

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫報告

低成本穿戴式精確簡易全波段 PPG 量測裝置研製計畫(II)

報告類別：進度報告

成果報告：完整報告/精簡報告

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSTC111-2221-E-027-042-

執行期間：111年8月1日至113年7月31日

執行機構及系所：國立臺北科技大學電機工程系(所)

計畫主持人：張正春

共同主持人：雙和醫院主治醫師 盧柏文

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：張翔峻

碩士班研究生-兼任助理：鍾季甫

大專生-兼任助理：童亮鈞

大專生-兼任助理：陳典璟

大專生-兼任助理：魏承遠

大專生-兼任助理：陳立凡

大專生-兼任助理：陳睿宸

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

出國參訪及考察心得報告

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關_____

(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

中華民國 113 年 3 月 日

目錄

一、 前言.....	1
二、 研究目的.....	1
1 研發微型 AW-PPG 量測模組.....	1
2 設計 AW-PPG 量測控制之手機應用程式.....	1
3 執行 IRB 試驗.....	2
4 結合機器學習、深度學習以提升 AW-PPG 血糖量測精準度.....	2
三、 研究方法.....	2
1 微型 AW-PPG 量測模組.....	2
2 AW-PPG 量測控制之手機應用程式.....	3
3 IRB 試驗.....	3
4 結合機器學習、深度學習以提升 AW-PPG 量測精準度.....	4
四、 研究結果與討論.....	4
五、 結論與展望.....	5
六、 參考文獻.....	6
附件一：專利核准審定書封面.....	7
附件二：2023 民生電子國際研討會論文佳作獎.....	8
附件三：2023ICABB 參加證明.....	9
附件四.....	10

中文摘要

中文關鍵詞：全波段光體積描記圖法；微型光譜晶片；類神經網路；生醫訊號量測

光體積描記圖法 (Photoplethysmography, PPG) 已被廣泛應用於各種可穿戴裝置中，協助人們了解其健康狀況。目前，PPG 的測量可以根據光譜使用進行分為單波長 (SW) 和多波長 (MW) 方法。由於單波長 PPG 容易受到運動干擾、接觸壓力、膚色、皮膚表面溫度等測量條件的影響，因此採用多波長 PPG 是一種有前途的方法，不僅可以提升信號品質，還可以探索額外的生理測量應用。全波段 (AW) PPG 具有巨大潛力。然而，傳統的 PPG 傳感器只能支持單一或少數波長的測量，無法實現全波段 PPG 的測量。在這個計劃中，基於第一年的研究成果，我們利用創新的光譜感測技術實現全波段 (AW) PPG，本計畫旨在開發一種低成本且便攜的全波段 PPG 設備。此外，還將研究和開發用於控制量測裝置和準確測量的手機應用程式 App，並且通過人工神經網絡技術，研究探討 AW-PPG 藉由機器學習、深度學習提高血糖量測準確度的可行性。

Abstract

Photoplethysmography (PPG) has been widely applied in various wearable devices to assist people in understanding their health status. Currently, PPG measurement can be categorized into single-wavelength (SW) and multi-wavelength (MW) methods based on the spectrum used. Due to the susceptibility of single-wavelength PPG to motion artifacts, contact pressure, skin color, skin surface temperature, and other measurement conditions, the adoption of multi-wavelength PPG is a promising approach. Not only can it improve signal quality, but it can also explore additional physiological measurement applications. Full-spectrum (AW) PPG holds great potential. However, traditional PPG sensors can only support measurements at a single or limited number of wavelengths, making it impossible to achieve full-spectrum PPG measurement. In this project, based on the research achievements of the first year, we utilize innovative spectral sensing technology to realize full-spectrum (AW) PPG. The aim of this project is to develop a low-cost and portable full-spectrum PPG device. Additionally, research and development will be conducted for a smartphone application App to control the measurement device and ensure accurate measurement. Through artificial neural network technology, the feasibility of improving blood glucose measurement accuracy using machine learning and deep learning techniques with AW-PPG will also be investigated.

Keywords : All-Wavelength Photoplethysmography, Spectrum Microchip, Deep Neural Network, Biomedical Signal Measurement

一、前言

近年來，隨著穿戴式裝置的普及，像是手錶或手環等能夠偵測生理資訊的產品已經成為現代生活中不可或缺的配件之一。這些裝置可以收集各種生理數據，如心跳、血壓、心電圖、呼吸速率、血氧、運動量、以及睡眠品質等，幫助使用者監測自身健康狀況，制定健康管理計劃。同時，這些資訊也能供醫生參考，用於追蹤疾病狀況，調整治療方案。此外，自從新冠疫情爆發以來，個人化的智慧型穿戴式裝置更成為早期偵測症狀的方法之一。透過這些裝置收集的數據，結合人工智慧技術，能夠有效區分確診患者，並構建出新冠肺炎患者的特徵模式。因此，穿戴式裝置可能成為提醒使用者及時進行檢測的重要工具，而心率、血氧、血壓、咳嗽以及體溫的監測則可作為評估新冠肺炎感染程度的指標之一。

在醫學領域中，血液是提供生理數據的重要來源之一。血液的成分包括血漿和血球兩部分，血漿主要是水、蛋白質以及其他養分和廢物，而血球則包括紅血球、白血球和血小板等。當血液中的成分出現異常時，可能引發多種疾病，如貧血、白血病、血小板功能障礙等。此外，血糖也是需要關注的重要生理數值之一。血糖是血液中的葡萄糖濃度，對身體的健康至關重要。糖尿病患者由於胰島素分泌不足或身體無法有效利用，導致血糖過高。血糖超過腎臟的負荷時，會導致糖分經由尿液排出，可能引發其他嚴重的健康問題，如心臟病、失明或腎臟病。據國際糖尿病聯盟（IDF）統計，全球糖尿病患者數量不斷增加，估計到 2045 年將達到 7 億，而部分患者可能尚未被診斷。因此，監測血糖水平並控制血糖濃度對於維持身體健康至關重要。

光體積描記圖法(Photoplethysmography, PPG)已被廣泛應用於穿戴裝置以作為心律與血氧的便捷量測方法，已有許多學者[1][2]開始研究透過 PPG 感測訊號萃取多項特徵以量測血糖，近年來隨著各大廠的智慧型手錶、手環推陳出新，其附帶的功能也愈來愈多樣化，然而目前仍未有一款非侵入式血糖量測裝置問世，隨著科技進步，AI 領域議題也被大家所關注著，其中人工神經網路(ANN, Artificial Neural Network)是模仿人類大腦的結構與功能的數學模型，用於處理回歸、分類等問題，隨著 NPU 晶片的運算速度及效能提升，神經網路模型層數得以大幅加深，能夠訓練的神經元特徵數也隨之增加，使得神經網路模型有機會獲得更佳的學習結果。基於本計畫第一年的研發成果並將其延續，開發了全波長光譜感測 AW-PPG 裝置，本計畫採用全波長光譜感測以及結合機器學習與深度學習的方式，希望能將人工智慧相關的技術引入 AW-PPG 感測相關領域當中，並以血糖為例進行探討，藉由人工智慧模型進一步評估，以達到更精準、更穩健的量測結果。

二、研究目的

本計畫目標為**探討高穩健度、高精確度之 AW-PPG 訊號採集技術**。並且研究如何有效整合低成本且微型之 AW-PPG 感測技術以應用於個人穿戴式裝置上，透過全波段之 PPG 感測訊號，提供簡易且快速檢測之 AW-PPG 感測裝置。

本計畫的目的有以下幾點：

1) 研發微型 AW-PPG 量測模組

為了能將多波長光譜感測技術應用於血糖量測上，本計畫開發一體積小、價格低、方便攜帶以及涵蓋多個波段的感測裝置，用以採集血液 PPG 資訊以利分析相關生理數據。

2) 設計 AW-PPG 量測控制之手機應用程式

為了控制 AW-PPG 量測裝置及檢視光譜訊號，本計畫利用 Android Studio 配合 Java 設計手機應用程式，方便使用者進行 AW-PPG 量測以及檢視數據。

3) 執行 IRB 試驗

為獲得更多數量、更多樣性的 AW-PPG 訊號數據，本計畫團隊使用本計畫開發之 AW-PPG 裝置，與台北醫學大學合作於衛生福利部新國民醫院實際進行人體試驗，收集數據以進行 AI 模型訓練。

4) 結合機器學習、深度學習以提升 AW-PPG 血糖量測精準度

在醫學領域，每筆資料的蒐集都十分得來不易，與血液相關的資料更是如此，然而資料量的多寡決定了最終模型的好壞，為了解決這些問題，本計畫透過資料增強及深度學習方法，確保即使在有線的資料下仍然能夠進行模型訓練，以利提升 AW-PPG 量測的精準度進而驗證血糖量測的準確度。

三、研究方法

1) 微型 AW-PPG 量測模組

為了改善上一代的感測裝置，本實驗室於本計畫的第一年，演示了 MW-PPG 便攜式設備的構造並進行了初步評估。展示的設備由四個發光二極體、一個微型光譜儀、一個微控制器、一個低功耗藍牙收發器和一個手機應用程式組成。最大比合併算法 (MRC) 用於合併來自不同波長的 PPG 信號以實現更好的信噪比(S/N)。開發的 MRC-AW-PPG 設備的 PPG 信號與傳統 SW-PPG 設備的 PPG 信號在不同的血壓條件下進行了比較，且觀察到 MRC-AW-PPG 裝置可以提供比傳統 PPG 裝置更穩定的 PPG 信號，結果顯示使用多波長進行下一代非侵入式 PPG 感測的潛在好處。上述之研究成果“Development of a Portable All-Wavelength PPG Sensing Device for Robust Adaptive-Depth Measurement: A Spectrometer Approach with a Hydrostatic Measurement Example”，已刊登至 Sensors vol. 20, no. 6556, Nov, 2020。

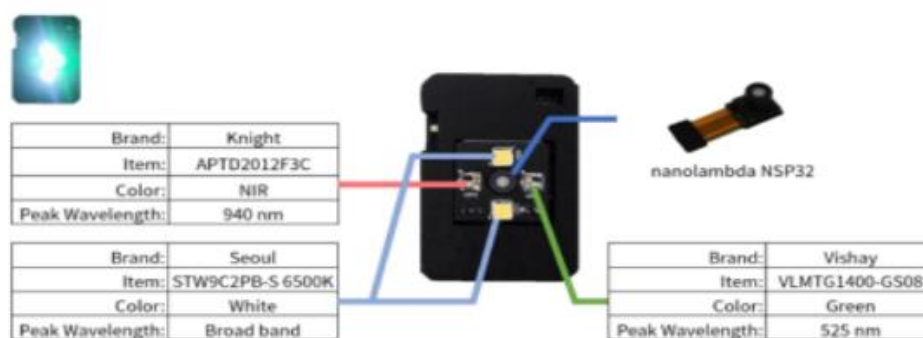


Figure 5. Light source specs and configuration.

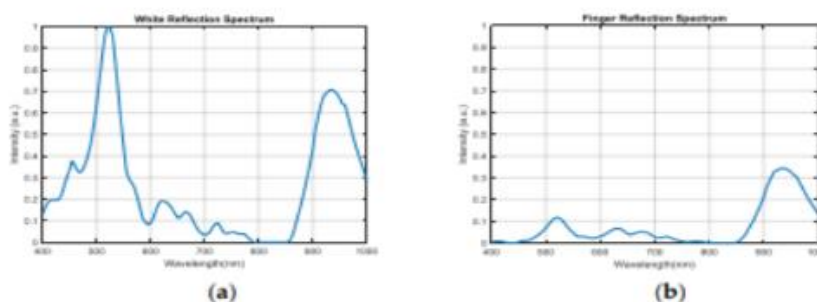


圖 1. 本研究團隊發表於 Sensors 期刊之 AW-PPG 量測方法

本計畫所設計之 AW-PPG 量測模組如圖 1 所示，其中在光源方面使用 3 組 LED 分別為綠光(波長 515nm)、白光(色溫 6500K)以及紅外光(波長 940nm)，在 AW-PPG 訊號感測端使用 nanoLambda 所開發之微型光譜儀作為接收端感光元件，相較於傳統光譜儀動輒數平方公分，此感測器僅佔有數平方微米，由於其構造並未使用光柵、焦透鏡等精密光學元件，在使用上微小且輕便，AW-

PPG 量測模組可同時採集包含 400nm、405nm、410nm、……、990nm、995nm、1000nm 共 121 個波長 PPG 訊號，並可同時解析多個波長之 PPG 感測訊號。

2) AW-PPG 量測控制之手機應用程式

AW-PPG 量測控制之手機應用程式，如圖 2 所示。為了控制 AW-PPG 量測裝置及檢視光譜訊號，本研究利用 Android Studio 配合 Java 設計一支手機應用程式。手機端利用藍牙將量測指令傳給 AW-PPG 控制電路板。AW-PPG 控制電路板接收指令後控制光源模塊開關燈以及控制微型光譜感測晶片 NSP32 擷取光譜訊號，並將擷取的光譜訊號回傳給手機端，亦可進行全波段光譜收集，記錄於 CSV 檔傳送至雲端進行儲存，提供本實驗室至醫院進行 IRB 試驗收案時檢視受試者的光譜訊號並分析相關應用，對血液資訊量測進行數值評估。

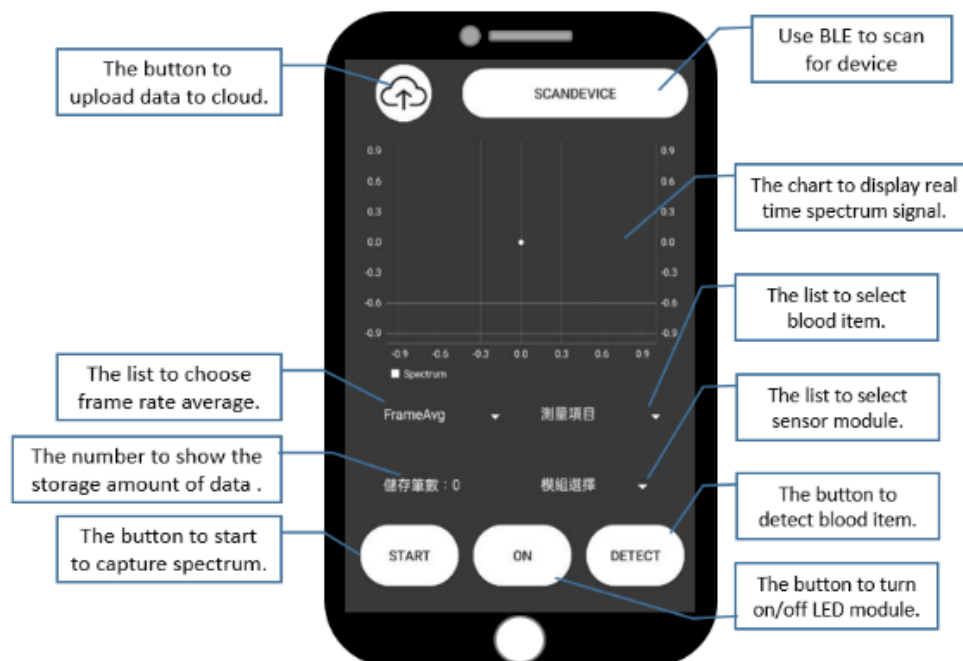


圖 2. 計畫已開發 AW-PPG 量測控制之 App 主畫面

3) IRB 試驗

本計畫團隊以所開發之 AW-PPG 裝置實際進行人體試驗，進而驗證血液量測的準確度。結合人工智慧的演算法預測穩健程度與精確度，此外，為了提高收集 AW-PPG 原始訊號之效率與可用性也將持續改善本裝置，確保量測裝置所收集之資料可用於後續模型訓練，同時提供使用者更好的量測體驗。



圖 3. 本研究團隊與 IRB 合作醫院之醫師於新國民醫院合影

4) 結合機器學習、深度學習以提升 AW-PPG 量測精準度

a) 資料前處理

AW-PPG 量測裝置所採集之資料，經過人工篩選後將有缺失值及極度不一致的資料處理後，分別根據資料的採集時間、性別與實際抽血報告數值等進行標記，隨後進行資料標準化將光譜強度數值縮放至 0 到 1 之間。

b) 神經網路模型訓練

透過 AW-PPG 量測裝置所收集的 121 個特徵作為神經網路模型之輸入，在此神經網路模型架構中，損失函數(Loss function)採用分類交叉熵(Categorical Cross Entropy)，優化器(Optimizer)採用 Adam，基於感測器所使用的綠光、白光及紅外光 3 種 LED 光源，每名受測者擷取 30 筆 PPG 訊號，因每月一次大批採集數據，所以後續以月份作為資料集區別，再分別建立各月份的訓練集、驗證集與測試集方便後續進行三次交叉驗證。

四、研究結果與討論

在本文中，我們利用光源經由皮膚反射後，聚集於中心點以利 AW-PPG 感測器之採集，其中在光源方面使用 4 組 LED 分別為綠光(波長 525nm)以及紅外光(波長 940nm)再加上 2 顆白光(6500K)，四個光源之微型全波段 AW-PPG 量測裝置，採集由 400nm 至 1000nm(400、405、410、……、990、995、1000)共 121 段光譜訊號，有鑑於人體實驗數據採集的困難，我們在同光源下採集 30 筆光譜訊號以訓練血液資訊量測模型，實現數據擴增以增加數據採集量，此外，利用資料增強的方法，我們將受測者抽血報告的實際數值作為 ground-truth。各資料集之血糖量測模型架構如表 1 所示，利用收集之數據以 75%、5%及 20%比例依序分為訓練數據(Train Data)、驗證數據(Valid Data)及測試數據(Test Data)訓練目標模型以適用於微型全波長 AW-PPG 量測裝置。

表 1. AW-PPG architecture for each datasets

Layer	Operator
1	FC 121x64 + ReLU
2	FC 64x32 + ReLU
3	FC 32x16 + ReLU
4	FC 16x8 + ReLU
5	FC 8x16 + ReLU
6	FC 16x32 + ReLU
7	FC 32x64 + ReLU
8	FC 64x2

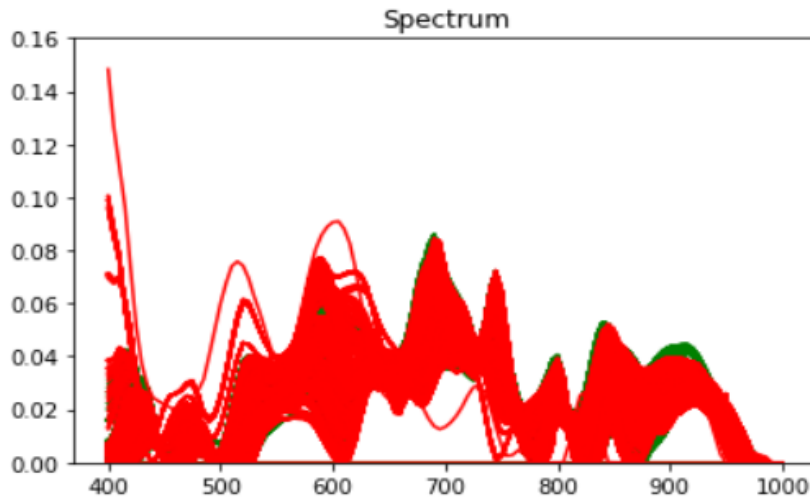


圖 4.受測者 AW-PPG 量測光譜分析圖

在數據測試方面，我們以原先採集之 801 筆數據進行測試，採集的光譜如圖 4 所示，其中紅色代表實際數值低於正常值，綠色代表實際數值介於正常值區間，藍色則代表實際數值高於正常值。利用這些光譜所建立資料集，進行 AI 模型訓練後，AI 模型的預測準確率約落在 70%，從結果顯示利用 AW-PPG 結合機器學習、深度學習提升血糖預測準確率的可行性。

五、結論與展望

本計畫開發之微型量測模組採集 AW-PPG 訊號，利用三種光源採集 121 波長之 AW-PPG 感測訊號，基於各光源所訓練之血液資訊量測模型，以全波段光譜訊號經由相對應的神經網路模型預測各血液資訊數值，以此方法在血糖預測準確度方面最高可達到 70% 之準確率，此外在臨床試驗方面，我們亦額外採集數據進一步驗證本文所開發的全波段 AW-PPG 量測裝置用於血糖量測的可行性。

在 IRB 試驗收案方面，藉由本計畫所開發之手機應用程式 App，幫助我們順利在醫院進行收案，量測裝置小巧的體積也易於攜帶，大幅減少了收案的難度與時間，同時也增加了受試者的意願與舒適度。

現今在臨床上量測血液通常需要使用按針這種侵入式的方式，而在非侵入式方面 PPG 訊號已可量測血氧與心律的數值，對於其他血液生理數值其相關性卻是未知的。本計畫未來可持續進行研製全波段(All-wavelength, AW-PPG)感測系統與探討用於血液資訊數值預測的深度學習演算法，有效增加 PPG 感測技術之量測波段以實現全波段感測並同時實現體積小且高取樣頻率之 AW-PPG 感測技術，且實際進入醫院進行生醫訊號的收集量測實驗，得到患者的 AW-PPG 訊號以及血液相關資訊，例如：白血球計數、紅血球計數、血紅素、血比容、平均血球容積、平均紅血球血紅素量、平均紅血球血紅

素濃度、血小板計數……等，利用類神經網路架構進行分類預測，以找到 AW-PPG 訊號與血液資訊的相關性，同時持續進行人體試驗，期許能在未來提供更準確與更多樣性的生理資訊評估，未來可基於此計畫所累積之研究經驗，更進一步探討 AW-PPG 訊號與血液之間相關性，若能成功創新建立一個非侵入式血液監測平台，此關鍵技術勢必帶來龐大的商業與學術價值。

六、參考文獻

- [1]. Yen, Chih-Ta et al. “Non-Invasive Blood Glucose Estimation System Based on a Neural Network with Dual-Wavelength Photoplethysmography and Bioelectrical Impedance Measuring.” *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 22,12 4452. 12 Jun. 2022, doi:10.3390/s22124452
- [2]. Hina, Aminah, and Wala Saadeh. “Noninvasive Blood Glucose Monitoring Systems Using Near-Infrared Technology-A Review.” *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 22,13 4855. 27 Jun. 2022, doi:10.3390/s22134855
- [3]. C. C. Chang, C. T. Wu, B. I. Choi and T. J. Fang, “MW-PPG sensor: An on-chip spectrometer approach,” *Sensors*, vol. 19, no. 17, pp. 3698, 2019.
- [4]. S.-H. Chen, Y.-C. Chuang and C.-C. Chang, “Development of a Portable All-Wavelength PPG Sensing Device for Robust Adaptive-Depth Measurement: A Spectrometer Approach with a Hydrostatic Measurement Example,” *Sensors*, vol. 20, no. 22, pp. 1-12, Nov. 2020.
- [5]. L. Yan, S. Hu, A. Alzahrani, S. Alharbi and P. Blanos, “A multi-wavelength opto-electronic patch sensor to effectively detect physiological changes against human skin types, ” *Biosensors*, vol. 7, no. 2, pp. 1-12, June 2017.
- [6]. Y. Zhang et al. “Motion artifact reduction for wrist-worn photoplethysmograph sensors based on different wavelengths,” *Sensors*, vol. 19, no 3, pp.673, Feb. 2019.
- [7]. Qawqzeh, Yousef K et al. “Classification of Diabetes Using Photoplethysmogram (PPG) Waveform Analysis: Logistic Regression Modeling.” *BioMed research international* vol. 2020 3764653. 11 Aug. 2020, doi:10.1155/2020/3764653


正本

檔 號：
保存年限：

經濟部智慧財產局專利核准審定書

機關地址：臺北市大安區辛亥路 2
段 185 號 3 樓
聯絡人：李黃至
聯絡電話：(02)23767302
電子郵件：jeff40542@tipo.gov.
tw
傳 真：(02)23779875

受文者：國立臺北科技大學、臺北醫學大
學（代理人：楊代強 專利代理
人）

發文日期：中華民國 112 年 11 月 16 日
發文字號：(112)智專一(民)05208 字第
11221151980 號 
速 別：速件 *11221151980*
密等及解密條件或保密期限：
附 件：

IPC：A61B 5/1455 (2006.01)

- 一、申請案號數：111150853
- 二、發明名稱：穿戴裝置與應用其上之光強度數據值選用與判
讀方法
- 三、申請人：
名稱：國立臺北科技大學
地址：臺北市大安區忠孝東路三段1號
名稱：臺北醫學大學
地址：臺北市信義區吳興街250號
- 四、代理人：
姓名：楊代強 專利代理人
地址：臺北市中山區民權東路3段25號3樓
- 五、申請日期：111年12月30日
- 六、優先權項目：

11221151980

第 1 頁 (共 2 頁)

發收時間 112/11/17(2023/11/17) 12:49:41

經濟部智慧財產局電子公文





國家科學及技術委員會補助專題研究計畫出席國際學術會議 心得報告

日期：112 年 12 月 12 日

計畫編號	NSTC 111—2221—E—027—042—		
計畫名稱	低成本穿戴式精確簡易全波段 PPG 量測裝置研製計畫(II)		
出國人員姓名	鍾季甫	服務機構及職稱	國立臺北科技大學電機工程系 碩士班研究生兼任助理
會議時間	112 年 12 月 11 日 至 112 年 12 月 13 日	會議地點	線上會議(原定馬來西亞吉隆坡)
會議名稱	2023 5 th International Conference on Advanced Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICABB 2023)		
發表題目	The Study of Non-Invasive Blood Information Measurement and Monitoring Method via Wearable MWPPG device		

一、參加會議經過

ICABB 研討會於 112 年 12 月 12 日 09:00 以線上會議方式開始，主持人 Prof. Malarvili Balakrishnan 簡單開場介紹後開始後續的專題演講，上午至 12:00 的時間為兩位焦點演講與三位專題演講，共五位的講者分享了他們的研究主題與發現，並於中間的休息空檔拍攝了與會者的線上大合照，午休時段過後，13:30 開始為 Session 1: Bioinformatics and Neurocomputational Analysis，共有 7 位講者時長共 105 分鐘的分享與問答時間，並於最後一位講者發表結束後選出該 Session 的最佳發表，15:30 開始為 Session 2: Medical Image Processing, Wearable Devices, and Computational Models in Biomedical Sciences，包含我在內共 6 位共 90 分鐘的分享與問答時間，同樣於最後一位講者發表結束後選出該 Session 的最佳發表。

二、與會心得

這是我第一次參與國際研討會，原先抱持著既期待又緊張的心情準備著要報告的內容，同時也準備著要前往馬來西亞吉隆坡，不料被臨時通知要改為線上，只好匆匆取消預訂的機票，雖然從實體會議改為了線上，我仍然沒有鬆懈下認真準備報告內容的心情，在會議開始前重複確認內容是否清楚，並多次練習英文口說，希望能夠將我想表達的內容清楚傳達給與會的所有人，也因為有老師與同儕的幫助與鼓勵，在經過多次的練習後，會議當天能夠以較不緊張的口吻完成我的發表，有了這次的經驗也讓我對於未來的研討會或需要英文交流的場合更加有自信。

三、發表論文全文或摘要

Abstract—In recent years, with the proliferation of wearable devices, wearable watches and wristbands capable of detecting physiological information have been considered indispensable tools of modern civilization. These wearable devices enable individuals to monitor real-time physiological data such as heart rate, blood pressure, and blood oxygen concentration to maintain their health. However, there is currently no non-invasive method available on the market for measuring blood-related information within the human body.

Therefore, this study aims to investigate whether wearable devices can provide a non-invasive means of acquiring blood-related information through related signal processing algorithms and neural network models. The research is divided into three main components: the development of a non-invasive wearable device, the collection of blood information in a clinical setting, and the exploration of one-dimensional signal algorithm models.

Currently, we have collected blood-related data at the hospital using our self-developed MWPPG measurement device. We have also trained artificial intelligence models for various blood parameters. The accuracy rate for blood glucose is seventy percent, while for hemoglobin, platelet count, sodium ion concentration, calcium ion concentration, and total protein content, the accuracy rate is approximately sixty to seventy percent.

Keywords: Wearable Devices, Non-Invasive Sensing System, Neural Network Model

四、建議

無

五、攜回資料名稱及內容

無

六、其他

無

國家科學及技術委員會補助專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：張正春		計畫編號：NSTC 111-2221-E-027-042-			
計畫名稱：低成本穿戴式精確簡易全波段 PPG 量測裝置研製計畫(III)					
		成果項目	量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)
國內	學術性論文	期刊論文	0	篇	請附期刊資訊。 鍾季甫, 張書愷, 盧柏文, 鄒居霖, 許永和, 張正春*, “非侵入式血液資訊量測應用於穿戴式裝置之研究” 民生電子研討會, 桃園, 台灣, 16 Dec., 2023. (論文佳作獎) [NSTC 112-2221-E-027-099]
		研討會論文	1		
		專書	0	本	請附專書資訊。
		專書論文	0	章	請附專書論文資訊。
		技術報告	0	篇	
		其他	0	篇	
國外	學術性論文	期刊論文	1	篇	C.-T. Wu, T.-W. Wang, Chang, C.-C. Chang* “Using Selected Combining Algorithm for Blood Pressure Measurement in Micro MW-PPG Sensor” 目前正準備投稿至 IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics
		研討會論文	1		C.-F. Chung, X.-J. Chang, P.-W. Lu, C.-C. Chang*, "The study of non-invasive blood information measurement and monitoring method via wearable MWPPG device", 7th International Congress on Bioscience and Biotechnology (ICABB), Kuala Lumpur, Malaysia, 12, Dec, 2023 (online). [NSTC 112-2221-E-027-099]
		專書	0	本	請附專書資訊。
		專書論文	0	章	請附專書論文資訊。
		技術報告	0	篇	

		其他	0	篇	
參與計畫人力	本國籍	大專生	5	人次	童亮鈞、魏丞遠、陳典璟、陳立凡、陳睿宸
		碩士生	2		張翔峻、鍾季甫
		博士生	0		
		專任人員(博士級)	0		
		專任人員(非博士級)	0		
	非本國籍	大專生	0		
		碩士生	0		
		博士生	0		
		專任人員(博士級)	0		
		專任人員(非博士級)	0		
其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)			1. 本計畫成果 已通過一發明專利		