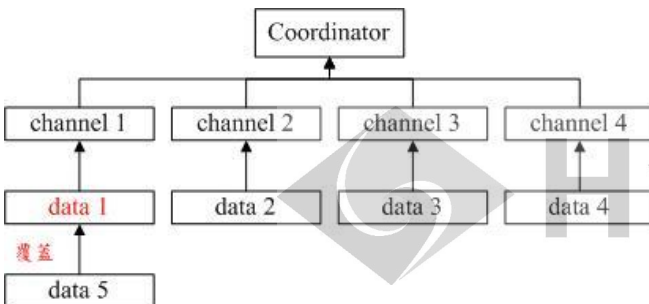
經初步計算後，系統可求得 K (因光源老化，燈具以及室內表面被灰塵汙染而提高初始照度所加之維護係數 K) 與 K_p (考慮反射光對照度之貢獻所加之照度係數 K_p)，進而決定光強度 I ，再使用 PWM (Pulse Width Modulation) 調整燈具之強弱或段數，圖六為智慧電燈實體圖。

3.2.2 Zigbee 網路之資料處理

在 Zigbee 網路之架構下，許多的 end-device 將會把資料傳給 coordinator，因為只有一個 sink，為了減少資料塞車的情況，本系統將收取資料的暫存器分為四個 channel 每一個 end-device 所送的資料會依照順序存入每一個 channel，當四個 channel 填滿時下一個資料將會從 channel 1 開始覆蓋(圖七)，另外為了避免雜訊干擾系統，我們將對發送之資料額外複製一份並且作完加密以後，將其附加在最前頭(圖八)，資料會與前方密碼先做比對，若判定為 False 將會清除此資料，若為 True 則決定資料之長度而後讀取資料並接收到結束碼出現才中止(圖九)。



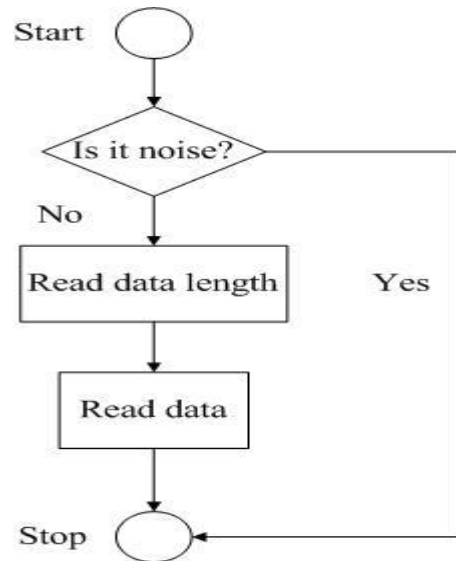
圖六：智慧電燈



圖七：資料存取圖

Encryption code	Data length	Luminosity	Temperature and humidity	End code
-----------------	-------------	------------	--------------------------	----------

圖八：Zigbee 網路資料封包



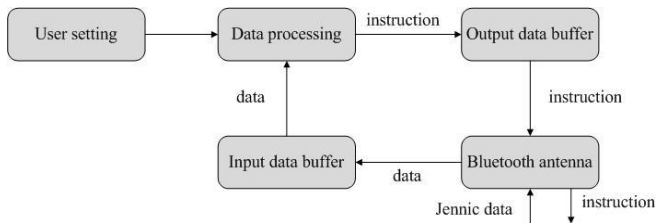
圖九：讀取資料流程圖

3.3 Jennic-BT

以 Android4.x [7] 版本作開發，並以手機作為使用媒介，先建立與 coordinator 之藍芽[8]連線，並列出使用者可配對之電器，配對完後進入監控介面(圖十)，使用者可自行設定參數，Jennic-BT 會將所收到之環境資料存入 buffer，並與使用者之設定做比對再送出對應之指令至另一 buffer，指令會由藍芽傳回給 coordinator(圖十一)。



圖十：Jennic-BT 監控介面(1) 環境狀況(2) 模式選擇



圖十一：Jennic-BT 資料流程圖

四、省電效能評估

藉由本系統在電燈以及風扇上的運作，使傳統電器能在符合使用者的需求下降低能源浪費，表 I 以及表 II 分別為傳統電器以及智慧電器的消耗功率以及電費統計表。在此我們設定一天電器工作的時間為 15 個小時，一度電為 4 元，再藉由 PWM 中的 duty cycle 對電壓調整以(4)可計算出功率消耗。

$$P = V \times I \quad (4)$$

表 I

傳統電器消耗功率統計表

傳統電器	風扇 *2	檯燈 *2	天花板吊燈 (7 燈泡)	總和
原始消耗功率(W)	160	54	150	364
原始消耗功率(Kilowatt)	0.16	0.054	0.15	0.364
一天消耗的功率 (kW-hr)	2.4	0.81	2.25	5.46
一個月消耗功率(kW-hr)	72	24.3	67.5	163.8
電費 (NT\$)	288	97.2	270	655.2

表 II

智慧電器消耗功率統計表

智慧電器	風扇 *2	檯燈 *2	天花板吊燈 (7 燈泡)	總和
原始消耗功率(W)	95.68	17.28	48	160.96
原始消耗功率(Kilowatt)	0.09568	0.01728	0.048	0.16096
一天消耗的功率 (kW-hr)	1.4352	0.2592	0.72	2.4144
一個月消耗功率(kW-hr)	43.056	7.7876	21.6	72.43
電費 (NT\$)	172.224	31.104	86.4	289.728

結論

本文我們藉由無線感測網路打造了一個智慧綠能的生活空間；在此空間中使用者不需要以手動方式去開關以及調整電器，電器會感測溫度、濕度、光度等環境資料，並依照使用者的喜好以及環境狀況自動地去對各項家電做相應的調節，創造對使用者最舒適的生活空間，並且達到節省能源避免不必要浪費的目的。目前系統在實作上只做出開關電器、控制風扇轉速以及電燈亮暗，下一步將會控制冷氣進到全部的家電，另外考慮更多的家電進入網路之中，將會把原本網路的星狀架構改成樹狀或網狀，以支持控制更多的家電。

致謝

This research is co-sponsored by NSC grants 100-2218-E-024-001-MY3 and 102-2815-C-024 -019-E.

參考文獻

- [1] Zigbee alliance. <http://www.zigbee.org/>
- [2] Dusit Niyato, Lu Xiao, and Ping Wang, "Machine-to-Machine Communications for Home Energy Management System in Smart Grid" *IEEE Communications Magazine*, April. 2011..
- [3] Y.-A. Chen, J.-L. Liao, Y.-C. Tseng, C.-M. Li, and C.-C. Nien. An implementation experience of using WSN on cold chain logistics. in *IEEE Vehicular Technology Society Asia Pacific Wireless Communications Symposium (APWCS)*, 2012.
- [4] Jennic jn5148 wireless microcontroller modules. http://www.jennic.com/products/protocol_stacks/selection_guide.
- [5] IEEE standard for information technology - telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan area networks specific requirements part 15.4: wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for low-rate wireless personal area networks (LR-WPANs), 2003.
- [6] Frédéric Leens, "An Introduction to I2C and SPI Protocols" *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, February 2009.
- [7] Android. <http://www.android.com/>
- [8] Bluetooth SIG. <http://www.bluetooth.com>
- [9] Tarik Taleb and Andreas Kunz, "Machine Type Communications in 3GPP Networks: Potential, Challenges, and Solutions" *IEEE Communications Magazine*, March 2012.
- [10] K. Shuaib, M. Boulmalf, F. Sallabi and A. Lakas, "Co-existence of Zigbee and WLAN, A Performance Study," *IEEE*, June. 2006.
- [11] 葉倫武, "藉由無線感測網路來設計與實做一套智慧型生活空間", 國立交通大學, 資訊科學與工程研究所, 博士論文, October 2010.