

計畫編號：MOHW108-CDC-C-114-113701

衛生福利部疾病管制署 108 年委託科技研究計畫

計畫名稱：建置室內環境感測監控系統以輔助呼吸道傳染病防治

108 年度全程研究報告

執行機構：國立臺灣師範大學 資訊工程學系

計畫主持人：賀耀華

研究人員：賀耀華、唐黛玲、鄭暉勳、張哲榮、朱家緯

執行期間：民國 108 年 1 月 31 日至 108 年 12 月 31 日

研究經費：新臺幣 194 萬元整

目錄

封面	P.1
目錄	P.2
壹、摘要	P.4
一、中文摘要	P.4
二、英文摘要 (Abstract)	P.5
貳、本文	P.6
一、前言	P.6
二、材料與方法	P.7
1. 室內空氣品質感測器原型調教與異常偵測	P.7
2. NB-IoT、LPWAN 與 WiFi/LAN 評估	P.11
3. 雲端分析平台優化	P.14
4. 第一年初期場域實測	P.18
三、結果	P.35
1. 感測元件穩定性評估	P.35
2. 新增 NB-IoT 傳輸介面	P.36
3. 資料傳輸機制優化	P.36
4. 資料傳輸量優化	P.36
5. NB-IoT Band 20 頻段申請	P.36
6. 室內空氣品質感測器優化	P.36
7. 雲端分析平台建置和優化	P.37
8. 感測裝置安裝與場測	P.37
四、討論	P.38
1. 室內空氣流動模型	P.38
2. 低功率廣域網路 LPWAN	P.38
3. LPWAN v.s. WiFi	P.38
4. Sigfox v.s. NB-IoT	P.38
5. 處理器選擇	P.39

6. 室內感測器資料評估與分析	P.39
五、結論與建議	P.47
1. 發展空氣流動模型	P.47
2. 室內環境感測器佈建數量評估	P.47
3. LPWAN 之選擇及建議	P.47
4. 光與聲音感測	P.47
5. 總揮發性有機化合物 (TVOC 包括甲醛) 感測	P.48
六、重要研究成果及具體建議	P.49
七、參考資料	P.50
八、圖次	P.51
九、表次	P.53
十、附錄：包括研究調查問卷、法規及其他重要資料。	P.54
參、經費支用情形	P.58

壹、 摘要

一、 中文摘要

疫情監測為流感與呼吸道傳染病防治的重要項目，而室內空氣品質量測能忠實反映室內空氣的流動與室內外空氣的循環效果，對於流感與呼吸道傳染病的疫情監測，可以發揮防微杜漸的效果，提供科學化的證據，做為改善室內空氣品質，提升循環效果，降低疫情散播風險等需求的重要依據。在本計畫中，我們將從室內空品感測的觀點切入，開發微型的室內空品感測裝置，並且透過有策略的室內布建與感測結果的即時分析，提供智慧疫情監測使用。我們亦將引入最新的低功率廣域網路技術，降低系統建置與維運的成本，並且將設計一系列的視覺化介面與聊天機器人介面，以使用者觀點出發，量身定做貼心且高可接受度的資訊傳遞平台。最後，我們將搭配疾管署的規劃，協助進行一連串的實際場域測試與驗證，並透過實驗的結果與反思，評估未來大規模擴散本計畫成果的可行性與具體規劃。

關鍵詞：室內空氣品質、微型感測器、物聯網、雲端平台、疫情監測

二、 英文摘要 (Abstract)

Disease surveillance is essential for the control of flu and respiratory infectious diseases, and indoor air quality monitoring has been shown effective in understanding the effectiveness of airflow and circulation indoors, thereby providing a scientific metric to conduct infection monitoring and reduce the risk of infectious diseases. Thus, in this project, we propose to tackle the disease surveillance problem by developing low-cost indoor air quality monitoring devices. By strategic deployment and real-time data analysis, the system is able to yield insightful air circulation information indoors, which can be further explored for smart infection controls. We will integrate the newest low-power wide-area networks (LPWAN) technique in the system to reduce the cost in system deployment and maintenance. We will design a series of user-friendly visualization interfaces and chatbot applications to interact with users and ensure the successful delivery of infection control information. Finally, we will work closely with the Taiwan Centers for Disease Control (CDC) and conduct field experiments in the designated scenarios. Based on the evaluation results and feedbacks received throughout this study, we will evaluate the feasibility of the proposed system for disease surveillance, as well as make a concrete plan for large scale deployment in the future.

Keywords : Indoor air quality; Low-cost sensors; Internet of Things; Cloud platform; Disease surveillance

貳、 本文

一、 前言

建置室內環境感測監控系統以輔助呼吸道傳染病防治計畫是衛生福利部疾病管制署委託國立臺灣師範大學的委託研究計畫。由於呼吸道傳染疾病之傳播方式為透過空氣或飛沫傳染，藉由帶有病原體的飛沫微粒懸浮在空氣中，以直接或間接的方式接觸到被感染者，疾病因此得以傳播，而空氣中的懸浮微粒多寡，和室內的換氣及通風狀態有高度相關；為了提升呼吸道傳染疾病的防治，減少空氣及飛沫方式的傳染，本計畫以微型室內環境感測器監控室內換氣及通風狀態，並將室內環境狀態資料由感測器傳回後端雲端平台，再由後端智慧雲端平台作為輔助，達到即時監測及改善室內空氣懸浮微粒濃度。本計畫將參考目前台灣既有的微型細懸浮微粒測站－空氣盒子以及空品物聯網開展計畫的佈建經驗，以台灣各地的護理之家、長照機構以及老人照護中心為佈建場域，將室內換氣及空氣流通狀態與物聯網結合，達到呼吸道傳染疾病的防治。

表 1. 108 年度計畫完成/執行工作項目

月次 工作項目	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	第 11 月	第 12 月
室內空氣品質感測器 性能調校與異常偵測												
NB-IoT、LPWAN 與 WiFi/LAN 評估												
雲端分析平台優化												
感測裝置安裝與場測												
撰寫計畫成果報告												

二、 材料與方法

1. 室內空氣品質感測器原型調教與異常偵測

本計畫預定建立之室內環境監測系統，為了增加室內空氣品質感測器的效能，其感測的成功與否，建立在感測器的正常運作之基礎上，感測資料的準確性、各感測器間的一致性皆會影響室內環境監測系統的運作；本計畫的室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 採用中研院環變所和資訊所合作計畫所使用的二氧化碳感測器 SenseAir S8 [1] 作為二氧化碳感測器、HTU21D [4] 作為溫度、濕度及壓力感測器模組。

其次，為感測資料之處理以及傳輸，由於實驗場域為照護機構為主，傳輸訊號及電源使用量需要謹慎考慮；我們在部署後持續追蹤感測器的狀態及資料回傳狀況，並針對下列項目做更新及調教。

A. 室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 系統雛形

我們在本計畫中以開發簡易的系統模型，以及初步的外殼設計，完成的雛型系統如下圖 1、圖 2 所示。室內空氣品質感測器的 Light Sensor 擺放角度為 45 度，增加垂直擺放室內空氣品質感測器的進光量，可以感測室內光照是否足夠；我們的設計將 G3 PM2.5 [3] 感測器風扇的擺放位置朝下，除了可吸入新鮮空氣增加感測空氣的品質外，亦有散熱的功能，可幫助感測器排放多餘的熱能，防止室內空氣品質感測器蓄熱，強化空氣品質感測器運作的效能；在室內空氣品質感測器上加裝 OLED 螢幕，有助於安裝及巡檢人員檢視感測器是否處於正常運作之狀態，並增加感測器檢查的速度及便利性；另外增加 microSD 卡的支援，將空氣品質感測器的感測資料皆保存在本地的 microSD 卡內，以防止網路斷線或是訊號不穩所造成的資料遺失，以確保感測到的寶貴資料的完整性及可用性。



圖 1. 室內空氣品質感測器正面

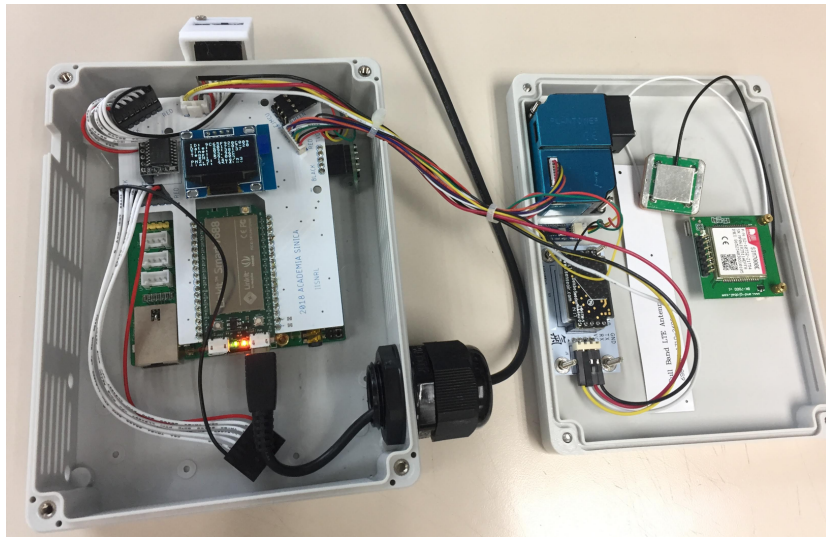


圖 2. 室內空氣品質感測器剖面

B. 二氧化碳感測器調教

本計畫的室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 採用 SenseAir S8 [1] 作為二氧化碳感測器。為了調教此感測器的準確度，團隊使用 7 台 IAQ_TW 作了連續 24 小時的一致性比較，比較結果如下圖 3、圖 4。變異係數¹(Coefficient of Variation, CV)[2]都低於 0.06，另外其模組內變異性²(Intra-Model Variability, IMV)[5]為

¹ $Coefficient\ of\ Variation = \frac{\sigma}{\mu}$ (σ : standard deviation, μ : mean)

² $I.M.V. = \frac{\mu_{highest} - \mu_{lowest}}{\mu_{average}} \times 100\%$ (μ : mean)

3.245%，此實驗的結果，我們可用於調教各 SenseAir S8 的結果為一致性，並用於後續室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor)。在準確度方面，我們將室內空氣品質感測器 (IAQ_TW) 裝有同樣的 SenseAir S8 二氧化碳感測器模組送至台灣檢驗科技股份有限公司 (SGS – Industrial Calibration & Measurement Lab) [12] 進行校驗。校正報告評估結果，在貳(三)章節 (P.35) 中有詳細的討論，SGS 檢驗報告附在附錄 (P.54)。

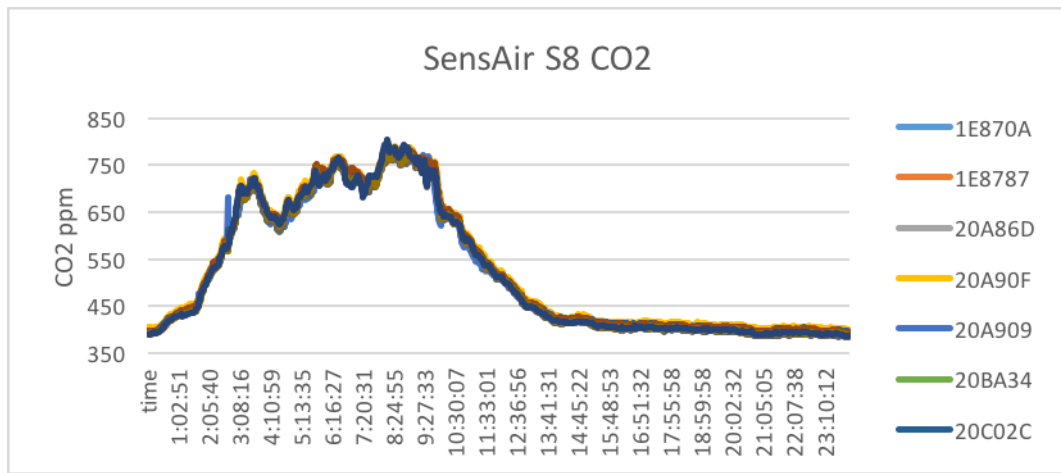


圖 3. 連續24小時感測二氧化碳數值

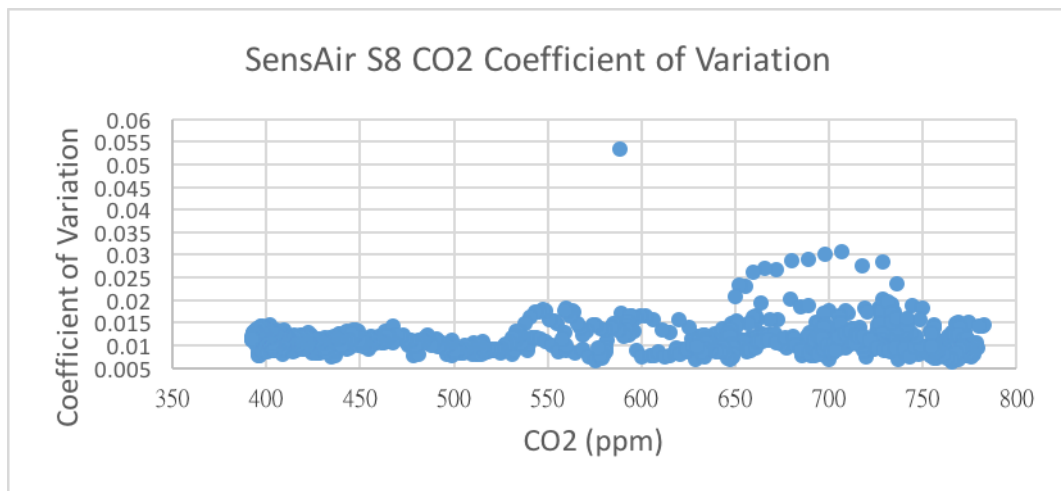


圖 4. 二氧化碳數值一致性比較

C. 溫度及氣壓感測器調教

在溫度及氣壓感測器調教，我們設計了一系列的實驗，此實驗使用 7 台室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor

Air Quality monitor) 裝有同樣的 HTU21D [4] 溫度和濕度感測器模組進行，分別在不同的時間，同一個環境紀錄其感測的溫度及濕度資訊，如下圖 5、圖 6 分別為溫度及濕度的一致性比較圖，橫軸是溫度及濕度值，而縱軸是變異係數(Coefficient of Variation, CV)，當 CV 值小於 1 時，代表不同裝置所量測的數值之間差異性很小，由下圖 5、圖 6 可看出感測器的溫度變異係數 CV 值皆低於 0.04，而濕度的 CV 值皆低於 0.02、氣壓皆低於 0.00055，此實驗的結果，我們可用於後續室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor)的調教。同樣的在準確度方面，我們將室內空氣品質感測器(IAQ_TW)裝有同樣的 HTU21D 溫度和濕度感測器模組送至台灣檢驗科技股份有限公司 (SGS – Industrial Calibration & Measurement Lab) [12]進行校驗。校正報告評估結果，在貳(三)章節 (P.35) 中有詳細的討論，SGS 檢驗報告附在附錄 (P.54)。

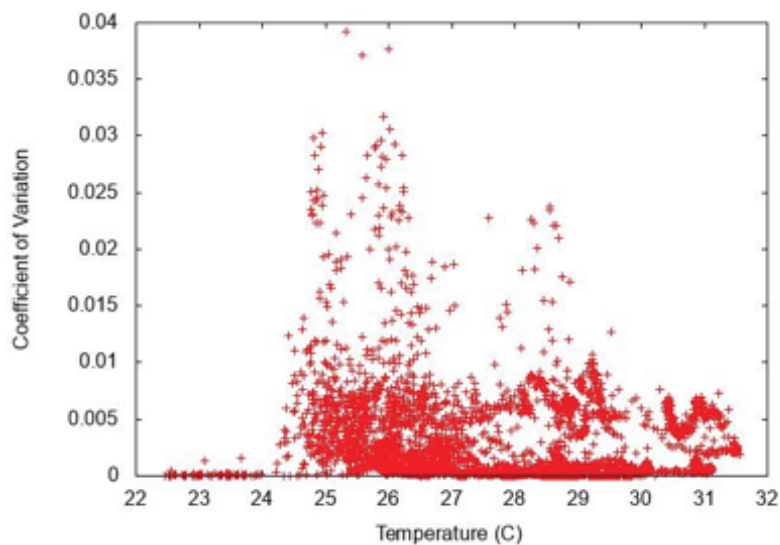


圖 5. 溫度值一致性比較

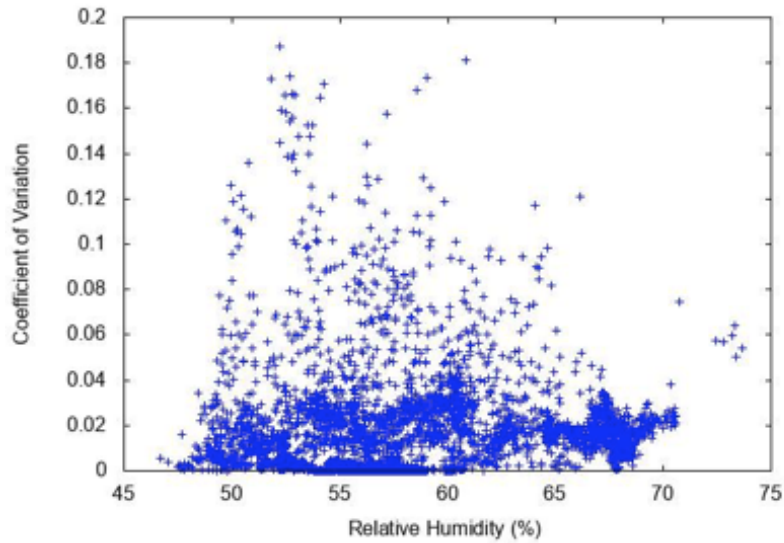


圖 6. 濕度值一致性比較

2. NB-IoT、LPWAN 與 WiFi/LAN 評估

低功率廣域網路 LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) [7] 是一種用在物聯網傳輸的方式，以低位元速率(Bit rate)、低電量需求進行長距離通訊的無線網路。LPWAN 每個頻道的傳輸速率介於 0.3 kbit/s 到 50 kbit/s 之間，相較於現行手機使用的 4G 網路傳輸速率最高可達 100Mbit/s 是慢很多，但對於物聯網傳輸的資料量及速度在考慮低功耗，而 Sigfox [10]、LoRa [6]、NB-IoT [8] 均為 LPWAN 技術之一種，也正是 LPWAN 技術中市場滲透率最高的技術，LPWAN 會是本計畫室內環竟感測裝置傳輸方式的最佳選擇。

A. WiFi/LAN 傳輸介面

佈建的實驗場域為照護機構，考量到照護機構是為了提供受照護者一個健康的環境，應減少電磁波的產生，為避免佈建 WiFi 分享器，減少受照護者暴露在電磁波的風險。照護機構內不一定有 WiFi，為了減少額外佈建 WiFi 分享器的成本，所以使用目前覆蓋範圍大的 LPWAN 作為傳輸方式。LPWAN 為專屬物聯網的傳輸方式，其特點之一就是低功率耗損，可減少機構額外的電費支出。

B. Sigfox 傳輸介面

Sigfox 為 LPWAN 技術之一種，其量產模組的開發板的主要晶片為 Sigfox WSSFM10R4 [13]，如下圖 7，Sigfox 全台訊號覆蓋範圍[11]如圖 8，但是與其他 LPWAN 技術相較，Sigfox 是傳輸速率最低的技術，速度僅 100bits/s，且每個裝置一天最多只能傳送 140 則訊息，每則訊息最大的容量為 12bytes。雖然去年中研院團隊分別在桃園市立圖書館龍潭分館（桃園市龍潭區中正路 210 號）、新北市板橋高中（新北市板橋區文化路一段 25 號）、新北市土城區承康護理之家以及衛福部基隆醫院護理之家附近之 Sigfox 站點做訊號測試，測試結果皆可以正確收到資料，也能將資料上傳。但是由於今年在場域實測室內空氣品質感測裝置的流量回報頻率高於 Sigfox 最低傳輸速率，因此我們新增了 NB-IoT [8]作為新的傳輸介面。



圖 7. Sigfox 量產模組與 SFM10R4 晶片

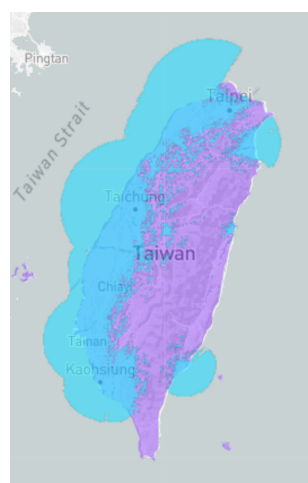


圖 8. Sigfox 訊號覆蓋範圍

C. NB-IoT 傳輸介面

除了為了因應流量回報頻率高之外，本年度新增的傳輸介面 NB-IoT 亦可同時因應快速部署以及簡化部署的流程。有別於 Sigfox，NB-IoT 的訊號涵蓋範圍更廣且穩定，每一次傳輸的資料量也比 Sigfox 多，而且 NB-IoT 有國內電信商支援，在應用上相對比 Sigfox 方便很多。

Sigfox 和 NB-IoT 都屬於低功率廣域網路(Low-Power Wide-Area Network, LPWAN)，有別於 WiFi 和乙太網路的限制，WiFi 除了需要在部署時針對個別感測器做連線設定，我們面臨最大的問題是不是每一間長照機構都有 WiFi；而乙太網路則需要實體網路線，考慮要在長照機構另外佈線，在安全上是有疑慮的，因為種種環境上的限制，WiFi 和 LAN (乙太網路) 這兩種傳輸方式對於快速部署都是艱鉅的挑戰。為了因應在不同的長照機構環境下能夠快速部署室內環境感測器，除了原有的 Sigfox 傳輸介面外，我們增加 NB-IoT 傳輸方式，在部署機器時的傳輸方式設定流程已經達到最小化，只需確定訊號涵蓋範圍及穩定度以後，接上電源即可完成部署，現行版本的室內環境感測器已擁有隨插即用的能力，有助於未來快速部署的效率。

D. 傳輸機制優化

因為 Sigfox 和 NB-IoT 為傳輸量計費，為了減少傳輸的費用，我們使用了新的傳輸機制，在新的機制運作下，感測器將會自動監測訊號的強度大小，如果在訊號微弱的情況，將不進行傳輸，先將資料保存在本機端的 microSD 卡，待訊號強度達到可正常傳輸的狀態，才將資料傳輸回雲端平台。此機制除了能節省傳輸費用外，還能節省室內環境感測器的能量消耗。

E. 資料傳輸量優化

因應新增的 Sigfox 和 NB-IoT 以傳輸量計費的方式，我們更新了資料傳送的格式，以減少每次回傳資料的傳輸量，使用新的格式以後，每天的傳輸量約減少百分之四十，

除了可以減少傳輸費用外，還能減少能量的消耗。

3. 雲端分析平台優化

在雲端分析平台上，我們沿用並優化和客製化微型空氣品質感測器(AirBox)的雲端後台系統，因 AirBox 雲端系統為目前已上線運行之雲端系統，考慮其穩定性及開發上的便利性，以加速開發時程，雲端平台示意圖如圖 9。

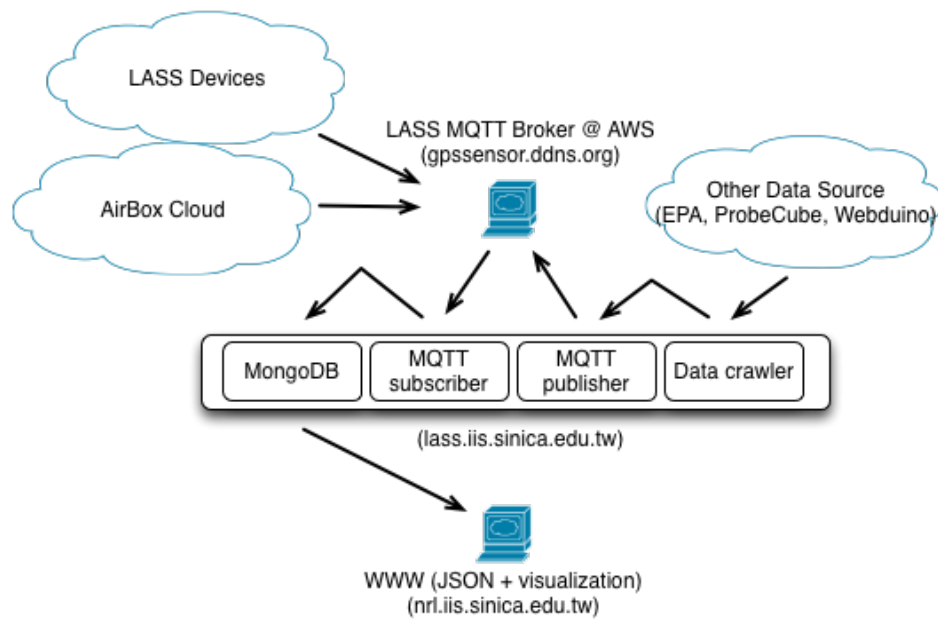


圖 9. 雲端平台示意圖

A. 客製化儀表板優化

除了積極從事微感測站的布建外，我們也開發一系列的資料視覺化工具，用圖形化方式呈現資料，幫助資料分析人員了解資料內涵、溝通訊息與展現資料的價值。為本計劃開闢專屬線上服務，並新增每台感測器專屬的狀態圖，如圖 10。另外對於資料視覺化的方式，經過多次與使用者討論後，由圖 11 更新至圖 12 的版本，在顯示即時資料上更能一目了然看出當下的室內環境品質(Instant PM2.5)，也能透過折線圖看出歷史資料 (Hourly PM2.5)。

City: IAQ-CDC

Number of AirBox deployed: 56

Number of AirBox alive: 22 (39.29%)

Last update (UTC time): 2019-11-08T06:51:41Z

	Site	Site ID	Data Lastest One	Data Last 7 Days	Temperature	Humidity	PM2.5	TVOC	CO2/CO2e	uptime	App Version	Last seen	Last GPS
1	CDC-4-05(San_Health_Center)	9C65F91E8769	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	27.02	52	14	N/A	417	N/A	5.2b.6	2019-11-08T06:45:48Z	25.1933, 121.787
2	CDC-4-04(Smh_LTC)	9C65F920A8F6	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	23.89	54	16	N/A	568	N/A	5.2b.6	2019-11-08T06:28:00Z	25.1933, 121.787
3	CDC-4-03(Smh_ER)	9C65F920A6CB	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	22.26	60	9	N/A	636	N/A	5.2b.6	2019-11-08T06:29:09Z	25.1933, 121.787
4	CDC-4-02(Ymuh_Public_space_6F)	9C65F929CFB6	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	26.87	51	5	N/A	760	N/A	5.2b.6	2019-11-08T06:20:57Z	25.1933, 121.787
5	CDC-4-01(Ymuh_ER)	9C65F91E80E3	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	24.95	54	4	N/A	543	N/A	5.2b.6	2019-11-08T06:47:14Z	25.1933, 121.787
6	CDC-3-07(Public_space_4F_2)	9C65F929DE27	[JSON] [CSV]	[JSON] [CSV]	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

圖 10. 感測器狀態圖表

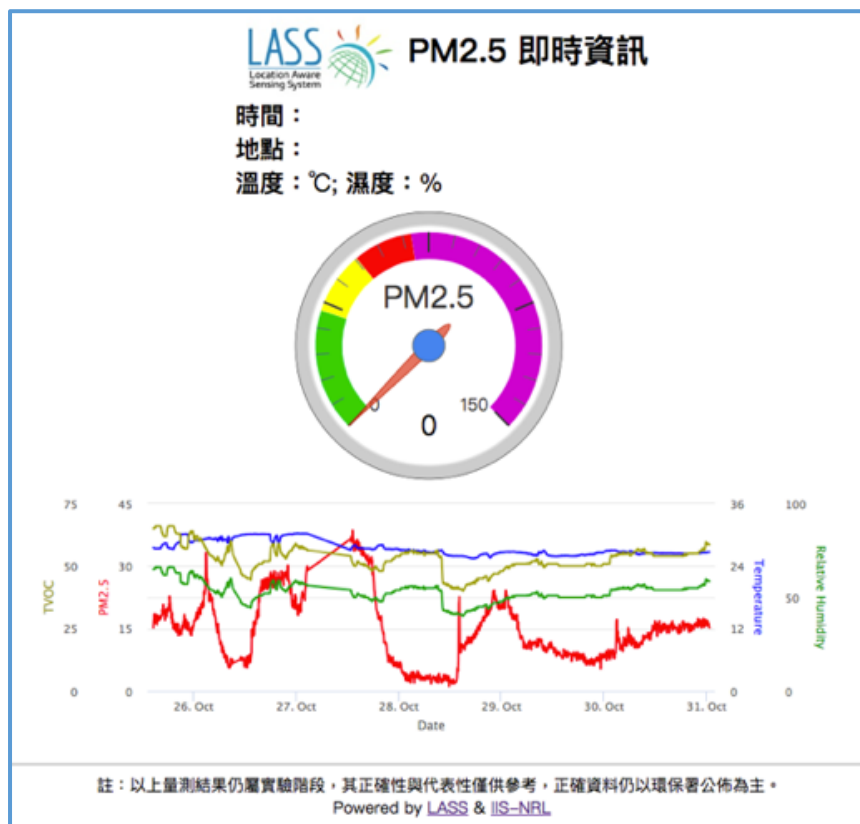


圖 11. 客製化儀表板 (舊)

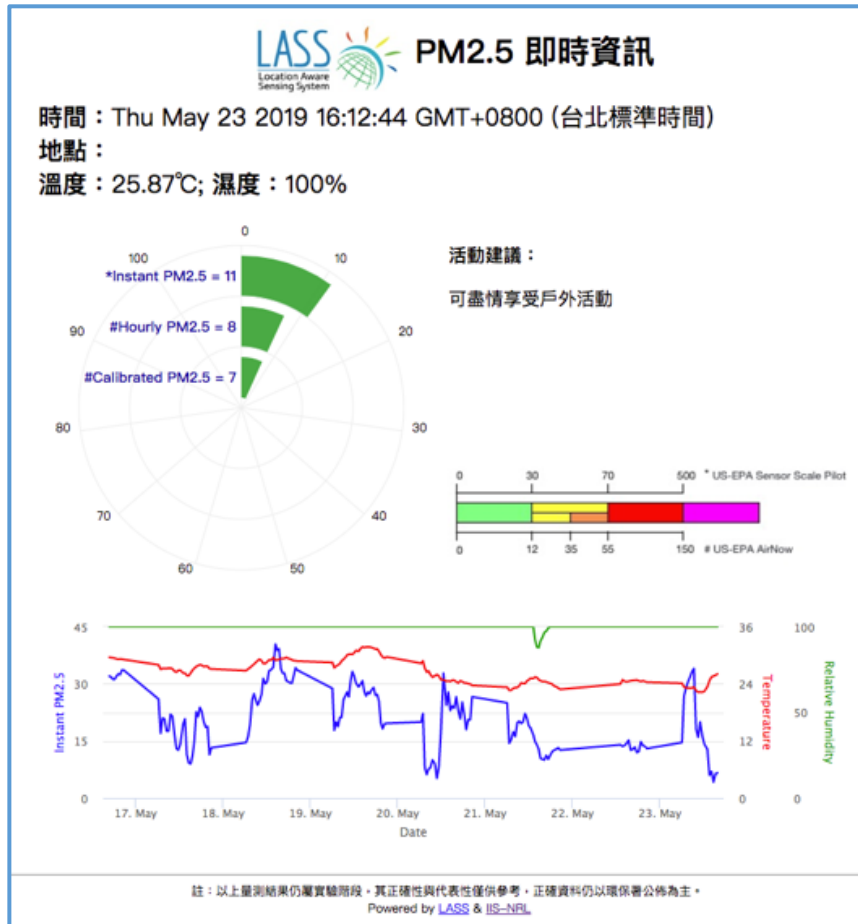


圖 12. 客製化儀表板 (新)

B. 感測資料分析

根據本計畫的室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 的感測資料與測站彼此在時監和空間維度上的相似性，發展一系列以歷史統計資料為基礎的異常偵測、污染源偵測、室內站點偵測、鄰近污染源站點偵測等演算法，並將所有運算過後的結果，以及所有室內空氣品質感測器 (IAQ_TW) 的即時感測資料，透過開放資料的形式主動對外釋出。未來我們將根據所得到的即時分析資料，開發異常通報功能，提醒感測裝置使用人進行因應。並且我們將利用開發成果所獲得的使用者回饋，進行各項視覺化界面的優化與性能提升，同時開發具備即時性與安全性的應用程式介面，並且針對異常警示演算法進行優化減少誤報，開發具備感測資料與警示通報推播功能的程式。

C. 建置聊天機器人推送感測器量測結果與警訊

在建置聊天機器人上，我們運用了建置的雲端分析平台上提供的可介接各感測資料之應用程式介面。我們以 Line 為介面，同時根據根據本計畫的室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 的感測資料，開發具備推送感測器量測結果與警示通報推播功能的聊天機器人 (LINE BOT) 程式，如圖 13。我們沿用並優化和客製化 LASS 的後端平台並透過建置的雲端平台的 Opendata 來獲取每個小時的感測資料，根據使用者提供的感測器 ID (site ID, 如圖 10)，回復該位置的空氣品質數值，搭配 push 方式，就可以讓 LINE BOT 發送空氣品質數值的訊息。另外，當空氣品質數值超過某門檻值，LINE BOT 也會主動通知使用者達到警示的功能。但由於目前感測的資料屬於各醫療機構和感測器的資訊正在進行並進行相關評估與分析，因此目前聊天機器人上部署的感測資料尚未能公開使用。

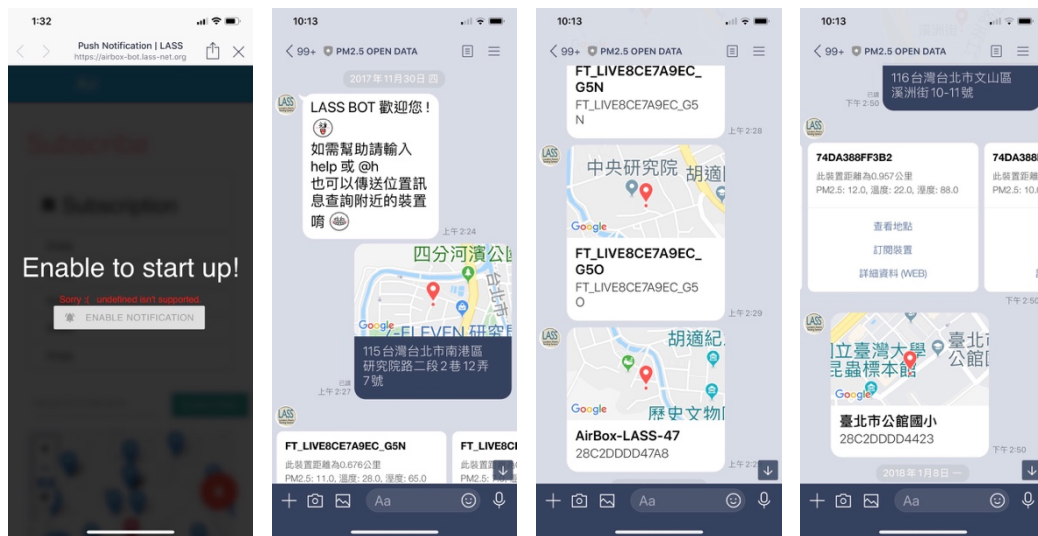


圖 13. 聊天機器人

4. 第一年初期場域實測

在第一年初期場域實測中，我們與疾管署合作進行感測裝置的安裝與實測。接著，與疾管署合作擴大布建的廣度與深度，在 3 縣市、10 家人口密集機構部署與實測，並進行相關評估。目前部署的三個縣市為新北市、台北市、宜蘭縣，部署的 10 家機構為承康護理之家、聖若瑟失智老人養護中心、恆安老人長照中心、國立陽明大學附設醫院新民院區和蘭陽院區、羅東聖母醫院、宜蘭縣三星鄉衛生所、聖嘉民老人長期照顧中心、衛生福利部社會及家庭署宜蘭教養院、懷哲復康之家。

A. 承康護理之家

- i. 場地勘察：承康護理之家為一個大平面樓層，總共有三個活動空間，平時病患都在活動空間活動，病房房門也都是敞開的狀態，每一間房間的通風狀況進行了評估，最後定案感測器之使用條件、狀況及線路部署相關的需求評估。
- ii. 佈建完成：目前已經在承康護理之家完成室內環境感測器的部署，分別在 18 個房間、4 個公共區域及 1 個陽台部署了總計 23 台室內環境感測器，如圖 14 藍點標示感測器部署的位置，實際感測裝置的擺設位置如圖 15 ~ 圖 18。
- iii. 訊號測試：承康護理之家的地點為土城市中心，其位置的 Sigfox 訊號良好，但礙於建築物的限制，有些感測器的部署會因為水泥牆的遮蔽導致訊號不佳。
- iv. 設備維護與更新：由於承康護理之家為第一批部署的室內感測器，我們在 5 月 16 日的室內感測器巡檢，除了將不正常運作的感測器做更換及維護，也把感測器的韌體升級為最新版本。9 月 27 日，又進行了一次室內感測器巡檢，將不正常運作的感測器做維護。
- v. 室內感測器資料評估：目前正著手進行承康護理之家的室內空氣品質資料分析，並將部分有缺值的資料補

值，以利後續研究使用。

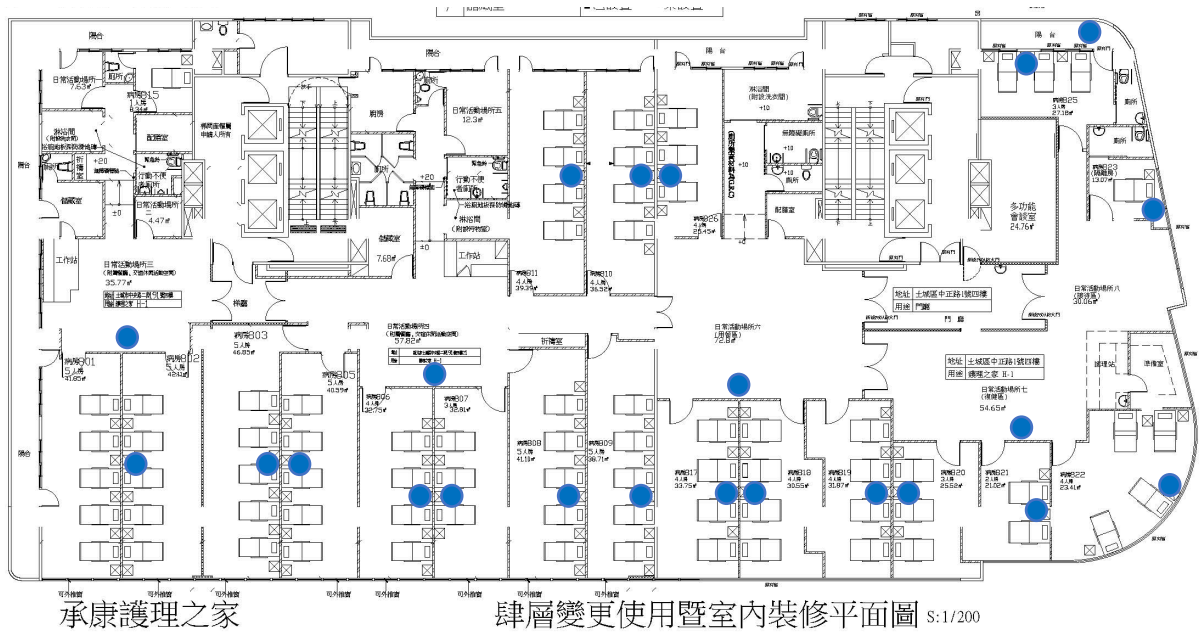


圖 14. 承康護理之家平面圖及相對應位置



圖 15. 公共區域



圖 16. 820房



圖 17. 陽台位置



圖 18. 818房位置

B. 聖若瑟失智老人養護中心

- i. 場地勘察：聖若瑟失智老人養護中心共有四層樓，一樓為日間病房，二、三樓為住院，四樓為上課及舉辦活動的場地。聖若瑟的病人多數都是可以自己走動，但感測裝置的擺設位置，不能在目視的高度，因為這些失智老人會非常好奇去玩感測裝置。另外，聖若瑟也對聲音的感測非常有興趣，因為失智老人對聲音非常敏感，會影響情緒穩定。
- ii. 佈建完成：目前已經在聖若瑟失智老人養護中心完成室內環境感測器的部署，分別在 1F、2F、3F、4F 部署了總計 20 台室內環境感測器，如圖 19、圖 20、圖 21、圖 22 藍點標示感測器部署的位置，實際感測裝置的擺設位置 如圖 23、圖 24。
- iii. 設備維護與更新：9 月 10 日進行了室內感測器的巡檢，收集感測資料並維護不正常運作的感測器。

- iv. 訊號測試：承接承康護理之家的部署經驗，部署在聖若瑟的感測器使用 NB-IoT 做為主要傳輸方式，以避免因為建築物遮蔽而導致訊號不佳的情況，以期達到更高的資料回傳率。
- v. 室內感測器資料評估：目前正著手進行聖若瑟失智老人養護中心的室內空氣品質資料分析，並將部分有缺值的資料補值，以利後續研究使用。相關的資料分析在貳(三)章節 (P.35) 中有詳細的討論。



圖 19. 聖若瑟失智老人養護中心1F平面圖及相對應位置



圖 20. 聖若瑟失智老人養護中心2F平面圖及相對應位置



圖 21. 聖若瑟失智老人養護中心3F平面圖及相對應位置



圖 22. 聖若瑟失智老人養護中心4F平面圖及相對應位置



圖 23. 304房(左)及二樓公共空間(右)



圖 24. 202房

C. 恆安老人長照中心

- i. 場地勘察：恆安老人養護中心共有 B1、1、2、3 及 5 樓，B1 為復健區，其餘四個樓層為病房和共同活動區域，病房平時都是敞開狀態，並與公共活動區域有窗戶相通，如圖 25。
- ii. 佈建完成：目前已經在恆安老人長照中心完成室內環境感測器的部署，分別在 1、2、3 及 4 樓部署了總計 7 台室內環境感測器，如圖 26 藍點標示感測器部署的位置。
- iii. 訊號測試：承接承康護理之家與聖若瑟失智老人養護中心的經驗，部署在恆安的感測器除了使用 NB-IoT 做為主要傳輸方式，也使用新的資料傳輸格式，由此避免建築物遮蔽所導致的訊號不佳情況，更進一步提高資料的回傳率。



圖 25. 恆安老人長照中心公共區域

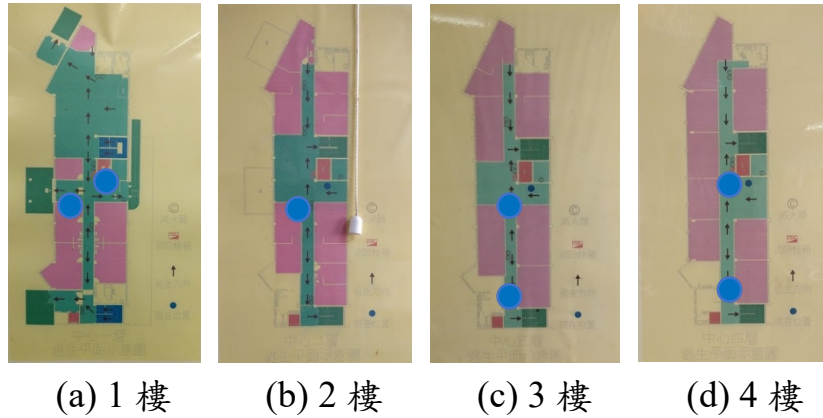


圖 26. 恆安老人長照中心平面圖

D. 國立陽明大學附設醫院新民院區和蘭陽院區

- i. 場地勘察：國立陽明大學附設醫院前身是署立宜蘭醫院，是宜蘭縣溪北地區最大的醫院，改制後立志成為醫學中心，目前總共有兩個院區，一個為 2016 年啟用的蘭陽院區，另一個則是舊的新民院區。大部分的門診與病房位於蘭陽院區，新民院區則保留部分門診、主要作為護理之家使用。蘭陽院區中間採用類似百貨公司中央常見的開放式設計，樓層中央處沒有天花板，空氣會在各樓層間流通，且各層樓可以直接望向其他樓層。新民院區則是像一般大樓，樓層的公共空間及病房皆設有對外窗。
- ii. 佈建完成：目前已經在國立陽明大學附設醫院完成室內環境感測器的部署，分別在蘭陽院區的急診部診察室以及新民院區 6 樓的護理之家公共區域各部署了 1 台室內環境感測器。並設置定時開關，每日會重新開機一次，確保機器運作良好。實際位置與平面圖請參考圖 27、圖 28、圖 29。
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在陽大醫院的感測器使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，所收到的資料皆有在 API 頁面上更新。

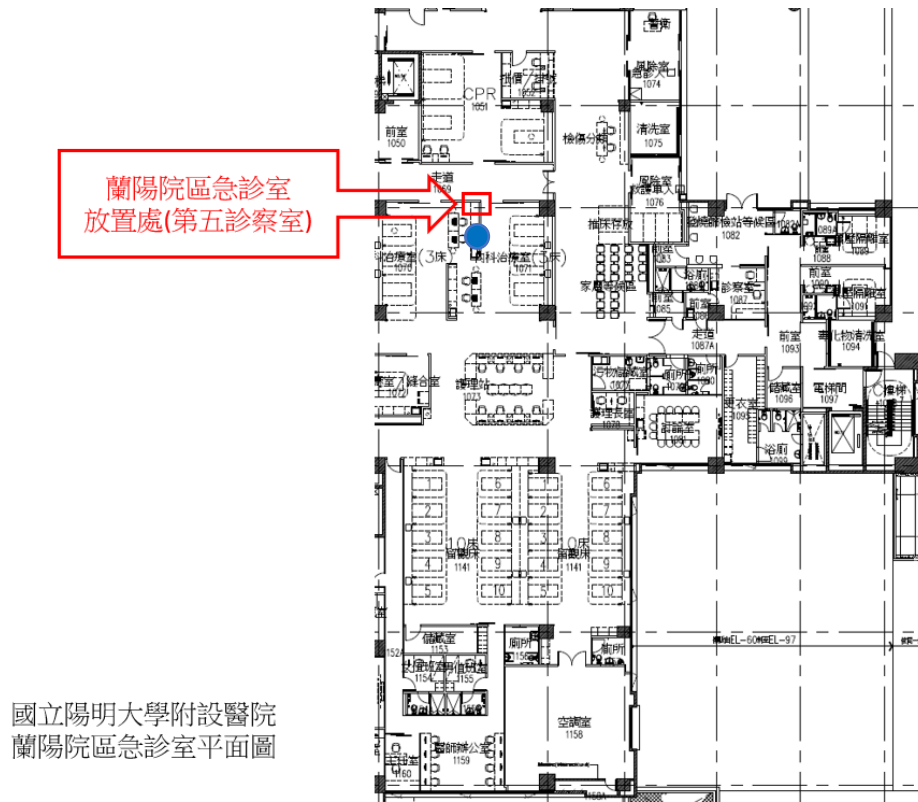


圖 27. 陽大蘭陽院區急診室平面圖與佈建位置 (診察室)

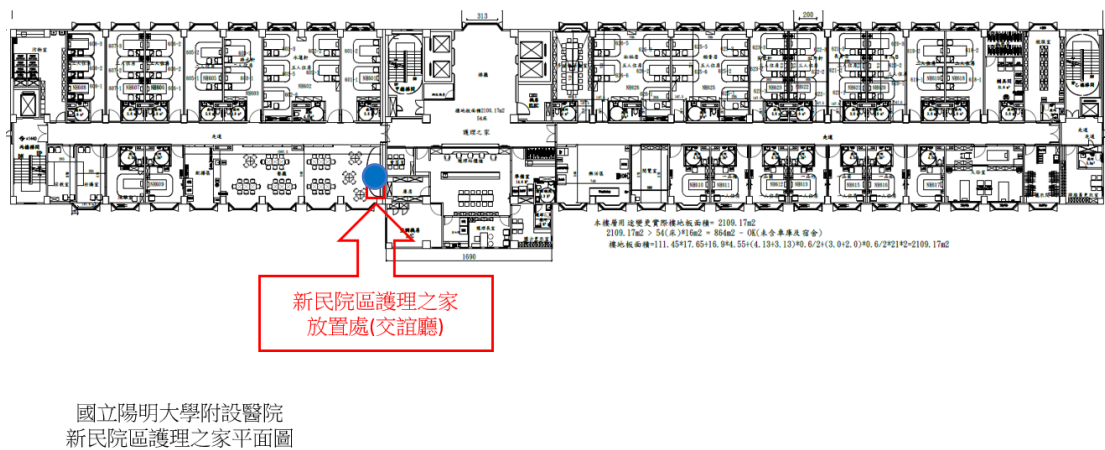


圖 28. 陽大新民院區6F平面圖與佈建位置 (交誼廳)

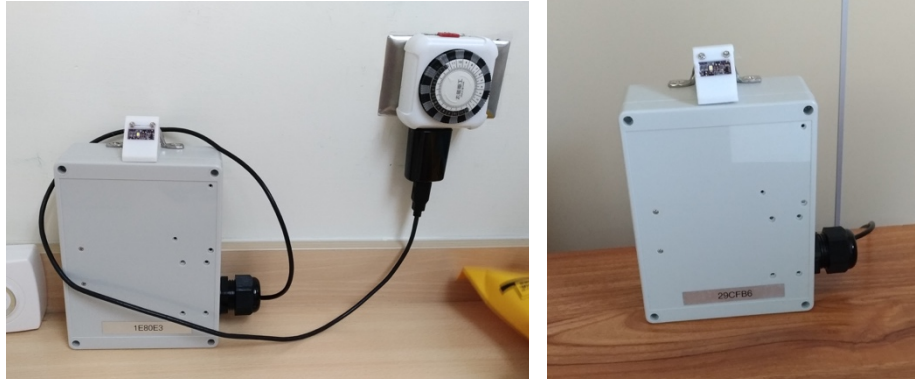


圖 29. 放置於及急診室(左)與護理之家(右)之環境感測器

E. 羅東聖母醫院

- i. 場地勘察：位於羅東鎮市區，為宜蘭溪南地區的兩大醫院之一。羅東聖母醫院有多棟大樓，其中急診室位於 A 棟大樓的一樓，急診室入口設有門禁，需要有護理人員或警衛的陪同才能夠進入，為密閉空間
- ii. 佈建完成：目前已經在羅東聖母醫院完成室內環境感測器的部署，分別在 A 棟的急診室、護理之家的餐廳部署了總計 2 台室內環境感測器，如圖 30、圖 31、圖 32。
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在聖母醫院感測器使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，資料皆有在 API 頁面上更新。

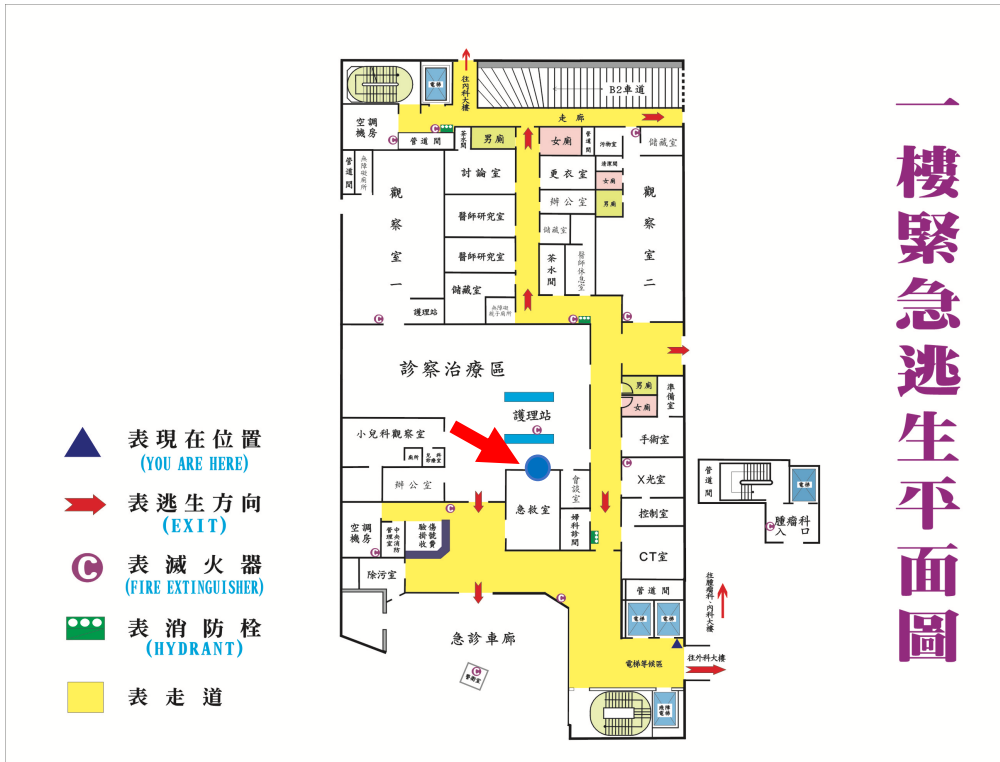


圖 30. A棟一樓平面圖與佈建位置 (護理站)



圖 31. M棟三樓平面圖與佈建位置 (餐廳)



圖 32. 放置於及急診室(左)與護理之家(右)之環境感測器

F. 宜蘭縣三星鄉衛生所

- i. 場地勘察：三星鄉衛生所位於宜蘭縣三星鄉市區，為三層樓建築。在佈建之前已使用 NB-IoT 模組進行過訊號測試，訊號強度相當不錯。週一至週五皆有門診時段，故希望於一樓候診區部署環境感測器來監測空氣品質的變化。
- ii. 佈建完成：目前已經在三星鄉衛生所完成室內感測器的部署，在1樓的候診區設置了1台室內環境感測器，候診區在大門一進去的左側，如圖 33。實際感測裝置的擺設位置於候診區牆壁靠右，視力檢查看板的下，如圖 34。並設置定時開關，每日會重新開機一次，確保機器運作良好。
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在三星鄉衛生所的裝置使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，資料皆有在 API 頁面上更新。



圖 33. 三星鄉衛生所大門



圖 34. 放置於後診區之環境感測器

G. 聖嘉民老人長期照顧中心

- i. 場地勘察：位於三星鄉郊區，為獨立棟建築，全棟對外窗充足，採光良好，總共有三層樓，一樓有行政中心和 10 間住民房間，二、三樓結構一樣，主要提供住民房間並設有公共空間，另外機構表示三樓 A 區為呼吸照護區，比較容易發生事件。在佈建之前已使用 NB-IoT 模組進行過訊號測試，訊號強度相當不錯。院長希望能夠透過環境感測器監測室內環境，作為未來設置換氣機等設備的參考，也希望未來能夠透過環境感測器進而在增加智慧開窗、智慧換氣等功能之設施。

- ii. 佈建完成：目前於二、三樓的公共區域皆有設置一台環境感測器，二樓和三樓結構一致，如圖 35（右）。並設置定時開關，每日會重新開機一次，確保機器運作良好。實際佈建位置，如圖 36。
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在聖嘉民老人長照中心的裝置使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，資料皆有在 API 頁面上更新。



圖 35. 1F平面圖(左)與3F平面圖(右)佈建位置(公共區域)

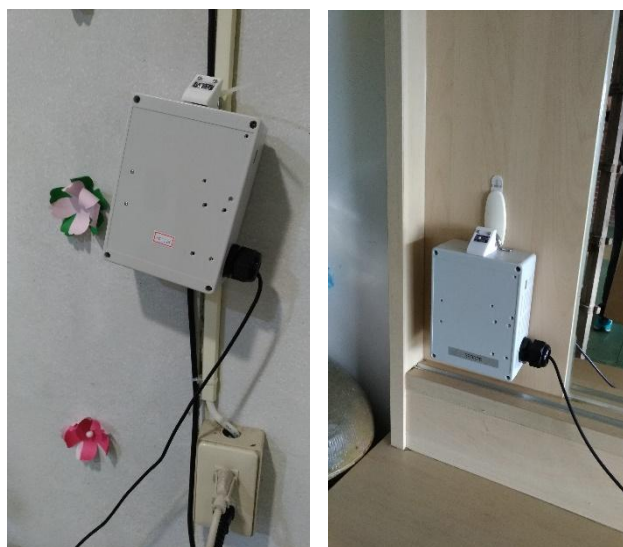


圖 36. 2F公共空間(左)與3F公共空間(右)

H. 衛生福利部社會及家庭署宜蘭教養院

- i. 場地勘察：宜蘭教養院為伊甸社會福利基金會承辦之成年心智障礙者住宿型機構，位於三星郊區，有多棟獨立的建築，各建築間皆有一定的距離，彼此並不連通，如圖 37 所示。由於各大樓彼此不連通，住民會到處走動，較難知道感冒事件會如何擴散。在佈建之前已使用 NB-IoT 模組進行過訊號測試，訊號強度還不錯。另外，院方人員較希望可以透過室內空氣品質的變化，來觀測室內空氣品質是否會影響住民的情緒反應。
- ii. 佈建完成：目前在 C1 朝陽家一樓的活動室，以及 C2 天使家一樓公共空間各設置一台環境感測器，如圖 38 所示。由於住民較為活潑，所以將裝置設置在較高處。並設置定時開關，每日會重新開機一次，確保機器運作良好。實際佈建位置如圖 39。
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在聖嘉民老人長照中心的裝置使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，資料皆有在 API 頁面上更新。



圖 37. 宜蘭教養院鳥瞰圖



圖 38. 宜蘭教養院平面圖與佈建位置



圖 39. C1朝陽家1F活動室(左)與C2天使家公共空間

I. 懷哲復康之家

- i. 場地勘察：為宜蘭地區第一所政府立案之慢性精神障礙養護機構，住民居住在 A 棟及 B 棟，各有五層樓。A 棟一樓為行政辦公區，上面樓層則為住民居住區。機構人員認為 A 棟的空氣流通效果較差，雖然已加裝通風設施，但仍時常覺得 A 棟的空氣較 B 棟不好，所以希望可以在 A 棟的二、三、五樓擺放環境感測器。不過二、三樓住民較為活潑，感測器需要擺放在高處，佈建時會需要拉線與安裝掛勾以擺設感測器。
- ii. 佈建完成：由於樓上區域需要拉線及安裝掛勾，目前先在 A 棟一樓的行政區辦公桌以及活動室各設置 1 台環境感測器。實際的擺放位置請見圖 40
- iii. 訊號測試：承接恆安老人長期照顧中心的經驗，部署在聖嘉民老人長照中心的裝置使用了 NB-IoT 作為主要傳輸方式。目前通訊狀況良好，資料皆有在 API 頁面上更新。



圖 40. 放置在一樓行政區域(左)以及活動教室視聽櫃(右)

三、 結果

1. 感測元件穩定性評估

本計畫的室內空氣品質感測器 (IAQ_TW – Indoor Air Quality monitor) 採用中研院環變所和資訊所合作計畫所使用的二氧化碳感測器 SenseAir S8 [1] 作為二氧化碳感測器、HTU21D [4] 作為溫度、濕度及壓力感測器模組。

為了驗證感測器的準確度及各感測器間的穩定性，我們將室內空氣品質感測器(IAQ_TW)裝有同樣的 SenseAir S8 二氧化碳感測器和 HTU21D 溫度和濕度感測器模組送至台灣檢驗科技股份有限公司 (SGS – Industrial Calibration & Measurement Lab) [4] 進行校驗。根據校正報告評估結果，二氧化碳(CO₂) 和溫濕度都約在 95% 信賴水準。二氧化碳(CO₂) 的校正結果如表 2，溫濕度的校正結果如表 3，SGS 檢驗報告附在附錄 (P.54)。

表 2. CO₂校正結果

感測 元件	濃度 單位	零點(Zero)校正				全幅(Span)校正			
		標準值	重複測試		平均器差 (%)	標準值	重複測試		平均器差 (%)
CO ₂	PPM	0	42	42	4.2	1012	949	949	-6.2

表 3. 溫濕度校正結果

器示值		標準值		器差值	
溫度 (°C)	相對濕度(%)	溫度 (°C)	相對濕度(%)	溫度 (°C)	相對濕度(%)
20.24	76.7	20.00	80.0	0.2	-3.3
25.13	68.0	25.00	70.0	0.1	-2.0
30.16	48.6	30.0	50.0	0.2	-1.4

2. 新增 NB-IoT 傳輸介面

因 NB-IoT 的訊號涵蓋範圍更廣且穩定，每一次傳輸的資料量也比 Sigfox 多，而且 NB-IoT 有國內電信商支援。在本年度的實地場地佈建和測試後，本年度在室內空氣品質感測器上新增了 NB-IoT 作為新的傳輸介面。

3. 資料傳輸機制優化

我們優化 Sigfox 和 NB-IoT 傳輸機制，在新的機制運作下，感測器將會自動監測訊號的強度大小，如果在訊號微弱的情況，將不進行傳輸，先將資料保存在本機端，待訊號強度達到可正常傳輸的狀態，才將資料傳輸回雲端平台。此機制除了能節省傳輸費用外，還能節省室內環境感測器的能量消耗。

4. 資料傳輸量優化

我們優化 Sigfox 和 NB-IoT 資料傳送的格式，以減少每次回傳資料的傳輸量，使用新的格式以後，每天的傳輸量約將減少百分之四十，除了可以減少傳輸費用外，還能減少能量的消耗。

5. NB-IoT Band 20 頻段申請

因基隆醫院護理之家為老式建築，對於 LPWAN 的訊號收訊不佳，我們預計在基隆醫院建置一個小型中轉基地台，並使用 NB-IoT Band 20 [9] (816-821MHz、857-862MHz) 頻段作為傳輸方式，目前已遞交申請書至國家通訊傳播委員會，待頻段使用審核通過，即可進行基隆醫院護理之家的室內環境感測器佈建。

6. 室內空氣品質感測器優化

室內空氣品質感測器優化上，除了優化感測器的準確度及各感測器間的穩定性外，為了因應快速部署以及簡化部署的流程，新增的 NB-IoT 傳輸方式，在部署機器時的傳輸方式設定流程已經達到最小化，只需確定訊號涵蓋範圍及穩定度以後，接上電源即可完成部署，現行版本的室內環境感測器已擁有隨

插即用的能力，有助於未來快速部署的效率。

7. 雲端分析平台建置和優化

本計劃之雲端平台沿用並優化和客製化微型空氣品質感測器(AirBox)的雲端後台系統，並已開發完成本計劃之專區。我們也開發一系列的資料視覺化工具，用圖形化方式呈現資料，幫助資料分析人員了解資料內涵、溝通訊息與展現資料的價值。為本計劃開闢專屬線上服務，並新增每台感測器專屬的狀態圖。所有室內空氣品質感測器 (IAQ_TW) 的即時感測資料，透過開放資料提供可介接各感測資料之應用程式介面，主動對外釋出即時的感測資料。運用了上述的程式介面，我們開發具備推送感測器量測結果與警示通報推播功能的聊天機器人 (LINE BOT) 程式。

8. 感測裝置安裝與場測

本計劃目前共勘查、安裝與場測 10 間照護機構為實驗場域，分別為承康護理之家、聖若瑟失智老人養護中心、恆安老人長照中心、國立陽明大學附設醫院新民院區和蘭陽院區、羅東聖母醫院、宜蘭縣三星鄉衛生所、聖嘉民老人長期照顧中心、衛生福利部社會及家庭署宜蘭教養院、懷哲復康之家。在安裝與場測過程中，我們持續調教每個實驗場域的感測器並持續維護儀器的穩定性。並開始做實驗場域的室內環境狀況資料收集及分析。相關的室內空氣品質資料分析在貳(四)章節 (P.39) 中有詳細的討論。

四、 討論

1. 室內空氣流動模型

目前對於室內空氣流動的模型都是未知的狀態，只能由機構內的護理人員口述以及場地勘察時感受得知，因此在室內環境感測器的建置目標是每間房間一台，希望由此得知室內空氣流動的模型，以便未來佈建所需，未來待模型順利建立，在視情況調整室內環境感測器的建置數量。

2. 低功率廣域網路 LPWAN

低功率廣域網路 LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) 是一種用在物聯網傳輸的方式，以低位元速率(Bit rate)、低電量需求進行長距離通訊的無線網路。LPWAN 每個頻道的傳輸速率介於 0.3 kbit/s 到 50 kbit/s 之間，相較於現行手機使用的 4G 網路傳輸速率最高可達 100Mbit/s 是慢很多，但對於物聯網傳輸的資料量及速度在考慮低功耗，LPWAN 會是本計畫室內環境感測裝置傳輸方式的最佳選擇。

3. LPWAN v.s. WiFi

低功率廣域網路 LPWAN 主要考量有減少受照護者暴露在電磁波的風險，由於佈建的實驗場域多為照護機構，考量到照護機構是為了提供受照護者一個健康的環境，應減少電磁波的產生，為避免佈建 WiFi 分享器，減少受照護者暴露在電磁波的風險。另外為了減少額外佈建 WiFi 分享器的成本，而照護機構內不一定有 WiFi。LPWAN 為專屬物聯網的傳輸方式，其特點之一就是低功率耗損，可減少機構額外的電費支出。

4. Sigfox v.s. NB-IoT

Sigfox 和 NB-IoT 都屬於低功率廣域網路 (LPWAN) 技術之一種。在最初的評估中，因為 Sigfox 的全台訊號覆蓋範圍非常完整。因此原本部分空氣品質感測器預計使用 Sigfox 作為資料的傳輸方式。但實地場勘測訊號後，才發現 Sigfox 的對於水泥牆壁的穿透性不足，造成室內空氣品質感測器無法

順利地將資料傳回雲端平台。另外相較與其他 LPWAN 技術，Sigfox 是傳輸速率最低的技術，而今年在場域實測感測裝置的資料流量普遍高於 Sigfox 最低傳輸速率。而 NB-IoT 每一次傳輸的資料量比 Sigfox 多並且其訊號的涵蓋範圍更廣且穩定，國內亦有多家電信商支援 NB-IoT，因此在應用上相對比 Sigfox 方便很多。

5. 處理器選擇

在處理器選擇上，我們選用國產處理器 LinkIt Smart7688 開發板進行本次專案的系統開發。LinkIt Smart 7688 為國內企業聯發科技公司所開發製造之開發板，原以為對於各項技術支援在台灣占有地利之便，同時使用 LinkIt Smart 7688 可兼顧支持國內相關科技產業之發展。但是在今年的下半年，聯發科技公司無預警的停產 LinkIt Smart7688 開發板，而最後一批訂到的開發板良率非常的低。由於電路設計除了針對微型室內感測器做模組縮小化，電路板下半部專為 LinkIt Smart 7688 處理器預留空間來大幅減少感測器體積。因此團隊必須重新設計相關的電路板，因而花了大量的時間與經費在更換新的處理器與開發版上。另外因為更改了設計，硬體廠商也必須重新製作新的電路板，因此延期了新一批的盒子交貨時間。廠商延遲交貨聲明書附在附錄 (P.57)。

6. 室內感測器資料評估與分析

我們將蒐集到的數據與聖若瑟長照中心提供的日常行程進行比對，日常行程包括老人在房內或公共空間的時間、房內開關冷氣的時間、以及房內和公共空間開關窗戶的時間。為了方便與數據比對，我們以時間軸及數值化呈現日常行程。圖 41 為單日的行程圖。另外，我們將行程、房內數據、公共空間數據進行交互比對，期望能找出彼此之影響。同時也取得聖若瑟長照中心七、八月份疾病發生的病房資料，將以此觀察房內空氣品質各項數值的變化是否與疾病有相關性。

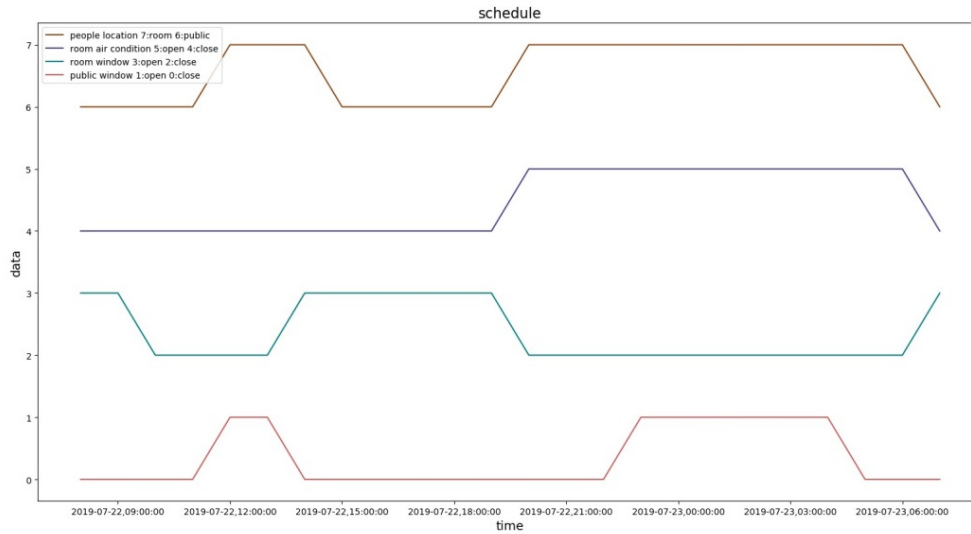


圖 41. 單日的行程圖以時間軸及數值化呈現日常行程

A. 溫、濕度與冷氣、開窗數據比對與分析

將房內溫度變化、公共空間溫度變化與日常行程做比對，如圖 42。由圖 42，可看出房內溫度與冷氣開關的變化幾乎一致。而房內窗戶開關則較無影響，同樣的在公共空間的開窗與否對溫度也無影響。在溼度方面，一樣觀察病房與公共空間的變化，如圖 43。以圖 43 可看出濕度在每一天的變化並沒有明顯的規律，且病房、公共空間、行程三者間也沒有相互影響。

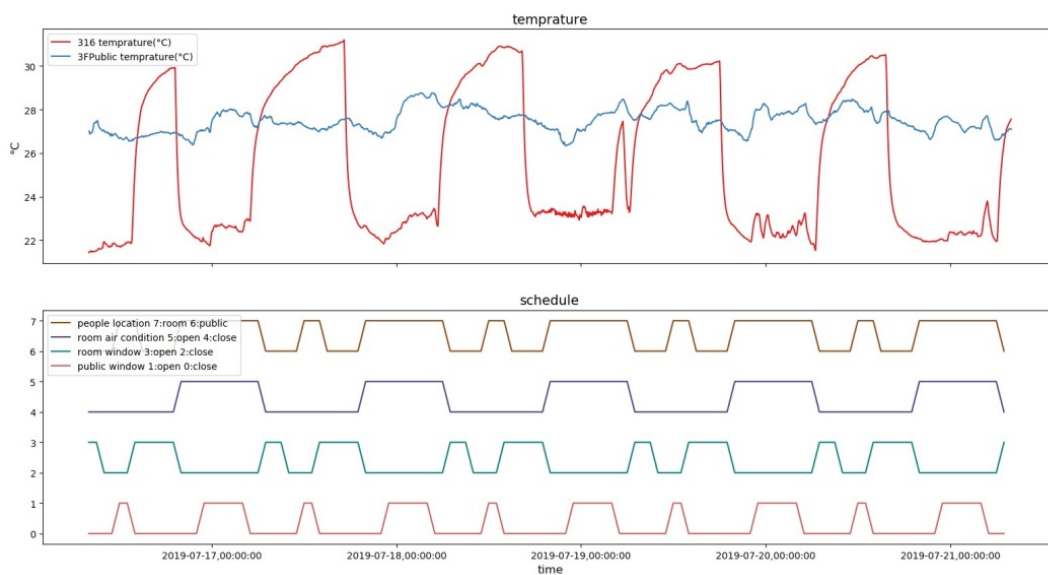


圖 42. 病房與公共空間的溫度變化

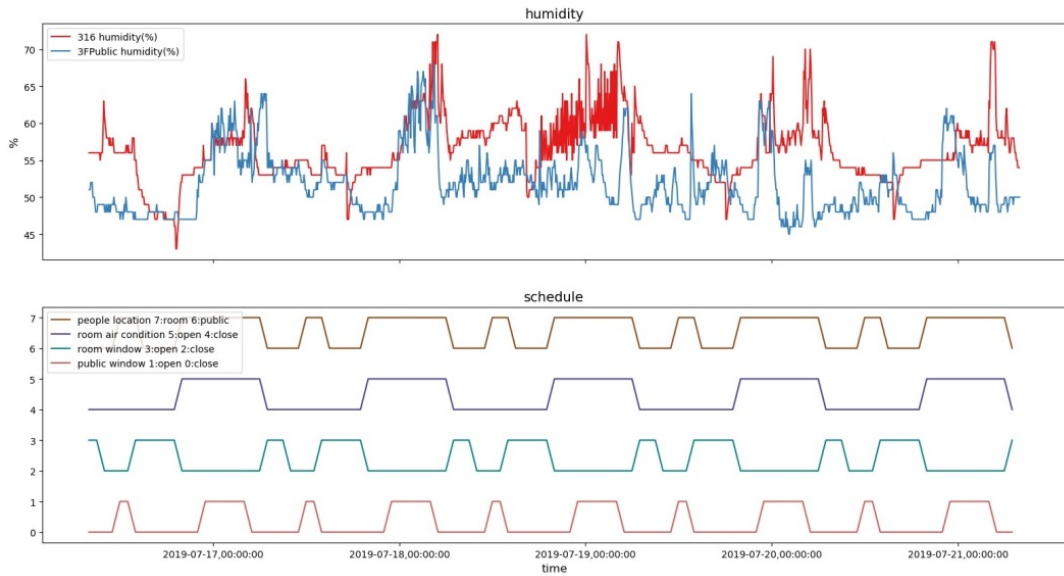


圖 43. 病房與公共空間的濕度變化

B. CO₂ 數據比對與分析

以病房與公共空間的變化（圖 44）來看，並沒有明顯的影響，但在相鄰的病房中二氧化碳濃度的變化與數值是非常接近的（圖 45），後續會以此進行更多分析以找出更多關聯性。

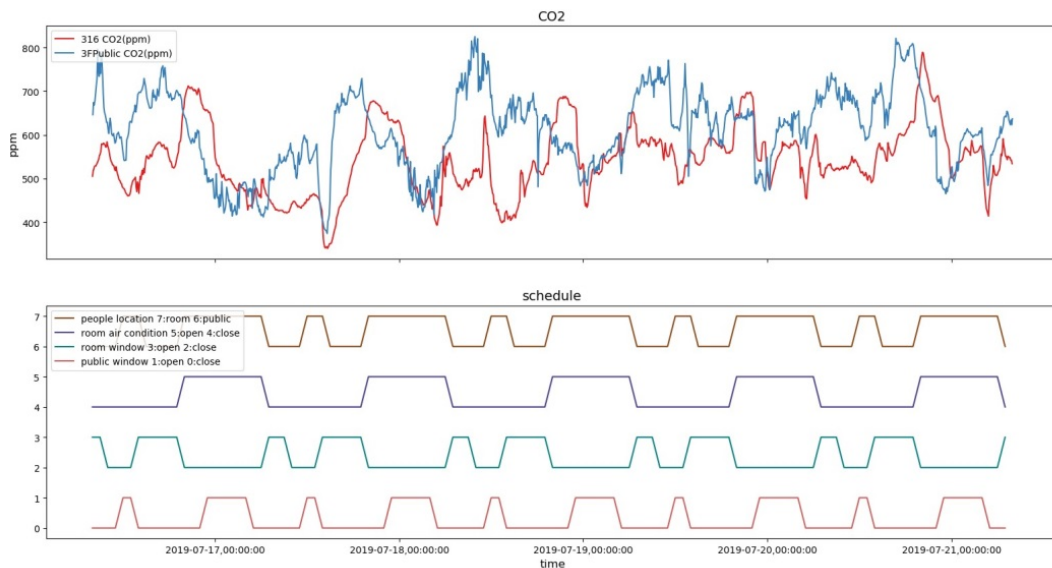


圖 44. 病房與公共空間的二氧化碳變化

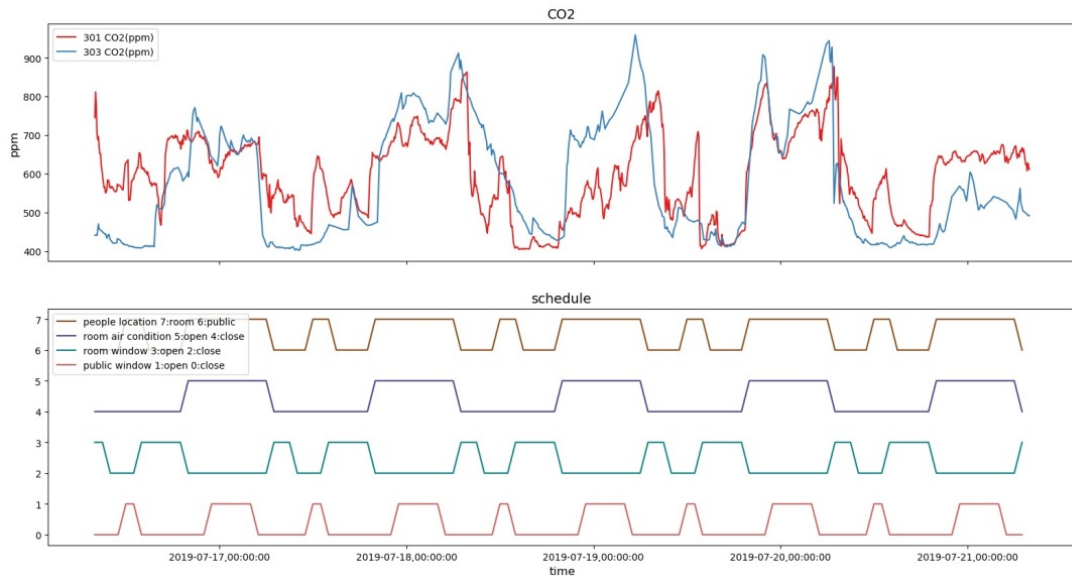


圖 45. 相鄰病房的二氧化碳變化

C. P.M. 2.5 數據比對與分析

我們從數據觀察到 P.M. (Particulate Matter) 2.5 的變化雖然沒有每日的規律性，但相鄰病房間（301、303）或是相鄰的病房（316）與公共空間都有極高的相似性，如圖 46 與圖 47。而在距離較遠的病房（301、316）濃度上就有些微的差異。

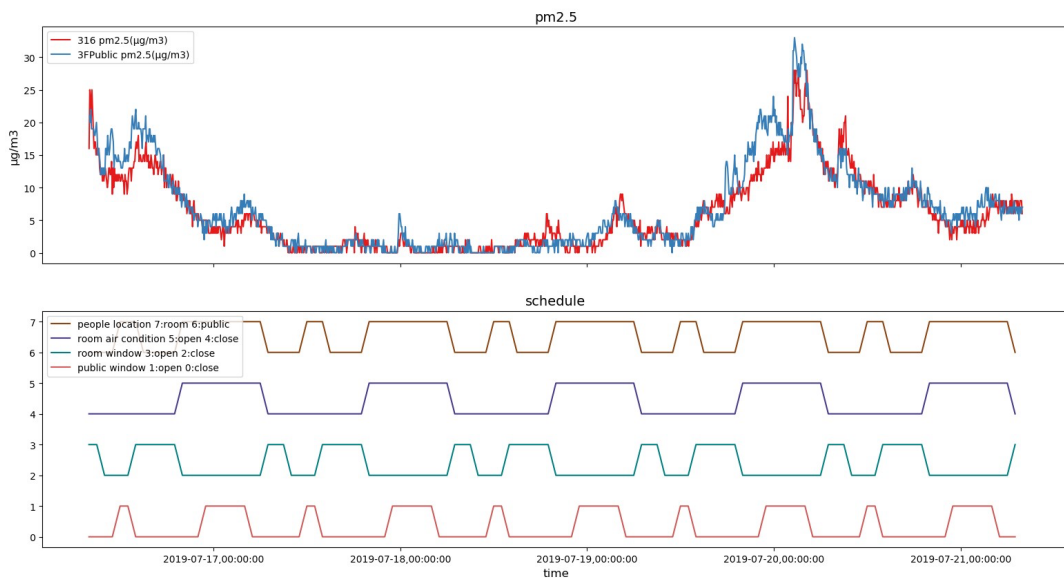


圖 46. 病房與公共空間的P.M. 2.5變化

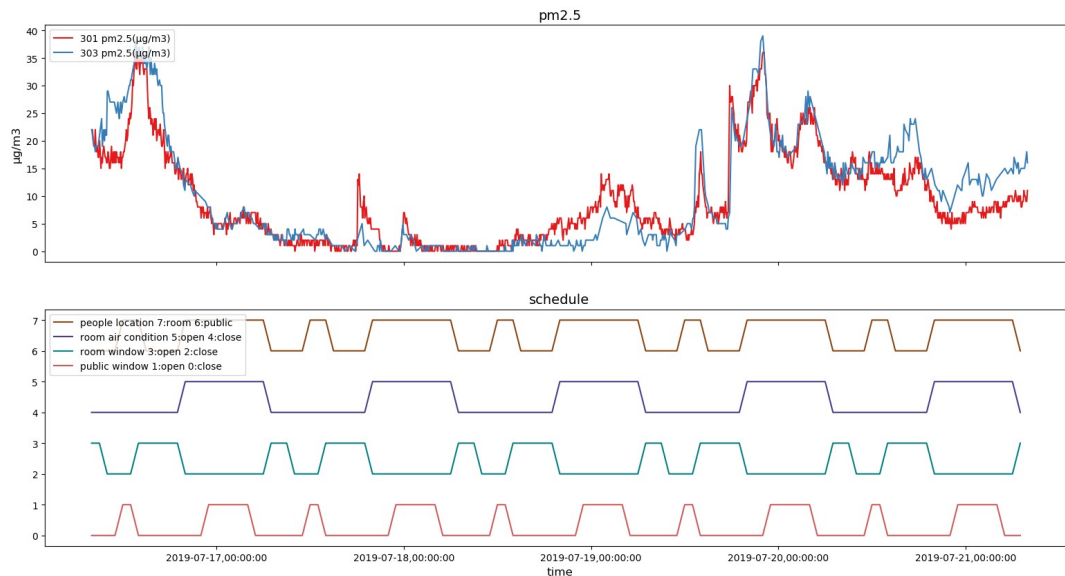


圖 47. 相鄰病房的P.M. 2.5變化

D. 疾病發生與 P.M. 2.5 數據之變化比對與分析

根據長照中心提供的疾病發生與病房之資料，觀察在疾病發生前後環境數據的變化是否有異常處。分析結果發現在疾病發生的當日及後續幾日，大部分的 P.M. 2.5 有明顯的上升，一般病房內 P.M. 2.5 濃度約為 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 上下，在疾病發生當日 P.M. 2.5 會上升到 $20\sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，在後續幾日慢慢下降到正常值。以七月份發生疾病之病房為例共有六筆資料，分別是：7/9 204 房、7/14 202 房、7/15 217 房、7/15 302 房、7/19 303 房、7/26 302 房，在六筆資料當中有四筆資料可看出 P.M. 2.5 數值有明顯的上升（圖 48～圖 51），高峰值都有到 $20\sim 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間，而另外兩筆沒有明顯變化的資料為 7/9 204 房（圖 52）及 7/26 302 房（圖 53），7/9 204 房 P.M. 2.5 數值一直維持在正常範圍間，7/26 302 房則是在發生疾病前高峰值已經達到 20 以上。此為初步的資料分析結果，後續會根據此結果及更多數據繼續探討疾病與 P.M. 2.5 之關聯性。

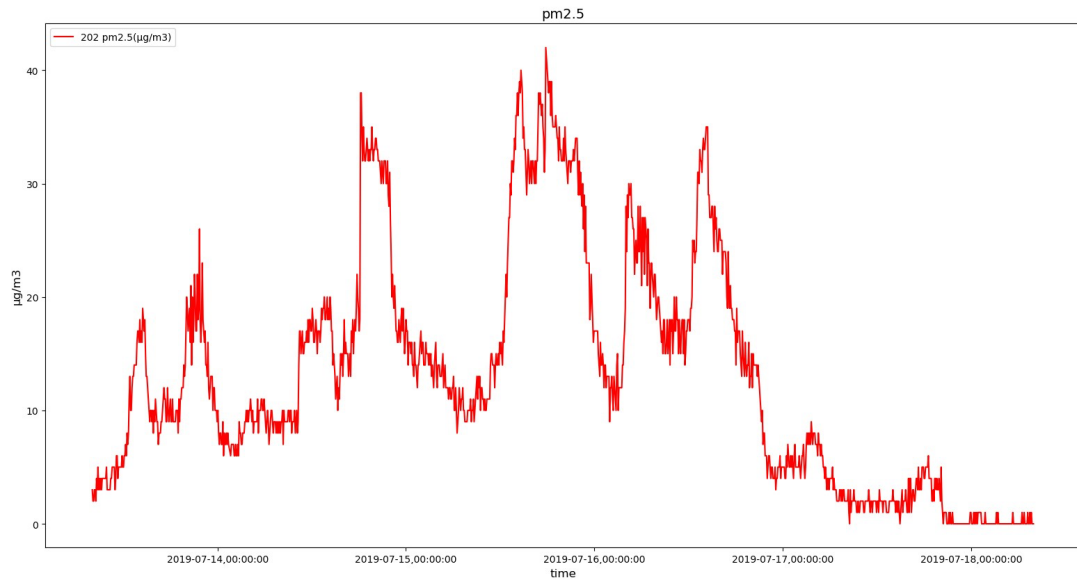


圖 48. 7/14 202房的P.M. 2.5變化

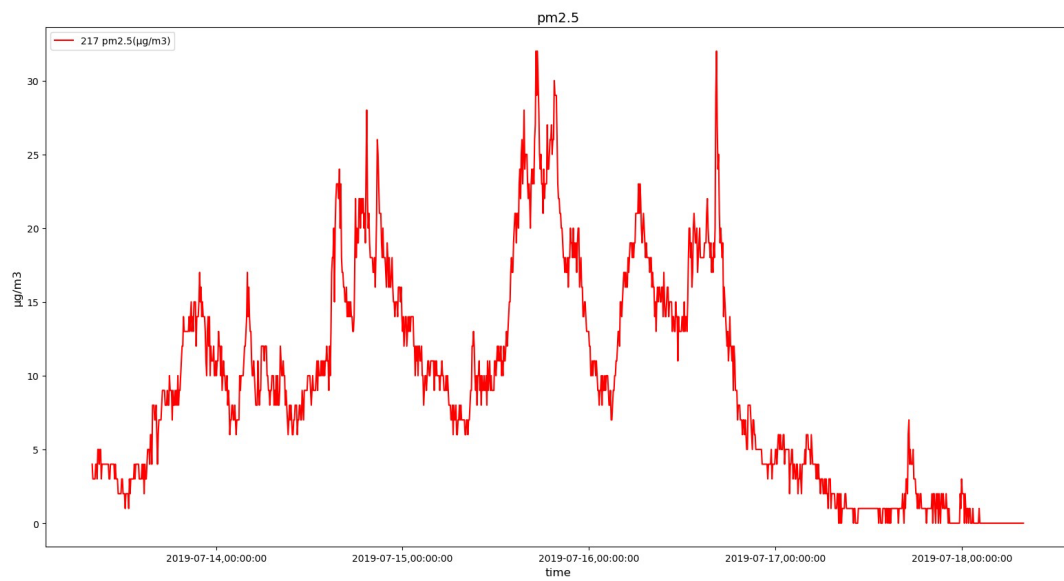


圖 49. 7/15 217房的P.M. 2.5變化

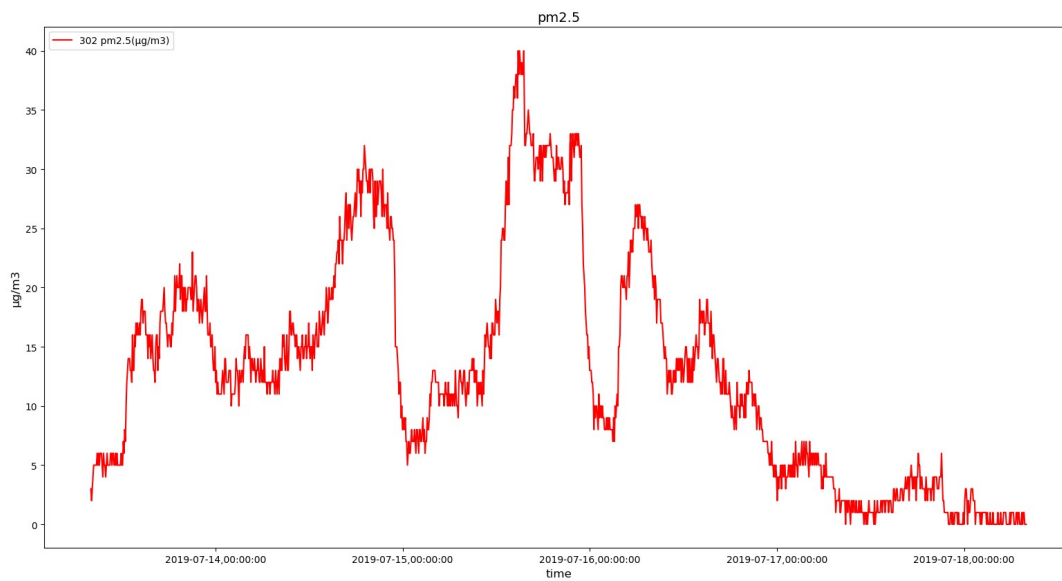


圖 50. 7/15 302房的P.M. 2.5變化

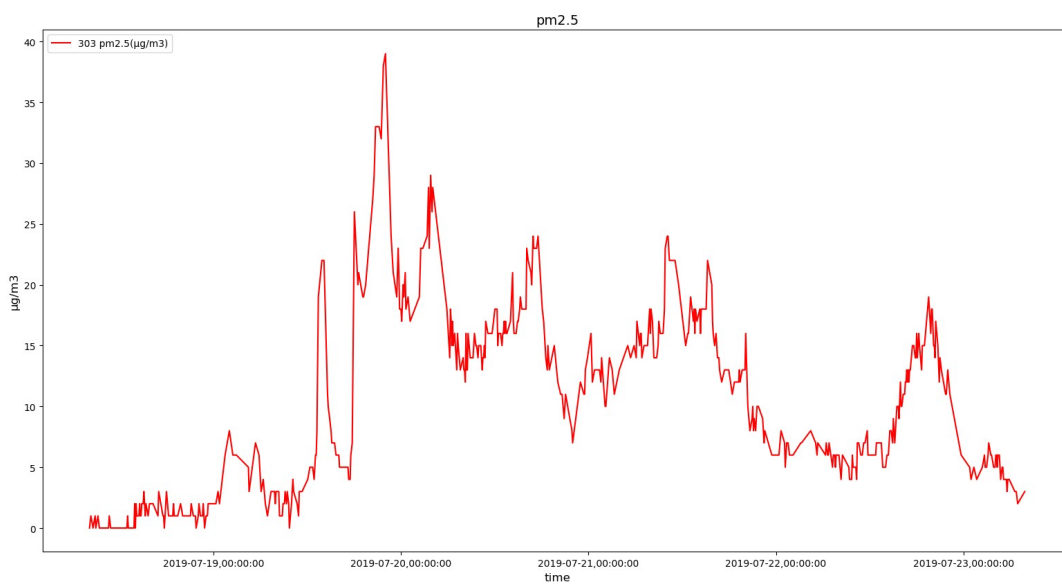


圖 51. 7/19 303房的P.M. 2.5變化

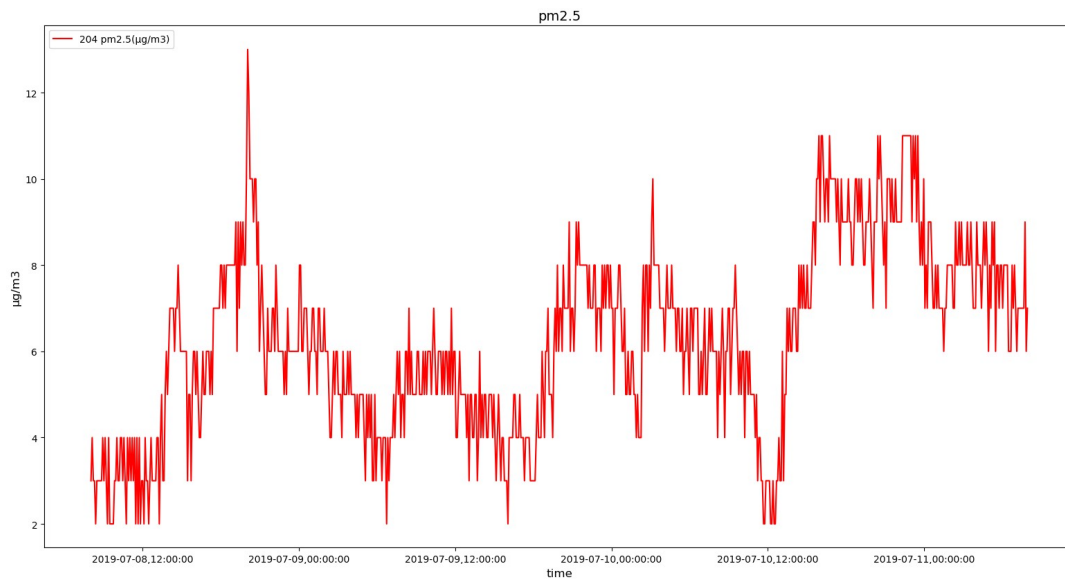


圖 52. 7/09 204房的P.M. 2.5變化

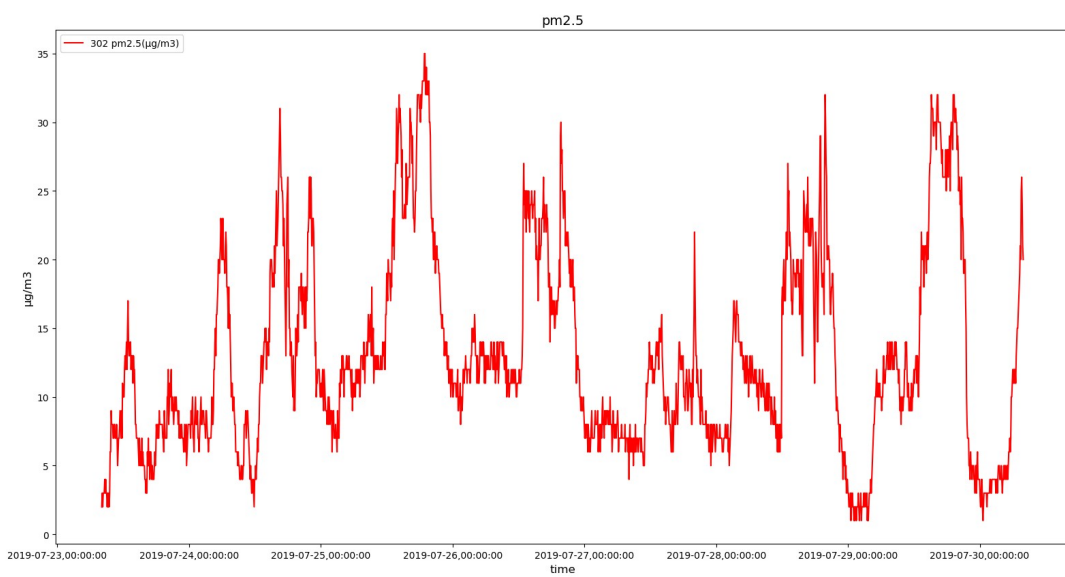


圖 53. 7/26 302房的P.M. 2.5變化

五、 結論與建議

1. 發展空氣流動模型

本計畫今年已對 10 間照護機構進行場勘、佈建和實測，並預計在今年底佈建完成。明年也預計對另外 10 間照護機構進行佈建，建置室內環境感測器初期會以每個房間一台為目標，待累積室內空氣流動數據足夠時，發展出屬於照護機構的室內空氣流動模型，以輔助呼吸道傳染疾病之防治。

2. 室內環境感測器佈建數量評估

因室內空氣流動模型尚未建立完成，在建置數量的評估為一間房間一台，以懷哲復康之家為例，A 棟的空氣流通效果較差，雖然已加裝通風設施，但 A 棟的空氣流動較差。而 B 棟空氣流通狀況較好，但此評估僅為場勘觀察得知。詳細的空氣流通模型還需要待室內環境感測器建置以後，以量測之數據做科學化的分析，未來如果碰到空氣流通較不好的照護機構，也會以此模型作為建制室內環境感測器數量之評估依據。

3. LPWAN 之選擇及建議

目前因考量實驗場域的限制及佈建成本，選用 Sigfox 作為無線傳輸室內環境資料的方式，但礙於 Sigfox 訊號對於水泥牆壁的穿透性不足，考量資料的傳輸的即時性及室內環境感測器佈建的便利性，未來會以 NB-IoT 作為並行或替代的無線傳輸方式，增加無線傳輸的穩定性。

4. 光與聲音感測

因實驗場域皆為照護機構，除了空氣品質的感測外，希望有聲音及亮度的監測，以增加醫護人員對機構室內環境的了解，團隊目前也針對聲音與光的需求，正在對室內環境感測器做進一步的討論及研究。

5. 總揮發性有機化合物 (TVOC 包括甲醛) 感測

因有部分實驗場域，例如羅東聖母醫院、國立陽明大學附設醫院的新民院區/蘭陽院區，醫護人員也希望能監測總揮發性有機化合物 (TVOC)，以增加室內環境的安全上的需求，針對 TVOC 的需求，團隊也正在對室內環境感測器做下一代的開發。

六、 重要研究成果及具體建議

衛生福利部疾病管制署委託科技研究計畫

108 年計畫重要研究成果及具體建議

(本資料須另附 1 份於成果報告中)

計畫名稱：建置室內環境感測監控系統以輔助呼吸道傳染病防治

主持人：賀耀華 計畫編號：MOHW108-CDC-C-114-113701

1.計畫之新發現或新發明

研發並校與異常偵測室內環境感測器，感測項目包含 PM2.5、二氧化碳、溫度、濕度、壓力，並透過長距離低功耗的傳輸方式，將感測資訊傳送回雲端平台。

2.計畫對民眾具教育宣導之成果

無

3.計畫對醫藥衛生政策之具體建議

透過室內環境感測器，感測室內環境變化，藉由科學化的資料分析，建立室內環境的空氣流動標準與模型，期望以此模型及標準建立室內環境換氣之政策。

七、 參考資料

- [1] CO₂ sensor SenseAir S8 <http://senseair.senseair.com/products/oem-modules/senseair-s8/>
- [2] Coefficient of Variation https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_variation
- [3] G3 PM2.5 Sensor <http://www.plantower.com/content/?94.html>
- [4] Humidity and Temperature sensor HTU21D (CJMCU-HTU21D+BMP180+BH1750FVI Sensory Module)
<https://www.taiwaniot.com.tw/product/cjmcu-htu21dbmp180bh1750fvi-溫濕度、氣壓、光照感測器-三合一模組-附/>
- [5] Itra-Model Variability https://airsensortest.blogspot.com/p/blog-page_12.html?fbclid=IwAR2fti5-zbhXvhhenqbQm8Bxod3G5WP-QII28Kbo35k1EqOjAwzQHPCZ-0
- [6] Long Range (LoRa) Network <https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa>
- [7] Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)
<https://en.wikipedia.org/wiki/LPWAN>
- [8] Narrowband Internet of Things (NB-IoT)
https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT
- [9] National Communication Commission Taiwan
https://www.ncc.gov.tw/chinese/law_detail.aspx?site_content_sn=3596&law_sn=1394&sn_f=2636&is_history=0
- [10] Sigfox Technology Overview <https://www.sigfox.com/en/sigfox-iot-technology-overview>
- [11] Sigfox 訊號覆蓋範圍
https://www.sigfox.com/en/coverage?fbclid=IwAR1KmXPkneBV2O9XpOktbl47P_K9dsYSbm3uYmvmYVwMeGSWn1M1f-6PbGk
- [12] SGS Taiwan - Industrial Calibration & Measurement Lab
<https://www.sgs.com.tw/zh-tw/our-company/about-sgs/sgs-in-brief/sgs-in-taiwan>
- [13] WSSFM10R4 <https://partners.sigfox.com/products/sfm10r2>

八、圖次

圖 1	室內空氣品質感測器正面	P.8
圖 2	室內空氣品質感測器剖面	P.8
圖 3	連續 24 小時感測二氧化碳數值	P.9
圖 4	二氧化碳數值一致性比較	P.9
圖 5	溫度值一致性比較	P.10
圖 6	濕度值一致性比較	P.11
圖 7	Sigfox 量產模組與 SFM10R4 晶片	P.12
圖 8	Sigfox 訊號覆蓋範圍	P.12
圖 9	雲端平台示意圖	P.14
圖 10	感測器狀態圖	P.15
圖 11	客製化儀表板 (舊)	P.15
圖 12	客製化儀表板 (新)	P.16
圖 13	聊天機器人	P.17
圖 14	承康護理之家平面圖及相對應位置	P.19
圖 15	公共區域	P.19
圖 16	820 房	P.19
圖 17	陽台位置	P.20
圖 18	818 房位置	P.20
圖 19	聖若瑟失智老人養護中心 1F 平面圖及相對應位置	P.21
圖 20	聖若瑟失智老人養護中心 2F 平面圖及相對應位置	P.22
圖 21	聖若瑟失智老人養護中心 3F 平面圖及相對應位置	P.22
圖 22	聖若瑟失智老人養護中心 4F 平面圖及相對應位置	P.23
圖 23	304 房(左)及二樓公共空間(右)	P.23
圖 24	202 房	P.23
圖 25	恆安老人長照中心公共區域	P.24
圖 26	恆安老人長照中心平面圖	P.25
圖 27	陽大蘭陽院區急診室平面圖與佈建位置 (診察室)	P.26
圖 28	陽大新民院區 6F 平面圖與佈建位置 (交誼廳)	P.26
圖 29	放置於及急診室(左)與護理之家(右)之環境感測器	P.27
圖 30	A 棟一樓平面圖與佈建位置 (護理站)	P.28
圖 31	M 棟三樓平面圖與佈建位置 (餐廳)	P.28
圖 32	放置於及急診室(左)與護理之家(右)之環境感測器	P.29

圖 33	三星鄉衛生所大門	P.30
圖 34	放置於後診區之環境感測器	P.30
圖 35	1F 平面圖(左)與 3F 平面圖(右)佈建位置(公共區域)	P.31
圖 36	2F 公共空間(左)與 3F 公共空間(右)	P.31
圖 37	宜蘭教養院鳥瞰圖	P.32
圖 38	宜蘭教養院平面圖與佈建位置	P.33
圖 39	C1 朝陽家 1F 活動室(左)與 C2 天使家公共空間	P.33
圖 40	放置在一樓行政區域(左)以及活動教室視聽櫃(右)	P.34
圖 41	單日的行程圖以時間軸及數值化呈現日常行程	P.40
圖 42	病房與公共空間的溫度變化	P.40
圖 43	病房與公共空間的濕度變化	P.41
圖 44	病房與公共空間的二氧化碳變化	P.41
圖 45	相鄰病房的二氧化碳變化	P.42
圖 46	病房與公共空間的 P.M. 2.5 變化	P.42
圖 47	相鄰病房的 P.M. 2.5 變化	P.43
圖 48	7/14 202 房的 P.M. 2.5 變化	P.44
圖 49	7/15 217 房的 P.M. 2.5 變化	P.44
圖 50	7/15 302 房的 P.M. 2.5 變化	P.45
圖 51	7/19 303 房的 P.M. 2.5 變化	P.45
圖 52	7/09 204 房的 P.M. 2.5 變化	P.46
圖 53	7/26 302 房的 P.M. 2.5 變化	P.46

九、 表次






表 1 108 年度計畫完成/執行工作項目
P.6

表 2 CO_2 校正結果 P.35

表 3 溫濕度校正結果 P.35

十、 附錄：包括研究調查問卷、法規及其他重要資料。

1. CO₂ 氣體校正報告


<h2 style="margin: 0;">氣體偵測器校正報告</h2>	 亞尚儀器股份有限公司 INSTRUMENTS CO., LTD. 新北市新店區民權路108-4號9樓 TEL: 02-22195511 FAX: 02-22191038																									
<p>一. 基本資料：</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>校驗日期： 2019/5/17</td> <td>報告編號： JSC190517-D03</td> </tr> <tr> <td>客戶名稱： 中央研究院 資訊科學研究所</td> <td>聯絡電話：</td> </tr> <tr> <td>客戶地址： 台北市南港區研究院路二段128號資訊科學研究所</td> <td></td> </tr> <tr> <td>儀器名稱： IAQ_TW</td> <td>儀器型號： N/A</td> </tr> <tr> <td>儀器廠牌： N/A</td> <td>儀器序號： 9C65F91EA493</td> </tr> </table>			校驗日期： 2019/5/17	報告編號： JSC190517-D03	客戶名稱： 中央研究院 資訊科學研究所	聯絡電話：	客戶地址： 台北市南港區研究院路二段128號資訊科學研究所		儀器名稱： IAQ_TW	儀器型號： N/A	儀器廠牌： N/A	儀器序號： 9C65F91EA493														
校驗日期： 2019/5/17	報告編號： JSC190517-D03																									
客戶名稱： 中央研究院 資訊科學研究所	聯絡電話：																									
客戶地址： 台北市南港區研究院路二段128號資訊科學研究所																										
儀器名稱： IAQ_TW	儀器型號： N/A																									
儀器廠牌： N/A	儀器序號： 9C65F91EA493																									
<p>二. 校正時環境：</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>環境溫度： 24.9 °C</td> <td>相對濕度： 63 %RH</td> </tr> </table>			環境溫度： 24.9 °C	相對濕度： 63 %RH																						
環境溫度： 24.9 °C	相對濕度： 63 %RH																									
<p>三. 校正標準設備：</p> <p>零值氣體：<input type="checkbox"/> CDA(Clean Dry Air) <input type="checkbox"/> ZERO AIR(O₂/N₂) <input checked="" type="checkbox"/> N₂(99.999 %)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>設備名稱</th> <th>廠牌</th> <th>序號</th> <th>追溯編號</th> <th>標準值</th> <th>有效日期</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>GASCO</td> <td>EBH-34-1000-2</td> <td>EBH-34-1000-2</td> <td>1012 PPM</td> <td>2021/04/11</td> </tr> <tr> <td>N₂</td> <td>GASCO</td> <td>LBI-114-10</td> <td>LBI-114-10</td> <td>99.999% vol.</td> <td>2022/11/08</td> </tr> <tr> <td>以下空白</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			設備名稱	廠牌	序號	追溯編號	標準值	有效日期	CO ₂	GASCO	EBH-34-1000-2	EBH-34-1000-2	1012 PPM	2021/04/11	N ₂	GASCO	LBI-114-10	LBI-114-10	99.999% vol.	2022/11/08	以下空白					
設備名稱	廠牌	序號	追溯編號	標準值	有效日期																					
CO ₂	GASCO	EBH-34-1000-2	EBH-34-1000-2	1012 PPM	2021/04/11																					
N ₂	GASCO	LBI-114-10	LBI-114-10	99.999% vol.	2022/11/08																					
以下空白																										
<p>四. 校正結果：</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">感測元件</th> <th rowspan="2">濃度單位</th> <th colspan="3">零點(Zero)校正</th> <th colspan="3">全幅(Span)校正</th> </tr> <tr> <th>標準值</th> <th>重複測試</th> <th>平均器差 (%)</th> <th>標準值</th> <th>重複測試</th> <th>平均器差 (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO₂</td> <td>PPM</td> <td>0</td> <td>42</td> <td>42</td> <td>4.2</td> <td>1012</td> <td>949</td> <td>949</td> <td>-6.2</td> </tr> </tbody> </table>			感測元件	濃度單位	零點(Zero)校正			全幅(Span)校正			標準值	重複測試	平均器差 (%)	標準值	重複測試	平均器差 (%)	CO ₂	PPM	0	42	42	4.2	1012	949	949	-6.2
感測元件	濃度單位	零點(Zero)校正			全幅(Span)校正																					
		標準值	重複測試	平均器差 (%)	標準值	重複測試	平均器差 (%)																			
CO ₂	PPM	0	42	42	4.2	1012	949	949	-6.2																	
<p>五. 儀器校驗結果：<input checked="" type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 不正常</p>																										
<p>六. 校正說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> 校正方法：此送校件使用追溯國際標準或國家標準之標準氣體鋼瓶，經零點(Zero)及全幅(Span)調校後，再通入零點氣體及全幅標準氣體進行重複分析後，可得到標準氣體對儀器輸出信號之依據，數據如校正結果所列。 校正結果欄內之標準值，代表標準氣體的濃度值。而重複測試值代表儀器二次量測所顯示的濃度值，器差值代表重複測試平均值減去標準氣體濃度值相對於全幅之器差百分比。 																										
<p>七. 其他說明及建議：</p> <p>1. 儀器檢修：<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否</p>																										
審核： 		校正人員： 																								

2. 溫度和濕度校正報告

SGS

校正報告書 校正暨量測實驗室-台北

Report Date : 2019/5/10

		Report No. : ECR1913996	第1頁	共2頁
申請者 Applicant	中央研究院 資訊科學研究所			
儀器名稱 Equipment	IAQ_TW			
製造廠商 Manufacturer	---	機型 Model	---	序號 Serial No.
校正程序 Procedure used	GENP-EC-T008(V 1.8)	收件日期 Received Date	2019/5/7	校正日期 Calibration Date
校驗者 Operator	謝宏恩	溫度 °C Temperature	(23 ± 5) °C	相對濕度 % Relative Humidity
顧客地址 遊校地址	115台北市南港區研究院路二段128號資訊科學研究所			校正地點 Location
				實驗室

實驗室使用標準器 / SGS Standards			
儀器名稱 Equipment	製造廠商 Manufacturer	機型 Model	標準器校正日期 Calibration Date
Hygropalm	ROTRONIC AG	HP22+HC2-S	2019/2/26
Hygrometer	EDGE TECH	DEW MASTER	2018/8/10
Temperature/Humidity Chamber	REYO	LY-2-TH-D	2018/7/10
序號 Serial Number	追溯單位 Traceability	報告號碼 Report No.	標準器有效日期 Due Date
0060538668+0060577530	SGS(TAF 0143)	ECR1905326	2020/2/25
44451	NML(TAF N0881)	H180060A	2019/8/9
LY-806034	SGS(TAF 0143)	ECR1816696	2019/7/9

- ◆ 台灣檢驗科技股份有限公司特此聲明本報告書內記載之標準器，依ILAC P10之規定，可追溯至ILAC MRA 國際實驗室認證聯盟相互承認協議成員之認可實驗室，或各國國家計量標準機構(NMI)，或國際度量衡委員會相互認可協定之機構(CIPM MRA)，或驗證參考物質(CRMs)。
- ◆ 有TAF認證標誌之報告係全國認證基金會(TAF)之認證範圍；無TAF認證標誌之報告亦符合本實驗室標準校正作業程序及ISO/IEC 17025之規定。
- ◇ SGS Taiwan Ltd hereby declare that traceability follows ILAC P10(ILAC policy on the traceability of measurement results). All standards are directly traceable to TAF recognized lab (members of the ILAC MRA) or to National Metrology Institutes (NMI) or to other international standards (members of the CIPM MRA) or certified reference materials(CRMs).
- ◆ This report with "TAF" accredited symbol indicates the quality system conforms to TAF; Without "TAF" accredited symbol, the report also complies with the lab's standard calibration operating procedures and ISO/IEC 17025 requirements.
- ◆ 本校正報告僅對上述儀器之校正項目有效且未經調整，本實驗室依ISO/IEC 17025規定不做校正週期及允收水準之判定，特別聲明除外。
- ◇ The calibration report is only valid for the instrument mentioned above and without adjustment. Unless otherwise specified, SGS does not determine the calibration interval and acceptance criteria in accordance with ISO/IEC 17025.
- ◆ 本校正報告部份複製及影本無效。
- ◇ To reproduce or copy calibration report in partial is not allowed.
- ◆ 校正程序名稱： 溫濕度計(LOGGER)(實測比對法+遊校)校正作業程序書
- ◇ Procedure used: Calibration SOP for Temperature-hygrometer/Logger(Actual Test + On-Site)

楊慧婷

報告簽署人

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-and-Conditions.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

SGS Taiwan Ltd. No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, Taiwan / 新北市五股區(新北產業園區)五權七路38號
 台灣檢驗科技股份有限公司 (886-2) 2299-3939 (886-2) 2288-1845 www.sgs.tw

Member of SGS Group

TWC6924750

1007



校正結果 (Calibration Results)



RptNo.: ECR1913996

第2頁 共2頁

溫濕度部份:

器示值		標準值		器差值	
溫度(°C)	相對濕度(%)	溫度(°C)	相對濕度(%)	溫度(°C)	相對濕度(%)
20.24	76.7	20.00	80.0	0.2	-3.3
25.13	68.0	25.00	70.0	0.1	-2.0
30.16	48.6	30.00	50.0	0.2	-1.4

校正說明:

1. 器差值=器示值 - 標準值
 2. 器差% = $[(\text{器示值} - \text{標準值}) \div \text{標準值}] * 100$
 3. 器示值係指送校正件所顯示或設定之值
 4. 標準值係指工作標準件之輸出值或顯示值
 5. 校正能力係以約95%信賴水準, $k=2$ 之擴充不確定度表示
 6. 擴充不確定度: 溫度 0.24 °C, 相對濕度 1.6 %
 7. 上述擴充不確定度已包含校正件之不確定度評估結果
- THE END --

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Documents.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.

SGS Taiwan Ltd. | No.38, Wu Chyuan 7th Rd., New Taipei Industrial Park, Wu Ku District, New Taipei City, Taiwan / 新北市五股區(新北產業園區)五權七路38號
 台灣檢驗科技股份有限公司 | t (886-2) 2293-3939 f (886-2) 2298-1845 www.sgs.tw

Member of SGS Group

TWC6924751

1001

3. 延遲交貨說明書

延遲交貨聲明書

本公司承接 貴校 Raspberry pi 空氣盒子 採購一案，
報價單號：211-1080830001，總金額新台幣 1,399,680 元整，合約期限應
於 2019 年 11 月 30 日前交貨，因貨品中 客製化工控盒 缺貨延誤，致
使無法如期完成交貨，特申請同意延至 2019 年 12 月 20 日交貨。

此致

國立台灣師範大學

公司名稱：凌琦科技有限公



公司地址：高雄市左營區博愛二路 204 號 8 樓之 1

負責人：黃文辭

聯絡電話：07-5564686

日期：2019 年 11 月 4 日

參、 經費支用情形

項 目	本年度核定金額	支 用 狀 況
業務費 (耗材)	\$1,100,006	<p>目前支出：\$ 433,809</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sig-Fox 網路費用\$9,828 2. 物聯網網路費用(7-9 月份\$3,235) 3. Raspberry Pi 3 B+(樹莓派開發板)、Sensiron SHT31-D溫度感測器 G3PM2.5感測器\$280,690 4. 郵資、影印、耗材\$140,056 <p>預計支出：空氣品質感測器 \$666,197 (MediaTek Smart 7688 開發版、MediaTek Smart 7688 擴充版 2.0、二氧化碳感測器、時鐘模塊、顏色感測器、三合一傳感器模塊、SD 卡、G3 感測器 WISOL SIGFOX RCZ4 模組(量產模組)、NB-IoT 傳輸模組(含天線)、USB 轉接器)</p>
人事費	\$645,994	<p>目前支出：\$234,000</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 人事含賀老師 2 - 10 月計畫主持人費用 (\$10,000 * 9 = \$90,000) 2. 兼任研究助理薪資 5 - 10 月 (\$144,000) <p>預計支出：\$ 84,000</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 人事含賀老師 11 - 12 月計畫主持人費用 (\$10,000 * 2 = \$20,000) 2. 兼任研究助理薪資 9 - 12 月 (\$64,000) 3. 人事費剩餘\$327,994(變更流入業務費)