

國立台北大學資訊工程學系專題報告

個人化運動手環暨 PM2.5 吸入量監測 APP

PM2.5 Inhalation Analyzing Application for Personalized Sport Bracelet

專題組員：陳牧謙、郭冠甫、楊凱閔、蔡亞倫

專題編號：PRJ-NTPUCSIE-110-011

執行期間：2021 年 09 月 至 2022 年 06 月

1. 摘要

國人健康意識抬頭，戶外運動早已是民眾休閒活動的主流。然而在不良的環境中，這些活動的影響可能與活動的初衷背道而馳。PM2.5 監測儀在國內已普遍建置，只要有網路即可輕鬆獲取監測資訊。但這些資訊未必是戶外運動者所處場所與路段的實際情況，亦無法呈現空氣即時的變化。戶外活動者也無法單憑這些資訊得知自己實際吸入了多少有害懸浮粒子。

空氣中的懸浮微粒會經由鼻及咽喉進入人體，而 10 微米(μm)以上的微粒可由鼻腔去除，小於 10 微米(μm)的微粒則會經由氣管、支氣管進入人體內部。懸浮微粒進入肺部，會依不同顆粒大小及化學性質對人體產生不同影響。許多流行病學研究結果也顯示長期吸入可能會引起過敏、氣喘、肺氣腫、肺癌、心血管疾病、肝癌、血液疾病等。無論長期或短期暴露在高濃度 PM2.5 環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡的風險，尤其是對於敏感性族群的影響更為顯著。

2. 簡介

我們希望能夠製作一個個人化

裝置，讓配戴者在活動前即可測得周遭的空氣品質，並依此評估是否要在該處活動。我們的裝置亦有增設心率監測功能，只要結合我們的 app 使用便能知道活動後殘留在身體各部位的 PM 2.5 殘留情形。

3. 專題進行方式

3.1 系統架構

我們的專題可以分成兩個部分，第一個是硬體端，另外一部分則是軟體端。兩者之間的數據傳輸則是透過低功耗藍芽(BLE)達成。

3.1.1 硬體

硬體端我們用了以下四個模組：

(1)PMSA003 感測器：A003 系列是 Plantower 目前最小型的 PM2.5 感測模組，採用雷射散射原理，最小量測粒徑為 0.3 μm ，依據空氣中不同的懸浮顆粒個數，推算灰塵的質量濃度。體積小、接線簡單、數據詳細、穩定是此模組的特色。



圖 1 PMSA003 感測器

(2)xd-58c 感測器:是一個精心設計的 Arduino 心率感測器。它可以讓學生、藝術家、運動員、製造商，以及遊戲或移動終端人員輕鬆即時地取得心率數據。該感測器可夾在指尖或耳垂並透過電線接到 Arduino。它包含一個開源的監控應用程式，即時顯示您的脈搏。



圖 2 xd-58c 感測器

(3)Arduino Pro Mini:是一個開放原始碼的單晶片微控制器，它使用了 Atmel AVR 單片機，採用了開放原始碼的軟硬體平台。Arduino Pro Mini 可以與藍芽模組通訊模組搭配使用，使之成為無線通訊的一個很好的解決方案。

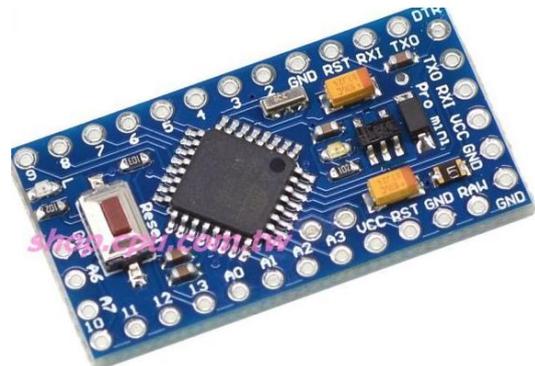


圖 3 Arduino Pro Mini

(4)HC-06 藍芽傳輸模組:HC-06 是一個可以用藍芽溝通的模組，藉由 Arduino Pro Mini、PMSA003 PM2.5 感測器與 xd-58c 心率感測器結合，並透過 HC-06 藍芽傳輸模組與將 PM2.5 和心率數據傳送到手機端，之後可以進行後續的 PM2.5 吸入殘留量的計算。

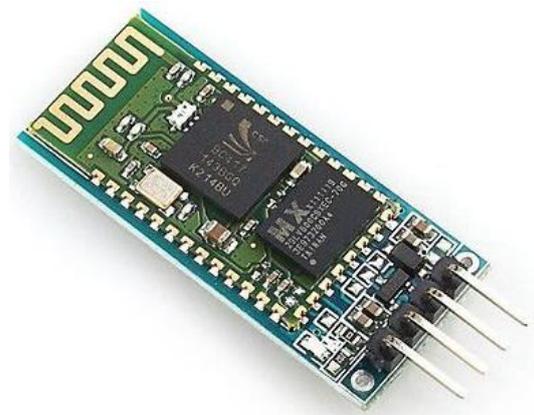


圖 4 HC-06 藍芽傳輸模組

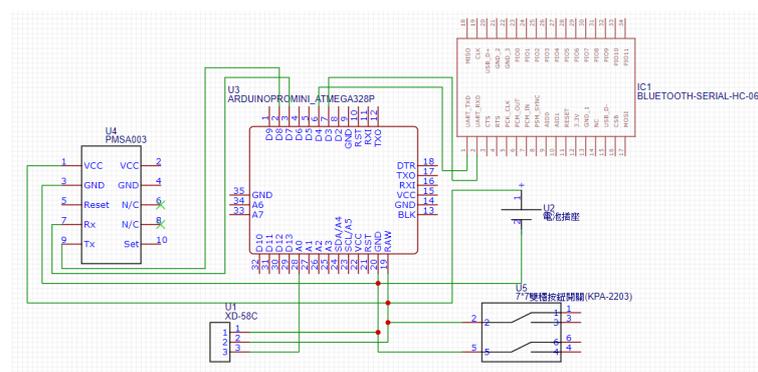


圖 5 硬體模組接線圖

將各模組(除了 Pro Arduino mini 板外)的 VCC 接至 Mini 板的 RAW 位置, GND 接至 Mini 板的 GND 位置, PM2.5 模組的 TX、RX 腳位接至 Mini 板的 2、3 腳位, 藍芽模組 TX、RX 腳位則接至 Mini 板的 6、7 腳位, 最後心率模組的接至 Mini 板的 A0 腳位。

硬體遇到的困難:無法分別傳單一的數據

解決方法:在硬體傳輸數據到藍芽端前,獲取 pm2.5 和心率數值後,事先將心率數值左移兩位跟 pm2.5 數值做合併,如此一來,每次只要傳送一筆數據到軟體端做處理即可解決。



圖 6 手環成品圖

另外,在設計手環時因為考慮到心律無法感測較厚的皮層的關係,我們特別把心律感測器移位到拇指的部分,並且用魔鬼沾拴緊以確保黏貼皮膚。

3.1.2 軟體

我們的軟體針對呼吸所殘留的 PM 2.5 做了相關計算,並將計算結果以圖表形式呈現給使用者。

(1) PM2.5 吸入量的計算:

Maria João Ramos 等人的研究指

出[1],PM2.5 吸入量計算取決於 PM2.5 濃度、暴露於該濃度下的時間、以及暴露者的換氣量有關,如公式(1)所示,

$$PM_{\text{吸入量}} = PM_{\text{濃度}} \times VE \times \text{time}(\text{min}) \quad (1)$$

上述公式中,PM_{吸入量}為 PM2.5 的吸入量,PM_{濃度}為 PM2.5 的濃度,VE 為每分鐘換氣量 (m³/min)。並根據 James Samet 的心率-換氣量實驗結果,求得男女性別的換氣量公式,如圖 7:

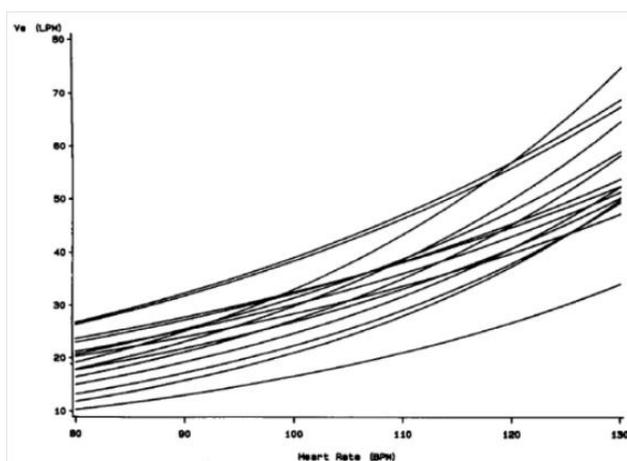


圖 7 James Samet 心率-換氣量實驗結果

- 採用指數非線性迴歸: $Y = ae^{bX}$
- 男性: $VE = 5.6291 \times e^{0.0148 \cdot HR}$
- 女性: $VE = 4.5294 \times e^{0.013 \cdot HR}$

其中 VE 為換氣量,HR 為心率(bpm)

圖 8 男女換氣量公式

(2) PM2.5 殘留量的計算:

首先,會用到人體總含量沉積公式

$$DF = IF \left(\frac{0.0587 + \frac{0.911}{1 + \exp(4.77 + 1.485 \ln d_p)}}{1 + \exp(0.508 - 2.58 \ln d_p)} \right)$$

圖 9 人體總沉積含量公式

$$IF = 1 - 0.5(1 - 1/(1 + 0.00076d_p^{2.8}))$$

其中 DF 為微型粒子沉積在體內的總含量，IF(Inhalation Fraction)為吸入率， d_p 為微型粒子的大小。

$d_p=2.5$ 代入後得知每次呼吸約有 87% 的 PM2.5 含量殘留在體內。

接著，沉積殘留量的位置依照頭部、呼吸道、肺部，各有不同的公式計算，分別以 $d_p=2.5$ 代入後得出殘留在各部位的比率是 68.7%，6.06%，10.7%，下圖從上到下分別是頭部、呼吸道的計算殘留量公式：

$$DF_{HA} = IF \left(\frac{1}{1 + \exp(6.84 + 1.183 \ln d_p)} + \frac{1}{1 + \exp(0.924 - 1.885 \ln d_p)} \right)$$

圖 10 頭部殘留量公式

$$DF_{TB} = \left(\frac{0.00352}{d_p} \right) \left[\exp(-0.234(\ln d_p + 3.40)^2) + 63.9 \exp(-0.819(\ln d_p - 1.61)^2) \right]$$

圖 11 呼吸道殘留量公式

$$DF_{AL} = \left(\frac{0.0155}{d_p} \right) \left[\exp(-0.416(\ln d_p + 2.84)^2) + 19.11 \exp(-0.482(\ln d_p - 1.362)^2) \right]$$

圖 12 肺部殘留量公式

4. 主要成果與評估

以下為執行流程圖：

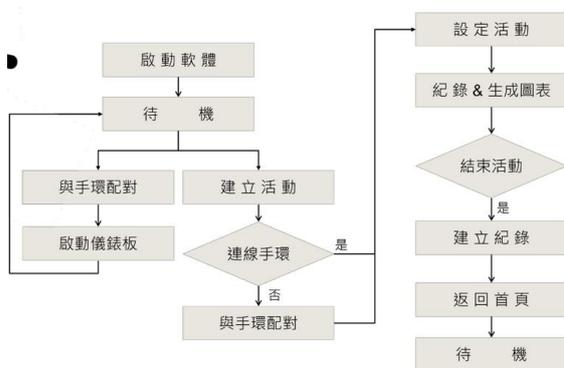


圖 13 APP 核心功能流程圖

(1) 啟動軟體後，我們會來到主畫面



圖 14 APP 主畫面

上圖分別可以顯示即時的 pm2.5 數據所對應的空氣品質指標及心率數值



圖 15 空氣品質指標(AQI)

(此圖為空氣品質標準參照 GB 3095-2012《環境空氣品質標準》)

(2) 連線至手環後，可以建立一個活動紀錄，並生成以下三種圖表

1. PM2.5

慢跑

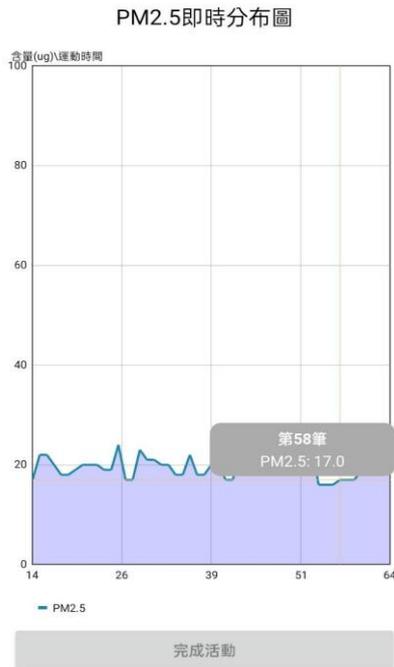


圖 16 PM 2.5 數值圖表

2. 心率

走路



圖 17 心率圖表

3. PM2.5 殘留量(含總量、頭部、呼吸道、肺部四個部分)

慢跑



圖 18 呼吸殘留量圖表

5. 結語與展望

現在這個時代空氣品質越來越不好的情況下，每個人在無形之中或許都吸入了不少的有害懸浮粒子，希望我們能藉由這個手環，提供給我們有用且即時的資訊，在運動或非運動的期間，都可以知道自己身體殘留了多少的粒子數量，達到運動真正的目的。

未來也希望能加入資料庫的建立，統計一整個月或是一年的數據量，進而得知更完整影響我們身體健康的相關統計資訊。

6. 銘謝

感謝張玉山教授一步步的用心指導，在適時的情況下提供方向或想法，讓我們在最後的幾個星期內能完成專題。

7. 參考文獻

- [1] M. J. Ramos, A. Vasconcelos, M. Faria, "Comparison of Particulate Matter Inhalation for Users of Different Transport Modes in Lisbon", *Transportation Research Procedia*, Vol. 10, 2015, pp. 433-442.
- [2] C.A. Ramos, J.F. Reis, T. Almeida, F. Alves, H.T. Wolterbeek, S.M. Almeida, "Estimating the inhaled dose of pollutants during indoor physical activity", *Science of The Total Environment*, Vol. 527 - 528, 2015, pp. 111 - 118.
- [3] I. C. Cozza, D.M. Zanetta, F.L. Fernandes, F.M. da Rocha, P.A. de Andre, M.L. Garcia, R.B. Paceli, G.F. Prado, M. Terra-Filho, P.H. do Nascimento Saldiva, U. de Paula Santos, "An approach to using heart rate monitoring to estimate the ventilation and load of air pollution exposure", *Science of The Total Environment*, Vol. 520, 2015, pp. 160 - 167.
- [4] Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001 Jan;37(1):153-6. doi:10.1016/s0735-1097(00)01054-8. PMID: 11153730.
- [5] J.M. Samet, W.E. Lambert, D.S. James, C.M. Mermier, T.W. Chick, "Assessment of heart rate as a predictor of ventilation", *Research Reports Health Effects Institute*, 1993, pp. 19-55.
- [6] M. J. Ramos, A. Vasconcelos, M. Faria, "Comparison of Particulate Matter Inhalation for Users of Different Transport Modes in Lisbon", *Transportation Research Procedia*, Vol. 10, 2015
- [7] 張佑祥 (2017)。個人化運動之 PM2.5 吸入量預測模型及平台建置。國立臺北大學資訊工程學系碩士論文，新北市。

