

LED Street Light Control System (LSLCS)

專題組員：張景棠，董其璋，李劭聰，林俊皓

專題編號：PRJ-NTPUCSIE-101-010

執行期間：2012年7月至2013年6月

國立臺北大學 資訊工程學系

一、簡介

在近年來倡導節能減碳的趨勢下，多數路燈已經更換為 LED 路燈。但現今的 LED 路燈所能做到的節能還有進步的空間，如果能夠根據各個不同地區、路段的實際需求，給予不同的亮度，並且改善目前的路燈回報及維修系統，不僅能夠更為節能，也能讓路燈發揮它應有的功用。

為了達到這些效果，首先要有能夠管理所有路燈的系統，統整資料的資料庫，以及使維修人員能夠更容易找到損壞的路燈所需要的工具。

因此我們作了路燈的監控系統、雲端的資料庫、便於操作的網頁界面以及維護人員所使用的手機 APP。以下將分別針對實作這些所需要的技術，實作裡所用的架構，實作的內容及成果以及未來目標分別介紹。

二、背景以及相關技術

在這個章節中，我們會介紹使用到的部份技術，像是 PLC 以及開發平台，以及現存的相關技術。

A. Power Line Communication

藉由將乙太網路的訊號附加到交流電訊號上，來進行有線網路的通訊。利用此技術可以不需要架設網路電纜，僅需 PLC 模組及電源線即可架構網路。缺點是訊號會衰減，因此有距離的限制。

B. ARM-based Embedded Platform

利用低功耗的嵌入式平台，兼具節能減碳的效果的同時，也利於開發整體架構。在該平台上以 C++ 設計出整體架構以及 LED 模組的控制程序。

C. LED 模組

藉由開發版之輸出電壓，控制內部一小型 LED 觸發光耦合器，以此控制 LED 燈泡的開關。

D. 現存的相關技術

○ AcBel Polytech Inc. 的 Smart LED Street Light Control System¹，同樣由 PLC 架構網路，並使用 Repeater 加強訊號來補強 PLC 訊號衰減之問題，但有以下幾點問題：

1. 不具備管理及維護導航的 APP
2. 不具階層式管理
3. 不支援無線連接雲端伺服器
4. 無錯誤偵測及通報
5. 無法動態設定及控管
6. 沒有良好的通訊協定

○ Ref.[3]中作者提出了一個數位控制多相的驅動系統，用於驅動 LED 燈，他是架構在乙太網路的通訊介面上，並且發展了一個 prototype 及驗證系統的可用性及其效能，不過也同有上述所提出的問題。

¹ <http://www.acbel.com.tw/Product.aspx?id=29&&sd=27>

- Ref.[4]利用相關 Sensor 來蒐集光的強度、LED 的電壓電流等資料，並利用 ZigBee 將資訊回傳系統，達成智慧型的控制、有效節能以及自動錯誤的偵測，但同樣有上述的部份問題。
- Ref.[5]中提出一個控制網路，能夠在 Overload 的時間點上將 LED 燈斷開，自動減少因 Overload 造成的衝擊，也能減少功率消耗、降低管理成本及監控每個路燈單元的資訊。但由於系統使用無線感測網路，透過地理路由策略(Geographic Routing Strategy)，因此不是很適合使用在一般的 LSLCS 上。
- Ref.[6]中提出利用 ZigBee 來接收控制訊息來操控路燈，但受到範圍及路燈間距所限，無法應用到大範圍都會路燈網路。
- Ref.[7]以印度現況為基準，提出利用 SMS(Short Message Service)來傳送控制命令，但這也僅僅達成了開關控制的部份而已，上述大多數的問題依然存在。
- Ref.[8]中提出以 RFID 為基礎的控制系統取代傳統路燈系統，具有穩定且低功耗的特點，但這只是簡單的機制，對於複雜的路燈網路無法達到有效的管理及維護功能。

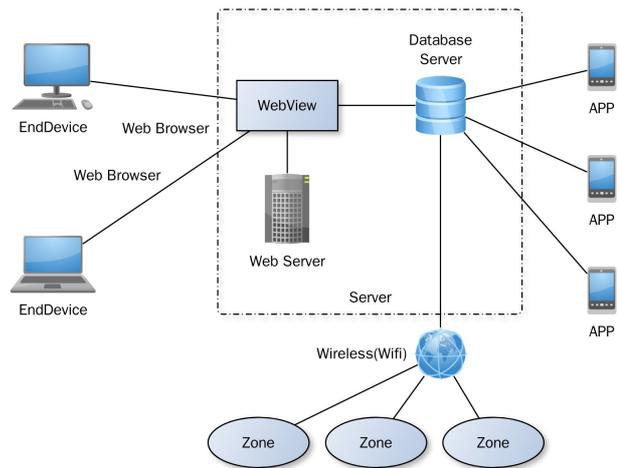


Figure.1 整體架構

整體架構(Figure.1)分為區域路燈通訊協定、雲端資料庫、管理及維護用手機 APP、遠端管理之網頁介面這四項，下面將針對以上四個部份分別介紹。

A. 區域路燈通訊協定(Zone)

為了良好的控制、管理及取得路燈資訊，通過由 PLC 所構成的網路，利用 TCP/IP 的方式，以 Step-by-Step 的方式進行資料的傳輸。

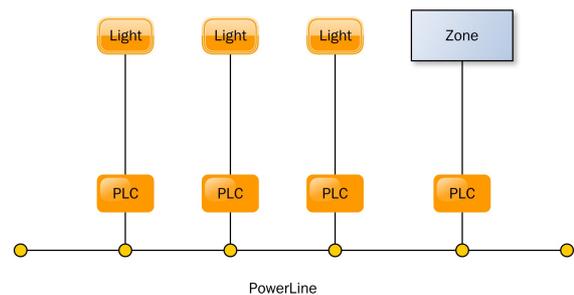


Figure.2 Zone 內部

三、系統架構

為了達成前述的目標，我們需要一個完整的架構。

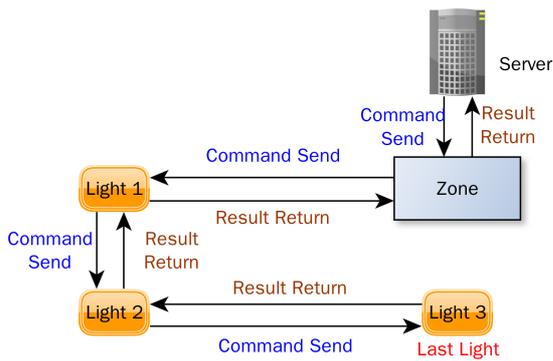


Figure.3 Step-by-Step

內有一個 ZoneController(ZC)當作區域內控制端，會通過 Wifi 自 Server 取得控制指令，並將指令傳至區域內的路燈傳送方式為依照內部一份 order 的 list 由 ZC 出發，傳至下一個

LightController(LC)，也就是 Figure.3 中的 Light1，然後由 Light1 傳送資料給 Light2，依此類推。當抵達最後一個 LC 時，會開始進行回傳，同樣的以 Step-by-Ste 的方式。在傳輸的過程中，如果有 LC 損毀或是 Offline 的話，會依據 order 的 list 再找下一個嘗試傳送。以 Figure.3 為例，若 Light2 損毀的話，在 Light1 傳送給 Light2 時會失敗，之後 Light1 會嘗試傳送給 Light3，如此一來便不會因為一個 Node 的損毀導致整體網路癱瘓。

但跨點嘗試是有限制的，其限制受到路燈間距以及 PLC 訊號衰減影響，假設路燈之間具為 30M，而 PLC 之訊號會在 100M 之後衰減至無法解析，如此一來僅能夠嘗試 3 個點而已，第 4 個點會因為距離過遠導致訊號衰減嚴重而失效。

因此，若連續損壞的 LC 過多，將其之後所有之路燈視為 Offline，以此為該路段發生重大損壞之依據。

B. 雲端資料庫

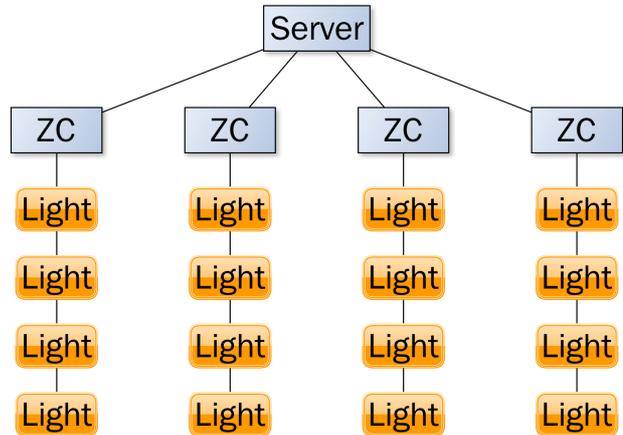


Figure.4 Zone 分區

為了能有階層性(Figure.4)的統整並管理路燈資料，需要設計一資料庫來紀錄。其中路燈的階層以一組 ID 來決定。

ID Design					
Class1(2)	Class2(2)	Class3(4)	Class4(3)	Class5(1)	LightID(4)
00	00	0000	000	0	0000
縣, 直轄市	鄉鎮市區	街, 路	巷	弄	Light

Figure.5 ID 內容

一組 ID(Figure.5)中，分為 Zone 的劃分以及 LC 本身的編號。其中前五組數字會決定屬於哪個區域(Zone)，而最後一組則是標示著該 LC 在 Zone 內的編號。而資料庫則在上述 ID 為基礎之下設計。其資料表有以下幾項：

1. Class1~5 :

按照台灣行政區之劃分，可對應至一個行政區塊，如：新北市 (Class1)三峽區(Class2)復興路 (Class3)。

2. ZoneController :

可以依照 Class1~5 來 Mapping 之

對應的 ZC。

3. Light :

紀錄著所有 Light 的 ID , IP , 狀態 , GPS 位置等等資料。

4. Broken_List :

為了加強維護 APP 以及管理的效率，所有紀錄為損壞之路燈皆會在此有所紀錄。

5. Staff :

紀錄員工的資料。

C. 管理及維護用之手機 APP

為了更為方便的管理路燈，以及進行路燈的維修，需要一隻能夠具備管理路燈並且能夠協助維修的 APP。這隻 APP 主要的功能有：

1. 員工登錄，需要登記在資料庫中之員工才能使用。
2. 損毀路燈之導航，程式會從資料庫中取得毀損路燈之列表，可以選擇並導航至該路燈。並在維修完畢之後可以更改資料庫之紀錄。
3. 新增路燈，由於需要實作導航功能，因此需要紀錄路燈之 GPS 位置，利用手機的 GPS Sensor 在新增路燈資料的同時在資料庫中寫入 GPS 位置。

D. 管理及操控之網頁介面

為了方便遠端操控、管理路燈及瀏覽路燈資訊，設計一網頁介面以供操作。

A. 區域路燈通訊協定(Zone)

可利用 Wifi 自雲端處取得指令，指令有：

1. 路燈的開關，可以指定特定路燈或是整個 Zone 內的路燈進行開或關的操作。
2. 資料取得，可以自路燈處取得有紀錄在設定檔中的資料
3. 偵測路燈狀況，可以偵測整個 Zone 中所有的路燈之狀況，狀態計有：
ON , OFF , UnConnect , Break

硬體：

- ARM-based Platform
BeagleBone Rev.A06
- PLC Module
- LED Module

B. 雲端資料庫

實作內容如架構中所述。

系統環境：

- OS : Ubuntu Server 12.04
- Database : MySQL 5.5.28

C. 管理及維護用之手機 APP

依據架構中所述，主要有以下幾點功能：

1. 員工登入系統

員工必須登入才能使用內部功能。

Figure.6 中需要輸入帳號及密碼方能登入。

四、系統實作

在以上的架構之下，我們實作出來的結果如下：



Figure.6 登入介面

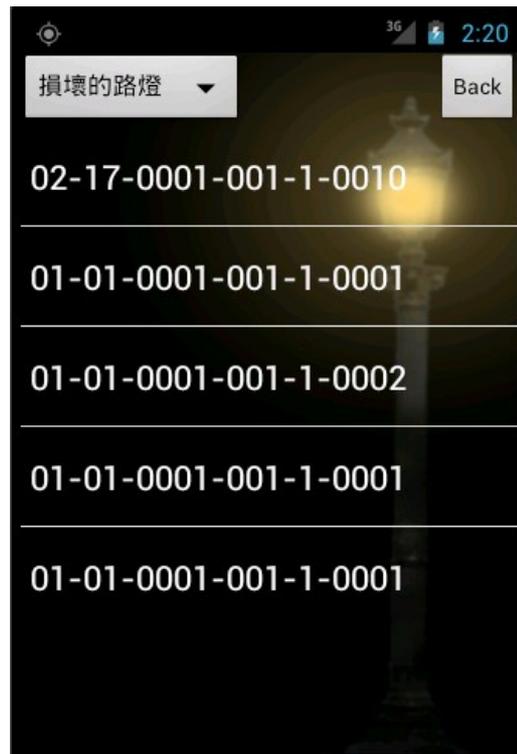


Figure.7 損壞路燈列表

2. 損壞路燈之維修

從資料庫中取得損壞路燈之資料，可以導航至該路燈，並一鍵進行資料庫之更正。

在 Figure.7 中選擇要維修之路燈，會跳出 Figure.8 中的選項，如點下導航，則會顯示出 Figure.9 的導航頁面，如點選修復完畢，則會更改資料庫之路燈狀態，並刪除 broken_list 中的紀錄。



Figure.8 選項 (導航 & 修復)

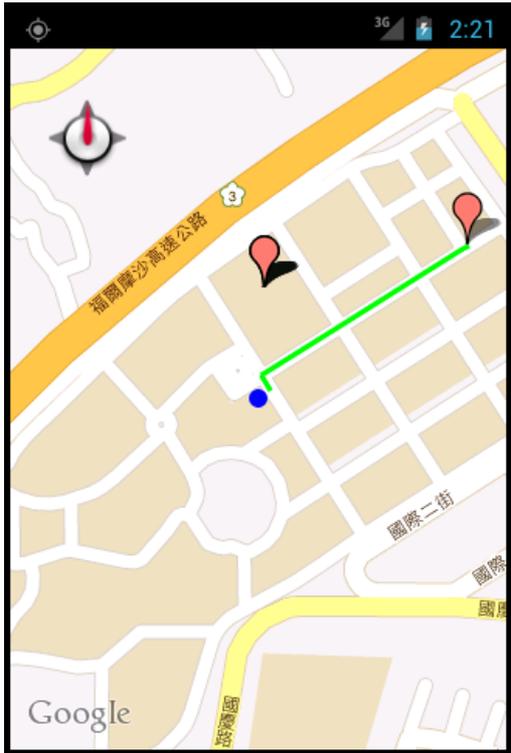


Figure.9 導航至指定的路燈



Figure.10 新增路燈

3. 新增路燈

提供介面(Figure.10)用手機新增路燈，需要手動輸入 IP，ID，在路燈序列中的位置，同時會自動添加 GPS 的訊息。

系統需求：

- Android 4.0 以上
 - GPS Location
 - Google Map

D. 管理及操控之網頁介面

此介面主要分為兩部份：

1. **Class 樹狀圖**，(Figure.11 的左側側邊欄)，依照台灣行政區可以找到特定的路燈。
2. **Light 表格與操作**，(Figure.11 的右側主要區塊)，會列出在所選擇區域中的路燈列表，並顯示其完整行政區地址、路燈編號及路燈之狀態。可以選擇部份或全部進行開關之操作。也可以在這個區域之下偵測整條路燈之狀態。



Figure.11 網頁介面

系統環境：

- OS : Ubuntu 12.04
- Front Script Server :
Apache
- Backend Script Server :
PHP

五、結論與未來工作

在這個主題之下，很多東西僅僅是做出雛型，依然有許多地方還能在加強、進步，從而達到完整的目標：竭盡所能的節能，並且有效率的管理操作所有的路燈。

在目前架構之下能夠改善的地方有以下幾點：

1. 將 Zone 與 Server 之間的通訊方式由 Wifi 改為 GPRS，現今雖然不是所有的地方都有 Wifi，但有路燈的地方幾乎都有手機訊號，也就能使用 GPRS 的通訊協定。
2. 使用較多功能的 LED 模組，如取的亮度、電壓、電流，並設定亮度等等功能。
3. 網頁介面的改良以及多語系的支援。

六、參考文獻

- [1] 經濟部能源局，《全台設置 LED 路燈技術規範》，
<http://web3.moeaboe.gov.tw>
- [2] Denardin, G.W., Barriquello, C.H.,

Campos, A., do Pardo, R.N. "An intelligent system for street light monitoring and control", 2009 Power Electronics Conference, COBEP '09.Brazilian, pp.274-278'

- [3] Po-Yen Chen, Yi-Hua Liu, Yeu-Torng Yau, Hung-Chun Lee, "Development of an energy efficient street light driving system," 2008. IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies, 2008. ICSET, 24-27 Nov. 2008, pp. 761 – 764.
- [4] Shen Limin Weng Guipeng "Design of the LED Streetlight Control System for Intelligent Community Based on ZigBee,"
- [5] Denardin, G.W., Barriquello, C.H., Campos, A., Pinto, R.A., Dalla Costa, M.A., do Prado, R.N. "Control network for modern street lighting systems," 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 27-30 June 2011, pp. 1282 – 1289.
- [6] Reinhard Müllner, Andreas Riener, (2011) "An energy efficient pedestrian aware Smart Street Lighting system", International Journal of Pervasive Computing and Communications, Vol. 7 Iss: 2, pp.147 – 161.
- [7] Viraktamath, S.V., Attimarad, G.V. "Power saving mechanism for street lights using wireless communication," 2011 International Conference on Signal Processing, Communication,

Computing and Networking
Technologies (ICSCCN), 21-22 July
2011, pp. 282 – 285.

- [8] Yu Chunyu, Kong Lingli, He Chunjiu,
Zhang Shengdong, “Design of LED
Street Lighting Control System Based
on RFID,” China Light & Lighting. 2011
-06.