

# 定位心跳感測器整合系統

陳冠澄、黃大有、菊地晨元、\*蕭育仁

南臺科技大學機械系

\*yujen@stust.edu.tw

## 摘要

可穿戴式手錶類型的感測系統設計和實現，將 GPS 感測系統和心跳感測器整合在一起，希望往後能夠把現成感測器的電路重新改寫，將積體元件能夠往更小邁進，至於機殼部分利用 3D 堆疊技術來達到輕量便宜耐用，以達到更好的攜帶性與堅固性。數據可以發現監測值之正常心跳感測訊號現象，心跳值平均在 60-100 之間，符合一般人的心跳範圍，這點證明了感測器本身是適合穿戴，也成功整合 GPS 定位在手機 APP，進而取得比較準確的定位導航數據資訊，來提升定位精準度，更多感測器的提供與改善，此研究將能朝商品化邁進。

**關鍵詞：**社會高齡化、心律感測裝置、定位感測裝置、手機應用程式

## Positioning Heartbeat Sensor Integration System

Guan-Cheng Chen, Dayo Huang, Noboru Kikuchi, \*Yu-Jen Hsiao

Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University of Science and Technology

### Abstract

A wearable diagnostics system is implemented in and designed as a watch-type device. GPS sensing system and heartbeat sensor are integrated together in this device. It is hoped that the circuit of the ready-made sensor can be rewritten in the future, so that the body of the device can be made smaller. As for the case part, 3D modelling is used to achieve lightweight, portability, robustness, low price and durability. The data can indicate the normal heartbeat sensing signal phenomenon of the measured value monitoring. A normal resting heart rate for adults ranges from 60 to 100 beats per minute, which is in line with the heartbeat range of ordinary people. This proves that the sensor itself is suitable for wearing and can be successfully integrated with GPS positioning in the mobile phone, thus achieving more accurate positioning and navigation data information to improve positioning accuracy. The integration of more sensors and their improvement will enable the device implemented by this research to move towards commercialization.

**Keyword:** Aging Society, Heart Rhythm Sensing Device, Positioning Sensing Device, Mobile APP

## 壹、前言

近年來，由於社會高齡化，兒童人口比例逐年下降且老年人口比例持續增加，因此年輕人需要花費更多的時間與精力照顧老年人口。高齡化社會所造成的另一個問題，就是因為疏於照顧老年人，造成老年人口事故比例上升的趨向。為了解決這個問題，我們必須時刻的照顧老人，但我們並沒有那麼多的時間與精力時刻的陪伴在老年人身邊。為此，我們使用心率感測器並且可以在 24 小時內隨時定位，以監控老年人口的健康和安全。我們可以通過心跳的頻率診斷老年人健康情況，並可以立即處理健康問題。由於通過位置檢測信號感測器可以連接到我們平常使用的手機 APP 應用程式，使用者可以更容易瞭解和監視其配戴者的健康情況[1-2]。

本研究是實施遠端心跳和位置監測系統，稱為定位心跳偵測感測器整合系統。該系統可以遠端監控使用者的心率並且記錄數據。該系統將患者目前的心率與 GPS 數據相結合，能夠定位使用者自身的位置，使其能夠應對對老年人和脆弱群體（如兒童或先天性疾病）身體能力不足的需求，而對危險情況認識不足，需要確保持續觀察和推廣處理安全事故的方法，提供問題並提早警告，使醫生能更有效地觀察病人，為未來的青少年帶來更多方便。可穿戴電子裝置現在幾乎是所有物聯網（IoT）相關的討論的核心，因廣泛的連接性可以帶來各種新功能[3]。從這個角度來看，可穿戴式健康監控系統的設計和開發，在過去幾年中受到了科學界和業界的廣泛關注。而這些低成本的系統由各種小型生理感測器，傳輸模塊和處理器組成。因此，它們非常適合可穿戴且不顯眼的心理和身體健康狀況監視解決方案，並且不會對時間或位置施加限制[4]。

儘管獨立的感測器信號有助於在某種程度上揭示系統的工作狀態，但是綜合的多參數感測模型，對於分析和評估潛在的操作風險更為有效。據我們所知，多感測器融合是處理來自不同來源的數據時最適合使用的技術之一[5]。通過使用此多感測器裝置，可以執行生物識別和醫學監控應用程序，通過這種方式，使用者可以直觀地自我意識到自己的健康狀況，可以使用緊急按鈕來回報潛在的緊急狀態。通過收集感測器數據，可以監視用戶的健康狀況或即時獲取感測數據。可以使用標準的 Wi-Fi 通信協定將收集到的生物特徵信號[6]，無線發送到醫療診斷中心，以進行醫學診斷。也可將信息直接發送到可攜式智慧手機，可以將數據發送到雲計算系統以進行永久儲存。並且可以用人工智慧，機器學習，統計和數據庫系統領域的方法結合使用，易於找到先前未知的訊號，來推斷用戶的健康狀況，本文將介紹相關硬體與手機 APP 系統整合架構。

## 貳、實驗系統架構

### 一、第一階段（輸入）

- （一）使用者資訊：通過用戶登錄，方便記錄使用者個人健康資訊和反饋給使用者。
- （二）距離記錄：使用者的旅行記錄有很多種類型，例如：訓練時間和訓練模式。
- （三）全球導航衛星系統 GPS NEO：使用衛星在多個位置為使用者提供更準確的定位。
- （四）藍芽 hc-06：使用藍芽將數據傳輸到連接設備。
- （五）Arduino Nano：使用 Arduino 控制面板，編寫代碼並顯示感測器數據。
- （六）雲端數據上傳：將使用者數據輸入至雲端處理。

### 二、第二階段（處理）

- （一）資料處理：校正每個感測器數據的錯誤和錯誤值。
- （二）資料歸納與整合：收集數據，分析數據，將其轉換為資訊並整合分析。
- （三）藍芽將資訊轉移到設備：整合後資訊通過藍牙系統傳輸到連接設備。

### 三、第三階段（輸出）

- (一) 偵測訊號且資料分析：對心率數據進行分析並轉換為資訊（心率/時間）。
- (二) 地圖顯示使用者定位：GPS Neo 用於定位，然後使用 Google API 顯示使用者的地圖位置，三階段內容如圖 1 所示。

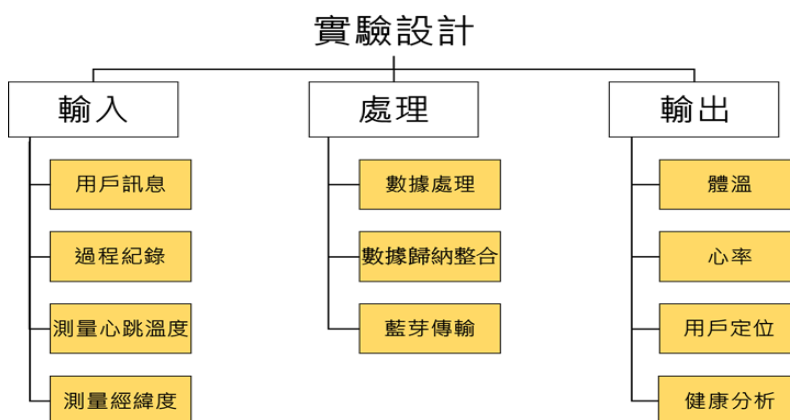


圖 1 實驗設計之系統架構

### 四、相關工作

以每天一次的速度收集複數使用者的心率數據，定位則是利用每隔幾秒鐘的頻率收集全球導航衛星系統數據。由於數據集不僅非常大，而且增加迅速，我們希望使用可連續的數據收集。可以分析數據流上的複雜事件，並用做一個或多個數據流。由於時間限制，我們不能將這些流數據分析平台應用於這項工作，但未來將本工作將提出的框架與這些複雜的事件分析系統整合實現。

## 參、理論與技術方法

### 一、全球導航衛星系統定位類型

全球導航衛星系統定位錯誤類型主要錯誤來源

- (一) 時鐘誤差：衛星和接收機時鐘不準確可能導致儀錶等級誤差。
- (二) 中心偏移：衛星發射或接收中心與硬體幾何中心不一致，可能導致釐米級誤差。
- (三) 顯示了三層延遲效應：衛星信號通過大氣層，由於大氣變化，傳播速度和方向不穩定，可能導致儀錶級誤差，如圖 2 所示。

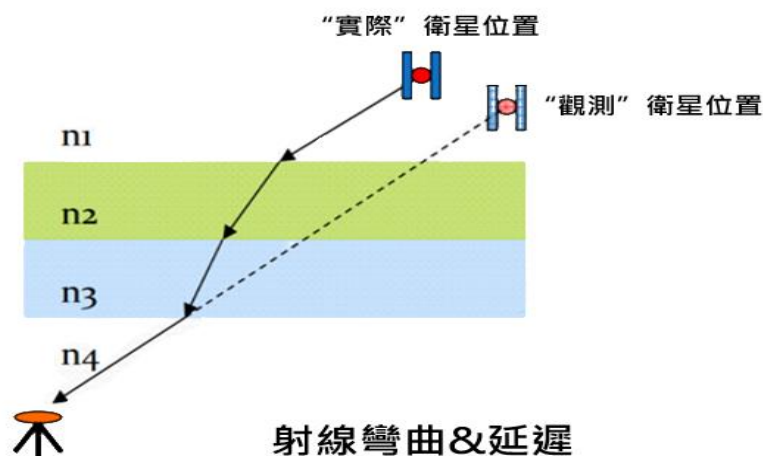


圖 2 大氣折射與延遲誤差

(四) 在圖 3 中多路徑效果：信號由周圍要素反射（如高層幕牆）。

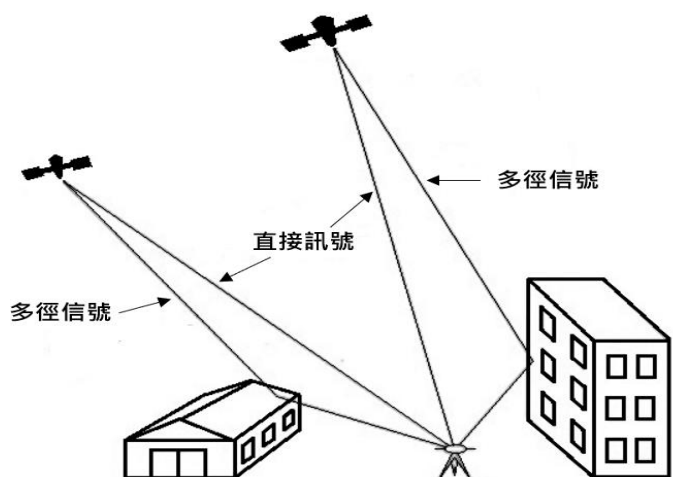


圖 3 多路徑效果

(五) 圖 4 顯示了軌道誤差：必須知道原衛星的軌道位置，但系統提供的資訊不準確。

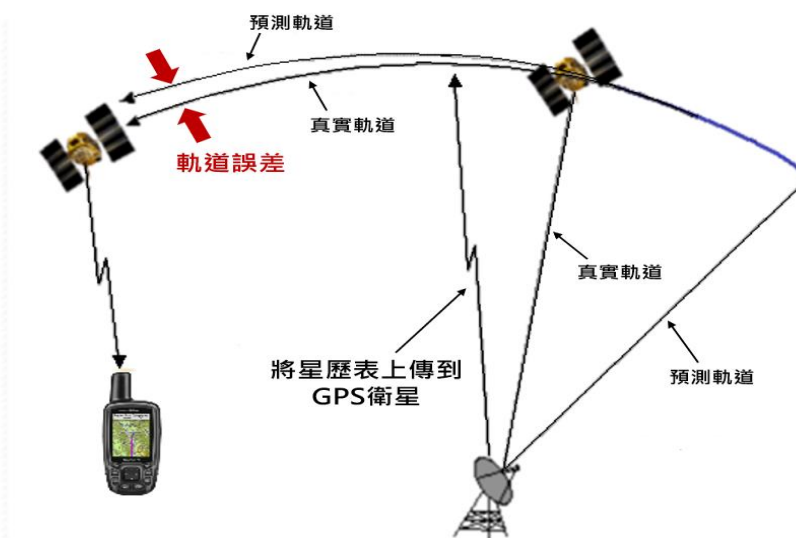


圖 4 衛星軌道誤差

(六) 其他

隨著測繪新技術的開發和結合，GNSS 可以在利用衛星、無載、車輛載荷等動態測量系統構建模型提供位置資訊分析，通過 GNSS 技術建立高精度和穩定性。高精度、穩定的地理資訊系統使 3D 城市系統更具鑒別性、真實性，在真實與虛擬之間提供了最大的優勢[7-8]。

然而，隨著個人便攜式導航設備的發展，GNSS 即時定位功能可以說明家屬或醫務人員掌握兒童和老人的即時位置和搜索路線，有效縮短救援時間，提高救援效果。

## 二、可穿戴裝置技術

採用 MEMS 製作高性能、低功耗、低成本、低面積的可穿戴感測器[9-10]。該設備可以即時收集使用者身體變化和周圍定位的詳細資訊。當可穿戴感測器設備從使用者那裡收集數據，提供定位並將數據發送到智慧設備時，智慧設備會根據結果分析數據並向使用者提供反饋。可穿戴設備的機構是提供佩戴者的身體向使用者更改資訊（生物信號、心跳等）和環境資訊（溫度、定位等）。它通過具有適當行為的命令和服務交付，這需要許多技術的緊密組合。因此，有必要在小型電子設備上安裝電池續航時間高、

效率高的小型電池技術，實現零組件的小型化和低功耗技術。

### 三、感應器訊號偵測技術

具計算功能的可穿戴元件在移動環境中，人工生成的信號檢測和處理技術被視為人性化的可攜式技術，測量技術中已使用各種感測器來傳達物理資訊。首先，使用心率感測器的技術用於測量脈搏。結合智慧手機測量脈衝，脈衝測量技術可以協助連接身體到智慧手機測量心跳，也可以通過智慧管理應用程式進行記錄，如圖 5 產品架構圖所示。

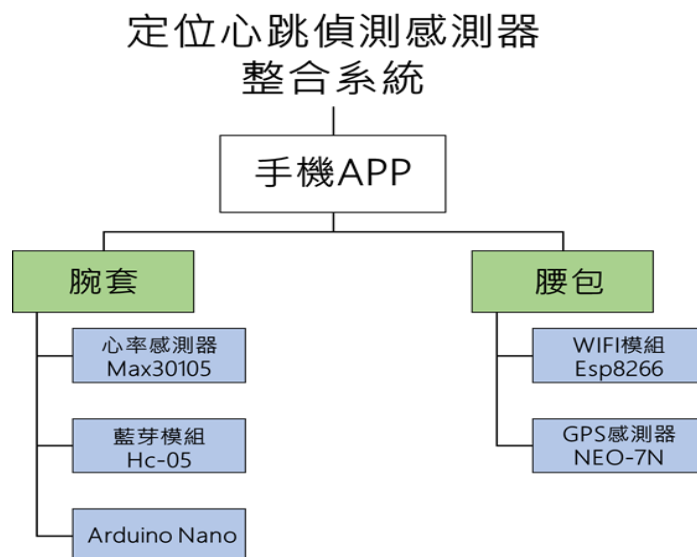


圖 5 產品架構圖

### 四、產品訊號處理

在圖 6 中，我們研究和設計了一種監控服務設備，具有測距定位的全球導航衛星系統（GPS），在全球範圍內提供即時高精度定位服務的優勢。將可穿戴式設計為手環類型。在穿戴手鏈中將心跳感測器與 GPS 定位系統整合。整個系統配置是通過感測器收集資訊，並通過全球導航衛星系統定位將收集的資訊和定位傳送給家屬和醫務人員的方法。

健康控制的特點是更積極生活的價值觀：戴智慧手環在戶外活動感到更安全，更自信。此健康數據儲存可能會導致隱私問題，只有經過授權的醫療機構才允許員工讀取和分析數據。

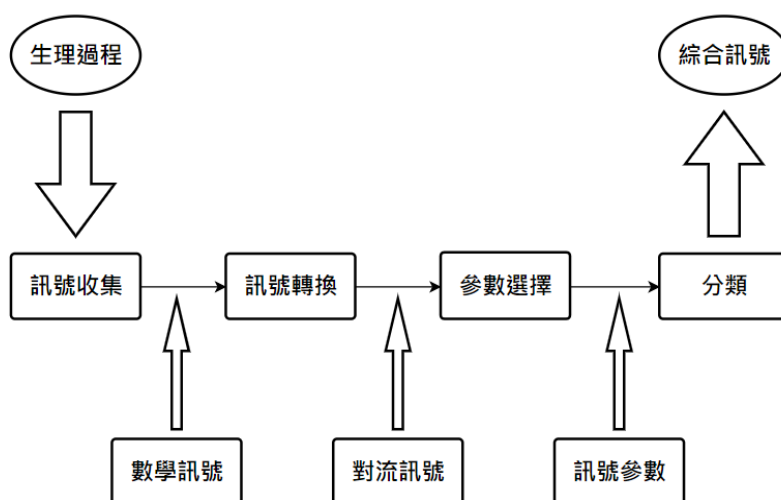


圖 6 監控訊號處理

## 肆、實驗製作成果與數據討論

### 一、設計過程

雛型主要是以量測手指的脈搏為主，設計雛形如圖 7，但由於攜帶不便，最後以量測手腕脈搏為主，完成最終結果如圖 8。

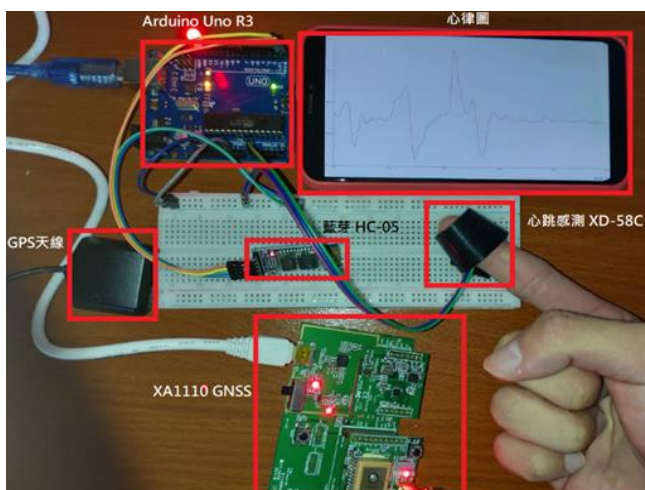


圖 7 設計雛形



圖 8 實際成品外觀

### 二、心跳量測裝置

此系統為心跳量測裝置，內部包含原件為心率感測器 (max30105)、Arduino Nano 板以及藍芽感測器 (hc-05)，電源供應為 9v 電池。本次使用的藍芽，是使用高功率藍芽感測器，耗能上仍有很大改善空間。未來將採用低功率藍芽，既穩定傳輸和低功耗，電池部分也將改成使用鈕扣電池。可穿戴式作為手錶類型設計和實現，護腕外觀在心跳量測處如圖 9，另一非量測處如圖 10 所示。

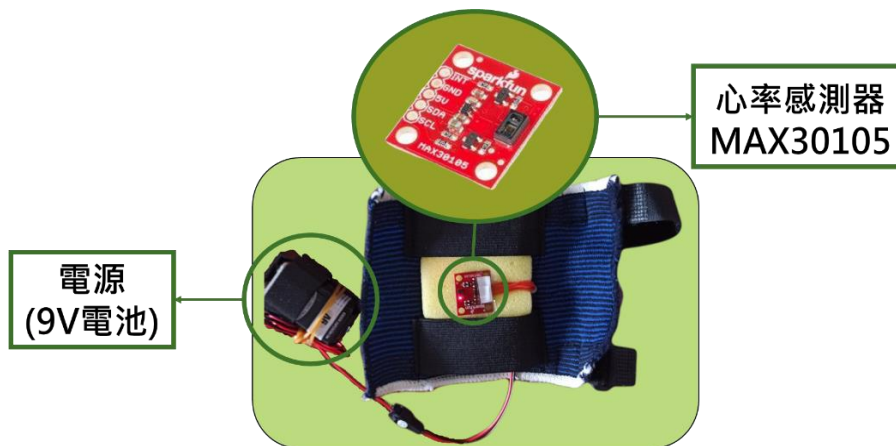


圖 9 在心跳量測處護腕外觀



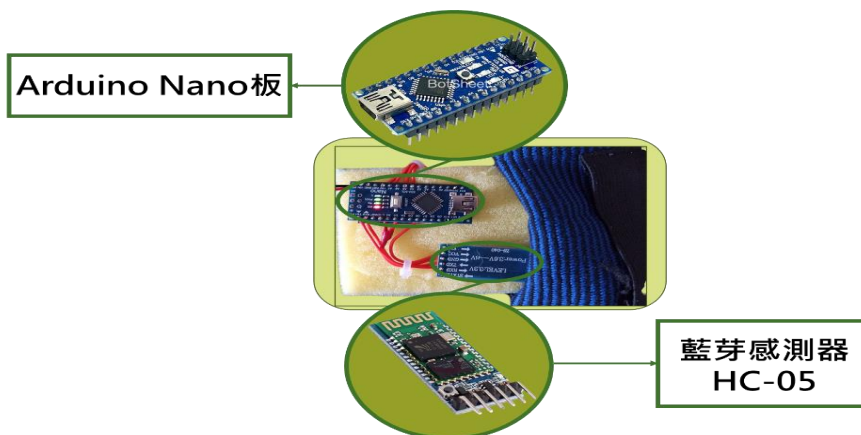


圖 10 在非量測處之心跳量測護腕

### 三、定位裝置

此系統為定位裝置，內部包含元件為 GPS 感測器 (neo-7n)、WiFi 感測器 (esp8266 esp-12e) 以及用來幫 GPS 感測器更好抓取位置的天線，電源供應為一顆普通規格的行動電源，此定位腰包如圖 11 所示。



圖 11 定位腰包

### 四、手機程式 APP

此系統是利用手機 APP 來搭配心跳量測護腕與定位腰包的監控介面，手機程式介面如圖 12 所示。

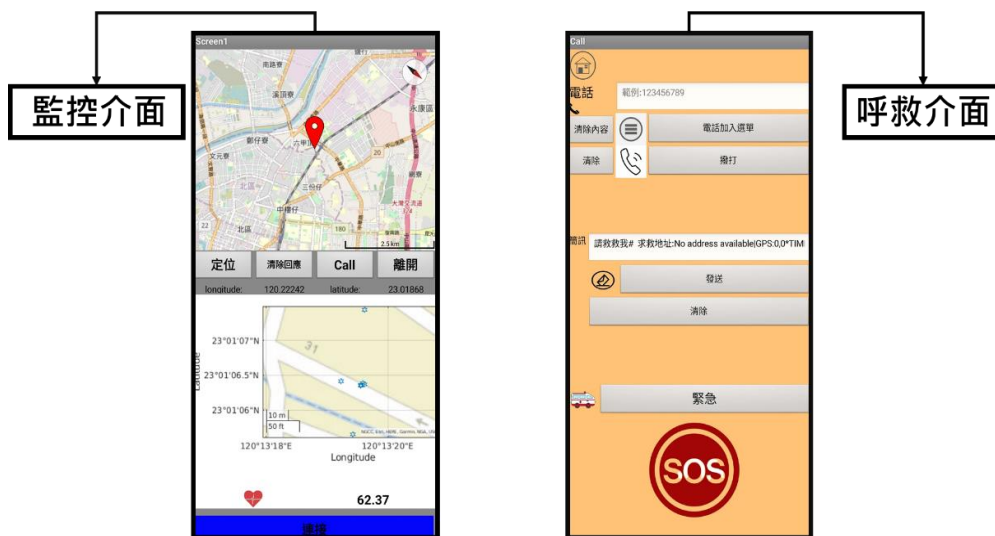


圖 12 手機程式介面

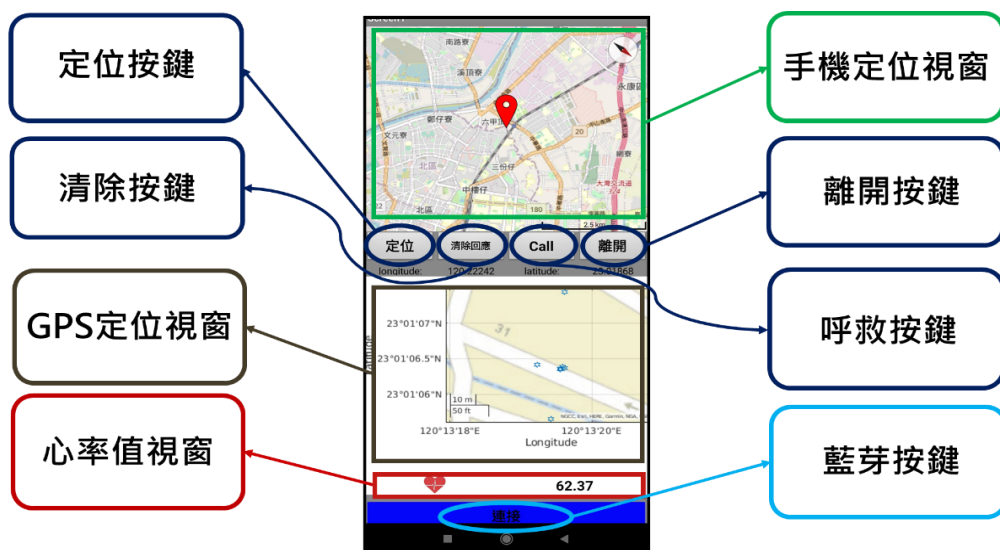


圖 13 監控介面按鈕與視窗介紹

圖 13 為手機的 APP 介面，分別是一般的監控介面（左）與呼救介面（右）；圖 14 為監控介面，介面內部有各式按鍵與視窗。

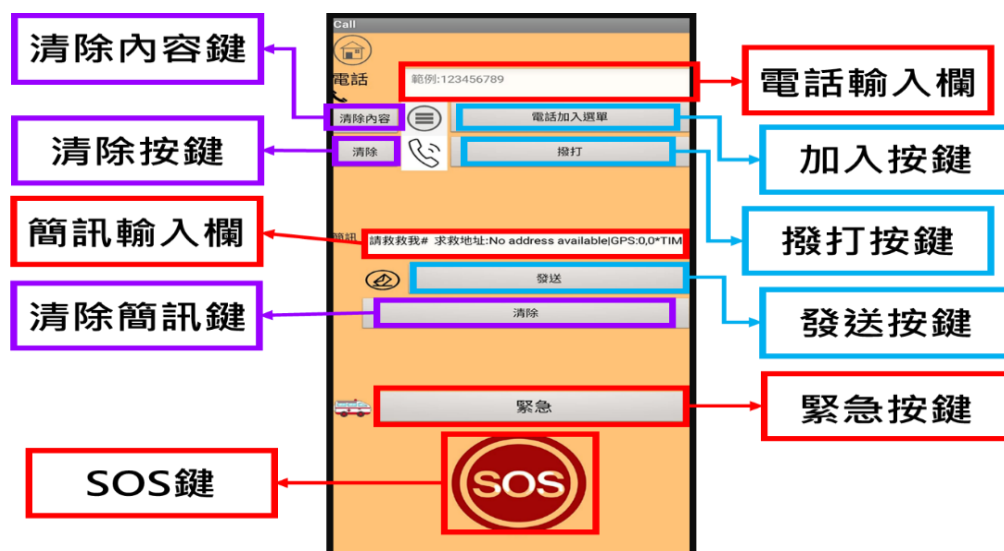


圖 14 緊急求救介面按鈕與輸入欄介紹

### （一）按鍵部分

1. 定位按鍵：按下之後即可利用手機本身的定位系統進行定位。
2. 清除按鍵：按下即可將測量到的心率值歸零，以便在重新量測時方便校準。
3. 離開按鍵：顧名思義，按下即可關閉程式。
4. 呼救按鍵：按下後會立即跳轉至呼救介面。
5. 藍芽按鍵：按下後可選擇藍芽裝置進行連接。

### （二）視窗部分

1. 手機定位視窗：在按下定位鍵後位置信息會顯示在這裡。
2. GPS 定位視窗：主要利用 WiFi 與務聯網將 GPS 所感測到的位置信息上傳至網路數據庫，最後會顯示於這個介面上，這個顯示介面除了可以用於增加整體定位的準確性，還因為物聯網可以共享資訊的



這項特性，可以在平時監控使用者的動向，以防止走失與後續意外的發生。

3. 心率值視窗：將感測到的心率值利用藍芽傳輸的方式同步顯示在該介面上。

### （三）輸入欄部分

1. 電話輸入欄：將電話輸入後按下加入按鍵即可儲存電話號碼在 APP 內部。
2. 簡訊輸入欄：此欄為自動輸入，按下緊急按鍵後，城市會將你的定位位址與求救信息自動輸入到欄位內。

### （四）按鍵部分

1. 清除內容鍵：按下後即可清除儲存在 APP 內的電話號碼。
2. 清除按鍵：按下後即可清空電話輸入欄內的內容。
3. 清除簡訊鍵：按下後即可清除簡訊輸入欄內的內容。
4. 加入按鍵：按下後即可將電話輸入欄內的號碼加入 APP 內部。
5. 撥打按鍵：按下後會跳轉至先前加入的電話號碼選單，選好電話號碼即可進行撥打。
6. 發送按鍵：按下後即可將簡訊欄內的內容發送給緊急聯絡人。
7. 緊急按鍵：按下後即可將定位位址以及求救信息自動輸入到簡訊輸入欄內。
8. SOS 鍵：按下後即可撥打 119 以及發出緊急求救鈴以方便周遭的人發現。

### （五）細節操作

1. 按下緊急按鈕。
2. 簡訊輸入欄自動輸入信息後按下發送即可將求救信息以及位置發送給緊急聯絡人。
3. 按下 SOS 鍵。
4. 跳出確認視窗，點選確認即可撥打 119 以及發出求救警鈴。
5. 完成品穿戴之示意圖，如圖 15 所示，受測人士:手上穿戴感測器及腰間穿戴定位器。

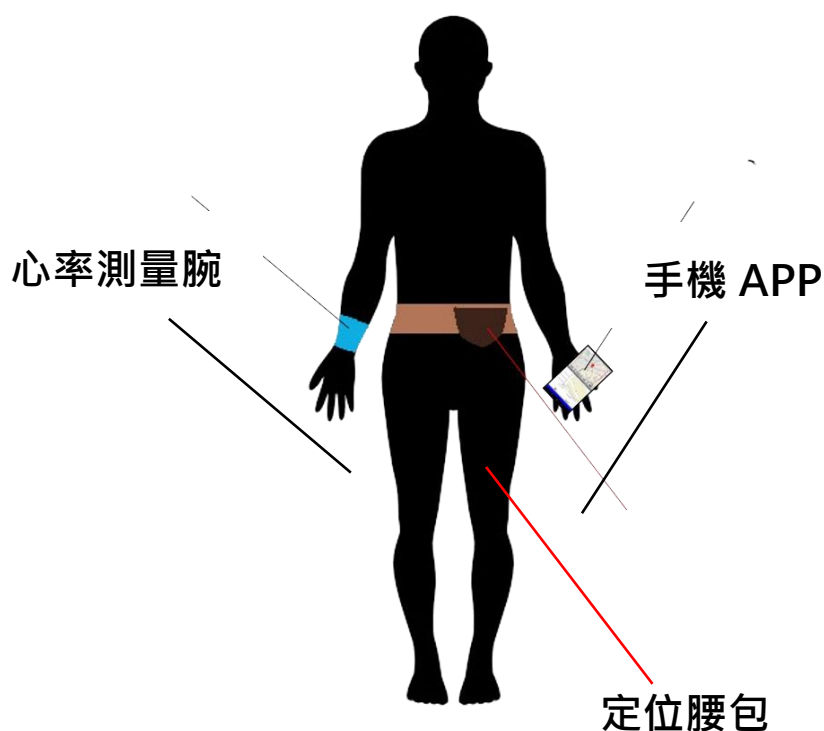


圖 15 完成品穿戴之示意圖

## 五、經緯度數據圖

圖 16 與圖 17 分別為經度（上）與緯度（下）數據圖，經時間的推移數值會上下浮動，浮動的原因為每隔段時間所抓到的衛星位置會改變也可能會抓到其他顆衛星的數值，所以浮動是正常的，如果沒浮動或是數值抓到一個點就不動了可能是感測器當機或是上傳數據時發生了問題。

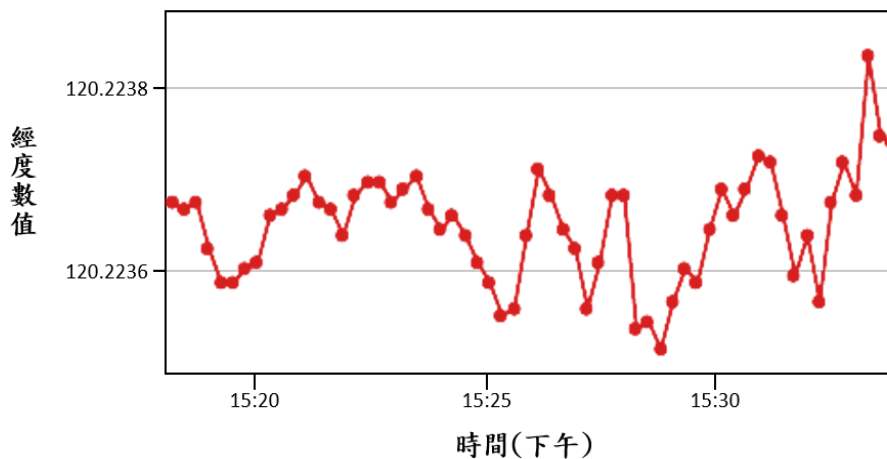


圖 16 經度數據圖

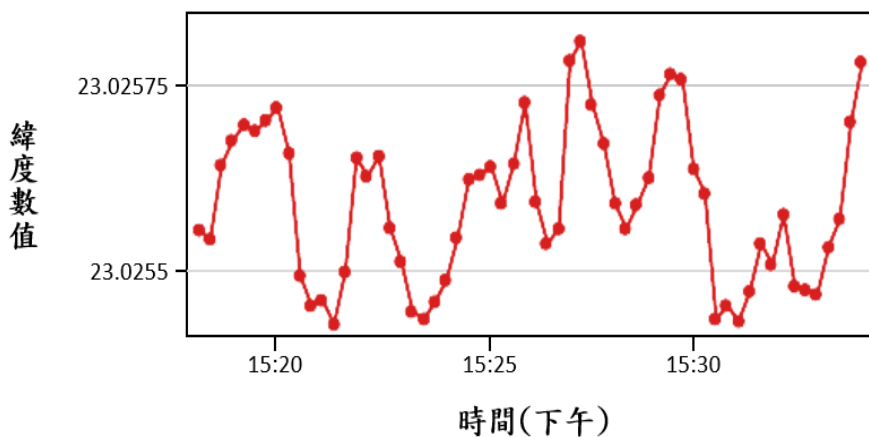


圖 17 緯度數據圖

藉由上面兩種經緯度數值（圖 16 與圖 17）可以得到經緯度的實際位置圖（如圖 18）。圖中藍色小點為感測器抓到的衛星分佈位置，抓到的衛星越多位置信息越準確。GPS 在室內抓不太到定位，根據參考其他論文與文章，發現市面上的定位與導航系統，都是結合 GPS 和 INS 多重定位導航，INS 是為了彌補 GPS 在遮蔽時無法定位的缺陷，進而取得比較準確的定位導航數據資訊，這是我們實驗上能改善的其中重點之一。

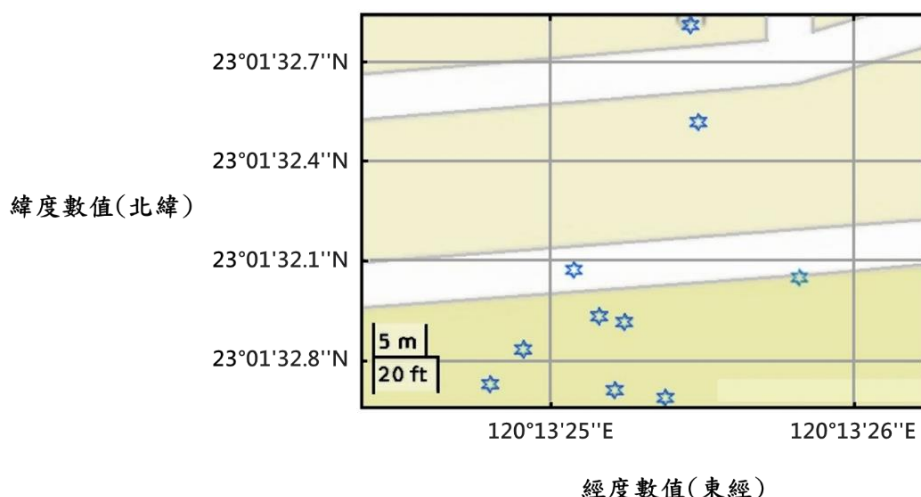


圖 18 經緯度位置圖

### 六、心率量測數據圖

心率值都會有些微的數值浮動，所以才會有心電圖的出現，若長時間數值無浮動，代表量測機器出現一些問題(ex.藍芽連接中斷、心律感測器訊號延遲現象)，此心率數值重複數量過多，產生無浮動情況，疑似感測器過熱造成。由於人的心臟每秒輸出的血壓基本上不會都是同個數值，所以心率值出現一條長直線不是正常的，經由我們檢查設備後發現藍芽連接正常，最後檢查出來的結果是由於不斷的開關機造成心率感測器過熱造成。

從本實驗數據看出來心率數據是有待改善的一個重要點，根據圖 19 數據可以發現量測值監測之正常心跳感測訊號現象，心跳值平均在 60-100 之間，符合一般人的心跳範圍，這點證明了感測器本身是適合穿戴，也成功整合 GPS 定位在手機 APP 上，根據參考幾篇論文，發現市面上的運動手環，是利用多重感測模組 (ECG&PPG) 來校正其數據的錯誤，加上光學心率感測器 (PPG) 跟皮膚保持接觸，必須緊貼如果太鬆，則之間產生空隙，此外太緊則會限制血液的流動，這是感測器本身的缺點，所以希望未來能藉由追加 PPG 感測器來增加感測多重性，來校正數據降低量測誤差並提升良率。因為光感測元件 (PPG) 在配戴時，如果與皮膚接觸密合度不佳，劇烈晃動會造成數值的不穩，受試者當初在配戴時 2-6 秒之間，可能動作較大有密合度不佳，造成數值的起伏較大的情況。

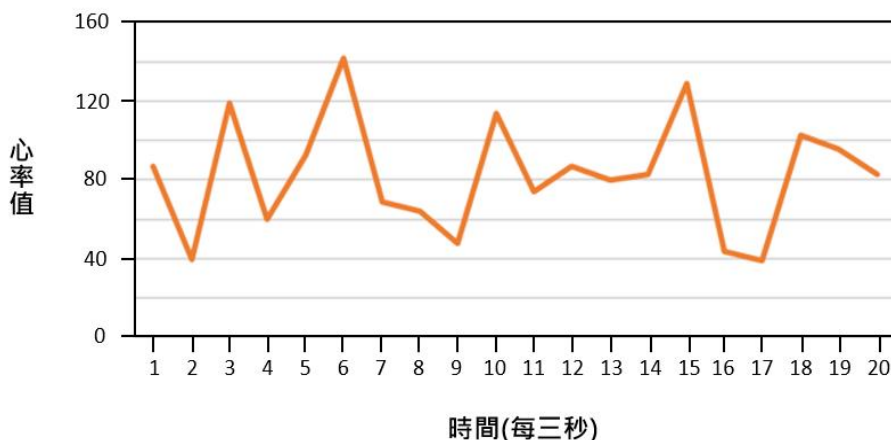


圖 19 監測之正常心跳感測訊號現象

## 伍、結論

可穿戴式作為手錶類型設計和實現，將 GPS 感測系統和心跳感測器整合在一起，希望未來能夠把現成感測器的電路重新改寫，將積體元件能夠往更小邁進，至於機殼部分能利用 3D 堆疊技術來達到輕量便宜耐用，以達到更好的攜帶性與堅固性。本次實驗用的 GPS 在室內抓不太到定位，根據參考其他論文與文章，發現市面上的定位與導航系統，都是結合 GPS 和 INS 多重定位導航，INS 是為了彌補 GPS 在遮蔽時無法定位的缺陷，進而取得比較準確的定位導航數據資訊，這是我們實驗上能改善的其中重點之一，往後期望能夠追加 INS 感測器的部分，來提升定位精準度。往後需要有更多技術上的提供與改善，能將此研究朝商品化邁進。

## 參考文獻

- [1] V.S. Tseng, C.H. Chou, K.Q. Yang and J.C.C. Tseng. (2017, Dec. 1–3)). A big data analytical framework for sports behavior mining and personalized health services. *The 2017 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence*, Taipei, Taiwan. <https://doi.org/10.1109/TAI.2017.47>
- [2] B.H. Kim and J.W. Oh. (2019). Development of healthcare service model using physical information data based on cluster sensing technology. *Cluster Comput*, 22, 1847–1859.
- [3] M. Swan. (2012). Sensor mania! the internet of things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0. *J. Sens. Actuator Netw.*, 1, 217–253.
- [4] A. Pantelopoulos and N.G. Bourbakis. (2010). A survey on wearable sensor based systems for health monitoring and prognosis. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. C Appl. Rev.*, 40, 1–12.
- [5] G.Z. Yang and X. Hu. (2006). *Multi-sensor fusion, body sensor networks*. Springer Press.
- [6] F. Khan, M.Z.A. Bhuiyan, M.M. Islam, T. Wang, A. Zaman and H. Tao. (2020, Jan. 3–6). Wi-Fi Signal Analysis for Heartbeat and Metal Detection: A Comparative Study of Reliable Contactless Systems. *IEEE 2019 6th International Conference on Dependable Systems and Their Applications (DSA)*. Harbin, China. <https://doi.org/10.1109/DSA.2019.00018>
- [7] G.R. Hu, H.S. Khoo, P.C. Goh, and C.L. Law. (2003). Development and assessment of GPS virtual reference stations for RTK positioning. *J. Geod.*, 77, 292–302.
- [8] X.L. Gan, W. Li, L. Yang and H. Zhang. (2020). State-space measurement update for GNSS/INS integrated navigation. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 3675824. <https://doi.org/10.1155/2020/3675824>
- [9] Y. Zhuang, J. Yang, L. Qi, Y. Li, Y. Cao, and N. El-Sheimy (2018). A pervasive integration platform of low-cost MEMS sensors and wireless signals for indoor localization. *IEEE Internet Things J.*, 5, 4616–4631.
- [10] H.M. Ashfiquel Hamid and Z. Çelik-Butler. (2021) Self-packaged, flexible, bendable MEMS sensors and energy harvesters. *IEEE Sens. J.*, 21, 12606–12617.

### 簡寫英文全名對照表：

- GPS: Global Positioning System (GPS) 全球定位系統
- APP: Application (App)應用
- IoT: Internet of Things (IoT)物聯網
- API: Application programming interface (API)應用程序接口
- GNSS: Global Navigation Satellite System (GNSS) 全球衛星導航系統
- MEMS: Micro Electro Mechanical System (MEMS) 微機電系統
- ECG: Electrocardiography (ECG) 心電圖
- PPG: Photoplethysmography(PPG) 光體積變化描記圖法
- INS: inertial navigation system (INS) 慣性導航系統