

# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：智慧代理者基礎的 PM2.5 主動控制系統

Smart Agent Based PM2.5 Active Control System

作者：陳正晏

系級：建築學系碩士班

學號：M0123021

開課老師：陳上元 老師

課程名稱：碩士論文

開課系所：建築學系

開課學年：104 學年度 第 1 學期

## 摘要

因為近年中國快速發展產生霾害問題，不僅讓台灣也開始重視霧霾的危害，如何控制空氣品質也成為重要的議題。台灣西部工業區與火力發電廠產生的懸浮微粒，因為地形與風向的關係擴散不易，工業區與火力發電廠周遭的居民也有罹患心血管及呼吸道疾病的風險。

本研究使用智慧代理者理論，透過空氣品質代理者收集本地的室內空氣品質資料，與環保署雲端伺服器提供的戶外空氣品質進行比對分析，並做出決策，啟動改善空氣品質的機制。其牽涉到雲端運算及服務、智慧代理者以及物聯網等 3 個範疇。

根據探討如何收集雲端資料庫資料與本地環境資料、雲端伺服器根據收集到的資訊做出決策以及改善空氣品質機制的方法的方法，本研究使用開放式機電系統 Arduino 來建構室內感測網路以及環境改善機構，圖控程式 LabVIEW 來接收資料、進行判斷動作以及啟動改善裝置，最後架設模擬環境並觀察本系統在模擬環境對於懸浮微粒濃度的改善情形來實做驗證。

本研究經實驗發現此系統在單一決策條件的環境下作用良好，但是對更多空氣品質條件的判斷時則會有衝突，需要撰寫更多的判斷式，或是設定動作優先權。未來可以將雲端決策系統架設網站並撰寫人機介面，用手機之類隨身上網設備就能隨時查看目前室內空氣品質以及控制狀態，也能增加感測器類別或是結合防災功能，利用更多條件改善環境品質。

**關鍵字:**智慧建築、感測網路、智慧型代理人、懸浮微粒、雲端決策

## Smart Agent Based PM2.5 Active Control System

### Abstract

Because the fast speed of China development in recent years causes haze problem, it not only let Taiwan begin to pay attention of haze hazards, controlling air quality also becomes an important issue. Industrial region and power plant in western Taiwan generate aerosols, what is hard to diffusion because of difficult terrain and wind direction, and the residents around industrial region and power plant at risk of developing cardiovascular and respiratory disease.

This study proposes the use of a control system of indoor air quality base on cloud decision to help user to control the concentration of suspended particles, it is a system of decision by comparing the data collected from local indoor air quality and the data of outdoor air quality provided by Environmental Protection Administration on the cloud server. The system involves the three category of cloud computing, wisdom and sensing network construction. After making a decision on the cloud server, the system can sent the command back to the indoor to switch on the smart building devices, to improve the indoor air quality.

By researching the method of collecting the data from local environment and the cloud sever, the method of decision making to improving the indoor air quality by cloud server, this study use the open-source electromechanical Arduino to build the sensor network and the environment improvement mechanism, and use the graphical programming software Labview to receive data, make decision and switch on the improvement devices. Finally, the study builds the simulation environment to observe the improvement situation of the concentration of suspended particles in it.

The study found that this system works well in the condition of a single decision-making role, but it may conflict when there are many air quality conditions to decide, and it needs more decision making method, or it needs to set priority action. In the future, there can be a website to upload the system with an user interface to monitor the indoor air quality and control it by phone. It can also add more sensor or combine disaster prevention, to improve the environment by more condition.

**Keywords:** Smart Building, Sensor Network, Smart Agent, Suspended Particles, Cloud Decision

目 次

緣起與目的 .....	1
文獻回顧.....	6
研究分析與流程.....	8
實驗過程與成果.....	12
結論與建議.....	21
參考文獻.....	22



## 一、緣起與目的

現代人長時間於室內活動，室內空氣品質對於人的健康環境有重大影響。台灣西部工業區與火力發電廠產生的懸浮微粒因為地形與風向的關係擴散不易。而中國大陸近年來大量燃燒煤炭做為能源也產生霾害，不只影響到當地環境，也會透過東北季風也影響到台灣的空氣品質。

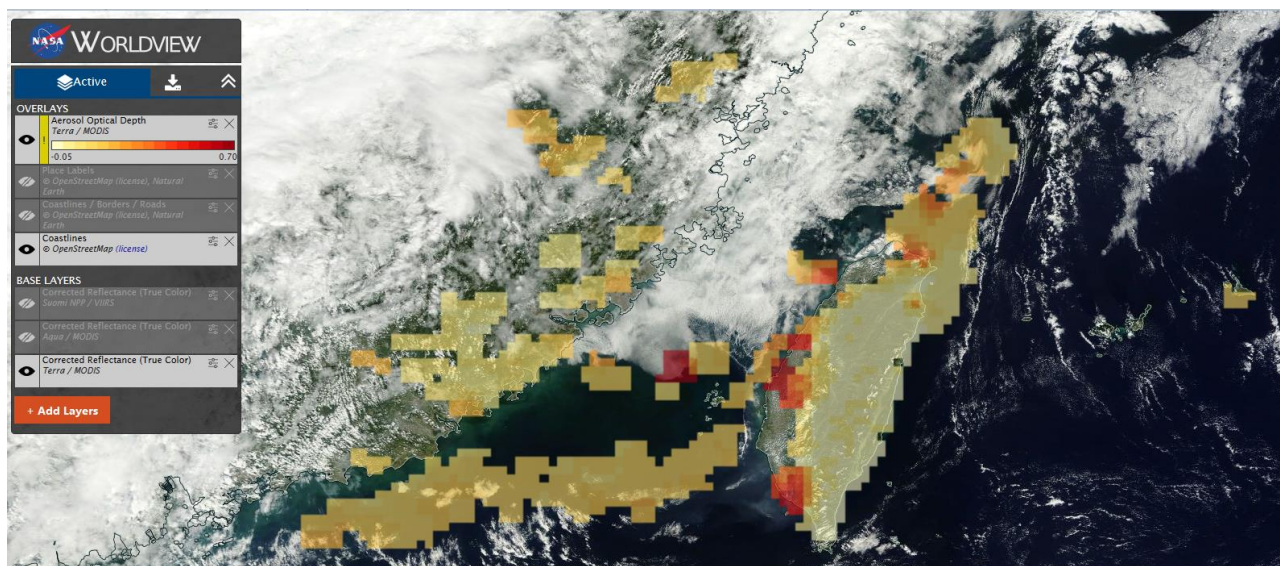


圖 1、氣膠光深度 (AOD, Aerosol Optical Depth) 衛星圖(2015 年 11 月 8 日)  
(<https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview>)

圖 1 為氣膠光深度衛星圖，越深色表示光線越不容易穿透，可以看出台灣懸浮微粒集中在西部以及南部，雲林的六輕以及台中的火力發電廠可能是主要來源。

由於人很難長時間關注室內空氣品質的狀況，因此需要由各種智慧裝置來監控與控制。室內空氣品質的感測器可以架構感測網路，經由感測到的數值可以藉由程式的條件判斷驅動各種裝置。本研究嘗試架構出一套系統能夠偵測環境空氣品質並且能夠進行改善動作，達到健康環境的指標。由於室外環境不易由建物周遭的單一感測器測量，並且未來是物聯網的時代，因此本研究選用環保署提供之網路開放資料做為室外環境數據來源。

本研究之研究流程如圖 2 所示，以代理者理論架構出雲端決策的室內空氣品質控制系統，再進行模擬系統的研究，分析其可行性。

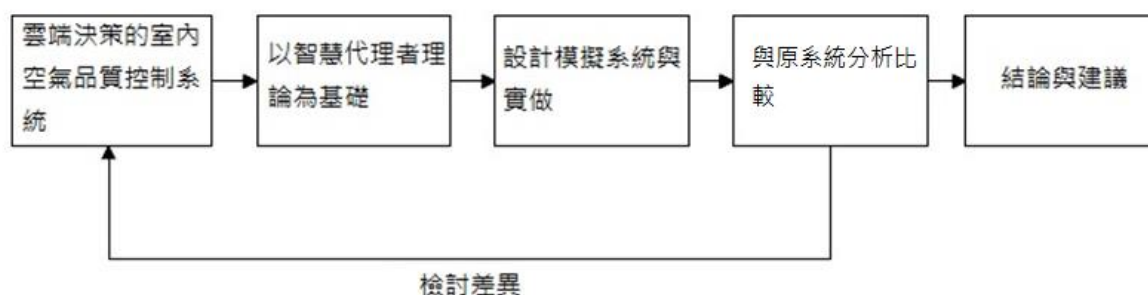


圖 2、研究流程

## 二、 文獻回顧

### (一) 智慧代理者理論

智慧代理者 (intelligent agent) 技術是當前“人工智慧”重要的研究典範之一，強調在分散式智能環境下作為運算與資訊溝通機制的知識再現工具 (陳上元, 2007)。每一個智慧代理者的基本模組由感測器、運算機制與作用器所構成，包含了軟體與硬體 (Russell, 2003)。智慧代理者可以取代人在系統中的角色，幫助人類判斷環境狀況。

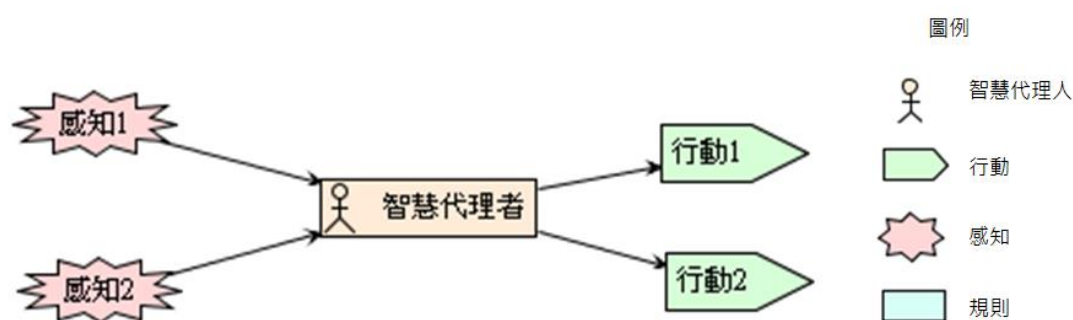


圖 3、單一智慧代理者模組

### (二) 細懸浮微粒(PM2.5)空氣品質指標

細懸浮微粒會造成呼吸道及心血管疾病，例如心肌硬塞、腦血管疾病、還有肺癌。關於PM2.5健康效應，目前證據清楚的是呼吸道及心血管疾病。(鄭尊仁, 2009)

因為控制空氣品質需要有門檻值，而PM2.5濃度到達指標等級6的高濃度可能已經對人體產生危害，因此本研究以空氣品質指標等級5的PM2.5濃度 $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 為空氣好壞的門檻值。

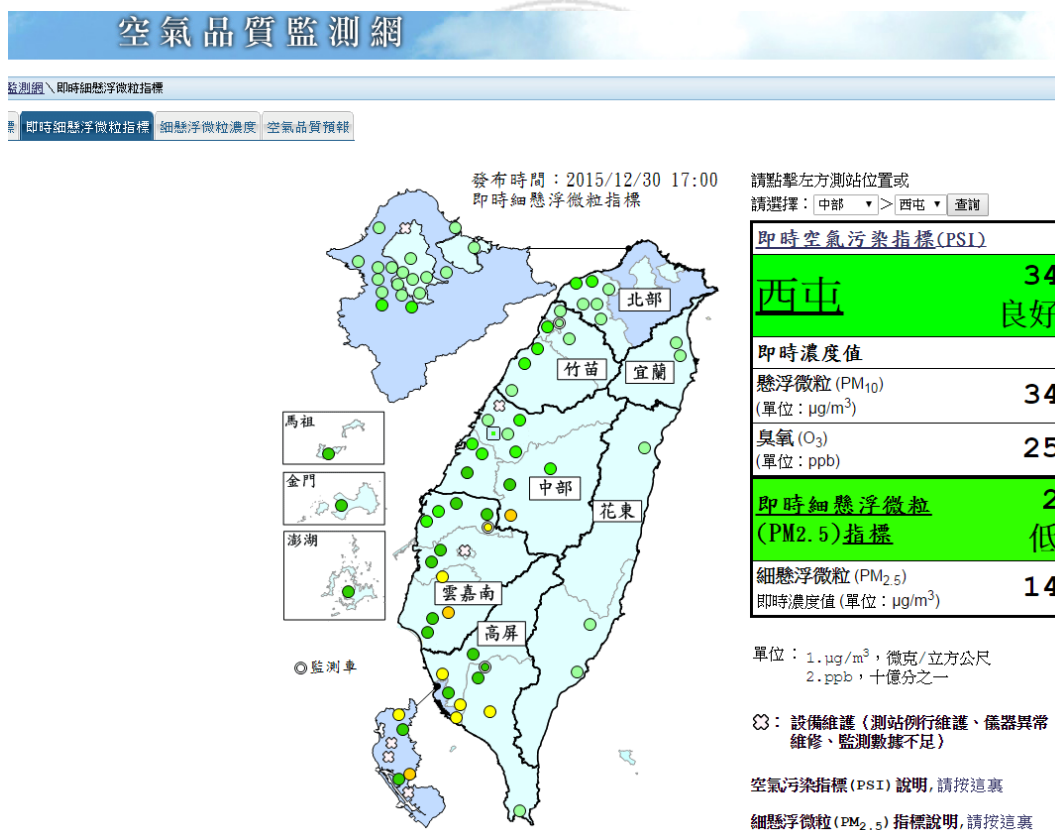
表 1、細懸浮微粒(PM2.5)空氣品質指標(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.aspx>)

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
PM <sub>2.5</sub> 濃度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	$\geq 71$
一般民眾活動建議	正常戶外活動。			正常戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。

<b>敏感性 族群 活動建 議</b>	正常戶外活動。	有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到癥狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2. 老年人應減少體力消耗。 3. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。
---------------------------------	---------	--	--	---

(三) 雲端資料

環保署在網路上提供空氣汙染的即時監測資料提供國民下載應用，如圖 4 所示。本研究以此作為戶外空氣品質數據來源。



圖四、環保署空氣品質監測網  
(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/PsiMap.aspx>)

### 三、 研究分析與流程

空氣品質的因子與控制手法用推理式規則可以寫出如圖5的架構，智慧代理者透過偵測空氣品質，進行皮層與裝置的動作，以改變室內空氣品質。

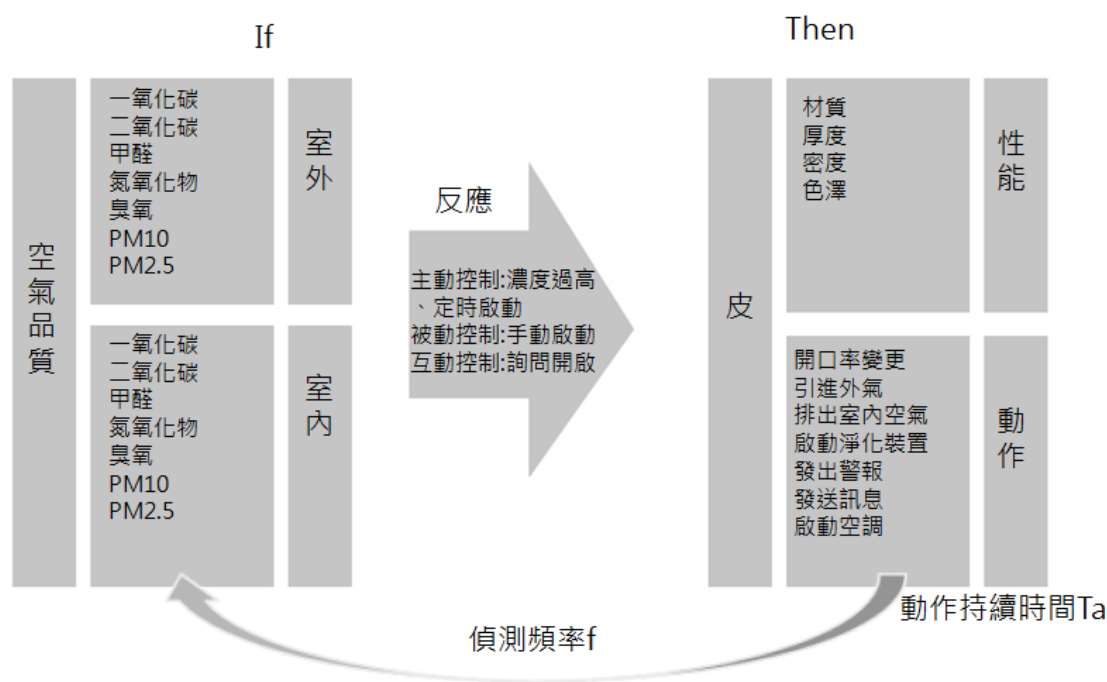


圖 5、空氣品質的因子與控制手法

本研究利用感知-運算-行動的智慧代理者架構作為系統的基本架構，而目前大多數的智慧裝置感知部分都是利用自己架構的感測器偵測的數值進行運算。由於邁入網路時代，政府有將氣象站的開放數據放在網路上供人下載，因此本研究利用政府提供的氣象站開放資料做為感測網路的一部分。使用開放資料能夠彌補智慧建築之感測裝置在室外環境感測上之不足，因為其只能偵測裝置地點周圍的環境資料，受到微氣候影響很大，而且裝置在建築物外部的部分也較容易損壞，維護不易。

本研究使用的智慧代理者以室內懸浮微粒感測器與環保署提供的室外懸浮微粒感測器為感知條件，透過智慧代理者演算後，啟動裝置進行行動，改善室內空氣品質。機器動作持續時間  $T_a$  後停止，感測器以偵測頻率  $f$  感知後，進行下一輪判斷，如圖 6 所示。



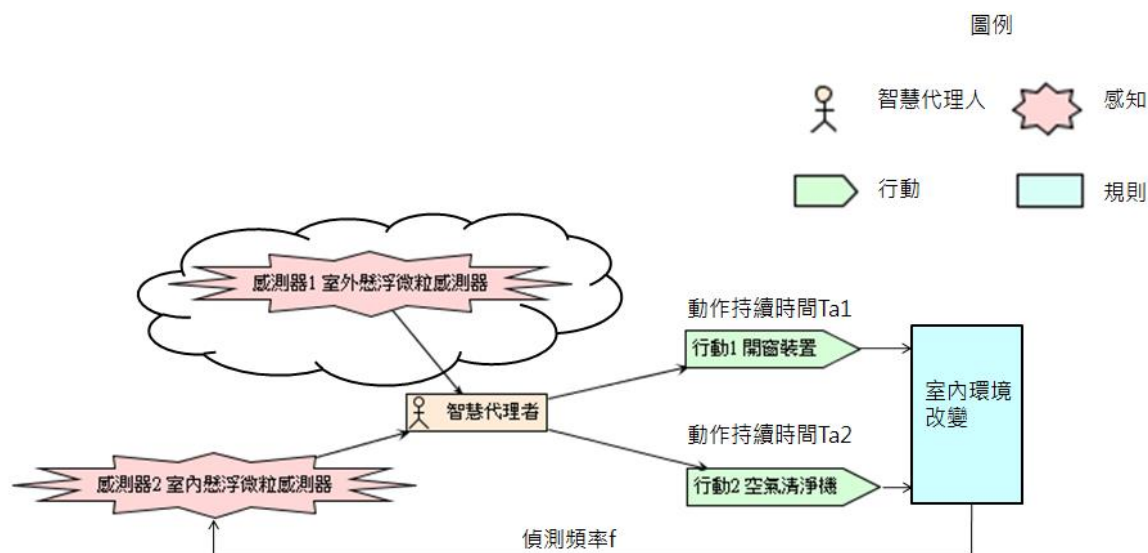


圖 6、單一智慧代理者模組

本實驗模擬之環境如圖 7 所示。由室外感應器傳送至雲端的資料與室內感應器傳送至本地主機的資料(感知)，在本地主機(智慧代理者)分析情境後，依照撰寫好的條件啟動裝置(行動)。

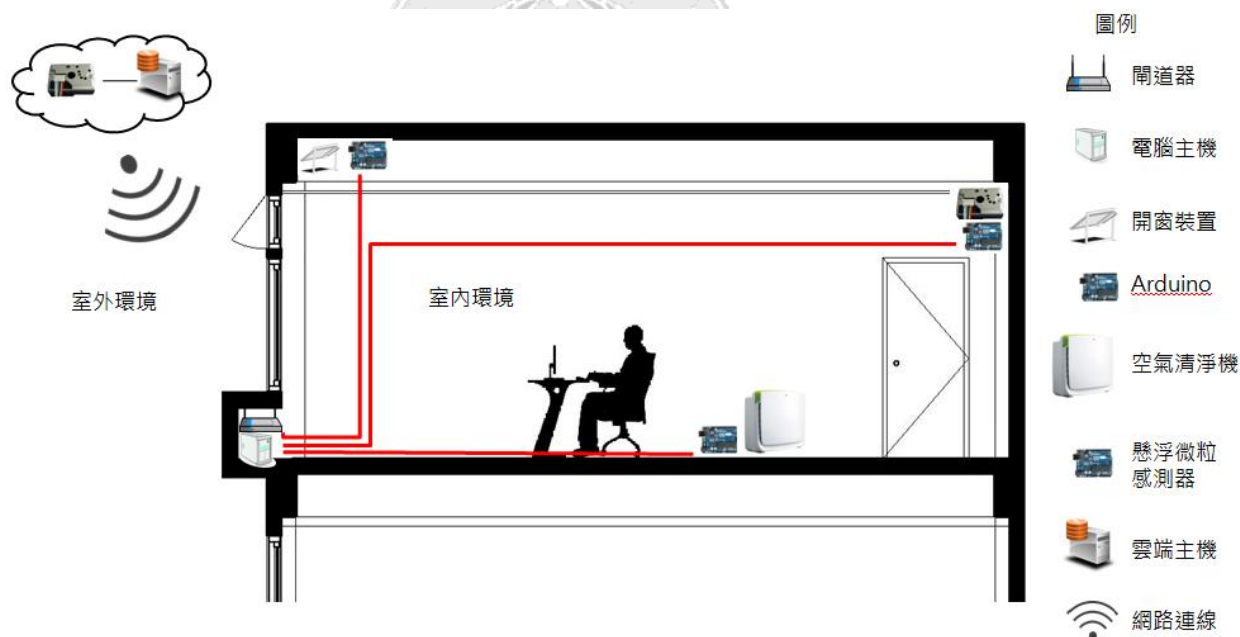


圖 7、環境示意圖

本研究架根據智慧代理者理論架構出雲端決策的室內空氣品質控制系統，其由輸入端、處理端以及輸出端三個部份組成。其系統架構如圖 8 所示，說明如下：

(1) 輸入端是雲端決策的室內空氣品質控制系統架構的資訊來源，其有室內收集到的資訊以及從政府提供之外部資訊兩部分，收集使用者環境的外部資訊後送到處理器進行處理。

(2) 處理端分為網路接收之室外感測數據以及本地接收之室內感測數據兩部分，接到到這兩種資料以後就能進行判斷比對，根據處理器之程式判斷目前環

境是否有問題，需要啟動智動器進行環境改善動作。

(3) 輸出端有動作裝置改善室內空氣品質，本地及網路顯示器提供使用者監控環境狀態。

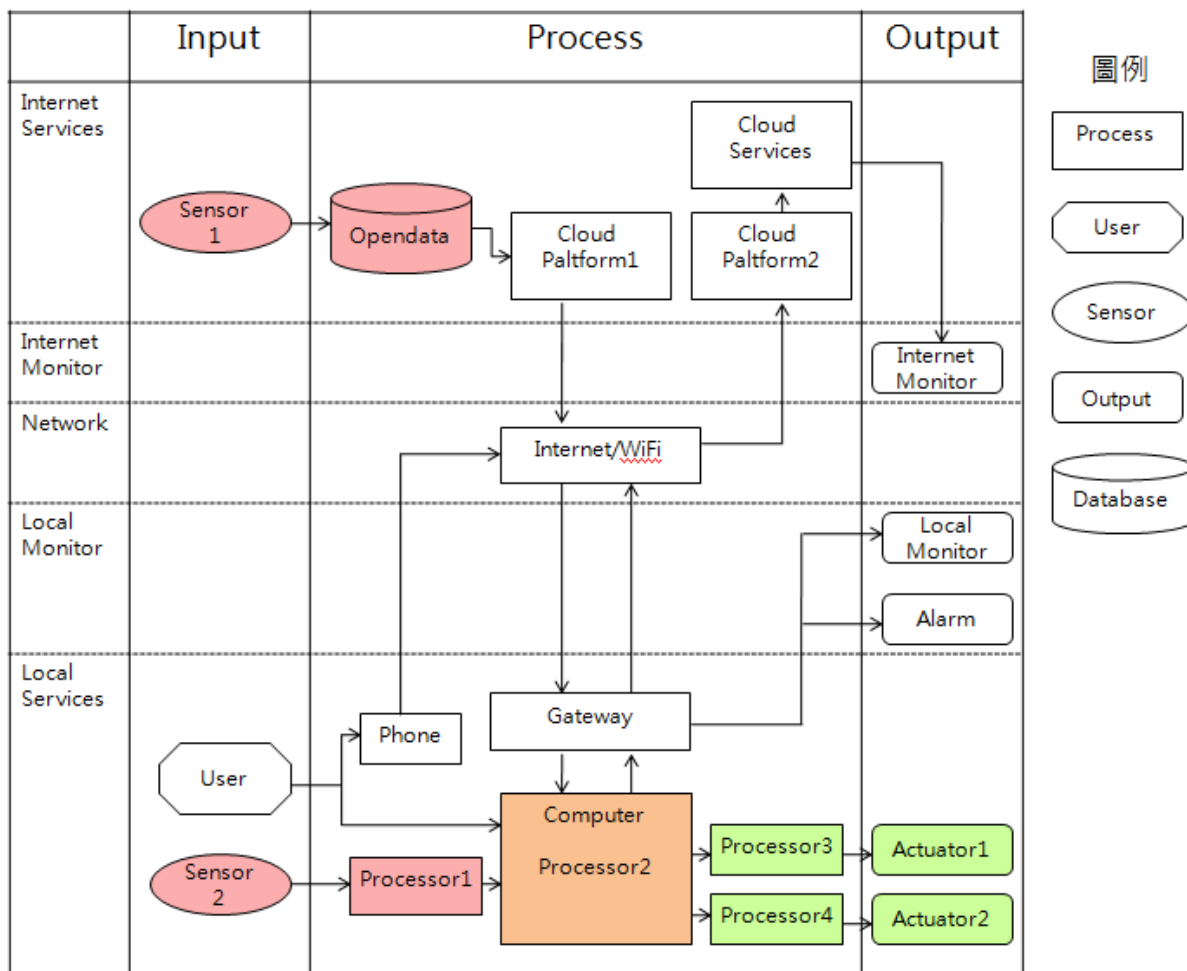


圖 8、雲端決策的室內空氣品質控制系統架構圖

本研究使用到的機電設備與控制程式為 Arduino 跟 LabVIEW，其連接方式如圖 9 所示。本研究利用 Arduino 負責控制機電設備與設備跟電腦主機之間的通訊，而 LabVIEW 負責處理資料。本實驗之電腦主機透過閘道器以及 Arduino 接收資料後，將控制訊號透過 Arduino 傳送到動作裝置啟動改善室內空氣品質的動作。

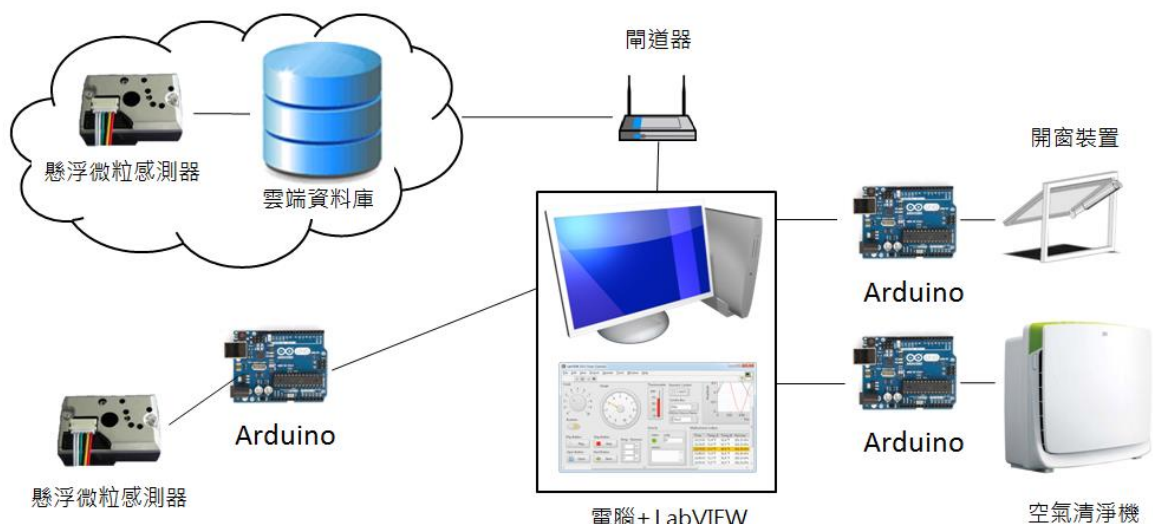


圖 9、裝置連接示意圖

Arduino 是開放式的機電平台，利用該公司開發的 Arduino Software (IDE) 來撰寫程式。最基本的 Arduino Uno 主板只有 1KB 的儲存空間，因此不能寫太複雜的程式，但是易上手的開發介面可以很容易的做簡易的控制與自動動作。



圖 10、Arduino UNO 主機板

LabVIEW 為美商國家儀器公司開發的一套視覺化程式設計軟體，被設計用來撰寫自動控制用之操作程式與人機介面設計。該軟體特點是具有虛擬儀器人機介面，能在個人電腦上顯示各種感測器擷取之訊號，不需要在機器上裝置面板顯示。這些訊號可以經過程式處理後再轉換成動作訊號傳送到作用器，驅動各種動作。程式可以被個人電腦或是該公司開發之小型嵌入式電腦執行。LabVIEW 介面分為顯示介面以及程式介面，顯示介面可以看作是一台虛擬的儀器面板，而控制是交給程式介面執行。LabVIEW 優點為程式為圖塊化模組，資料透過資料流的模式傳輸，如同數學方程式一樣，較易上手。

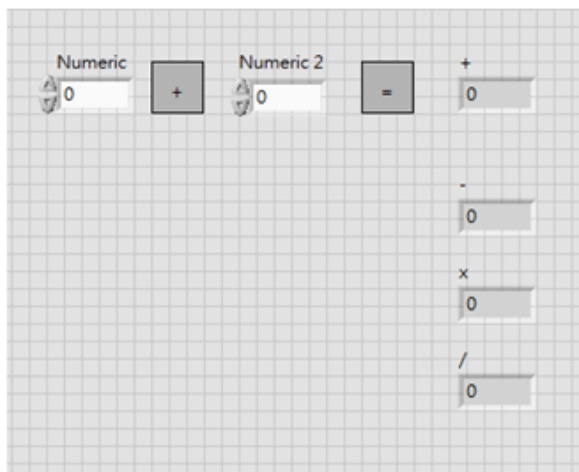


圖 11、LabVIEW 人機介面

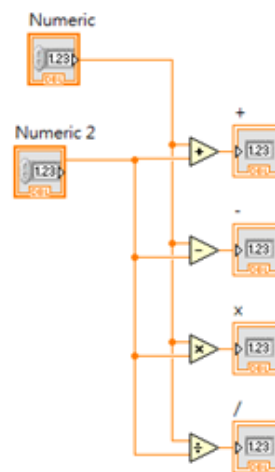


圖 12、LabVIEW 程式介面

本研究之室外感測器資料使用環保署提供的 XML 格式的開放資料，經過 LabVIEW 程式下載及抽取需要用的資料欄位來使用。XML 是樹狀架構圖，以 <標籤>資料</標籤>的格式組成。如圖 13 中的 PM2.5 數值為 15。

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <PsiData>
  - <Data>
<標籤>資料</標籤> <SiteName>基隆</SiteName>      測站名稱
                  <County>基隆市</County>      縣市
                  <PSI>39</PSI>                 空氣汙染指標
                  <Pollutant>臭氧</Pollutant>    指標汙染物
                  <Status>良好</Status>         狀態
                  <SO2>1</SO2>                  二氧化硫濃度
                  <CO>.36</CO>                  一氧化碳濃度
                  <O3>47</O3>                  臭氧濃度
                  <PM10>30</PM10>               懸浮微粒濃度
                  <PM2.5>15</PM2.5>            細懸浮微粒濃度
                  <NO2>27</NO2>                二氧化氮濃度
                  <WindSpeed>.75</WindSpeed>    風速
                  <WindDirec>263.94</WindDirec> 風向
                  <DataCreationDate>2014-01-27 21:00</DataCreationDate> 發布時間
                </Data>
  </PsiData>

```

圖 13、空氣品質及時汙染指標之 xml 檔(<http://opendata.epa.gov.tw>)

#### 四、 實驗過程與成果

##### (1) 實驗系統

根據前面提到的雲端決策的室內空氣品質控制系統架構圖，可以利用 Arduino 裝置系統備與 LabVIEW 撰寫出對應之控制系統，將其簡化為本研究使用的實驗架構如圖 14 所示。將實驗架構圖套用本實驗使用之機電裝置 Arduino 與控制程式 LabVIEW，並以智慧代理者表示如圖 15 所示。

本研究利用開源之微處理器 Arduino 結合圖控程式 LabVIEW 架構模擬系統。如果單純使用 Arduino 設備，由於其處理器速度太慢，容量也太小，只能執行小型程式，因此利用 Arduino 設備擷取訊號，傳送到個人電腦，再利用 LabVIEW 進行邏輯判斷後，將訊號送回 Arduino 系統進行空氣品質改善動作。

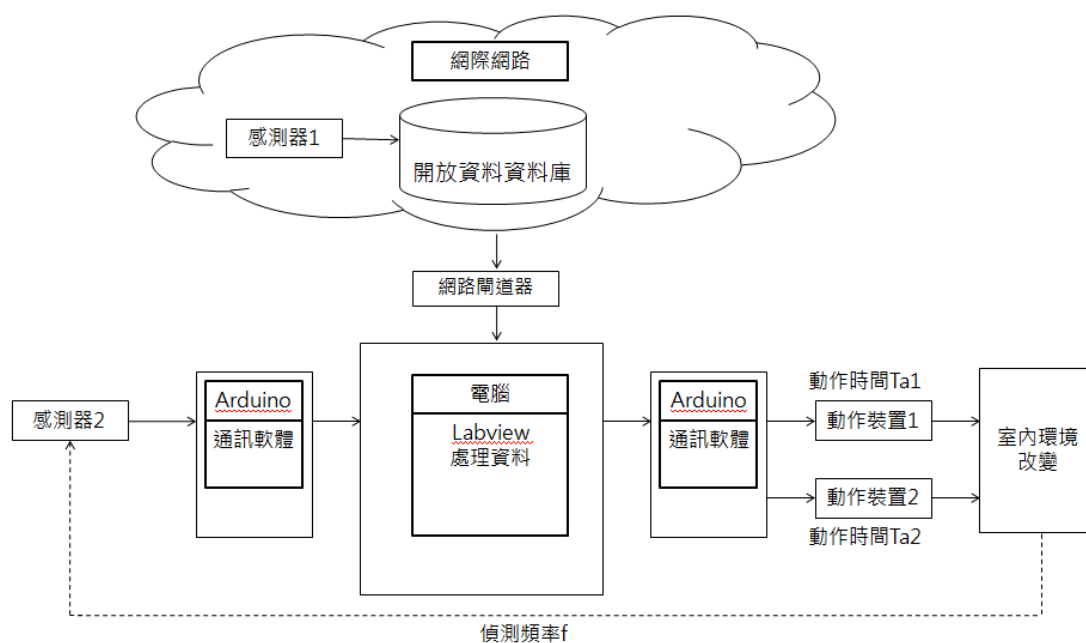


圖 14、雲端決策的室內空氣品質控制系統實驗架構圖

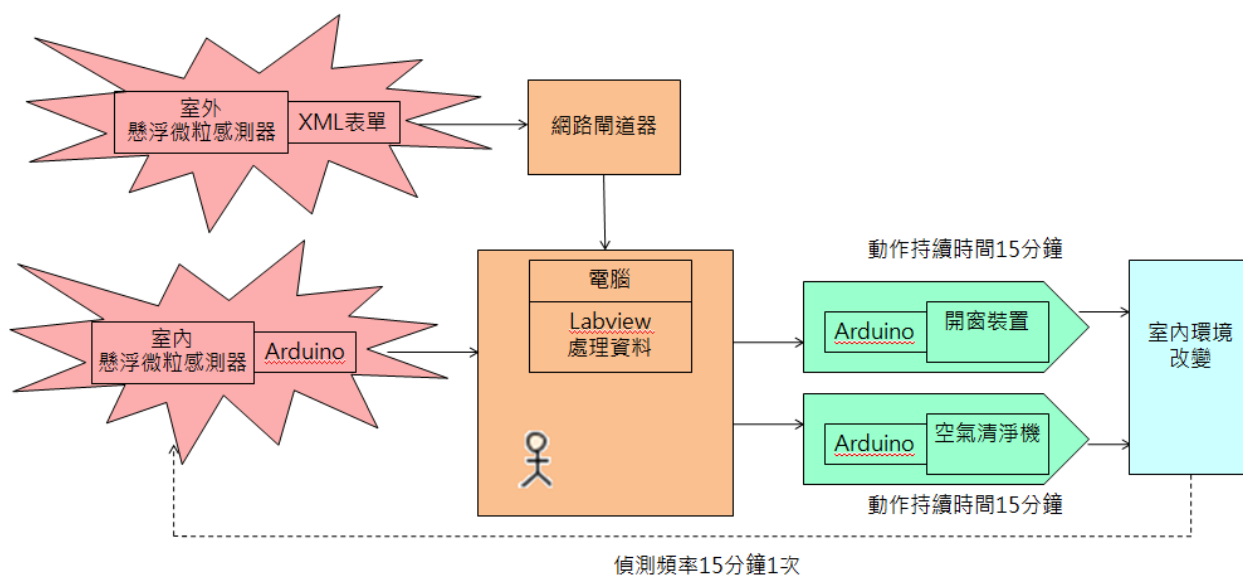


圖 15、簡化後之系統示意圖

(2) 規則表

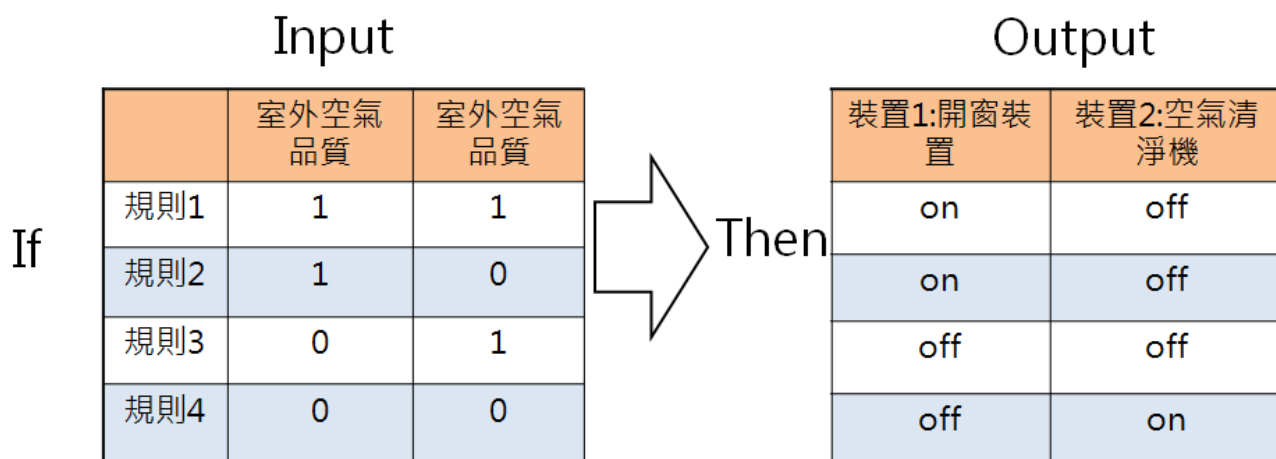
本研究使用基於規則的方式製作規則表，將可能的狀況列出來撰寫動作條件。將空氣品質分好壞兩種，在規則表裡使用 1 代表空氣品質好，0 代表空氣品質壞。

接著是設定空氣品質的好壞門檻值，世界衛生組織 2005 年發表的《空氣質量準則》對 PM2.5 的 24 小時平均值標準為  $PM_{2.5} < 25 \mu g/m^3$ ，年平均值  $< 10 \mu$

g/m<sup>3</sup>(WHO, 2005)，而台灣的環保署訂定標準分為 10 個等級，低於指標等級 3 的 35 μg/m<sup>3</sup> 為優良，超過指標等級 6 為高污染濃度。由於細懸浮微粒指標等級達到高時已可能造成人體不適，因此本研究設定超過指標等級 5 就啟動裝置以改善空氣品質。指標等級 5 與 6 的門檻值為 48 μg/m<sup>3</sup>，本研究以此為門檻值進行實驗。

表 2、系統感測規則表

表 3、系統動作規則表



### (3) 電壓換算函數

感測器原理為感測到的濃度數值經由函數轉換為電壓值，如圖 16 所示。根據實測結果懸浮微粒在濃度 537.5 μg/m<sup>3</sup> 以下為線性函數，公式是[濃度(μg/m<sup>3</sup>)/1000+0.1]/0.17=電壓(V)

(<http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/>)。本研究之空氣好壞門檻值為 48 μg/m<sup>3</sup>，也就是 0.871V。

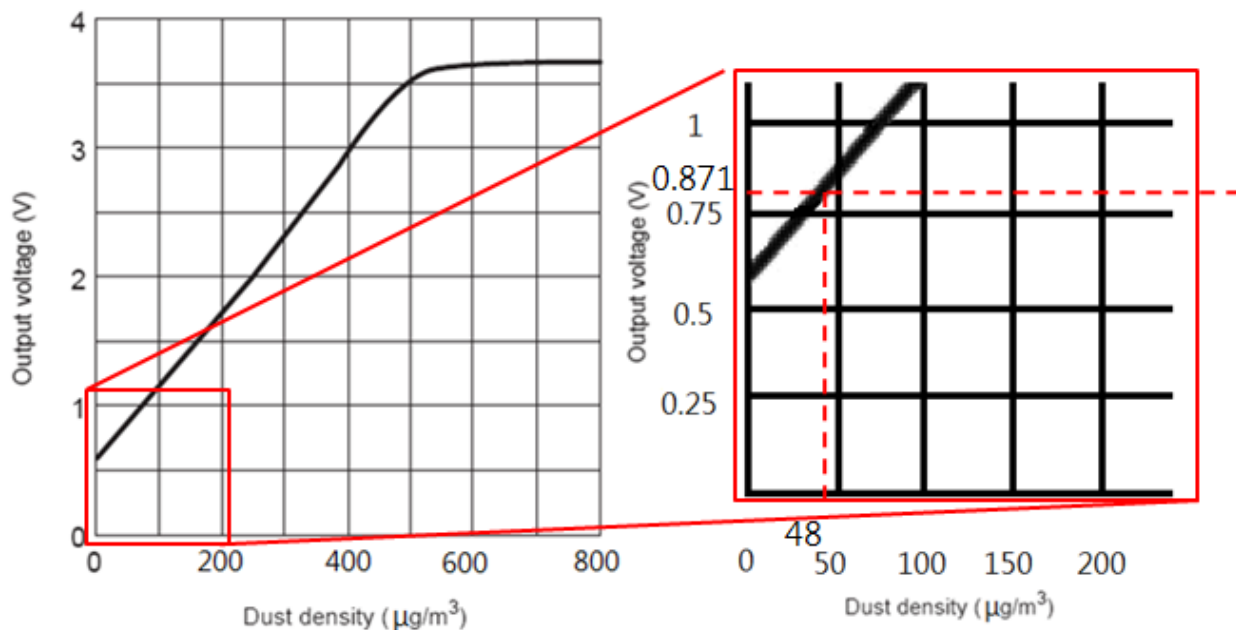


圖 16、懸浮微粒感測器偵測數值與電壓函數圖  
(GP2Y1010AU0F 懸浮微粒感測器規格書)

由於不易調整環境的懸浮微粒濃度到定值觀察程式與設備是否能夠正常運作，因此本研究使用滑軌可變電阻代替感測器輸入電壓值。



圖 17、懸浮微粒感測器



圖 18、滑軌可變電阻

#### (4) 程式說明

將感測，判斷與動作機制用 LabVIEW 程式寫出來如圖 19。

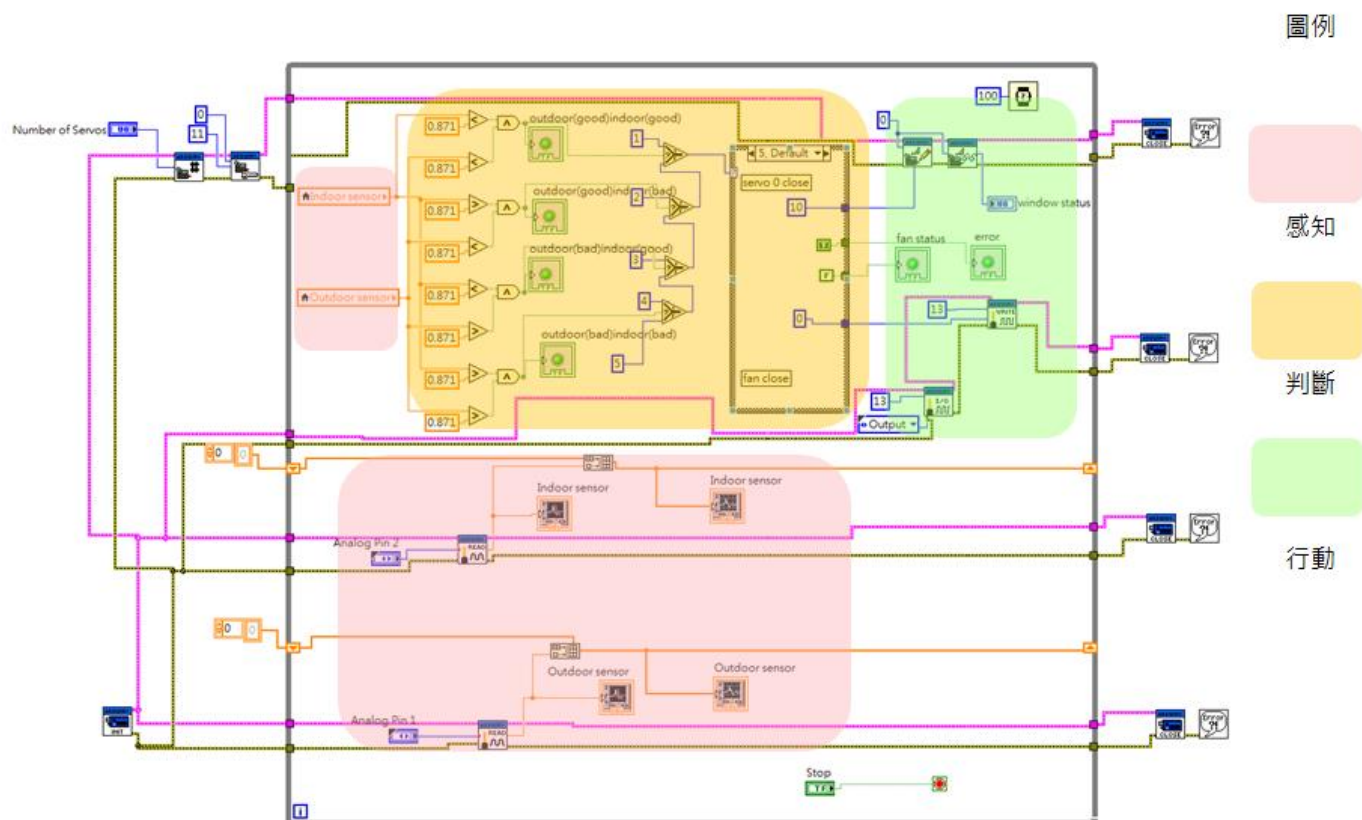


圖 19、LabVIEW 程式完成圖

LabVIEW 為圖形化程式，由圖示(icon)連線(wire)組成，透過資料流(data flow)的方式傳遞資料。其介面有人機介面(front panel)以及程式方塊(block diagram)兩部分。圖示分為接頭在右邊的控制項(control)，以及接頭在左邊的指示器(indicator)。控制項為輸出端，而指示器為輸入端。

LabVIEW 基礎概念為資料流，資料由控制項流到指示器，因此控制項要接到指示器才能形成完整的程式，就如同數學方程式等號的左右邊都要有數字才算完整一樣。

一個圖示也可以代表一個實體裝置。儀錶板上的旋鈕或開關之類在 LabVIEW 中是控制項，而 LED 燈或是儀錶板等在在 LabVIEW 中是指示器。



圖 20、LabVIEW 控制項



圖 21、LabVIEW 指示器

(5) 感測器程式說明

首先將感測器接收到的數值放在人機介面顯示，製作成顯示面板，這時其類



型為指示器。因為指示器不能直接當控制項，所以要將顯示面板製作區域變數 (local variable)，也就是製作一份副本。副本可以改變圖示類型，可以將其類型變更為控制項，就能將資料傳遞到下一個指示器。

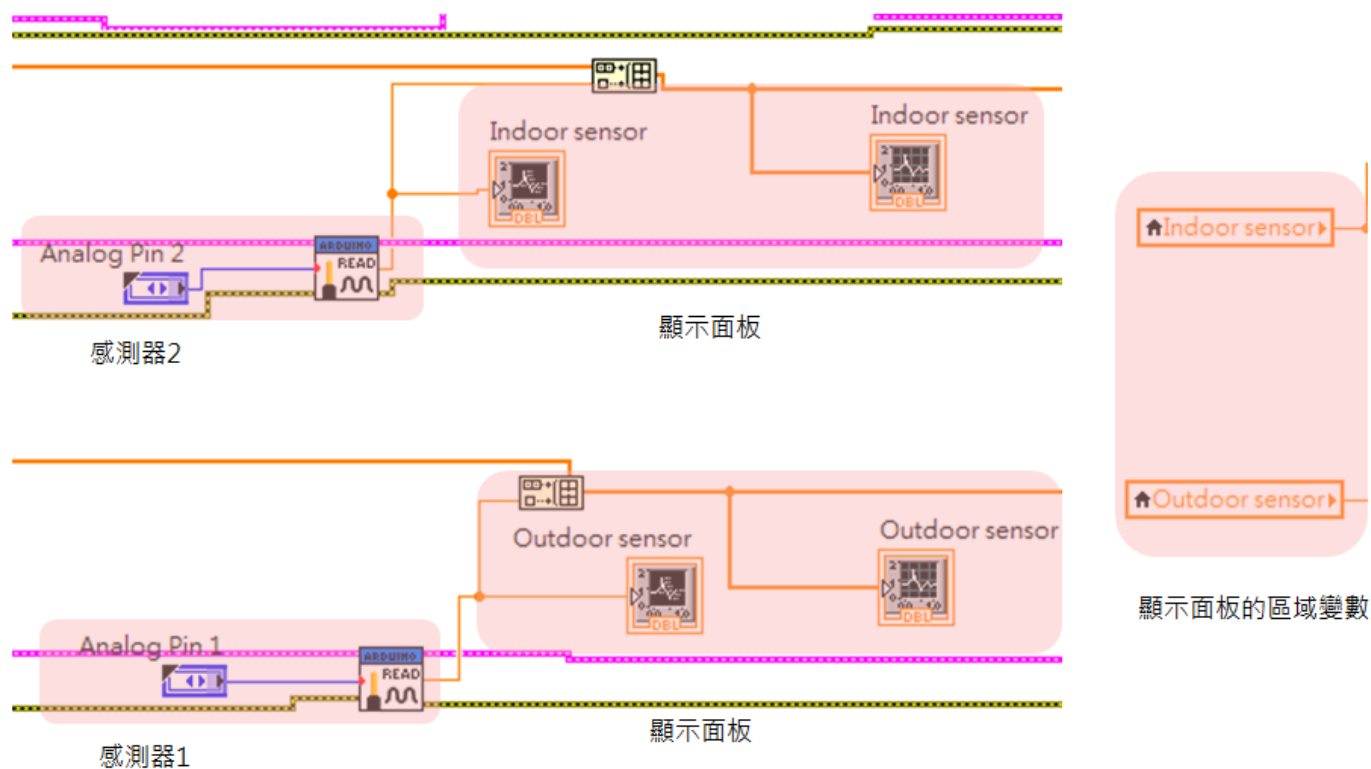


圖 22、感測器端程式說明

#### (6) 規則判斷程式說明

將 2 個感測器偵測到的數值判斷是否超過 0.871V，也就是空氣好壞的門檻值，並在人機介面以燈號顯示。接著將偵測結果依照規則表編上 1~4 的號碼，以及 5 的以上皆非(特殊狀況，例如剛好等於 0.871V 或是無法判斷數值)，將編號傳進規則判斷的程式迴圈。程式迴圈用來設定不同規則下的裝置行動模式。

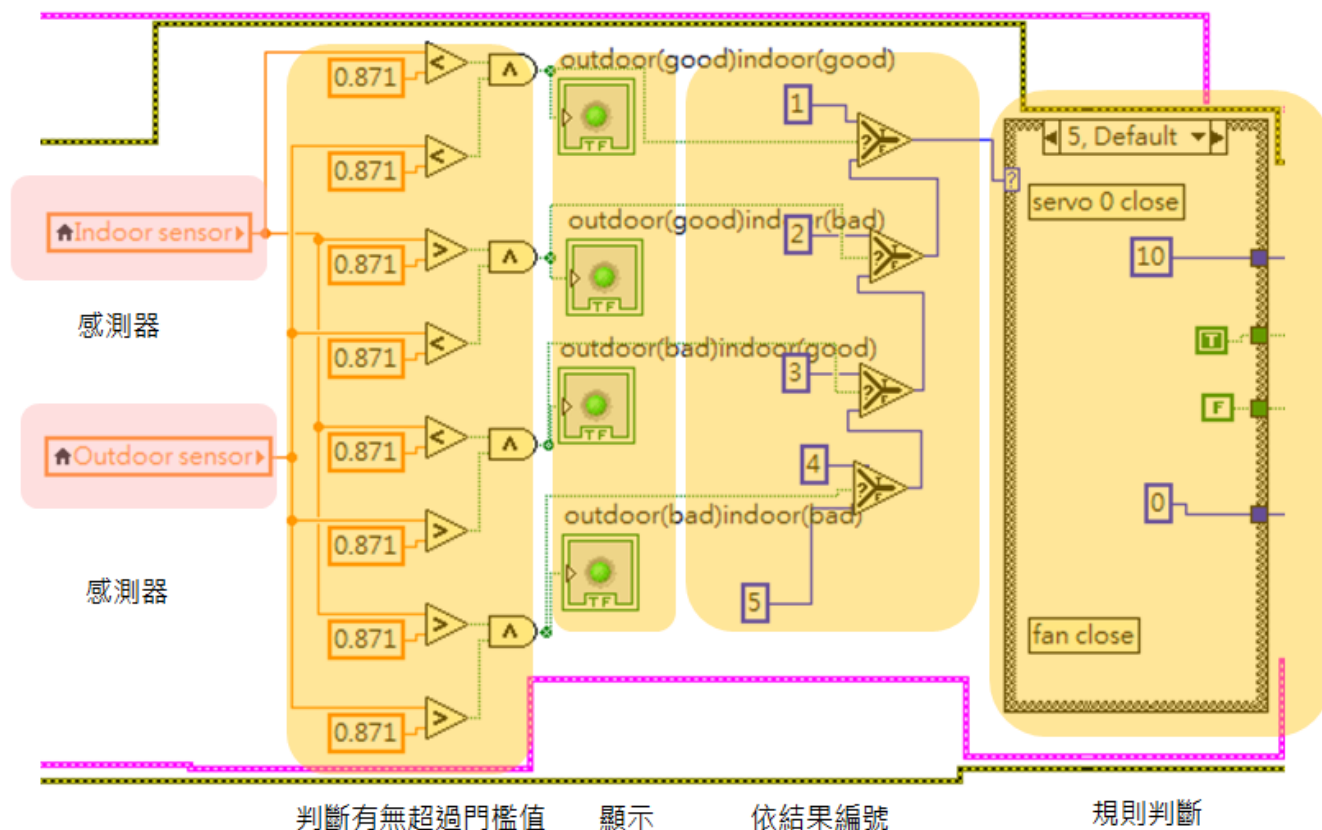


圖 23、規則判斷程式說明

(7) 裝置動作程式說明

依照規則表將 4 種規則撰寫裝置動作，本實驗使用條件結構(case structure)的程式迴圈撰寫。條件結構依照輸入編號執行不同頁面的程式碼，規則判斷程式部分編上的 1 到 4 可以執行對應頁面 1 到 4。5 號頁面則是特殊狀態，設定為關閉所有裝置。執行動作的部分，伺服馬達為 10 跟 90 的轉動角度數值，代表開窗裝置的關與開，風扇為 100 跟 0 的訊號數值，代表空氣清淨機的開與關，結果如圖 24 所示。

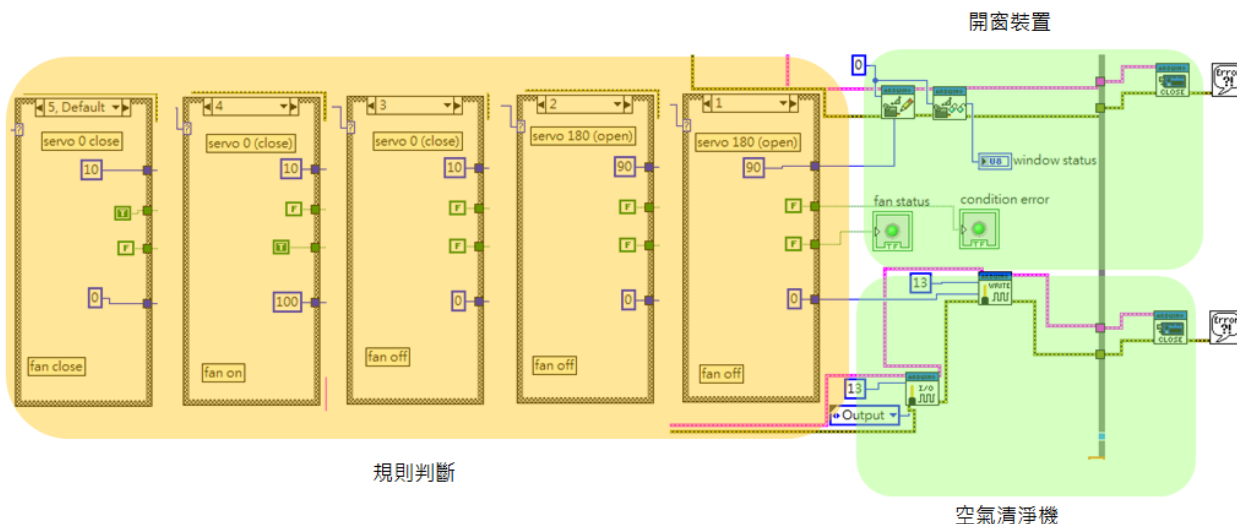


圖 24、裝置動作程式說明

(8) 人機介面

人機介面分為感測器狀態、制動器狀態與規則狀態 3 大部分以及設定面板。開窗裝置狀態顯示目前伺服馬達角度，空氣清淨機狀態顯示是否開啟裝置。條件狀態顯示目前判斷空氣品質的狀態。

空氣品質好壞以 0.871V 做為門檻值，超過 0.871V 表示偵測到高濃度污染物，室內空氣品質為壞，低於 0.871V 則表示室內空氣品質為好。如圖 25 就是室外空氣品質好，室內空氣品質壞的狀況。



圖 25、人機界面說明

(9) 裝置動作測試

將 Arduino 連接電腦，並將 LabVIEW 的外掛程式 LabVIEW for Arduino 裡的通訊用檔案 LIFA\_Base.ino 上傳至 Arduino 裝置裡，即可將 Arduino 與 LabVIEW 通訊。

Arduino 連接 2 個滑軌可變電阻代表感測器數值、1 個伺服馬達代表開窗裝置的狀態，以及 1 個 12V 風扇代表空氣清淨裝置的狀態，如圖 26 所示。伺服馬達 90 度代表窗戶開，10 度代表窗戶關，風扇開與關代表空氣清淨機的開與關。由於 Arduino 電壓為 5V 與風扇電壓不同，因此用繼電器控制開關。

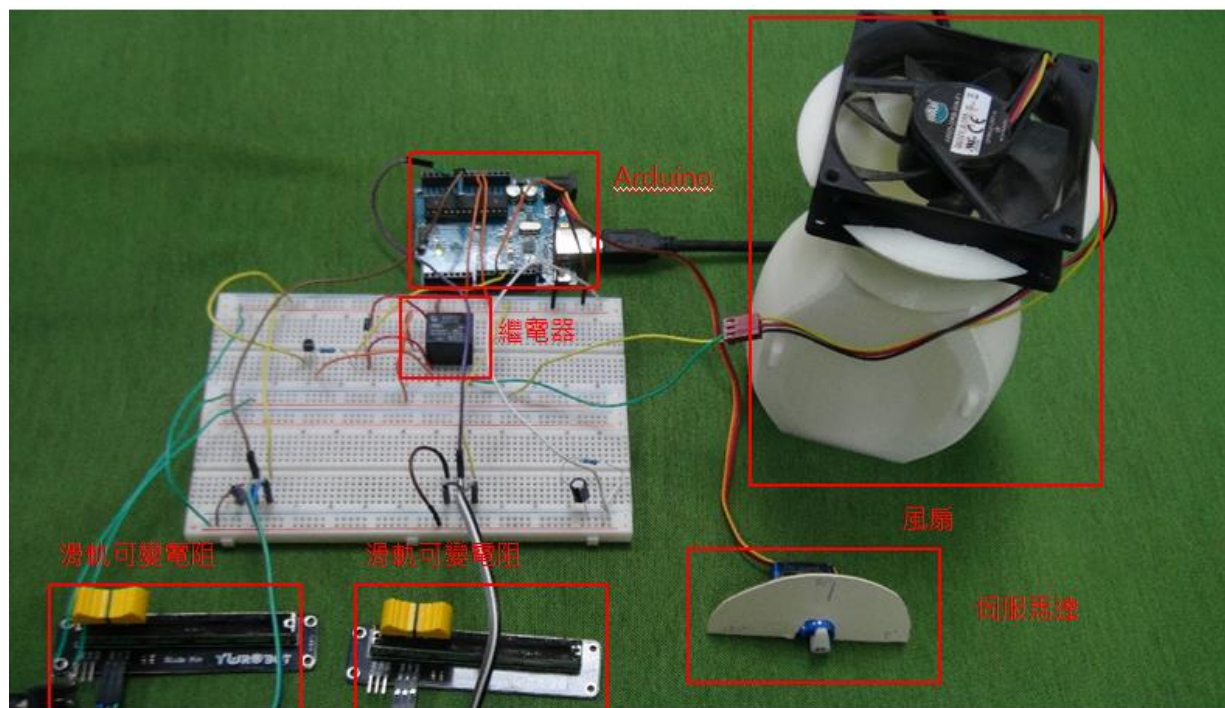


圖 26、實驗裝置說明

接著是裝置運行時的狀態。

規則 1，當室外與室內空氣品質皆好時，開窗裝置將窗戶打開，空氣清淨機不運作。

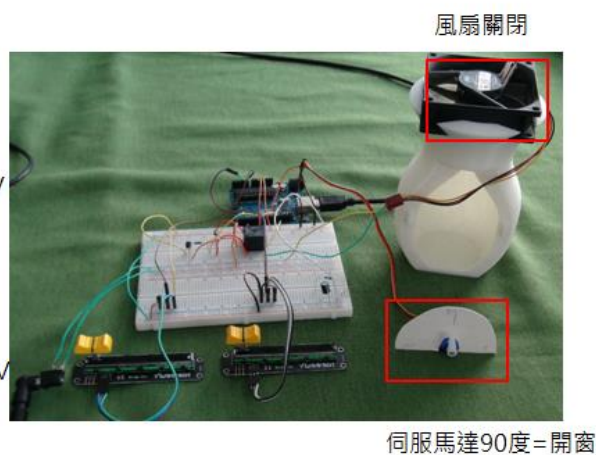
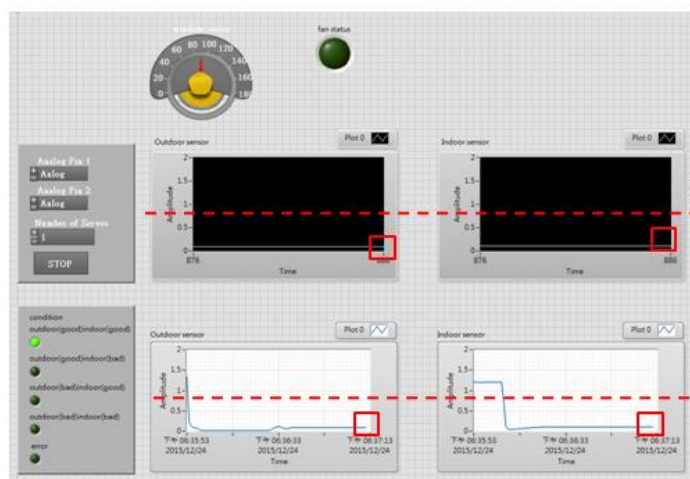


圖 27、規則 1 之顯示介面與動作狀態

規則 2，室外空氣品質好，室內空氣品質壞時，開窗裝置將窗戶打開，空氣清淨機不運作。

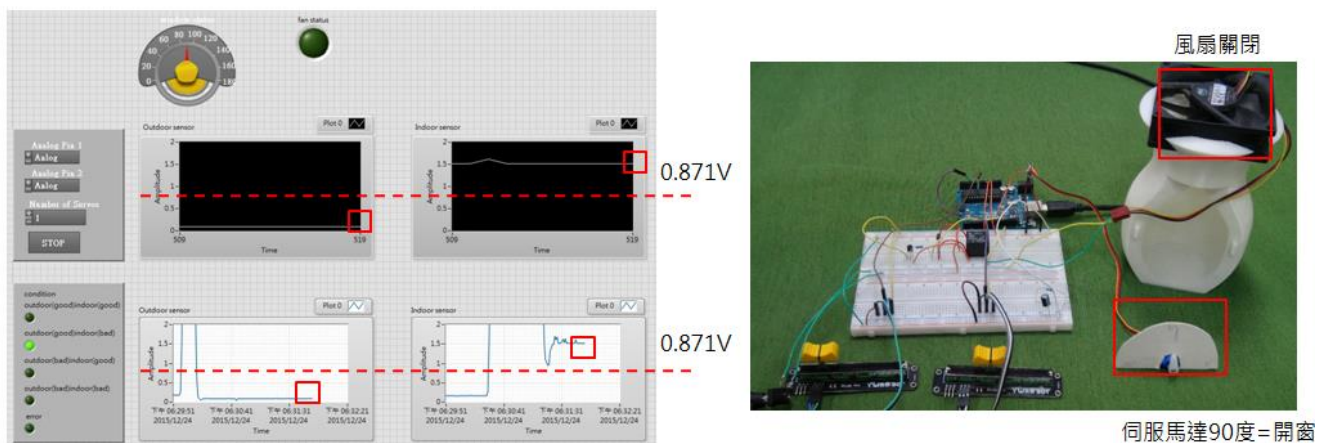


圖 28、規則 2 之顯示介面與動作狀態

規則 3，室外空氣品質壞，室內空氣品質好時，開窗裝置將窗戶關上，空氣清淨機不運作。

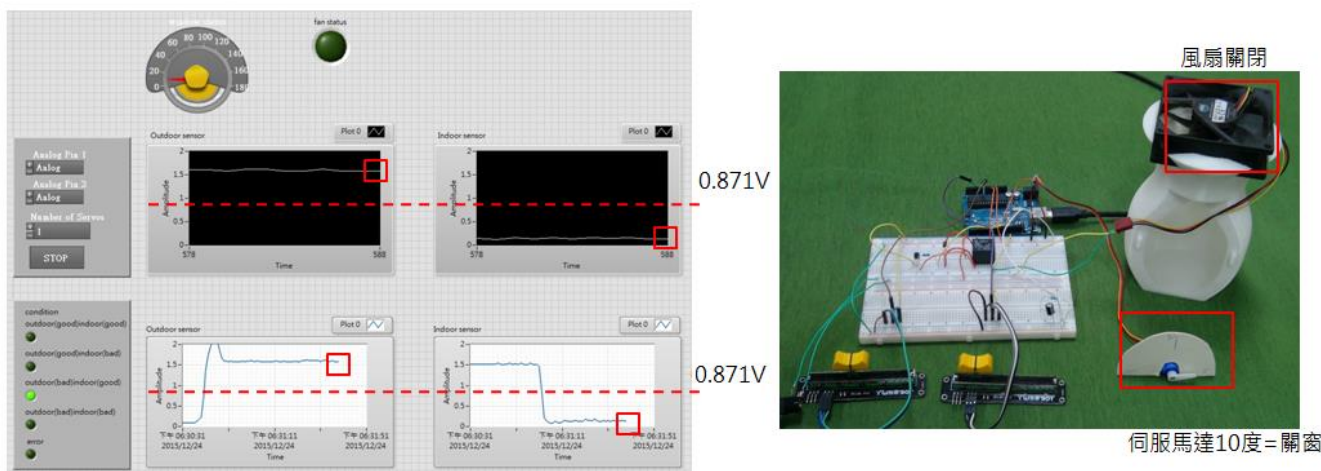


圖 29、規則 3 之顯示介面與動作狀態

規則 4，室外與室內空氣品質皆壞時，開窗裝置將窗戶關上，空氣清淨機開始運作

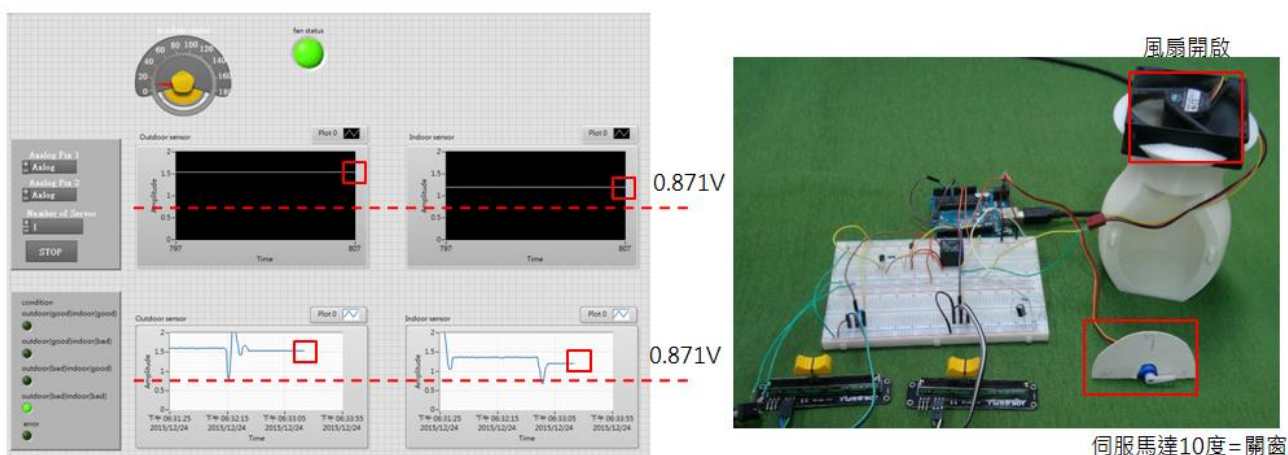


圖 30、規則 4 之顯示介面與動作狀態

## 五、 結論與建議

實作驗證智慧代理者理論應用於空氣品質控制系統的可行性。空氣品質代理者可以根據雲端的環保署空氣品質污染指標數值，以及室內懸浮微粒感測器轉換出的電壓值推論四種規則，作用伺服馬達(代表窗戶)與風扇(代表空氣清淨器)。

由於本實驗是以滑軌可變電阻代替感測器與雲端資料，後續可研究即時串流雲端資料、擷取資料頻率，以及裝置持續動作之時間。例如可以設定第 2 門檻值，改善環境條件至第 2 門檻值時裝置停止運作。也能研究將系統介面顯示於雲端的方式，使用者利用手機 app 可以隨處上網查詢室內環境狀況。

針對多種環境條件可能產生的衝突與解決方式也是後續能夠研究之內容，例如室外下雨需關窗與排除懸浮微粒需開窗的優先權之類的問題。

## 六、 參考文獻

1. 行政院環保署，行政院環境保護署環境資源資料開放平台  
<http://opendata.epa.gov.tw/>
2. 行政院環保署，空氣品質監測網  
<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.aspx>
3. 張益豐、陳上元，2009，邁向代理者基礎的智慧化環境研究，「第二十一屆第一次建築研究成果發表會，台北。
4. 陳上元，2007，智慧代理者理論應用在可調適性建築環境的研究—以智慧皮層為例。
5. 陳上元，陳啟仁，陳念祖，2012，智慧綠建築的健康環境控制系統。
6. 曾吉弘、吳維瀚，LabVIEW for Arduino—控制與應用的完美結合—， pp. 25-32.
7. 鄭尊仁，2014，PM2.5 的健康危害，生態臺灣第四十五期，p. 22。
8. 鄭尊仁、李崇德、趙馨、蘇大成、郭育良，2008，96 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」微粒空氣污染特性、毒性和健康風險之研究， pp. 89, pp. 128
9. 鄭尊仁、李崇德、趙馨、吳章甫、郭育良、蘇大成，2009，97 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」微粒空氣污染特性、毒性和健康風險之研究， pp. 102~107
10. Air Quality Monitoring,  
<http://www.howmuchsnow.com/arduino/airquality/>
11. Arduino，<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
12. Labview，<https://www.ni.com>
13. NASA Earthdata，<https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview>
14. Russell, S., & Norving, P., 2003, Artificial Intelligence A modern Approach (2nd ed.), Pearson Education, Inc., pp 32-58.
15. WHO, 2005, Air Quality Guidelines, pp. 279.