

# 國立清華大學資訊工程系 109 學年度上學期專題報告

專題名稱	Baby Monitor				
參加競賽或計畫	<input type="checkbox"/> 參加對外競賽		<input type="checkbox"/> 參與其他計畫		<input checked="" type="checkbox"/> 無參加對外競賽或任何計畫
學號	106062117	106062122			
姓名	劉予文	丁憶涵			

## 摘要

我們的實驗目的為確定寶寶是否有在睡眠過程中無預警的停止了心跳及呼吸，若是發現有危險的生命徵象出現，能夠及時通知在身邊的家長們，讓寶寶不至於直接在睡夢中死去。為達此目的，我們使用 mmWave EVM Kit 毫米波感測模組抓取感測器正前方範圍 30 至 90 公分的微小震動數據，取得數據後，輔以開發商提供之 mmWave Python Library 進行數據分析，將心跳及呼吸的數據分別濾出，並將判斷為心跳及呼吸的數據進行分析，透過蒐集大量資料可判斷出目前新得到的資料前方是否有人、心跳是否正常。使用此原理與方法，我們模擬了一個將 mmWave 感測模組安裝在嬰兒床上的情況，將寶寶的生命徵象數值上傳雲端資料庫並即時進行分析計算，判斷目前嬰兒床中的寶寶生命是否進入危險狀態，若結果顯示寶寶可能處於心跳異常的情況，即發出警示，讓家長們能及時發現寶寶的異樣，把握住黃金救援時間，期望能改善嬰兒猝死症的發生率。

中華民國 109 年 11 月

## 一．研究動機

家中迎來新生兒無疑是爸爸媽媽們最大的驚喜，但卻會不時的在電視新聞上看到寶寶在睡眠中死亡的情形發生，而此情形又被稱之為「嬰兒猝死症」。嬰兒猝死症指嬰兒的突然且無法預期的死亡，多半在睡眠中發生，即使在事後的屍體解剖檢查中，也找不到其真正致死的原因。凡是未滿壹歲的嬰幼兒都可能發生嬰兒猝死症，尤其是二至四個月這段時期最常見，但也有一些是在出生後的一、兩週內就發生了。嬰兒猝死症發生率大約 0.1% 至 1%，雖然機率不高，但目前仍沒有保證百分之百安全的預防方法。

根據統計，在嬰兒猝死的案例中，「趴睡」是嬰兒猝死症的關鍵危險因子。因為趴睡會降低從睡眠中覺醒的能力，當面臨呼吸中止時較不容易醒過來重新啟動呼吸的程序，所以窒息情況發生時，寶寶可能就死於夢中。除此之外，出生三、四個月左右的嬰兒，頸部肌肉力不足，而且頭部相對於身體比較重，萬一口鼻被掩蓋住時，寶寶不容易自行移開，也容易導致窒息情況發生；若枕頭上有口水或溢奶，也會容易因噎住而窒息。若是選擇讓寶寶側睡，寶寶則容易自行轉為趴睡，並且是非習慣性趴睡，猝死率更高。

因此我們認為，除了父母要盡量避免導致寶寶猝死的外在因素之外，若是能夠結合科技，讓寶寶在發生意外情況時，及時通知沒有注意到的父母們，便可把握黃金救援時間，避免憾事的發生。

## 二．目的

將感測器裝設於嬰兒車正上方，即可在不直接接觸嬰兒的情況下獲得其生命徵象數值，並將蒐集到的生命徵象數值傳送至雲端資料庫進行即時的分析處理，一旦有疑似危險的生命跡象，例如心跳停止、大幅下降、大幅上升等，即發出警報，通知父母親來到嬰兒車旁檢查寶寶是否有恙。

## 三．現有相關研究概況及比較

### (1). 生命徵象偵測

在醫院中，除了使用聽診器直接聽心音確認目前心跳外，最常使用的監測方法便是透過生理監視器。生理監視器是利用貼在患者胸前的心電圖貼片監測心跳次數及呼吸次數，若是患者有使用呼吸器則是觀看呼吸器螢幕上所顯示的呼吸次數。

心電圖是利用黏於體表上的貼片，接受從心臟內竇房結（簡稱 SA node，是發出心臟跳動訊號的中心）所發出刺激心肌細胞產生一連串收縮與舒張的電流訊號，再經由心電圖檢查儀器整合轉化成高低起伏的波紋並記錄下來，藉此觀察隨著心臟跳動所呈現的波形圖片，以判別心臟的機能是否異常。

## (2). 嬰兒照護相關產品

將目前市面上已有的嬰兒照護相關產品，與我們的實驗內容進行比較：

### 1. 嬰兒呼吸動態監測器：

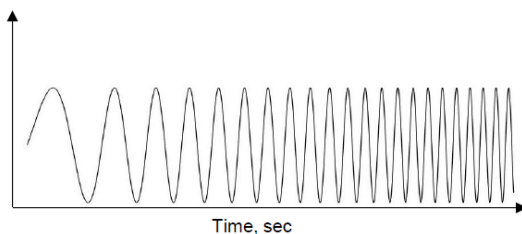
設計有尿布夾，可將監測器直接夾在寶寶的尿布上，在寶寶睡覺時透過胸腹部的起伏確認寶寶的呼吸狀況，若是停止呼吸超過 15 秒，即發出微弱震動刺激寶寶，若是再過 5 秒後寶寶仍未恢復正常呼吸，則發出警報聲通知父母或周圍的人。

### 2. 智慧型嬰兒床墊：

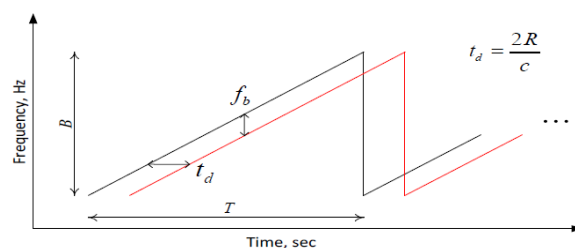
利用光纖變形或震動產生光衰減，透過光衰值轉換為電子訊號計算變化，實現非侵入性監測人體生理活動包括呼吸、心率、睡眠分析、活動狀態等變化。因此當寶寶在該床墊上睡覺，即可透過手機 APP 偵測寶寶目前的生命狀態，若是停止呼吸超過 15 秒則發出警訊。

根據查找，目前市面上常見的寶寶睡眠狀態偵測，大多以呼吸做為判斷寶寶是否安穩的在睡覺的依據，或是以攝影機結合影像辨識確認寶寶的動作來確定寶寶的安全，我們的實驗則以心跳為主、呼吸為輔，做為判斷寶寶目前的生命徵象是否正常，且我們的目的是在不接觸寶寶的前提下獲得資訊，因此希望能避免寶寶對機器的排斥造成的結果誤差。

## 四．設計原理



(圖 1)



(圖 2)

我們使用 IWR1642 Ti-mmWave sensor 去測量人類胸腔起伏，以取得估計的心跳與呼吸數值。本晶片使用 FMCW 訊號去取得目標範圍內相位的改變，即 Frequency-Modulated Continuous Wave，是一種依照時軸變化改變頻率的波（如圖 1 及圖 2）

該晶片傳送的 FMCW 波：

$$s(t) = e^{j\left(2\pi f_c t + \pi \frac{B}{T} t^2\right)}$$

接收到的波則會有些延遲：

$$r(t) = e^{j\left(2\pi f_c (t-t_d) + \pi \frac{B}{T} (t-t_d)^2\right)}$$

將發送的波以及在範圍  $R$  內接收到的波，經過混和以及濾波後得到 beat signal：

$$s(t).r(t) \approx e^{j\left(4\pi \frac{BR}{cT} t + \frac{4\pi}{\lambda} R\right)} = e^{j(f_b t + \phi_b)}$$

當目標物移動了  $\Delta R$  的距離後，我們也會在訊號上看見相位變化。

$$\Delta \phi_b = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R$$

我們可以藉由將 beat signal 進行傅立葉轉換用以計算目標物在範圍內的相位變化。並且，從此表示式可看出較小的  $\lambda$  會得到較大的相位變化，這也是為什麼 mmWave 雷達能取得更好的結果。

在取得相位變化後，該晶片對相位變化的資訊依序進行了下列處理以取得預估的心跳及呼吸：

1) 相位重建

藉由將不連續的地方補上週期  $2\pi$  的整數倍，以取得一個連續分布的相位圖，並將相位重建後的相位變化當作 chest displacement 來使用。

2) 分離呼吸和心跳

由於人類的呼吸和心跳頻率範圍並不重和，因此可以藉由濾波器來分離。

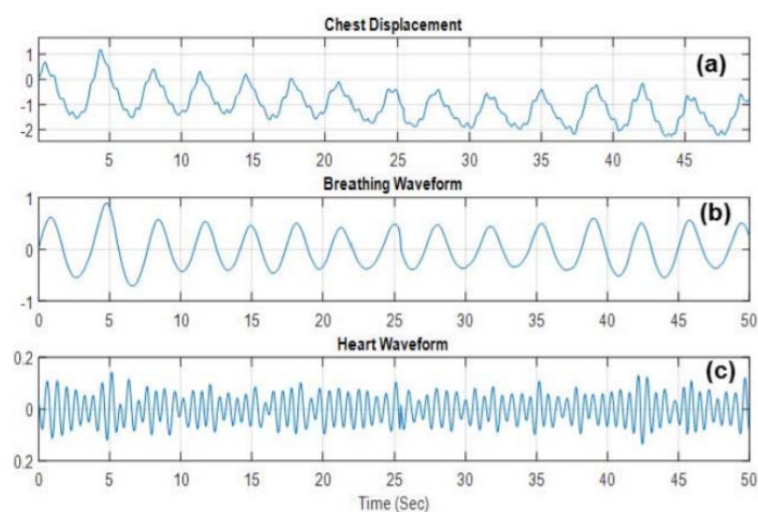
3) 頻譜估測

藉由傅立葉轉換將分離後的呼吸心跳進行頻譜估測。

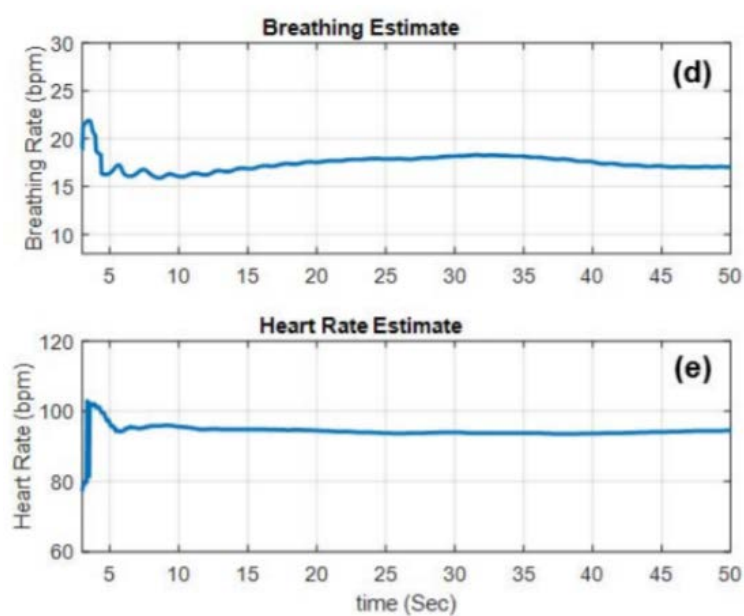
4) 峰值距離

在藉由各自的波型中的峰值距離來估算心跳和呼吸頻率，如果傅立葉轉換估算的圖置信度過低，則使用峰值距離估算的結果。

## 5) 呼吸心跳預測



(圖 3)

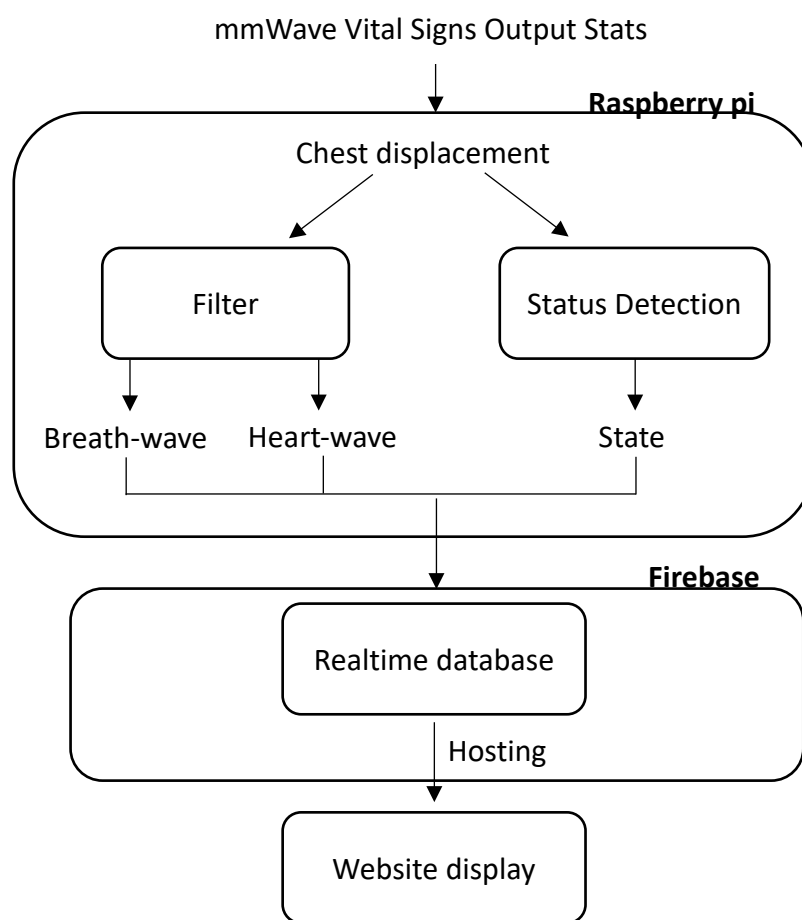


(圖 4)

如圖 3、圖 4 所示，(a) 為計算後的相位重建圖，(b) (c) 為分離出的心跳呼吸頻譜圖，(d) (e) 則為估算後的心跳呼吸。

由於心跳以及呼吸十分細微，容易受到目標物運動的干擾，因此需在較安穩的環境下進行測量。而安置在嬰兒床上的嬰兒相對安穩，因此可得到更精準的結果以供我們實際操作。

## 五・實現與實驗



(圖 5)

圖 5 為我們實驗的簡易流程圖。

利用 Raspberry pi 連接晶片，取得 raw data 後經由 python 的 mmWave library 取得 VSOS (Vital Signs Output Stats) 的資訊，包含但不僅限於下列：

unwrapPhasePeak\_mm：

相位重建圖的峰值時序圖，單位為 mm，我們主要將此資料當作 chest displacement 使用。

heartRateEst\_FFT、breathingRateEst\_FFT：

經過原理介紹中的處理程序後得到的心跳呼吸估算。

heartRateEst\_peakCount、breathingEst\_peakCount：

藉由原理介紹中的峰值來估計的呼吸心跳。

rangeBinIndexPhase：

被處理的相位的 range-bin 的 index。

motionDetectedFlag：

當總能量大於門檻時，flag = 1，else flag = 0。

maxVal：

在目前的 range-profile 中 range-bin 最大的數值。

sumEnergyBreathWfm、sumEnergyHeartWfm：

這個數據可以用來決定能量是否足夠去建立一個可靠的 waveform。

將 Chest displacement 經過不同頻率範圍的濾波器處理，得出我們估算的心跳、呼吸波型圖。

然後藉由 Chest displacement 來確定前方是否有目標物且目標物狀態如何。

最後將上述數據傳送至 firebase，並以網頁方式監控。

## 六．實驗結果及分析

我們用盒子模擬嬰兒床，並在其中測試

(a) 沒寶寶或是有一個無心跳的寶寶的情況：

Chest displacement 幾乎沒有改變，偵測到的 Energy 也幾乎沒有。

(b) 有正常心跳的寶寶、但因為動作導致無法偵測的情況：

Chest displacement 改變劇烈，motionDetectedFlag 顯示為 1。

(c) 有正常心跳的寶寶的情況：

Chest displacement 正常改變，在置信度和能量正常的情況下，將估計的心跳與呼吸當作可以使用的資訊。

## 七．參考文獻與資料

### I. User Guide 與原理：

1. Ahmad, Adeel, et al. "Vital signs monitoring of multiple people using a FMCW millimeter-wave sensor." *2018 IEEE Radar Conference (RadarConf18)*. IEEE, 2018.
2. TI mmWave Labs Driver Vital Signs – Developer's Guide：  
[https://github.com/bigheadG/mmWaveDocs/blob/master/DriverVitalSigns\\_DevelopersGuide.pdf](https://github.com/bigheadG/mmWaveDocs/blob/master/DriverVitalSigns_DevelopersGuide.pdf)
3. Vital Signs 68xx Developer's Guide：  
[http://dev.ti.com/tirex/explore/node?node=ALCGDS5qxpK0XRTFNyu87Q\\_VLyFKFf\\_LATEST](http://dev.ti.com/tirex/explore/node?node=ALCGDS5qxpK0XRTFNyu87Q_VLyFKFf_LATEST)
4. IWR1642 Single-Chip 76- to 81-GHz mmWave Sensor datasheet (Rev. B)：  
<https://www.ti.com/product/IWR1642>

### II. 嬰兒猝死症：

1. 台北榮民總醫院外科部兒童外科 兒童醫學網 – 嬰兒猝死症：  
<http://homepage.vghtpe.gov.tw/~peds/ped/sid.htm>
2. 媽咪愛 – 嬰兒猝死症關鍵因素：  
<https://mamilove.com.tw/articles/396>
3. 良醫健康 – 嬰兒猝死症預防與建議：  
<https://health.businessweekly.com.tw/AArticle.aspx?id=ARTL000125425>

### III. 心跳、呼吸偵測

1. 好心肝健康管理中心－心電圖：  
<https://ghm.tw/newsDetail.php?sid=33>
2. 臺北榮總護理部健康 e 點通－加護中心生理監視器之介紹：  
<https://ihealth.vghtpe.gov.tw/media/621>

IV. 嬰兒照護相關產品：

1. Snuz Hero 嬰兒呼吸動態監測器：<https://www.snuza.com/>
2. uBabyCare 聰明嬰兒床墊：  
<http://www.huijiahealth.com.tw/page.php?maincatid=1>