

以 Zigbee 網路為基礎之大樓燈控系統開發

林坤緯
科技大學資訊工程系
副教授
kwlin@cyut.edu.tw

劉彥麟
朝陽科技大學資訊工程所
研究生
s10327614@cyut.edu.tw

江政翰
朝陽科技大學資訊工程所
研究生
s10427611@cyut.edu.tw

摘要

本研究已經成功製作出以 Zigbee 網路為基礎之大樓燈控系統。透過人性化介面即可得知大樓中存在的設備狀況以及相關資訊，此外也能利用監控軟體對設備進行控制之動作。為了節省成本我們也開發了利用一個實體開關即可控制多數設備。本開發相較於市售產品，本產品有以下優點表現:1. 提供黑名單，防止 Zigbee 設備在多協調器中反覆收尋，嘗試加入離開之程序 2. 密碼設定，即使程式已經燒錄至模組中仍可更改密碼之功能 3. 開發短地址登入減少程式負擔。因此，本研究可達到低成本、容易擴充以及安全性高之智能大樓之理想。

關鍵字：無線、Zigbee、照明、監控

Abstract

The lighting control system based on Zigbee network has been successful developed. The status and related information for control devices can be known through friendly interface. Furthermore, these devices can be remote controlled by monitoring software. In order to reduce cost, we develop a real switch for multi-split control. Compared to commercially available products, our product has the following advantages. 1. Providing blacklist. Preventing Zigbee devices in a multi-coordinator condition reaches nearby network repeatedly and try to add in the network.

2. Setting password, even though the program has been programmed to the module, our developed device can still change passwords. 3. Developing short address function to reduce loading of program. Therefore, our developed product can achieved the goals of low cost, easy expansion and high safety for intelligent building

Keywords: Wireless, Zigbee, Lighting, Monitoring

1. 前言

近年來，大量燃燒石化，消耗地球資源，導致氣候發生異常，因此在節約能源上已經成為全民運動。最簡單的節能減碳就是隨手關燈。除了自家燈光外，戶外大型燈光系統以及公用燈光系統更是也必須考慮的。如何利用感測監控通訊技術達到智慧控制與節能的目的是重要的趨勢。

Zigbee 是一種用於短距離、低功耗的無線通訊技術[1]，其特點是短距離、低複雜度、低功耗、低成本、支援大量網路節點、支援多種網路拓撲，通訊距離通常約 10~75 公尺，與其他短距離通訊協定如：藍芽(Bluetooth)、WiFi 相比有著高的安全性以及擴充性，因此適用於家庭/建築自動化、個人醫療照護、或是短距離控制、照明系統、嵌入式的醫療設備以及環境控制等。

我們開發了大樓照明控制系統，將監控軟體與 Zigbee 網路進行整合，並且增加了黑名單、密碼更新，確保 Zigbee 網路能更加安全以及人性化。此外我們也製作出一對多開關，能利用一個開關達成控制多樣設備，以此降低成本並完成智能大樓之理想。

2. 背景介紹

2.1 Zigbee 通訊協定

Zigbee 是一種低速的無線通訊技術，其底層是採用 IEEE 802.15.4 協定中的實體層與媒體，為了低速的無線個人網路[2]，具有低複雜度、低成本、低功耗、低速率的無線技術，以及持久的電池壽命、彈性的網路架構。圖 1 所示為 Zigbee 模型。

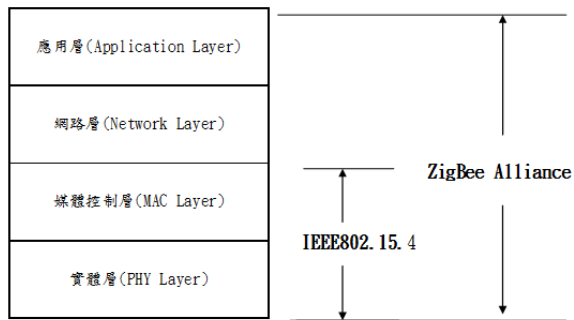


圖 1 Zigbee 通訊協定架構圖

2.2 Zigbee 拓樸

在 Zigbee 個人無線網路中可以將設備分成兩種：全功能設備(Full Function Device, FFD)以及簡化功能設備(Reduced Function Device, RFD)[2]，全功能設備除了設備之間可以互相溝通也可以與簡化功能設備做溝通，通常用於當作 Zigbee 網路中的協調器與路由器，而簡化功能設備只能與一個全功能設備做溝通，用於 Zigbee 網路中的終端設備(End Device)表 1 列出比較兩種裝置間的差異。

在 Zigbee 網路中有三種裝置，在這邊分別介紹：

一、協調器(Coordinator):Zigbee 網路中最重要的部分，用來初始網路並且建立網路成為網路的中心點，此外也包含了維護整個網路與控制網路，假設有啟用密碼加密那麼入網後的認證也是由協調器負責，屬於全功能設備。

表 1 FFD 與 RFD 比較表

功能	全功能設備 FFD	簡化功能設備 RFD
路由功能	有	無
網路協調器	可	不可
路由器	可	不可
終端設備	可	可
成本	較高	較低
網路容量需求	高	低

二、路由器(Router):作為整個網路中的中繼點，具有能夠拓樸網路的功能，拓展網路範圍，能將收到的資訊做轉發，可以

使其他節點透過路由器加入網路，屬於全功能設備。

三、終端設備(End Device):Zigbee 網路中的末端節點，具有發送以及接收資料的功能，但不具備任何拓展網路之相關功能，因此通常都與感測器結合，通常都是網路中數量最多的裝置，屬於簡化功能設備。

Zigbee 網路拓樸結構主要可以分為三種，星狀網路(Star Network)、網狀網路(Mesh Network)以及樹狀網路(Tree Network)，在 Zigbee 網路中協調器以及路由器能夠使終端設備與路由器加入網路，若是有終端設備或是路由器想加入網路時需透過協調器或是路由器加入，那麼允許終端設備以及路由器加入網路的協調器或是路由器我們可以稱之為父設備，相反的加入網路的設備被稱為子設備，本開發系統使用網狀網路。

3. 系統流程與架構

3.1 系統整體架構

傳統大樓管理員必須逐層每個地方巡視，本研究的目的為使用者(管理者)可以輕易的控制整棟大樓之設備，並能輕易的管理與監控，當有人開起某設備時管理者能立即的發現並且管控。因成本考量針對某些設備，如：裝置在天花板之電燈、吊扇、冷氣、或是上樓梯燈以及下樓梯燈等，我們設計了能利用一組 Zigbee 模組搭配多個開關完成一對多設備之控制，有效降低成本並增加便利性，圖 2.為本研究架構圖。

由圖 2 中的右下角我們可以找到一個被標記為 A 的 End device，此設備被用來當作上述中所提到的一對多控制功能，在整個 Zigbee 網路中不論兩個裝置間的距離有多遠皆可完成一對一或是一對多控制，圖 3 中我們將以被標記 A 的 End device 做為控制多個設備之開關以及被控制之設備為被標記為 B,C,D 之設備，在實際應用上 B,C,D 設備可以為多個電燈，或家用電器等。

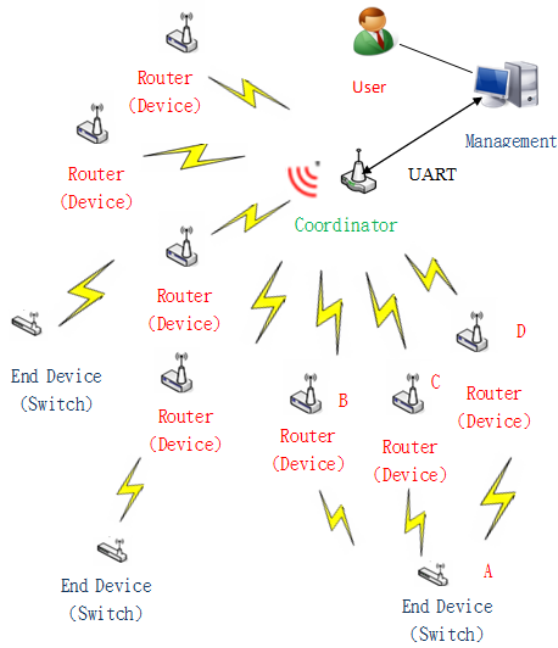


圖 2 系統架構圖

3.2 系統框架構

圖 3 為此系統剖面架構圖[3]，圖中我們可以看到底層部份為 Zigbee 網路，Zigbee 網路藉由 UART 傳遞資料至程式控制部分(框線處)，程式部份首先為接收資料處部份，接著為控制部份而在此部分有解譯命令部分輔助處理，命令解譯後接著傳送至使用者介面，使用者介面則是有著資料庫做為記錄功能以及設備加入網入時所需的簡單設定。

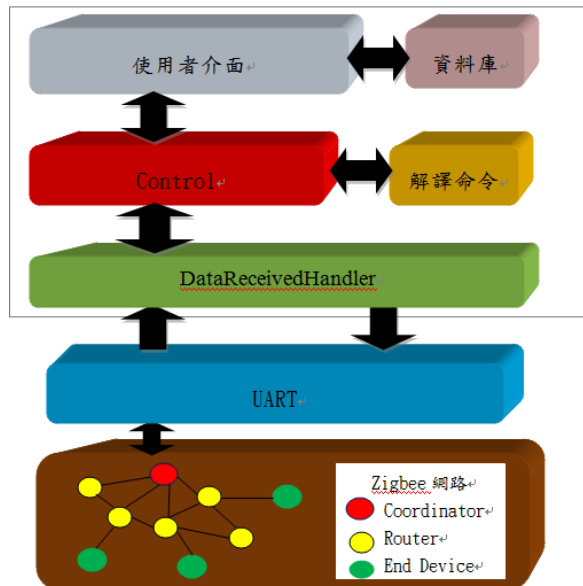


圖 3 系統剖面架構圖

4. 照明系統之實現

4.1 程式監控流程介紹

本系統架構主要由程式監控部份以及 Zigbee 無線網路部分再透過 UART 做為兩者間溝通的橋梁所組成，程式監控部份主要可分為接收命令狀態與傳遞命令狀態，整個監控程式流程圖如圖 4 所示。

圖 4 顯示了整個流程，發送控制命令至 Zigbee Coordinator 開始為傳遞命令狀態，當使用者利用監控軟體對設備下達控制命令時將會進入為期一秒之等待回傳控制成功訊息之時間，藉此判別此設備是否處於正常狀態或是異常狀態，最後將此狀態顯示於使用者介面上。

程式平常處於接收命令狀態，設備隨時等待 Zigbee 網路所傳遞過來之資料，並藉由解譯命令的動作以及與資料庫資料做比對藉此得知是來自哪個設備之命令。使用者可以由本開發之介面得知目前的設備狀態，圖 5 為命令傳送流程圖。

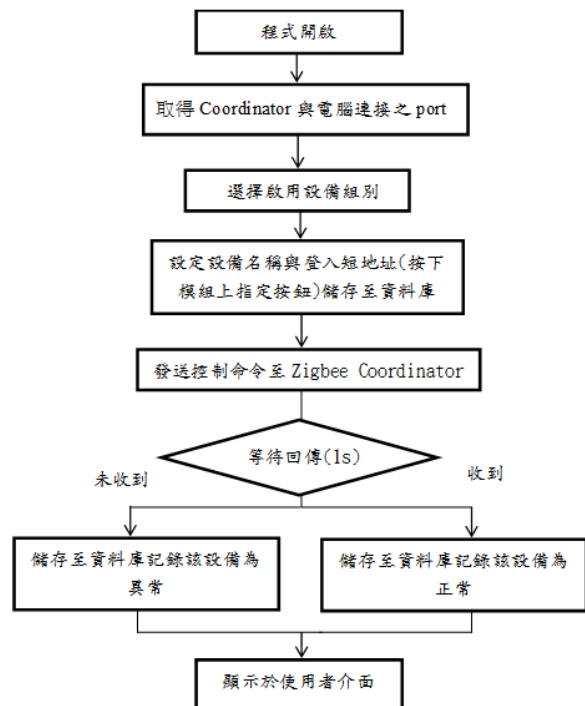


圖 4 程式流程圖

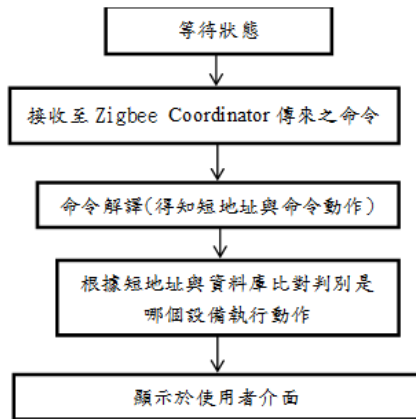


圖 5 接收命令流程圖

4.2 登入短地址

此功能為此程式流程中最為重要之部份，在 Zigbee 網路中有兩種地址，第一種: IEEE 地址(長度 64)、第二種:短地址(長度 16)兩者皆以 16 進制顯示，本研究中我們使用短地址可以有效減少程式負擔，接著利用資料庫記錄目前已加入網路中之設備短地址，圖 6 為登入短地址之介面。



圖 6 短地址登入介面

圖 6 中顯示了登入短地址介面，短地址主要是由已加入網路之 Zigbee 模組傳遞過來，傳遞方式將在下章節做說明，我們也開發了讓使用者自行輸入設備名稱，方便使用者操作，其欄位以及顯示內容如表 2 所示。

表 2 本資料庫開發內容

設備編號	設備自訂義名稱	設備短地址	設備狀況
DEV00	協調器	0000	正常
DEV01	樓梯電燈	0001	異常
DEV02	機房電燈	0008	正常

4.3 Zigbee 相關功能

4.3.1 一對多控制功能

此功能主要是應用在 Zigbee 模組作為一個單純的開關而去控制其他多個 Zigbee 模組設備，相同於牆壁上的開關能夠去開啟掛在天花板中的電燈、冷氣、或是電梯等，而我們在這所要做的就是利用多個模組間的綁定，來達到在 Zigbee 網路中能夠一對多的發送命令，並將狀態發送至控制軟體，圖 7 為流程圖。

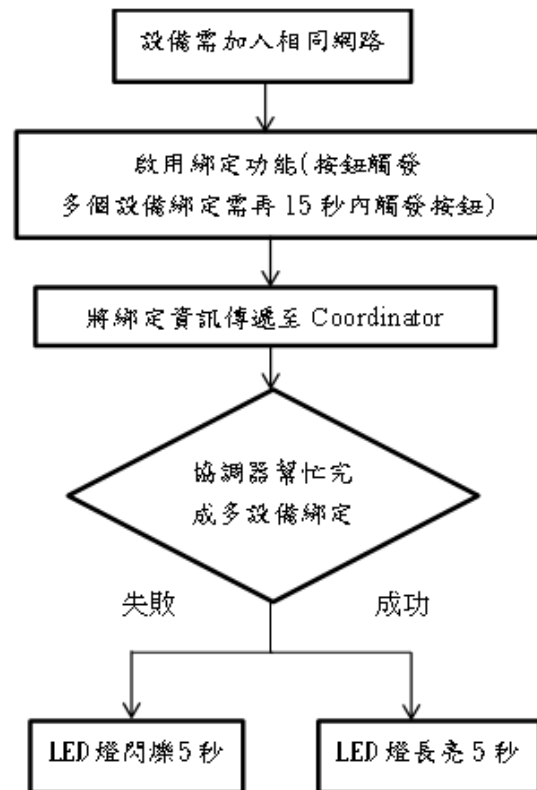


圖 7 一對多控制流程圖

完成綁定之後即可開始控制設備，此外被當作存開關之設備不需進程式控制功能中的登入短地址流程，原因為純開關設備不需利用監控程式來進行控制，監控程式控制設備時為直接發送命令至指定控制設備。圖 8 為 Zigbee 一對多控制示意圖。

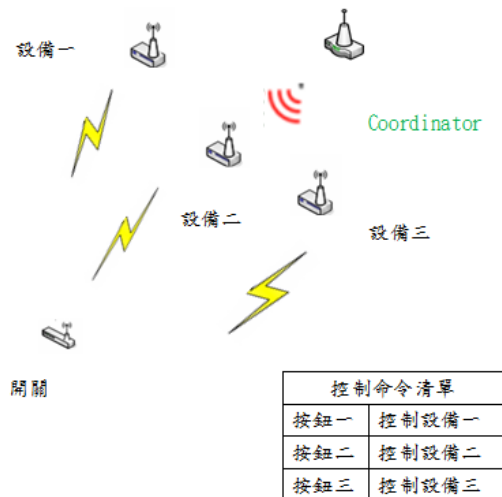


圖 8 一對多控制示意圖

如圖 8 中設備一、設備二、設備三在自身狀態改變時會發送資訊至監控程式，也就是當開關控制設備一燈亮起，設備一在執行動作完成後會立即發送資訊至監控程式。

4.3.2 黑名單

Zigbee 節點設備為了加入網路必須去搜尋附近的協調器，若是在一個空間中有多個協調器存在並且有啟用密碼設定，則 Zigbee 設備會一直反覆地去收尋、加入、因密碼不同而離開網路，有可能會一直加入錯誤的網路，因此為了避免反覆收尋錯誤的網路我們提供了黑名單的功能，圖 9 為本開發之黑名單建立流程。

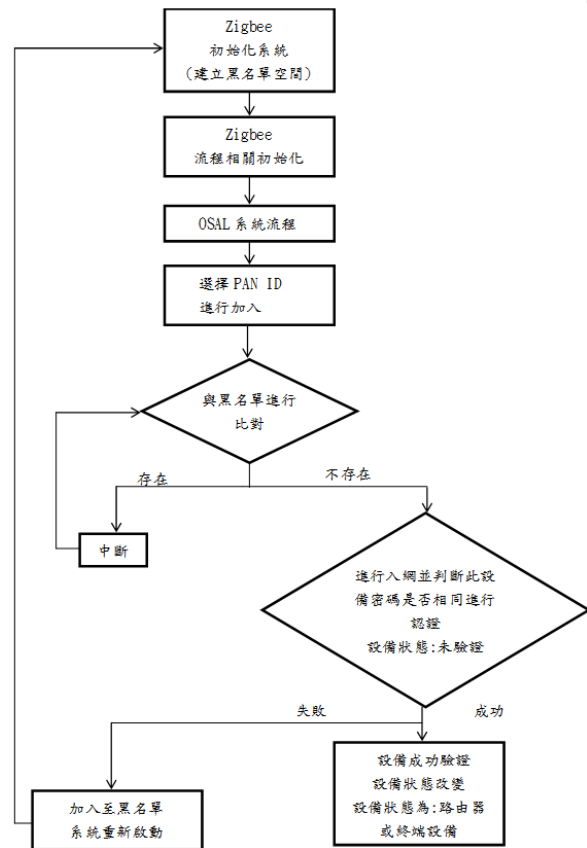


圖 9 黑名單建立流程圖

首先我們必須判斷黑名單是否存在，第一次使用時，黑名單都是不存在的，因此必須先初始化並且存儲，將黑名單放置在 flash 記憶體中，之後在 OSAL 流程中 Zigbee 將會搜尋附近區域的網路並且選擇要加入之網路的 PAN ID，此時將與黑名單做資料比較，判斷此 PAN ID 是否已記錄在黑名單中，假設該設備未存在黑名單中則進行加入網路之動作，進行開始驗證假如驗證通過了那麼則將設為狀態更改為路由器(Router)或是終端設備(End Device)，假如驗證失敗除了自動退出網路外，也會將此協調器的 PANID 紀錄到黑名單中並且重新啟動系統，而在下次搜尋網路時就會發現此 PAN ID 已存儲到黑名單中，因此不會再選擇此 PAN ID 做入網的動作。建立黑名單功能可以達成節點設備將會選擇正確的協調器之目的。

4.3.3 密碼建立

Zigbee 協議中密碼的部分本身是在初始化，也就是在程式撰寫中就必須設定完成的，一般來說在燒錄至模組上時密碼就已經設定好了，因合作廠商的要求我們研究了 Zigbee 協議中底層初始化的部分，並將原始碼做修改，可

以達到儘管程式已經燒錄至模組中也可以更改密碼之目的。

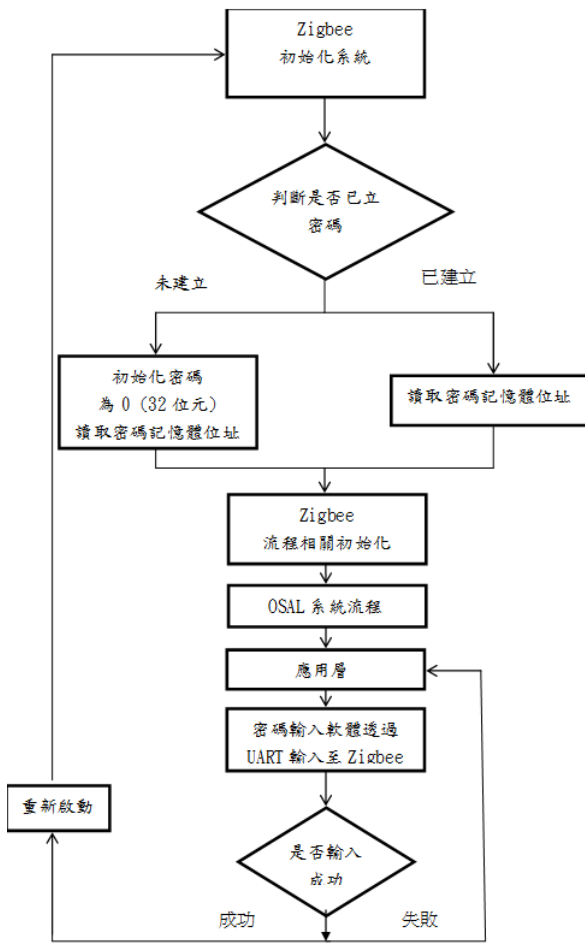


圖 10 密碼建立流程圖

需要密碼的目的在於，為了避免因訊號的強弱有可能原本要加入 A 協調器的網路卻因為在附近也有另一個 B 協調器而加入至錯誤的網路，Zigbee 在加入網路時透過啟用加密功能，在節點設備入網時，會與協調器做類似於認證的部分比較之間的密碼，若是密碼不相同除了無法通信外，此節點設備也將被認為是未經認證的設備，因此設備將會離開認證失敗的網路。

藉由我們前面所設計的黑名單功能，此設備在下次搜尋網路時將會忽略密碼錯誤的網路。如圖 11 為本開發之密碼介面圖所示，我們必須選擇連接的 port，此時選擇密碼編號以及公司名稱，這些都儲存在資料庫中，密碼長度為 16 進制長度為 32，若是寫入失敗則會顯示失敗訊息，此功能將可防止錯誤的節點設備加入至本協調器，造成空間的佔用。圖 12 為寫入失敗圖。



圖 11 密碼介面圖



圖 12 寫入失敗圖

4.3.4 使用者介面

使用者介面用於顯示設備狀態以及使使用者能夠發送命令控制指定之設備，使用者介面因廠商需求，目前提供 7 種功為、開啟、啟用、設定介面、控制、移除、編輯、設備狀態燈，圖 13 為簡化後使用者介面。

開啟:選擇 Zigbee 模組連接電腦 Port。

啟用:選擇要啟用的控制群組。

設定:設定控制的名稱以及登入設備的短地址。

控制/接收:透過指令進行設備控制並能在平常接收狀態下得知設備目前處於正常或是異常，控制部份因廠商要求只設置了兩個功能，開/關。

移除:能將已經斷電或是不在使用的設備從控制軟體中移除資料。

編輯:使用者能隨時的更改設備名稱。

設備狀態燈:燈號顯示此設備為正常或異常，紅燈:異常、綠燈:正常。

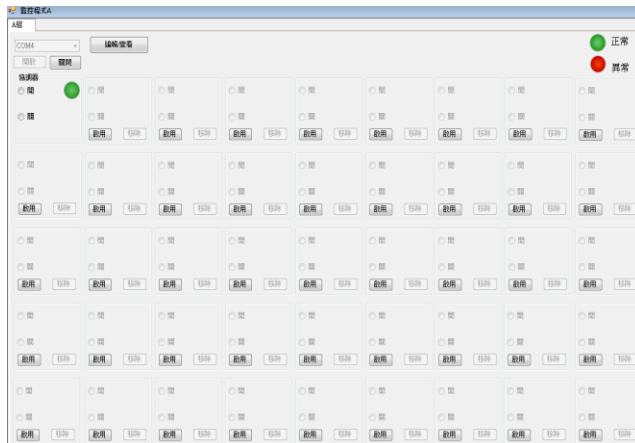


圖 13 使用者介面

5. Conclusions

本篇研究與大鳴新科技股份有限公司合作以 Zigbee 網路為基礎之大樓燈控系統開發，此系整合了多項功能，如：監控、切換網路、密碼更新、黑名單過濾等，在目前關於 Zigbee 實現應用中並無發現類似之功能，以下是本次開發系統之特點：

- 一、 黑名單過濾功能
- 二、 利用密碼更新軟體能更新 Zigbee 模組中之密碼
- 三、 簡單之控制介面，使操作變為簡單
- 四、 單一開關能控制多個設備

本研究中 Zigbee 網路中設備數量可達 65536，此外與市面上以販售之 Zigbee 產品有著：操作性簡單、配對簡化、安全性足夠、成本較低、擴充性較高等優點。

參考文獻

- [1] 李國維，無線感測網路系統之發展與應用，國立臺灣師範大學機電科技研究所碩士論文，台北市，2007.
- [2] 王小強，ZigBee 無線傳感器網絡設計與實現，化學工業出版社，2012.
- [3] 陳文杰，ZigBee 無線感測網路應用程式介面設計與實作，碩士論文，國立政治大學資訊科學系，台北市，2011.