

植基於 IP 技術的環境光度監控系統

王柏翔 林熾雯

國立臺中教育大學資訊工程學系

摘要

近來，物聯網的應用越來越受到歡迎。本文中，我們發展一套植基於 IP 技術的環境光度監控系統，可實現在低功耗有損網路中完成 IPv6 位址分配及路由的工作。

關鍵詞：物聯網、IPv6、RPL、低功耗有損網路、光度感測器

Abstract

Recently, IoT (Internet of Thing) applications get more and more popular. In this paper, we develop an IP-based light surveillance system with the aspects of IPv6 addressing and routing for LLN (Low power and Lossy Networks).

Keywords: IoT, IPv6, RPL, LLN, Light Sensor

1. 介紹

物聯網(Internet of Thing, IoT)定義為[1][2]將不同的環境(Surroundings)、物件(Object)、車輛(Vehicular)、人(Human)、甚至是人們所建構存在於網際網路的抽象概念所展現的系統、程式、資料庫等，透過世界有線或是無線的通訊方式連結上網際網路，達到辨識(Identification)、定位(Location)、追蹤(Track)、管理(Management)、遠端控制(Remote Control)、實現物與物(Machine to Machine, M2M)、物與人、人與人之間的通訊。IoT 常見的應用[3]包括智慧家庭、智慧電網、物流管理、遠端醫療及智慧交通等。

IoT 所面臨的問題[1]，包括物件的辨識、物件的命名、物件支援移動性、異質網路、全球性連接、

網路服務等。其中，IP(Internet Protocol)位址配予的議題[4]引起許多討論，IPv4 已不敷分配給更多的節點所使用。為了能夠使物件與物件之間，可以順利進行溝通、傳輸、收集資料等功能，使用 IPv6 的技術是必要的。

為了要讓物件裝置能在傳輸之間能夠擁有高效率的傳輸封包特性，IETF 以 IPv6 協定為基礎，發展出一套針對 IEEE 802.15.4[5]低功率、低耗電量、網路規模極大傳輸協定，即為 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)[6]。在 2009 年 IETF 工作小組設計出 RPL(IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks)[7]路由協定，適用於低功耗、低運算能力及記憶體受限制的嵌入式系統。低功耗有損網路(Low-power and Lossy Networks, LLN)[7]為階層式的網路架構。限制節點的消耗功率、記憶體容量、及消耗電量。特性包含有低封包傳送率(Low Packet Delivery Rates)、及不穩定性(Instability)。在 LLN 限制環境資源的情況底下，限制控制流量、能源消耗、延遲及封包傳輸率[8]。故必須進行路由的優化，來獲得更好的效能與更有效的資源運用。

如圖 1[9]所示，以 IPv6 為基礎所發展出的 RPL 網路架構。一個 Instance 下可包含許多 DAG (Directed Acyclic Graph)樹狀結構的架構，其中一個 DAG 的根稱為 DODAG (Destination-Oriented DAG)。特別的是，RPL 以分層的方式來進行拓樸的管理，稱為 Rank 值。Rank 值用來降低管理的複雜度，其節點的 Rank 值在樹狀圖中，越靠近 DODAG 的節點，Rank 值越小；越往 Leaf 處的節點，Rank 值越大。所支援的傳輸訊息類型可分為點對點 (Point-to-Point, P2P)、點對多點 (Point-to-MultiPoint, P2MP)、多點對點 (Mul-

tiPoint-to-Point, MP2P)三種類型。

RPL 的控制訊息有三種[7], 包括 DIO、DIS、DAO, 來建立路由表(Routing Table)。以下說明之:

- DIO (DODAG Information Object): 當 RPL 網路啟動時, 各節點開始發送 DIO 訊息, 幫助各節點加入至 DODAG 跟選擇條件較佳的父節點, 其中條件包括 OF、Metric、Rank 等。
- DIS (DODAG Information Solicitations): 當節點收到 DIO 的訊息, 會由 DIS 來對鄰居 (Neighbor) 節點來發出請求(Solicit)訊息, 接收到 DIS 的訊息節點, 便可加入此樹狀架構。
- DAO (DODAG Destination Advertisement Object): 選擇父節點之後, 子節點即可開始發送 DAO 訊息給路徑中的父節點, 目的在於隨時更新 Routing Table 的資訊。

隨著物聯網的興起, 物件數量的急遽上升, 產生兩方面的問題[10]。其一為 IP 位址[11]的分配與使用, 其二為 WSN 中缺乏一套合適的通訊標準, 由於物件的類型繁多、能力不同, 因此在不同的應用底下, 物件通訊時必須考量傳輸路徑的挑選, 來達到通訊上最大的效率。要在 6LoWPAN 環境底下支援繞送的功能, 必須符合以下要求[12], 包括使用睡眠模式來達到省電的目標、低資料控制封包 (Overhead) 成本、感測節點低記憶體需求。

本論文使用 OctopusII 感測器[13]當作物聯網中的物件, 實測光感測值及分配給各個物件一個 IPv6 的位址。

本文章節架構分為第一節介紹 IoT 以及 RPL 的背景, 第二節說明系統架構與研究方法, 第三節實測並找到合適的路程送回收集點, 感測器在不同環境所收集的感光值, 第四節最後作結論。

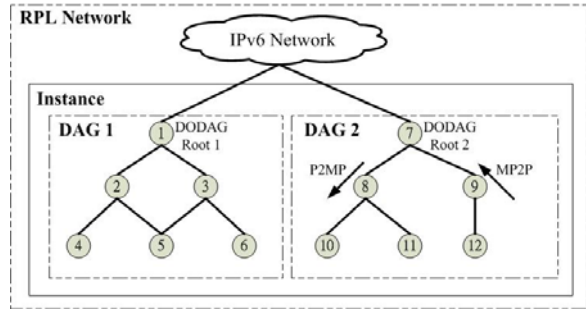


圖 1 RPL 系統模型(改編自[9])

2. 系統概要

以下介紹本文提出的系統。

2.1 系統模型

本文系統模型如圖 2 所示, 系統中包含一些感測節點(本文稱之為來源節點), 用來收集環境中欲觀察的感測資料, 目前, 本文收集環境中的感光度, 並將收集的光度資料傳送至收集(Sink)節點(本文或稱之為目的節點即 DODAG 的根節點)。收集節點透過 USB 介面連至後端的電腦主機, 並利用 SLIP (Serial Line Internet Protocol) 協定[12]觀察節點上的各項參數。

目前規劃系統的網路架構如圖 3 所示, OctopusII 的 USB 介面, 接上電腦主機之後可以用來供應 OctopusII 電量或者是與電腦溝通。因此若要讓 PC 顯示 OctopusII 所接收到的封包情況, 必須利用 Contiki 提供的 SLIP 協定來負責兩端的溝通。SLIP 能夠將 IP 的封包透過 Serial Port 將資料傳輸出去, 即可利用電腦來觀察 OctopusII 匯整資料實驗的結果。

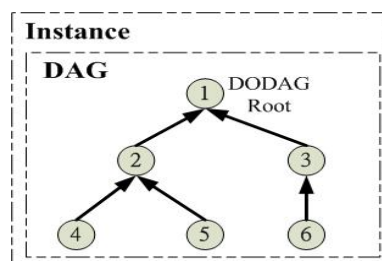


圖 2 系統模型

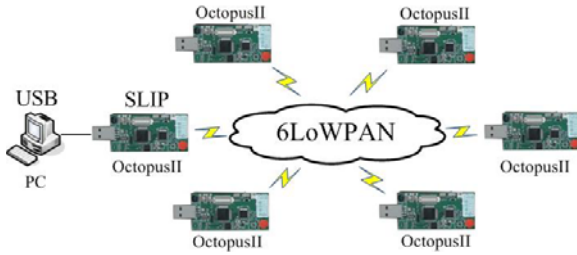


圖 3 網路架構

2.2 硬體需求

如圖 4 所示, OctopusII 感測器[13], OctopusII 有類似 Tmote Sky[14]所設計出的感測器功能, 使用的電量可由 USB 或兩顆 AA 電池來供電。OctopusII 整個平臺的核心元件是由一顆 MSP430 晶片[15]所組成。使用 FTDI[16]的橋接晶片, 與處理器 MSP430 晶片銜接, 透過這個 USB 介面, 可以直接與 PC 端做溝通的工作, 方便於燒錄程式及除錯。目前本文所使用的 OctopusII 上所搭載的感測器, 包括光線感測器等。無線通信的元件則是使用 CC2420 晶片[17], 符合 2.4GHz IEEE802.15.4 之標準的射頻收發器, 具有可靠度高、低功耗等特性。



圖 4 OctopusII[13]無線感測器

2.3 軟體需求

Contiki Operation System[18]是由瑞典科學院 Adam dunkles 為主所撰寫出來的無線感測網路的作業系統, 近年來大量使用在 WSN 與 IoT 的嵌入式系統上, 其特徵有 Event-driven Kernel、支援 Preemptive Multi-threading、COOJA Simulator、C 語言開發[19], 綜上所述特性, 目前論文採用的 Contiki OS 為 2.6 版[20]。

2.4 IPv6 位址之分配

uIPv6 Stack[21]為輕量級的 TCP/IP 協定, 相對於 IPv6 網路, 適用在能力受限的嵌入式系統。因此目前本系統選用使用此技術, 利用此協定來給予 OctopusII 的 IPv6 位址。

如圖 5 所示, 可以看到 OctopusII 已經採用 IPv6 的定址模式(以 MAC 位址為基礎所延伸出的 128 Bits 位址), IPv6 位址為 fe80:0000:0000:0000:0212:7400:13c7:8229。以 IPv6 位址來舉例說明, 如圖所示, 前半段由[22]所定義的 Link-local Prefix fe:80:00:00:00:00:00:00, 後半段則為 MAC 位址 00:12:74:00:13:c7:82:29, 最後將第五位元組 0012 進行 XOR 運算, 校正為 0212, 即可組成 IPv6 Link-local 位址 fe80:0000:0000:0000:0212:7400:13c7:8229。

```
Applications Places
root@instant-contiki: ~/contiki-2.6/examples/new-ipv6
File Edit View Search Terminal Help
root@instant-contiki:~/contiki-2.6/examples/new-ipv6# make TARGET=octopusII login
../tools/sky/serialdump-linux-b115200 /dev/ttyUSB0
connecting to /dev/ttyUSB0 (115200) [OK]
wrtline started with address 0.18.116.0.19.199.130.41
MAC 00:12:74:00:13:c7:82:29 contiki 2.6 started. Node id is not set.
CSMA contikiMAC, channel check rate 8 Hz, radio channel 26
Tentative link-local IPv6 address fe80:0000:0000:0000:0212:7400:13c7:8229
Starting 'Init stack process'
```

圖 5 Link-local IPv6 位址

2.5 建構 DAG 及路由

本系統也依據 RPL 的 DIO、DIS、DAO 控制訊息來建構感測器路由架構, 如圖 6 所示, 為本實驗實施六顆感測器所建構出的 RPL 樹狀拓模情形。

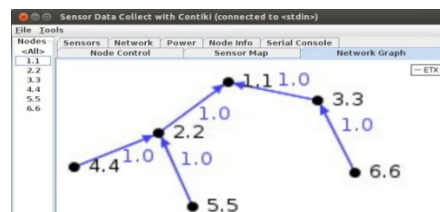


圖 6 建構 RPL 樹狀拓模

3.系統實測

如前文之圖 2 所示，網路架構在實驗中，以 RPL 樹狀結構佈署六顆 OctopusII 感測器在這個區域。IPv6 分別由表 1 顯示，收集節點 1 扮演目的節點，用來收集其他來源節點的資料；節點 2 至 6，五顆感測器，皆扮演來源節點，用來傳遞訊息給收集節點。

如圖 7 所示，Contiki OS 在網頁處輸入收集節點 1 的 IPv6 位址所出現的畫面。可以看到收集節點會感測到鄰居(Neighbors)節點為節點 2 至 6，並且建立 RPL 的路徑(Routes)。

本文實測利用 OctopusII 收集環境中之光度數值，如圖 8 所示，為室內(未開燈)的環境下，收集 10 次的光度數值，其數值介於 145-215 之間。另外如圖 9 所示，為室內(開燈)的環境下，收集 10 次的光度數值，其數值介於 355-485 之間。最後我們將感光數值整理在圖 10，在圖中顯示兩種不同環境底下，所得的平均感光值，其中室內未開燈的平均值約為 169.5；室內開燈的平均值約為 430。

本實驗證實本文設計完成的系統原型確實可以完成 IPv6 位址分配並找到適合的路徑傳送到所收集環境光度值。

表 1 IPv6 位址分配

Mote IDs	IPv6 Address
1	fe80::212:7400:13c7:8229
2	fe80::212:7400:13c7:8893
3	fe80::212:7400:13c7:7757
4	fe80::212:7400:13c7:7ccb
5	fe80::212:7400:13c7:7e11
6	fe80::212:7400:13c7:a090

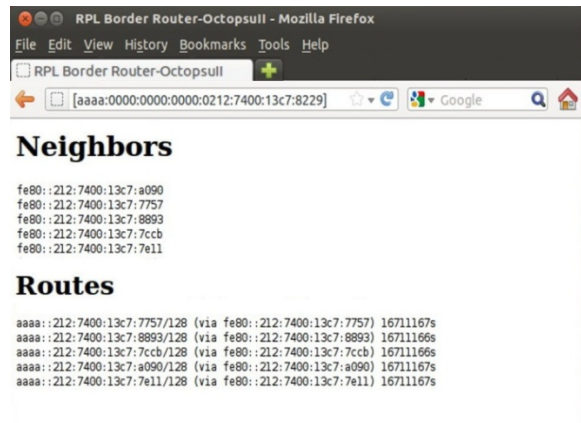


圖 7 RPL 收集節點

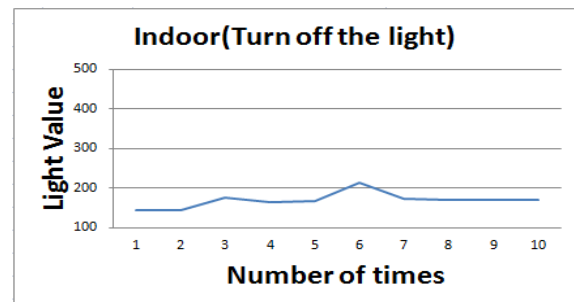


圖 8 室內未開燈感光值

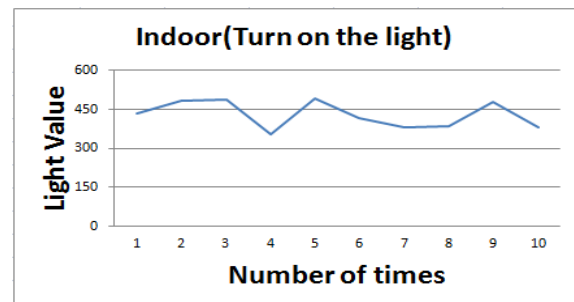


圖 9 室內開燈感光值

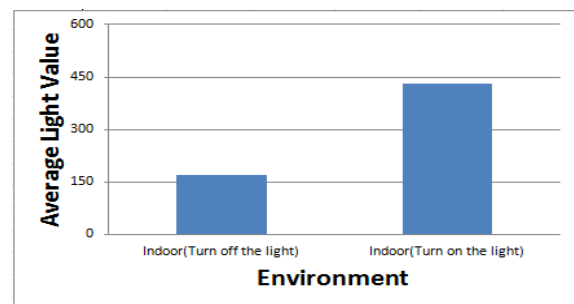


圖 10 平均感光值

4. 結論

本論文實作一個基於 IP 技術的環境光度監控系統，未來我們將以 OctopusII 實現 RPL 並實測分析各項效能。

Acknowledgement

This work was supported in part of by the R.O.C. National Science Council under grant number NSC 101-2221-E-142-006 and NSC 102-2221-E-142-007

References

- [1] G. M. Lee, J. Park, N. Kong, and N. Crespi, "The Internet of Things - Concept and Problem Statement," IETF, Internet Draft, 2013.
- [2] White Paper: Smart networked objects and Internet of Things, available at <http://www.iot-a.eu/public/news/white-paper-smart-networked-objects-and-internet-of-things>
- [3] 李達生, 翁仲銘, 彭永新, "物聯網核心技術、原理與應用," ISBN : 978-986-626-475-7, 2012.
- [4] LW-TCP/IPv6: A Lightweight TCP/IPv6 Stack for All-IP Wireless Sensor Networks, available at <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/pdf/201304-168>
- [5] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: a Survey," Elsevier Computer Networks, pp. 393-422, 2002.
- [6] G. Montenegro, N. Kushalnagar, J. Hui, D. Culler "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks," IETF, RFC4944, Sep. 2007.
- [7] T. Winter, P. Thubert, A. Brandt, J. Hui, R. Kelsey, P. Levis, K. Pister, R. Struik, JP. Vasseur, and R. Alexander "RPL: IPv6 Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks," IETF, RFC6550, Mar. 2012.
- [8] A Performance Evaluation of RPL in Contiki, available at [http://www.medieteknik.bth.se/fou/cuppsats.nsf/all/418758357c3441b8c1257aca002d2932/\\$file/BTH2012Hazrat.pdf](http://www.medieteknik.bth.se/fou/cuppsats.nsf/all/418758357c3441b8c1257aca002d2932/$file/BTH2012Hazrat.pdf)
- [9] O. Gaddour, and A. Koubâa, "RPL in a Nutshell: A Survey," Elsevier Computer Networks , vol. 56, no. 14, pp. 3163-3178, Jul. 2012.
- [10] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," Elsevier Computer Networks," vol. 54, no. 15, pp 2787-2805, Oct. 2010.
- [11] S. Deering, and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification" IETF, RFC2460, Dec. 1998.
- [12] M. Dohler, T. Watteyne, T. Winter, and D. Barthel "Routing Requirements for Urban Low-Power and Lossy Networks" IETF, RFC5548, May. 2009.
- [13] OctopusII 台灣使用者技術支援網, available at <http://163.13.128.59/>
- [14] Tmote sky Datasheet, available at <http://www.eecs.harvard.edu/~konrad/projects/shimmer/references/tmote-sky-datasheet.pdf>
- [15] MSP430 Ultra-Low-Power Microcontroller, available at <http://www.ti.com/lit/sg/slab034w/slab034w.pdf>
- [16] FTDI Website, available at <http://www.ftdichip.com/>
- [17] 2.4 GHz IEEE 802.15.4/ZigBee-ready RF Transceiver, available at <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2420.pdf>
- [18] A. Dunkels, B. Gronvall, and T. Voigt, "Contiki - a Lightweight and Flexible Operating System for Tiny Networked Sensors," Proceedings of 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, pp. 455-462, Nov. 2004.
- [19] A. K. Dwivedi, M. K. Tiwari, and O. P. Vyas, "Operating Systems for Tiny Networked Sensors: A Survey," International Journal of Recent Trends in Engineering vol. 1, no. 2, pp. 152-157, May. 2009.
- [20] Contiki-2.6, available at <http://www.contiki-os.org/>
- [21] JP. Vasseur, and A. Dunkels, "Interconnecting Smart Objects with IP :The Next Internet," Elsevier Science Ltd, ISBN : 9780123751652, 2010.
- [22] R. Hinden, and S. Deering, "Internet Protocol Version 6 (IPv6) Addressing Architecture," IETF, RFC3513, Apr. 2003.