

東海大學
數位創新碩士學位學程

碩士論文(技術報告)

Furry Plantoid
室內空汙淨癒的創新應用

Furry Plantoid
New Stress-relieving application for
eliminating indoor air pollution

The seal of Donghai University is a circular emblem with a scalloped border. It features the university's name in Chinese characters '東海大學' at the top and 'DONGHAI UNIVERSITY' at the bottom. The year '1955' is inscribed at the very bottom. In the center, there are three interlocking rings and a cross-like symbol.

指導教授：邱浩修 博士

研究生：王育薰

中華民國一〇八年六月

東海大學

數位創新碩士學位學程

碩士學位論文指導教授推薦書

本系 王育薰 君

所提論文 Furry Plantoid：室內空污淨癒的創新應用

係由本人指導撰述，同意提付審查。

此致

數位創新碩士學位學程

指導教授

邵浩修

日

期 108 年 8 月 14 日

東海大學

數位創新碩士學位學程

碩士學位論文口試委員會審定書

本系 王育薰 君

所提論文 Furry Plantoid：室內空污淨癒的創新應用

合於碩士資格水準，業經本委員會評審通過，特此證明。

口試委員：

邱浩修

范振銘

張登文

指導教授：

邱浩修

系主任：

周忠信

中華民國 108 年 6 月 21 日

摘要

空氣汙染存在時，PM_{2.5}是不時侵襲民眾的呼吸系統，多虧科技發展的成果，民眾可隨時監控空氣品質狀況，準備自身防護用品措施。然而，空氣並非靜止不動，室內空氣品質也時常為大眾忽略，使得民眾間接也受到了空汙影響。因此，本研究希望能用更生動活潑的方式，提高室內空氣品質偵測資訊的人性度，取代現今一般的資訊提醒方式，並且加入空間互動元素，增加室內空間的互動，期望提升民眾對室內空氣品質的重視，以及增加生活中的樂趣。

因此，將空氣汙染藉著創意發想，設計在日常生活當中的綠色產品，將機器人結合感測器所蒐集的室內空氣汙染數據做移動，外觀結合可以降低空氣汙染的植物，設計成像一顆毛茸茸的綠球，製造出療癒整個空間的效果，最終成為一顆和室內空汙數據作互動的療癒小寵物：Furry Plantoid。

透過數位製造的方式，結合自然以及人工，將動物的行動力融合植物的可愛特性，將靜態的植物轉變成動態，製造成可愛又療癒的新寵物，許多人喜歡在室內種植小盆栽來療癒自己，其反映出人的都有回歸自然的本性，因此，希望可以藉著 Furry Plantoid，讓人們曉得自己長時間待的空間中所流動的空氣品質，對於自己周遭的空氣多一份關心，也對自己的健康多一份警示，實踐綠色生活的新型態。

關鍵字詞：空氣汙染、機器人、互動設計、療癒性產品、綠色產品

ABSTRACT

As air pollution exists, respiratory system usually be affected by particulate matter (PM_{2.5}). Nowadays, citizens are able to prevent air pollution by monitoring air quality with their mobile device. However, air is flowing, people often ignore indoor air quality, which also affected people indirectly. Therefore, this project dedicates to replace current message reminder with a different way, which is more energetic and humanized for indoor air quality detecting and reminding, to increase citizen's attention on indoor air quality. Thus, after having several times of brainstorming, this project try to design a furry green ball call Furry Plantoid. It's consist with a robot car and sensors to collect indoor air quality data, with the plants that could improve air quality set on the top of Furry Plantoid. This project creates a brand new pet that combines mobility of animals and charming of indoor plants through digital manufacturing for people to make them happier, meanwhile, Furry Plantoid will also detect indoor air quality for people, let them pay more attention to the relation between health and indoor air quality.

Keywords: Air Pollution, Robot, Interaction Design, Healing Product, Green Product

誌謝

在東海待到現在，也至少六年多了，非常謝謝我的家人，讓我自己選擇自己想念的研究所並支持著，也在我遇到困難時，提點我、鼓勵我。這兩年的時間裡，在這跨領域的數位創新所中，是我收獲最多的時候，除了在系上的修習的課程與實作外，還有參與到不論校內外，許多不一樣的活動，這些都讓我增廣視野，以不同維度看待更多事情的角度與面向，讓我努力活出每個階段不同的自己。

謝謝指導教授邱浩修老師，在我作品主題發想毫無頭緒之時，給予我許多想法上的刺激與討論，並給了我許多建議與方向，幫助我釐清作品定位、功能、外觀與機構設計，進而讓我了解到一件作品的價值不是技術，而是背後的核心意義與價值。謝謝數創學程的老師們，讓我了解到每個領域的不同思維與見解，讓我在修課過程中，學到各種專業知識與不同領域的做法，在為了繳交眾跨領域的作業與報告之時，天天辛苦熬夜趕成品，體認到自身的不足，其中特別感謝林誠展老師在我不懂程式與電路的時候，不厭其煩地教導我，給予我許多建議與幫助，讓我可以比較順利地探索程式與電路，謝謝周忠信老師和李政雄老師對於我的作品經常給予精闢的建議與鼓勵。

在產出作品的背後，得感謝美璇姐以及許多數創的同學與學弟妹們的協助與幫忙，感謝美璇姐打理所有所內大小事，讓我們無後顧之憂，感謝詠智和雅瀨相助對於有程式障礙、只能緩慢進步的我，檢查程式與電路，也感謝柔岑、鴻宇、以恩、信徽和雅瀨在工坊的夜晚一起陪伴及適時地給於我協助與建議，書哲與復文對於作品外觀的指導，以及昂里幫助我釐清作品功能並給予建議與鼓勵，還有我的戰友們重光、新威與孟容，一起 meeting、互相幫助與打氣，幸好有來自不同領域的各位，有你們的存在，才能讓我成為這個階段不同的我自己。

王育薰 謹誌

東海大學數位創新碩士學位學程於 2019 年 06 月

目錄

摘要.....	ii
ABSTRACT	iii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
表目錄.....	vii
圖目錄.....	vii
第一章、緒論	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 空氣汙染對個人影響.....	1
1.1.2 個人/家庭對空汙的意識	1
1.2 研究動機.....	2
1.3 研究目的.....	3
第二章、文獻探討	4
2.1 提升空汙意識與解決空汙可能之探討.....	4
2.1.1 室內空氣汙染之探討.....	4
2.1.2 室內空氣汙染與影響.....	6
2.1.3 室內空氣品質之改善.....	8
2.2 面對空汙的不同設計與策略之探討.....	9
2.3 個人化的空汙產品.....	11
第三章、產品創新	13
3.1 創新想法.....	13
3.1.1 創新理念.....	13
3.1.2 創新目的.....	14
3.2 發展過程.....	14

3.2.1 設計原型.....	17
3.2.2 主要設計要點.....	20
3.2.3 使用情境.....	21
第四章、技術方法與操作	23
4.1 軟硬體設計整合發展過程.....	23
4.2 硬體零件布線.....	23
4.3 環境與應用程式簡介.....	25
4.3.1 Arduino	25
4.3.2 Mediatek Cloud Sandbox.....	27
4.3.3 SOLIDWORKS	28
4.4 Prototype	29
4.5 程式運行邏輯.....	34
第五章、研究成果與評估方法	36
5.1 創新成果.....	36
5.2 評估測試與結果.....	36
5.2.1 評估測試.....	36
5.2.2 評估結果.....	40
第六章、未來展望	41
參考文獻與參考資料	42
參考文獻.....	42
參考資料.....	43

表目錄

表 2-1 室內空氣污染源與可能傳輸途徑	7
表 2-2 一般常見的室內空氣污染物及其對健康的影響	7
表 4-1 監測裝置硬體材料表	23
表 5-1 樣本資料表	37

圖目錄

圖 2-1 空氣品質指標	4
圖 2-2 孩童與寵物的致病高度，30 公分	6
圖 2-3 改善室內空氣品質示意圖	8
圖 2-4 Kö-Bogen II	10
圖 2-5 Gurgaon 71	10
圖 2-6 Lives Glass	11
圖 2-7 LUFTRUM 可攜式空氣清淨機	11
圖 2-8 AirTamer 個人清淨機	12
圖 3-1 不同高度的空氣污染種類	13
圖 3-2 空汙藝樹的變化示意圖	14
圖 3-3 空氣品質指標(AQI)與健康影響	15
圖 3-4 空氣品質指標(AQI)與活動建議	15
圖 3-5 一般玻璃窗示意圖	15
圖 3-6 玻璃汙的變化示意圖	15
圖 3-7 車體空汙變色膜	16
圖 3-8 空汙盆栽	16
圖 3-9 創新流程	17

圖 3- 10 魚尾主體.....	18
圖 3- 11 第一個紙板雛型.....	18
圖 3- 12 最終 FURRY PLANTOID 的示意草圖.....	18
圖 3- 13 prototype 的正交視圖.....	19
圖 3- 14 prototype 前視圖、後視圖、下視圖.....	19
圖 3- 15 prototype 上視圖及內部零件擺放.....	19
圖 4- 1 Arduino 介面圖示.....	25
圖 4- 2 Arduino 編寫程式介面.....	25
圖 4- 3 verity 檢查參數設定或程式編碼.....	26
圖 4- 4 upload 編譯程式並燒錄.....	26
圖 4- 5 Serial Monitor 開啟序列埠監控視窗.....	26
圖 4- 6 序列埠監控視窗.....	26
圖 4- 7 Mediatek Cloud Sandbox.....	27
圖 4- 8 Mediatek Cloud Sandbox 示意圖.....	27
圖 4- 9 雲端監控頁面.....	28
圖 4- 10 Furry Plantoid 的身體元件.....	29
圖 4- 11 空氣汙染所需的感測器元件.....	29
圖 4- 12 初步雛型的元件擺放.....	30
圖 4- 13 初步雛型的內部樣貌.....	30
圖 4- 14 初步雛型的後面感測器擺放位置.....	30
圖 4- 15 輪軸列印.....	31
圖 4- 16 雛型的移動輪軸.....	31
圖 4- 17 Furry Plantoid 的植栽部分—冰淇淋卷柏.....	31
圖 4- 18 Furry Plantoid 的植栽部分—黃金薄雪草.....	32
圖 4- 19 完成的紙雛型.....	32

圖 4- 20 最終預計將呈現 prototype 主體示意圖	32
圖 4- 21 最後預計呈現主體的 3D 圖	33
圖 4- 22 Furry Plantoid 列印零件及內部構造	33
圖 4- 23 Furry Plantoid 最終樣貌	33
圖 4- 24 FURRY PLANTOID 執行流程圖	34
圖 4- 25 在 arduino ide 將馬達及避障寫入	35
圖 4- 26 雲端(右)及程式(左)數據對照	35
圖 5- 1 剛煮完晚餐後的廚房 19:14	37
圖 5- 2 剛煮完晚餐後的廚房 19:20	37
圖 5- 3 雲端監控廚房數值的波動(黃色範圍).....	38
圖 5- 4 通風的房間 19:53	38
圖 5- 5 通風的房間 19:56	38
圖 5- 6 雲端監控房間數值的波動(黃色範圍).....	39
圖 5- 7 走廊 20:34、20:54	39
圖 5- 8 雲端監控走廊數值的波動(黃色範圍).....	39

第一章、緒論

1.1 研究背景

1.1.1 空氣汙染對個人影響

世界衛生組織(WHO)表示，全球十個人中有九個人呼吸著含有大量汙染物的空氣。有研究指出，當吸入汙染物的同時，就開始影響人體，累積在氣管及肺部造成損害，甚至損害人體全身上下所有的器官，包含氣喘、肺氣腫、到肺癌等呼吸問題，導致肺部嚴重傷害，也會造成動脈狹窄、肌肉減弱、增加心臟病發作的風險。

空氣汙染主要可以分為兩部分，生物汙染和化學汙染，汙染來源有懸浮微粒、有毒氣體、惡臭氣體等，而經常聽到的 PM_{2.5} 屬於細懸浮微粒，就算門窗緊閉，也無法完全防止 PM_{2.5} 進入室內，而一般民眾經常戴的口罩，無法有效阻擋 PM_{2.5}，懸浮微粒還是會經由嘴、鼻及咽喉進入人體，而微粒的粒徑大小不同，對人體器官有不同的危害，10 微米以上的微粒可由鼻腔阻隔去除，較小的微粒則會經由氣管、支氣管再經由肺泡進入人體內部沉積，越小的微粒，危害越大，而真正可以防範 PM_{2.5} 的最好方式是，提升對空氣汙染意識，才能讓們有意識降低罹癌風險。

1.1.2 個人/家庭對空汙的意識

長期處於空氣汙染之中，會對健康造成傷害，如果是待在一個空氣沒有流通的室內環境，是否有可能更加嚴重？一般民眾好像沒有意識到，室內空氣也會對人體造成影響，抑或者，室內與室外空氣對流後，對於空間上的汙染會不會增加，有些人可能會察覺到長期待在密閉的空間環境內，即便開著空調，不良的室內空氣品質(IAQ)容易造成頭暈不適、注意力不集中、易疲倦及呼吸道不適等症狀，有可能也會造成「病態建築物症候群」(sick building syndrome，簡稱 SBS)，更嚴

重還會傷害到人體器官，引發氣喘、肺癌、心血管疾病，甚至直接傷害到自律神經系統，對身體所有的器官造成無法挽救的傷害。

一個人這一輩子也只有一個肺(雖然肺葉有五片)，每個人無時無刻都在使用它進行氣體交換，需要靠它來維持生命，必須陪伴著我們好幾十年，沒有任何機會去更換、清洗，正因為這是無意識所產生的動作，而讓我們忽略空氣中的汙染物，不斷的累積在我們體內，所以怎麼能夠不重視吸入的每一口空氣呢？如果想要讓我們未來能夠更健康的呼吸，從改善空氣品質著手是首要，也是刻不容緩的事。

1.2 研究動機

一般人對於空氣汙染的觀念，都清楚地知道是來自於室外排放廢氣所造成的汙染，導致空氣變糟，而消極的因應方式就是出門必須戴口罩、或是減少出門的頻度，但往往因為習慣和迷思，而忽略室內空氣的汙染源和汙染的程度，其實是不亞於室外的，甚至室內空氣對人體的危害程度，可能更甚於來自室外的威脅，舉凡像廚房油煙、家具中的揮發性有機物、地毯，甚至是家中燒香拜拜抑或是香氛蠟燭等等，此外，來自室內的過敏原，像是塵蟎、皮屑、毛髮以及濕氣和黴菌，都會引起人體器官的不適，然而在一般人的認知中，室內空氣乾淨程度遠勝於室外，因此，為了不讓室外髒空氣和室內空氣流通，將窗戶緊閉，是將被汙染的髒空氣留在室內的重要原因。

為了提高民眾對室內空氣品質的關注，本研究將設計一項室內空氣品質感測器，並且加入互動元素，使其在運作時，能夠藉由生動的外觀表現，傳達現階段室內的空氣品質狀況，藉此吸引民眾的關注力，誘發他們追蹤室內空氣品質狀況，促使使用者提升意識，以期得到一個健康無害的生活空間。

1.3 研究目的

為了提升民眾對室內空氣品質的關注與重視，以減少空氣汙染對居住品質的影響，也降低人體產生病變的風險。為達此目的，期望透過本研究的作品設計，將空汙偵測與互動元素融合，讓本作品偵測到室內空汙時，可以以可愛、生動活潑的方式，提醒主人該室內空間的空氣品質已受到室外和室內的汙染影響，同時，偵測裝置會以可愛的活動方式，在空氣品質不良的區域來回移動，並以搭載的綠色植栽做初步簡單的過濾，表達出空氣品質感測器這小寵物為維護空氣品質而努力不懈的意象，使得空氣品質監測不再像以往單純數據顯示般的冰冷，而是更為生動有趣，讓人不時想要觀察空氣品質感測器這小寵物的移動區域，更能瞭解目前空氣品質的狀況。

第二章、文獻探討

2.1 提升空汙意識與解決空汙可能之探討

2.1.1 室內空氣汙染之探討

空氣汙染是這個時代的主要殺手之一，環境空氣汙染會造成國家很嚴重的經濟損失，這些損失包含醫療支出、因空氣汙染而罹患相關疾病，導致經濟生產力下降，以及多年的大量人口毀滅自然資源，是導致生活環境惡化的代價。(Brunekreef, B., & Holgate, S. T., 2002)

空氣汙染成分很複雜，長期暴露於許多大都市區常見的細顆粒空氣汙染是心肺死亡的重要危險因素(Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D., 2002)，其中汙染物包含臭氧(O₃)、一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、懸浮微粒(PM₁₀)及細懸浮微粒(PM_{2.5})等濃度數值對健康的影響(圖 2-1)。

空氣品質指標 (AQI)							
AQI 指標	O ₃ (ppm) 8小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 ⁽¹⁾	PM _{2.5} (µg/m ³) 24小時平均值	PM ₁₀ (µg/m ³) 24小時平均值	CO (ppm) 8小時平均值	SO ₂ (ppb) 小時平均值	NO ₂ (ppb) 小時平均值
良好 0~50	0.000 - 0.054	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
普通 51~100	0.055 - 0.070	-	15.5 - 35.4	55 - 125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 - 100
對敏感族群 不健康 101~150	0.071 - 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 - 360
對所有族群 不健康 151~200	0.086 - 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304 ⁽²⁾	361 - 649
非常不健康 201~300	0.106 - 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 ⁽²⁾	650 - 1249
危害 301~400	⁽²⁾	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 ⁽²⁾	1250 - 1649
危害 401~500	⁽²⁾	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 - 1004 ⁽²⁾	1650 - 2049

圖 2-1 空氣品質指標

來源：行政院環境保護署-空氣品質監測網

懸浮微粒(particulate matter (PM))，是空氣汙染的常見代用指標，測量單位以微克/立方公尺(µg/m³)描述，它所影響到的人比任何其他物染物還要來得多，主要成分是硫酸鹽、硝酸鹽、氨、氯化鈉、黑碳、礦物粉塵和水，雖然微粒氣動粒

徑小於等於 10 微米(μm) 以下，又稱 PM_{10} ，可以滲透並嵌入肺部；更加危險的是，粒徑小於等於 2.5 微米(μm) 以下，又稱 $\text{PM}_{2.5}$ ，由於 $\text{PM}_{2.5}$ 比 PM_{10} 更容易深入人體肺部，可以透過肺屏障進入血液系統，長期處於懸浮微粒的空間下，對健康影響更大，若細微粒又附著其他污染物，將更加深呼吸系統之危害，可能會提高罹患心血管和呼吸道疾病，以及肺癌的風險。(WHO, 2018)

依照國際標準組織 ISO(International Organization for Standardization)、美國政府工業衛生師協會 ACGIH(American Conference for Governmental Industrial Hygienist)、歐洲標準委員會 CEN(European Committee for Standardization)所制定的採樣粒徑分類標準(Particle size-selective sampling criteria)，陳俊明(2006)將能夠進入人體呼吸道的懸浮於空氣中粉塵，分為三個部分(1)吸入式微粒(Inhalable particles)、(2)胸腔式微粒(Thoracic particles)、(3)呼吸性微粒(Respirable particles)

(1)吸入式微粒(Inhalable particles)

凡是在呼吸系統沉積的懸浮微粒，稱之為吸入性微粒，能夠從人類的口、鼻等呼吸器官進入人體呼吸系統中，通常此微粒 90%會被鼻腔裡的鼻毛和氣孔中含有微粒黏液擋住，並以打噴嚏、咳嗽或由消化系統排出體外。

(2)胸腔式微粒(Thoracic particles)

胸腔式微粒能夠穿越咽喉區域進入人體胸腔，即可達氣管、支氣管及氣體交換區域的粒狀污染物。

(3)呼吸性微粒(Respirable particles)

可穿過人體胸腔區並通過人體器官而進入肺泡的微粒。小於 $2.5\mu\text{m}$ 的粉塵有很高的機率直接進入肺泡附著，沉積在肺泡。小兒科主治醫師的陳佩琪表示比 $\text{PM}_{2.5}$ 還小的 $\text{PM}_{0.5}$ 甚至 $\text{PM}_{0.1}$ 以下都是經過呼吸道直攻血管，毒性相當高，呼吸道完全擋不住它，會直接從你的鼻子到咽部、喉嚨、支氣管、細支氣管到肺泡長驅直入，透過血液、在全身橫衝直撞。

2.1.2 室內空氣汙染與影響

近年來，因為生活型態改變，每個人每天大約有 80~90% 的時間待在室內環境中，包含住家、辦公室、學校或其他建築物內，使得人們在密閉的空間內享受空調帶來的舒適，接著產生「病態建築物症候群」(sick building syndrome，簡稱 SBS)(行政院環保署, 2019)，當室內不夠通風，汙染物就容易堆積導致室內空氣品質(Indoor Air Quality，簡稱 IAQ)惡化，1984 年世界衛生組織(WHO)指出全球高達 30% 的建築物有室內空氣汙染的問題，汙染途徑如表 2-1(取自美國環保署 I-BEAM)IAQ 的好壞會直接影響人的身體不適症狀，進而影響到工作品質及效率。

美國環境保護署(EPA)(2018)和 WHO(2014)曾指出，室內的 PM_{2.5} 其實比室外來的高，室內 PM_{2.5} 的常見來源，包含車內、空調系統、室內泳池、燒烤店及停車場、影印間等事務機器、老舊 3C 設備儲藏處及煙霧繚繞的環境(表 2-1)及汙染來源對健康的影響(表 2-2)。因此室內空氣汙染比室外高出好幾倍，已是許多種疾病生程的誘因，這些髒空氣除了會導致各種呼吸疾病，更會誘發許多心肺疾病與癌症等，世界衛生組織更指出全球每年有 10 萬人因室內空死於氣喘，其中有 35% 為兒童，而室內汙染源最多的高度，正是地面以上 30 公分的距離，是小孩與寵物玩鬧的高度(圖 2-2)。(康健雜誌, 2017)



圖 2-2 孩童與寵物的致病高度，30 公分

來源：康健雜誌

表 2-1 室內空氣污染源與可能傳輸途徑

受影響範圍	可能污染源	可能的冷凍空調問題	可能傳輸途徑
局部/區域	<ul style="list-style-type: none"> ● 抽菸 ● 吸煙室 ● 廚房 ● 影印機/印表機 ● 黴菌/濕氣 ● 貯藏室 ● 建築物整修/翻修 ● 傢俱 ● 戶外污染源靠近空氣調節機進氣口或門/窗 ● 太過擁擠(人太多，二氧化碳產生量太多) ● 明顯的熱源(冷卻負載) ● 室外污染源進入空氣調節機的風口 ● 缺乏清潔打掃 	<ul style="list-style-type: none"> ● 區域性排氣問題 ● 區域性氣流混合擴散不佳 ● 區域性溫度調節問題 ● 區域性供氣量不足 ● 區域性風管受污染 ● 可變風量箱故障 ● 單一區域冷凍室系統有問題 <ul style="list-style-type: none"> - 過濾器受污染 - 維修 - 缺乏外氣 	<ul style="list-style-type: none"> ● 區域冷凍空調風管 ● 由低樓層或地下室經由樓梯間/電梯向上傳遞 ● 污染源在建築物的其他地方經由牆壁/地板局部滲入 ● 室內空氣 ● 走廊
內部隔間區	污染源位於內部隔間區 <ul style="list-style-type: none"> ● 影印室 ● 機械室 ● 儲藏室等 	因為熱負載較少，所以內部隔間區的進氣及外氣量較其它外部空間少	(無)
廣泛	<ul style="list-style-type: none"> ● 全面翻修/更新 ● 建材/傢俱 ● 一般清潔整理 ● 一般維修 ● 太過擁擠(人太多，二氧化碳產生量太多) ● 明顯熱源(冷卻負載)超過中央控制系統容量 ● 室外污染源經由所有外氣進氣風口或中控系統風口進入 ● 缺乏外氣 	<ul style="list-style-type: none"> ● 中央冷凍空調系統問題 ● 缺乏對於冷凍空調系統的維修管理 ● 所有空氣調節器進行維修 	<ul style="list-style-type: none"> ● 區域性污染源經由中央冷凍空調系統傳送至整棟建築物

(取自行政院環保署摘錄自美國環保署 I-BEAM)

表 2-2 一般常見的室內空氣污染物及其對健康的影響

污染物	污染源	健康影響
石棉	管線及導管的絕緣包覆、火爐墊片、天花板、地板、隔熱片、以及受損的絕緣、耐火或隔音材質	肺癌、矽肺病、間皮細胞瘤
生物性 汗染物	黴菌、霉、真菌、細菌、病毒、塵蟎；濕或潮濕牆壁、天花板、地毯和傢具；維護不佳的除濕機、空調；寢具及寵物等	過敏、刺激呼吸道、傳染病；刺激眼睛、鼻子和咽喉；發燒；流行性感冒
燃燒產物	密閉空間的暖氣設備(以天然氣、煤油、燃油、和木炭作為燃料)，密閉的瓦斯爐和壁爐；抽菸；呼吸；室外空氣	頭疼、嗜睡、頭暈(二氧化碳)；視力及記憶力減退、不規律的心跳、噁心、精神錯亂、死亡(一氧化碳中毒)；呼吸困難和肺部損傷(二氧化氮)

甲醛	膠合的木板(三合板、粒合板, 纖維板)以及利用這些木板製成的傢俱; 含尿素甲醛的發泡絕緣材(UFFI)及塗料	皮膚、眼睛、鼻子和刺激咽喉; 刺激呼吸道; 呼吸作用損傷; 癌症; 染色體受損害
顆粒狀物	塵土, 花粉, 清潔及烹飪的油煙; 香菸的煙; 壁爐、煤油暖氣設備、密閉空間的瓦斯爐或暖氣設備	刺激眼睛、鼻子、咽喉; 呼吸道感染和支氣管炎; 肺癌(長期風險)
揮發性有機物	家庭化學製品和產品(包括殺蟲劑、油漆、溶劑、膠黏劑、清潔劑和蠟、空氣清淨劑、織品保護劑、含氯漂白劑)氣膠推進劑、乾洗劑; 菸草燃燒過程	可能影響的程度從頭痛、眼睛和呼吸道刺激到破壞神經系統、影響肝腎功能、癌症、染色體損傷等

(取自行政院環保署)

2.1.3 室內空氣品質之改善

想要改善室內空氣品質，可以減少不必要的污染源，避免室內裝修和室內禁菸，保持環境清潔，定期清洗室內設備，可以減少各種污染物，並經常通風換氣，以及可以擺設室內植物可以減少落塵，降低二氧化碳。(林韻芬、莊海, 2012)

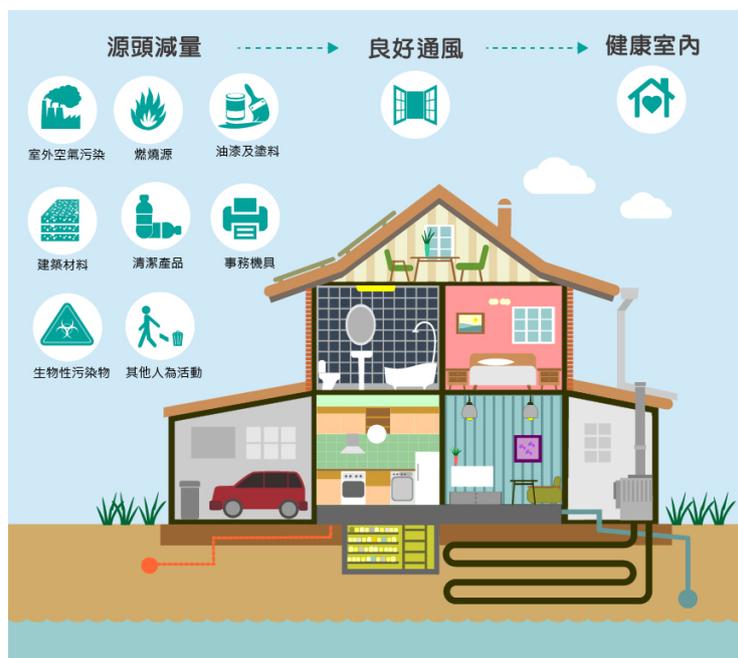


圖 2-3 改善室內空氣品質示意圖

來源：行政院環境保護署—空氣品質改善維護資訊網

高偉翔(2017)的研究顯示室內栽種植物可於 24 小時內排除進 87% 的空氣汙染物，也建議室內每 2.7 坪，應放置一株約 6 吋的植物，可以有助於改善室內空氣品質(Wolverton, 1989; Wolverton, 1993)。

2.2 面對空汙的不同設計與策略之探討

空氣汙染日益嚴重，生態破壞環環相扣，為了讓地球永續生存，保護地球上所有生物的，必須更加重視環境生態的健康，因此將建築與產品等結合樹木與植物，成為幫助空氣汙染下降的設計。

目前人們生活中所出現與植栽結合的設計形式可以區分為建築、空間、耕種、家具、燈具、配件、互動等七大領域。在早期人們運用建築、空間與植物搭配，無論是利用建築與庭院的視角營造視覺上的舒適、將建築格局與自然植物生態的共存型態、運用與建築脫離不了關係的室內空間，甚至脫離建築的室外空間建築構築起人與生活的關聯性，探討對於人類心理、生理等影響與探討(陳奕旭, 2015; 轉引自 Ulrich, R., 1984; Jolanda Maas. etc., 2006; T Sugiyama. etc., 2007; Jolanda Maas. etc., 2009; Jo Barton. etc., 2012; Astrid Kemperman & Harry Timmermans, 2014)。

(1) Kö-Bogen II

Kö-Bogen II 由德國 I ingenhoven architects 設計打造出來，預計 2019 年完工，2020 年開放，位於被認為是德國杜塞爾多夫的「新綠色心臟」，將作為商業和辦公綜合體，Kö-Bogen II 的設計理念還包括重新設計 Gustaf-Gründgens-Platz，樹籬和草坪屋頂空間也將通過提供冷卻微氣候來幫助淨化空氣並對抗城市的熱島效應。



圖 2- 4KÖ-BOGEN II

(取自 ingenhovenarchitects.com)

(2) Gurgaon 71

建築師 MaisonEdouardFrançois，2013 年在印度的古爾岡的建築作品 Gurgaon 71，該建築位於大型水池邊緣，植被像樹木一樣，營造安寧的綠色環境，最高的塔樓設有「green clouds」空間，高度超過 5 米，即是樹木、植栽，可以幫助淨化空氣，過濾懸浮微粒。從巨大的廣場上可以看到塔樓的大廳，這個廣場沐浴在自然光線中，充滿了植被，當它非常炎熱時，居民可以在這些涼爽的地方避難，甚至可以種植鮮花和有機蔬菜。

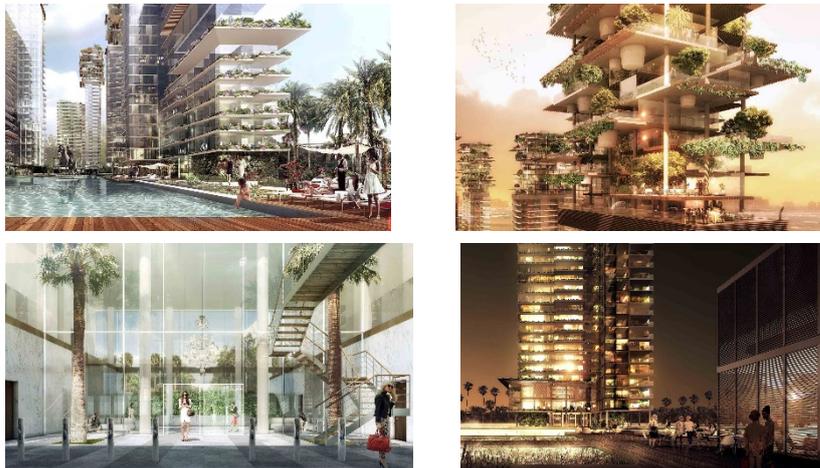


圖 2- 5GURGAON 71

(取自 archdaily.com)

(3)Lives Glass

說到辦公室療癒小物，第一個都會想到小植栽，許多人想當「綠手指」，卻往往因為忘記澆水或是澆太多水而導致植物死掉，而設計師 Jonathan Che 設計了以沙漏為設計主軸的迷你桌上型溫室 Lives Glass，將沙漏裡的沙子換成潔淨的水，以沙漏能慢慢流動的特性，定時定量為植物帶來所需的水份，是讓你不會忘記澆水的沙漏盆栽。



圖 2- 6LIVES GLASS

(取自 mydesy.com)

2.3 個人化的空汙產品

(1) LUFTRUM

LUFTRUM 打造可攜式空氣清淨機，表示可以 10 分鐘快速淨化，並且每小時淨化車內空氣五次以上，可以一機多用於任何小型空間，也是想淨化空氣所設計的產品。



圖 2- 7LUFTRUM 可攜式空氣清淨機

(取自 LUFTRUM 官網)

(2)AirTamer

屬於個人化空氣清淨機，AirTamer 表示可以去除 PM_{2.5} 99.92%、除菌 90%，臭氧零排放，體積輕巧，可以長時間配戴，隨時呼吸清新空氣，目的是讓自己每吸進去的一口是都是將汙染物過濾掉的。



圖 2-8 AIRTAMER 個人清淨機

(取自 PChome)

以上皆為較功能性的個人化空汙產品，雖然都屬於攜帶式產品，但不同的地方在於一個是屬於空間使用，另一個是屬於個人使用。

3.1.2 創新目的

發現室內的空氣品質(IAQ)大部分不好的情況，即使有了空氣清淨機，室內的空氣也不一定真的乾淨，何況沒有空氣清淨機呢？如何透過程式和感測器去偵測這個數值來提示使用者，開發一款感測機器人，以數位化的方式蒐集室內空汙的數據來作為移動的依據，讓所有位置都有機會被偵測到，運用 PMS3003 空汙感測器接收數據傳遞給 Linkit7697 開發板，去設計參數轉換成移動數據後，藉著 Robot Shield 輸出給馬達作為移動函式，致使移動並且做出反應變化。因為機器人移動的方向不受預期，讓使用者可以保有期待及想像空間，產生使用者願意瞭解所在的室內空間的汙染指數，進而作出相應的對策，亦可透過機器人的移動，知曉數據的變化對於因應的位置所了解到汙染從何而來，輕鬆應對家裡的空氣汙染，即便無法主動清淨空氣，也能讓使用者了解原因，從根本改善，比起治標不如治本，讓汙染從根本被使用者發現、解決。

3.2 發展過程

發想的過程，起初想做光雕藝術或是互動視覺，由於對空氣不好而鼻子敏感的我，想將空氣汙染和數位做結合，來提醒大家愛護環境要多用一點心，留意空氣品質，在乎自己所吸的每一口空氣，將自己的健康擺第一。

後來延伸的想法有：

(1)空汙藝樹：大型裝置藝樹(圖 3- 2)，放置在人來人往的路邊且顯眼的位置，照著(圖 3- 3) AQI 空氣品質指標的顏色變換樹的顏色；而樹的骨幹以機械做變化，依照空氣指標呈現樹的狀態，讓經過的人們一眼就能理解現在的空氣品質，在變換的過程中，保留一眼的震撼力，留下深刻的感受。



圖 3- 2 空汙藝樹的變化示意圖

空氣品質指標(AQI)與健康影響

空氣品質指標(AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500	
對健康影響與活動建議	良好 Good	普通 Moderate	對敏感族群不健康 Unhealthy for Sensitive Groups	對所有族群不健康 Unhealthy	非常不健康 Very Unhealthy	危害 Hazardous	
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅	
人體健康影響	空氣品質為良好，污染程度低或無污染。	空氣品質普通；但對非常少數之極敏感族群產生輕微影響。	空氣污染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。	

圖 3- 3 空氣品質指標(AQI)與健康影響

資料來源：行政院環境保護署-空氣品質監測網

(2)玻璃汙：將玻璃的材質做改變融合數位元素偵測空氣，依照室外偵測空氣汙染程度分類，改變家中或是室內玻璃顏色，顏色依據(圖 3- 3)做變色，讓人在準備出門前不再只有一般玻璃(圖 3- 5)，而是可以看到玻璃汙的顏色變化(圖 3- 6)，做出因應防護措施，警示並保護自己。

空氣品質指標(AQI)與活動建議

空氣品質指標(AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響與活動建議	良好 Good	普通 Moderate	對敏感族群不健康 Unhealthy for Sensitive Groups	對所有族群不健康 Unhealthy	非常不健康 Very Unhealthy	危害 Hazardous
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
一般民眾活動建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	1.一般民眾如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉痛等，應減少戶外活動。 2.學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。	1.一般民眾如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2.學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。	1.一般民眾應減少戶外活動。 2.學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。	1.一般民眾應避免戶外活動，室內應關閉門窗，必要外出應配戴口罩等的器具。 2.學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。
敏感性族群活動建議	正常戶外活動。	應特別敏感族群建議注意可能產生的咳嗽或呼吸急促症狀，但仍可正常戶外活動。	1.有心臟、呼吸道及心血管病者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管病者、孩童及老年人，建議留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管病者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。	1.有心臟、呼吸道及心血管病者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2.具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

圖 3- 4 空氣品質指標(AQI)與活動建議

資料來源：行政院環境保護署-空氣品質監測網



圖 3- 5 一般玻璃窗示意圖



圖 3- 6 玻璃汙的變化示意圖

(3)空汙路燈：隨處可見的路燈，在路燈顏色不變的情況下，燈桿的顏色可以依照空汙 AQI(圖 3- 4)，讓在室外的用路人知曉現在身在此處的空氣狀態。

(4)車體空汙變色膜：起初發想於有些車主喜歡在愛車貼上車膜，有各種不同的變化，那試想如果可以將車膜和空汙感測做結合，可以將車膜上某個細節部分做變色反應，假設很多有空汙變色膜(圖 3- 7)車子在路上行走，除了成為車子的特色之外，不論是自己還是路人，即可馬上辨認出附近的空氣品質。



圖 3- 7 車體空汙變色膜

(5)空汙盆栽：小型盆栽(圖 3- 8)，將放置植物的花盆依照(圖 3- 3)改變顏色，可以放置在任何地方，像是放在家中窗台、放在辦公桌上等，可隨時觀看並且療癒自己。

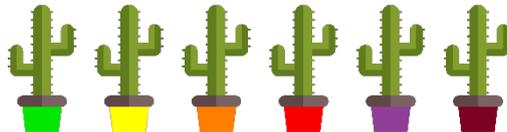


圖 3- 8 空汙盆栽

綜合上述所有想法，最後理出新的想法，將盆栽放置在可以收集空汙數據做移動的小綠球，希望可以降低空氣汙染，亦可以和空間做互動並且療癒人心，而取名為 Furry Plantoid，Plantoid 的意思是看起來像機器人或植物合成的生物體，它的行動和生長的樣子像是植物，類似動物的植物型態機器人，結合的植物物又是毛茸茸的樣態，因而設計出 Furry Plantoid 與其製作流程(圖 3- 9)。

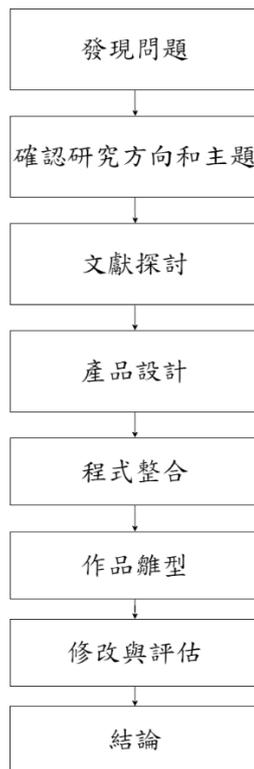


圖 3- 9 創新流程

3.2.1 設計原型

因為 Furry Plantoid 是需要擺放零件，經過思考後，發現 SolidWorks 是熱門 CAD 軟體之一，屬於 3D 機械 CAD(Computer Aided Design)軟體，對於本作品外觀的物件設計，較為合適，可以針對零件的位置，做出所對應的樣式。

原先發想想以 3D 列印反方向的類魚尾形狀(圖 3- 10)，作為移動本體，後因機構設計，採取第二版本所產生的第一個雛型(圖 3- 11)，起初想使用雷切機切壓克力片，拼接、製造出身體，但礙於壓克力裁切後皆為方方正正的，與原本設定的小綠球外觀相異(圖 3- 12)，最終重新設計了 Furry Plantoid 的外觀(圖 3- 13、圖 3- 14、圖 3- 15)。

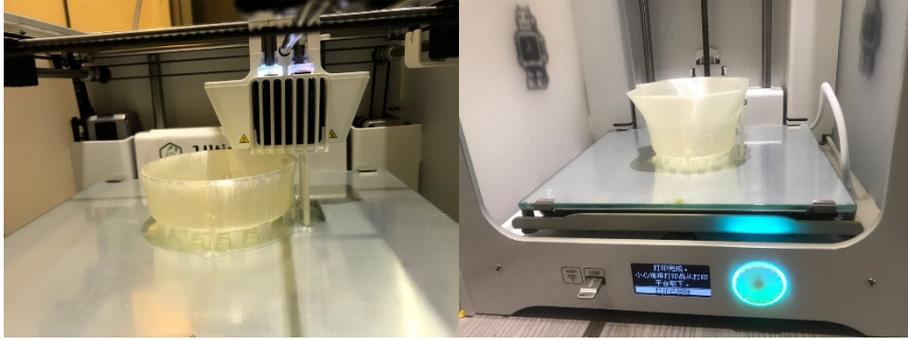


圖 3- 10 魚尾主體



圖 3- 11 第一個紙板雛型

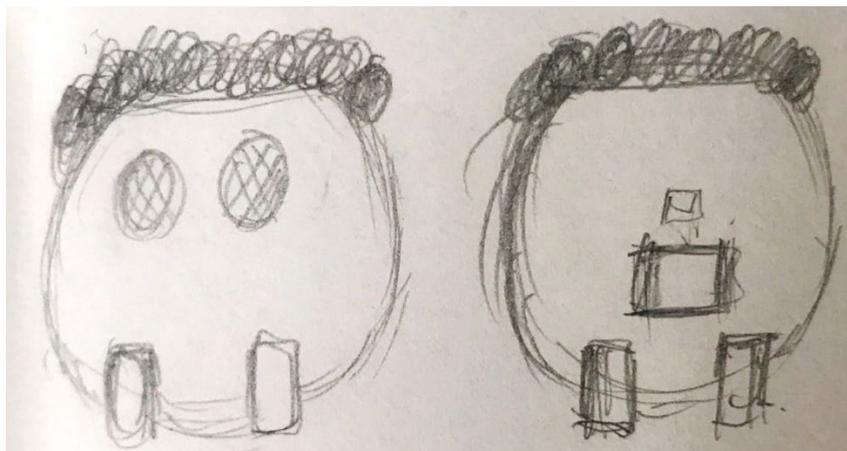


圖 3- 12 最終 FURRY PLANTOID 的示意草圖

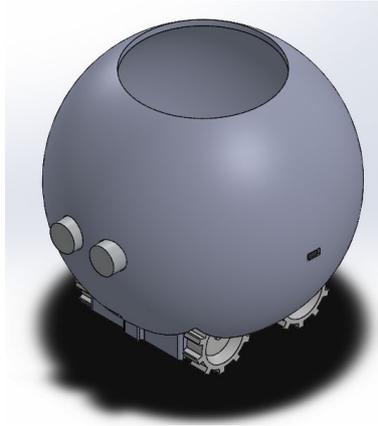


圖 3- 13 PROTOTYPE 的正交視圖

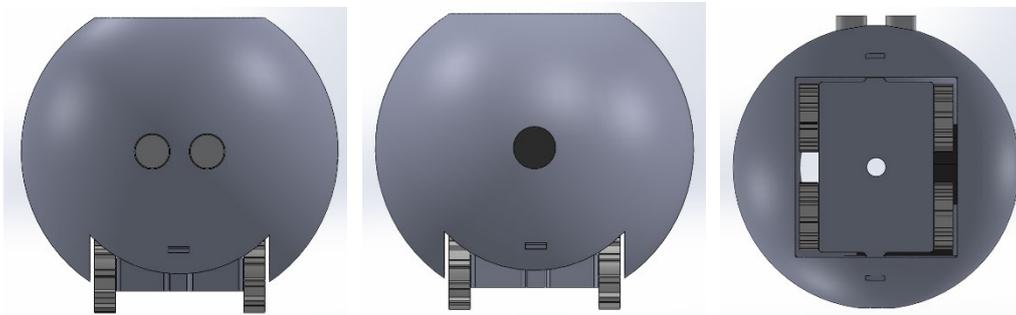


圖 3- 14 PROTOTYPE 前視圖、後視圖、下視圖

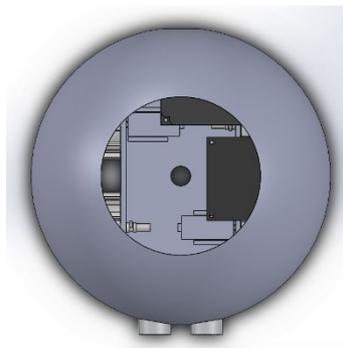


圖 3- 15 PROTOTYPE 上視圖及內部零件擺放

3.2.2 主要設計要點

Furry Plantoid 含有主要的五個訴求，分別為偵測室內空氣品質、計算數據的平均高低作為移動的方式、連接室內 Wi-Fi 以雲端查看數據、淨化室內空氣的植栽，以及綠色療癒設計的概念，並條列於下方說明：

1、偵測室內空氣品質：

主要的偵測地點為室內空間，偵測項目為懸浮粒子，分別為 PM_{1.0}、PM_{2.5} 以及 PM₁₀，藉此可以將室內空間裡所含有的懸浮粒子分為三類，並且了解以上三個項目中，數據分別為何。

2、計算數據的平均高低作為移動方式

最主要以大眾所熟悉的 PM_{2.5} 數據蒐集為主，並計算數據平均值作為室內空氣標準，作為 Furry Plantoid 移動方式的依據。

3、連接室內 Wi-Fi 以雲端查看數據

以感測器蒐集到的所有數據將會依照不同時間、日期儲存在 MCS 雲端頁面，提供使用者儲存資料、隨時可以查詢歷史數據及比對，追蹤室內空氣品質的數值，方便判斷是否需要作出因應的動作。

4、淨化室內空氣植栽

以可以淨化空氣的植物作為外觀上的變化，本作品挑選的植物除了淨化需求以外，外型上呈現一種綠色毛茸茸，像是一顆會動的綠球，視覺上給人一種療癒感，達到一方面淨化空間，另一方面療癒人心。

5、綠色療癒設計的概念

人與自然原本就共存，長時間處於封閉的室內環境，被牆面阻擋的視線，心也無法寬闊。人必須要和戶外做一些鏈結，因此，有人喜歡在室內點綴綠意，種種花、擺放小盆栽，藉由可以釋放壓力的小物件，來增添生活情趣，身心靈療癒，讓生活空間充滿溫暖、舒適以及愉快，達到紓壓的效果。

將大自然所擁有的植物和空氣，融合數位互動元素後，以生動活潑的方式，加上小綠球的外觀，好似養了一隻綠色小寵物，來替主人檢視並過濾部分含汙染的空氣，藉此讓使用者能觀察室內空氣品質的實質效果，也希望藉著可愛的外觀，有助於對視覺及心靈上產生放鬆療癒的效果。

3.2.3 使用情境

1. 情境設定 A

在住家中，正和小孩與毛小孩在休閒娛樂或休息之時，旁邊有一隻就好比小狗、小貓的小寵物，在自己家中晃來晃去，無聊的時候摸摸它，但對環境會起偵測反應，偵測現在家中地面上的灰塵及PM_{2.5}的濃度，提醒主人可以開始做出對應的策略，或許是打掃家裡，或是啟動空氣清淨機。Furry Plantoid 是植物，也是動物；是機器，也是寵物。雖然 Furry Plantoid 沒有靈魂但有淨癒功能，像是有生命的活盆栽，屬於療癒系列。對於不能養寵物的人，Furry Plantoid 的無設定、無意識地隨機行為，自然表現像是真正的寵物，可以萌到愛不釋手，來療癒自己的心，此外，也可以像寵物一樣，像小狗遇到壞人一樣會警示主人，而那個所謂的壞人對於 Furry Plantoid 就是空氣汙染物，守護家裡、守護家中的空氣品質，就像真的寵物保護小孩一樣。

2. 情境設定 B

在辦公室，由於現代每個人的生活壓力很大，長期處於忙碌的上班生活，在辦公室裡的精神、腦力消耗很大，因此人的自然本能，想藉著大自然的植物，跳脫到世外桃源，享受著鳥語花香的世界，暫時讓自己與世隔絕一下，使被牆面阻隔的視線，短暫切換成綠色的植物或是盆栽花，舒緩緊繃的神經以及放鬆身體，但是，礙於現在室內空氣汙染也不容小覷，為了能讓自己跳脫到沒有空氣汙染的大自然中，藉此需要 Furry Plantoid 來營造可愛又有樂趣的情境，一方面偵測空氣品質，了解室內的汙染會隨著氣流沉降，使有

害物質懸浮在室內的不同位置，方便使用者監測；另一方面藉著 Furry Plantoid 的植栽外型與移動方式，達到療癒的效果。

第四章、技術方法與操作

4.1 軟硬體設計整合發展過程

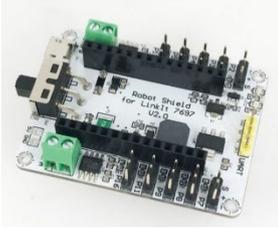
根據本研究對空汙監測裝置的功能需求，分別將所需要的軟硬體整合在一起，以此來完成雛型。因此我們將所需要的功能定義出來，再透過功能需求來設計外觀及電路佈線，其中包含了如何偵測、電源的供電及接地、再透過雲端搜集數值查看、將數值轉換成 Furry plantoid 的移動型態等。

4.2 硬體零件布線

功能流程圖內容的體現，需要將各項數位電子零件彼此連接，並且形成迴路，方能完成啟動，此次需要的材料列於下表 4-1，表中提供各項材料圖樣與該材料的概述。

表 4-1 監測裝置硬體材料表

圖片參考	品名	商品概述
	PMS3003(G3)	採用激光散射原理，得到散射光強隨時間變化的曲線，可以用於獲得單位體積內空氣中懸浮顆粒物的質量，即懸浮微粒的濃度。
	Linkit 7697 開發板	聯發科研發之微型控制器。腳位多，同時還兼具 GPIO、ADC 與 PWM 等功能，並與 Arduino 開發環境相容。

	<p>N20 微型金屬減速馬達 3V50 轉=6V100 轉</p>	<p>N20 微型金屬減速馬達可順逆和正反轉、體積小、扭力大、電流小、減速比越大,12 MM 直流減速馬達可用 PWM 控速。</p>
	<p>HC-SR04 超音波感測器</p>	<p>在國外稱為 PING sensor，當它被觸發的時候，會發射一連串 40Khz 的聲波，由從離它最近的物體接收回音，是人耳無法聽得見的高頻率聲音。</p>
	<p>Robot Shield V2.0 擴充版</p>	<p>Robot Shield 由 MiniPlan 設計和製造，充分利用了 Linkit7697 的功能，包含 250mAh 電池及內建蜂鳴器，可驅動更多伺服電機。</p>
	<p>杜邦公-公、公-母 彩色接線</p>	<p>不同的色彩有助於在接線狀態的判斷，用於串聯電路於麵包板和擴充版上。</p>

4.3 環境與應用程式簡介

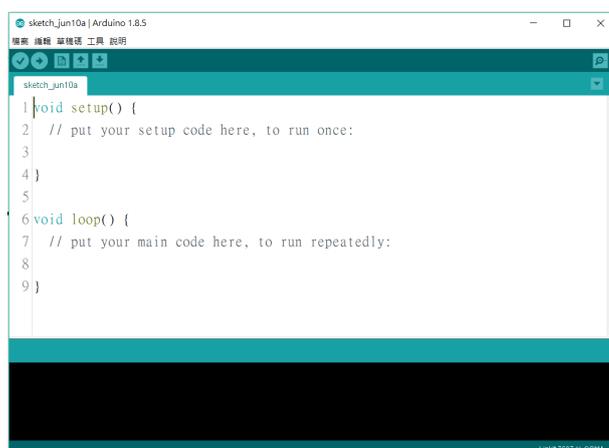
4.3.1 Arduino

程式方面採用可以和 Linkit 開發版相容的開發介面—Arduino(圖 4- 1)作為編寫程式的開發環境。Arduino 是一家具有製作開源硬體及軟體的，在硬體方面負責設計和製造單板微控制器及微控制器套件，用於建構數位和互動式裝置；軟體方面，Arduino IDE 使用 C 和 C++相仿的程式語言，設計給不熟悉程式設計的人，也提供許多常見的函式庫，供用戶直接下載函式庫後，可以更簡單明瞭的編寫程式，省去許多繁瑣的步驟，而本實作使用 Arduino IDE 編寫程式，並將撰寫完畢的城市燒錄至 Linkit7697 中，使其可以運行。



圖 4- 1 Arduino 介面圖示

在 Arduino 中編寫的程式(圖 4- 2)為 Sketch，其中包含兩個預設函式，分別是 setup()和 loop()，setup()在程式執行開始時會執行一次，用於初始設定；loop()直到 Arduino 硬體關閉前會一直重複執行函式區域所放的程式碼，上述兩種函式在編譯完成後合成為本程式的主要函式。



```
sketch_jun10a | Arduino 1.8.5
檔案 編輯 庫管理 工具 說明
sketch_jun10a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

圖 4- 2 ARDUINO 編寫程式介面

當程式編寫完成後，先按打勾圖示鈕(圖 4-3) 檢查參數設定或程式編碼，檢查程式上沒有編寫錯誤後，按下方向指右的箭頭鈕後 (圖 4-4) ，即開始經過傳輸線將編譯好的程式燒錄至開發板上。當程式開始執行後，可以透過(圖 4-5) 開啟序列埠監控視窗(圖 4-6) 序列埠監控視窗，監測硬體及感測器的執行與數據計算狀況。



圖 4-3 VERITY 檢查參數設定或程式編碼



圖 4-4 UPLOAD 編譯程式並燒錄



圖 4-5 SERIAL MONITOR 開啟序列埠監控視窗

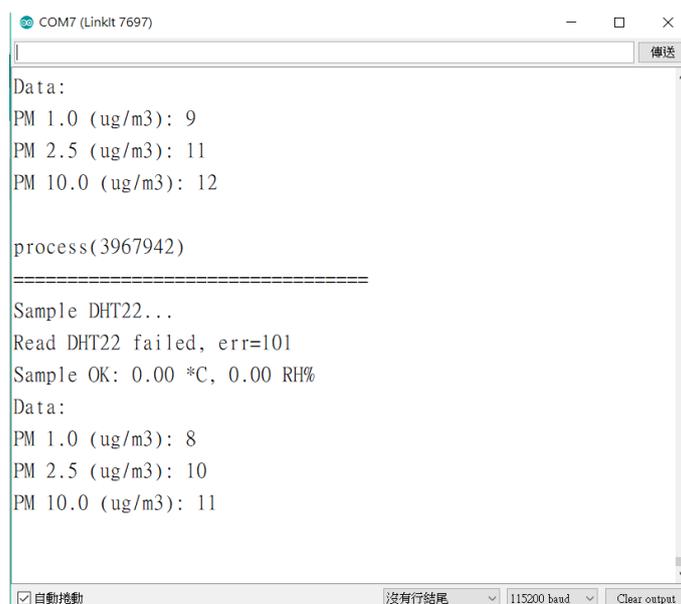


圖 4-6 序列埠監控視窗

4.3.2 Mediatek Cloud Sandbox

這邊使用到的 MCS (Mediatek Cloud Sandbox) 聯發科雲端服務平台(圖 4-7)，除了可以 1.遠端控制、2.韌體空中下載、3.使用者權限控管、4.快速穩定的資料儲存、5.查詢紀錄、6.出發條件和動作、7.豐富的 RESTful API，上述功能可以幫助打造穿戴式和物聯網裝置(圖 4-8)，可以在 MCS 開發頁面，操作所有關於產品原型的開發功能和服務，每個產品原型都具有獨特的 ID 和 KEY，也可以建立一個或是多個產品原型，並且建立多個測試裝置來和實體裝置連接，即可進入頁面查看雲端的監控畫面(圖 4-9)。

(參考 MCS 官網, <https://mcs.mediatek.com/zh-TW/>)



圖 4-7 MEDIATEK CLOUD SANDBOX



圖 4-8 MEDIATEK CLOUD SANDBOX 示意圖

(取自 MCS 官網)



圖 4-9 雲端監控頁面

4.3.3 SOLIDWORKS

在微軟 Windows 平台下的 3D 機械 CAD 軟體，是產品設計師和機械工程師常見的使用軟體，全世界其用戶範圍從個人到大公司，涵蓋了您所有在工藝美學、外觀曲面上的 3D 設計需求，目前廣泛運用於高科技與電子消費性產品行業。SOLIDWORKS 所具備直觀性的操作介面，簡單、明瞭、易上手，解決工業設計師的軟體操作難題，將加快工業設計師的設計過程，大幅提升生產效能。透過簡單的操作，就可輕鬆設計出任何想要的零組件或機構，並且可以轉換成 2D 工程圖，以及針對鈑金、焊接、模具…等專門領域的設計應用模組，透過 SOLIDWORKS，可以畫出自己所需要的 3D 圖。

4.4 Prototype

將身體元件(圖 4- 10)以及空氣汙染所需的感測器元件(圖 4- 11)備齊後，開始進行個別測試，是否感測器或是開發版有無反應，待完成後再一併整合(圖 4- 12、圖 4- 13)。

初步測試、3D 列印出來的成品(圖 4- 14、圖 4- 15、圖 4- 16)、盆栽(圖 4- 17、圖 4- 18)及最終成品內部構造(圖 4- 22)及樣貌(圖 4- 23)。



圖 4- 10 FURRY PLANTOID 的身體元件



圖 4- 11 空氣汙染所需的感測器元件



圖 4-12 初步雛型的元件擺放



圖 4-13 初步雛型的內部樣貌

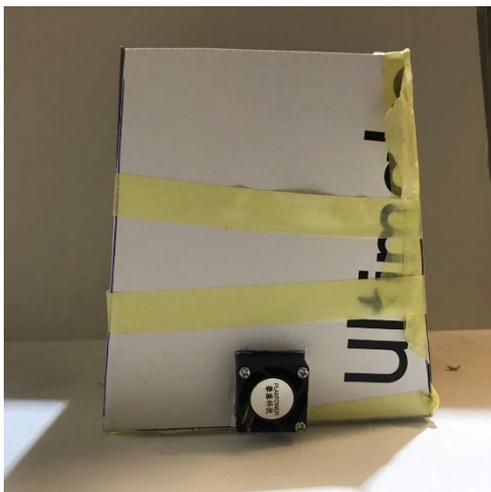


圖 4-14 初步雛型的後面感測器擺放位置

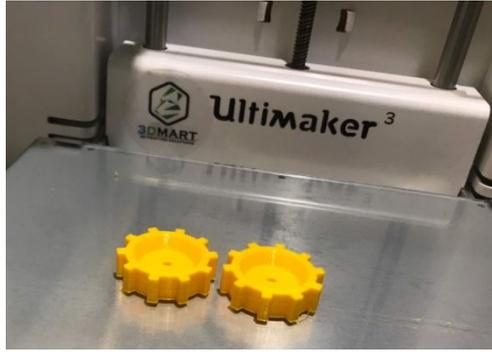


圖 4-15 輪軸列印



圖 4-16 雛型的移動輪軸



圖 4-17 FURRY PLANTOID 的植栽部分—冰淇淋卷柏



圖 4-18 FURRY PLANTOID 的植栽部分—黃金薄雪草



圖 4-19 完成的紙雛型

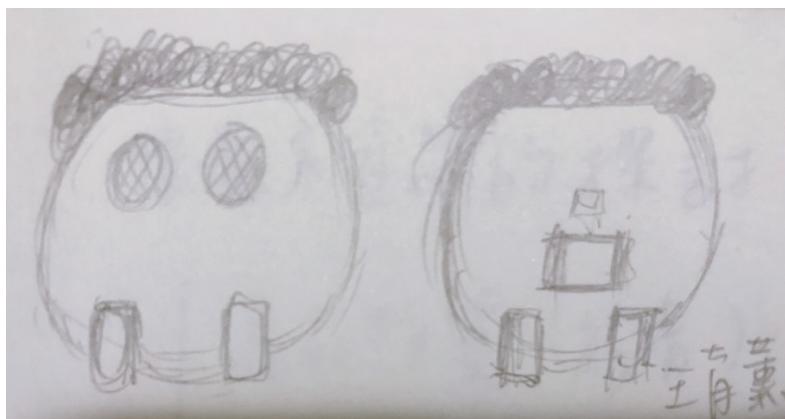


圖 4-20 最終預計將呈現 prototype 主體示意圖

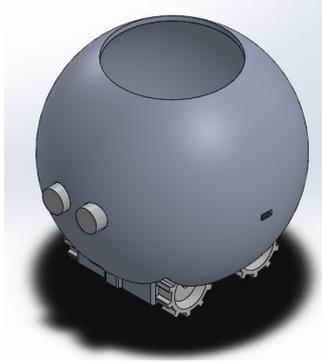


圖 4-21 最後預計呈現主體的 3D 圖

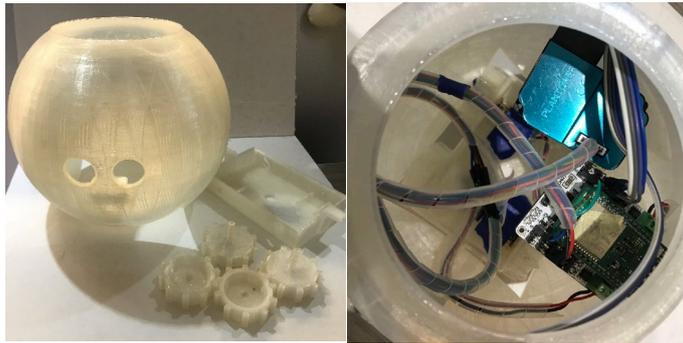


圖 4-22 FURRY PLANTOID 列印零件及內部構造



圖 4-23 FURRY PLANTOID 最終樣貌

4.5 程式運行邏輯

當感測器啟動後，將一連串的開始運行、蒐集、運算和判斷，再依照執行指令做輸出。

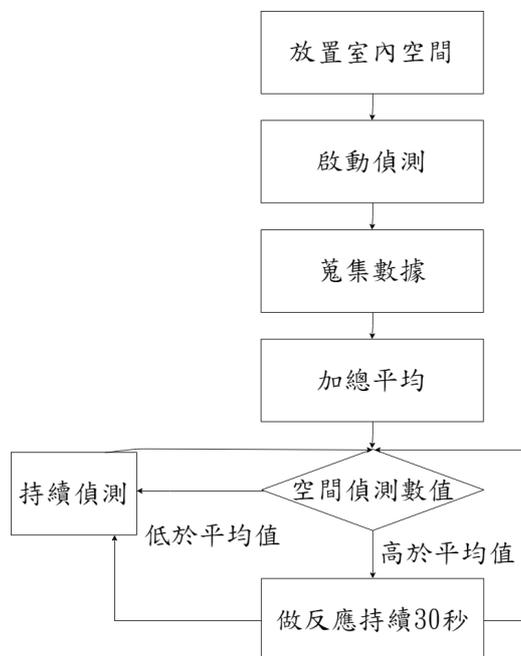


圖 4-24 FURRY PLANTOID 執行流程圖

程式流程圖(圖 4-24)中，在馬達運行的開始，以隨機的路徑(圖 4-25)來蒐集數據，此為輸入端；期間透過加總平均，轉換至空間偵測數值判斷為內部運行端；當結果輸出高於平均時，做反應持續 30 秒，接著到持續偵測；反之，結果低於平均時，不做反應，並持續偵測，直到有高於平均值才會有反應。這樣為一次的執行流程，期間所偵測到的數值，都可以從雲端(圖 4-26)讓使用者知道數據，並且重複隨機路徑執行直到用使用者完成，關閉電源為止。

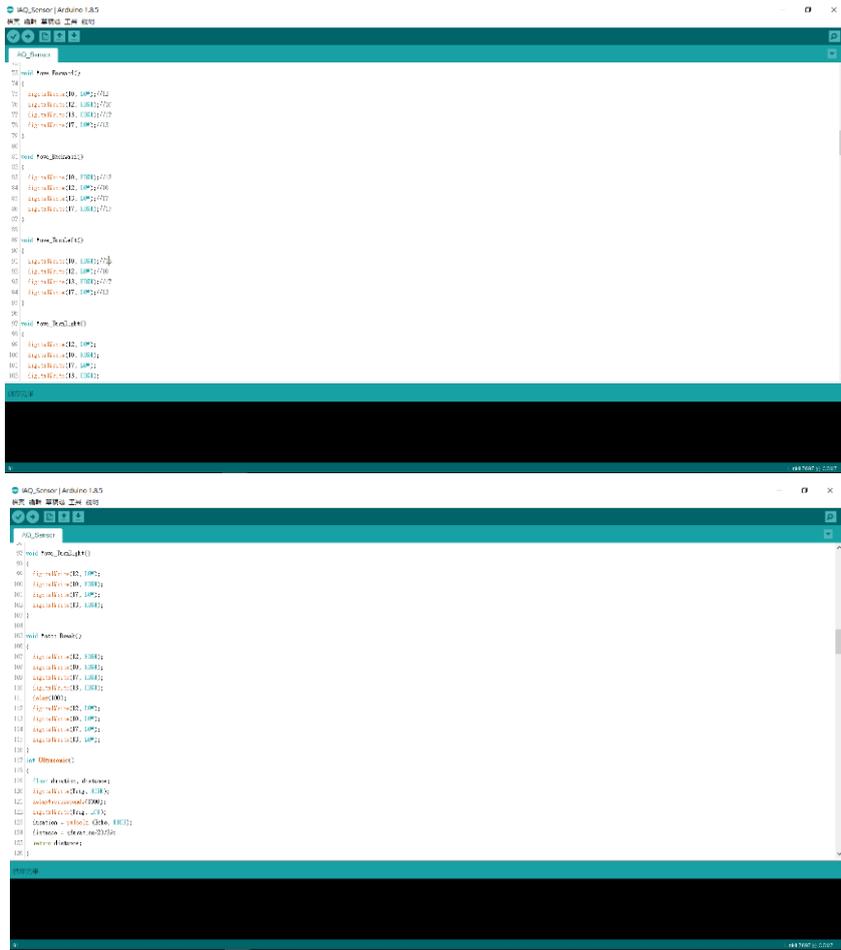


圖 4-25 在 ARDUINO IDE 將馬達及避障寫入

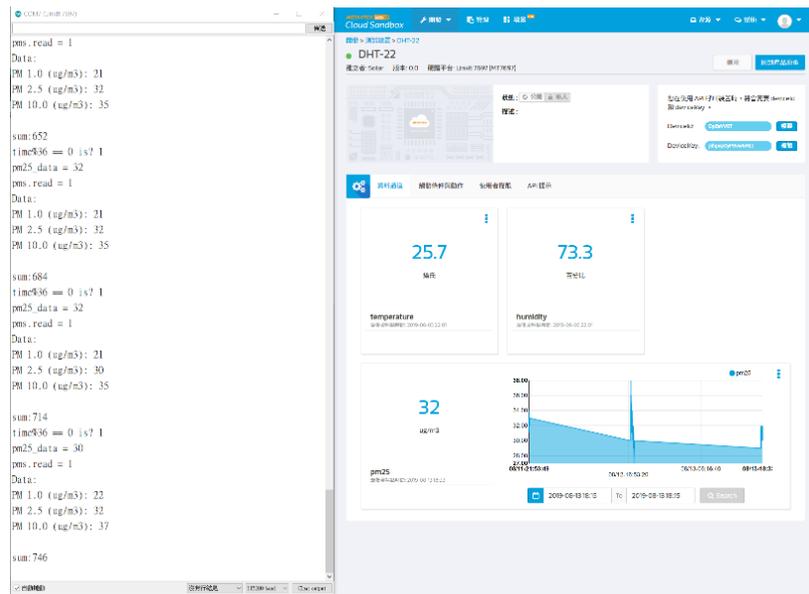


圖 4-26 雲端(右)及程式(左)數據對照

第五章、研究成果與評估方法

5.1 創新成果

本作品主要是以空間和空汙做互動，讓數位融入日常生活中、療癒人心，透過綠色小植物毛茸茸的樣貌，創造新的生活樂趣，並以孩童及寵物所在的高度，地面以上 30 公分為範圍做感測，強化使用者對於空汙的警覺性為目的。首先以 Linkit7697 和 Robot shield V2 結合空汙感測器，使其可以移動感測，蒐集室內空間的空氣品質數據，製造新的生活體驗，在通過 3D 建模將外型設計出來，將其融合療癒設計和使用者達到互動體驗的新模式。

雖然製造的技術看似好像沒有很難，分開研究製作是不會太過困難，難的是要如何整合這所有程式流程和硬體設備，而技術上目前還無法解決空氣汙染的問題，只能提示使用者，並且希望外觀可以再縮小，甚至讓整顆被植栽包覆得更緊實些，使其對小綠球名詞更貼切一些。

不過搭配上上述 3.2.3 的使用情境的描寫，讓使用者可以瞭解到室內確實是有空氣汙染，並且不亞於室外，透過讓 Furry Plantoid 成為生活中的新寵物，進而達到注重環境的效果，除了增加空汙意識外，療癒心靈，創造出另類的綠色價值。

5.2 評估測試與結果

5.2.1 評估測試

本次將以室內剛煮完晚餐後的廚房、通風的房間和走廊做為此項研究的樣本，測試資訊如表 5-1，經過 Furry Plantoid 的感測，蒐集到以下數據。

	煮完後的廚房	通風的房間	走廊
受測時間 A	19:14	19:53	20:34
PM _{2.5} 濃度 A	54	30	29
對應圖 A	圖 5-1	圖 5-4	圖 5-7 左

受測時間 B	19:20	19:56	20:54
PM _{2.5} 濃度 B	46	35	26
對應圖 B	圖 5-2	圖 5-5	圖 5-7 右
波動過程	圖 5-3	圖 5-6	圖 5-8

表 5-1 樣本資料表

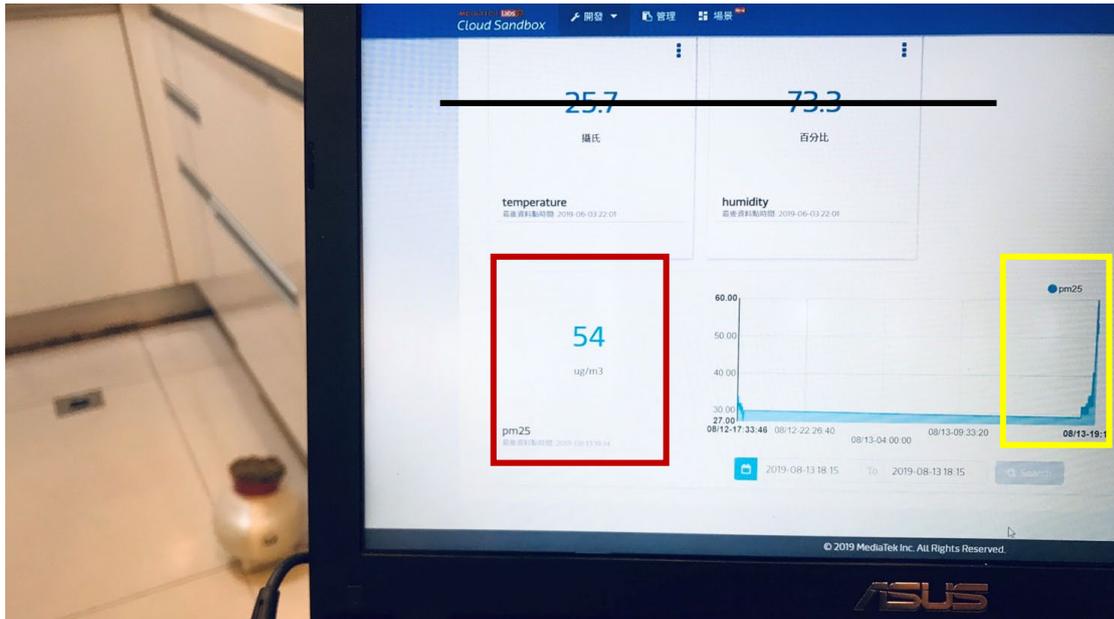


圖 5-1 剛煮完晚餐後的廚房 19:14

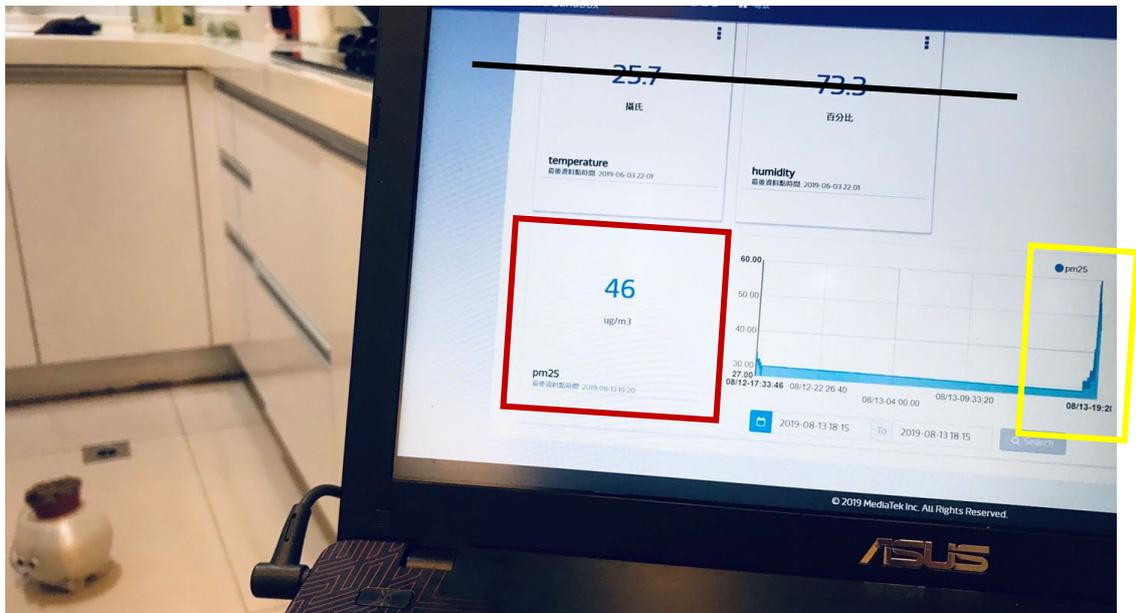


圖 5-2 剛煮完晚餐後的廚房 19:20

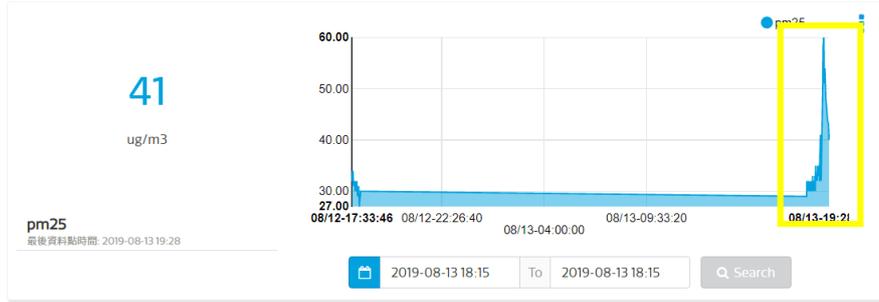


圖 5-3 雲端監控廚房數值的波動(黃色範圍)

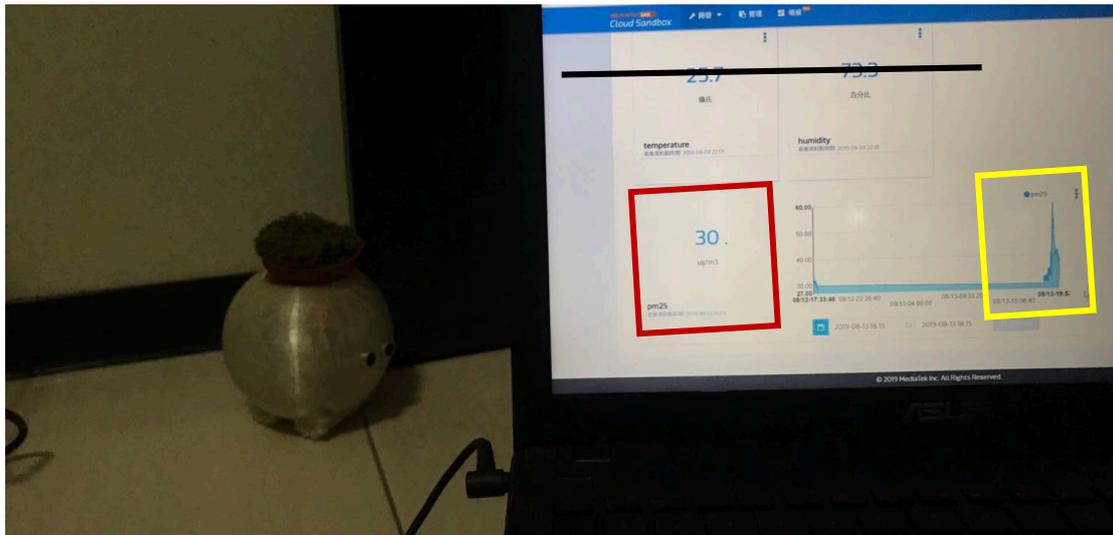


圖 5-4 通風的房間 19:53

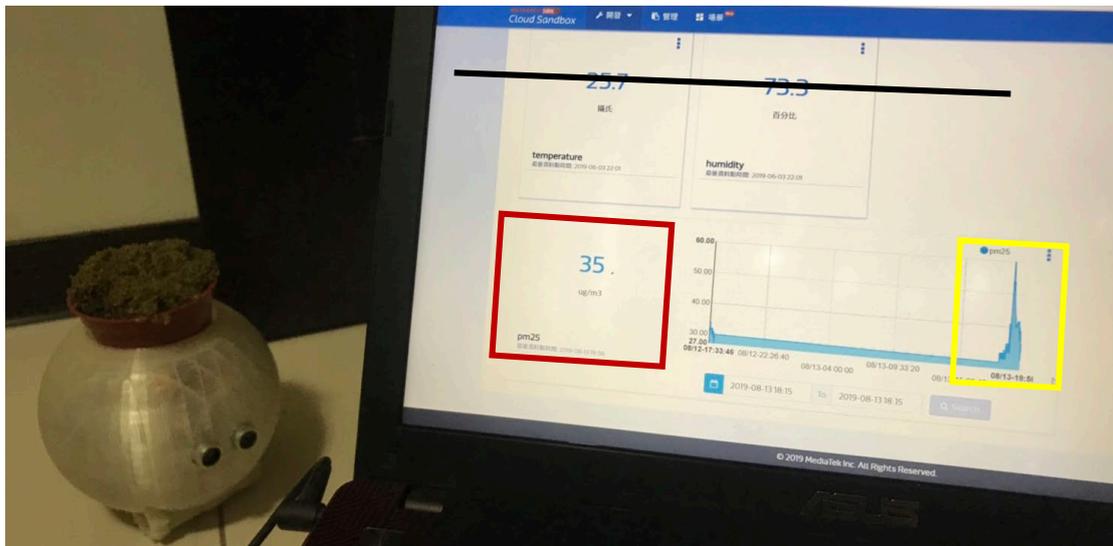


圖 5-5 通風的房間 19:56

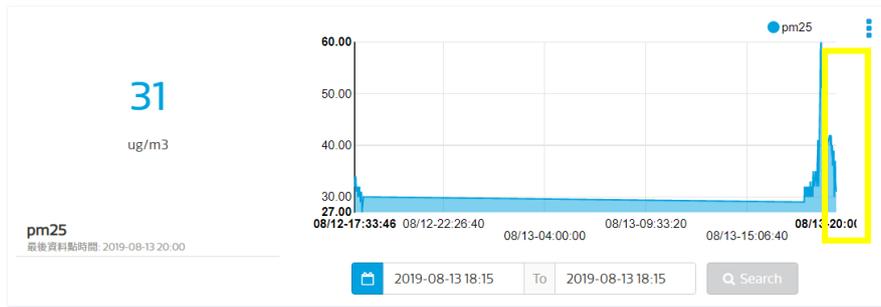


圖 5-6 雲端監控房間數值的波動(黃色範圍)

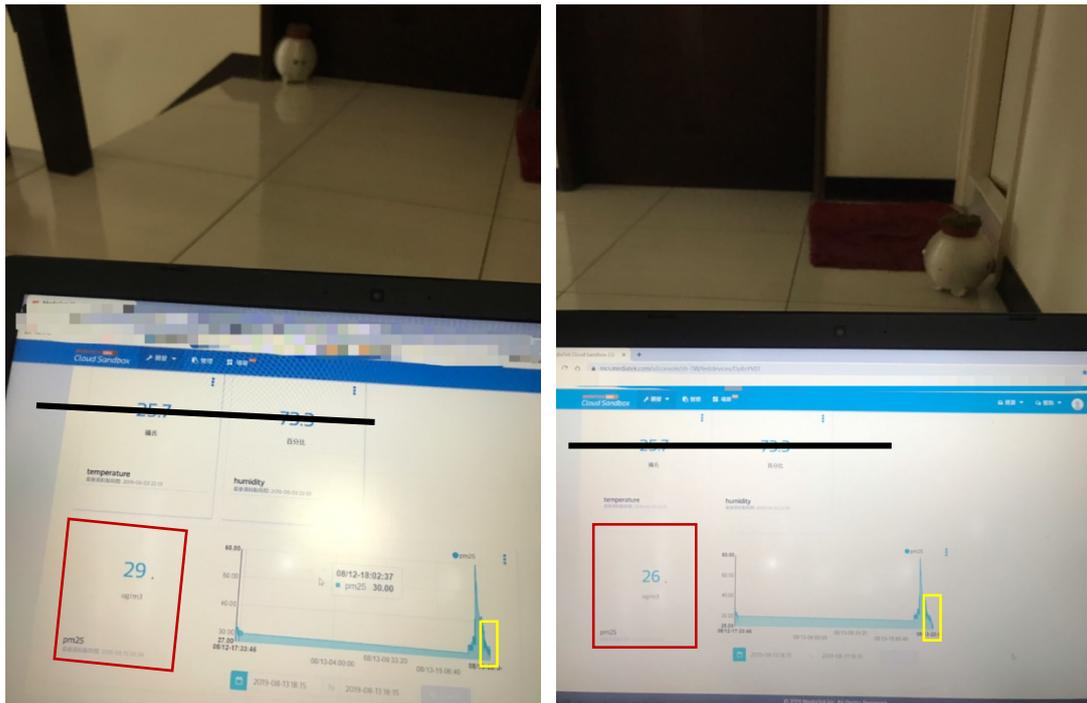


圖 5-7 走廊 20:34、20:54

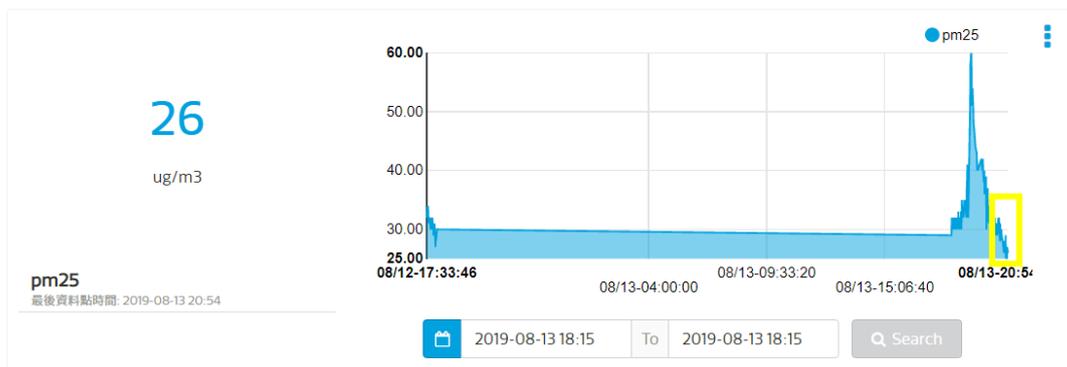


圖 5-8 雲端監控走廊數值的波動(黃色範圍)

5.2.2 評估結果

以上 5.2.1 蒐集三個不同位置的數據(表 5-1)，證實室內空氣污染是會隨著風的流通性、氣流的沉降，以及外力製造因素，會導致室內的 PM_{2.5} 的數據波動，也證實室內是存在空氣污染，並非只有室外。以上數據也發現，煮完晚餐後的廚房(圖 5-3)，濃度會隨著時間慢慢下降；通風的房間(圖 5-6)會在短時間，使數值不穩定，一下高一下低；而走廊的數值(圖 5-8)一直很穩定，即便是長時間，數值的變化也不會太大。本實作也可測出除了 PM_{2.5} 之外的 PM_{1.0} 與 PM₁₀，雖然只參考 PM_{2.5} 的數值作為依據，但是事實上，污染源不分大小都會影響人體健康，更何況影響小孩及寵物，還有身體狀況年老的長輩，如果可以將 Furry Plantoid 加上清淨的功能，並且帶動空氣清淨機，會比現在的 Furry Plantoid 更加完善，也對人體呼吸道健康更加分。

第六章、未來展望

本作品主要目的是偵測室內空氣汙染，藉由 Linkit7697 開發板結合 PMS3003 空汙感測器和馬達，將室內空氣汙染經過數位化，使數據被看見，有別於一般的機器。雖然現在有許多室外的空氣盒子以及室內的空氣清淨機，但室外的空氣盒子屬於大範圍的偵測室外空氣汙染，和室內的空氣清淨機屬於定點清淨以及看機器的過濾範圍，因而衍生出製作 Furry Plantoid 的想法，來偵測室內空汙，最主要的範圍為地面以上 30 公分的距離，來保護孩童及寵物的呼吸道健康。

因本作品有別於現在市面上很多不同的個人化空汙裝置，Furry Plantoid 只有提醒和植栽意象，並沒有直接正面解決空氣在室內中的汙染，研發過程中，有礙於時間、人力等因素的關係，希望未來可以讓 Furry Plantoid 有機會成為正面解決空氣汙染的小裝置，並且使空氣清淨機成為 Furry Plantoid 媽媽的角色，當小裝置無法處理大量的空氣汙染，就得請出空氣清淨機一併打擊空氣汙染，讓 Furry Plantoid 保有原本初衷想有的可愛、療癒的樣貌，並且有小寵物的感覺之外，還可以多一點不同的外型上的改變，甚至可以更仿生，並且直接幫助主人打擊室內空氣汙染，保持維護空氣品質而努力不懈的形象，更希望以後除了跟空間互動之外，還可以直接和使用者做互動，以期 Furry Plantoid 可以被當作是另類的小寵物，而非多餘的角色，吸引人想隨時注意 Furry Plantoid 的動作，得到使用者的關注，目前因為只是雛型的關係，希望作品未來可以符合綠色設計的三個特點：安全性、節能性和生態性，成為有樂趣、提高空氣品質與愛護環境的意識，作為人、機器與空間互動中，所延伸的價值體驗。

參考文獻與參考資料

參考文獻

1. 林韻芬、莊海華(2012)。室內空氣與健康：漫談病態建築物症候群。《基層醫療》；27(5)：161-165。
2. 高偉翔（2017）。植栽淨化室內空氣品質之認知特性-以高雄市地區為例。國立屏東科技大學環境工程與科學系所碩士論文，屏東縣。
3. 王柏涵（2016）。住宅物業之粉塵管理研究-以居家拜香行為為例。逢甲大學土木工程學系碩士論文，台中市。
4. 陳俊銘（2007）。鹽水蜂炮活動之環境空氣監測研究。國立陽明大學環境衛生研究所碩士論文，台北市。
5. 陳奕旭（2015）。綠色植栽導入居家生活之設計趨勢研究。東海大學工業設計學系碩士論文，台中市。
6. 姚琮姬（2017）。以熟齡族為對象之療癒性商品設計創作研究。國立臺灣師範大學設計學系碩士論文，台北市。
7. Brunekreef, B., & Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242.
8. Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9), 1132-1141.
9. Wolverton, B. C., Johnson, A., Bounds, K., 1989, Interior landscape plants for indoor air pollution abatement. Report. National Aeronautics and Space Administration, Stennis Space Center, Mississippi.
10. Wolverton, B. C., Wolverton, J. D., 1993, Interior plants and their role in indoor air quality:an update, *Interiorscape*11:17

11. Ulrich, R. (1984). View through a window may influence recovery. *Science*, 224(4647), 224-225.
12. Sugiyama, T., Leslie, E., Giles-Corti, B., & Owen, N. (2008). Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships?. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(5), e9-e9.
13. Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., De Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?. *Journal of epidemiology and community health*, 60(7), 587-592.
14. Maas, J., Verheij, R. A., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of epidemiology and community health*, 63(12), 967-973.
15. Barton, J., Griffin, M., & Pretty, J. (2012). Exercise-, nature- and socially interactive-based initiatives improve mood and self-esteem in the clinical population. *Perspectives in public health*, 132(2), 89-96.
16. Kemperman, A., & Timmermans, H. (2014). Green spaces in the direct living environment and social contacts of the aging population. *Landscape and Urban Planning*, 129, 44-54.

參考資料

1. Plantoid
<https://en.wikipedia.org/wiki/Plantoid>
2. PM_{2.5} 對健康影響
<https://www.bosswellair.com/tw/drwell/%E7%B2%BE%E9%81%B8/6>

3. 行政院環境保護署－室內空氣汙染物主要來源
<https://iaq.epa.gov.tw/indoorair/index.aspx>
4. 行政院環境保護署－空氣品質監測網
<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/b0201.aspx>
5. EPA－Indoor Air Quality (IAQ)
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq>
6. WHO－Household air pollution
<https://www.who.int/airpollution/household/en/>
7. Live Glass
<https://www.mydesy.com/lives-glass>
8. Luftrum 空氣清淨機
<https://www.luftrum.com.tw/>
9. ingemhoven
<https://www.ingenhovenarchitects.com/>
10. FaceBook 粉絲專頁－Home Run Taiwan
<https://www.facebook.com/2016homeruntaiwan/posts/1251155578387177/>
11. 康健雜誌－小心！地面 30 公分的致敏殺手
<https://www.commonhealth.com.tw/article/article.action?nid=76154>