



「無」所遁形

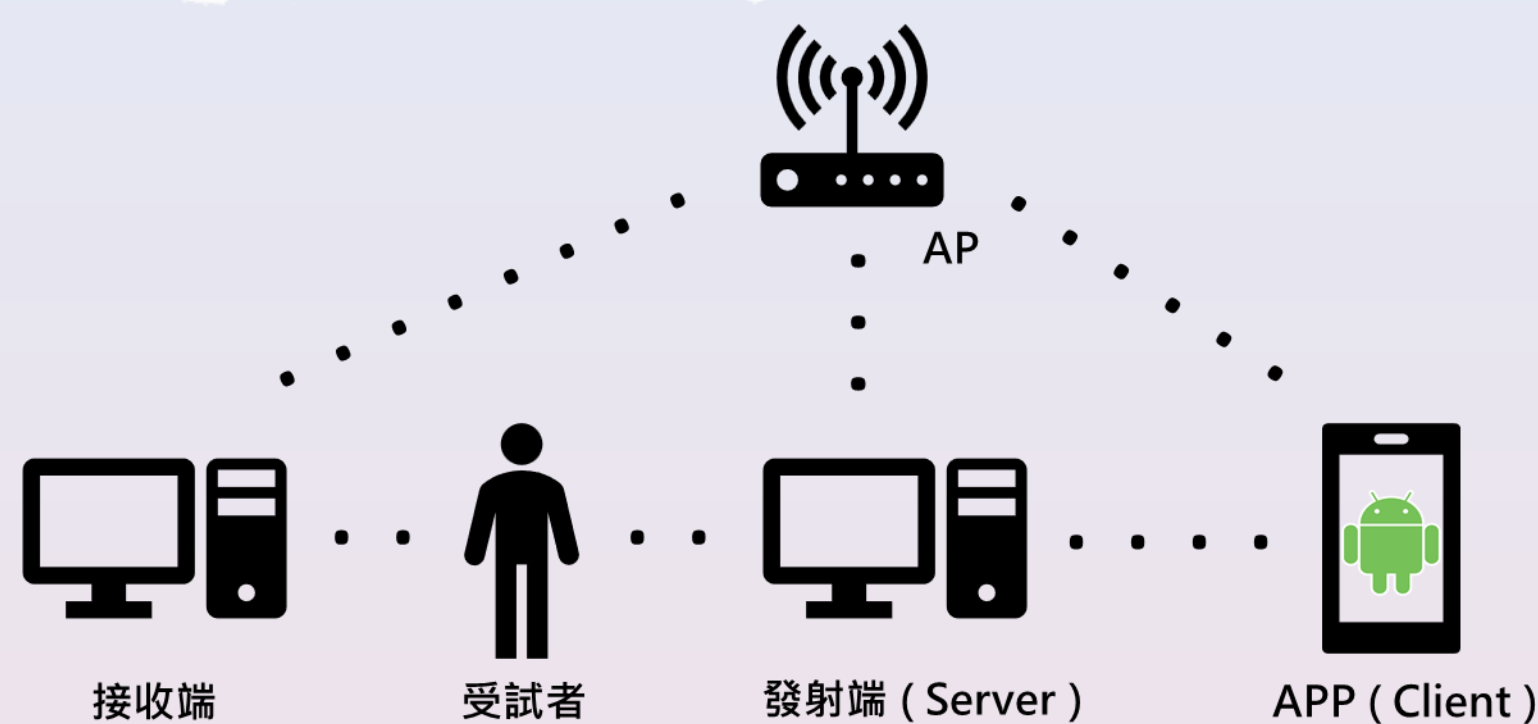
Wi-Fi 無線通道資訊之呼吸頻率監測系統

Channel State Information

簡介

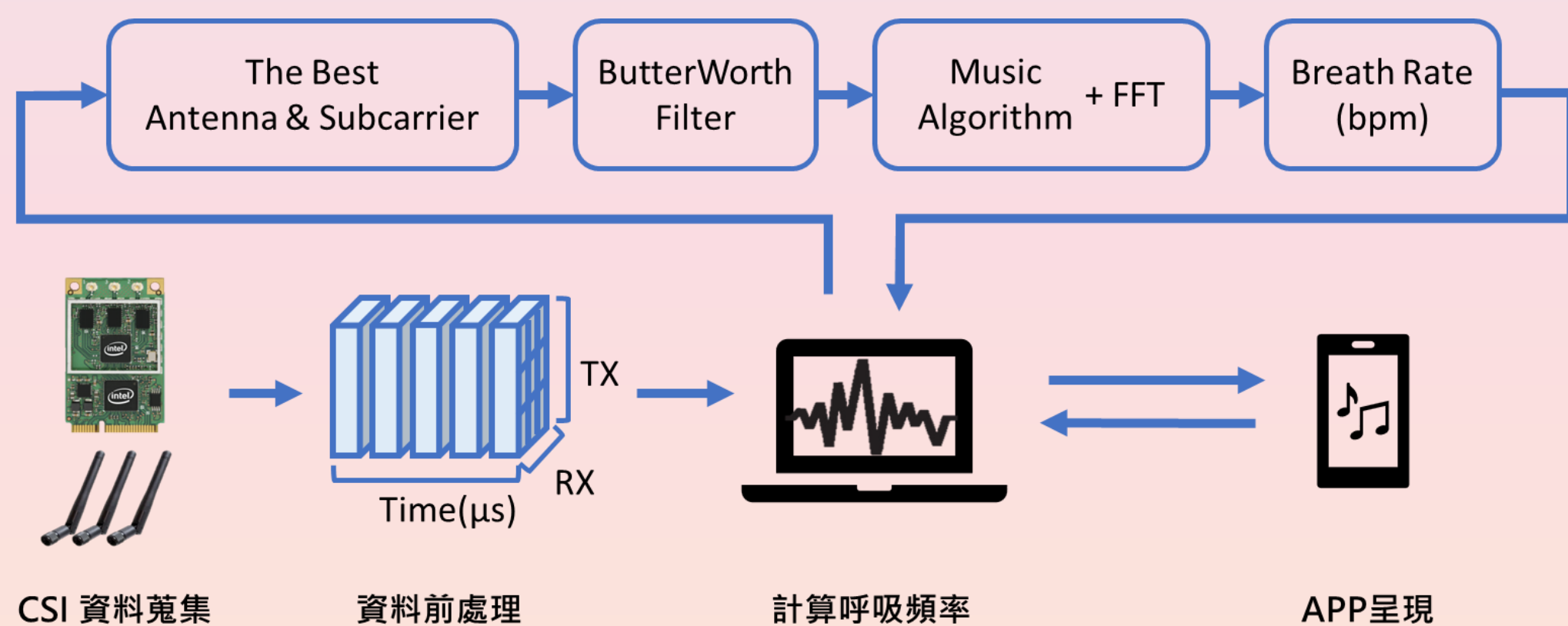
呼吸頻率可以作為生命監測的一項重要依據，但礙於市面上能偵測呼吸頻率的裝置單價昂貴，品項少，且多數只能拿來監測心率，所以本專題利用 Intel® WiFi Link 5300 無線網卡搭配天線搜集無線通道狀態資訊 (Channel State Information, CSI) 來分析呼吸頻率並搭配手機 APP 以整合監測呼吸系統。使用兩台主機透過 TCP 達成實時化的 CSI 發送與接收，並解析出 CSI 振幅及相位資訊，利用多重訊號分類算法 (MULTIPLE Signal Classification Alogrithm, MUSIC)和快速傅立葉 (Fast Fourier Transform, FFT)去除雜訊干擾並計算呼吸頻率，並將數據傳輸至 APP，除了可以即時觀察呼吸頻率，也可以在不同呼吸狀態下，播放可搭配情境的音樂，以達成呼吸監測系統之應用。

系統架構



1. 發射端和接收端透過無線網卡在監聽模式下蒐集 CSI 資料
2. 所有裝置連接於同一網域下，建立 TCP 連線
3. 發射端將接收端回傳的 CSI 封包解析並輸出呼吸頻率數值
4. 透過 Java Script 開發手機 APP，以及編寫發射端主機與手機之間的 Server-Client 程式以讀取資料，手機自動撥放音樂

研究方法與流程



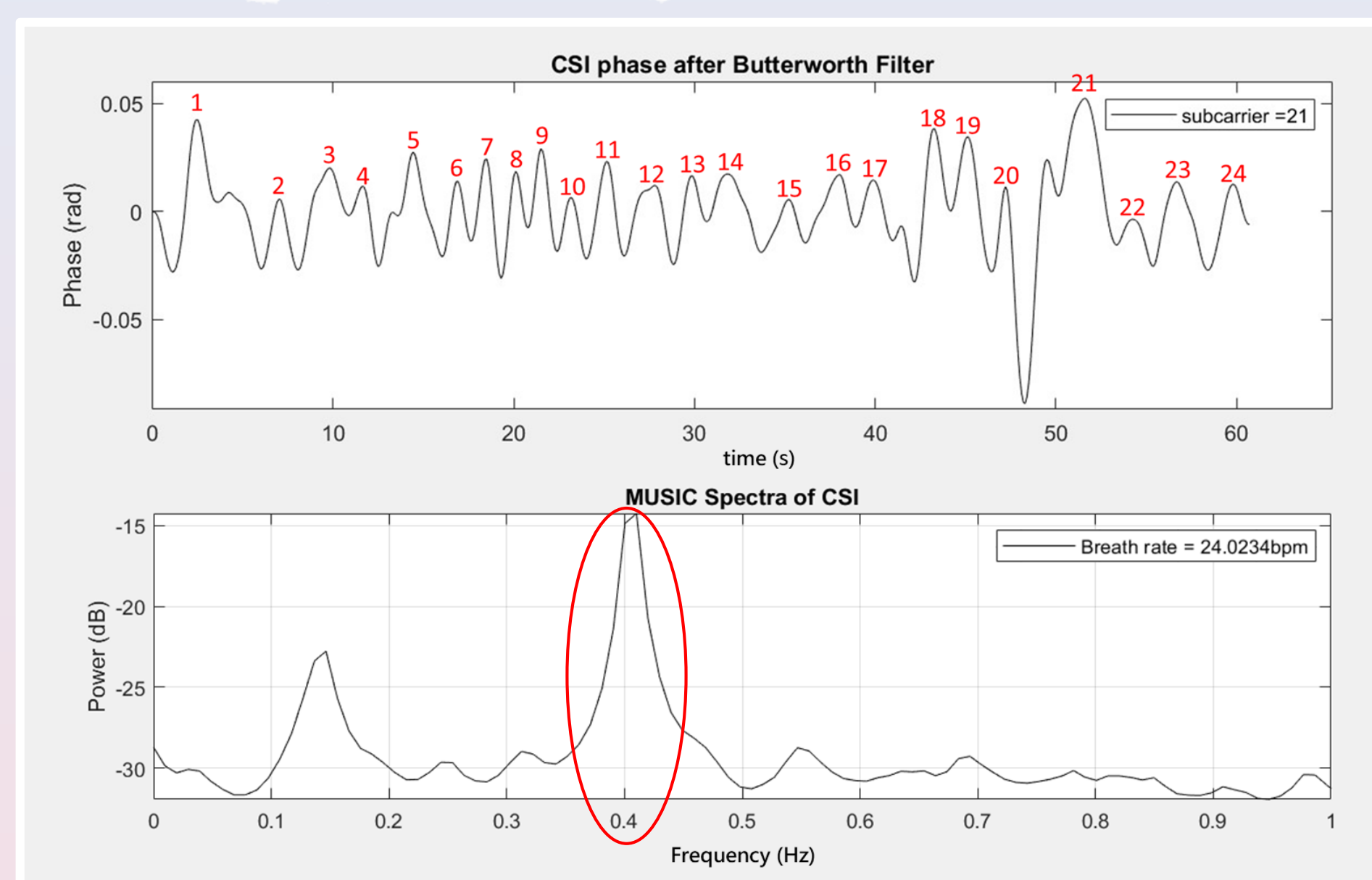
1. 使用 Linux 802.11n CSI Tool 將 CSI 數據提取並解析成 CSI 複數矩陣 $H = [H_1, \dots, H_k, \dots, H_{30}]$ ，($H_k = |H_k|e^{j\theta_k}$ ， k : 子載波)，將 CSI 相位數值做解捲繞與線性轉換去除延遲誤差和設備引起的隨機相位偏移
2. 透過 CSI 振幅變異數選擇出對通道環境較為敏感的天線與子載波，再將訊號去除直流分量，且針對人體呼吸頻率範圍使用帶通濾波器並將範圍設在 0.16 Hz ~ 0.6 Hz
3. 透過 MUSIC 演算法對 X 個樣本的訊號協方差矩陣進行特徵分解，利用訊號子空間與雜訊子空間為正交的特點，求出訊號頻率成份
4. $V = [v_1, v_2, \dots, v_{X-E}]$ 是特徵分解後所得到的雜訊子空間特徵向量矩陣，將特徵向量 v_i 經過 N 點的 FFT 運算後可以得到向量 \hat{v}_i ，此向量代表訊號的頻率成份，並將 $X - E$ 個向量 \hat{v}_i 相加後，再搜尋具有最大的 b_j 倒數值的離散頻率位置：

$$b = \sum_{i=1}^{X-E} \hat{v}_i = [b_1, b_2, \dots, b_N] \quad , \quad \hat{j} = \arg \max_{j=1, \dots, N} \frac{1}{b_j}$$

$F_{\hat{j}}$ 即為估計出來的呼吸頻率

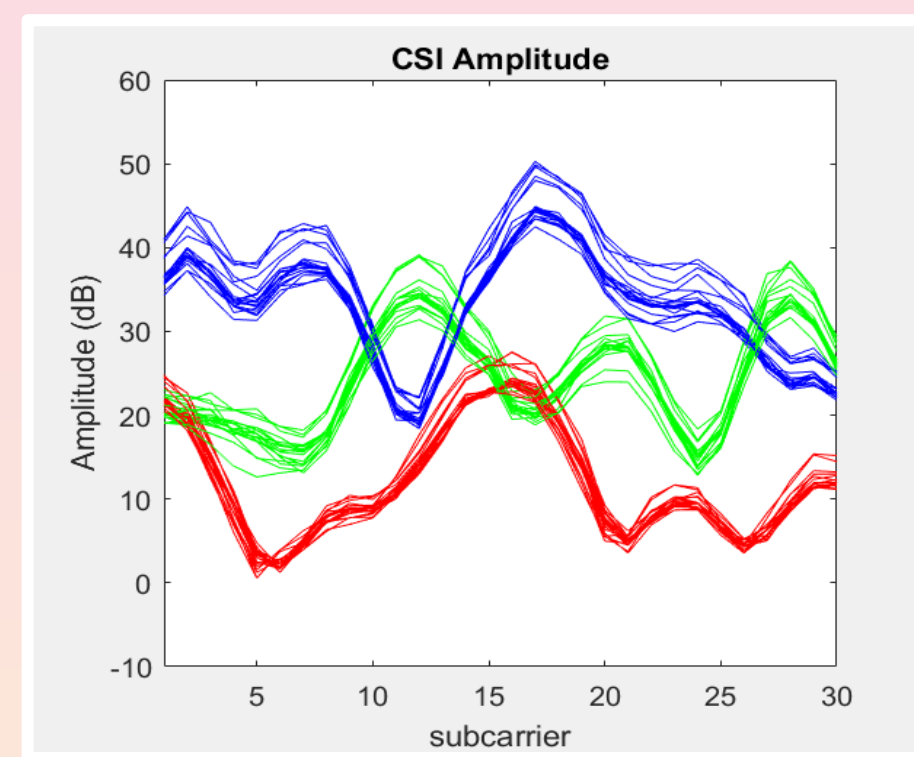
(E : 最大特徵值個數， $F_{\hat{j}} = (\hat{j} - 1) \times \frac{F_s}{N}$ ， F_s : 取樣頻率， N : 訊號長度)

研究成果

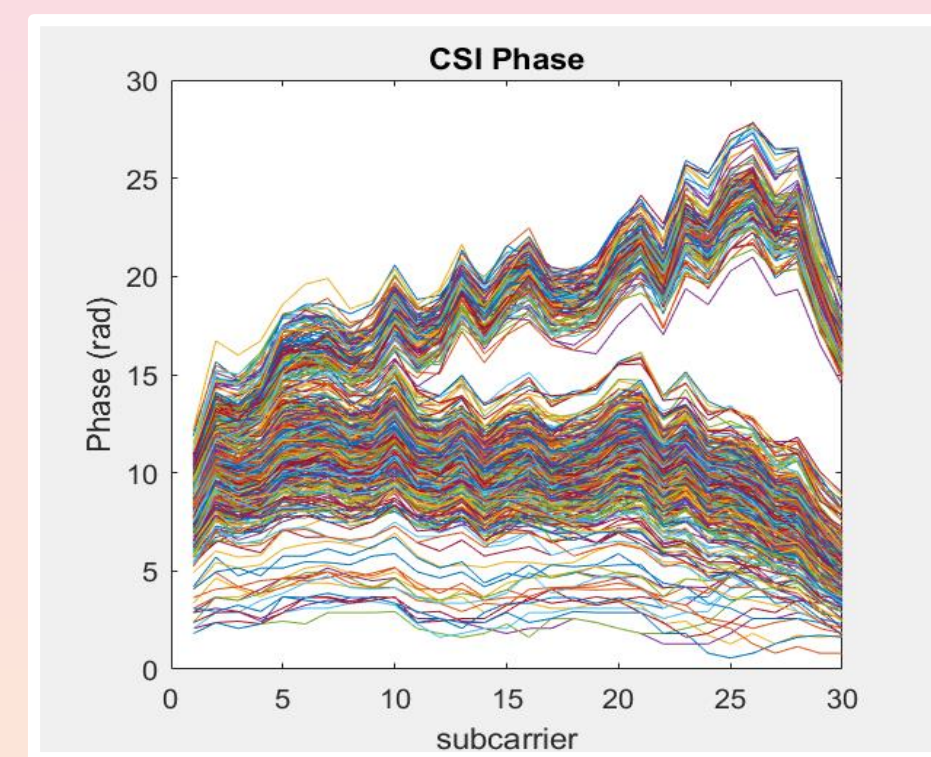


▲受試者測試結果圖 (受試者呼吸頻率 24 bpm)

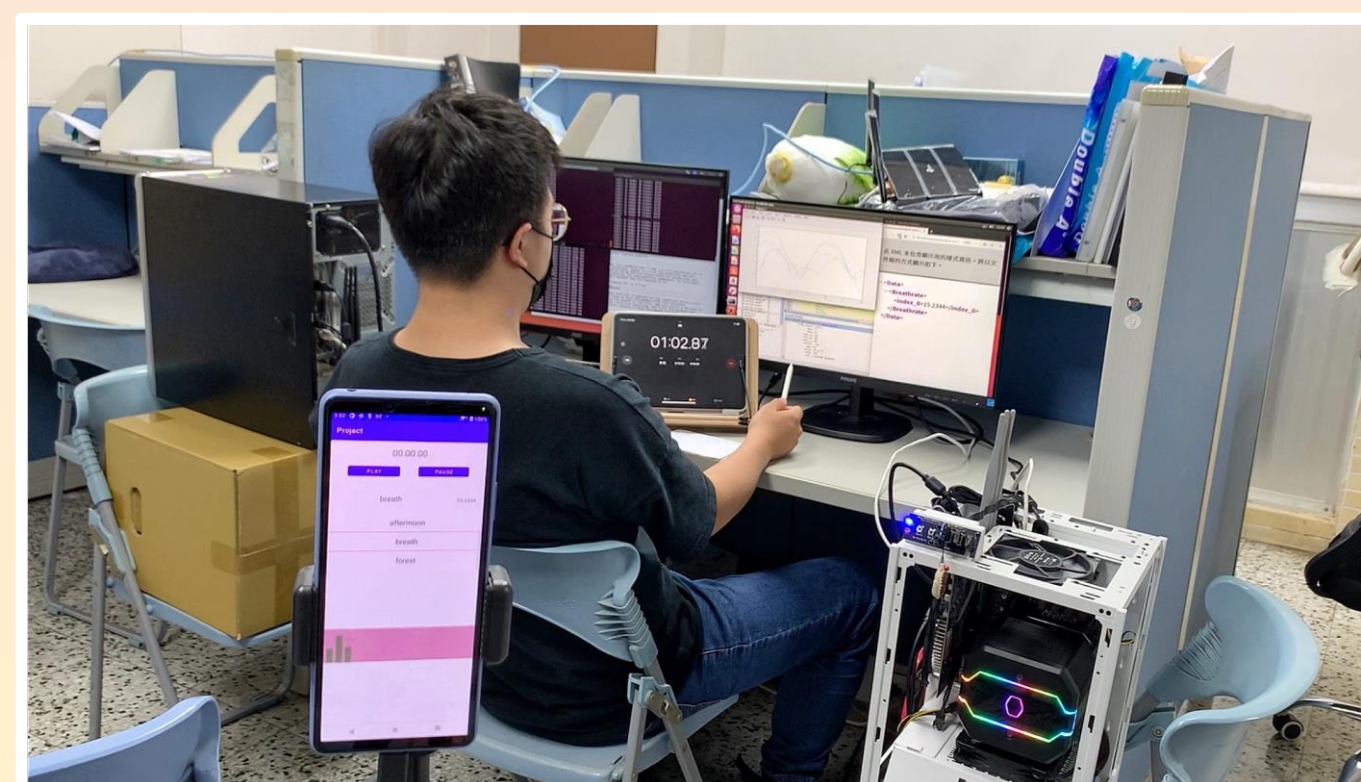
CSI 相位變化可以反應出呼吸變化，如上圖，較明顯的波峰一共出現了24次/分 (起伏相對不明顯的波峰為心臟跳動造成之自然現象)。透過 MUSIC 演算法計算出來的結果在頻譜上頻率 0.4Hz 位置具有高峰值，兩種計算方式皆與受試者呼吸頻率 24bpm 相符。



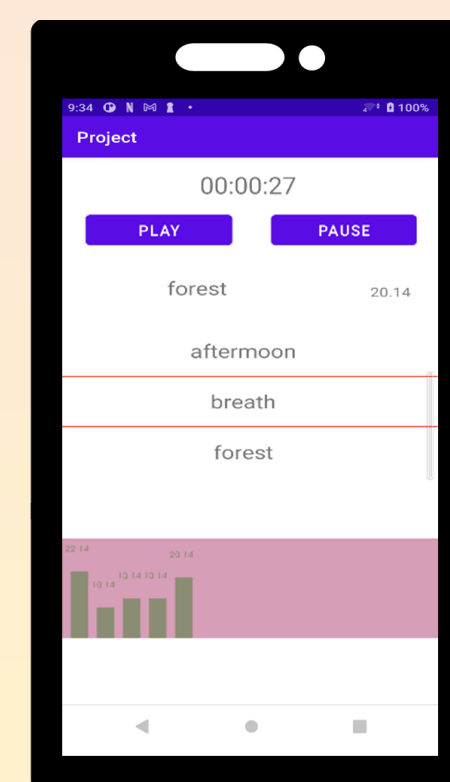
▲ CSI 振幅



▲ CSI 相位



▲呼吸監測系統圖



▲手機APP

上圖為本專題之成果展示，受試者坐於兩台主機之間，透過 CSI 數據實時化收發，可觀察到 CSI 振幅隨通道環境變化的改變，並將計算之呼吸頻率同步顯示於 APP，APP 會針對不同呼吸頻率撥放合適的音樂。此系統在本環境中具有良好的呼吸監測效果。

▼專題介紹影片

