

# 基於 ZigBee 無線感測網路智慧型居家節能照明管控系統 之設計與實作

蘇暉凱\*  
國立虎尾科技大學 電機工程系

張鈞皓

李尚軒  
國立高雄應用科技大學 電機系

林政翰

hksu@nfu.edu.tw\*

## 摘要

近年來由於台灣能源日益枯竭，節約能源已經成為重要的議題之一，照明管控系統電能的消耗為其中的一種。為了減少電能使用上的浪費，因此有效率的管控可以減少電能的消耗，達到節能省電的效果。市面上照明管控系統大多以有線網路為主，但是佈線的成本高、擴充照明管控系統時必須花費佈線的費用，所以無線網路為另一個較好的選擇，以無線取代有線不但可以節省成本，照明管控系統擴充和移動彈性也比較大。因此本文選擇無線網路技術來做為照明管控系統的資料傳輸使用，整合 Android 嵌入式系統平台、紅外線和光敏感測裝置，應用於白光 LED 燈上，設計一個可以自動管控開、關和調光的照明管控系統，以節省電能的浪費並且提高電能的使用效率。使用者外出時候可以透過平板電腦、智慧型手機和筆記型電腦，遠端網頁登入到 Android 嵌入式系統平台上，隨時了解照明管控系統目前的情況，提供給使用者一個方便管理照明管控系統的方法。

**關鍵詞：**ZigBee, Wireless Network, Android, Smart Home。

## 1. 導論

隨著科技不斷的快速發展，已開發的國家電能使用需求不斷提高，從家庭、公共場所和商業大樓，在電能的消耗上是非常龐大，因此在大量能源消耗上，使得地球資源逐漸消耗殆盡，能源的節約上變得極其重要，而日常使用的照明管控系統主要是由人來操作使用，有時因人為的疏忽，導致照明管控系統在無人情況時還持續耗

電，缺乏系統性的管理，容易造成大量電能消耗。

目前無線網路技術應用的領域非常的廣泛，現有的無線網路技術包括 ZigBee[1]、Bluetooth[2]和 Wi-Fi[3]，在無線網路部分都有屬於自己應用的領域。由於 ZigBee 具有低成本、低功耗和支援大量網路節點，與本文所需要的功能較符合，最後本文以 ZigBee 無線網路技術為最佳的選擇。

本文基於 ZigBee 無線感測網路，提出一個照明管控系統，整合 ZigBee 無線感測網路、Android 嵌入式系統平台、紅外線和光敏感測裝置，應用在白光 LED 燈上。本文 ZigBee 無線感測網路資料傳輸採用點對點方式，網路啟動之後，ZigBee 無線感測網路資料會透過 RS232 傳輸到 Android 嵌入式系統平台上，使用者可以透過螢幕了解目前照明管控系統的使用情形，並且提供一個遠端網頁登入部分[4]，使用者可以透過筆記型電腦、智慧型手機和平板電腦遠端網頁登入到 Android 嵌入式系統平台上，隨時了解照明管控系統的使用情形。

下一章節將介紹相關研究，第三章為系統架構設計部分，第四章為系統實作部分，第五章為結論。

## 2. 相關研究

### 2.1 ZigBee 技術

IEEE 802.15.4 為無線個人區域網路 (Wireless Personal Network, WPAN) 群組下的一個分支，並於 2002 年由 IEEE802.15.4 小組負責制定實體層 (Physical Layer, PHY) 和媒體存取控制層 (Medium Access Control

Layer, MAC)之標準規範。而 ZigBee 無線通訊的協定架構，由 ZigBee Alliance 所制定並建構在 IEEE 802.15.4 之上的協定。

ZigBee 一共分為四層，分別為實體層 (Physical Layer)、媒體存取控制層 (Medium Access Control Layer)、網路層 (Network Layer) 和應用層 (Application)。

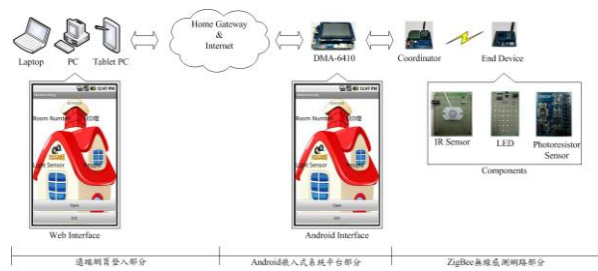


圖 1 系統架構

## 2.2 Android

美國 Google 公司在 2007 年 11 月推出 Android[5] 作業系統開放平台和宣佈成立開放手機聯盟 (Open Handset Alliance, OHA)[6]，這個聯盟組織支持 Google 公司所推動的 Android 手機操作系統和相關的應用軟體。這個聯盟組織除了美國 Google 公司以外，還包括手機開發製造商、手機晶片廠商、電信公司和應用軟體開發公司。而 Google 所發佈的 Android 版本非常迅速，以每半年的速度推出一個新的版本。

Android 系統架構一共分為四層[7]，分別為 Linux 作業系統核心 (OS Kernel) 和各類驅動程式 (Drivers)、Android 各類的程式庫 (Libraries) 和執行作業環境 (Runtime)、應用程式開發平台 (Application Platform) 以及應用程式 (Application)。

## 3. 系統架構

本文提出 ZigBee 無線感測網路[8-15] 和 Android 嵌入式系統平台應用於照明管控系統，其系統架構如(圖 1)所示。ZigBee 無線感測網路資料傳輸採用點對點方式。系統架構一共分為三大部分，第一部分為 ZigBee 無線感測網路部分，主要包含一個 Coordinator 和 End Device，而 End Device 又包含三個應用裝置，分別為紅外線感測裝置、光敏感測裝置和白光 LED 燈。第二部分為 Android 嵌入式系統平台部分，包含一個 Android 應用程式[16-17]。第三個部分為遠端網頁登入部分，包含一個 Android 應用程式。下面小節將針對系統架構做解說。

## 3.1 Coordinator 和 End Device

本文 ZigBee 無線感測網路資料傳輸方式採用點對點方式。Coordinator 負責一開始建立網路，允許 Router 或是 End Device 加入或離開網路。接著 Coordinator 會啟動綁定的動作，之後 End Device 開始嘗試和 Coordinator 進行綁定的動作，如果 Coordinator 和 End Device 綁定失敗，則會持續進行綁定的動作直到綁定成功。綁定成功之後，Coordinator 和 End Device 才會各自開始進行自己的工作，Coordinator 和 End Device 網路的建立和綁定流程如(圖 2)所示。

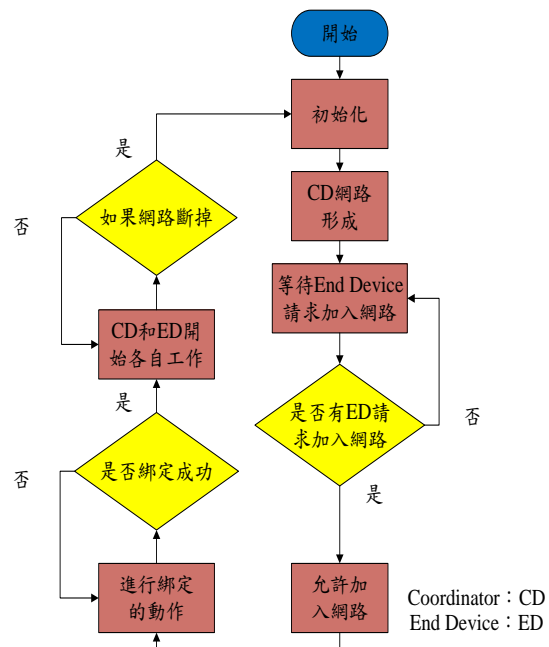


圖 2 Coordinator 和 End Device 網路建立和綁定流程圖

### 3.2 紅外線感測裝置

紅外線感測裝置主要負責的工作為感測目前環境是否有人，如果感測到目前環境有人的時候，會發送 High 的訊號，如果感測到目前環境沒有人的時候，會發送 Low 的訊號。這些感測值最後都會發送到 End Device 來做後續的動作，本文設定 End Device 固定每 5 秒向紅外線感測裝置接收一次感測值。紅外線感測裝置動作流程如(圖 3)所示。

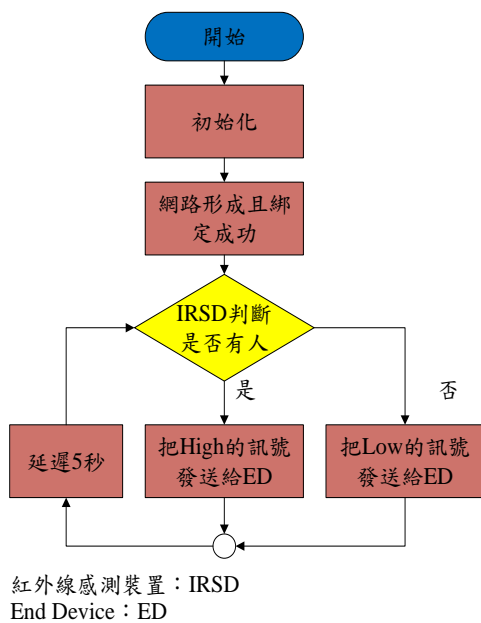
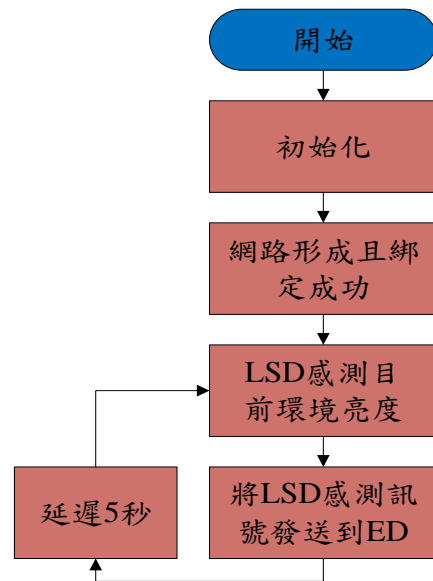


圖 3 紅外線感測裝置動作流程圖

### 3.3 光敏感測裝置

光敏感測裝置主要負責的工作為感測目前環境亮度的大小，以一個參考電壓 3V 做為基準，分辨率為 8 位元，環境亮度越大電阻值越大，感測值就越大，環境亮度越小電阻值越大，感測值就越小，感測值範圍從 0V 到 2.1V，0V 表示目前環境亮度最暗，2.1V 表示目前環境亮度最亮，這些感測值最後會發送到 End Device 來做後續的動作，本文設定 End Device 固定每五秒向光敏感測裝置接收一次感測值。光敏感測裝置動作流程如(圖 4)所示。



光敏感測裝置：LSD  
End Device：ED

圖 4 光敏感測裝置動作流程圖

### 3.4 白光 LED 燈

白光 LED 燈處於等待的狀態，等帶 End Device 下控制命令，End Device 會根據紅外線感測裝置和光敏感測裝置所接收到的感測值，來控制 LED 燈的開、關和調光的動作。白光 LED 燈調光亮度大小一共分為四個階段，分為全亮、次亮、半亮、微亮和關閉。白光 LED 燈的動作流程如(圖 5)所示。

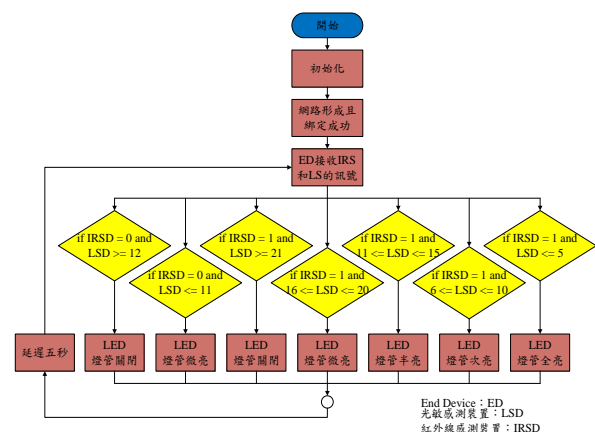


圖 5 白光 LED 燈動作流程圖

### 3.5 Android 嵌入式系統平台

Android 嵌入式系統平台主要工作室負責從 Coordinator 透過 RS232 傳輸線所發送過來的感測值顯示在 Android 應用程式上，使用者就可以在 Android 嵌入式系統平台的螢幕上看到目前照明管控系統的使用情形，螢幕上會顯示 Room Number、白光 LED 燈的使用情況、光敏感測裝置的感測值和目前環境是否有人這些訊息。

### 3.6 Android 遠端網頁登入

Android 遠端網頁登入部分本文使用一個 Android 應用程式，它可以提供一個遠端網頁登入的介面。使用者可以透過筆記型電腦、平板電腦和智慧型手機的網頁瀏覽器，輸入 Android 嵌入式系統平台的 IP 位址，就可以遠端網頁登入到 Android 嵌入式系統平台上，使用者就可以遠端知道照明管控系統的使用情形。

## 4. 系統實作

### 4.1 紅外線感測裝置實作

紅外線感測裝置資料如(圖 6)所示。型號為 PIR-801，紅外線感測裝置供應電源採用 5V、電流 1A 的變壓器供給，輸出訊號會發送到 End Device 的 GPIO P1\_2 上，接地腳位和 End Device 上的腳位共接，這樣 End Device 才可以接收到紅外線感測裝置所發送的訊號。

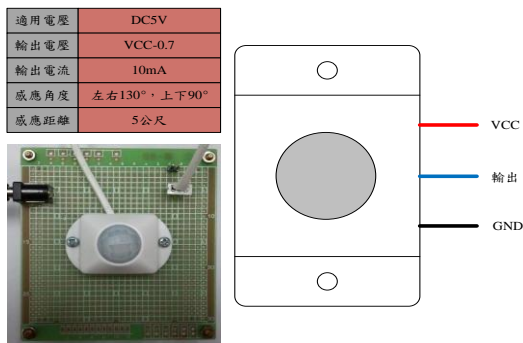


圖 6 紅外線感測裝置資料圖

### 4.2 光敏感測裝置實作

光敏感測裝置資料如(圖 7)所示。型號為 TPS851，由 TOSHIBA 所製造的 SMD 型光電 IC，光敏感測裝置供應電源使用兩顆 1.5V 電池供給，輸出訊號會發送到 End Device 的 GPIO P0\_6 腳位上，接地腳位和 End Device 腳位共接，這樣 End Device 才可以接收到光敏感測裝置所發送的訊號。

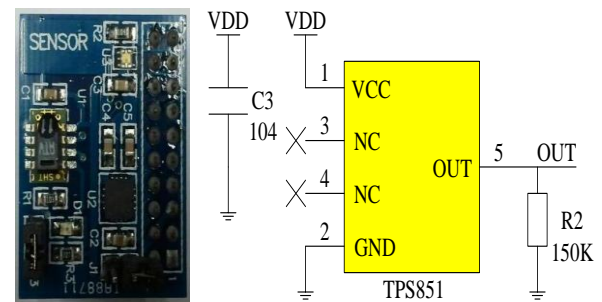


圖 7 光敏感測裝置資料圖

### 4.3 白光 LED 燈實作

白光 LED 燈資料如(圖 8)所示。由 36 顆 LED 燈串聯組成，每顆白光 LED 燈電壓 3V、電流 20mA，供應電源使用交流電 110V 經過橋式整流轉換成直流 110V 來使用。中間為光耦合開關 IC，型號為 PC847，主要作用為白光 LED 燈和 End Device 之間的電壓隔離保護，避免白光 LED 燈端的電壓跑到 End Device 端，造成 End Device 的損毀。白光 LED 燈和 End Device 兩邊必須同時運作，光耦合開光 IC 才會導通，。而 ZigBee 的 GPIO P2\_2 白光 LED 燈的開和關腳位，本文接上一顆型號為 C9013 的電晶體，主要功用為放大 End Device 的 GPIO P2\_2 腳位的電流，因為 End Device 的 GPIO P2\_2 腳位只提供 4mA 的電流，無法驅動光耦合開關 IC 所需要的最低驅動電流 20mA，因此本文接上一顆電晶體來放大 End Device 的 GPIO P2\_2 腳位電流，來驅動光耦合開關 IC。

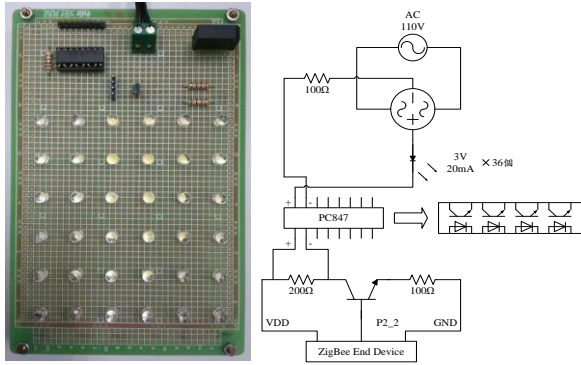


圖 8 白光 LED 燈資料圖

#### 4.4 白光 LED 燈 PWM 設計

白光 LED 燈 PWM 調光設計[18-20]如(圖 9)所示。撰寫一個程式碼來達到 PWM 調光的目的是，本文設計一個 Timer 的大週期為 4ms，其中又分為 4 個 1ms 的小週期，利用 on 和 off 的快速切換來達到調光的效果。由於時間非常的快速，所以人眼幾乎看不到 on 和 off 切換實所帶來的閃爍問題。

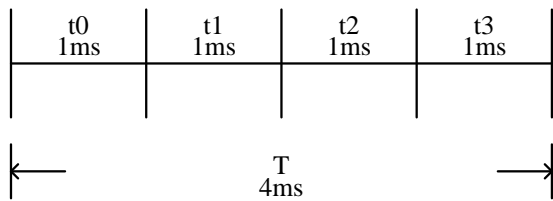


圖 9 白光 LED 燈 PWM 調光週期

#### 4.5 ZigBee 無線感測網路實作

Coordinator 網路形成時候 D3 黃色 LED 燈會被點亮，當 D2 綠色 LED 燈點亮時候代表啟動綁定的動作，如(圖 10)所示。當網路斷掉時候則會進行重新建立網路，這時候 D3 會變成閃爍的狀態，接著 D2 就會關閉，直到重新建立網路之後，綁定動作才會再次啟動，這時候 D3 和 D2 又會重新被點亮。

當 Coordinator 網路形成和綁定動作啟動之後，End Device 就會請求加入網路和請求進行綁定動作，當成功請求加入網路之後，D3 黃色 LED 燈會被點亮，之後進

行請求綁定，當綁定成功時，D2 垃圾 LED 燈會被點亮，如(圖 11)所示。當網路斷掉時候會進行重新加入網路，這時候 D3 會變成閃爍的狀態，接著綁定就會消失，D2 就會關閉，直到重新加入網路之後，檔定動作才會再次啟動，這時候 D3 和 D2 就會再次被點亮。



圖 10 Coordinator 網路形成和綁定啟動情況

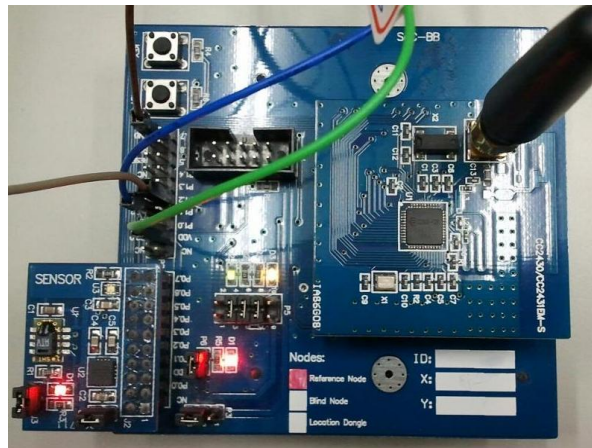


圖 11 End Device 加入網路和綁定啟動情況

#### 4.6 Android 應用程式實作

Android 應用程式撰寫環境本文使用 Eclipse 軟體來撰寫 Java 程式。Android 板本文 2.1 版本，將寫好的 Java 成式進行編譯之後會產生一個.apk 檔，再把檔案複製到 SD 卡，之後就可以在 Android 嵌入式系統平台上安裝，安裝完成之後如(圖 12)所示，可以看到畫面顯示出 ZigBee 無線感測網路所發送過來的感測值。



圖 12 Android 應用程式介面



圖 14 遠端網頁登入介面

#### 4.7 遠端網頁登入介面實作

遠端網頁登入部分本文使用一個 Android 應用程式，但是應用程式本身有 Root 權限的限制，因此必須解除 Root 權限才可以使用。安裝完之後開啟，可以自行設定密碼，如(圖 13)。接著必須開啟 Android 嵌入式系統平台的網路功能，之後點選 Start 按鈕，應用程式會自動配置一個 IP 給使用者。之後使用一台 PC 開啟網頁輸入 IP 位址和密碼之後就可以遠端網頁登入到 Android 嵌入式系統平台上，如(圖 14)所示。使用者可以遠端操作和了解照明管控系統目前的情況。



圖 13 遠端網頁使用說明

#### 5. 結論

本文提出以 ZigBee 無線感測網路和 Android 嵌入式系統平台應用實照照明管控系統。設計一個能夠節能省電且自動管控的照明管控系統，並且能夠依照目前環境亮度的大小來做 PWM 調光的動作，藉以有效改善電能的浪費並且提升電能的使用效率，在離開環境時能夠透過自動管控的方式，比傳統的手動管控的方式來的方便許多，即使外出時後依然可以遠端網頁登入，了解照明管控系統的使用情況，未來利用本論文技術，結合如雲端系統的機制，可擴充監控電器與遠端遙控部分，使其更融入生活，帶給使用者便利的服務。

#### 6. 參考文獻

- [1] ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/>
- [2] Bluetooth, <http://www.bluetooth.com/Pages/Bluetooth-Home.aspx>
- [3] Wi-Fi Alliance, <http://www.wi-fi.org/>
- [4] SmartDog Studio, <http://smartdogstudio.blogspot.tw/>
- [5] Android, <http://www.android.com/>
- [6] Open Handset Alliance, <http://www.openhandsetalliance.com/>
- [7] 林誠, “Google Android 應用程式開發

- 實戰,” 基峯資訊股份有限公司, Sept. 2011.
- [8] Z. X. Wang, Z. Y. Liu, L. X. Shi, “The Smart Home Controller Based on ZigBee,” 2nd International Conference on Mechanical and Electronics Engineering(ICMEE), 2010. pp. V2-200-V2-302, 1-3 Aug. 2010.
- [9] D. M. Han, J. H. Lim, “Smart Home Energy Management System using IEEE 802.15.4 and ZigBee, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010. pp. 1403-1410, Aug. 2010.
- [10] I. A. Zualkernan, A. R. Al-Ali, M. A. Jabbar, I. Zabalawi, I. Wasfy “ InfoPods:ZigBee-Based Remote Information Monitoring Devices for Smart-Homes,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2009. pp. 1221-1226, Aug. 2009.
- [11] D. M. Han, J. H. Lim, “Design and Implementation of Smart Home Energy Management Systems based on ZigBee,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010. pp. 1417-1425, Aug. 2010.
- [12] Y. Zhao, W. X. Sheng, J. P. Sun, W. J. Shi, “Research and Thinking of Friendly Smart Home Energy System Based on Smart Power,” International Conference on Electrical and Control Engineering(ICECE), 2011. pp. 4649-4654, Sept. 2011.
- [13] C. L. Wu, L. C. Fu, “Design and Realization of a Framework for Human-System Interaction in Smart Homes,” IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, 2012. pp. 15-31, Jan. 2012.
- [14] X. Gao, L. Zhao, “Research and Design of Smart Home System Based On Zigbee Technology,” International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence(AICI), 2010. pp. 290-293, Oct. 2010.
- [15] D. M. Yan, Z. G. Dan, “ZigBee-based Smart Home System Design,” 3rd International Conference on Advanced Comouter Theory and Engineering(ICACTE), 2010. pp. V2-650-V2-653, Aug. 2010.
- [16] M. Fahim, I. Fatima, S. Y. Lee, Y. K. Lee, “Daily Life Activity Tracking Application for Smart Home using Android Smartphone,” 14th International Conference on Advanced Communication Technology(ICACTION), 2012. pp. 241-245, Feb. 2012.
- [17] K. J. Patel, S. Vijay Anand, S. P. Sumant Kumart, “A Robust QoS framework on Android for Effective media delivery to DLNA Enable Home Gateway in Smart Home Environment,” IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Information Security(WCNIS), 2010. pp. 217-222, Jun. 2010.
- [18] L. Svilainis, “Comparison of the EMI Performance of LED PWM Dimming Techniques for LED Video Display Application,” Journal of Display Technology, 2012. pp. 162-165, Mar. 2012.
- [19] C. Zheng, W. S. Yu, J. S. Lai, H. B. Ma, “Single-Switch Three-Level Boost Converter for PWM Dimming LED Lighting,” IEEE Energy Conversion Congress and Exposition(ECCE), 2011. pp. 2589-2596, Sept. 2011.
- [20] D. Gacio, J. Garcia, M. J. Crespo, J. M. Alonso, L. Campa, M. Rico-Secades, “PWM Series Dimming for Slow-Dynamics HPF LED Drivers: the High-Frequency Approach,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2012. pp. 1717-1727, Apr. 2012.