

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

佳作

052304

信標和微波雷達技術在健康照護之研究

學校名稱：國立彰化高級商業職業學校

作者： 高二 紀沛昕 高二 吳宇翰	指導老師： 林咏儒 蔡名峯
-------------------------	---------------------

關鍵詞：信標(iBeacon)藍牙模組、微波雷達模組、
LoRa 無線界面

摘要

本作品包含三個部份:1.利用微波雷達模組感測輸出都卜勒信號頻率與被檢測目標移動速度成正比關係，只須動態取樣和判斷都卜勒信號頻率變化就能實現一種實用的非穿戴式跌倒偵測器。2.將大型室內空間劃分為多個子空間，整合信標藍牙技術、智慧手機和 LoRa 無線界面，即可在遠端對整戶或任一子空間執行快速目標搜索。3.利用信標藍牙、微波雷達和毫米波雷達等技術，使傳統醫療院所護士推車具備解鎖啟動保護、目標位置檢測與方向修正、自動跟隨、用手輕壓觸控控制盒表面即能執行“手把手”工作模式和前進無段變速等多項創新功能。在不同實驗條件下，分別對完成後之不同實驗模型進行功能量測、記錄和分析，實驗結果顯示本作品確實可以滿足預期設計目標。

壹、研究動機

根據內政部的官方統計資料顯示，到 2009 年底，國內 65 歲以上的老年人口總數已經達到 2,457,648 人，約占全國總人口數的 10.63%，而且有逐年增加的趨勢。預估到了 2021 年底，全國老年人口數約占總人口數的 14% 左右，屆時我國將正式邁入高齡社會[1]。圖 1 是行政院國家發展委員會針對國內人口在 2020 至 2070 年間的人口成長推估圖，圖中清楚顯示國內老年人口的比例有逐年快速攀升的趨勢。醫療發達導致老人存活期不斷延長，居住及安養照護問題就越顯的重要，安養及養護機構和基層護理人員嚴重不足，收費又高昂，對一般家庭而言恐都會造成沉重的經濟和精神負擔，這些因為(超)高齡化社會所帶來的問題，勢必都是政府和一般社會大眾未來必須共同面對和需要妥善處理的社會問題。

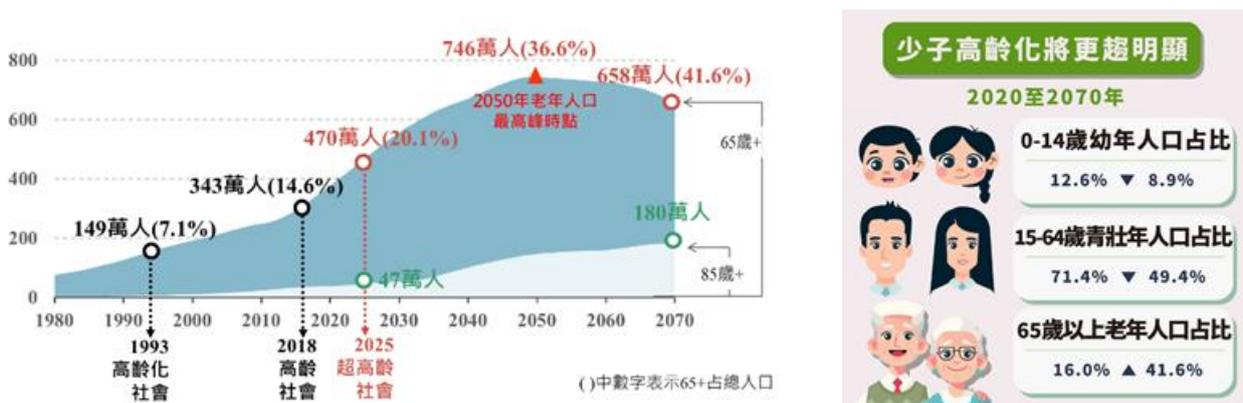


圖 1 國家發展委員會對國內人口推估的高齡化時程和不同年齡人口比例預測

行政院衛生署統計全台灣地區 65 歲以上的老年人口主要死亡原因，事故傷害占了十大死亡原因之一，其中意外跌倒又占事故傷害的第三位[2]。跌倒是老年人口中最常見的意外傷害事故，有約三分之一至一半的老年人口都曾經有過跌倒的經驗。從跌倒的發生地點上看，62% 老年人的跌倒最常發生在社區內、公共場所、居家的臥室和廁所等空間，這些都是老年人發生跌倒事件機率最高的地點[3]。

在高中物理(全)第四章第五節就有介紹當音源與觀察者之間假如存在相對運動時，則在觀察者位置聽到音源發出的聲音頻率也會隨之改變，此現象稱為都卜勒效應[13]。相較於傳統使用者必須全程佩帶跌倒感測器作法，本作品利用都卜勒效應研製一種使用者無需佩帶任何感測器之新型實用跌倒偵測器，可解決獨居者居家跌倒及時檢測的問題。

“可以選擇使用攝影機，但個人隱私曝露無遺，還會有人想用它嗎?”。在 2020 年，因為國內接連發生兩位知名藝人在他們的住處發生突發性跌倒事件，最後身亡的案例。兩個案例都有一些共同點，兩人都是獨居、沒有重大疾病史、在他們發生意外事故當下身旁都沒有旁人發現和送醫。事後有很多媒體報導指出，若是他們在發生事故當下身上有配帶可執行跌倒偵測功能的智慧手錶，或許悲劇就不會發生?智慧手錶是利用配帶者在發生跌倒瞬間，內部的加速度計若感測超過預設閾值，則立即發出警報請求協助。市售智慧手錶價格動則台幣萬元以上，高售價導致沒能受到廣大社會大眾青睞，難道沒有功能相似但成本低的其他作法了嗎?

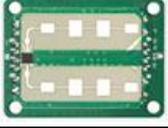
為防患失智老人、無自主行為能力兒童或寵物走失，相關搜尋裝置設計需求日漸增多。仰賴全球衛星定位系統(GPS)技術，室外目標找尋問題多數已獲解決；相對的，截至今日對許多室內特定目標找尋技術仍然存在許多技術問題是尚待解決克服的。隨著國內失智人口數目不斷增加，少子化問題日益嚴重，許多年輕人不婚又熱衷養寵物，一旦家裏面有失智老人或無自主行為能力兒童或心愛的寵物走失，因為這些對象都有不會主動聯絡家人的共同特徵，所以一旦走失，家人肯定必然心急如焚。近年來，因 3C 產品熱賣與通訊技術一日千里，價格低、種類多、功能齊全，逐漸被應用於民生和工業控制等用途，藍牙模組和 LoRa 模組就是其中最典型的產品之一。全球新冠肺炎疫情至今仍然相當嚴峻，因新冠肺炎「居家檢疫／居家隔離、自主健康管理者和有疑似症狀民眾」違規離開住所參加各種活動，就有導致疫情可能擴散風險。研究設計一套既可顧及個人隱思又可嚴格對居家隔離者執行如“電子圍籬”功能的設備是迫切需要的，這對遲遲不能取得國外疫苗的國內現況，更能顯見此設備的重要性。

貳、研究目的

- 一、實驗研究目標與微波雷達模組距離變化時，對輸出之都卜勒信號振幅和頻率的影響。
- 二、整合軟、硬體技術，創新設計一種基於都卜勒效應之新型非穿戴式跌倒偵測器實驗模型。
- 三、實驗研製一種具有“指向性”感測能力的微波雷達模組。
- 四、實驗研製一套藍牙無線界面收、發兩端通訊品質檢測電路。
- 五、實驗比較藍牙無線界面和 LoRa 無線界面通訊品質之優劣。
- 六、研究基於信標藍牙技術建立一套可無線對室內單一空間或整戶目標快速搜索實驗模型。
- 七、研究製作具有“自動跟隨”和“手把手”模式的新型護士推車。包含輕按觸控控制盒表面即可在“自動跟隨”和“手把手”模式切換，“解鎖”安全啟動和彈性改變前進速度等創新功能。

參、研究設備及器材

一、研究材料

			
圖 1-1 降壓調整器	圖 1-2 HB100 微波雷達	圖 1-3 電源供應器	圖 1-4 BC04-B 藍牙模組
			
圖 1-5 毫米波雷達	圖 1-6 LoRa 串口模組	圖 1-7 DS1302(RTC 模組)	圖 1-8 MAX7219 模組

二、實驗設備

			
圖 2-1 可調溫電烙鐵	圖 2-2 數位式示波器	圖 2-3 數位三用電錶	圖 2-4 電源供應器
			
圖 2-5 信號產生器	圖 2-6 單晶片燒錄器	圖 2-7 筆記型電腦	圖 2-8 智慧手機

肆、研究過程或方法

一、自製實驗模型

因應不同實驗目的需要，本作品研製了 3 種實驗模型：**第 1 種**是基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器實驗模型，探討如何只須預先在使用空間佈置好感測裝置，被檢測目標完全**無需攜帶**任何配件即能對目標動態執行**跌倒檢測工作與異常事件發生之警報求救**；**第 2 種**是室內空間目標搜索找尋實驗模型，探討如何在**室內或室外之顯示端**如何透過智慧手機對裝置端**整戶空間或單一小空間進行遠距離和無線目標快速搜索**；**第 3 種**是具有**自動跟隨**功能之新型護士推車實驗模型，透過綜合運用**信標藍牙技術、微波雷達技術和毫米波雷達技術**，使傳統醫療院所慣用之護士推車具備**解鎖啟動、動態目標檢測和自動方向修正、與目標距離量測與顯示、自動跟隨模式、手把手模式、觸控工作模式切換和前進速度彈性可調**等創新功能。

(一)基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器實驗模型

圖 2 是基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器的功能方塊圖組成。在被檢測目標發生跌倒期間，HB100 微波雷達模組與被檢測目標之間會因存在**“相對運動”**而輸出微弱的**都卜勒信號**；信號處理單元隨即對微弱之都卜勒信號執行耦合、放大和波形整形處理，然後**輸出與都卜勒信號頻率成正比的直流電壓**；最後利用判斷單元內的單晶片連續取樣直流電壓，比較判斷微波雷達模組與被檢測目標雙方之間的**“相對運動”**是否滿足本作品所設計建立之**非穿戴式跌倒偵測器跌倒事件發生定義條件**，若滿足，則判斷單元內的單晶片立即透過藍牙無線界面要求智慧手機以圖案、音樂對室內人員提出警示，同時透過簡訊方式對外發出求救訊息；若

不滿足，則跌倒偵測器執行狀態重置，繼續監視被檢測目標接下來的行為動作。

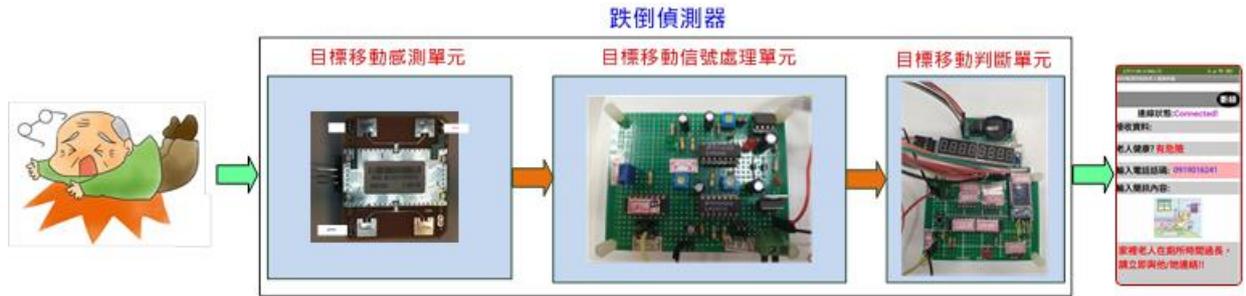


圖 2 新型基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器功能方塊圖組成

(二)基於信標(iBeacon)藍牙技術之室內整戶或單一空間內的目標快速搜索實驗模型

針對**特定被檢測目標**，例如失智老人、無自主行動能力之幼兒和寵物等，在**大型室內公共空間走失**或**想知道被檢測目標目前是否在室內空間或在那一個子空間內**。只要將室內空間劃分為多個子空間，且在每一個子空間內裝設一片電子控制板，如圖 3(a)所示。電子控制板包含 LoRa 模組、單晶片、三態邏輯閘和藍牙信號接收模組等元件。在顯示端另設有一片電子控制板和智慧手機，電子控制板上包含 LoRa 模組和藍牙模組各一片。目標找尋者只須在圖 3(b)的智慧手機螢幕人機操作界面上按下欲找尋子空間按鈕，對應指示燈亮且按鈕上顯示子空間信標藍牙模組無線發射的信號強度值(dB)。圖 3(a)指出裝置端與顯示端的雙向資料傳輸完全依賴 LoRa 通訊群組。圖 3(c)是 LoRa 通訊群組收、發兩端信號通訊品質的量測電路。

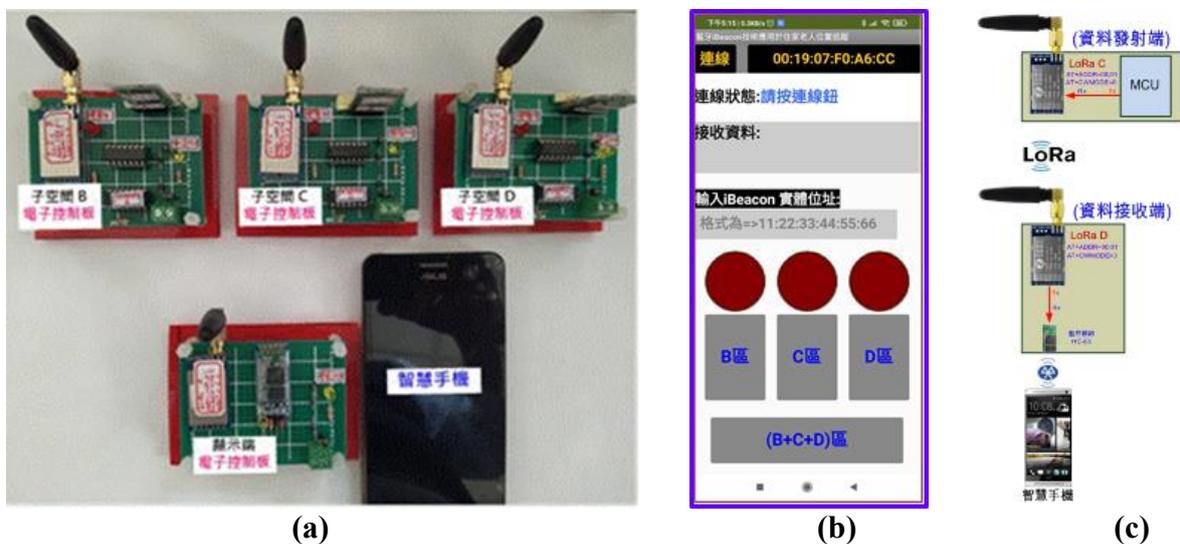


圖 3 (a)實驗模型外觀 (b)智慧手機螢幕規劃 (c)LoRa 通訊群組收、發兩端通訊品質量測電路

(三)具有自動跟隨功能之新型護士推車實驗模型

新型護士推車的操作者**身上必須佩帶一片信標藍牙模組**，當操作者**接近護士推車時**，護士推車上的電子控制板會透過無線接收到由操作者身上**信標藍牙模組發射的藍牙實體位址**來**辨識操作者身份**，若是內定護士推車的使用對象，則“**解鎖**”**安全啟動功能**開始供電給護士推車上的**所有電路和用電負載**，實現**省電與防止護士推車被非操作人員破壞的問題**。新型護士推車上設有一**特殊目標感測平台**



平台上的左、右兩側各設有一個可執行目標位置感測和方向修正的微波雷達模組和一個動態可感測目標存在與否和測量雷達與目標雙方距離用的毫米波雷達模組。基於金屬對雷達高頻發射波具有屏蔽的特性，在感測平台上利用金屬薄片和鐵罐劃將護士推車前方劃分為三個目標感測區域。圖 4 是完成後的新型護士推車實體雛型在各個視角照片和重要零件位置和名稱定義。透過感測平台上的左、右側微波雷達模組就可以感測目標是否出現的區域，然後執行護士推車平台轉向修正，直到中間毫米波雷達感測到“有人”為止。系統控制器內的單晶片透過串列接收毫米波雷達輸出資料後計算得知，立即停止感測平台轉向修正動作，並計算出它與目標的即時距離(Lr)。當 $Lr > Ld$ (臨界值距離)，則護士推車前進；當 $Lr < Ld$ ，則護士推車不動。當操作者用手輕壓(手放開)觸控控制盒表面，新型護士推車立即由“自動跟隨”(“手把手”)模式”切換成為“手把手”(“自動跟隨”)模式。另外，可透過“前進速度改變旋鈕”彈性調整護士推車前進速度。



圖 4 具有“自動跟隨”功能之護士推車實驗模型和重要零組件位置與名稱定義

二、研究流程與架構

圖 5 是為完成本作品三個實驗模型而規劃的作品研究執行內容和進行步驟:

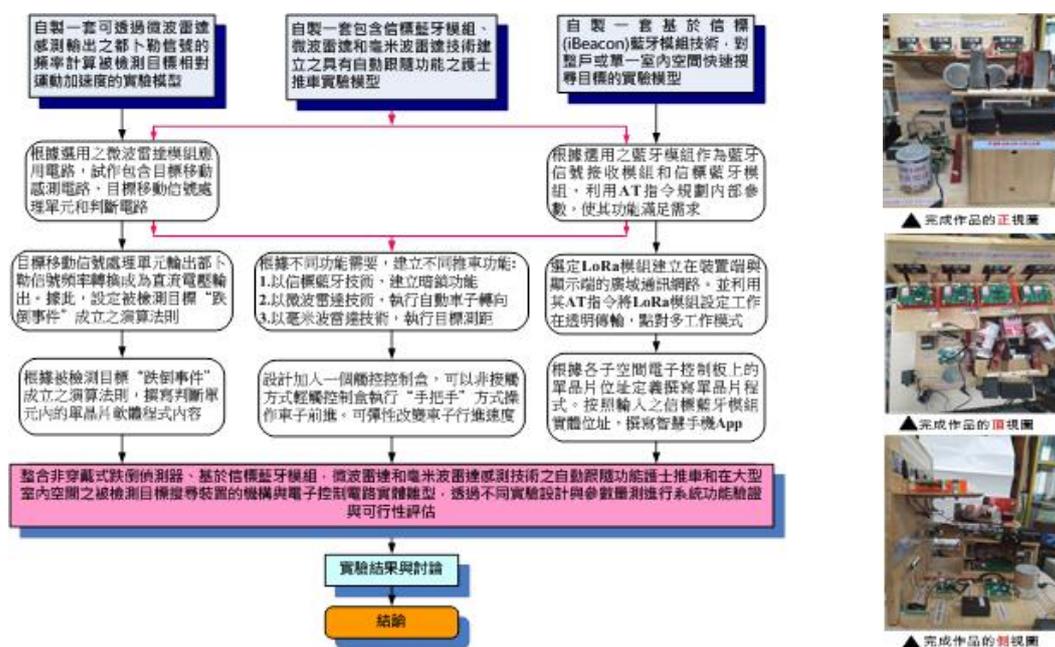


圖 5 本作品之研究執行內容與進行步驟規劃

三、本作品實驗模型規劃與設計

(一)基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器

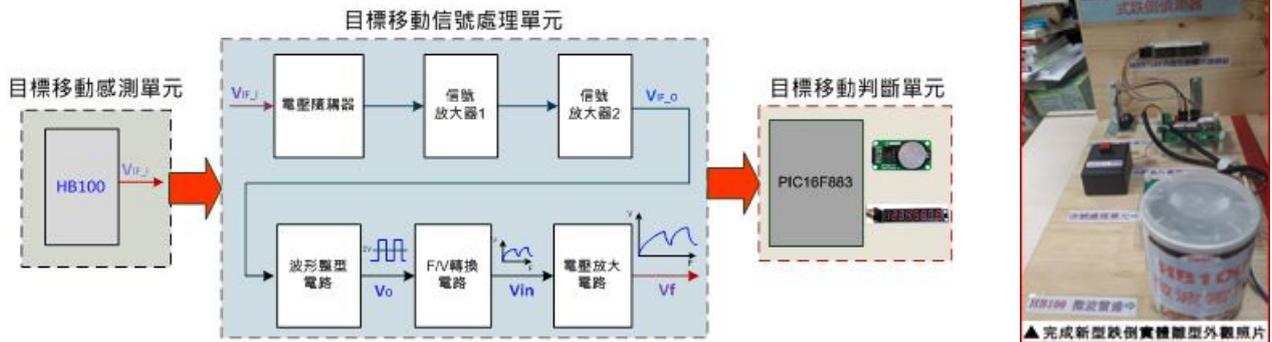
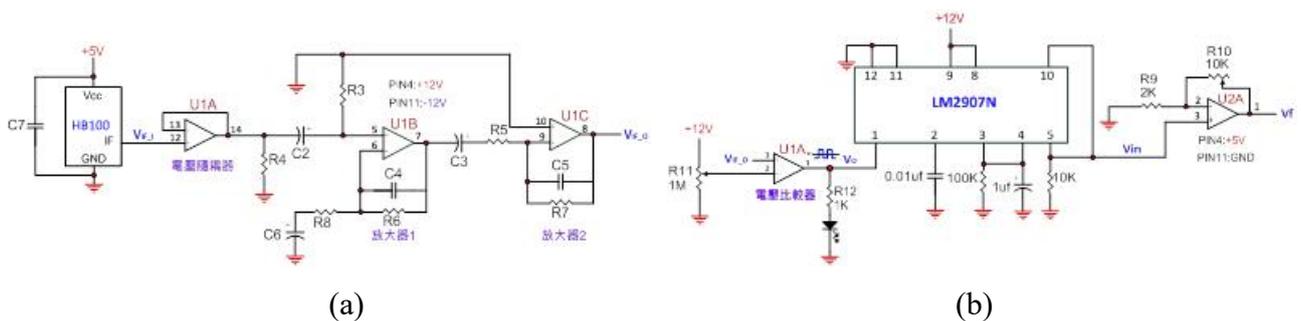


圖6 基於都卜勒效應之新型非穿戴式跌倒偵測器功能方塊圖組成

與傳統跌倒偵測器比較，**新型基於微波雷達之跌倒偵測器具有完全無需在被檢測目標身上穿戴任何感測器的優點**。圖 6 是新型非穿戴式跌倒偵測器的硬體電路功能方塊圖組成和完成實體雛型，主要是由**目標移動感測單元**、**目標移動信號處理單元**和**目標移動判斷單元**等三個單元所組成。圖 7(a)是新型跌倒偵測器的目標移動感測單元電路圖，是以一個工作頻率為 10.525GHz 之 HB100 微波雷達模組作為雛型硬體發展核心，負責動態感測被檢測目標與微波雷達模組之間是否存在相對運動。在圖 7(a)所示之電路中，為了降低微波雷達模組輸出端的負載效應，故以一個運算放大器組成電壓隨耦器將雷達輸出之微弱都卜勒信號傳送給目標移動信號處理單元，依序執行**耦合、放大、波形整形**和**頻率/電壓轉換**信號處理，最後再由非反相放大電路輸出代表**目標移動速度的直流電壓**，本作品既以此直流電壓計算目標在單位時間內的移動速度變化量或移動加速度。圖 7(c)指出透過新型跌倒偵測器目標移動判斷單元內的單晶片、DS1302 電子時鐘計時模組和 MAX7219 八位七段顯示器模組，負責從微波雷達模組輸出之都卜勒信號頻率變化量判斷被檢測目標是否發生跌倒意外事件。由於**頻率/電壓轉換電路輸出直流電壓恆與輸入端之正、負交變方波頻率成正比關係**，故在圖 7(a)和圖 7(b)所示之目標移動信號處理單元電路必須外加正、負 12V 作為工作電源。圖 7(d)為圖 7(a)和圖 7(b)所示之目標移動信號處理單元電路內四個重要節點的電壓波形。波形整形後的方波或 V_o 的頻率決定於被檢測目標與微波雷達模組之間的相對移動速度，**當雙方的相對運動速度越快，信號處理單元輸出之方波頻率就越高(越低)，頻率/電壓轉換電路輸出電壓 V_{in} 也就越高(越低)**。



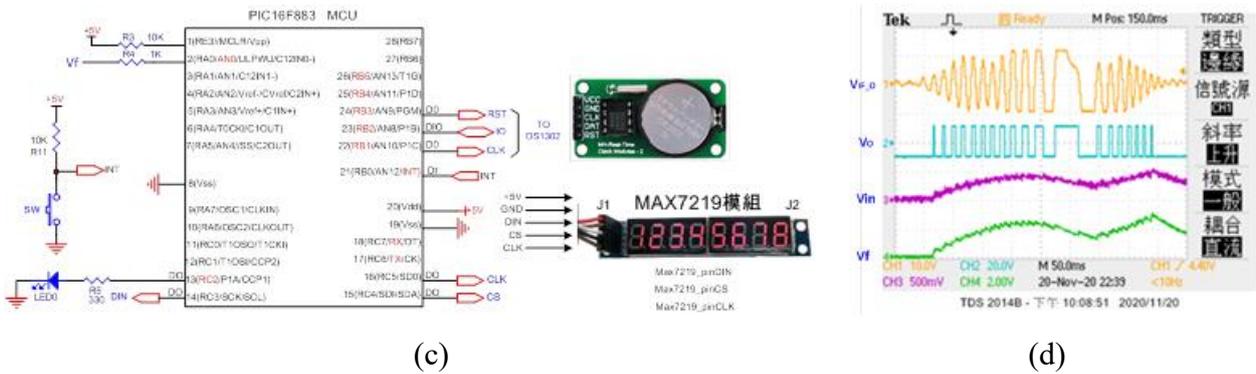


圖7 基於都卜勒效應之新型非穿戴式跌倒偵測器硬體電路圖和部份節點電壓波形

本作品即規劃圖7(c)之目標移動判斷單元內的單晶片第2腳為類比輸入腳，動態取樣、轉換和計算圖7(b)頻率/電壓轉換電路輸出端之類比電壓 V_t 在單位時間內的變化率，藉此即可判斷被檢測目標是否發生跌倒意外事件。一旦透過目標移動判斷單元上的單晶片軟體判斷被檢測目標移動狀態滿足判斷單元內的單晶片軟體預設目標發生跌倒事件的判斷條件，單晶片就會立即透過判斷單元電路上的藍牙無線界面傳給顯示端之智慧手機“001001”字串，隨即在智慧手機的螢幕上顯示如圖8所示包含表示目標發生跌倒的圖片、播放一段音樂和對室外親友發送求救簡訊[11]。



圖8 智慧手機 App 的操作過程和跌倒偵測器檢測到目標發生跌倒前、後，螢幕顯示變化



圖9 (a)完成後的跌倒偵測器實驗模型 (b)跌倒前智慧手機螢幕及時顯示畫面 (c)跌倒後智慧手機螢幕及時顯示畫面

圖 9(a)是根據圖 7 之跌倒偵測器電路圖設計完成的實驗模型。圖 9(b)是在被檢測目標未發生跌倒意外事件之前，顯示端智慧手機螢幕顯示的初始畫面；若跌倒偵測器判斷單元初步檢測到被檢測目標發生跌倒事件，開始計時 1 分鐘，若被檢測目標未能在 1 分鐘計時終了前及時按下狀態解除開關 RESET 解除單晶片對目標發生跌倒事件的初步判斷結果。單晶片隨即透過藍牙無線界面發射“001001”字串給智慧手機，智慧手機螢幕會由顯示初始畫面轉為顯示圖 9(c)的警報畫面，同時播放一段音樂和透過電信網路對外親朋好友緊急發送一則簡訊。

(二)信標藍牙技術在室內空間對被檢測目標快速搜索找尋

首先，以在顯示端智慧手機選擇只對裝置端一個子空間進行被檢測目標搜索為例。顯示端智慧手機循圖 10 的路徑①，發射一個控制字串“bbb:1”給裝置端子空間電子控制板上的單晶片，單晶片接收到控制字串後隨即透過軟體解碼得知智慧手機發射的控制字串是不是本身。若是，則單晶片循圖 10 的路徑②，致能打開 74LS125A 三態邏輯閘，提供藍牙信號接收模組 BC04-B 動態在子空間搜索到的所有信標藍牙模組周期性發射的無線資料訊息都循圖 11 中的路徑③回傳給顯示端的智慧手機。最後，顯示端智慧手機應用程式(App)會自動以操作者在螢幕輸入文字框輸入裝置在目標身上的信標藍牙模組實體位址逐一與藍牙信號接收模組 BC04-B 回傳的資料做比對，若相等，就表示目標現在存在裝置端的搜索子空間裡面[4][6]。

假如保留圖 10 顯示端的所有設備，但將裝置端單一室內空間擴展或劃分為三個子空間，假設分別稱為子空間 B、子空間 C 和子空間 D，如圖 11 所示。為了讓顯示端的智慧手機可以清楚辨識到所有裝置端安裝在每一個子空間內的電子控制板，所以必須對裝置在每一個子空間內的電子控制板上的單晶片定義一個唯一位址。爾後，每當顯示端的智慧手機想要透過藍牙無線界面和 LoRa 通訊群組對裝置端發射一個控制字串(或單晶片位址)時，就只有一個裝置端子空間內的電子控制板上的單晶片會回應訊息，表 1 就是本作品針對安裝在裝置端三個子空間內的電子控制板上的單晶片而定義位址表。

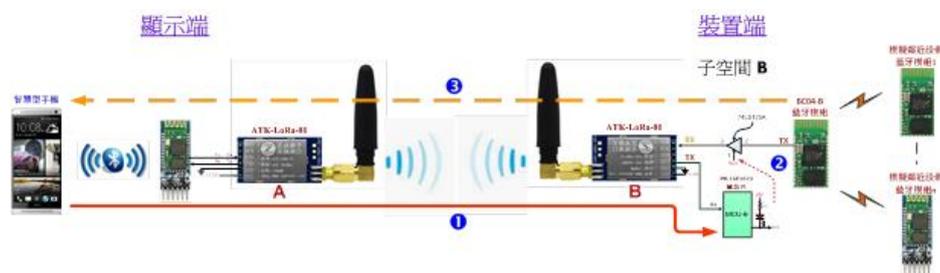


圖 10 一個顯示端智慧手機搜尋一個裝置端子空間，控制字串與回應資料傳送路徑的示意圖
當顯示端的智慧手機擬選擇對裝置端特定一個子空間進行被檢測目標搜索時，只須在顯示端智慧手機人機操作界面上按上要搜索裝置端的子空間對應按鈕，智慧手機 App 就會經由顯示端的智慧手機和外部 HC-06 藍牙模組建立的藍牙無線界面和 LoRa 通訊群組無線傳送控制字串給裝置端的所有子空間；當裝置端所有子空間內的電子控制板上的單晶片透過 LoRa

通訊群組接收到此一控制字串後，當然**只有單晶片位址定義與控制字串相同的單晶片**才會有**回應動作**，被指定動作的單晶片會透過 RC0 接腳驅動同在一片電子控制板上的三態邏輯閘致能或導通，提供藍牙信號接收模組 BC04-B 即時從同一子空間內接收到**所有信標藍牙模組**(可能包含要搜索的**信標藍牙模組**)發射的信號資料回傳給**顯示端智慧手機**的通路[10]。

表 1 在本作品裝置端不同子空間內的單晶片位址定義

裝置端子空間	單晶片控制字串
B 區	bbb:1
C 區	ccc:1
D 區	ddd:1

在室內因信號遮蔽問題，“GPS”不能用!

個人隱私有外洩疑慮，“攝影機”不能用!

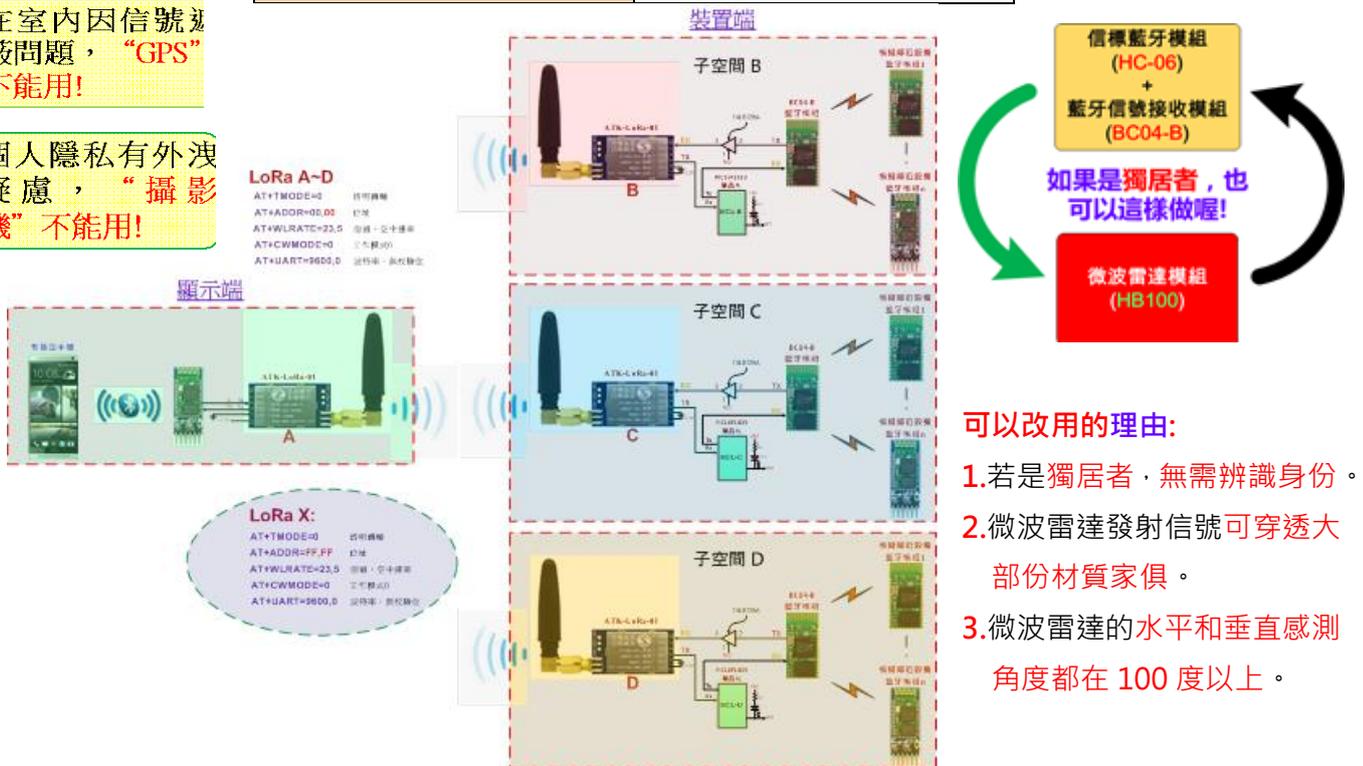


圖 11 信標藍牙技術在室內空間快速搜索目標的電路功能組成方塊圖

圖 11 是為對目標搜索而將裝置端擴展為三個子空間的應用電路。在顯示端和裝置端電子控制板上的所有 LoRa 模組都規劃工作在**透明傳輸和點對多工作模式**，組成一個具有**低功耗、可長距離傳輸資料的廣域網路(LPWAN)**。只要在圖 11 所示為原本針對室內空間目標搜索之目的而設計的 LoRa 通訊群組之外，在室外另外準備一片 LoRa 模組，並將這一片 LoRa 模組的參數都規劃設定與室內空間內的 LoRa 通訊群組所有 LoRa 模組具有相同的參數，表示室外 LoRa 模組是要彈性加入室內原本已經建立的 LoRa 通訊群組。從此以後，**室外的親友或鄰居就可以隨時在室外(3公里內)透過這一片後來加入的 LoRa 模組**，即可“監聽”到室內被檢測目標動態位置移動情形。其他如獨居者身體是否發生突發狀況，也可以透過這個設計提早發現。其實圖 11 也設計了另外一種可以達到相同目的的做法，就在室外另外準備一片 LoRa 模組，將這個

LoRa模組規劃工作在“廣播監聽”模式，或將該LoRa模組的位址設定為0xFFFF，其他參數設定與室內空間原本已經組成的LoRa通訊群組內的所有LoRa模組有著相同參數即可。

台灣新冠肺炎疫情至今仍然相當嚴峻，每天都有數百感染案例產生。為避免新冠肺炎「居家檢疫／居家隔離、自主健康管理者和有疑似症狀民眾」因為擅自離開住所私自外出參加活動與其他人群接觸可能因此加速疫情擴散。本作品特別規劃設計可在室內空間對被檢測目標執行快速搜尋的作法，若能與疫情指揮中心和各地警察局合作。一方面立法加重對違規者的處罰；另一方面透過“不定時”對「居家檢疫／居家隔離、自主健康管理者和有疑似症狀民眾」進行“整戶”快速目標搜索方法，對居家隔離人等的管制一定可以收到立竿見影的效果。

(三)具有自動跟隨功能之護士推車設計與雛型製作

醫療院所因為出入人員複雜，很多醫療院所內的設備、器材和文件可能因為醫療人員或病人不當接觸導致病菌到處流竄，提供病菌滋生的機會，和讓護理人員可以空出雙手做其他事，本作品因此創新設計具有自動跟隨功能的新型護士推車。為能避免非相關人員碰觸自己無權限使用或移動的設備而導致設備損壞，基於信標藍牙技術在新型護士推車加入“解鎖”安全啟動裝置。成功整合信標藍牙技術、微波雷達技術和毫米波雷達技術乃是新型護士推車的主要組成核心技術，不僅實現了新型護士推車應有之方向修正和自動跟隨功能，而且還兼顧了省電、安全、成本和操作簡單等設備重要設計條件。

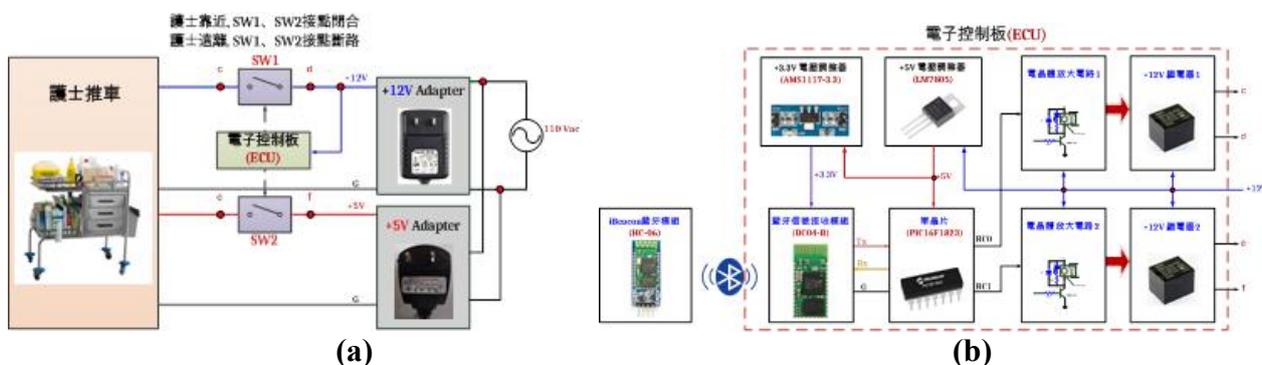
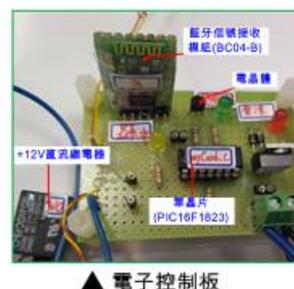


圖12 新型護士推車 (a)“解鎖”安全啟動設計 (b)電子控制板的功能組成方塊圖

透過信標藍牙技術實現限定只有使用權限的操作者才可以“解鎖”安全啟動新型護士推車功能。如圖12(b)所示，首先在擁有新型護士推車使用權限的操作者身上佩帶一片信標(iBeacon)藍牙模組，當此擁有使用權限的操作者接近新型護士推車時，安裝在新型護士推車上的一片電子控制板就會透過板上的藍牙信號接收模組(BC04-B)接收到由操作者身上信標藍牙模組無線發射的資料，再傳送給電子控制板上的單晶片(PIC16F1823)辨識。當電子控制板上的單晶片把藍牙信號接收模組讀取的資料內容中的實體位址(Mac Address)與內定信標藍牙模組所屬實體位址執行比對辨識，若是，則表示目前接近新型護士推車的人就是擁有操作權限的使用

者，板上的單晶片立即命令兩支數位輸出腳RC0和RC1輸出高準位電壓，再經過兩個電晶體放大驅動兩個+12V直流繼電器導通+12V和+5V直流電壓開始供電給**新型護士推車**電路和**用電負載**，如圖12(a)所示。圖13(a)是電子控制板的硬體電路圖，圖13(b)則是電子控制板上的單晶片是使用“磁滯控制法”控制**新型護士推車**上所有電路和用電負載電源。在推車處，接收到從護士身上信標發射的信號強度(RSSI)

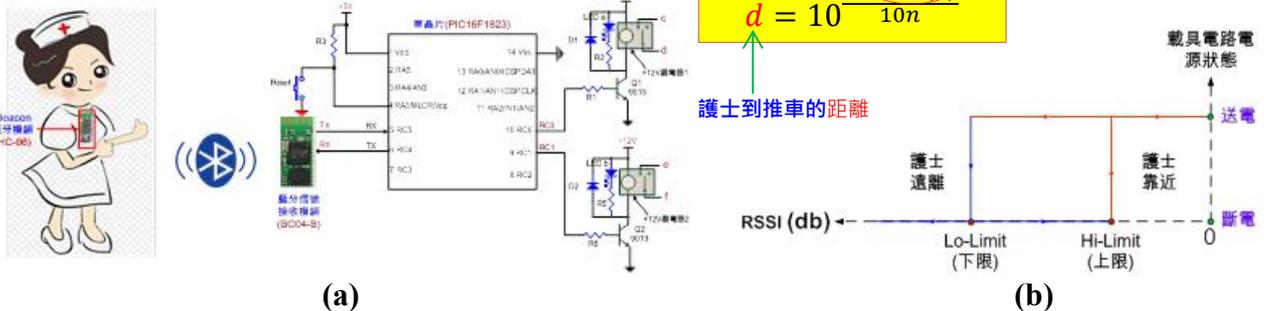


圖13 (a)電子控制板的電路圖 (b)採用“磁滯控制法”控制系統電路工作電源開/關

在傳統護士推車組成機構上增加如圖14(a)所示之感測平台結構設計。如圖14(b)的上圖所示，當裝置在**新型護士推車**感測平台上的左或右側的微波雷達模組感測到**目標或護士**出現在所屬感測區域內時，系統控制器立即透過驅動左輪或右輪向前轉動執行推車方向修正，目標是希望**新型護士推車**的正面朝向護士方向。如圖14(b)的下圖所示，當目標存在感測平台中間感測區域內，且在毫米波雷達模組的最小~最大感應距離區間(10cm~350cm)時，系統控制器會一方面立即停止**新型護士推車**繼續執行方向修正；另一方面則利用毫米波雷達模組即時測量與目標的距離。利用單晶片(PIC16F883)的串列埠接收毫米波雷達模組輸出其與目標之間的距離資料，再經過計算和與內定之臨界值距離比較之後，即可決定**新型護士推車**下一個動作是要前進或者保持不動了[13]。

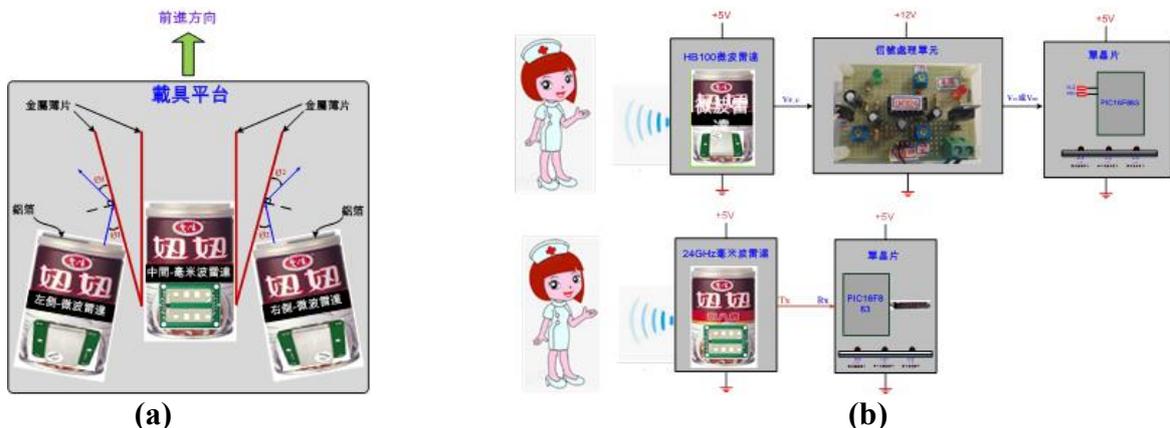
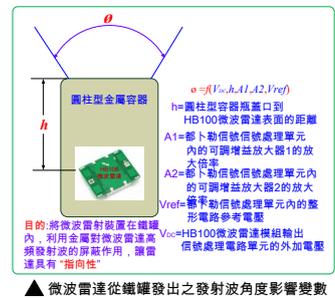
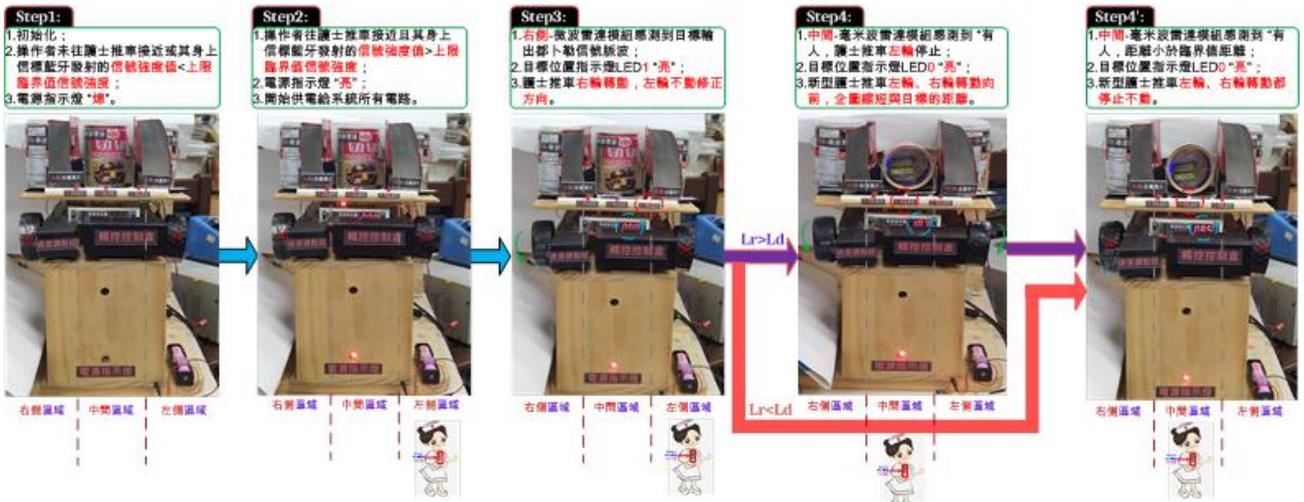


圖14 新型護士推車 (a)感測平台設計 (b)微波雷達和毫米波雷達硬體感測電路功能方塊

圖15是**新型護士推車**的外觀照片和重要零件名稱定義、擔任的工作與任務。利用**金屬薄片**和**鐵罐子**對雷達高頻發射波具有**屏蔽特性**，將**新型護士推車**正前方區域劃分為**右側**、**中間**和**左側**等三個目標可能位置的感測區域。



3. 初始化後，目標出現在新型護士推車的中間-毫米波雷達感測區域內:



為提升新型護士推車的使用彈性，故設有“速度調整旋鈕”藉此改變新型護士推車的前進速度。圖 16 是本作品以 LM2576 積體電路為核心組成之降壓式電壓調整器，有需求外圍元件少工作效率高的優點。藉由改變圖中電阻 R_1 數值即可得不同 V_{out} 電壓供電給直流馬達改變轉速。

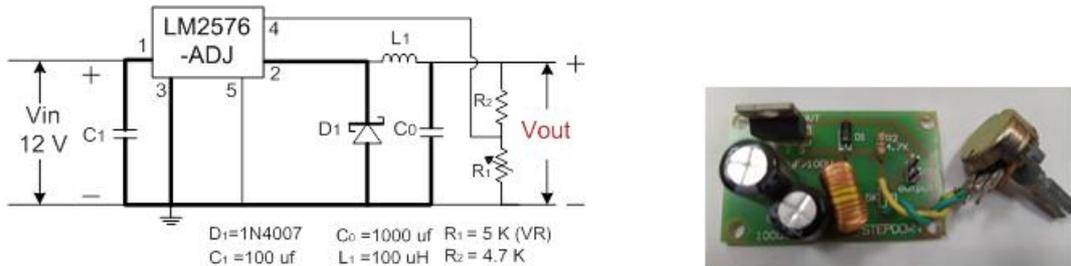


圖 16 以 LM2576-ADJ 為核心組成降壓式電壓調整器

圖 17 是本作品為即時改變推車行進速度和方向的硬體功能組成方塊圖。圖 18(a)是護士推車左右輪轉向控制電路圖，而以 RZ2018 積體電路作為核心設計而成的。圖 18(b)是觸控控制盒內部的電路圖，是以 SGL8022K 積體電路作為核心外加少許外圍元件組成的，圖 18(c)是在麵包板試接和除錯硬體電路的情形，圖 18(d)是完成實體雛型在“按壓”和“未按壓”狀況的

外觀照片。因應護士推車需有易清潔和可在多人、多床環境使用的特殊需求，因此加入“手把手”工作模式，只要用手“按壓”觸控控制盒表面，護士推車就能輕易進、出病房等複雜環境。



圖17 行進速度和行進方向的硬體控制電路功能組成方塊圖

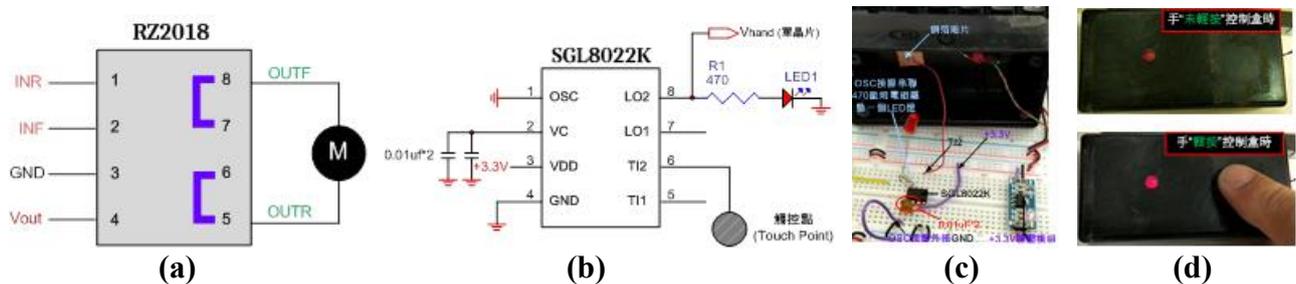


圖 18 (a)輪子正反轉控制電路圖 (b)觸控電路圖 (c)麵包板試接觸控電路 (d)觸控盒操作

表2是本作品所有實驗模型使用到的重要組成零組件或電路名稱定義與其功能簡介。

表2 本作品所有實驗模型的重要組成零組件或電路的名稱定義與功能簡介

非 穿 戴 式 跌 倒 偵 測	1.目標移動感測單元:以 HB100 微波雷達模組擔任，當被檢測目標與 HB100 微波雷達模組存在不同速度相對運動時，微波雷達模組就會輸出不同頻率的都卜勒信號。
	2.交流耦合:都卜勒信號的極性須為正、負電壓極性變化，故在微波雷達模組輸出信號與低頻放大器之間設計以交流耦合方式連接，隔離直流信號。
	3.可調增益放大器:一般微波雷達模組輸出之都卜勒信號是微弱的，需要一個高增益的低頻放大器來放大微弱的都卜勒信號，提高解析度有利於後級電路處理與識別。
	4.波形整型電路:對變化緩慢或不規則的信號進行整形，可同時去除掉輸入信號中的干擾信號。
	5.頻率/電壓轉換器:提取都卜勒信號中的頻率成份變化量，輸出直流電壓。利用單位時間的直流電壓變化量直接類比被檢測目標與微波雷達模組的移動加速度變化量。
	6.非反相放大器:放大頻率/電壓轉換器輸出代表目標移動速度之直流電壓，提高後級判斷電路內的單晶片處理信號的解析度。
	7.單晶片:按照既定被檢測目標的跌倒事件判斷演算法則，連續兩次讀取非反相放大器放大後的頻率/電壓轉換器輸出電壓，藉以判斷目標是否發生跌倒意外事件。
	8.智慧手機:擷取網路時間，下載 DS1302 即時電子時鐘模組作為計時初值；接收到單

器	晶片無線傳來“001001”字串，對內顯示圖案、播放音樂警告和對外發送簡訊求救。
	9.DS1302 即時電子時鐘模組:接收智慧手機下載的網路時間作為計時暫存器初值，以 24 小時制計時，檢測到目標發生跌倒事件，單晶片及時將當下時間儲存在 EEPROM。
	10.MAX7219 八位七段顯示器:各以兩位數顯示 DS1302(RTC)模組的時、分、秒時間。
	11.狀態重置開關:若被檢測目標在單晶片預設的時間內(本作品設定為 1 分鐘)，若被檢測目標的身體無大礙或只是動作過大過快，都可以透過按下這個開關(接到單晶片 INT 接腳)，取消原本單晶片的計時動作。
室內空間之被檢測目標位置快速搜索	12.信標藍牙模組:裝置在被檢測目標身上，必須規劃成為僕角色(Slave role)，且不能與任何主角色藍牙模組建立連線；送電後，會向裝置空間周期性發射包含模組實體位址(Mac address)在內的無線信號。
	13.藍牙信號接收模組:裝置在廁所電子控制盒內，必須規劃成為主角色(Master role)，且不能與任何僕角色藍牙模組建立連線；送電後，會持續接收所在空間附近任何信標藍牙模組所發射的無線信號，然後連續回傳給顯示端的智慧手機執行比較判斷。
	14.三態邏輯閘:控制裝置同一塊電子控制板上的藍牙信號接收模組是否被允許接通過 LoRa 通訊群組回傳接收到的信標藍牙模組發射資料給顯示端智慧手機。
	15.單晶片:裝置在子空間的電子控制板上，負責接收從顯示端智慧手機透過 LoRa 通訊群組無線傳來的控制字串，若控制字串就是本身的位址，單晶片就會致能/禁能交替控制三態邏輯閘導通或關閉。
	16.電子控制板:在室內空間裝置端每一個子空間各安裝一片電子控制板，電子控制板上包含 LoRa 模組、單晶片、三態邏輯閘、藍牙信號接收模組各一個。
	17.LoRa 通訊群組:在室內空間裝置端每一個子空間內的電子控制板和顯示端電子控制板上都設有一片 LoRa 模組；若將這些 LoRa 模組的位址、信道、通訊速率、工作模式、波德率等 LoRa 模組內部參數都設定相同，則共組一個無線資料通訊群組。
	18.藍牙無線界面:在顯示端的電子控制板上設有一片藍牙模組 HC-06，負責與智慧手機建立藍牙無線界面，傳送智慧手機發射給裝置端的控制字串和從裝置端藍牙信號接收模組回傳有關所屬子空間內的信標藍牙信號發射的無線信號內容。
	19.智慧手機:規劃設計一個友善的人機操作界面，提供操作者下達欲搜索目標的室內子空間位置或接收子空間電子控制板回傳有關目標找尋結果的資料，與操作者在人機操作界面上設定的目標身上的信標藍牙模組實體位址比較，判斷目標是否在搜索的子空間內。

具自動跟隨功能之護士推車	<p>達模組產生相對運動，模組輸出之都卜勒信號可供控制器驅動護士推車向左偏轉。</p>
	<p>21.右側微波雷達:裝置在新型護士推車上的平台右側位置，負責動態感測護士推車正前方右側區域是否存在目標，當被檢測目標進入右側感測區域，且與右側微波雷達模組產生相對運動，模組輸出之都卜勒信號可供控制器驅動護士推車向右偏轉。</p>
	<p>22.中間測距毫米波雷達(HLK-LD303-24G):裝置在新型護士推車上的平台中間位置，負責動態感測護士推車正前方區域是否存在目標。若目前存在中間感測區域，則停止護士推車向左或向右的轉向動作。立即測量雷達與目標之間的距離，當兩者距離大於內定臨界值距離時，護士推車執行前進動作；若兩者距離小於內定臨界值距離時，護士推車執行停止動作。</p>
	<p>23.信標藍牙模組(HC-06):裝置在被檢測目標身上，當被檢測目標進入或離開護士推車時，裝置在護士推車內的電子控制板上的藍牙信號接收模組就會接收到不同信號強度(RSSI)，電子控制板內的單晶片既根據這個信號強度與“磁滯控制法”，實現以直流繼電器接點控制何時開始供電給護士推車上的所有電路。</p>
	<p>24.藍牙信號接收模組(BC04-B):裝置在新型護士推車上的電子控制板內，負責接收被檢測目標身上的信標藍牙模組無線發射的信號強度，供電子控制板上的單晶片判斷被檢測目標是要接近或離開，據以閉合或分斷護士推車上的電路工作電源。</p>
	<p>25.單晶片(PIC16F883):裝置在系統控制器上，動態讀取左、右微波雷達輸出之都卜勒信號判斷目標目前是否處於左側或右側微波雷達感測區域內，藉以驅動護士推車執行向左或向右的轉向校正動作。動態讀取觸控控制盒的信號線電壓準位，判斷系統控制器是要執行自動跟隨模式或“手把手”模式。若目標出現在中間區域，則暫停護士推車方向矯正，透過毫米波雷達及時測量和顯示雷達與目標之間的距離，並藉由此一距離和內定距離臨界值比較決定護士推車是要前進或停止。</p>
	<p>26.觸控控制盒:當操作者將手輕觸觸控控制盒表面不放，則觸控控制盒上的 LED 亮，表示欲執行“手把手”工作模式，護士推車執行前進動作；當操作者將手離開觸控控制盒表面時，則觸控控制盒上的 LED 滅，表示欲執行自動跟隨模式。</p>
	<p>27.護士推車前進速度調整旋鈕:藉由調整此一旋鈕，實則改變護士推車左、右輪驅動直流馬達的供給直流電壓值，乃欲完成改變護士推車左、右輪前進速度的目的。</p>
	<p>28.電子控制板:利用板上之藍牙信號接收模組(BC04-B)接收由鄰近信標藍牙模組無線發射的信號內容，然後傳給板上的單晶片(PIC16F1823)判斷是否為有操作權限的目標身上的信標藍牙模組所發射。當信號內容內的信號強度大於上限值時，就執行系統工作電源閉合；若信號強度小於下限值，則執行系統工作電源斷開。</p>

四、無線信號衰減模型和目標移動速度與都卜勒信號頻率的關係式

(一)無線信號衰減模型

在新型護士推車應用中就是在護士身上攜帶一片信標藍牙模組且在送電之後，推車上的電子控制板既基於接收到的信號強度(RSSI)值判斷護士正要接近或離開護士推車，再決定系統是否送電。根據信號在無線通道傳播時，接收功率與發射功率之間的關係[5]，可表示為：

$$P_R = P_T / d^n \quad (1)$$

P_T :是無線信號的發射功率；

P_R :是無線信號的接收功率；

d :是收、發模組之間的距離；

n :是無線通道衰減因子，其數值取決於無線信號的傳播環境。

對公式(1)等號兩邊取對數，即可得公式(2)，

$$10 \cdot n \log d = 10 \log P_T / P_R \quad (2)$$

整理公式(2)得到公式(3)，

$$10 \cdot n \log P_R = A - 10 \cdot n \log d \quad (3)$$

其中公式(3)中的 A 是信號傳輸 1 m 時接收信號的功率。公式(3)等號左邊 $10 \cdot n \log P_R$ 是信號接收功率轉換成 dBm 的表示式，或寫成公式(4)。

$$RSSI = A - 10 \cdot n \log d \quad (4)$$

由公式(4)中，常數 A 和無線通道衰減因子 n 決定信號接收功率與信號傳播距離之間的關係，其中 n 是經驗值需要經過大量數據進行擬合才能得到，信號接收功率 $RSSI$ 的值可以通過藍牙終端裝置測得，傳輸距離 d 可以採用公式(4)繼續推導得到如公式(5)的結果。

$$d = 10^{\frac{A-RSSI(d)}{10n}} \quad (5)$$

對於路徑損耗因子 n 的取值，有一種作法就是通過過去經驗，選取一個經驗值。這種做法固然可以簡化問題，但通常都會伴隨而來比較大的誤差，因為事實上即使在相同環境下，路徑損耗 n 值也不會是固定不變的。

(二)目標移動速度與都卜勒信號頻率的關係式

在許多應用控制系統之中，時常需要知道被檢測目標的移動速度。如圖19所示，當被檢測目標與微波雷達模組存在相對運動時，微波雷達模組對應就會輸出微弱的低頻都卜勒信號。振盪器產生的信號為頻率 f_1 的等振幅連續波，其頻率一般為幾萬MHz，經轉換器輸送到天線，再以一固定的傾斜角度向被檢測目標或移動目標發射。當被檢測目標運動時，微波雷達天線在單位時間內接收到從被檢測目標反射的反射波頻率 f_2 ，則模組輸出之都卜勒信號頻率 f_d 為：

$$f_d = f_1 - f_2 = \frac{2v}{\lambda} \cos \theta \quad (6)$$

式中，

λ : 微波雷達模組發射波的波長；

θ : 天線相對於被檢測目標的發射波傾角；

v : 被檢測目標的移動速度；

由公式(6)的推導結果可知，當被檢測目標與微波雷達模組存在相對運動時，微波雷達模組輸出之都卜勒信號的頻率恆與雙方相對運動的速度成正比，因而可以利用微波雷達模組輸出之都卜勒信號頻率 f_d 作為求得被檢測目標移動速度的依據。

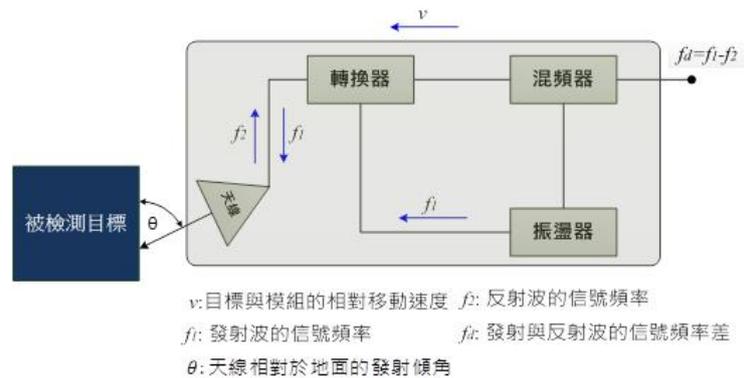


圖 19 被檢測目標與微波雷達模組存在相對運動時，模組輸出低頻都卜勒信號

五、藍牙無線界面在收、發兩端的通訊品質測量電路設計

20(a)是藉由測量藍牙無線界面收、發兩端在不同距離下的信號強度測量，藉以評估藍牙無線界面在實際應用環境中的通訊品質。圖 20(a)是在藍牙無線界面收、發兩端利用雷射光線擋板和雷射測距儀測量兩端的距離，藍牙信號接收模組 BC04-B 與藍牙模組 1(當作 iBeacon)是負責藍牙無線界面收、發兩端信號傳輸品質測量設備。圖中之智慧手機和藍牙模組 2 是要建立傳送藍牙信號接收模組 BC04-B 接收到的藍牙模組無線發射資料回傳給智慧手機顯示和

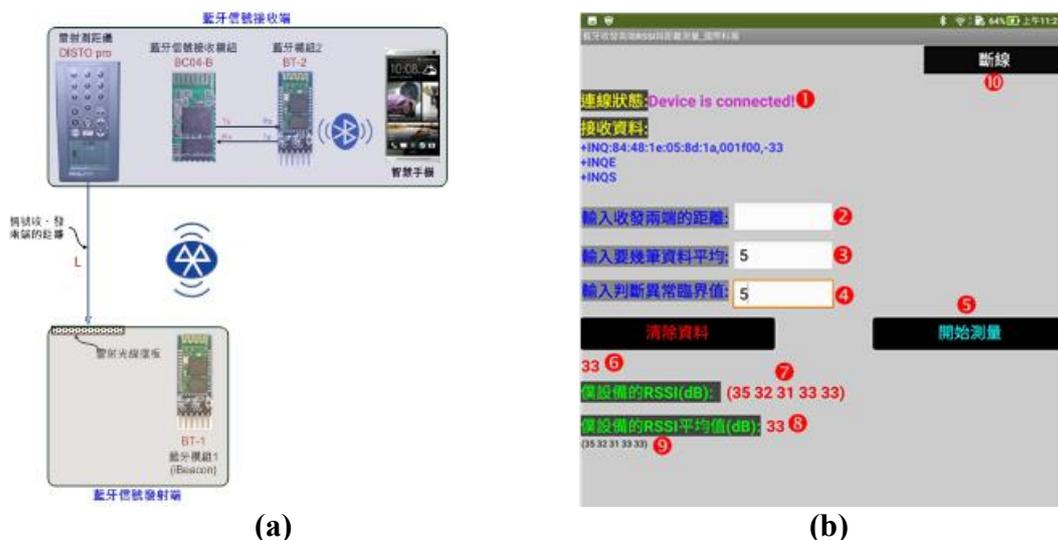


圖 20 (a)藍牙無線界面收、發兩端的通訊品質測量電路 (b)智慧手機螢幕顯示的人機操作界面

[6]。圖 20(b)是圖 20(a)所示之藍牙無線界面收、發兩端的通訊品質量測

電路的智慧手機人機操作界面，在智慧手機螢幕上一共規劃設計 9 個包含資料輸入的文字框或顯示輸出結果的標籤，依序簡單說明如下[5][7]:

① **藍牙無線界面連線狀態:**指示智慧手機與外部藍牙模組(指圖 20(a)中的藍牙模組 2)是否已經完成建立連線的動作，當智慧手機螢幕顯示“Device is connected!”等字串時，就表示目前智慧手機已經與外部藍牙模組 2 建立連線(外部藍牙模組上的狀態指示燈由閃爍轉為恆亮)。

② **收、發兩端的藍牙模組距離:**是由操作者利用雷射測距儀對準雷射光擋板發射光線，然後回傳給雷射測距儀，經由雷射測距儀內部之微處理器計算過後顯示在其 LCD 螢幕上的收、發兩端的藍牙模組距離。需要由儀器操作者用手輸入到智慧手機的這個文字框。

③ **輸入要幾筆資料平均:**智慧手機應用程式會依據操作者在這個文字框內填入的數值作為要連續讀取計算藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自藍牙模組 1 進行平均計算的資料筆數。

④ **輸入判斷異常臨界值:**若有信號強度資料與信號強度平均值相差達操作者在這個文字框輸入的數值(含)以上，則移除該筆資料，再對剩下的信號強度資料取平均值。

⑤ 當操作者輸入設定好所有必填參數之後，按下“開始測量”按鈕，智慧手機開始從藍牙無線界面讀取藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自(信標)藍牙模組 1 發射的無線信號強度資料。

⑥ 按照③所設定的計算信號強度平均值的資料筆數，從藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自藍牙模組 1 的所有資料筆數取平均值，然後顯示在這個標籤上。

⑦ 經過異常臨界值處理過後，剩餘的藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自藍牙模組 1 的所有信號強度資料內容。

⑧ 對藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自藍牙模組 1 的所有信號強度資料取平均值計算後，然後顯示平均值在這個標籤上，同⑥。

⑨ 列出暫存於清單內的所有連續讀取自藍牙信號接收模組 BC04-B 接收自藍牙模組 1 擬進行平均值計算的所有信號強度資料內容。



圖 21 智慧手機應用程式的操作步驟與螢幕設定、顯示資料內容

21 是圖 20(a)之藍牙無線界面在收、發兩端的通訊品質測量電路中，智慧手機應用程式

式的操作過程和螢幕顯示畫面:

六、LoRa通訊群組在信號收、發兩端的通訊品質測量電路設計

圖 22(a)所示之 LoRa 通訊群組在信號收、發兩端的通訊品質測電路，只要在資料發射端加入一顆單晶片，單晶片的串列埠與 LoRa C 模組(規劃工作在工作模式 0)的串列埠接腳接在一起。撰寫單晶片程式，讓單晶片可以周期性的從串列埠發射腳 Tx 固定每隔 1 秒就發射一個文字或數字字元，在間隔很短的時間之後，在資料接收端的 LoRa D 模組(規劃工作在工作模式 3)就會接收到這筆資料的信號強度值(RSSI)。圖 22(b)是裝置在資料接收端的平板電腦操作過程和螢幕顯示內容。平板電腦接收到等於預設計算平均值的總資料筆數之後，立即計算資料平均值，然後再將計算求得之信號強度平均值以文字檔格式儲存在平板電腦記憶體內，供後續針對擬採用 LoRa 通訊群組作為資料傳送界面的應用場所，進行可行性評估之用[8,9]。



圖 22 (a)LoRa 通訊群組在收、發兩端的通訊品質測電路 (b)智慧手機 App 操作過程

七、單晶片程式和智慧手機應用程式的軟體規劃與設計

(一)智慧手機“網路(現在)時間”擷取軟體規劃與設計

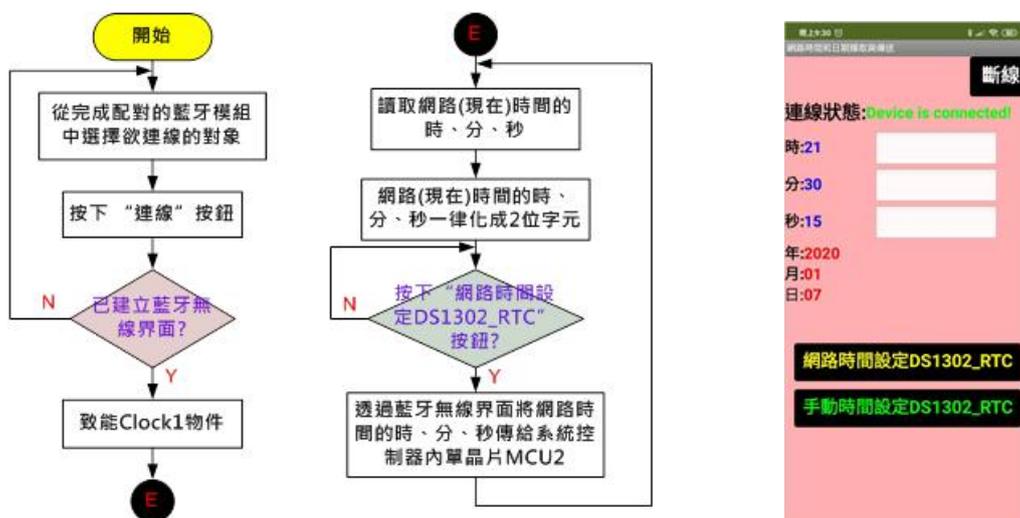


圖 23 智慧手機 App 讀取網路(或現在)時間 (a)軟體工作流程圖 (b)人機操作界面
為詳實記錄和儲存被檢測目標發生跌倒意外事件的準確時間，故在新型跌倒偵測器內加

入一個 DS1302 即時電子鐘模組和一個 MAX7219 時間顯示模組。圖 23(a)是智慧手機網路時間擷取應用程式的軟體工作流程圖；圖 23(b)則是智慧手機網路時間擷取應用程式在執行後的螢幕顯示畫面。因為 App Inventor 2 智慧手機應用程式發展平台本身既提供相當友善的網路時間讀取應用程式界面(API)，所以應用程式開發者很容易就可以讀取到最新的網路(或現在)時、分、秒時間[5][7]。圖 23(b)也提供操作者在沒有網路環境下，可以手動方式輸入現在時間。

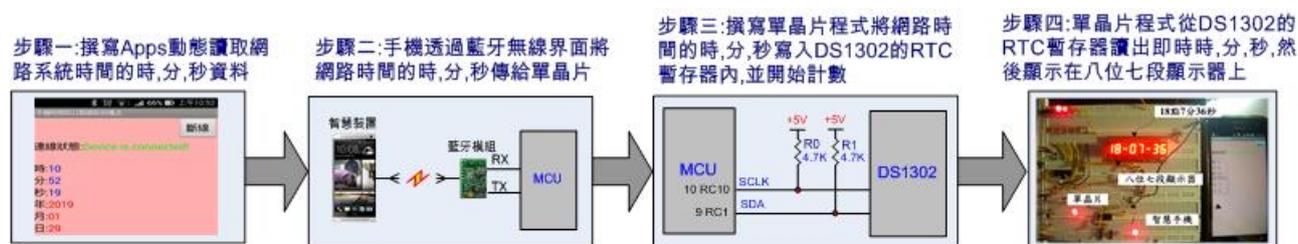


圖 24 電子控制盒透過智慧手機 App 讀取、下載和顯示網路時間的過程

圖 24 指出，首先撰寫智慧手機 App 讀取最新網路時間時、分、秒等時間，每一項時間再統一都化成 2 位數字串，再以‘T’字元開頭連同都化成包含兩個字元的時、分、秒時間一起透過藍牙無線界面和單晶片傳送給 DS1302 即時電子時鐘模組作為時間計時的初始值，爾後，只要



DS1302 即時電子時鐘模組不斷電，則模組的時間計時結果基本上都會與網路時間同步的。每當跌倒偵測器檢測到被檢測目標發生跌倒事件，跌倒偵測器內的單晶片(PIC16F883)就會立即讀取當下的 DS1302 即時電子時鐘模組內的時、分、秒時間，並將這些時間儲存在單晶片的 EEPROM 記憶體內，提供日後對被檢測目標的跌倒事件做離線追蹤之用。

(二)基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器的單晶片軟體工作流程圖規劃與設計

圖 25 是設計嵌入在新型跌倒偵測器單晶片內的軟體工作流程圖。在每一次單晶片的軟體執行流程，會連續對信號處理單元頻率/電壓輸出之直流電壓連續取樣兩次，分別是 V01 和 V02。當 V01(第一次對放大後的電壓 V_f 取樣)大於 100，而且 V02(第二次對放大後的電壓 V_f 取樣)也大於 400 時，表示對被檢測目標的跌倒事件檢測成立，單晶片 RC2 接腳轉為高電壓邏輯準位輸出，外部中斷(INTE=1)和計時器 0 計時溢位中斷功能致能(TMR0IE=1)，計時器 0 與計時相關的暫存器都清除為 0，計時器 0 開始計時 1 分鐘。在計時器 0 計時 1 分鐘內，若被檢測目標身體恢復正常，被檢測目標可透過按下狀態解除開關(RESET 開關)，跌倒偵測器內的單晶片會透過藍牙無線界面通知顯示端智慧手機以圖案和音樂警告室內具有聽力或視力障礙的人員和透過電信網路利用無線的方式對室外親朋好友發射求救簡訊[10,11]。



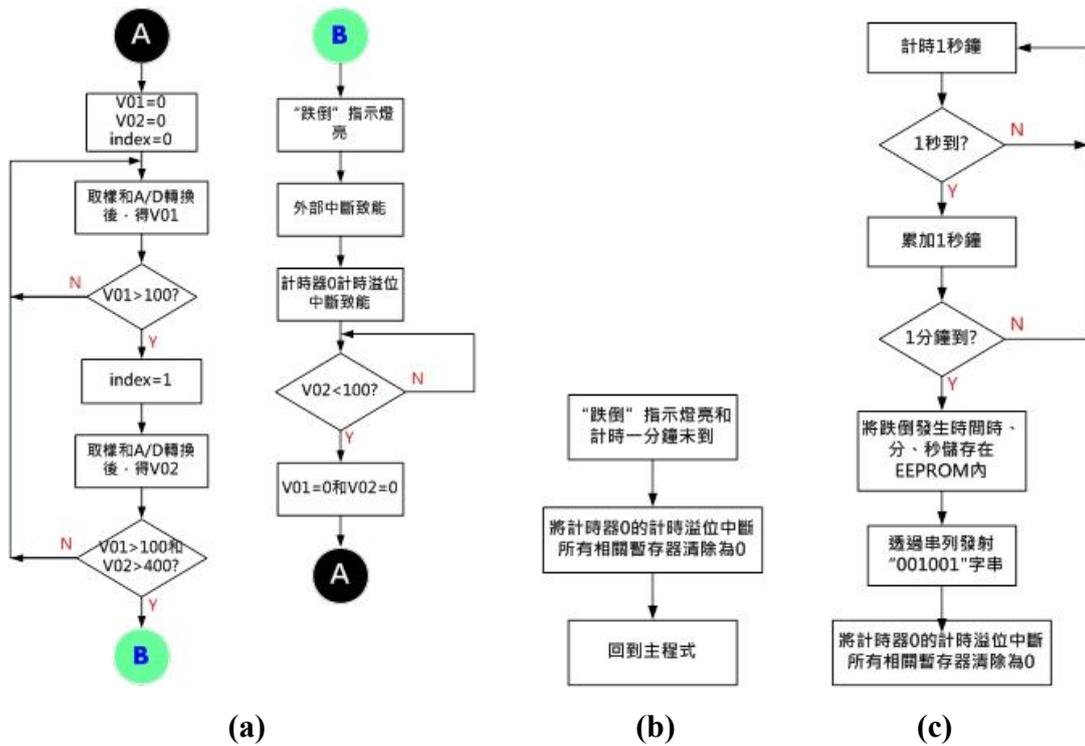


圖 25 單晶片軟體工作流程圖 (a)主程式 (b)外部中斷服務程式 (c)計時器 0 的計時溢位中斷服務程式

(三)室內空間對被檢測目標快速搜索找尋-單晶片與智慧手機軟體工作流程圖規劃與設計

在被搜索目標身上裝置一個信標(iBeacon)藍牙模組

將搜索目標的室內空間劃分為多個子空間(數量與面積要以一般藍牙模組的靈敏度為限)。本作品假設欲搜索目標的室內空間或裝置端共劃分為三個子空間，分別標示為子空間 B、子空間 C 和子空間 D，每一個子空間都裝設一塊電子控制板。

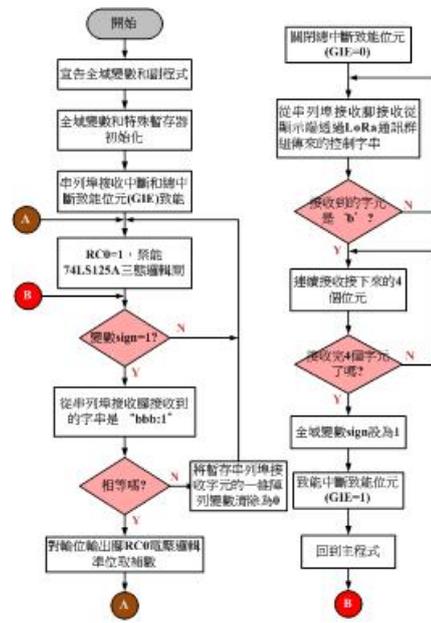


圖 26 (a)智慧手機 App 對子空間 B 單晶片下達控制字串 (b)智慧手機 App 處理子空間 B 回傳目標搜尋結果 (c)子空間 B 單晶片解碼控制字串，打開/關閉三態邏輯閘



(a) (b) (c) (d) (e)

圖 27 智慧手機搜索不同子空間時，螢幕的顯示畫面 (a)初始狀態 (b)子空間 B (c)子空間 C (d)子空間 D (e)子空間(B+C+D)或整戶

圖 27(a)是開機時的初始畫面；圖 27(b)是當操作者按下有標示“B 區”的按鈕時，智慧手機 App 透過藍牙無線界面和 LoRa 通訊群組對裝置端所有子空間發射包含單晶片位址的控制字串，按鈕上方紅色指示燈亮，且在按鈕上顯示子空間 B 區回傳接收到的信標藍牙模組發射的信號強度(dB 值)；同理，得圖 27(c)搜索子空間 C、圖 27(d)搜索子空間 D 和圖 27(e)同時搜索子空間(B+C+D)的智慧手機畫面。注意，圖 27(e)等同於對整戶所有子空間執行被檢測目標的搜索，具有搜索快速的優點，可配合網關設備，透過網路在遠端即可執行目標搜索。

(四)具自動跟隨功能之新型護士推車規劃、設計和雛型製作

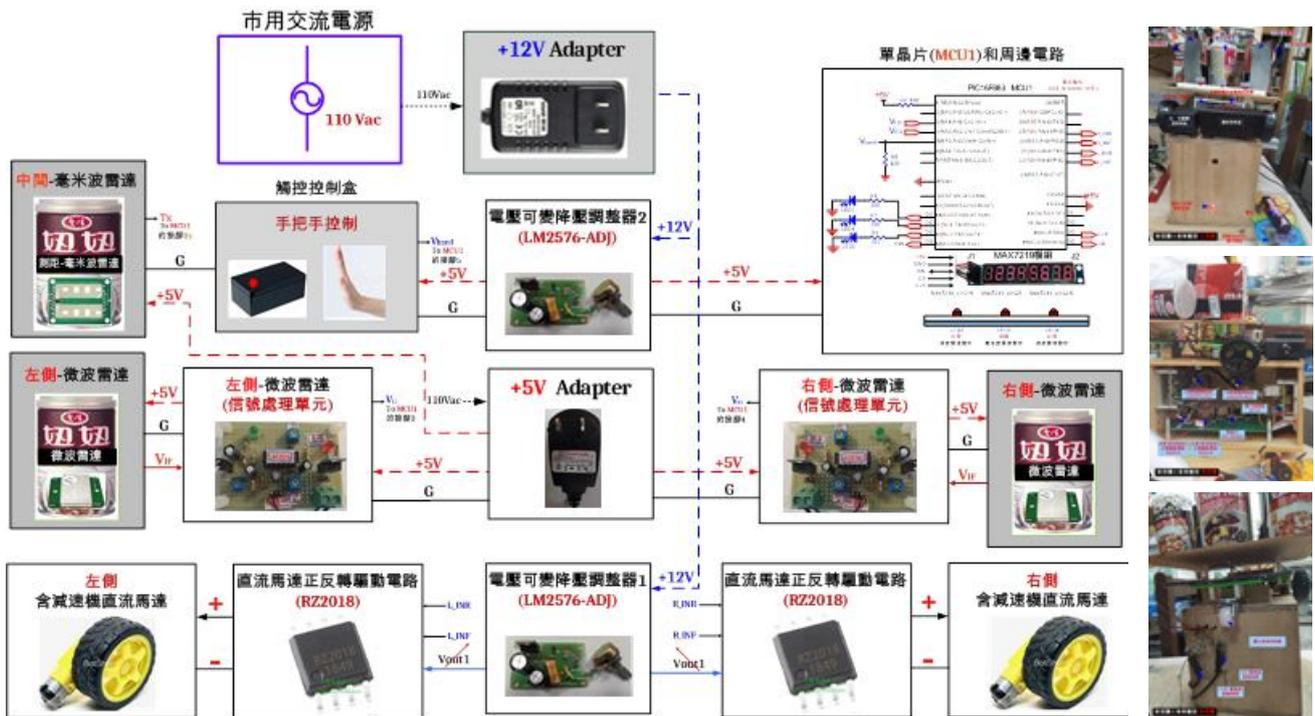
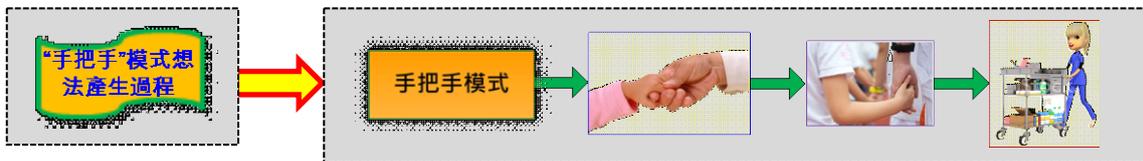


圖 28 具自動跟隨功能之護士推車功能組成方塊圖

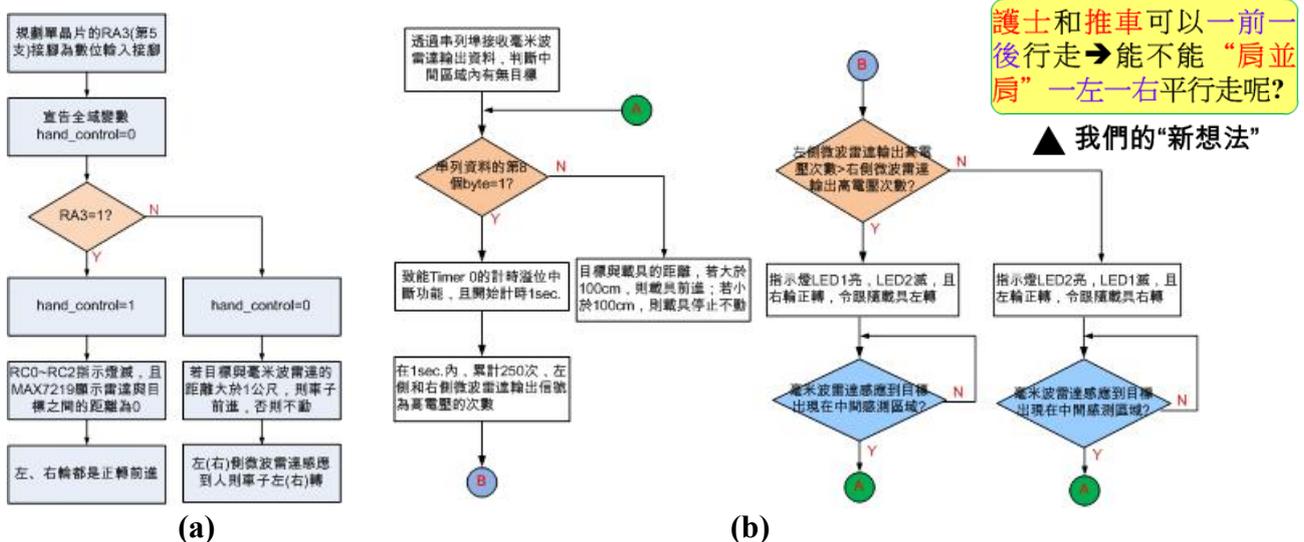


圖 29 (a)“手把手”模式與“自動跟隨”模式切換 (b)初始化後，判斷目標所在區域

圖 28 是本作品創新設計具有自動跟隨功能之護士推車功能組成方塊圖。除提供基本前進動力與停止功能之外，可隨供電初始化後目標位置不同，自動修正方向。當目標與推車距離小於內定臨界值距離時，推車停止不動；當目標與推車距離大於內定臨界值距離時，推車“跟隨”目標前進。圖 29(a)是系統單晶片根據觸控控制盒輸出信號 Vhand 的電壓準位，判斷操作者是否要執行“跟隨”模式和“手把手”模式切換；圖 29(b)是系統單晶片根據左、右側微波雷達模組輸出脈波頻率判斷目標的位置，對應執行不同護士推車方向修正作法和前進動作。

伍、研究結果與討論

實驗一：實驗研究目標與微波雷達模組距離變化時，對輸出之都卜勒信號振幅和頻率影響

(一)HB100微波雷達模組與後級信號處理單元和判斷單元的實驗硬體連接圖：

本實驗架構如圖30所示，當移動物體或手接近、停留和遠離HB100微波雷達模組輸出微弱都卜勒信號。隨物體與HB100微波雷達模組的距離和速度之不同，模組輸出之都卜勒信號頻率和振幅隨之改變，本實驗使用一台數位式示波器測量放大後的都卜勒信號電壓波形 V_f ，觀察物體與微波雷達模組雙方在不同方向相對運動時對模組輸出之電壓 V_f 的影響[12]。

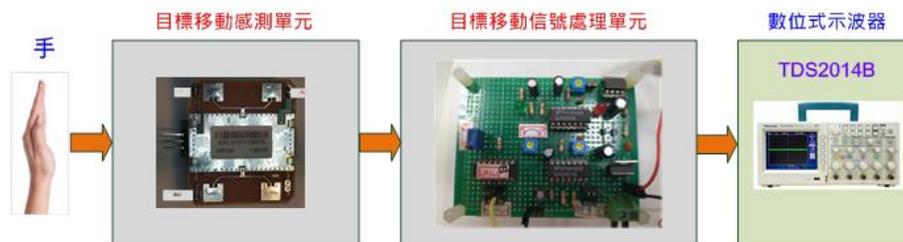


圖30 以手作為移動目標，實驗與微波雷達模組不同距離時對都卜勒輸出信號的影響

(二) 實驗過程照片：

圖31是以手模擬物體執行接近、停留和遠離HB100微波雷達模組一個連續動作過程，同時以一台數位式示波器同步測量和儲存放大後的模組輸出放大後的都卜勒信號電壓 V_f 波形。



圖 31 手與 HB100 微波雷達模組連續執行一次接近、停留和遠離相對運動的過程照片

(三) 以數位式示波器測量信號處理單元輸出之都卜勒信號波形：

當手對 HB100 微波雷達模組執行接近、停留和遠離一個動作循環時，圖 32(a)是實際使用數位式示波器勾選測量在麵包板上試做 HB100 微波雷達模組信號處理單元處理後的輸出信號。圖 32(b)是數位式示波器測量到放大後都卜勒信號電壓 V_f 的波形，觀察圖 32(b)之電壓波形，當手處於逐漸“接近”HB100 微波雷達模組期間，標示①處，若手越“接近”模組，則模組輸出之都卜勒信號振幅就越大，若手“接近”模組的速度越快，則都卜勒信號頻率就越高。當手處於“停留”期間，圖 32(b)在標示①和②之間，都卜勒信號輸出振幅和頻率都會快速減小幾乎為零。當手處於逐漸“遠離”HB100 微波雷達模組期間，標示②處，若手越“遠離”模組，則模組輸出之都卜勒信號振幅就越小，若手“遠離”模組的速度越快，則都卜勒信號頻率就越高。

圖32(c)是將圖32(b)之數位式示波器量測到的放大後都卜勒信號電壓波形 V_f 的數據讀出，再下載到Matlab軟體使用環境以二維繪圖指令將數位式示波器量測到的數據重新繪製曲線，這樣做的目的是為了輔助觀察手部與微波雷達模組存在相對運動時對模組輸出信號的影響。

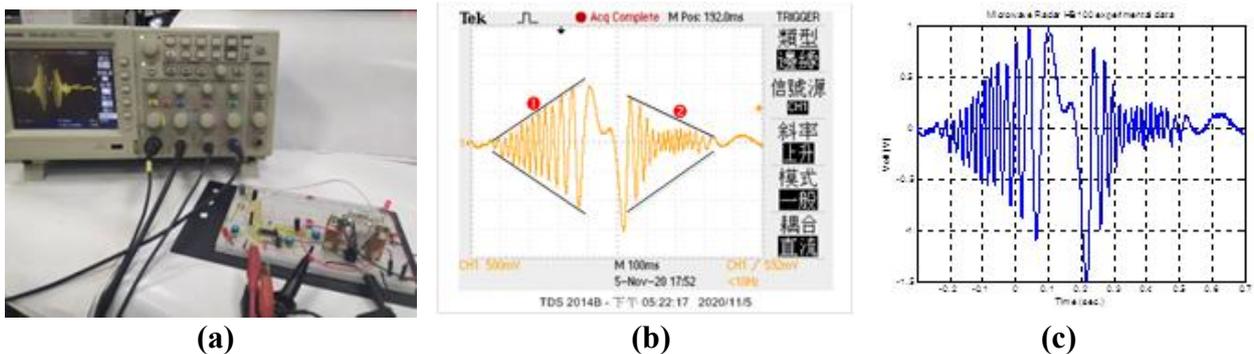


圖 32 (a)實驗架設 (b)實測得到不同運動的都卜勒信號波形(c)量測數據改以 Matlab 軟體重繪

二、討論

(一)當物體與微波雷達模組執行接近、停留和遠離等不同運動狀態的相對運動，微波雷達模組對應輸出之都卜勒信號振幅和頻率也會不一樣的。

(二)透過觀察圖32(b)之數位式示波器同步量測的都卜勒信號頻率變化，當手接近或遠離微波雷達模組的速度越快(越慢)，都卜勒信號頻率也就會變得越高(越低)。

(三)同理，當人因為意外發生跌倒期間，人對微波雷達模組的移動加速度必然上升。本作品既以此定理作為判斷人是否發生跌倒意外事件的依據。

(四)新型護士推車的系統控制器，既以此技術作為系統在通電初始化後判斷目標所在區域，再對應執行新型護士推車的方向修正，使新型護士推車正面最後朝向目標或操作者方向。

實驗二:實驗研究和製作一種具有“指向性”感測功能的微波雷達模組實體雛型

(一)不同材質物體對微波雷達模組發射的高頻電磁波形成的屏蔽效果實驗

以手模擬作為移動物體；HB100微波雷達模組都是以相同的硬體電路驅動發射頻率為10.525GHz高頻電磁波。今實驗在手和HB100微波雷達模組之間分別以軟塑膠盤、玻璃、木板、外文書、瓷杯、鐵盆等材質物品阻隔，當手對HB100微波雷達模組實施相對運動時，以數位式示波器即時同步測量放大後的都卜勒信號 V_f 的電壓波形。透過以上實驗，觀察圖33(f)得知當以鐵盆包覆HB100微波雷達模組，則模組完全沒有都卜勒信號 V_f 電壓波形輸出。

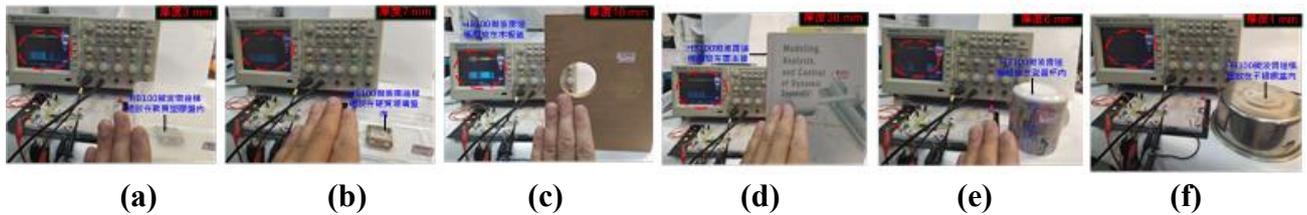


圖 33 不同材質物體對微波雷達模組高頻發射波阻隔效果實驗

(二)微波雷達模組放置於圓柱形金屬罐內底部，實驗觀察對模組高頻發射波的屏蔽效果

為了進一步確認(一)的實驗結果，取一片HB100微波雷達模組裝入塑膠帶再放入圓柱形鐵罐內的底部，模組信號輸出端IF、+5V和地電源線透過導線接到信號處理單元，數位式示波器測量放大後的都卜勒輸出信號 V_f 。當用手模擬物體從圓柱形鐵罐的左側和右側接近或遠離，如圖34(b)和圖34(c)所示，數位式示波器完全沒有都卜勒信號輸出波形；反觀圖34(a)，當手從圓柱形鐵罐的上方接近或遠離時，數位式示波器顯示輸出都卜勒信號電壓波形，表示只有圓柱形鐵罐上方或沒有金屬阻隔的位置微波雷達模組才能正常發射和接收高頻電磁波的。

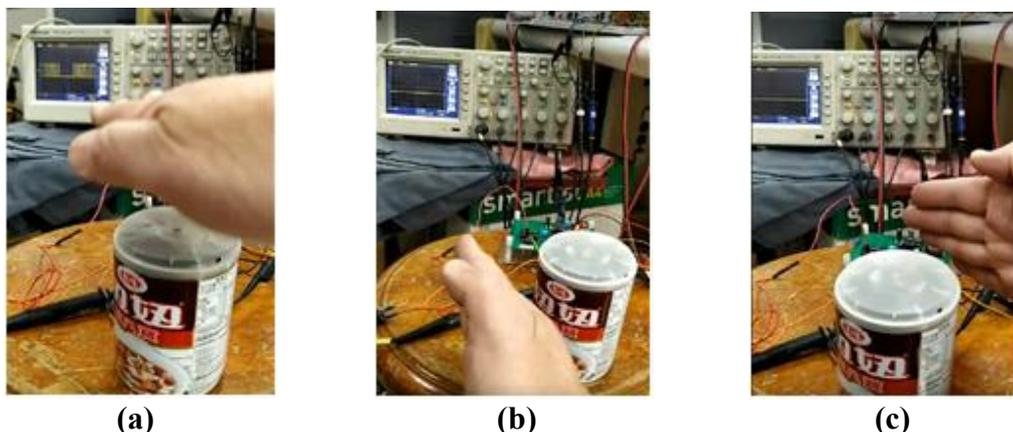


圖 34 實驗觀察鐵罐內的微波雷達模組具指向性，從 (a)上方靠近 (b)右側靠近 (c)左側靠近

(三) 基於微波雷達技術之新型護士推車目標位置感測和方向修正

為了達成基於微波雷達技術在新型護士推車對目標位置感測的目的，在圖 14(a)的新型護士推車感測平台示意圖中，在感測平台的左、右兩側各裝置一個微波雷達感測模組，每一個微波雷達模組都只負責所屬空間內目標感測，利用鐵罐對微波雷達高頻發射波的屏蔽特性，且與中間毫米波雷達利用金屬薄片隔離，都是希望雷達模組對目標感測都是具“指向性”的。

二、討論

(一)透過以上實驗以不同材質物體作為微波雷達模組的感測目標，發現大部份材料組成的物體對微波雷達模組所發射的高頻電磁波都不具有阻擋效果，實驗結果顯示只有金屬材質的物體對微波雷達模組發射的高頻電磁波才具有較為明顯的阻隔效果。

(二)因為金屬材質物體對微波雷達模組發射的高頻電磁波具有屏蔽效果，使微波雷達模組保有特定“指向性”的感測能力，恰好滿足本作品新型護士推車行進方向的修正應用需求。其他也適合應用在一般公司行號門口的自動門控制或防盜感測場合，使用量多，用途廣闊。

(三)微波雷達模組在本作品跌倒偵測器應用中，是希望盡量加大模組對目標的感測角度與範圍，甚至希望相鄰裝置的微波雷達模組感測區域能有重疊區域，盡可能消除感測死角。

(四)由上(二)、(三)點討論得知，並非所有微波雷達模組的感測角度越大就越好，或者局限在小角度或小範圍內就越好，而是要根據不同應用需要，選擇適合的微波雷達模組最為重要。

實驗三:研究藍牙信號接收模組(BC04-B)的建立與參數設定方法

(一) 藍牙信號接收模組BC04-B以AT指令規劃參數的硬體連接

圖 34 是在個人電腦上執行 AccessPort 軟體，且在個人電腦的 USB 埠上插入一個 USB TO TTL 模組，USB TO TTL 模組的另外一端連接到 BC04-B 藍牙模組的串列埠接腳 Tx 和 Rx。BC04-B 藍牙模組的第 12 腳和第 13 腳分別外接+3.3 V 和接地端，第 27 腳必須連接+3.3 V，表示 BC04-B 藍牙模組在送電之後就準備要以軟體或 AT 指令進行內部工作參數規劃設定。



圖 34 個人電腦以 AT 指令規劃 BC04-B 藍牙模組參數的硬體連接圖

(二)個人電腦以 AT 指令規劃 BC04-B 藍牙模組工作參數的過程

在個人電腦上執行 AccessPort 軟體，設定個人電腦與 BC04-B 藍牙模組串口通訊的相關工作參數，既個人電腦和 BC04-B 藍牙模組的波特率、校驗位、數據位元、停止位元等參數設定都要相同，否則雙方無法連線。在 AccessPort 軟體的資料發射區輸入“AT”(或”at”)字串，

若在 AccessPort 軟體資料接收區回應顯示“OK”字串，表示個人電腦已經與 BC04-B 藍牙模組完成連線了。其他 BC04-B 藍牙模組參數設定用 AT 指令和模組回應訊息都歸納如表 3 所示：

表 3 BC04-B 藍牙模組規劃工作參數的 AT 指令與對應回應訊息

AT 指令	回應	說明
AT+ROLE1	+ROLE=1 & OK	設定為 主角色(Master role)
AT+AUTOINQ1	+AUTOINQ=1 & OK	設定為 自動搜索模式
AT+BAUD4	+BAUD=4 & OK	波特率設為 9600 bps
AT+INQ	+INQS & OK & ...	讀取 信標藍牙模組 發射的信號

二、討論

(一)圖 35 是 BC04-B 藍牙模組典型接收到信標藍牙模組周期性發射的無線信號內容，共包含四個部份，因本作品只用到其中的第 2 和第 4 部份，故僅討論這兩個部份代表的資料意義：

+INQ:98:d3:31:b4:0c:8a,001f00,-37
1 2 3 4

圖 35 藍牙信號接收模組 BC04-B 接收到的典型信標藍牙模組發射的無線信號內容

第 2 部份:98:d3:31:b4:0c:8a，信標藍牙模組的實體位址(Mac address)，每一個藍牙模組普世都只有唯一一個實體位址而已。在本作品既以此資料作為辨識被檢測目標的依據。

第 4 部份:-37，信標藍牙模組發射的信號強度值(RSSI)與信號傳輸距離大致呈對數反比關係。

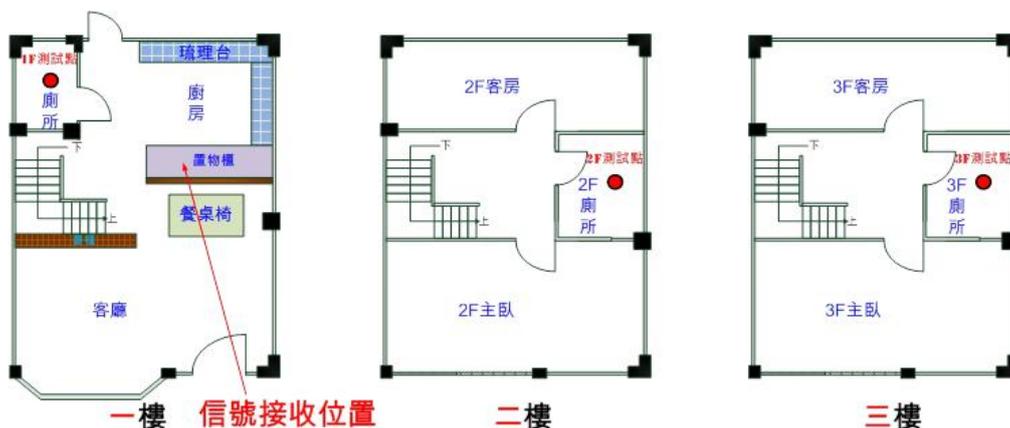
本作品既以此資料作為目標與藍牙信號接收模組 BC04-B 之間距離變化判斷依據。

(二)在具有自動跟隨功能之新型護士推車應用中，電子控制板內的單晶片 PIC16F1823 既以藍牙信號接收模組 BC04-B 接收到回傳有關目標身上信標藍牙模組發射的信號強度值，判斷目標接近或遠離護士推車的依據，再執行新型護士推車用電是要供電或斷電。

(三)在對室內子空間目標搜索應用中，既在 BC04-B 藍牙信號回傳給智慧手機的資料，透過與裝置在目標身上的信標藍牙模組實體位址的比對結果，作為判斷當下目標是否出現在搜尋空間內的依據。

實驗四:實驗比較藍牙無線界面和 LoRa 無線界面通訊品質之優劣

(一)實驗地點的建築物空間格局，以典型三個樓層透天厝為例



(二)分別以藍牙無線界面和 LoRa 無線界面，信號接收位置測得之信號強度值(RSSI)

無線界面	樓層	臨界值(dB)	資料 平均筆數	門打開 (dB)			門關閉 (dB)		
藍牙模組	1 樓	2	4	-80	-81	-80	-80	-80	-80
	2 樓	2	4	X	X	X	X	X	X
	3 樓	2	4	X	X	X	X	X	X
LoRa 模組	1 樓	2	4	-52.5	-50.1	-51.6	-52.0	-51.3	-49.8
	2 樓	2	4	-56.8	-55.5	-56.9	-55.7	-55.7	-56.3
	3 樓	2	4	-63.2	-63.1	-63.1	-64.0	-63.5	-63.5

備註 1: 無線資料傳輸界面的接收端是架設在 1 樓(如上圖示)，經常有人出入的位置。

備註 2: "X"表示量測不到數值。

備註 3:LoRa 模組靈敏度為-135dBm 以上；藍牙模組靈敏度為-80dBm 。

二、討論

(一)不同樓層廁所透過藍牙無線界面，只有 1 樓廁所藍牙模組所發射的資料可被收端藍牙模組接收，但也只有-80dB 左右；廁所門有、無關閉對信號接收強度影響不大。

(二)以 LoRa 無線界面，從 1~3 樓發射信號，門關或開，信號都能傳給 1 樓 LoRa 模組。

(三)無論從 1~3 樓廁所透過 LoRa 模組無線界面傳送信號到 1 樓，隨收、發兩端距離變長，接收端接收到的信號強度隨樓層增加而減弱，完全符合“無線信號傳輸衰減”理論。

(四)利用 LoRa 模組組成點對多無線通訊群組，具有低功耗、抗干擾和通訊距離長(由上表得到若信號發射源在 1~3 樓時，在接收端測得之 db 值都相差不多)等優點。

陸、結論

一、結論

(一)非穿戴式跌倒偵測器可在目標無穿戴任何感測器，即可準確偵測跌倒事件和發出警報功能。非穿戴式跌倒偵測器具有成本低、無忘記穿戴或不習慣穿戴的優點。

(二)利用金屬對雷達發射高頻波具有屏蔽特性，本作品成功應用於非穿戴式跌倒偵測器和自動跟隨功能新型護士推車設計。

(三)整合信標技術和 LoRa 無線界面，無需使用攝影機又兼顧個人隱私，在方圓半徑 3 公里內，即可對室內整戶或單一房間執行室內目標位置和移動軌跡快速搜索。

(四)基於信標、微波雷達和毫米波雷達技術創新設計包含自動跟隨模式、“手把手”模式、“解鎖”安全啟動(身份辨識)、彈性改變前進速度和觸控工作模式切換等多功能新型護士推車。

(五)結合整戶室內空間對目標搜索和配合“不定時”對「居家檢疫／居家隔離、自主健康管理者和有疑似症狀民眾」查找策略和加重罰鍰，一定可以對居家隔離者產生很大的嚇阻效果的。

二、未來展望

(一)非穿戴跌倒偵測器，在室外，可以放在上衣口袋、名牌內，利用與地面相對運動感測、判斷與警示目標是否跌倒。

(二)在室內，非穿戴跌倒偵測器可與“室內空間目標搜索找尋”結合使用，共用 LoRa 無線通訊群組，節省硬體成本。

(三)雷達技術可廣泛應用在民生、工業和農業等用途。例如：**1.**可在汽車側面和後方安裝數個微波雷達，當汽車側面盲區存在人、車和物體，可主動對駕駛人產生警示。**2.**可在汽車前方裝置測距用毫米波雷達，應用於及時閃避行人，有效預防事故發生。**3.**機車盲點偵測警示系統。**4.**可應用於“自動跟隨”農機上，協助農民栽培或採收蔬菜、水果、茶葉作業，節省人力。

(四)使用者若是獨居，“室內空間目標搜索”可改用微波雷達技術取代信標藍牙技術。

柒、參考資料和其他

理由:1.因為獨居，所以無需辨識身份。2.微波雷達發射信號可穿透大部份材質家具。3.微波雷達的水平感和垂直感測角度都在100度以上。

- [1] 鄭以晨、曾雅梅、簡戊鑑(2011)。台灣 2009 年 65 歲以上老人跌墜傷患住院醫療利用及影響因子之探討。台灣老人保健學刊，7(1)，55-71。
- [2] 黃惠璣、林季宜、王寶英(2017)。老人或失智老人跌倒危險因子之初探。台灣老人保健學刊，3(1)，1-13。
- [3] 丁志宏、杜書然、王明鑫(2018)。我國城市老年人跌倒狀況及其影響因素研究。人口與發展，24(4)，120-128。
- [4] 劉明偉、劉太君、葉焱、吳麗(2015)。基於低功耗藍牙技術的定位應用研究。無線通訊技術，3，19-23。
- [5] App Inventor 官方網頁，取自 <http://appinventor.mit.edu/>。
- [6] HC-06 模組產品規格書，2011 年 12 月 5 日，取自 <http://www.wavesen.com/>。
- [7] 蔡宜坦 著(2014)。超圖解 App Inventor 2 手機程式設計教本。台北市:旗標。
- [8] ATK-LORA-01 無線串口模組用戶手冊，取自 <http://club.digiic.com/>。
- [9] 單晶片 PIC16F1823 資料手冊，<http://www.microchip.com/>。
- [10] 單晶片 PIC16F883/887 資料手冊，<http://www.microchip.com/>。
- [11] HB100 Microwave Sensor Module，2021 年 1 月 30 日，取自 https://www.limpkin.fr/public/HB100/HB100_Microwave_Sensor_Module_Datasheet.pdf。
- [12] 林秀豪 等(2019)。物理(全)-電與磁的統一。台北市:龍騰。
- [13] HLK-LD303-24G 用戶使用手冊，取自 <https://h.hlktech.com/download/HLK-LD303-24G/>。
- [14] SGL8022K 資料手冊，取自 <https://datasheetspdf.com/>

【評語】 052304

1. 本作品利用微波雷達模組感測輸出都卜勒信號頻率原理，透過動態取樣和判斷都卜勒信號頻率變化，實現非穿戴式跌倒偵測器。同時，整合信標藍牙技術、智慧手機和 LoRa 無線界面，在空間執行目標搜索，與醫療院所推車跟隨功能。
2. 本作品欲達成之目標過於多樣，每一目標的關鍵實驗數據與結果並未系統化呈現，僅有概念說明，缺乏實驗證明。建議應針對不同功能，建立目標功能規格參數，並以實驗驗證達成程度。
3. 整體而言，作品在微波技術使用具有創意性，簡報內容與時間掌握相當好。

作品簡報

信標和微波雷達技術在 健康照護之研究

科 別：工程學科(一)

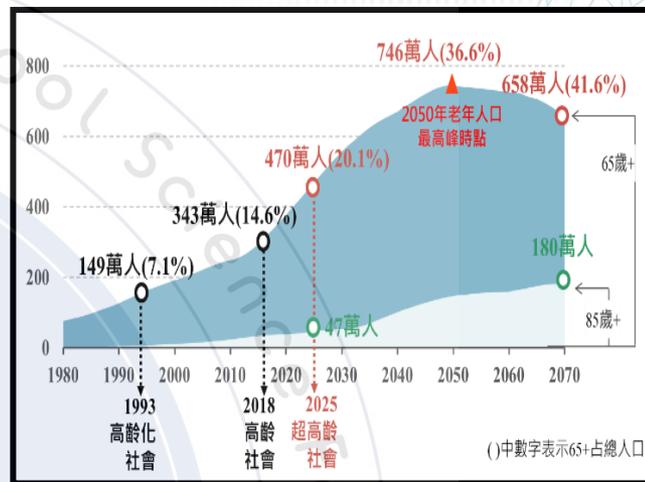
組 別：高級中等學校組

研究動機：

國發會針對國內人口在2020至2070年間的人口成長推估，右圖中顯示國內老年人口比例有逐年快速攀升趨勢。老年人居住及照護問題越顯重要，安養及養護機構嚴重不足及收費高昂，對一般家庭都是沉重的經濟和精神負擔。

本作品結合最新感測、控制電路、無線通信和智慧手機軟體技術設計製作：

1. 非穿戴式跌倒偵測器。
2. 顧及個人隱私之室內空間被檢測目標快速搜尋。
3. 具自動跟隨功能之新型護士推車，擬透過“感測”與“控制”手段，解決部份安養機構和醫療院所老人照護問題。



研究目的：

一、本作品建立了三個實驗模型：

1. 基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器實驗模型。
2. 基於iBeacon藍牙技術之室內空間被檢測目標快速找尋實驗模型。
3. 具有自動跟隨功能之新型護士推車實驗模型。

二、本作品是為解決下列問題：

1. 利用都卜勒效應，被檢測目標在無需穿戴任何配件下，可以非接觸方式感測目標發生跌倒事件。
2. 利用信標藍牙技術，在室外3公里內都可對整戶或任一房間內特定目標搜索。既顧及個人隱私，又可及時發現目標位置和移動蹤跡。
3. 具有“自動跟隨”和“手把手”模式之新型護士推車。可輕鬆切換“自動跟隨”和“手把手”模式、“解鎖”安全啟動和前進速度可調。可緩解部份醫療院所和安養機構護理人員不足問題。

不能用攝影機，會沒個人隱私

▲國發會對2020~2070國內人口推估高齡化時程

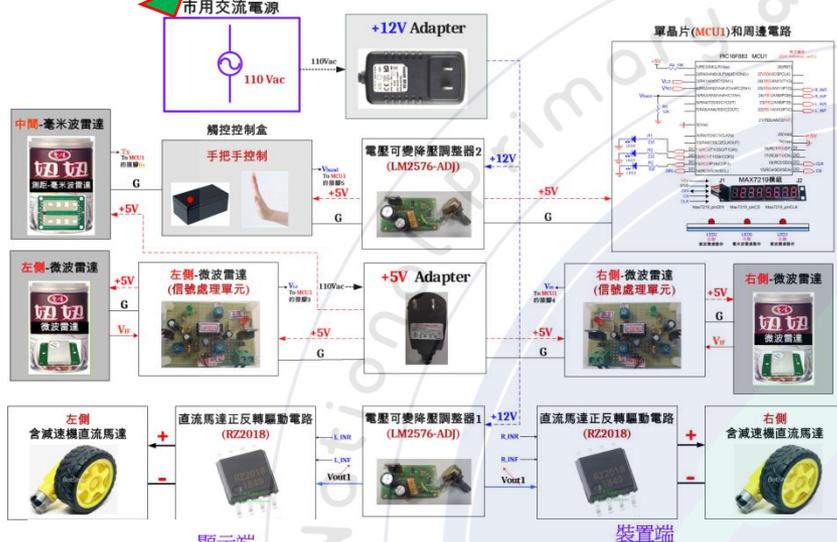
室內空間不能用GPS喔！



▲完成實驗模型-外觀照片

作品設計概念圖

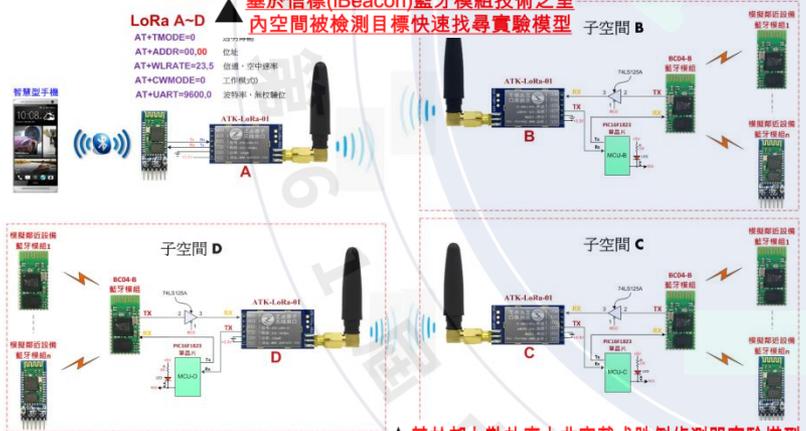
具自動跟隨功能之護士推車實驗模型



顯示端

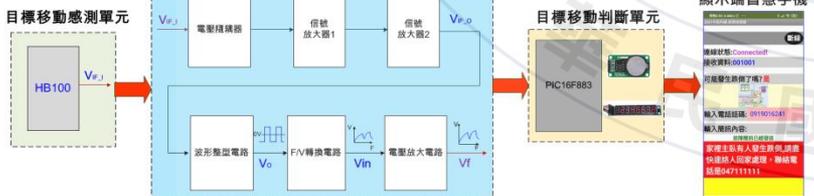
基於信標 (iBeacon) 藍牙模組技術之室內空間被檢測目標快速搜尋實驗模型

裝置端



目標移動信號處理單元

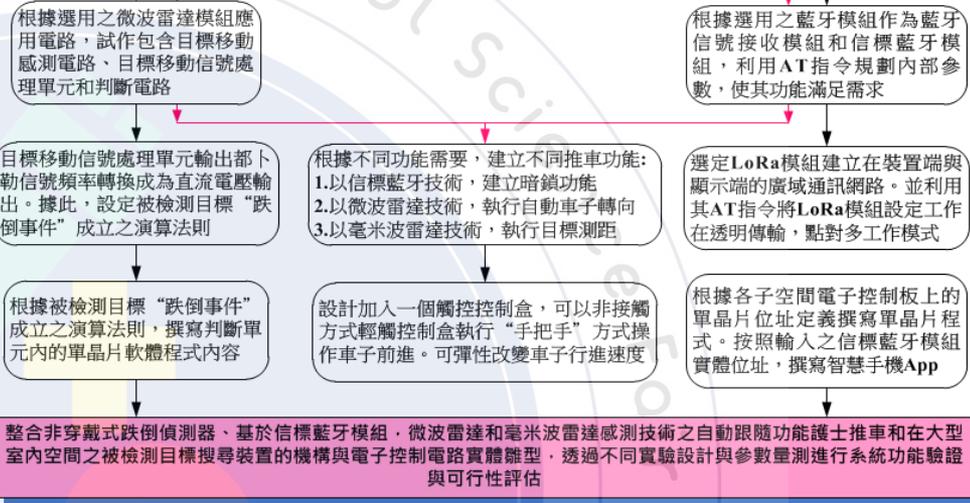
基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器實驗模型



自製一套可透過微波雷達感測輸出之都卜勒信號的頻率計算被檢測目標相對運動加速度的實驗模型

自製一套包含信標藍牙模組、微波雷達和毫米波雷達技術建立之具有自動跟隨功能之護士推車實驗模型

自製一套基於信標 (iBeacon) 藍牙模組技術，對整戶或單一室內空間快速搜尋目標的實驗模型



研究流程與架構



完成後實驗模型

1. 非穿戴式跌倒偵測器 (Non-wearable fall detector)

2. 室內空間目標搜索 (Indoor target search)

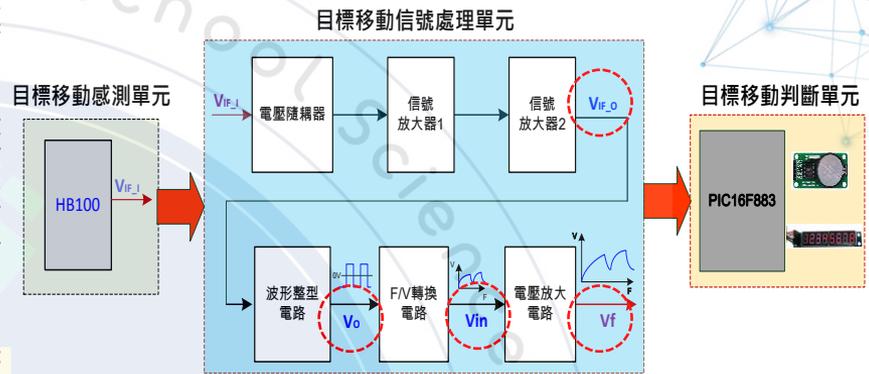
3. 自動跟隨護士推車 (Automatic following nurse cart)

裝置端 (Device terminal) 包含：子空間 B 電子控制板、子空間 C 電子控制板、子空間 D 電子控制板。

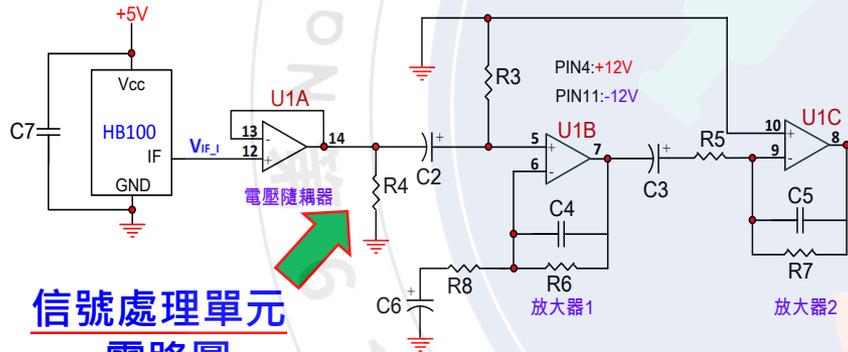
顯示端 (Display terminal) 包含：智慧手機 (Smartphone)。

一、基於都卜勒效應之非穿戴式跌倒偵測器-實驗模型

在被檢測目標發生跌倒期間，HB100微波雷達模組與目標因為存在“相對運動”而輸出微弱的都卜勒信號。信號處理單元對信號執行耦合、放大、整形，輸出與都卜勒信號頻率成正比的直流電壓。透過判斷單元內的單晶片軟體按照預設演算法則判斷該次“相對運動”是否屬於定義之跌倒事件，若是，則要求顯示端智慧手機立即對外發出求救簡訊；若不，則狀態重置，繼續監視目標的行為動作。

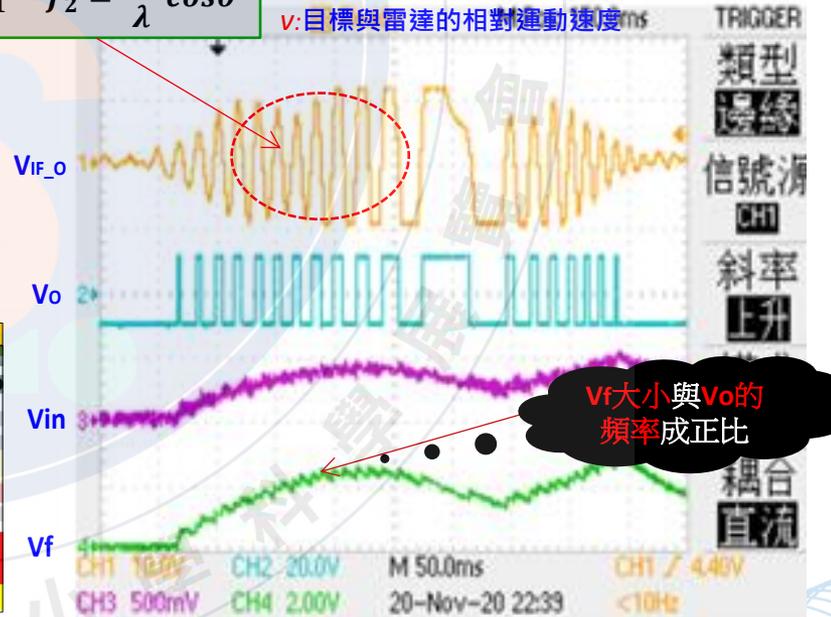


新型非穿戴式跌倒偵測器-功能方塊圖組成



$$f_d = f_1 - f_2 = \frac{2v}{\lambda} \cos\theta$$

f_d : 都卜勒信號頻率
 v : 目標與雷達的相對運動速度

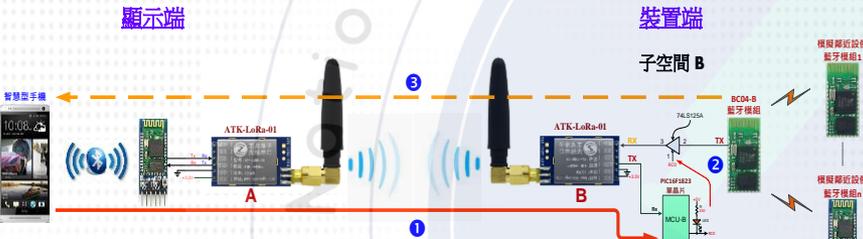


目標發生跌倒前、後，智慧手機螢幕顯示變化

新型非穿戴式跌倒偵測器-節點電壓波行量測

二、基於iBeacon技術之室內空間目標搜索找尋-實驗模型

在顧及個人隱私條件下，如何透過裝置在室內或室外(最遠3公里)之智慧手機無線對整戶所有室內空間或對單一小空間進行被檢測目標快速搜索找尋，確認目標是否在室內空間或特定子空間內，甚至可透過目標搜索與移動軌跡追蹤，推測目標個人是否安全。



一個顯示端智慧手機搜尋一個裝置端子空間-控制字串與回應資料傳送路徑



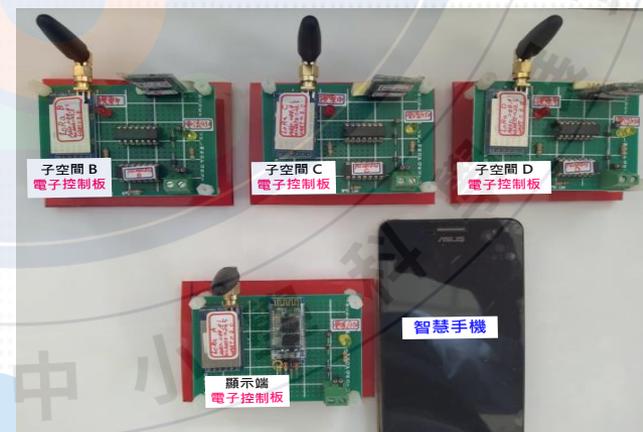
智慧手機搜索不同子空間時，螢幕的顯示畫面
(a)初始狀態 (b)子空間B (c)子空間C (d)子空間D (e)子空間(B+C+D)或整戶

子空間單晶片位址定義

裝置端子空間	單晶片控制字串
B 區	bbb:1
C 區	ccc:1
D 區	ddd:1



室內空間目標搜索-電路功能方塊圖組成



完成後-室內空間目標搜索實體雛型照片

三、具有自動跟隨功能之新型護士推車-實驗模型-方向修正(續)

Step1:
1.初始化;
2.操作者未往護士推車接近或其身上信標藍牙發射的信號強度值<上限臨界值信號強度;
3.電源指示燈“熄”。

Step2:
1.操作者往護士推車接近且其身上信標藍牙發射的信號強度值>上限臨界值信號強度;
2.電源指示燈“亮”;
3.開始供電給系統所有電路。

Step3:
1.右側-微波雷達模組感測到目標輸出下部信號脈波;
2.目標位置指示燈LED2“亮”;
3.護士推車左輪轉動,右輪不動修正方向。

Step4:
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,護士推車左輪停止;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動向前,企圖縮短與目標的距離。

Step4':
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,距離小於臨界值距離;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動都停止不動。

右側區域 中間區域 左側區域

狀況一:
初始化後,目標在右側-微波雷達區域

鐵罐內的毫米波雷達上的藍色小燈亮(滅),代表感測區內“有人”(無人)

Step1:
1.初始化;
2.操作者未往護士推車接近或其身上信標藍牙發射的信號強度值<上限臨界值信號強度;
3.電源指示燈“熄”。

Step2:
1.操作者往護士推車接近且其身上信標藍牙發射的信號強度值>上限臨界值信號強度;
2.電源指示燈“亮”;
3.開始供電給系統所有電路。

Step3:
1.右側-微波雷達模組感測到目標輸出下部信號脈波;
2.目標位置指示燈LED1“亮”;
3.護士推車右輪轉動,左輪不動修正方向。

Step4:
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,護士推車左輪停止;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動向前,企圖縮短與目標的距離。

Step4':
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,距離小於臨界值距離;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動都停止不動。

右側區域 中間區域 左側區域

狀況二:
初始化後,目標在左側-微波雷達區域

Step1:
1.初始化;
2.操作者未往護士推車接近或其身上信標藍牙發射的信號強度值<上限臨界值信號強度;
3.電源指示燈“熄”。

Step2:
1.操作者往護士推車接近且其身上信標藍牙發射的信號強度值>上限臨界值信號強度;
2.電源指示燈“亮”;
3.開始供電給系統所有電路。

Step3:
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,護士推車左輪停止;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動向前,企圖縮短與目標的距離。

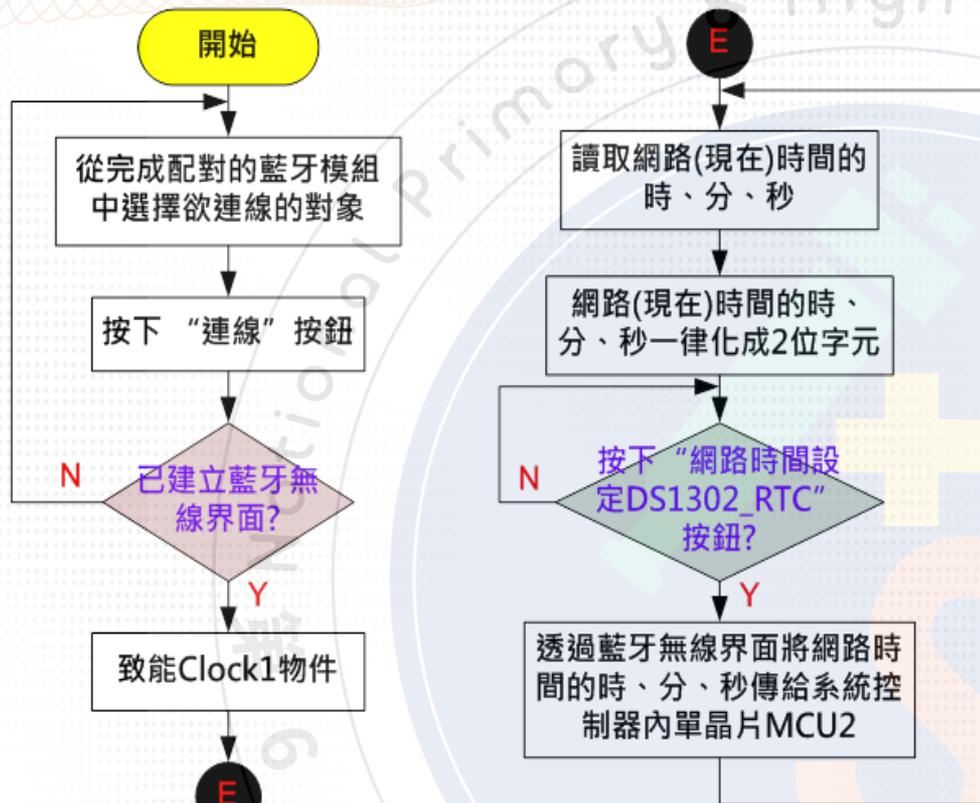
Step3':
1.中間-毫米波雷達模組感測到“有人”,距離小於臨界值距離;
2.目標位置指示燈LED0“亮”;
3.新護士推車左輪、右輪轉動都停止不動。

右側區域 中間區域 左側區域

狀況三:
初始化後,目標在中間-毫米波雷達區域

目標與毫米波雷達之間的距離
Ld:內定臨界值距離
Lr:即時量測距離

四、智慧手機 “網路(現在)時間” - 擷取App規劃與設計



App的工作流程圖規劃設計

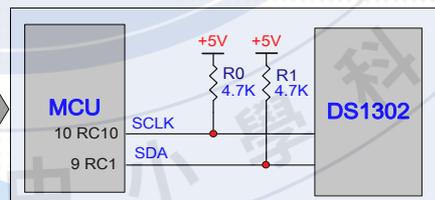
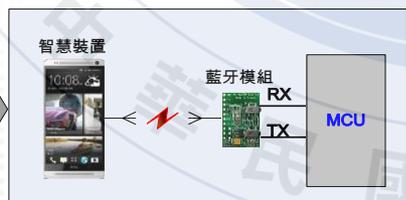
人機操作界面

步驟一: 撰寫Apps動態讀取網路系統時間的時,分,秒資料

步驟二: 手機透過藍牙無線界面將網路時間的時,分,秒傳給單晶片

步驟三: 撰寫單晶片程式將網路時間的時,分,秒寫入DS1302的RTC暫存器內,並開始計數

步驟四: 單晶片程式從DS1302的RTC暫存器讀出即時時,分,秒,然後顯示在八位七段顯示器上



網路時間從讀取、下載、計時到顯示的過程

五、非穿戴式跌倒偵測器的單晶片(PIC16F1823)-工作流程圖規劃與設計



微波雷達



信號處理單元



判斷電路



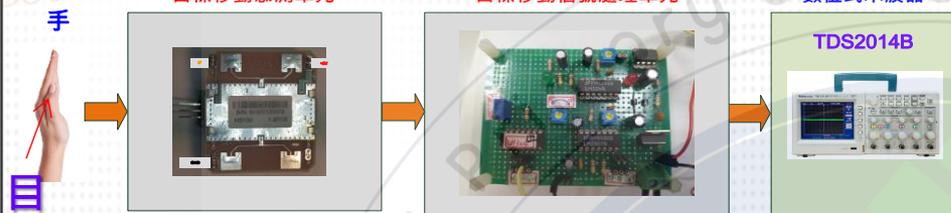
智慧手機



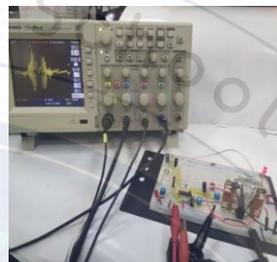
非穿戴式跌倒偵測器-信號處理流程

▲完成後實體雛型外觀照片

實驗一:實驗研究當目標與微波雷達模組距離變化時對輸出都卜勒信號之影響



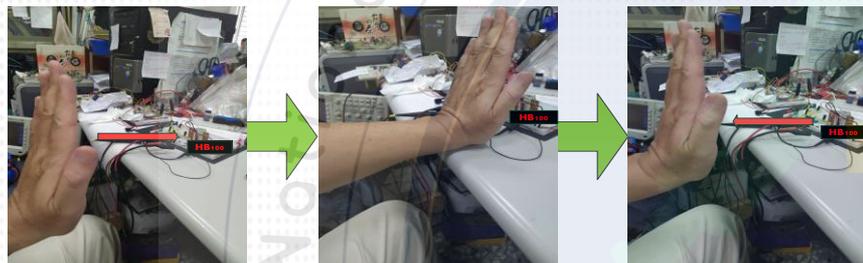
示意圖



實驗架設



不同運動方向，都卜勒信號波形隨之改變



接近

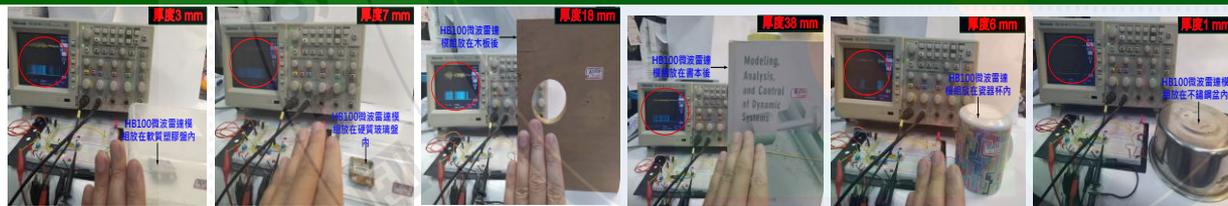
HB100雷達處

遠離

實際執行過程

- 討論1:當手與微波雷達相對運動速度越快(越慢)，輸出都卜勒信號頻率也會越高(越低)。
- 討論2:人跌倒，人對微波雷達的移動加速度上升。
- 討論3:新型護士推車既以此判斷目標所在區域，執行方向修正，使護士推車最後正面朝向目標。

實驗二:實驗研究和製作具有“指向性”感測功能的微波雷達模組實體雛型



軟塑膠盤

玻璃

木板

原文書

瓷杯

鐵盆(屏蔽)

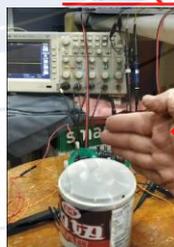
以不同材質物體阻隔，觀察對微波雷達靈敏度的影響。



手從鐵罐正上方接近微波雷達模組
→輸出都卜勒信號



手從鐵罐左側方接近微波雷達模組
→無輸出都卜勒信號

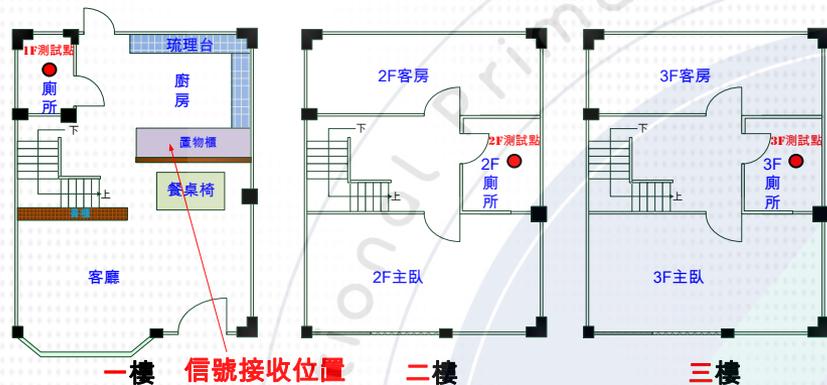


手從鐵罐側方接近微波雷達模組
→無輸出都卜勒信號



實驗三:實驗比較藍牙無線界面和LoRa無線界面通訊品質之優劣

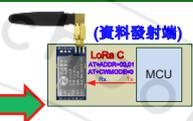
(一)實驗地點的建築物空間格局，以三個樓層為例



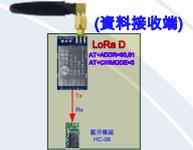
自製LoRa無線界面通訊品質測試電路



自製LoRa無線界面通訊品質測試人機界面



(資料發射端)



(資料接收端)



自製藍牙無線界面通訊品質測試人機界面



藍牙信號接收端



自製藍牙無線界面通訊品質測試電路

(二)經藍牙無線界面和LoRa無線界面，接收位置測得RSSI值

無線界面	樓層	臨界值dB)	資料平均筆數	門打開 (dB)			門關閉 (dB)		
藍牙模組	1樓	2	4	-80	-81	-80	-80	-80	-80
	2樓	2	4	X	X	X	X	X	X
	3樓	2	4	X	X	X	X	X	X
LoRa模組	1樓	2	4	-52.5	-50.1	-51.6	-52.0	-51.3	-49.8
	2樓	2	4	-56.8	-55.5	-56.9	-55.7	-55.7	-56.3
	3樓	2	4	-63.2	-63.1	-63.1	-64.0	-63.5	-63.5

備註1: 無線資料傳輸界面的接收端是架設在1樓(如上圖示)，經常有人出入的位置。

備註2: "X" 表示量測不到數值。

備註3: LoRa模組靈敏度為-135dBm以上；藍牙模組靈敏度為-80dBm。

討論1:只有裝置在1樓廁所的藍牙模組發射信號可被接收，且只有-80dB左右；廁所有、無關門對測試結果影響不大。

討論2:LoRa模組從1~3樓發射信號，無論有、無關門，在1樓的接收端LoRa模組都可接收到信號。

討論3:當收、發兩端距離變長，信號強度隨樓層增加而減弱，兩種無線界面之信號傳輸都符合“無線信號傳輸衰減”原理。

討論4:利用LoRa無線界面有較佳之低功耗、抗干擾能力和通訊距離長(由上表得1~3樓db值相差不多)等優點。

結論

- 一、非穿戴式跌倒偵測器可在目標無穿戴任何感測器，即可準確偵測跌倒事件和發出警報功能。
- 二、若是獨居者，“室內空間目標搜索”應用，因無需辨識身份，可用微波雷達技術取代信標藍牙技術。
- 三、兼顧個人隱私，在方圓半徑3公里內，即可對室內整戶或單一房間執行室內目標位置和移動軌跡快速搜索。[注意:因建築物遮蔽，不能用GPS；因個人隱私，不能用攝影機]
- 四、基於信標、微波雷達和毫米波雷達技術創新設計包含自動跟隨模式、“手把手”模式、“解鎖”安全啟動(身份辨識)、彈性改變前進速度和觸控工作模式切換等多功能新型護士推車。
- 五、結合整戶室內空間對目標搜索和配合“不定時”對「居家檢疫 / 居家隔離...」查找策略和加重罰鍰，一定可以對居家隔離者產生很大的嚇阻效果的。

未來展望

- 一、非穿戴式跌倒偵測器，在室外可以將裝置放在上衣口袋、名牌，與地面相對運動感測。
- 二、雷達技術可廣泛應用在民生、工業和農業用途。例如:
 - 1.可在汽車側面和後方安裝數個微波雷達，當汽車側面盲區存在人、車和物體，可主動對駕駛人產生警示。
 - 2.可在汽車前方裝置測距毫米波雷達，可主動停止汽車和及時閃避行人，有效預防事故發生。
 - 3.機車盲點偵測警示系統。
 - 4.可應用於“自動跟隨”農機上，協助農民栽培或採收蔬菜、水果、茶葉作業，節省人力。

參考資料

- [1]丁志宏、杜書然、王明鑫(2018)。我國城市老年人跌倒狀況及其影響因素研究。《人口與發展》，24(4)，120-128。
- [2] ATK-LORA-01無線串口模組用戶手冊，取自 <http://club.digiic.com/>。
- [3] HB100 Microwave Sensor Module，取自 <https://www.limpkin.fr/>。
- [4] HLK-LD303-24G用戶使用手冊，取自 <https://h.hlktech.com/download/>。