

利用穿戴式感測器(ECG/呼吸/計步器)，進行生活應用開發。

組別：A38 指導老師：馬席彬老師 組員：邱郁閔、陳品媛

一、摘要

現今社會有許多簡易的穿戴式醫療設備，可以幫這我們了解病人的身體狀況、活動量等，而我們這個專題主要是針對阻塞性肺病(Chronic Obstructive Pulmonary Disease，簡稱 COPD)的病患做健康管理。我們實現了一感測器包含了可以測量病患的心率、步數以及呼吸次數。

二、內容說明

(一) 感測器

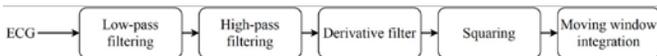
感測器有包括用來測量 ECG 及呼吸訊號的 ADS1292R，ECG 訊號的取樣頻率為500Hz，呼吸訊號的取樣頻率為20Hz，兩個訊號的解析度皆為12位元；測量三軸加速度的BMA253，三軸訊號的取樣頻率為30 Hz，解析度為12位元。

(二) ECG訊號

Byte	1	2	3	4	...	20
Data	1100	ECG[3:0]	ECG[3:0]	ECG[3:0]	ECG[15:0]	ECG[3:0]
		Encode	Encode	Encode	Encode + Raw data	Encode

$$V_{ecg} = \frac{(ADC\ Output) \times (V_{ref} = 2.42V)}{(2^{23} - 1) \times (gain = 12)}$$

上圖是ECG資料格式和轉換公式，我們可以根據標頭名分辨不同的訊號，再對照不同的格式解碼，所得到值是經過量化的值，因此必須經過公式轉換回來。將ECG訊號預處理之後，之後將處理數據，以下為處理數據的流程圖。



由於QRS波是一次心跳中的明顯特徵，根據數據可知其能量頻帶主要在5~15Hz，我們將數據經過一高通濾波器5Hz及一低通濾波器15Hz，即可得到清晰的波形圖，我們所使用的濾波器為三階的butterworth filter，此濾波器的增益公式如下：

$$G^2(\omega) = |H(j\omega)|^2 = \frac{G_0^2}{1 + (\frac{\omega}{\omega_c})^{2n}}$$

(n為濾波器的階數， ω_c 為截止頻率， G_0 是直流增益)

將雜訊處理完之後，我們將訊號經過微分器(Derivative filer)，並且得到訊號的斜率，可讓QRS波的特徵更明顯更容易找到R peak，也可將P波減小，在微分器中所使用的遞移函數(Transfer function)如下：

$$H(z) = \frac{f_s(-z^{-2} - 2z^{-1} + 2z + z^2)}{8}$$

(fs= 取樣頻率 = 500Hz)

接著平方(Squaring)，是將訊號平方可使QRS波高頻部分更加突出，並降低R peak與T波的誤判機率，並使所有

訊號變為正值。再經過移動視窗積分法(Moving window integral)，將訊號做移動平均處理，此方法如以下，而我們所取的視窗寬度為150ms。

$$y(nT) = [x(nT - (N-1)T) + x(nT - (N-2)T) + \dots + x(nT)] / N$$

(N = 移動視窗寬度的取樣數 = 0.15*fs = 75)

最終再搭配動態閾值，即可根據找到的R peak並且計算心率，即使有較大的雜訊仍可以準確地找到R peak。

(三) 三軸加速器訊號

Byte	1	2	3	...	18	19	20
Data	1010	1010	1010	...	AccX[11:0]	AccY[11:0]	AccZ[11:0]

$$F(g) = \frac{(ADC\ Output) \times (V_{ref} = 2.42)}{(2^{23} - 1) \times (gain = 12)}$$

上圖三軸資料格式和轉換公式，感測器的參考電壓為2.42V，增益為12，而F的範圍是設為±2g。將三軸訊號預處理後，之後將處理數據，以下為流程圖。



將訊號經過一個0.15Hz的高通濾波器加上一個3Hz的低通濾波器後，搭配上動態閾值，利用人體行走時所造成的物理現象，會導致在跟地面垂直的方向上，每走一步會形成一波峰，經由計算波峰即可得出步數。

(四) 呼吸訊號

Byte	1	2	3	...	18	19	20
Data	1110	Respiration[11:0]	Respiration[11:0]	...	Respiration[11:0]	Respiration[11:0]	Respiration[11:0]

$$V_{ref} = \frac{(ADC\ Output) \times (V_{ref} = 2.42V)}{(2^{23} - 1) \times (gain = 12)}$$

呼吸的資料格式包含0.5 byte的 header 與其餘的取樣點，感測器的參考電壓為2.42V，增益為12。



將訊號經過一個0.15Hz的高通濾波器加上一個1Hz的低通濾波器後，搭配上動態閾值，並抓取波峰波谷的位置，最終的數量也就等於呼吸次數。

三、實驗結果

我們利用心電圖找出QRS複合波，並搭配動態閾值，來計算心跳的次數並得出心率，在實驗結果中得到正確率高達96.71%；而計步器的實現則是根據人體行走時所造成的物理現象，會導致在跟地面垂直的方向上，每走一步會形成一波峰，經由計算波峰即可得出步數。在實驗中我們也測試了不同動作造成計算步數的差異，例如：走路、跑步、上樓梯、下樓梯，其中走路和跑步的部分還有針對上坡和下坡去做測試，最終的計步器實驗準確度達到97.19%；呼吸方面，我們利用呼吸會使胸腔擴張收縮，進而造成胸口上下起伏的特性，推斷出一次完整的呼吸須包含一個波峰和一個波谷，並搭配上動態閾值，去抓取波峰波谷的位置，最終的數量也就等於呼吸次數。由於每個人呼吸所造成胸口起伏的大小不同之外，不同的運動動作也會影響呼吸的快慢，故在處理呼吸資料時，我們發現呼吸和時間所繪出的呼吸圖是比較紊亂的，最終的實驗準確度只有達到87.95%。在未來，我們會希望針對呼吸訊號的帶通濾波器再稍作修正，進而去提升呼吸次數計算的準確率。另外，因為感測器中還有九軸加速度、濕度以及溫度等數據，我們也希望能再針對這些去做研究處理，進而增加此穿戴式感應裝置的實用性。