

非接觸式生理檢測之睡眠呼吸照護平台

Sleep Respiratory Care Platform for Non-contact Physiological Testing

洪偉瑋、陳宣霓、嚴奕馨、葉禹辰、洪敬雄

國立聯合大學 資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大 2 號

hwp@nuu.edu.tw

{U0824042, U0724049, U0824044, U0824045}@o365.nuu.edu.tw

摘要

全台灣有數萬人受到睡眠問題的困擾[1]。根據科學研究，全球光是睡眠呼吸中止症的患者就高達約十億人，在夜間睡眠時有呼吸中斷的現象。這會引起各種健康相關問題，包括打呼、日間疲勞、心臟問題和糖尿病等更棘手的議題。

由於雷達技術的高靈敏度可用來偵測生命徵象[2]，並可穿透各種物質（如衣服），在非接觸的情況下感測到最接近裝置之人員的毫米級的動作[3]。有別於一般的穿戴式裝置，我們採用的毫米波雷達是無須透過接觸並且以匿名方式獲得受測者的生理資訊，這是一項非常巨大的優勢，除了可以降低穿戴裝置的不便利性、保護受測者的隱私之外，也能夠減少護理人員與患者間的接觸，畢竟處在一個受到病毒威脅的世界保持適當的空間是非常重要的課題之一。

關鍵詞：睡眠呼吸中止症、毫米波雷達、非接觸式生理檢測

Abstract

Tens of thousands of people in Taiwan suffer from sleep problems. According to scientific research, about one billion people worldwide suffer from sleep apnea alone, a phenomenon in which breathing is interrupted during nighttime sleep.

This can lead to a variety of health-related problems, including snoring, daytime fatigue,

heart problems, and diabetes to name a few.

Due to the high sensitivity of radar technology, it can be used to detect vital signs. It can penetrate various substances (such as clothing), sensing millimeter-level movements of the person closest to the device without contact. Different from ordinary wearable devices, the millimeter-wave radar we use obtains the physiological information of the subject anonymously without connection. This is a huge advantage. In addition to reducing the inconvenience of wearing devices, In addition to protecting the privacy of the subjects, it can also reduce the contact between nursing staff and patients. After all, maintaining an appropriate space in a world threatened by viruses is one of the very important topics.

Keywords: Non-Contact Physiological Testing, sleep apnea, mmWave Radar

一、前言

(一) 研究背景

睡眠呼吸中止症[4]是人在睡覺時，上呼吸道（包括鼻咽、口咽及喉部）發生反覆性的塌陷，因而堵住呼吸道造成呼吸變淺且變費力，更嚴重者會造成氣道完全堵塞而造成吸不到空氣及窒息。反覆性的睡眠中斷與血氧不足，會使心臟負荷增加，因此睡眠呼吸中止症患者罹患高血壓、心肌梗塞、心絞痛的比率高於一般人。甚至

有部分的統計發現，睡眠呼吸中止的病人，罹患癌症的機會比較高。

臨床上診斷睡眠呼吸暫停的儀器，目前最為有名的診斷技術是使用多導睡眠圖(PSG)[5]測試的金標準，要獲得此項數據，檢測者必須前往醫院睡眠中心進行一整晚的睡眠檢測，因為檢測過程不易且價格昂貴，導致此疾病確診率低下，並且持續影響國民的睡眠品質，在未來非接觸式檢測是一種趨勢。

毫米波雷達是一種使用短波長(4mm)、高頻帶(76-81GHz)電磁波的特殊雷達技術[6]，雷達系統包含TX/RX元件、類比訊號轉換器(ADC)、為控制器(MCU)和數位訊號處理器(DSP)。雷達系統使用的是調頻連續波雷達(FMCW)，其發射的電磁波信號被其發射路徑上的物體阻擋繼而會發生反射，通過捕捉反射的信號，便可以確定物體的距離、速度和角度。

NAME	SPECIFICATION
mmWave Sensor Module	Texas Instruments (TI) IWR1642 76GHz~81GHz mmWave ASIC
Raspberry Pi HAT	JBT24M Bluetooth Module(optional)
Python SDK	Github Examples

圖 1 毫米波雷達使用之套件

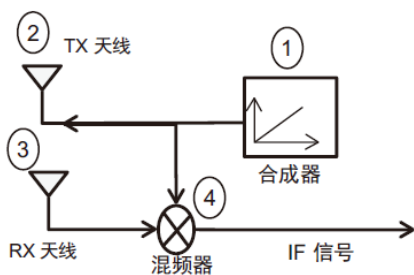


圖 2 FMCW 雷達框架

表 1 毫米波雷達常見之應用

類型	相關技術
室內/戶外監視器	識別人員的位置、軌跡資訊、人體存在感測、物件自動追蹤
汽車輔助	前方防撞、跟車、盲區偵測、車道維持、內輪差偵

	測、腳踢開門、360 度環景、車內生命偵測
醫療保健	患者活動監測、睡眠品質監測、檢測人的嗜睡、壓力、情緒、汽車駕駛員精神監測

(二) 研究目的

我們希望可以形成一個多功能的睡眠呼吸照護平台，即時的對患者的睡眠呼吸進行監測並分析病況，提高民眾對於睡眠呼吸生理監測的重視程度。了解生命徵象數據可以幫助數百萬的病患和醫生偵測出呼吸中止症等睡眠障礙，藉以改善睡眠品質，並且可在無須辨識個人的情況下，能以非接觸式和匿名方式蒐集相關的生命徵象資料，更能保護病患的隱私。

二、系統架構

(一) 硬體架構

本系統架構如下(圖 3)所示，受測者經由毫米波雷達採集呼吸及心跳的數據，採集數據時，受測者需將胸口正對於雷達天線約 30 公分處，並保持靜止不動(圖 4)。透過結合樹莓派，數據可利用圖形介面顯示(圖 5)，同時，數據會存入 MySQL 資料庫中，套用事先訓練好 CNN 模型，我們可以獲得呼吸狀態的預測結果。當出現呼吸暫停事件時，透過 Line Bot 即時通知病患家屬，也能透過 Line Bot 查詢睡眠狀態的歷史資訊。最後，搭配手機和網頁的介面，我們可以更方便的查詢呼吸心跳的狀態。

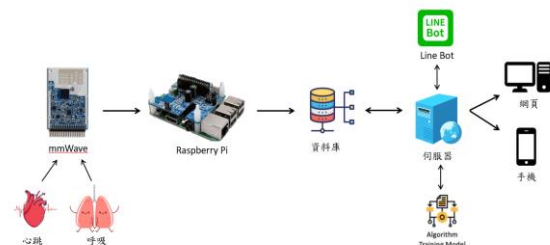


圖 3 系統架構圖



圖 4 檢測畫面

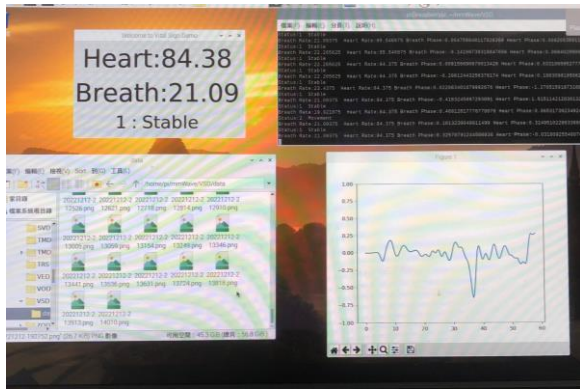


圖 5 樹梅派 GUI 介面

(二) 軟體架構

表 2 軟體架構圖

	毫米波雷達之採集數據、繪製圖形 建立CNN模型 建立Python Flask API伺服器 建立Line Bot伺服器
	建立資料庫
	前端網頁介面
	手機介面

(三) 功能架構

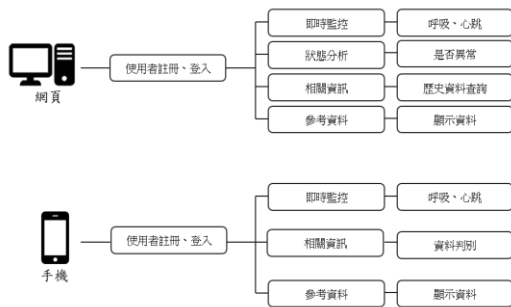


圖 6 手機、網頁功能架構圖

三、使用技術與執行

(一) Python & 樹梅派

在樹梅派中我們使用 Python 來撰寫採集數據以及將數據存入資料庫的程式，分別將呼吸次數(BreathRate)、呼吸相位(BreathPhase)、心跳次數(HeartRate)、心跳相位(HeartPhase)、狀態(Status)存入資料庫當中(圖 7)。我們將呼吸狀態分為 4 類，分別為呼吸正常、呼吸暫停、呼吸困難(過慢)和呼吸急促(過快)，透過模擬呼吸的方式模擬出這 4 種狀態，並且繪製成波型圖(圖 8)。

id	Status	BreathRate	HeartRate	BreathPhase	HeartPhase	date
1	1	9.375	80.8594	0.0808308	0.425135	2022-11-22 22:16:37
2	1	8.20312	80.8594	-0.0799093	-0.336184	2022-11-22 22:16:38
3	1	21.0938	80.8594	-0.664924	0.262801	2022-11-22 22:16:40
4	1	9.375	49.2188	0.423802	-0.30332	2022-11-22 22:16:41
5	2	18.75	49.2188	0.093743	-0.00739565	2022-11-22 22:16:42

圖 7 數據資料庫

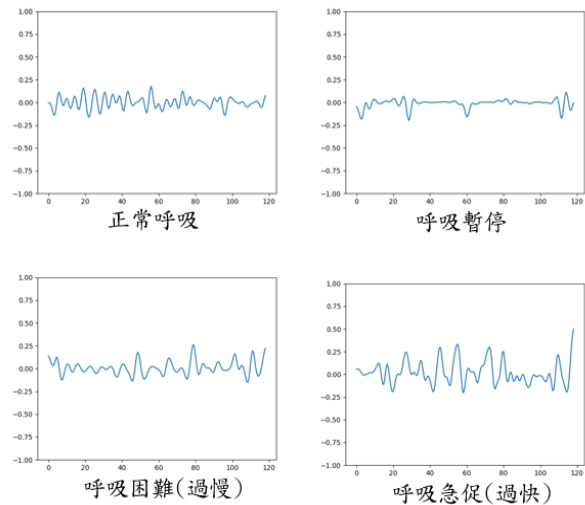


圖 8 模擬之呼吸狀態結果

(二) CNN 模型訓練

首先，對於每一種呼吸狀態先分別採集 20 筆數據，共 80 筆數據進行模型的訓練，每一筆數據的採集時間為 1 分鐘，模型之結構方塊圖如(圖 9)所示。

訓練完成後，我們得到了 98.67% 的準確率，模型之預測精準度曲線和資料預測損失率分別如(圖 10)和(圖 11)所示。

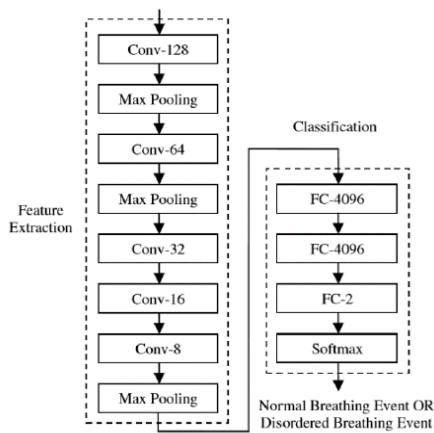


圖 9 模型結構方塊流程圖

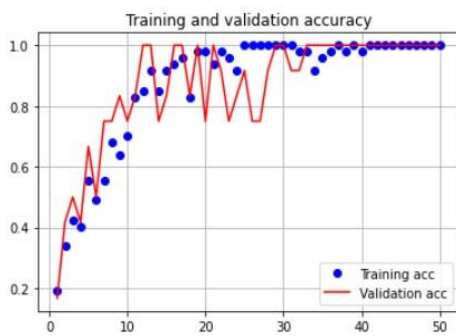


圖 10 模型預測精準度曲線

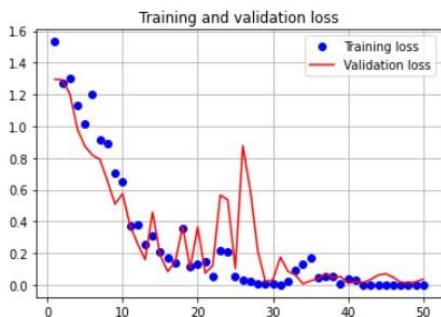


圖 11 模型預測損失率

(三) Python Flask API 建置模型

取得量測 1 分鐘之呼吸相位變化，經由建置於 Python Flask API 中的 CNN 模型偵測是否發生呼吸暫停事件。

判斷完成後，將結果經由網路傳送至資料庫中進行資料的紀錄，在量測的同時，使用者的親屬可以透過網頁遠端觀察使用者的量測情形。Data 欄位為呼吸數據，Predict 欄位為預測結果，狀態 0 為正常呼吸，1 為呼吸急促(過快)，2 為呼吸暫停，3 為呼吸困難(過慢)。

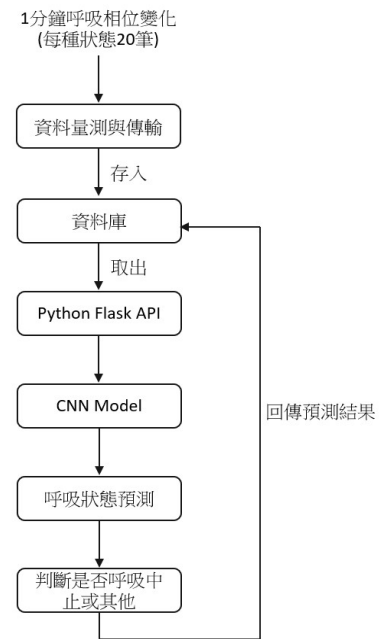


圖 12 呼吸狀態預測流程圖

date	file_name	Data	Predict	line_bot
2022-12-12 19:12:08	20221212-191206.png	[BLOB - 22.5 KB]	2	0
2022-12-12 19:13:04	20221212-191302.png	[BLOB - 19.8 KB]	2	0
2022-12-12 19:13:59	20221212-191358.png	[BLOB - 19.2 KB]	2	0
2022-12-12 19:14:54	20221212-191452.png	[BLOB - 19.2 KB]	2	0
2022-12-12 19:15:49	20221212-191547.png	[BLOB - 22.9 KB]	3	0
2022-12-12 19:16:44	20221212-191642.png	[BLOB - 19.3 KB]	2	0
2022-12-12 19:17:38	20221212-191737.png	[BLOB - 24.9 KB]	3	0
2022-12-12 19:18:34	20221212-191832.png	[BLOB - 24.6 KB]	2	0
2022-12-12 19:19:29	20221212-191927.png	[BLOB - 18.2 KB]	3	0
2022-12-12 19:20:24	20221212-192023.png	[BLOB - 21.3 KB]	3	0
2022-12-12 19:21:20	20221212-192119.png	[BLOB - 22.2 KB]	2	0
2022-12-12 19:22:16	20221212-192215.png	[BLOB - 22.2 KB]	3	0
2022-12-12 19:23:14	20221212-192312.png	[BLOB - 22.8 KB]	0	0
2022-12-12 19:24:11	20221212-192409.png	[BLOB - 23.4 KB]	3	0
2022-12-12 19:25:06	20221212-192505.png	[BLOB - 22.3 KB]	2	0

圖 13 預測結果之資料庫

(四) Line Bot

從資料庫中獲取呼吸的預測結果，當出現呼吸暫停事件(Predict=2)時，line bot 會傳送”檢測者呼吸暫停”之訊息，通知病患的家屬或醫生，達到即時通報的效果。

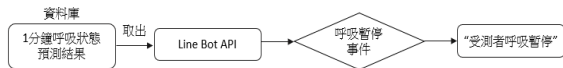


圖 14 Line Bot 流程圖

file_name	Data	Predict	line_bot
20221212-211410.png	[BLOB - 15.1 KB]	2	1
20221212-211506.png	[BLOB - 13.1 KB]	2	1
20221212-211604.png	[BLOB - 16.6 KB]	2	1
20221212-211701.png	[BLOB - 16.2 KB]	2	1

圖 15 從資料庫讀取預測結果



圖 17 登入介面



圖 15 呼吸暫停-傳送通知

四、專題實作

(一) 呼吸正常模擬

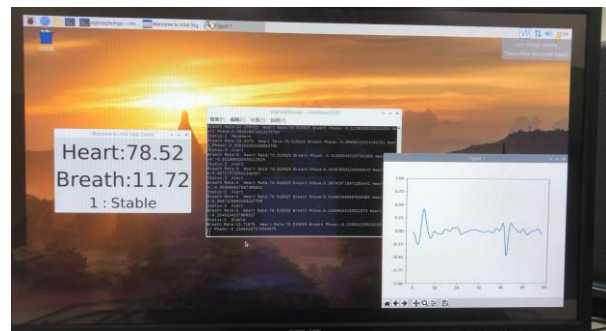


圖 18 模擬呼吸正常情況

date	file_name	Data	Predict	line_bot
2022-12-14 13:54:57	20221214-135455.png	[BLOB - 25.4 KB]	0	0

圖 19 預測結果(Predict=0)

(五) 登入/註冊系統

圖 16 註冊介面

(二) 呼吸暫停模擬

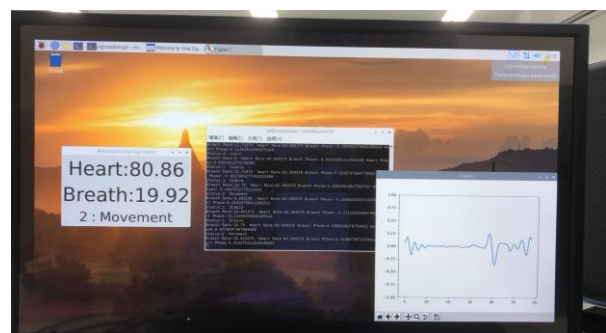


圖 20 模擬呼吸暫停情況

date	file_name	Data	Predict	line_bot
2022-12-13 22:58:50	20221213-225835.png	[BLOB - 22.5 KB]	2	1

圖 21 預測結果(Predict=2)



圖 22 收到 Line Bot 通知

date	file_name	Data	Predict	line_bot
2022-12-13 23:05:37	20221213-230535.png	[BLOB - 31.8 KB]	1	0

圖 26 預測結果(Predict=1)

(五)網頁監控介面



圖 27 網頁介面

(三)呼吸困難(過慢)模擬



圖 23 模擬呼吸困難(過慢)情況

date	file_name	Data	Predict	line_bot
2022-12-13 23:03:28	20221213-230326.png	[BLOB - 24 KB]	3	0

圖 24 預測結果(Predict=3)

(四)呼吸急促(過快)模擬



圖 25 模擬呼吸急促(過快)情況

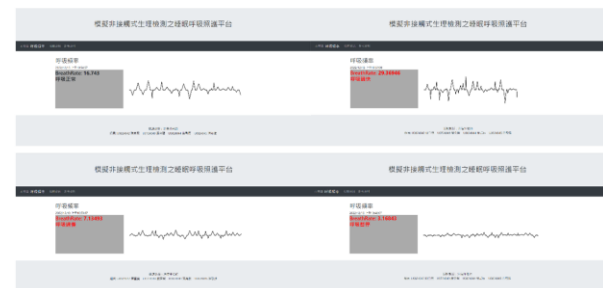


圖 28 不同狀態演示



圖 29 相關資訊查詢功能

(六)手機監控介面



註冊系統

帳號 

密碼 

姓名 

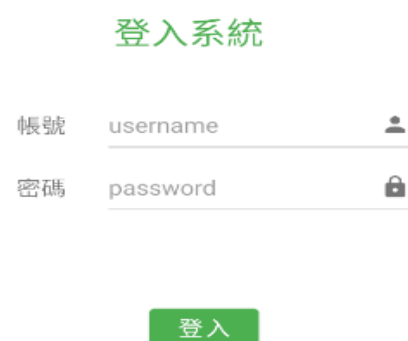
Email 

年齡 

選擇性別

男 女

圖 30 手機註冊介面



登入系統

帳號 


密碼 

圖 31 手機登入介面



使用者名稱 : ben

{"breath": "19.921875", "heart": "116.015625"}

圖 32 手機監控介面

五、參考文獻

- [1] 自殺防治學會統計: 全台近 5 百萬人
有睡眠困擾
<https://news.pts.org.tw/article/495285>
- [2] 基於高精準雷達技術的家用睡眠監測
解決方案
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20220321004304-260410?chdtv>
- [3] 利用毫米波「免接觸」量測生命徵象
<https://www.eettaiwan.com/20201022ta01-using-mmwave-radar-for-vital-signs-monitoring/>
- [4] 成人睡眠呼吸中止症
<https://www1.cgmh.org.tw/sleepcenterjia/index.files/Page697.htm>
- [5] 多導睡眠圖
<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E5%A4%9A%E5%B0%8E%E7%9D%A1%E7%9C%A0%E5%9C%96>
- [6] 毫米波雷達基礎知識
<https://kknews.cc/zh-tw/news/36xrpby.html>