

2021 Synopsys ARC 盃 AIoT 設計應用競賽 提案作品

作品標題- AIoT PD Foot Pressure Sensing Insole

報告人- 蘇彥儒

2021/7/25



Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

作品概述- IoT-based PD Foot Pressure Sensing Insole

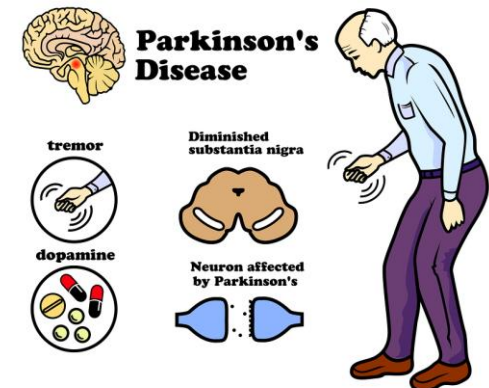
- **前情提要：**帕金森氏症 (Parkinson's disease , 簡稱 PD) 是一種慢性運動神經退化疾病，早期的症狀有運動功能減退和步態異常。
- **作品用途：**藉由蒐集平日步態足壓並進行前處理後，以 Neural Network model 進行分析與預測，判斷受試者是否具有類似 **PD 患者**的特徵。
- **作品目標：**
 - 監控步態狀況，以盡早發現潛在 PD 患者
 - 作為 PD 患者的醫療輔具，評估復健效果



使用程式紀錄步態



透過機器學習進行分析



判斷是否為帕金森氏症高風險族群

Agenda

- 作品概述
- **難點與創新**
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

難點與創新

善用WE-I Plus主打功能

(a) WE-I Plus – The Ultralow Power Sensor Fusion Processor for AIoT Applications

在這次作品，我們善用此開發板的最大特色，將用來判斷帕金森氏症的 NN Model從電腦轉至 WE-I Plus，藉由輕便易攜、低功耗等特性，使用者不再受到有線傳輸的束縛，資料可透過 WE-I Plus 直接傳至手機，達成隨時隨地監控的功能。

(b) WE-I Plus – provide the development environment for TensorFlow Lite

使用 TensorFlow Lite 不只縮小模型空間，透過同時使用 TensorFlow Lite 所支援的 micro_interpreter 函式庫，減少運算所花的時間。

```
model_1 = tflite::GetModel(left_model_tflite);
if (model_1->version() != TFLITE_SCHEMA_VERSION) {
    hx_drv_uart_print("Model provided is schema version %d not equal "
                      "to supported version %d.",
                      model_1->version(), TFLITE_SCHEMA_VERSION);
    TF_LITE_REPORT_ERROR(error_reporter_1,
                        "Model provided is schema version %d not equal "
                        "to supported version %d.",
                        model_1->version(), TFLITE_SCHEMA_VERSION);
    return;
}

static tflite::MicroInterpreter static_interpreter_1(
    model_1, micro_op_resolver_1, tensor_arena_1, kTensorArenaSize, error_reporter_1);
```

難點與創新

Part A：硬體裝置、資料處理

- **1. 資料正規化**：由於壓力感測器有個體差異，我們使用推拉力計量測各感測器於單位施力下的數值，並根據所得趨勢線做電壓轉壓力的調校。
- **2. ADC擴充應用**：智慧鞋墊上我們搭載樹莓派以讀取、傳輸足壓數值，為讀取類比壓力值，我們另外使用 8-Channel 12-Bit ADC 進行擴充。
- **3. 資料前處理**：為解決壓力感測器有時因踩踏不良而造成的數值錯誤，我們設定一上限，若數值大於上限就將其改為前一個數值
- **4. 無線傳輸**：硬體架構與控制介面之間採無線傳輸，不再受限於傳輸線長度，使整體使用更具機動性與便利性。

難點與創新

Part B : database 處理、 model training

- **1. 資料前處理**：對使用的 gait dataset 之資料進行預先處理，以減少誤差
 - a. Remove round trip effects
 - b. Remove starting and stopping effects
- **2. 步距計算與 data slicing**：由於受試者的步速皆不相同，固定時間內每人走的步數會有差異，為保持資料一致性，我們藉由偵測步伐的swing and stride，利用內插法將一步劃分為100個等距資料點，以四步作為一筆資料，透過資料分割方式增加 training 數據量，並同時減低誤差。
- **3. Model Quantization**：model在經過quantization後，經由不同的方式儲存，可以大幅降低model的儲存空間，原本的.h5檔案大小約為800kB左右，再經過quantization後，放到WE-I PLUS上的約是90kB，變為**原本的1/9**

```
unsigned int right_model_float32_v3_tflite_len = 90400;
```


Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- **設計與實現**
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

設計與實現- 硬體實現

智慧鞋墊



壓力感測模組

樹莓派

功能：

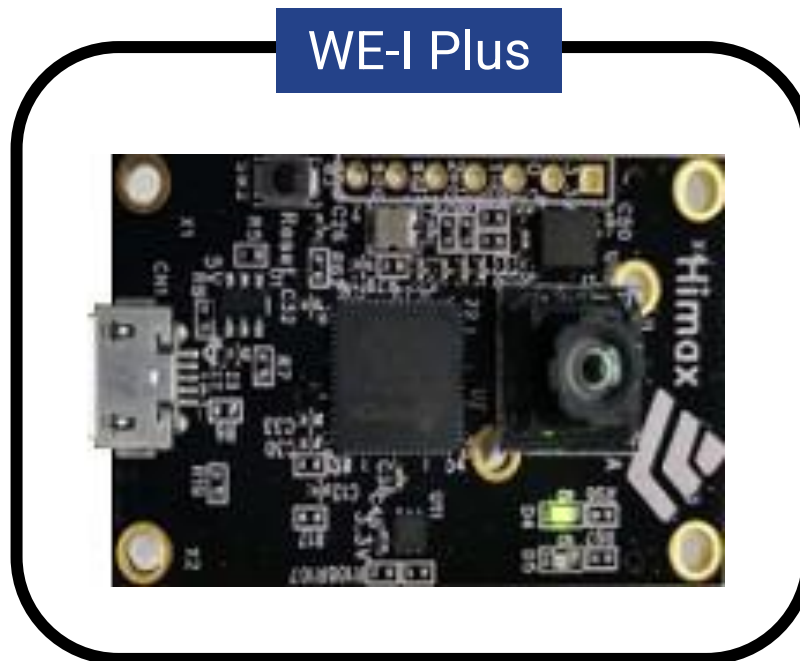
1. Data Collection
2. Data Preprocessing

APP (GUI)



功能: User 介面
(控制 + 顯示結果)

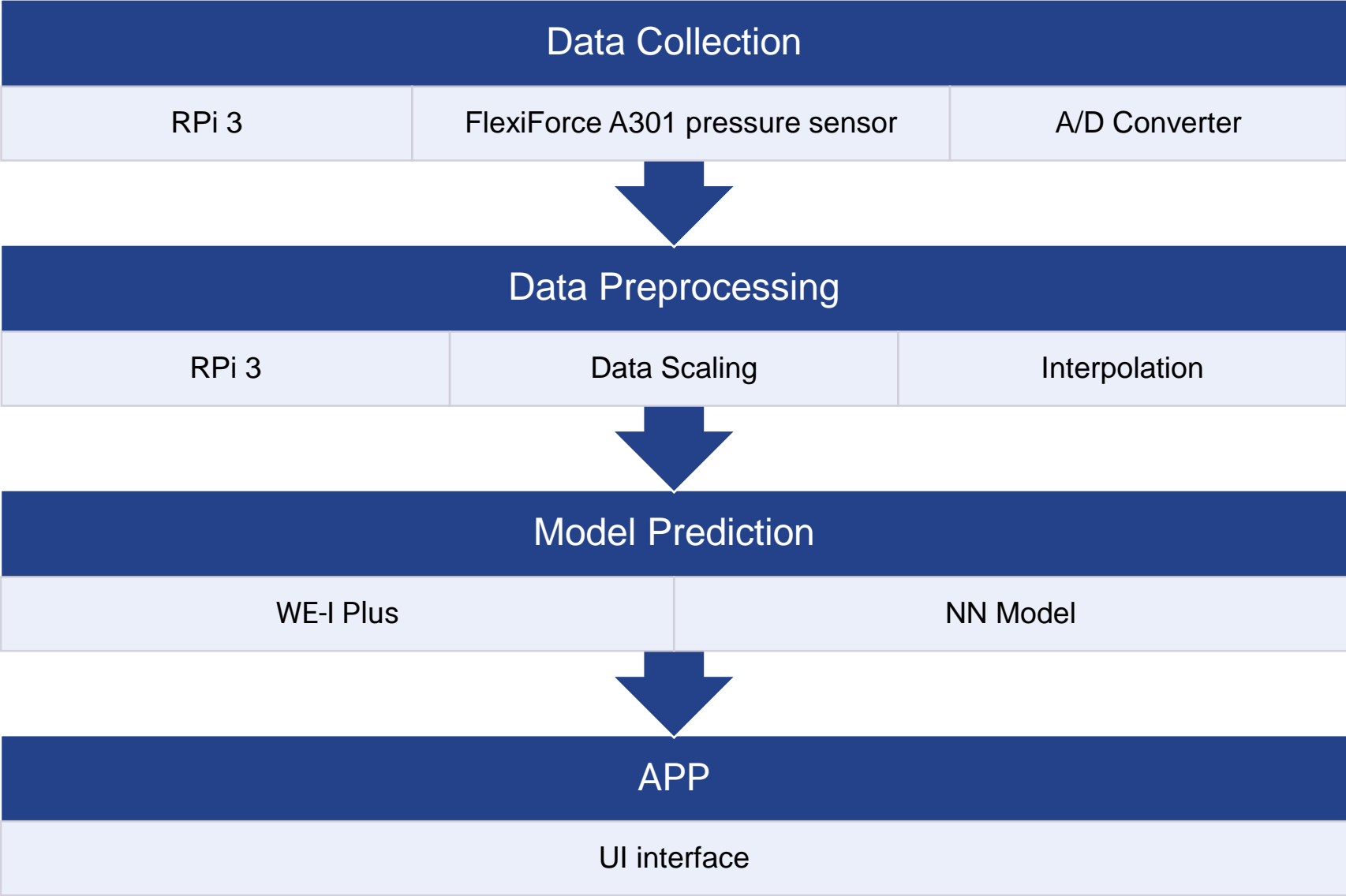
WE-I Plus



功能：

1. Machine Learning
2. Predict Results

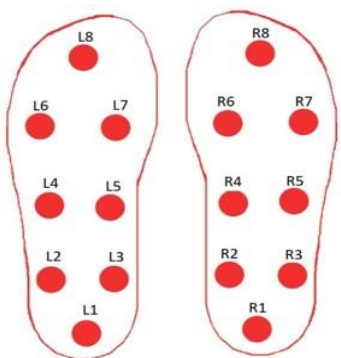
設計與實現- 軟體實現



設計與實現

- 資料收集

- 以樹莓派讀取左右腳鞋墊各八個壓力感測器訊號，做完資料前處理後再以UART方式傳送至 WE-I Plus 進行判斷。



(圖一)感測器放置示意圖



(圖二) FlexiForce A301



(圖三) 裝上感壓器的鞋墊



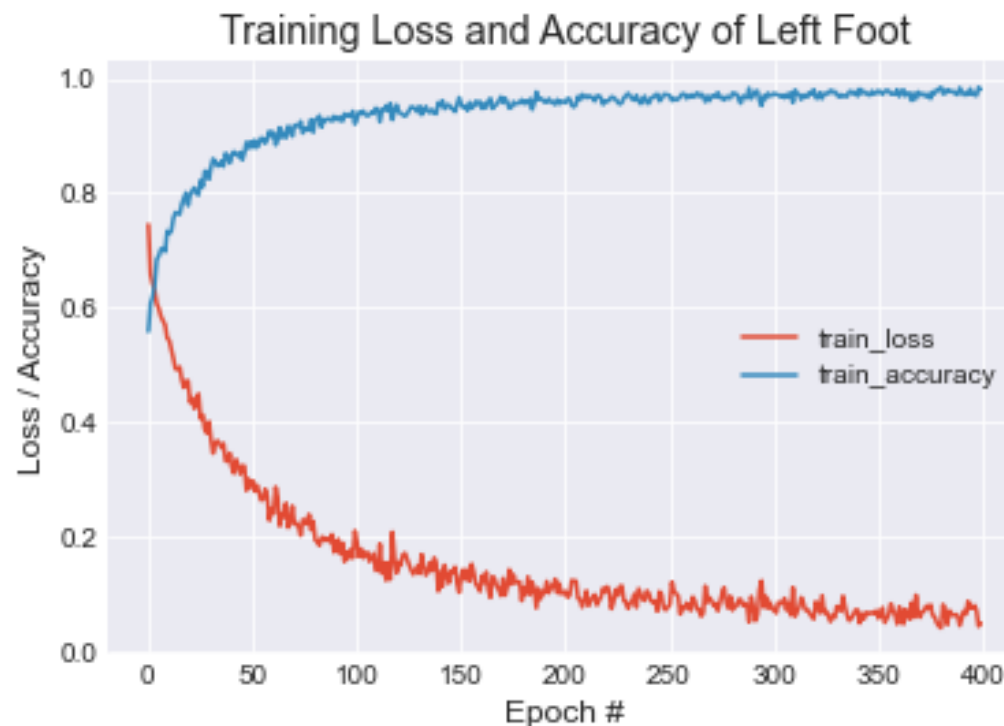
(圖四) 放入球鞋後實品圖

設計與實現

- 模型訓練

- optimizer : 採用Adam optimizer
- Training Accuracy : 97% ~ 98%
- Test Accuracy : 85% 左右

- Total params : 54,698

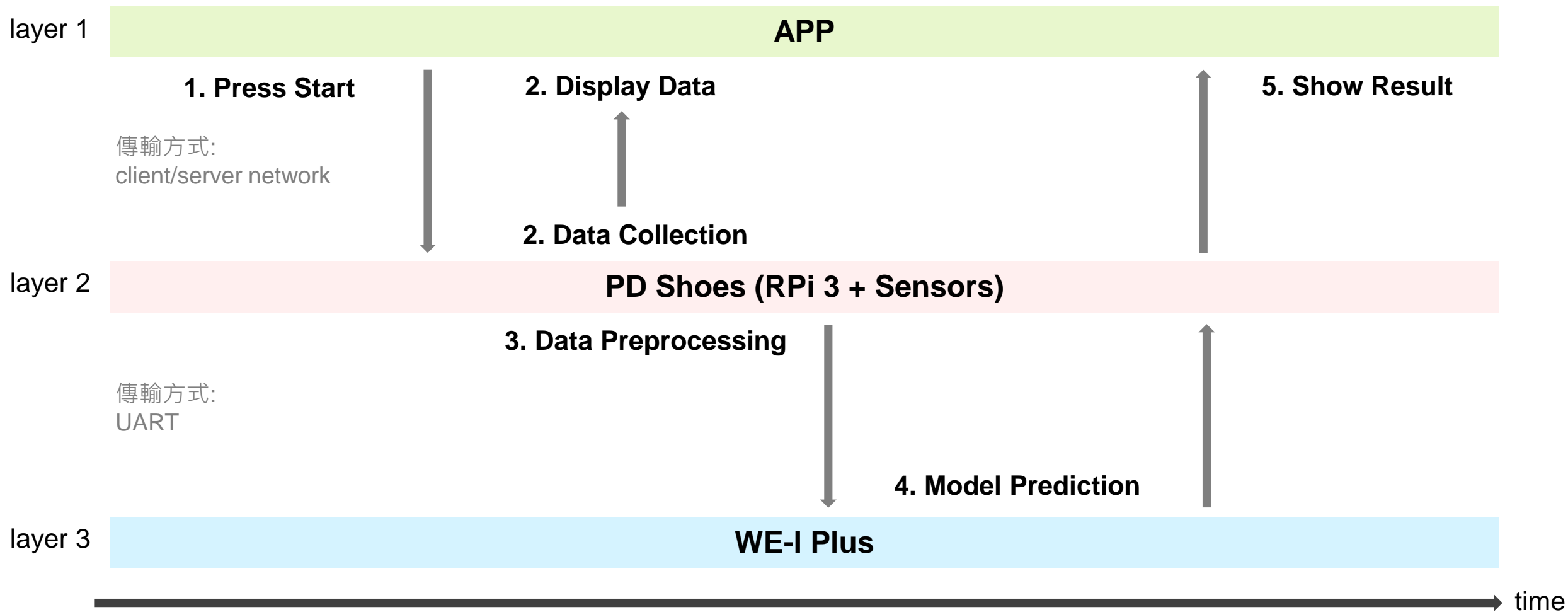


Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- **作品進度**
- 測試結果
- 總結展望

作品進度

- 運作架構圖



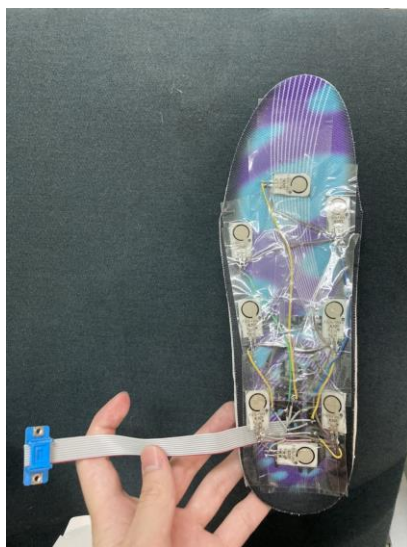
作品進度

- 作品介紹網頁: <https://amy411016.github.io/>
- 現階段架構可分為5部分：
 - (a) 足壓墊硬體建置，利用 socket 將足壓資料傳至 APP 同步顯示
 - (b) 對實測資料進行 data preprocessing
 - (c) 以 UART 將前處理後數據傳至 WE-I Plus
 - (d) 將 trained model 載入板子，並對資料進行預測
 - (e) 將預測結果回傳至 APP，利用介面即可查看足壓資料與測試結果

作品進度

(a) 足壓墊硬體建置，利用 socket 將足壓資料傳至 APP 同步顯示

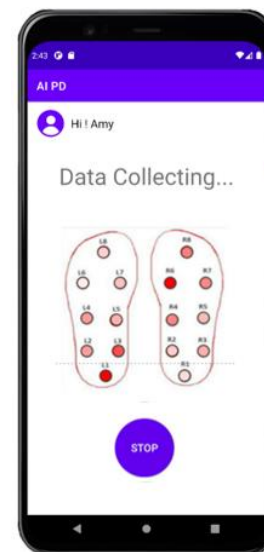
- 將鞋墊端整成排線，開發板等裝置則以束帶固定於小腿，加強穿戴性
- RPi 3 數值讀取: 以 100Hz 的取樣頻率讀取感測器的壓力值
- 資料傳送: 以 client 傳到手機上的 server
- APP 端: 同步顯示足壓分布



裝上感壓器的鞋墊



智慧鞋墊裝置實體圖



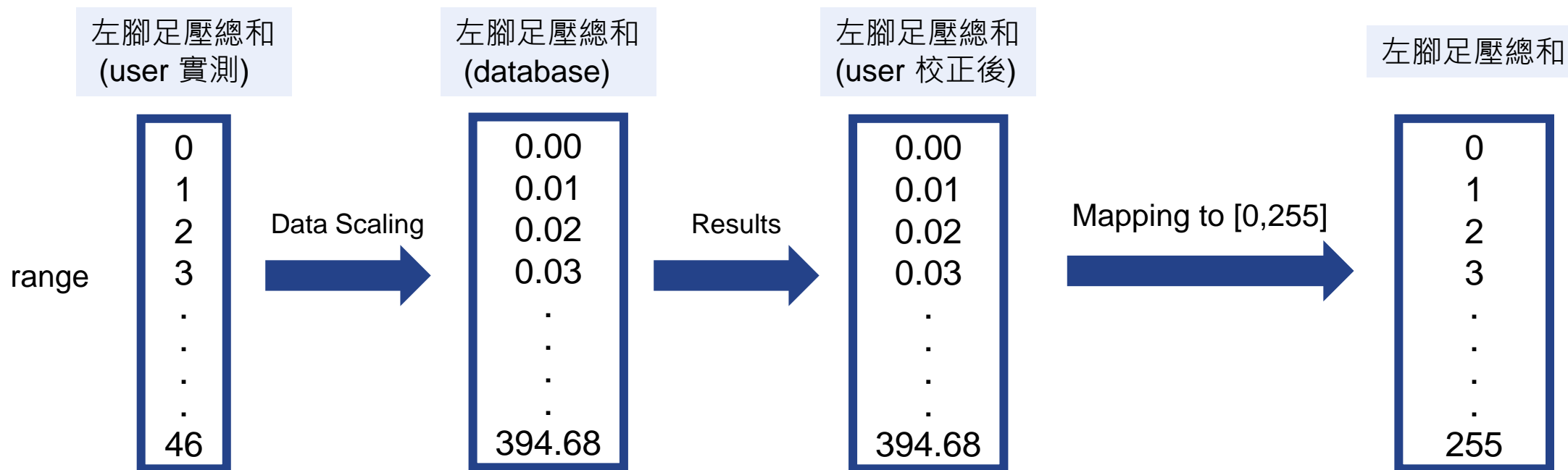
介面中央為壓力分佈圖，各點會因當下壓力大小呈現不同顏色，藉此得知行徑時的壓力分佈。

APP 介面

作品進度

(b) 對實測資料進行 data preprocessing

- 由於壓力模組所得數據與資料庫數據兩者有量值區間差異，我們利用第一四分位數與第三四分位數進行 data scaling
- 為符合 WE-I Plus uint8 input，會再分別將左右腳足壓總和 mapping 到 [0,255] 區間
- 透過偵測步伐，利用內插法將一步劃分為100個等距資料點，以四步作為一筆資料



作品進度

(c) 以 UART 方式將修正後資料傳至 WE-I Plus

- 左右腳 RPi 3 各自蒐集完數據並進行前處理後，先利用 client/server network 將左腳資料匯至右腳
- 由右腳 RPi 3 利用 UART 統一將資料傳至 WE-I Plus

作品進度

(d) 將trained model載入板子，並對資料進行預測

- 以下是我們使用正常人的資料測試的結果

(Co : normal person Pt: patient)

```
right : pt score: 0.3%  
right : co score: 99.6%  
left : pt score: 4.6%  
left : co score: 95.3%
```



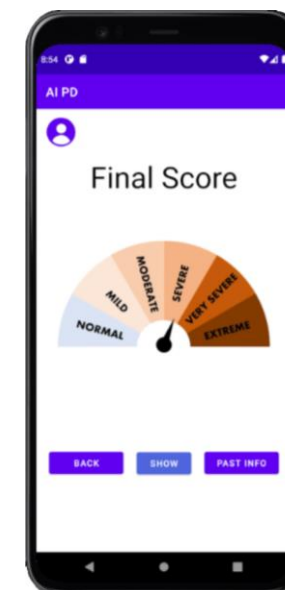
由此可知判斷結果為Co (測試正確!)

- 結果會回傳至手機端，於GUI顯示

作品進度

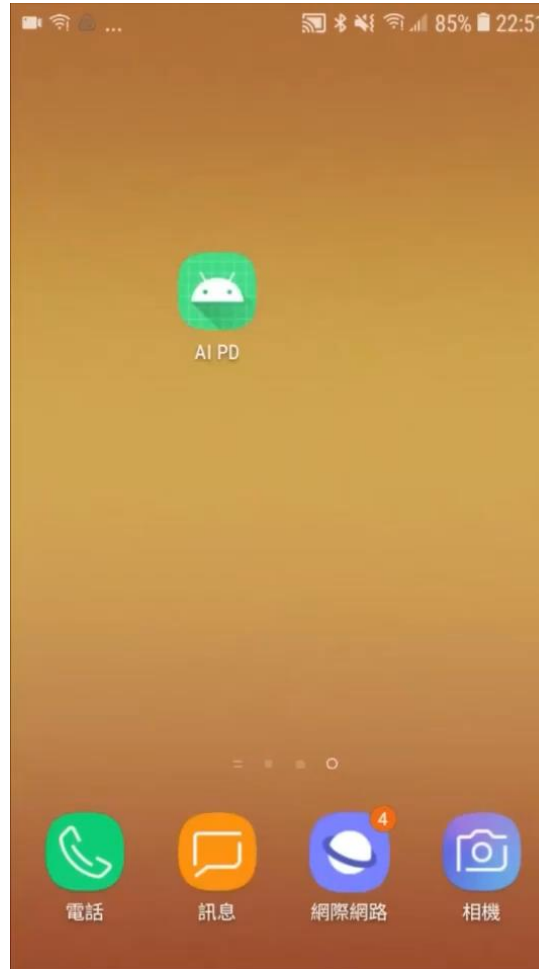
(e) 將預測結果回傳至 APP，利用介面即可查看足壓資料與測試結果

- APP 操作流程



作品進度

(e) 將預測結果回傳至 APP，利用介面即可查看足壓資料與測試結果



Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- **測試結果**
- 總結展望

測試結果 – 架構改良效果

- 原先架構：我們將 data preprocessing 放在 WE-I Plus 執行，RPI 3 僅負責接收並傳送 raw data，因raw data資料量較大，在此架構下從 RPI 3 資料蒐集完畢到 WE-I Plus 回傳分數約需 **6 秒**
- 考量 WE-I Plus 最大優勢為搭載 tflite 加速模型運算，我們決定先在RPI 3做前處理以減少資料傳輸量，WE-I Plus 則單純負責 model prediction。透過此法，不僅能讓**整體效率大幅提升**，達到即時的結果預測，更保留 **WE-I Plus** 的運算力與空間，以應付日後單次運算所須處理的模型更多更複雜的情況
- 改良後架構：從 RPI 3 資料蒐集完畢到 WE-I Plus 回傳分數**僅需 1.5 秒**



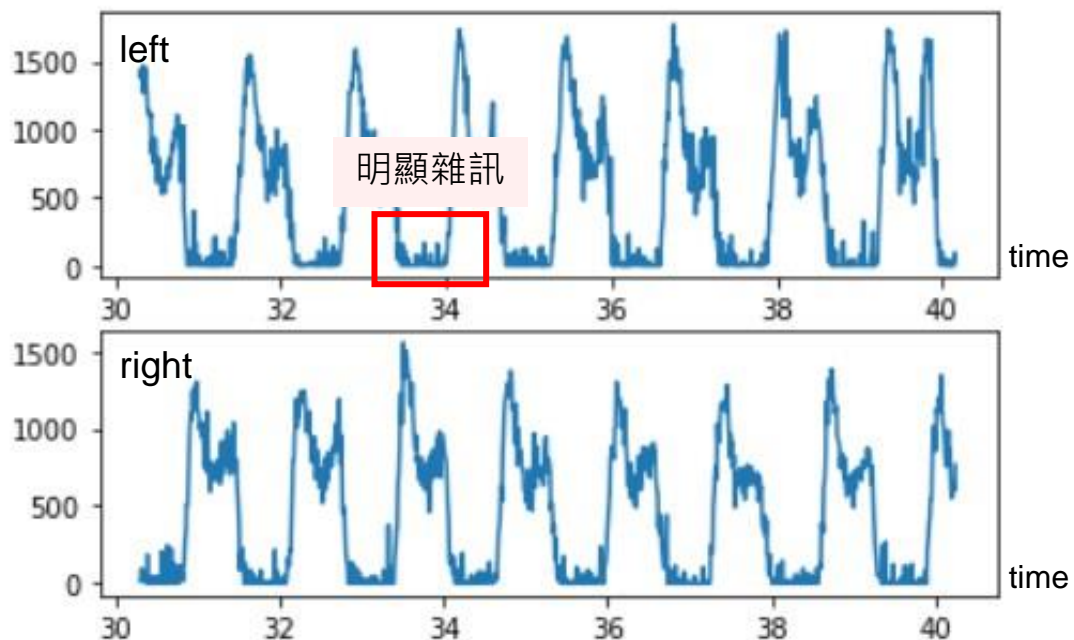
測試結果 – 耗電狀況

- 目前使用的供電系統：3.7V 4000mAh 鋰電池
- 左腳裝置 (RPi 3)：電流 0.25A, 電壓5V, 功率1.25瓦
-> 續航力：**11.84 hr**
- 右腳裝置 (RPi 3 + WE-I Plus)：電流 0.35A, 電壓5V, 功率1.75瓦
-> 續航力：**8.457 hr**
- 若需更長時間續航力，更換較大容量的電池即可

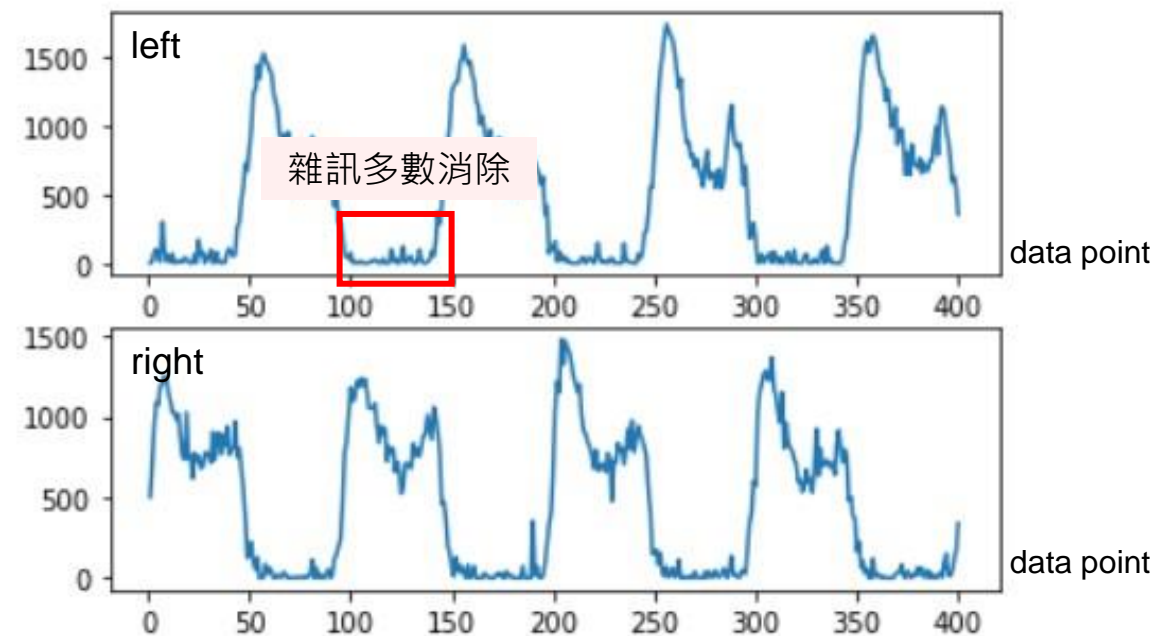
測試結果 – 前處理效果

我們將測試者的原始資料^[1]以及經過 data scaling (Q1-Q3 mapping) + 切成 steps ^[2] 的足壓繪出，可看出原本接近 0 產生的震盪雜訊值明顯消失了

raw data



data after preprocessing

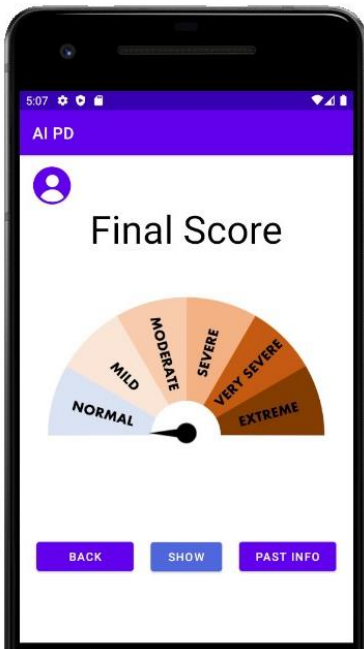


測試結果 – 判斷效果

此為組內成員親自穿上鞋墊行走 30 秒後所得結果，可見三名測試者的分數皆順利落在正常人 (normal) 的區段

Tester 1 : Lowry

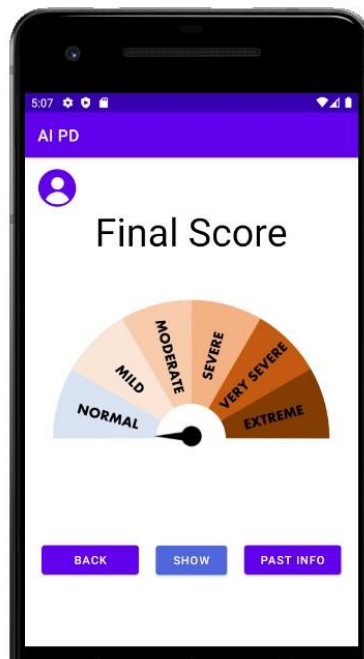
correct



```
Time to run model : 0.1086649216
result pt score : 0.0%
result co score : 99.6%
```

Tester 2 : Boki

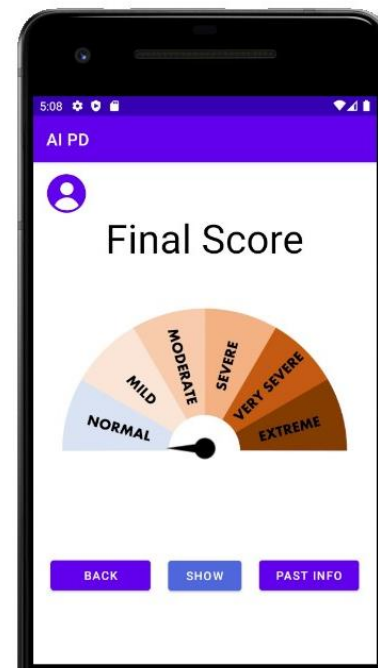
correct



```
Time to run model : 0.1086649216
result pt score : 0.0%
result co score : 99.6%
```

Tester 3 : Nicholas

correct



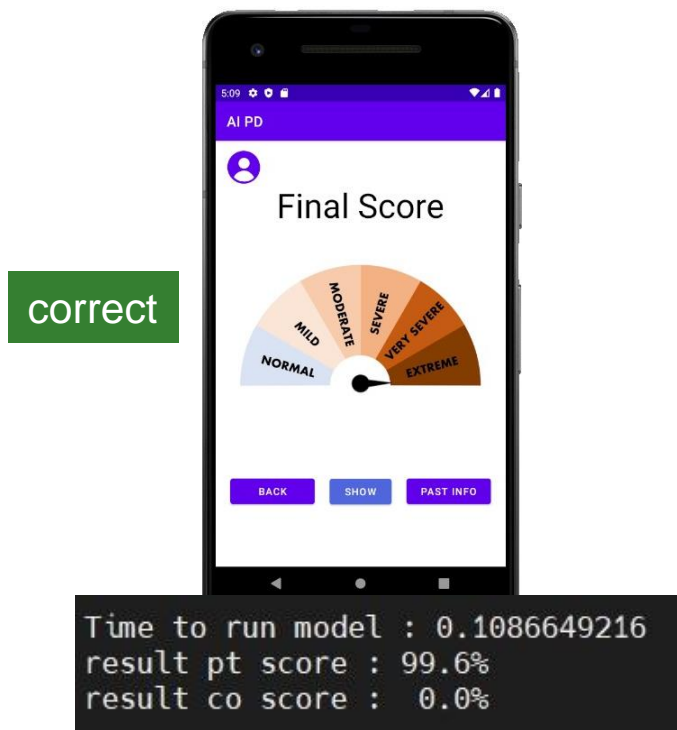
```
Time to run model : 0.1086649216
result pt score : 0.3%
result co score : 99.6%
```

測試結果 – 判斷效果

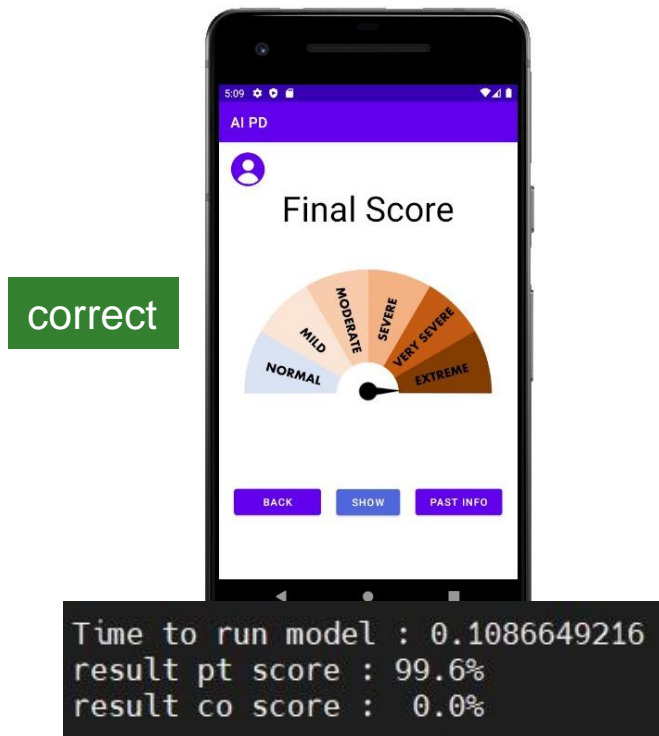
因身邊無 PD 患者可協助測試，我們在一開始便從資料庫保留幾筆測資 (未使用於 training) 做為測試組，以下六組內只有一組判斷錯誤，正確率優良

- 以下名稱含 Co 為健康測試者，含 Pt 則為患者

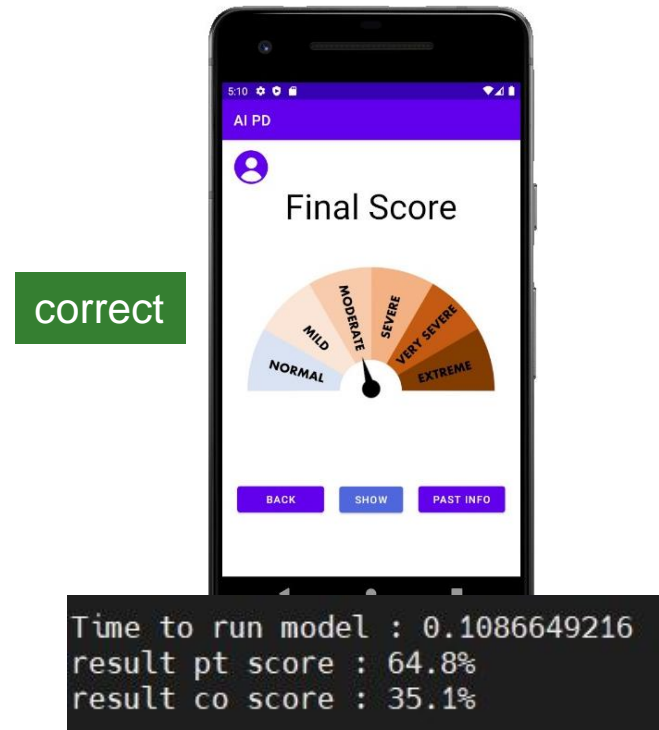
Database Test 1 : SiPt34



Database Test 2 : JuPt09



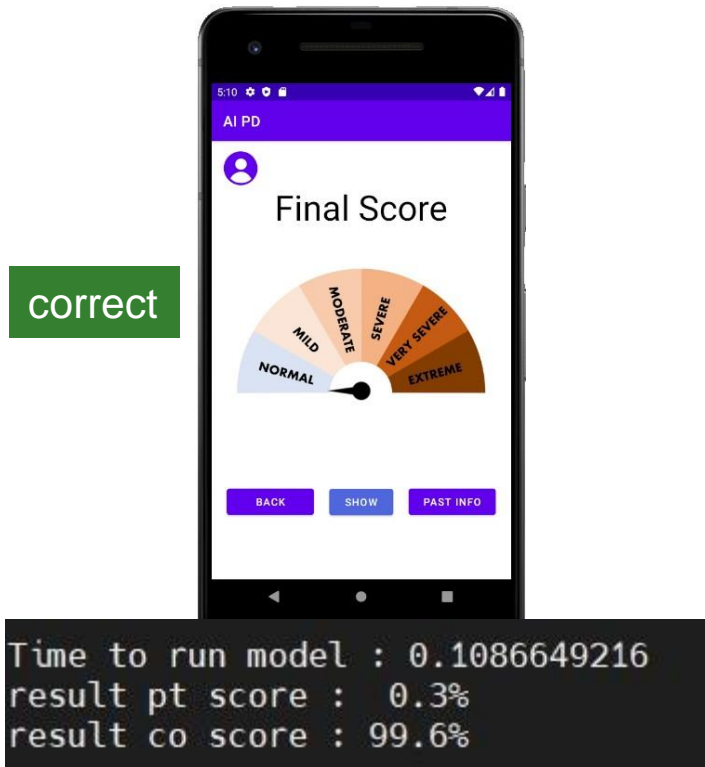
Database Test 3 : SiPt22



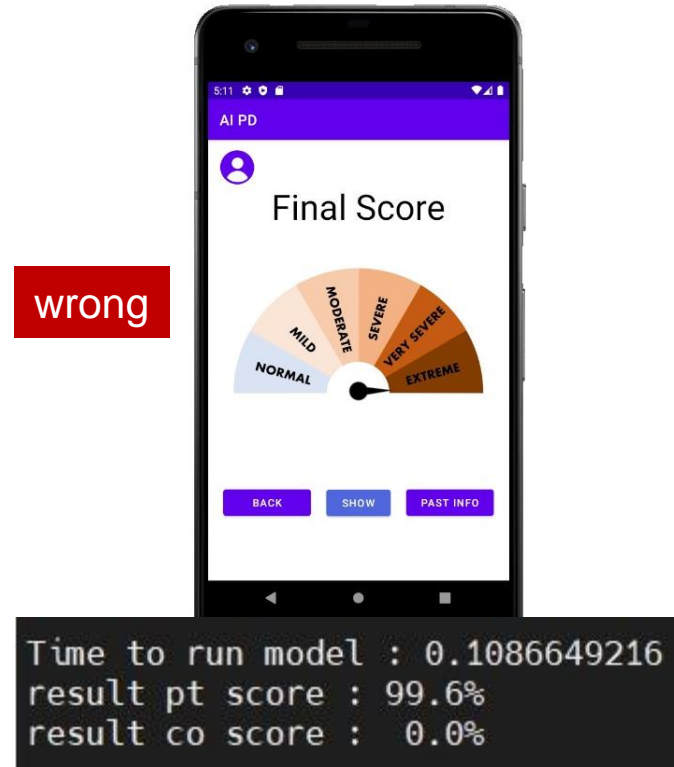
測試結果 – 判斷效果

- 以下名稱含 Co 為健康測試者，含 Pt 則為患者

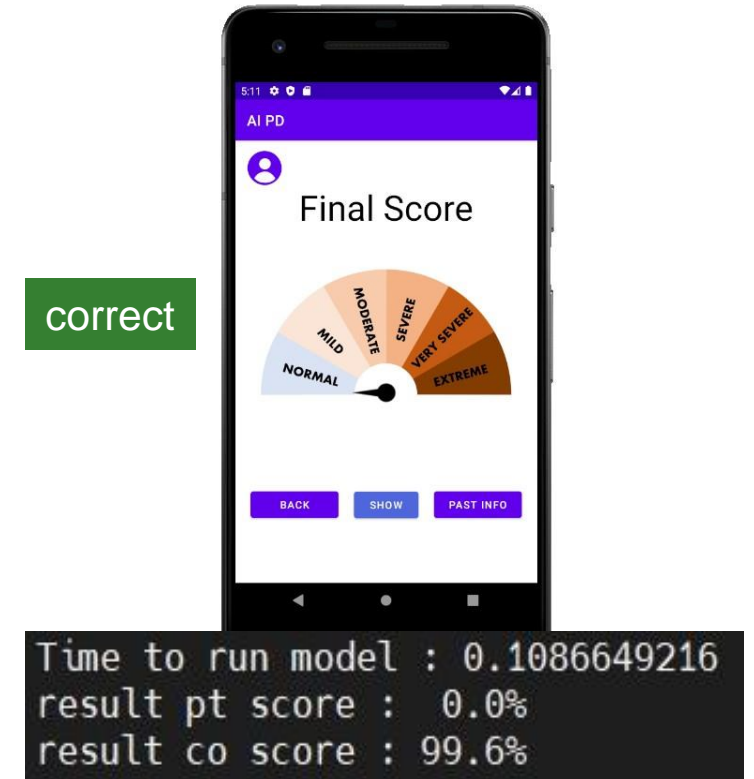
Database Test 4 : GaCo15



Database Test 5 : JuCo04



Database Test 6 : SiCo18



Agenda

- 作品概述
- 難點與創新
- 設計與實現
- 作品進度
- 測試結果
- 總結展望

總結展望

短期：

- 架設資料庫，使用者可獲取歷史資料
- 優化 **APP** 介面與使用者體驗

中期：

- 利用過往資料結合數據分析，判斷是否有惡化或好轉趨勢

長期：

- 當擁有更多病症及健康相關資料庫，可分別訓練模型並燒錄至 **WE-I Plus**，搭配各種感測器 (**ex.** 血氧計)，使其成為全方位健康智能管家，貼身記錄使用者的健康情況

Thank You

