

國立台北大學資訊工程學系專題報告

毫米波應用 - 非接觸式連續性生命體徵監測

Non-contact Continuous Vital Signs Monitoring of FMCW Radar

專題組員：張奇翰、周冠霖、林彥廷、張朝翔

專題編號：PRJ-NTPUCSIE-111-001

執行期間：2022 年 9 月 至 2023 年 6 月

1. 摘要

老年化現象席捲全球，無需穿戴任何儀器也能連續監測人類生命體徵為這次研究主要內容。本次研究採用 Texas Instrument 平臺之裝置以及 AWR1642 板子作為實際測試及研究的工具，利用 AWR1642 發射一串 chirps 信號，隨之利用距離 FFT 中的峰值識別來自測量者胸部的強烈反射，通過 chirps 信號跟蹤這個峰值的相位，並對該相位序列進行頻譜分析，以提取測量者的心跳和呼吸頻率，並且在生命體徵異常時發出警告。

2. 簡介

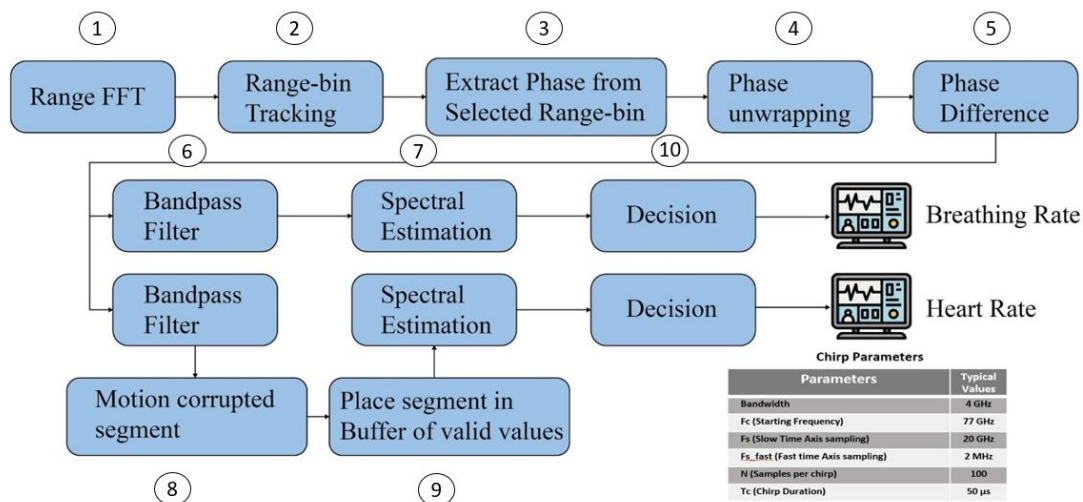
使用 TI 公司旗下的 AWR1642 板子，結合 FMCW 雷達的特性，並透過 Python 來操控板子、資料處理以及介面呈現，我們的目標是提供一項非接觸式的生命體徵監測系統，實際的應用場景如：老人照護、病房、動物行為觀察，可以避免對生命體的不舒適或干擾，同時也減少了操作的複雜性。

3. 專題進行方式

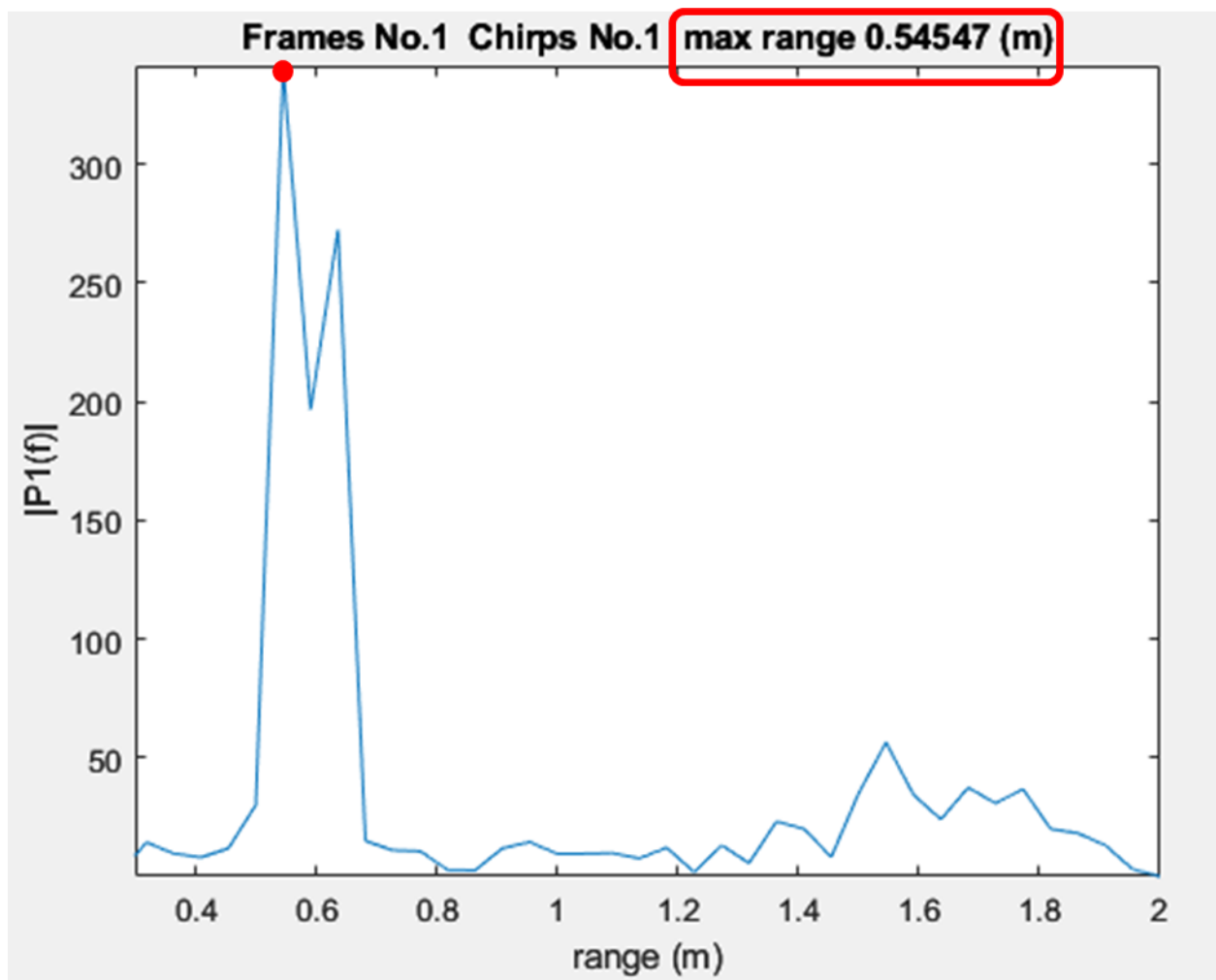
硬體：AWR1642、DCA1000、Fitbit Inspire2 手環

軟體：Matlab、Python、PyQt

簡要的流程：將雷達數據從時域轉成頻域，以雷達的特性擷取出人的位置，並將該位置的相位變化以心跳、呼吸的頻域濾波，將濾波轉成頻域後取出頻率。



圖一：資料處理十階段



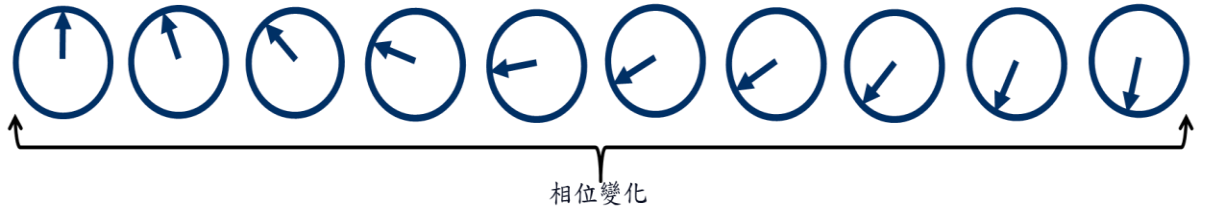
Step 1 & 2 : Range FFT & Range-bin Tracking

找到多個頻率的最大值 f ，並利用光速 C 及調頻斜率 S 計算出距離 d ，
以此來固定目標的位置。

$$d = f * \frac{c}{2 * s}$$

Columns 1 through 10

-1.2905 -1.6238 -2.0992 -2.5371 -2.9889 2.8864 2.6954 2.3994 2.1325 1.9534

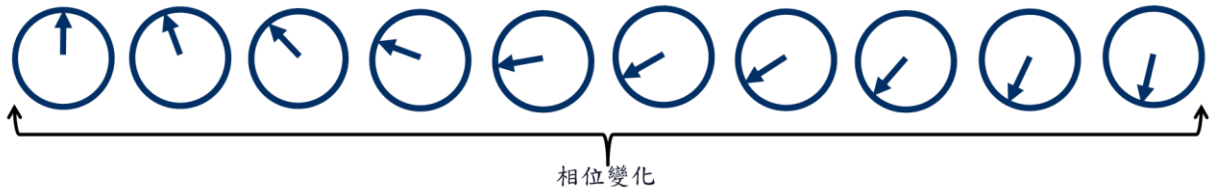


Step 3: Extract Phase

將第一步經過 FFT 後的資料的虛部 I 和實部 R 利用反正切(arctangent)，來取得上一步計算之距離的因胸腔運動及心臟跳動所產生的相位變化。

Columns 1 through 10

-1.2905 -1.6238 -2.0992 -2.5371 -2.9889 2.8864 2.6954 2.3994 2.1325 1.9534
-1.2905 -1.6238 -2.0992 -2.5371 -2.9889 -3.3968 -3.5878 -3.8838 -4.1507 -4.3298

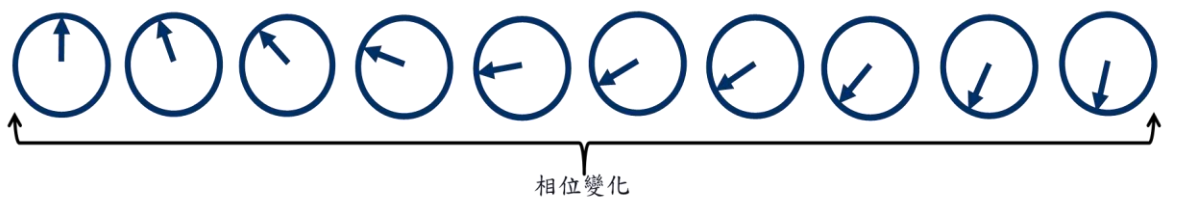


Step 4: Phase Unwrapping

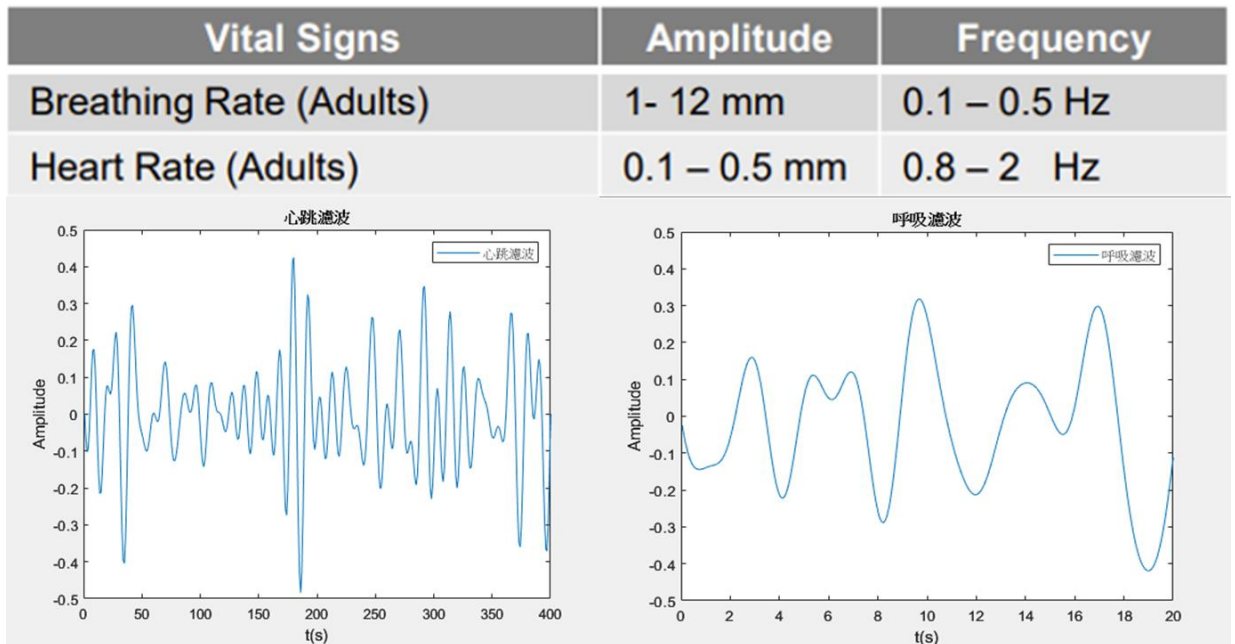
相位值跳躍必須在 $\pm\pi$ 之間，每當連續相位角之間的跳躍大於或等於 π 弧度時，必須通過增加 $\pm 2\pi$ 的整數倍來平移相位角，直到跳躍小於 π 。

Columns 1 through 10

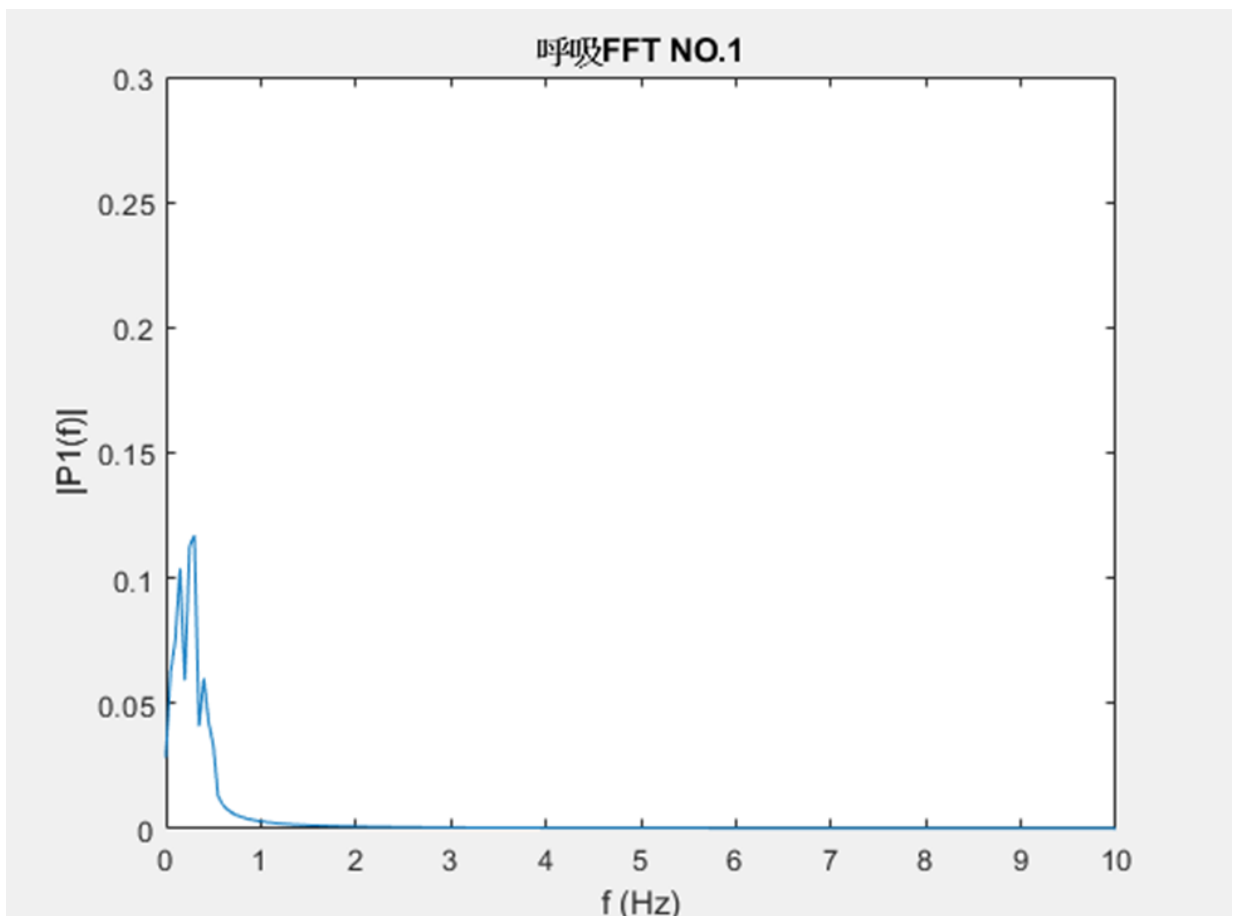
-1.2905 -1.6238 -2.0992 -2.5371 -2.9889 -3.3968 -3.5878 -3.8838 -4.1507 -4.3298
0 -0.3332 -0.4754 -0.4379 -0.4518 -0.4079 -0.1910 -0.2960 -0.2669 -0.1791



Step 5 : Phase Differences
計算相鄰相位值的差值，取得相位變化

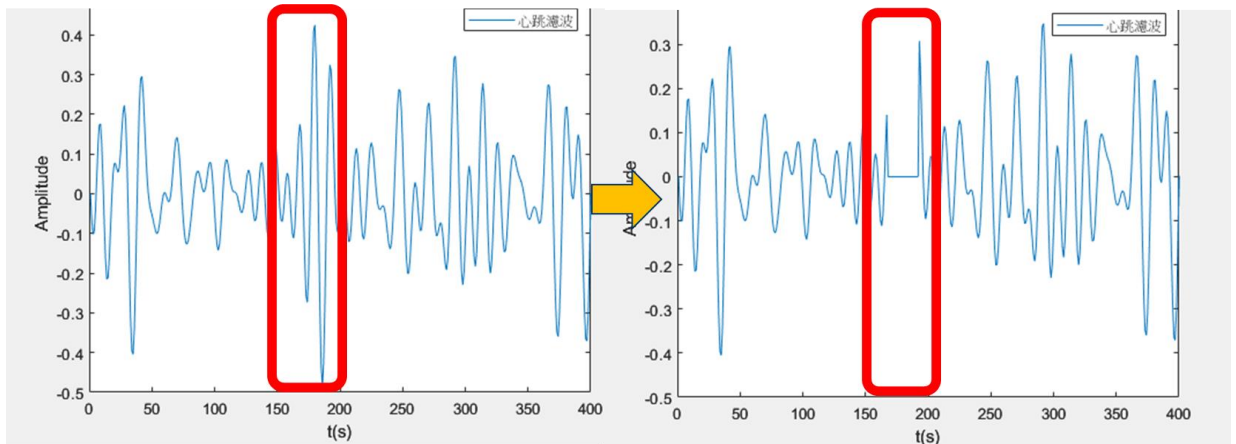


Step 6 : Bandpass Filter
藉由帶通濾波器以人體呼吸及心跳頻率不同
來分離心率及呼吸波型



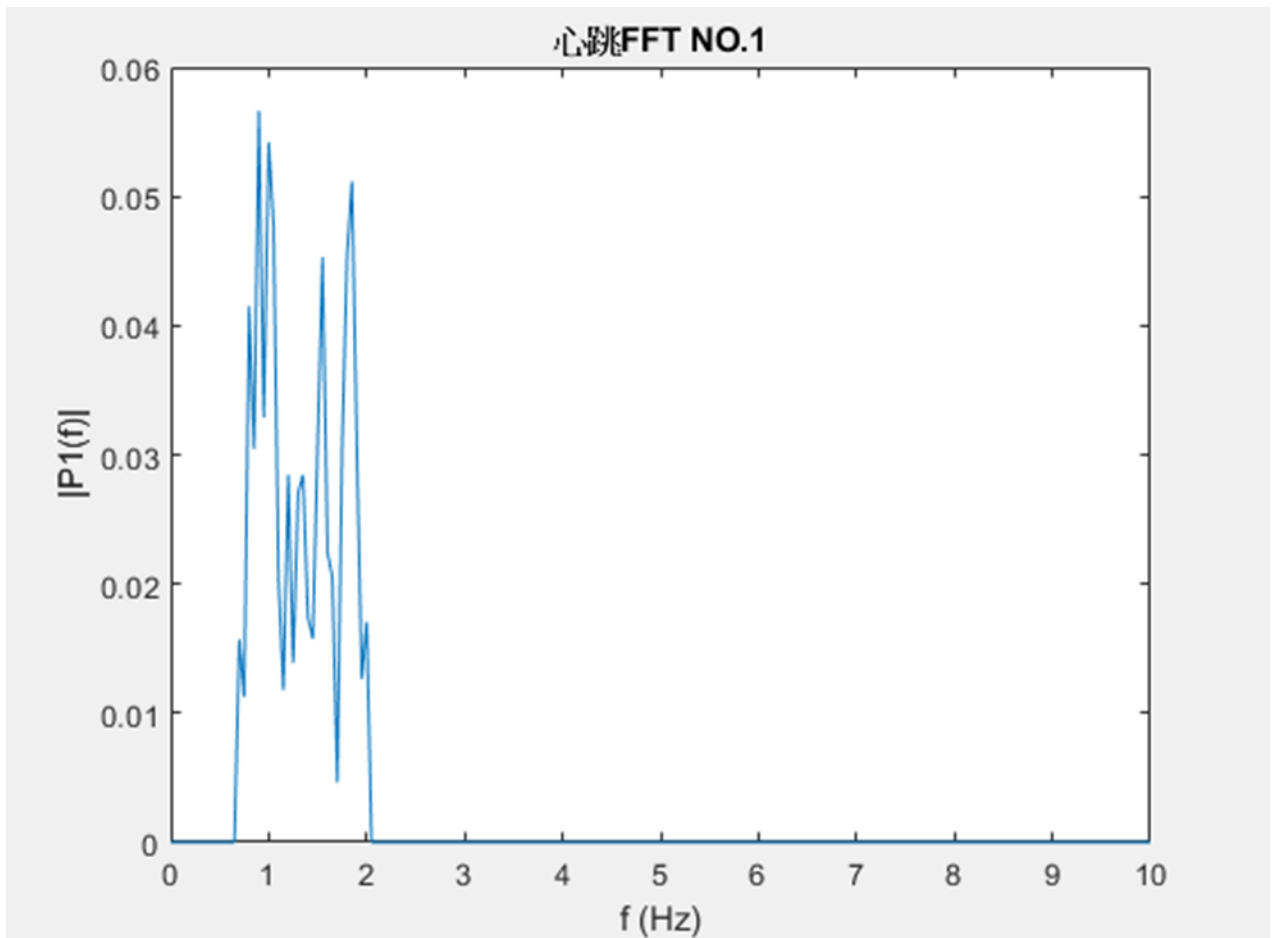
Step 7: Breath Spectral Estimation

將呼吸濾波進行 FFT，將能量達標的頻率總和取平均，
作為最後呼吸頻率



Step 8: Motion Corrupted

統計所有心率波型的值，將前後變化超過兩個標準差的值去掉，
來達到去除部分人體動作的干擾的問題



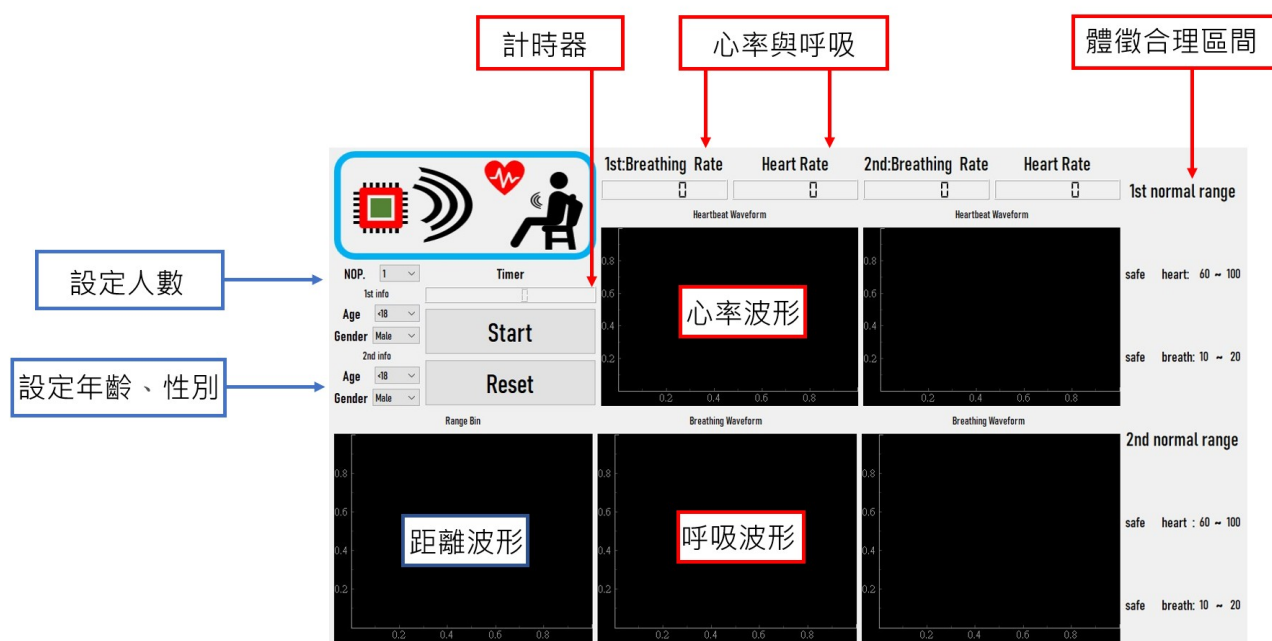
Step 9 & 10: Heartbeat Spectral Estimation & Decision

將去除干擾的資料，進行 FFT，將頻率總和取平均，

作為最後心跳頻率，最後將呼吸和心跳頻率以(次/min)呈現

資料處理根據以上十階段的流程圖來進行，完成處理後和手環的數據相互驗證，最後搭配 PyQt 將結果以介面呈現。主要的困難如初期的硬體設置、從 matlab 移至 python、介面容易卡頓等，分別以詳讀板子說明、熟悉 python 語法、MultiThreading 克服了以上困難。

4. 主要成果與評估



圖二：UI 介面

左上設置人數、年齡、性別，上方為呼吸、心跳(次/min)，右邊為使用者的呼吸心跳正常範圍，左下角為使用者的位置，中間為使用者的呼吸心跳濾波。



圖三：實際成果圖

可從成果看出兩人的位置在 0.73(m)、1.55(m)，
呼吸心跳分別為(9, 93), (6, 67)次/min
可透過上方及右側看出 1.55(m)的人呼吸不在正常範圍內

與手環的數據驗證後發現我們的系統很少不準確，而不準確可能是受環境因素影響，導致雷達收取的資料不精確。

5. 結語與展望

從此次專題中，學習了 FMCW 雷達的相關知識，藉由雷達的性質處理資料後，得出了想要的結果，在 UI 製作中也學到了前端的概念，只有好的技術不夠，得以好的介面呈現，使用者體驗也很重要。

未來除了加入 AI 模型強化數據處理，提高準確度外，可以再加入動作偵測功能，掌握是否有人摔倒，加強在病房、老人照護中的應用面。

6. 銘謝

感謝指導教授的帶領和教導且提供硬體設備，以及所有組員的努力。

7. 參考文獻

1. Jinbo Chen, Dongheng Zhang, Zhi Wu, Fang Zhou, Qibin Sun, " Adaptive channel allocation algorithm for WiFi networks," International Conference Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), pp. 1307-1311, 2014.
2. Shadi Esnaashari, Ian Welch, Peter Komisarczuk, "Determining Home Users' Vulnerability to Universal Plug and Play (UPnP) Attacks", International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, pp. 725-729, 2013.
3. Lu Yiqin, Fang Fang, Liu Wei, "Home Networking and Control based on UPnP: An Implementation", Second International Workshop on Computer Science and Engineering, pp. 385-389, 2009.
4. Al-Mejibli and M. Colley, "Evaluating UPnP service discovery protocols by using NS2 simulator," 2nd Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEECE), pp. 1 - 5, 2010
5. Gerald Coley, BeagleBone Black System Reference Manual, April 11, 2013.
6. Fitriani, Wooi-Boon Goh, " DESIGN CONSIDERATIONS FOR INTERACTIVE AUDIO STREAMING ON WIRELESS HANDHELD CONTROLLERS, " IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics, pp. 284 - 289, 2011.

7. Rongshan Yu, Haiyan Shu, Susanto Rahardja , “AN ADAPTIVE STREAMING SYSTEM FOR MPEG-4 SCALABLE TO LOSSLESS AUDIO, “ IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, pp.41 - 44, 2011.
8. Yang Yue, Xie Xiang, Wei Yaodu , “A NOVEL OBJECTIVE METHOD FOR EVALUATING THE QUALITY OF STREAMING AUDIO, “ Proceedings of IC-BNMT , pp. 555-559, 2009