

本實驗室研究介紹

Warren Huang-Chen Lee 李皇辰 中正大學 通訊系 教授



CCU@Taiwan 中正大學

本實驗室的研究特點

- ◆ 具可客製化嵌入式系統、整合多種感測器、通訊模組的能力。
- ◆ 具有於MCU端進行machine learning/deep learning的能力 (主要為inference)
 - 目前都是用hard-code c在MCU執行，沒有用tinyML，沒有用AI加速器。
- ◆ 具有使用embedded OS如FreeRTOS，Nordic Soft-Device、Zephyr等能力
 - 目前沒有用mbed。
- ◆ 具有客製化物聯網等級之無線通訊(BLE, LoRa等)系統的能力。

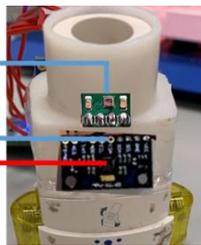
設計可判斷正確吸入藥物 之藥品吸入器

- ◆ 設計nRF52840嵌入式系統整合於傳統藥品吸入器上，能自動偵測與判斷使用者使用藥品吸入器的吸入狀況(氣壓、時間等資訊)。
- ◆ 使用感測器資訊與於深度學習演算法(inference在MCU端執行)，來進行“藥品吸入動作”正確性的判斷。
- ◆ 使用加速度計與深度學習演算法，進行吸入器“開關蓋”的動作判斷，適當時間進入休眠模式以降低系統耗電量。

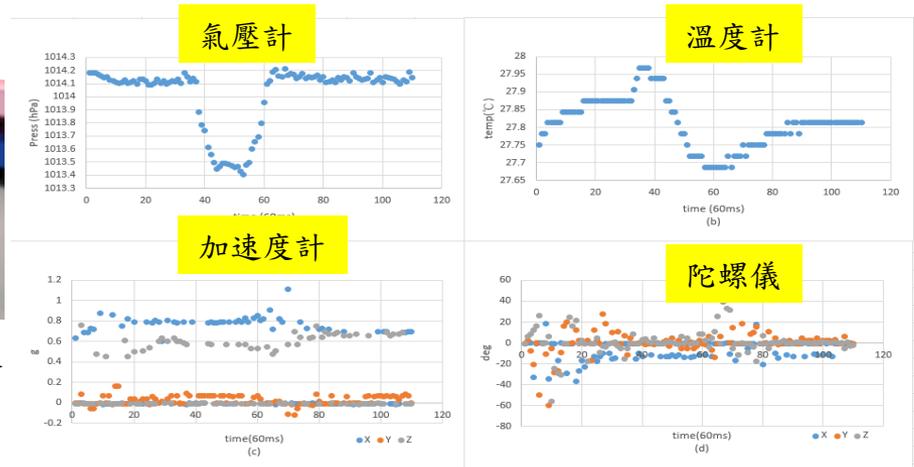


I2C

INT



整合多種感測器於吸入器上



偵測靜脈注射之藥液外滲架構

- ◆ 設計穿戴式裝置，整合多種物理現象的感測器(溫度、亮度、壓力)，進行資料融合與深度學習演算法，來判斷藥液外滲現象。

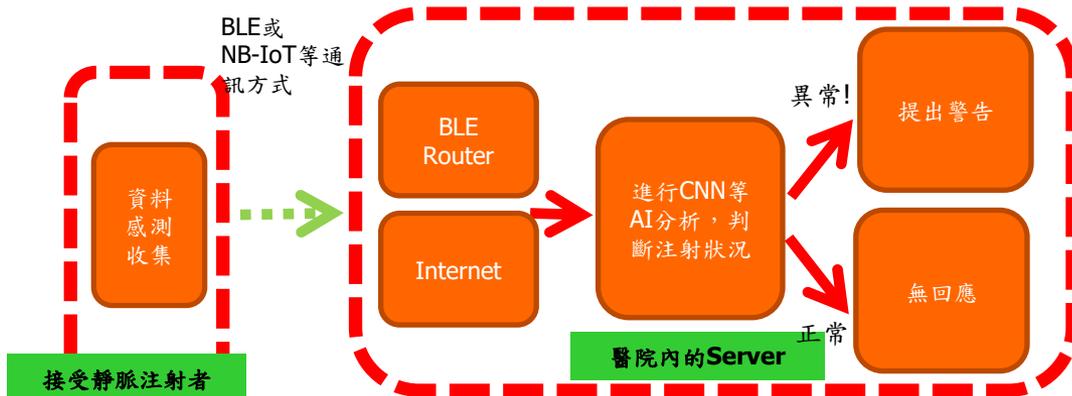
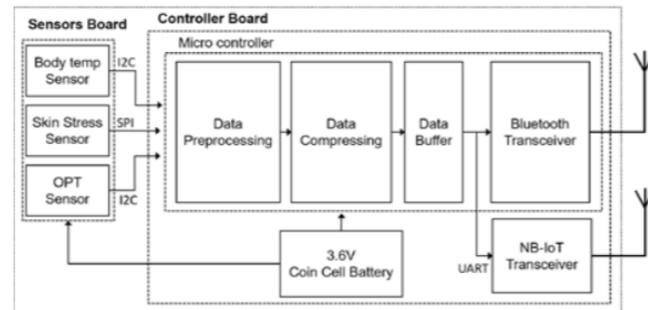
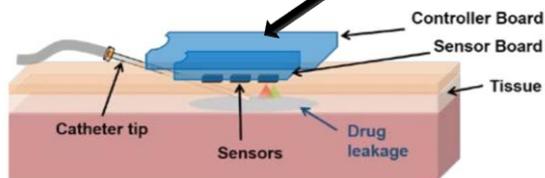
ICU常用藥品血管外滲處理建議 The New England Journal of Medicine

血管外滲，又稱漏針，是加護病房的夢魘之一，這些常用藥品不幸外滲該怎麼處理呢？請看...



資料來源 →

<http://jerryljw.blogspot.com/2017/03/suggested-treatment-options-of.html>



** 本感測器系統會以類似“貼布”的形式貼在皮膚上，靠近針頭插入皮膚內處，偵測藥液注射時的皮膚的物理現象變化，排判斷藥液是否有外滲。

低成本、以光學為基礎的飲料種類 與內含物判斷機制

- ◆ 設計以非接觸式、光學基礎的機制，來判斷飲料的種類(可樂、紅茶、白開水)或者含糖量、濃度等參數。



DEMO影片 <https://youtu.be/YAnexUTVGtI>

低成本架構機械健康狀況判斷技術

- ◆ 讓系統學習 幫浦 在各種狀況下的物理訊號 (正常、出水口異常、入水口異常等等各種“正常”或者“不正常”的運作狀況)之後，該裝置就可以透過物理訊號來分析幫浦健康狀況。

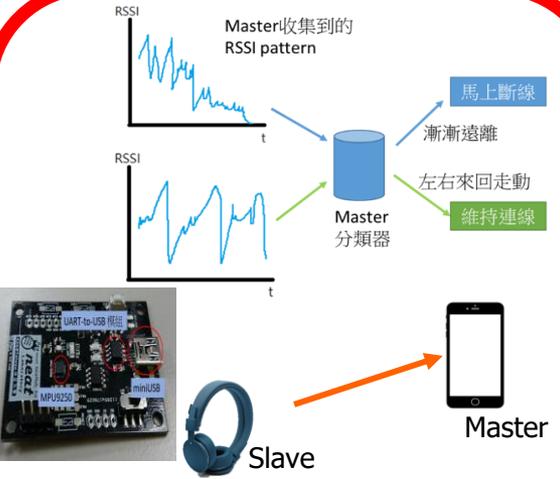


DEMO影片

<https://www.youtube.com/watch?v=EsXnJuUnR0g>

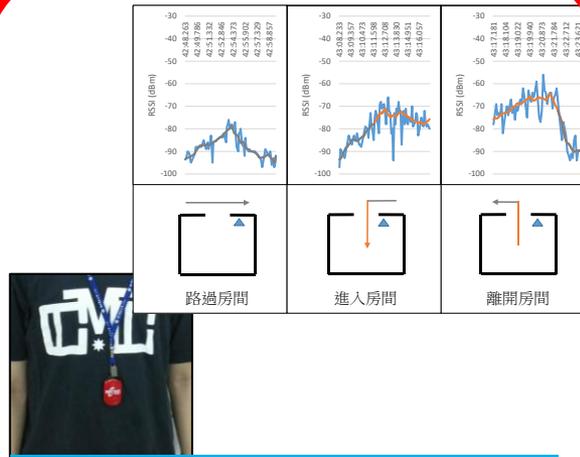
利用無線電訊號時域變化與深度學習演算法，進行人員移動、位置與行為特性分析

- ◆ 使用無線電訊號之時域(time-domain)上的變化，進行人員的各種行為分析，包含(1)移動方式、(2)位置與(3)行為。



The diagram illustrates a system for analyzing Bluetooth signal behavior. It shows a 'Slave' device (a Bluetooth headset) connected to a 'Master' device (a smartphone). The Master device is connected to a 'Master 分類器' (Master Classifier) which processes 'Master 收集到的 RSSI pattern' (RSSI patterns collected by the Master). Two graphs show RSSI vs. time (t) for different behaviors: '馬上斷線' (immediate disconnection) and '漸漸遠離' (gradual distance increase). Another graph shows '左右來回走動' (left-right movement) with a '維持連線' (maintain connection) label. A hardware board with components like MPU6250, UART-to-USB, and miniUSB is also shown.

判斷藍芽耳機之使用者行為(靜止、移動、閒置、來回走動等)



This section shows three graphs of RSSI (dBm) vs. time for different room movements: '路過房間' (passing through a room), '進入房間' (entering a room), and '離開房間' (leaving a room). Each graph includes a small schematic diagram below it. A person wearing a BLE beacon is shown in the background.

判斷穿戴BLE beacon(上面沒有任何額外的sensor)人員是否進入、離開與經過某房間



The photograph shows a hardware setup for CSI measurement. It features a multi-directional antenna array mounted on a wooden board, connected to a computer. A red circle highlights a specific component on the board.

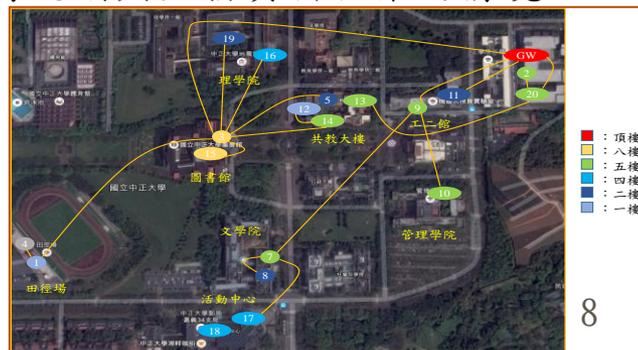
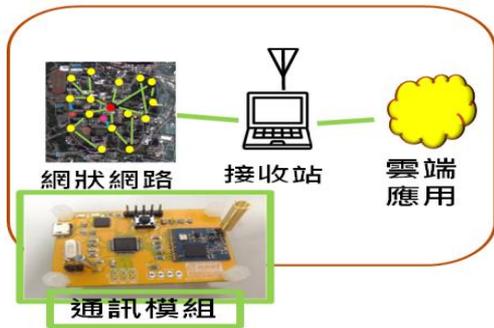
利用多重指向性天線，進行裝置射入角度(angel of arrival)與CSI量測，進行2D空間位置預測



無線/通訊相關研究

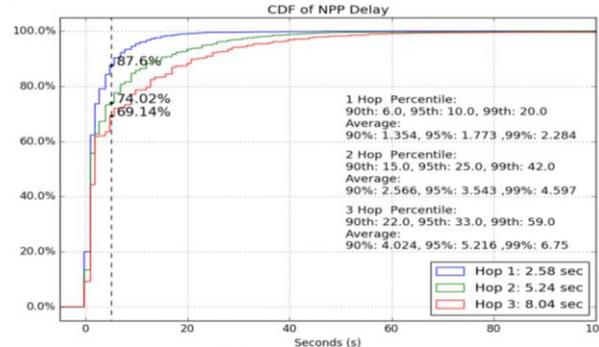
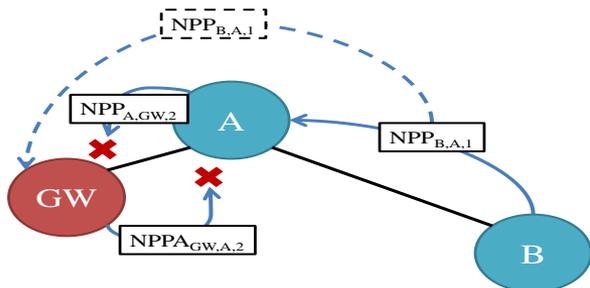
利用LoRa網狀網路，進行大範圍定期與突發資料收集

- ◆ LoRa等Sub 1-GHz無線技術具有傳輸距離較長的特性，但是對於室內等阻礙物、干擾較多的環境，仍是會有通訊不良的缺點。本研究藉由整合LoRa與網狀網路等技術，再不增加基地台成本下，大幅提高物聯網裝置的通訊品質。本研究同時針對突發狀況需要回報的情境進行分析研究，確認本架構可以支持定期與突發資料收集的情境。



** 本研究設計的LoRa通訊組可以自行建構網狀網路，藉由各個通訊模組之間互相協助可以有效提升傳輸品質。

** 於中正大學約1 km x 1 km的環境下，在每個感測器定期產生資料並且回報到接收站的情境中，本研究之架構可以將成功率從傳統星狀網路只有61%，提升到93%。



** 針對Non-Periodic Packet (NPP)突發事件封包，本研究進行傳輸協定最佳化以降低多重回報封包碰撞，造成傳輸成功率下降的問題。

** 實驗結果顯示突發事件封包NPP的傳輸成功率與延遲，和其與基地台的hop數有關係。本實驗結果呈現，5秒內69%~87%的封包都可以回傳到伺服器。且，90%的封包，可在22秒內回傳成功；99%的封包，可以在59秒內回傳到伺服器。



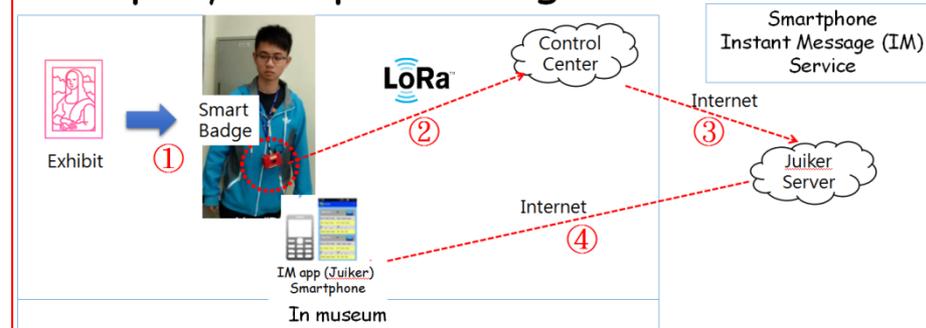
具有LoRa無線通訊功能的智慧名牌

- ◆ 旅行社等團員參觀博物館或者購物中心時，本智慧名牌可透過LoRa等無線通訊方式，收集參觀者的位置、參觀展覽品與活動量等資訊。
- ◆ 旅行社的導遊或者控制中心，可以即時分析大量參觀者的參觀喜好，並且提供參觀者(1)參觀的建議路線避免壅塞，並且投其所好建議參館展品或者商品(2)適當時間提供紀念品與相關商品的促銷訊息，提升博物館、賣場的銷售金額。
- ◆ 目前已整合Juiker App (類似Line的簡訊軟體)，可以將參觀、推銷訊息傳送到參觀者的手機上。

流程說明

1. 參觀者的智慧名牌得知參觀者參觀的展覽品、商品。
2. 智慧名牌用LoRa將參觀者偏好等資訊，回傳到控制中心。控制中心分析參觀者行為。
3. 控制中心決定傳輸訊息(參觀建議、促銷紀念品)給參觀者，將訊息透過internet傳給Juiker server。
4. Juiker server將訊息傳送給使用者的手機 Juiker App.

Step-by-Step Working Scenario



DEMO影片

<https://www.youtube.com/watch?v=p9XfrJxXu9A>

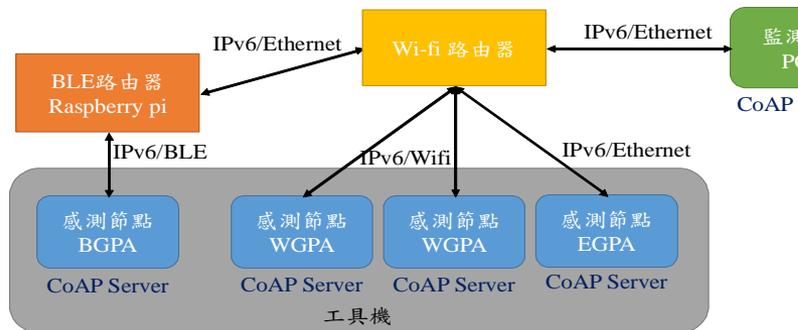
磨耗性機械元件之 無線感測系統的設計與實作

- 滾珠螺桿或齒輪箱等等機械元件，在使用時金屬和金屬之間會有些微摩擦產生件老化，導致精準度降低。
- 本計畫透過設計無線感測網路來監測磨耗性元件，並實際於機械工廠進行效能測試。
- 收集到的資料可行協助進行機械元件之“故障預測”與“壽命分析”
- 資料透過802.15.4或3G上傳到GAE進行收集分析。



於工業環境監測之CoAP架構的IP感測器網路

- ◆ 本研究想要於現今低廉且成熟的IP網路架構，並且使用CoAP (Constrained Application Protocol)來當作資料交換的格式。本研究實際設計多種感測器，包含溫度、震動與燈號等感測器，並實際於工廠環境驗證本架構的可行性。本架構的優點如下：
 1. IP的網路設備(Ethernet、WiFi、Bluetooth等)便宜且容易取得。
 2. CoAP實作於網路應用層，實作容易。複雜度低，可於低成本的感測器硬體上(如ARM M0等級的CPU)來實作。RESTful的通訊方法，簡化感測器管理與資料傳輸方法。
 3. 整合、加入新感測器非常容易，只要有辦法連上IP網路就可以交換資料。



系統架構圖



Bluetooth Smart溫度感測器 (BGPA)



Bluetooth Smart路由器



WiFi燈號感測器 (WGPA)



Ethernet震動感測器 (EGPA)

使用無線電訊號強度(RSS)於時間上差異， 進行低成本的室內定位

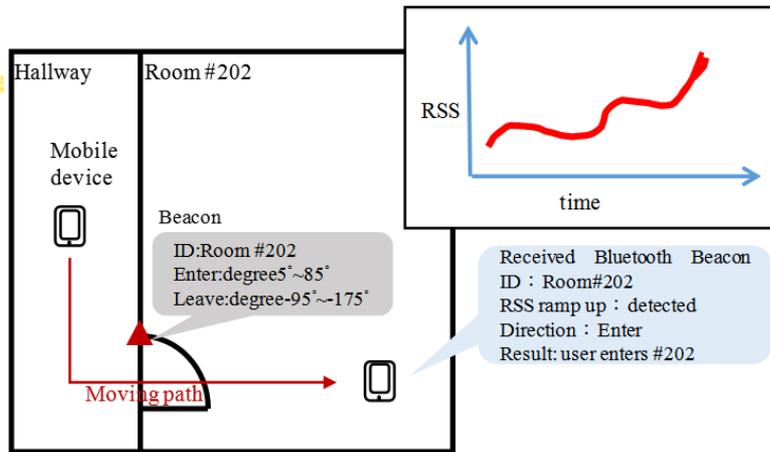


Fig. 1. The concept of the proposed method.

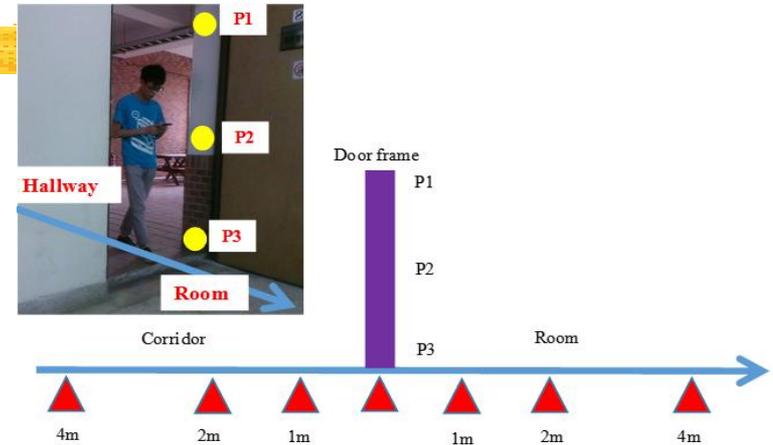
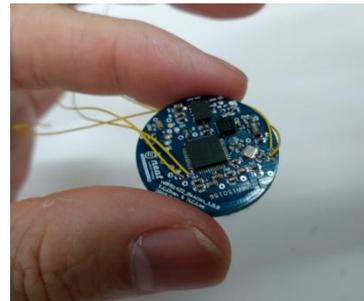


Fig. 2. Scenario 1 : Enter/leave a room/hallway

- ◆ 傳統使用手機等裝置，搭配BLE(如iBeacon等)來做室內定位，都是用RSS強度的門檻(threshold)來判斷是否靠近某個地區。但易受到手機無線電RF sensitivity與其他訊號反射等狀況影響室內定位精度，或者不停的定位跳動(無法確認到底靠近哪個地方)我們使用RSS於時間上的變化，有效避免不同手機天線性能差異導致室內定位性能不穩、不准的問題。
- ◆ Tzu-Ting Lin, Chun-Ju Lin, Chia-Min Su, Yi-Chun Lin, Huang-Chen Lee, Exploiting Temporal Variation of Received Radio Signal Strength for Indoor Human Tracking, **The 15th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2016)**, Poster Session, Vienna, Austria, April 2016.
- ◆ Hsi-Yuan Tsai, Guan-Heng Chen, Huang-Chen Lee, Using Low-Cost, Non-Sensor-Equipped BLE Beacons to Track People's Movements, **The 16th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2017)**, Poster Session, Pittsburgh, Pennsylvania, April 2017.

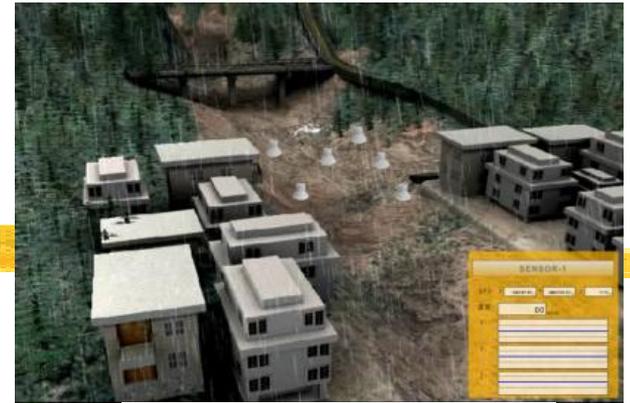
使用BLE進行極低成本室內導航與小區域廣告推送

- ◆ 以極少數BLE感測點(不用WiFi/BLE RSSI作精準定位)，即進行手機/平板系統的室內導航系統。
- ◆ BLE感測點可直接推送廣告訊息(非iBeacon架構的link架構)，手機端與BLE均不需連上internet。
- ◆ 透過此架構可以收集潛在客戶的mobility並精準推送廣告。



無線感測器架構之現象 內土石流監測系統

- 與逢甲大學地理資訊中心合作。
- 利用無線感測器低成本、低功耗等特性，開發土石流感測器並安裝於土石流潛勢溪流，監測土石流發生時的低頻振動等前兆，以期達到早期預警，並分析土石流之特性。
- 本計畫持續進行中。

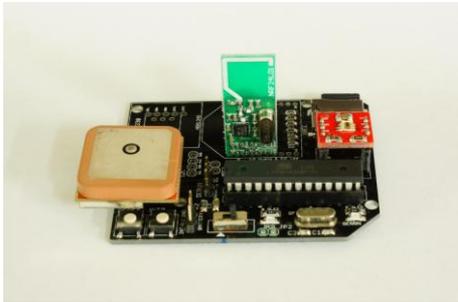


參考論文:

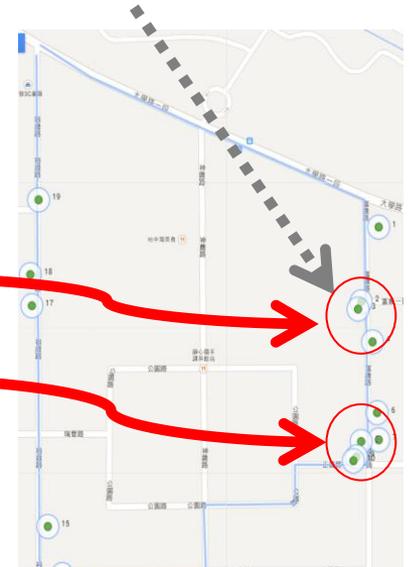
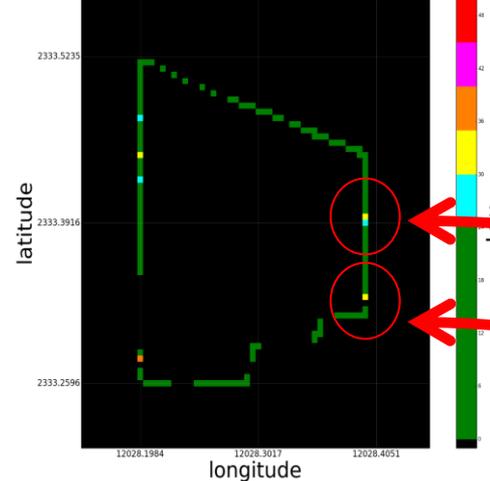
Huang-Chen Lee, Amit Banerjee, Yao-Min Fang, Bing-Jean Lee, Chung-Ta King, [Design of a Multi-Functional Wireless Sensor for In-Situ Monitoring of Debris Flows](#), *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 59, issue 11, pp 2958-2967, Nov 2010.

使用GPS+照度計產生“照明地圖”， 進行故障路燈偵測

- ◆ 把公車、計程車或民間車輛上，安裝GPS與亮度的紀錄器
- ◆ 車輛於晚上行駛時會產生各地區之**照明地圖**
- ◆ 透過尋找許多照明地圖之間，“相同位置”的亮度改變狀況，來判斷是否路燈：
 - 1.原來是好的，突然故障了
 - 2.原來是故障的，但被維修好了



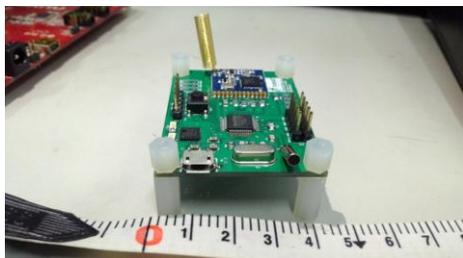
2013-08-08-133158 V.S. 2013-07-29-153631
Difference @ unit: 0.0050 Row: 53, Column: 42



* Huang-Chen Lee, Huang-Bin Huang, A Low-Cost and Non-Invasive System for the Measurement and Detection of Faulty Streetlights, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Oct 2014, Accepted.

* DEMO SITE based on Google Apps Engine ---> <http://neatximap.appspot.com/>

近期發展RF無線通訊模組



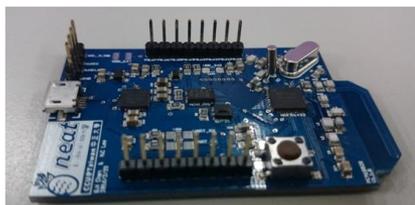
Nuvoton NUC140+Semtech SX1278
LoRa mesh network module



Nuvoton Nordic nRF24L01 + PA
+ GPS + ADXL345 + SHT22
Ultra low-power standby debris
flow sensor



Nuvoton Nano100 + ams
AS3933 wakeup receiver +
Semtech SX1278



Nordic nRF51422 +
ADXL345 + USB



Nordic nRF52832 + Semtech
SX1278 + MPU9250

歡迎用任何形式進行合作

近期研究介紹、論文 <https://tinyurl.com/huclee-research>

