

# 智慧居家安全的個人位置追蹤系統

## A Personal Location Tracking System for Smart Home Security

王能中 符絮荼 陳皇任 許庭瑜

國立聯合大學資訊工程學系

苗栗市恭敬里聯大二號

ncwang@nuu.edu.tw

{U0924028, U0924043, U0924008}@o365.nuu.edu.tw

### 摘要

本研究的動機源於現代社會中獨居人口的增加以及對居家安全的需求。因此，我們開發了一套智慧居家個人位置追蹤系統。該系統使用 UWB 室內定位及毫米波雷達技術來實現，可以確保使用者的居家安全，也可以保障了使用者的隱私。本系統包含三種平台：網頁、LINE Bot 及 Zenbo Junior，並提供居家相關的資訊與服務。使用者可透過智能居家安全網站和 LINE Bot 瀏覽實時的居家狀況和活動記錄，也可通過平台獲取外出和進入危險區域的通知，進而實現全方位的居家監控。

**關鍵字：**居家安全、智慧居家、使用者隱私、UWB 定位、毫米波雷達。

### Abstract

This study is motivated by the increase in the number of people living alone and the demand for home security in modern society. Therefore, we developed a smart home personal location tracking system, which utilizes UWB indoor positioning and millimeter wave radar technology to ensure home security and protect the privacy of users. The system is equipped with three platforms: Web, LINE Bot and Zenbo

Junior, and provides home-related information and services. Users can browse real-time home conditions and activity records through the smart home security website and LINE Bot, as well as get notifications of going out and entering dangerous areas through the platform, thus realizing all-round home monitoring.

**Keywords:** home security, smart home, user privacy, UWB localization, millimeter wave radar.

### 1. 簡介

在本研究中，我們使用 UWB 定位及毫米波雷達兩種技術，設計了一個智慧居家個人位置追蹤系統。讓使用者能在維護居家安全的同時兼顧到自身的隱私權。

#### 1.1. 前言

獨居人口在現代社會逐漸增多，其居家安全成為一項重要議題。監控設備是居家安全最常見的手段，但此類產品有隱私上的疑慮，長期監控也可能會對家庭成員造成心理上的負面影響[1]。

#### 1.2. 研究動機

儘管市面上已有監視器能夠監看人員的動向，但監視器畫面作為隱私

性的資料，若是未妥善保存或是遭遇非法入侵，便會面臨個人資訊外洩的風險，極具隱私疑慮。因此，為了避免此類問題，我們希望在不使用影像的前提下，設計出一個以居家安全為目標的系統，為我們檢測人員的移動與區域進出。

### 1.3. 相關研究

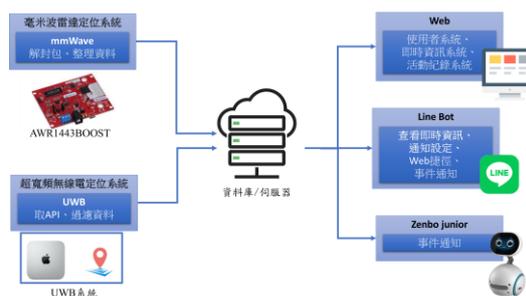
由於醫療機構中的人員大部分都在室內活動，為了進行更好的管理與照護，長庚養生文化村於西元 2020 年開始使用 UWB (Ultra Wideband, 超寬頻) 室內無線定位系統。該系統透過受護者所攜帶的房卡，感測並傳送受照護者的位置與姿勢角度至後端進行分析、判斷，若判定有跌倒的風險，就會立即通知照護人員前往檢查及處理。除此之外，UWB 室內無線定位系統也被應用於掌握貴重醫療儀器的位置與數量管理[2]。

## 2. 系統內容

在本研究中，我們以 UWB 和毫米波技術為核心構建定位系統，並透過資料庫系統負責資料存儲和數據管理。整體系統包含了前端(網頁、LINEBOT 和 Zenbo)以及後端，後端負責協調資料庫和前端之間的資訊流動，確保系統順暢運作。

### 2.1. 系統架構

本個人追蹤系統同時使用「UWB 定位系統」及「毫米波雷達系統」提供居家地圖上成員位置資訊，再透過網頁、LINE Bot 以及 Zenbo Junior 呈現兩者的資訊給使用者。本系統之架構圖，如圖一所示。



圖一：系統架構圖。

## 2.2. 開發環境

### 2.2.1. Python

Python 是一種接近自然語言的高階程式語言，它具有簡潔明瞭的語法，並且可以在多種作業系統上執行，是一種功能豐富且廣受歡迎的語言。本系統使用 Python 來進行「資料分析」和「資料庫存取」的功能。

### 2.2.2. Go

Go 是一種由 Google 設計的開源程式語言，它可以在不同的作業系統上運行，並且具有高速的執行和編譯效率，其語法和 C++ 相似，適用於開發高效能的應用程式。

### 2.2.3. Visual Studio Code

Visual Studio Code 是一款由微軟開發且跨平台的免費開源編輯器，並支持 Windows、Mac OS 及 Linux，透過安裝不同語言的延伸模組 (Extensions)，即可輕鬆變成完善的 IDE 開發環境。

## 2.3. 相關技術

### 2.3.1. LINE Bot SDK

LINE Bot SDK [3] 是一個專門為 LINE Bot 開發者設計的軟體開發工具包，包含了 LINE Bot API 所支援的全部功能和介面，也提供各種常見程式語言的函式庫和範例程式，讓初學者

更快上手。

### 2.3.2. Zenbo Junior Python SDK

Zenbo Junior Python SDK (PyZenbo) [4] 中提供了一系列的 API，讓 Python 3 撰寫出來的應用程式可以透過 PC 遠端連線和控制 Zenbo Junior 的移動、表情、語音等。

### 2.3.3. mmWave SDK

mmWave 軟體開發套件 (SDK) 是一套軟體工具，支援 TI mmWave 感測器的應用評估和開發。提供統一平台、易於設定、快速開發，包括建構模塊、示範和示例，應用於工業和汽車領域。還有高安全性 (HS) 設備的附屬套件，以及雷達工具箱提供開源示範和文檔。

### 2.3.4. Bootstrap

Bootstrap 是一種由 Twitter 公司開發的免費、開源的前端框架，它可以幫助 Web 開發者快速、方便地創建美觀的網站和 Web 應用程式。Bootstrap 提供了許多 CSS、JavaScript 和 HTML 元件，例如表單、按鈕、導航、模態框等，以及一個基於網格系統的回應式佈局，可以適應不同大小的螢幕。Bootstrap 的特點是簡潔、直觀、強大、易用及高靈活度，它已經成為了很多 Web 開發者的首選框架之一。

### 2.3.5. UWB 室內定位系統

本居家安全位置追蹤系統使用北瀚科技的 UWB 室內定位系統[5]來實現。此室內定位系統是一種利用超寬頻 (Ultra Wideband) 技術來測量空間中物體的位置的系統。一組 UWB 定位系統是由一個協調者 (Coordinator)、三個以上的基站 (Anchor) 及多個標籤 (Tag) 所組成。協調者負責控制基站與標籤之間的通訊，基站負責發送及接

收無線訊號，標籤負責被定位的物體，並且提供 WebSocket 及 PHP 的 API，讓開發者可以使用這些程式語言來存取和處理定位資料。

#### A. 標籤 (Tag)

標籤 (Tag) 是一種可以被 UWB 室內定位系統追蹤的裝置，它的外型和大小如圖二所示。Tag 上面的紅色按鈕為緊急按鈕，可以在遇到危險或需要幫助的時候按下，發出求救訊號。每個人員都需要配戴一個 Tag，才能讓系統知道他們的位置。



圖二：Tag 外觀及大小。

#### B. 基站 (Anchor)

基站 (Anchor) 是一種可以和 Tag 進行無線通訊的裝置，它可以測量自己和 Tag 之間的距離。當有三個或以上的 Anchor 測到同一個 Tag 的距離時，就可以利用三角定位法計算出 Tag 的位置。UWB 室內定位系統的精準度大約在 15 公分以內，但如果 Anchor 和 Tag 之間有障礙物，會影響測距的準確性。為了降低定位誤差，Anchor 會安裝在室內的四個角落，並且在高處，以減少障礙物的干擾。

#### C. 協調者 (Coordinator)

協調者 (Coordinator) 是一種負責計算和傳送定位資料的裝置，它可以接收 UWB 的 Anchor 發送的測距資料，並且利用數學公式計算出 UWB 的 Tag

在空間中的座標，然後將座標資料傳送到本系統的 Server 端。Coordinator 的位置會選在所有 Anchor 的中心附近，這樣可以減少測距和傳輸的誤差。Coordinator 是 UWB 室內定位系統的核心元件，它可以讓本系統知道每個 Tag 的位置。

### 2.3.6. 毫米波雷達系統

本居家安全位置追蹤系統使用德州儀器所設計的毫米波感測器模組，開發一套雷達系統。該系統經由自製的雷達控制器，來控制毫米波感測器模組，以取得指定資料，再經由自製的聚類工具解析感測資料，以取得環境資訊。

#### A. AWR1443BOOST 雷達感測器

AWR1443BOOST 是一個操作簡便的 77GHz 毫米波感測器評估板，備有單晶片 AWR1443 的毫米波感測器。此評估板可透過 mmWave Studio 和 MMWAVE-SDK 進行開發。板上設計了天線、XDS110 JTAG、UART-to-USB 介面和 CAN 連接器等等，支援多種連接使用方式[6]。

#### B. 雷達控制器

此雷達控制器使用 USB 介面，以自製函式庫控制毫米波雷達感測器模組。運行過程中，在 mmWave SDK 的標準下，提供使用者以物件方法、字串指令或配置檔控制設備。同時，提供手動或自動接收並解析封包的方法，以協助使用者有效管理資源。

#### C. 聚類 (Clustering) 工具

這個自製工具包的核心，是基於層次聚合聚類 (Hierarchical Agglomerative Clustering, HAC) 的方法 [7]。主要功能包括聚類、配對以及其他

應用於特定聚類場景的處理函式。其支援使用原始點或虛擬點進行聚類處理，並提供介面以自訂聚類規則，使聚類策略更具靈活性。此外，擴展了聚類功能，增加了多資料集的配對功能，其可將相似但不同的資料匹配為同一組，並指出各組的來源集。

### 3. 系統功能

本系統的功能主要分成「前端」、「毫米波雷達系統」及「UWB 定位系統」三個子系統。

#### 3.1. 前端系統

前端包含了「使用者系統」、「即時資訊系統」及「活動紀錄系統」。

##### 3.1.1. 事件通知系統

使用者系統包含了登入、註冊、忘記密碼以及修改。使用者可以註冊個人資料，並進行登入、登出以及維護個人資料，亦可找回遺忘的密碼。

##### 3.1.2. 即時資訊系統

使用者可以查看目前居家地圖上人員位置的即時資訊。

##### 3.1.3. 活動紀錄系統

使用者可以自訂欲查看的人員及時間段，獲得該段時間該人員的活動紀錄統計圖表。

#### 3.2. 後端系統

後端包含了「毫米波定位系統」、「UWB 定位系統」、「複合定位系統」及「事件通知系統」。

##### 3.2.1. UWB 定位系統

透過 VILS Web API 取得 UWB 的所有裝置資訊，接著過濾出 Tag 座標，每個 Tag 對應一位家庭成員，以每秒一筆的頻率，將各成員的三軸座標及所在區域存入資料庫中。

### 3.2.2. 毫米波雷達系統

藉由德州儀器的毫米波感測器模組即時收集的資料，接著使用聚類工具解析這些資料，提煉出有價值的環境資訊，使系統更精確、靈活地應對不同場景。

### 3.2.3. 使用者系統

每次取得資料庫中將最後存入時間的資料，判斷各個 Tag 是否觸發危險區域通知或外出通知，若事件被觸發，則將藉由 LINE Bot 與 Zenbo Junior 進行通知。

## 4. 系統實作成果

本系統的系統實作成果包含：「智慧居家安全網站與 LINE Bot」及「事件通知系統」，說明如下。

### 4.1. 智慧居家安全網站與 LINE Bot

前端的使用者介面包含：「智慧居家安全個人位置追蹤網站」及「LINE Bot」，說明如下。

#### 4.1.1. 智慧居家安全個人位置追蹤網站

##### A. 系統首頁與登入

本系統的網站首頁分為登入前與登入後兩種形式：登入前的首頁為本系統之簡介內容；登入後則為功能選單，如圖三所示，接著便可選取欲查看之內容。使用者登入與註冊畫面如圖四所示。



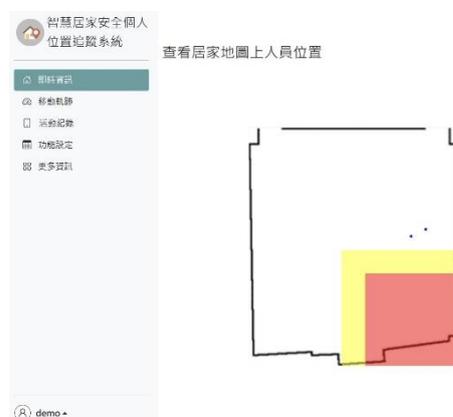
圖三：登入後之功能選單。



圖四：登入與註冊畫面。

##### B. 查看即時資訊

即時資訊以每三秒一次的頻率主動更新，讓使用者能夠更快速得知目前居家地圖上人員的所在位置，如圖五所示。



圖五：使用網站查看即時資訊。

##### C. 查看活動紀錄

統計資訊將根據使用者之設定，統計歷史資料後，以統計圖表呈現活動紀錄，如圖六所示。



圖六：使用網站查看人員活動紀錄。

#### 4.1.2. LINE Bot

LINE Bot 圖文選單如圖七所示，

使用者以點選的方式操作。圖文選單中，每個圖示均提供對應的資訊給使用者。



圖七：LINE Bot 圖文選單。

#### A. 即時資訊

使用者點選功能選單之「位置資訊」圖示，以查詢目前居家地圖的情形，地圖上會呈現人員名稱及人員位置，如圖八所示。



圖八：使用 LINE Bot 查看最新位置資訊。

#### B. 通知設定

使用者點選功能選單之「通知設定」圖示，以開啟或關閉 LINE Bot 的通知提醒，如圖九所示。



圖九：LINE Bot 通知設定。

### 4.2. 事件通知系統

#### 4.2.1. 外出訊息通知

當使用者外出時，系統會發出外出通知給其他在外的家人，以了解使用者的情況。LINE Bot 會傳送「某人員已於某時間離開住宅」的訊息，而 Zenbo Junior 以語音方式提醒使用者外出小心安全，如圖十及十一所示。



圖十：LINE Bot 外出通知訊息。



圖十一：Zenbo Junior 提醒外出者小心安全。

#### 4.2.2. 危險區域通知

當特定人員被偵測到接近危險區域範圍，LINE Bot 會發出「某人員正在接近危險區域」之通知訊息，Zenbo Junior 也會同時發出語音通知，如圖十二及十三所示；若使用者已經進入危險區域範圍，LINE Bot 與 Zenbo Junior 將發出通知警告。



圖十二：LINE Bot 進行危險區域通知。



圖十三：Zenbo Junior 進行危險區域通知

## 5. 結論

本研究實作了一個「智慧居家個人位置追蹤系統」。本系統使用了 UWB 室內定位系統和毫米波雷達系統的技術進行個人位置追蹤。使用者可以使用網頁隨時查看家中的即時資訊和人員的活動紀錄。當系統感測到特定人員接近危險區域或是有人進出住宅時，會馬上藉由 LINE Bot 和 Zenbo Junior 進行通知，幫助使用者不論是外出還是在家都能更好的掌握家中的情形，達到居家安全的效果。

## 參考文獻

- [1] Sara Cannizzaro, Rob Procter, Sinong Ma, and Carsten Maple, “Trust in the Smart Home: Findings from a Nationally Representative Survey in the UK,” May 29, 2020.
- [2] 科技網，結合 UWB 與 AI 長庚大學 15 分鐘完成高精準室內定位。  
[https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?id=0000597792\\_PLI6EG19L4J9EJ16W4OVQ](https://www.digitimes.com.tw/tech/dt/n/shwnws.asp?id=0000597792_PLI6EG19L4J9EJ16W4OVQ)
- [3] LINE Developer, LINE Messaging API SDKs,  
<https://developers.line.biz/en/docs/messaging-api/line-bot-sdk/>
- [4] Python SDK 入門。  
<https://developer.asus.com/tw/docu>

[ments/zenbo\\_junior/Python-SDK-%E5%85%A5%E9%96%80/0.9.1/%E8%A8%AD%E7%BD%AE-PyZenbo](https://github.com/zenbo-junior/Python-SDK-%E5%85%A5%E9%96%80/0.9.1/%E8%A8%AD%E7%BD%AE-PyZenbo)

- [5] 北瀚科技。  
<http://tw.smims.com.tw/index.html>
- [6] AWR1443BOOST.  
<https://www.ti.com/tool/AWR1443BOOST>
- [7] Sadaaki Miyamoto, “Theory of Agglomerative Hierarchical Clustering,” March 21, 2022.