

基於室內定位技術的智慧居家控制與服務系統

A Smart Home Control and Service System Based on Indoor

Positioning Technology

王能中 陳子蓁 柯尚廷

國立聯合大學資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大二號

ncwang@nuu.edu.tw

{U0524009, U0524018}@smail.nuu.edu.tw

摘要

根據衛生署的研究，年長者在室內發生意外的機率較室外高。因此設計一個用於居家環境的服務系統也就變得格外重要。在本研究中，我們設計了一個基於室內定位技術的智慧居家系統。此系統主要包含以下子系統：居家成員監視系統、居家控制系統、居家服務系統。居家成員監視系統使用室內定位技術並搭配監視器，讓使用者可以隨時知道家中成員的狀況。居家控制系統讓使用者可以方便地控制家中裝置的開關。居家服務系統讓使用者可以透過與 Zenbo 的互動來執行各項服務，並且會於緊急狀況發生時，即時通知使用者。本系統可以降低被照顧者因意外而造成憾事的機會，並且可以提升行動不便者的居家生活品質。

關鍵字：居家控制、居家服務、室內定位技術、智慧居家、Zenbo。

Abstract

According to a study by the Department of Health, older people are more likely to have accidents indoors than outdoors. Therefore, designing a service system for the home environment becomes particularly important. In this study, we designed a smart home system based on indoor positioning technology. This system mainly includes the following subsystems: home member monitoring system, home control system, and home service system. Home member monitoring system uses indoor positioning technology

and is equipped with a monitor, so that users can know the status of members at home at any time. Home control system allows users to easily control the on-off of the devices in the home. Home service system allows users to perform various services through interaction with Zenbo, and will notify users immediately when an emergency occurs. The system can reduce the chance of regrets caused by the person being cared for due to accidents, and can improve the home quality of life of people with reduced mobility.

Keywords: home control, home service, indoor positioning technology, smart home, Zenbo.

1. 簡介

在本研究中，我們設計了一個結合 UWB 室內定位、Zenbo、人臉辨識之智慧居家控制與服務系統。除了讓出門在外的年輕人更加放心，也能讓家中行動不便的人更安心。

1.1. 前言

由於年長者在家中可能行動不便，也較容易發生意外。然而年輕人往往因為諸多因素，無法隨時知道家中年長者的狀況。家中年長者若發生問題，往往沒有方法進行即時求救，而延誤數十分鐘甚至

數小時的救護時間。

1.2. 研究動機

一般的認知裡，會認為年長者在戶外活動比待在室內還要危險。不過根據衛生署的統計，年長者發生意外事故的地點，是以居家最為常見，其中浴室為意外發生率的第一名，其次為臥室[1]。

因此我們想設計出一個能夠讓需要被照顧的人(被照顧者)發生意外時能更快被他人發現，並搭配更方便也更直覺的居家控制系統，來讓行動不便者可以方便地控制家中開關。希望讓年輕人無論在家中或是在外工作，都能在家中年長者發生意外時盡早知道，如此一來可以降低憾事發生的機率。

1.3. 相關研究

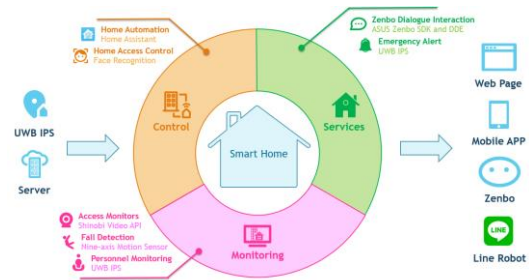
市面上已有實際應用到 UWB (Ultra Wideband) 室內定位的健康住宅，其利用室內定位達成作息管理、人員巡檢管理及警報系統等應用[2]。而我們系統以 UWB 室內定位系統為基礎並搭配 Zenbo，來應用於銀髮智慧居家系統。

2. 系統內容

我們結合 UWB 室內定位及 Zenbo 來製作我們的系統。使用到 Docker 來架設多個 Server，並利用 Google PWA 來建置手機的 APP，網頁端、Zenbo 與 Server 之間的溝通則是利用到 MQTT 及 WebSocket。

2.1. 系統架構

本系統主要分成居家控制、居家服務及居家監控三個子系統。使用者端的部分包含了網頁端、手機 APP 端、Zenbo 以及 Line 機器人，使用者端透過與 Smart Home Server 以及以 UWB 為基礎的室內定位系統(Indoor Positioning System, IPS)的溝通來完成各項功能。系統架構如圖一所示。



圖一：系統架構圖。

2.2. 開發環境

為了達到我們系統所能提供的功能，使用了下列工具進行開發。主要分成 Zenbo 及網頁端兩個部分，並搭配 UWB 室內定位系統進行開發。

2.2.1. UWB 室內定位系統

本系統使用了北翰科技的 UWB 室內定位系統，此室內定位系統由一個協調者(Coordinator)、三個以上的基站(Anchor)以及數個標籤(Tag)組成，並且有提供 WebSocket 及 PHP 的 API 讓我們進行開發。

(1) 標籤(Tag)

每位人員必須攜帶 Tag 才能被定位，Tag 的外觀及大小如圖二所示，上面的按鈕為緊急求助按鈕。



圖二：Tag 外觀及大小。

(2) 基站(Anchor)

Anchor 會不斷與 Tag 溝通來得知其與 Tag 的距離。此定位系統的誤差約在 15 cm 以內，誤差會因為 Anchor 與 Tag 之間存在障礙物而提高。為了減少定位誤差，Anchor 會裝設室內的四個角落並且在較高處的位置，來減少障礙物的影響。

(3) 協調者(Coordinator)

Coordinator 會接收所有 Anchor 傳來的測距資料並計算出 Tag 在空間中的座標，再將資料傳送到此系統的 Server 端。為了減少定位誤差，Coordinator 的裝設位置會接近所有 Anchor 的中心位置。

2.2.2. Zenbo

本系統的 Zenbo 機器人端運用了 Android

Studio 進行開發。Zenbo 的程式開發需要先將 ASUS 官方所提供的 Zenbo SDK 匯入至 Android Studio。Zenbo 的語音辨識則是使用 ASUS 官方提供的 DDE 進行開發[3]。

2.2.3. 網頁端

網頁端共有三個子系統，分別為居家監控系統、人臉辨識系統控制系統、居家控制系統。

(1) 居家監控系統

居家監控系統主要包含了監看人員位置與瀏覽監視畫面兩個功能。使用 HTML5、CSS3、Javascript 處理前端，並使用 PHP 處理後端，使用的資料庫為 MySQL。搭配 Composer、Autoload psr-4 版本、NPM、Webpack、Babel 等工具進行開發。

(2) 人臉辨識系統控制系統

使用 Openface 官方範例的 Docker 版本進行架設。網頁前端的部分參考其範例程式碼來重新撰寫，並使其可以連接到我們設置於家中的攝影機。

(3) 居家控制系統

使用 Docker 架設的 Home Assistant 來處理前端。前端會傳送具有唯一性的訊息至 Conversion Server，Conversion Server 會將訊息轉換傳送到 Smart Home Server，並執行指定的動作。

2.2.4. APP 端

(1) 居家控制

利用 Google PWA 將網頁端的居家控制系統轉換為 APP，操作與功能皆與網頁端相同。可支援 Android 及 IOS。

2.3. 相關技術

2.3.1. OpenFace

OpenFace 是基於深度學習框架 torch 和 Python 語言開發的人臉識別開源框架。OpenFace 的一項特色是可以用精確的資料來訓練一個模型，儘管模型的資料非常少。Docker Hub 有提供 OpenFace 的 Docker 版本[4]。

2.3.2. UWB (Ultra Wideband)

UWB 又稱為超寬頻，是一種無載波通信技術。相對於其他定位技術，具有較低的耗電量、較精確的定位和較高的抗干擾性，佈線複雜度也較低。缺

點是傳輸距離較短，只有約 30 公尺。適合用於室內定位[5]。

2.3.3. Google Progressive Web App (PWA)

漸進式網路應用程式(PWA)是一個概念性的名詞，最初被提出時是希望能解決 Web 與 APP 會遇到的問題。簡單而言，可以利用 PWA 將一個網站轉換成 APP 並下載到手機上，並且可同時支援 Android 和 IOS。程式設計者可以只設計一個網站，就做出同時支援 Android 和 IOS 平台的 APP，當然也可以用瀏覽器開啟該網站。不過相較於 Android 或 IOS 的原生 APP，功能上會受到限制[6]。

3. 系統功能

此系統的功能主要分成居家監控、居家控制、居家服務三個子系統。

3.1. 居家監控

居家監控包含了居家成員監視、跌倒偵測及監視器畫面調閱三個部分。

3.1.1. 居家成員監視

人員監控主要用於讓使用者可以於室內平面圖上，瀏覽家中所有 Tag 的即時位置，並且可以透過點擊任意 Tag 來得知該 Tag 所在的區域及座標。此部分於網頁端實作，利用網頁端與 UWB IPS 的即時溝通來達成。

3.1.2. 跌倒偵測

跌倒偵測部分利用 Tag 上九軸感測器的資料，來取得各 Tag 的瞬时加速度，並依此判斷人員是否跌倒。偵測到有人員跌倒時，伺服器會向 Zenbo 及 Line 機器人發送通知。

3.1.3. 監視器畫面調閱

監視器畫面調閱的部分，讓使用者可以調閱室內特定監視器的即時畫面，或是調閱過往的監視紀錄，此部分於網頁端實作。即時畫面部分，使用 Shinobi Video 的 API，於 Server 端會將攝影機的 RTSP 即時轉換為串流並傳送到介面進行播放；調

閱監視紀錄部分，也是使用 Shinobi Video 的 API，來取得影片紀錄的檔案清單。

3.2. 居家控制

居家控制包含了居家裝置控制及居家門禁兩個部分。

3.2.1. 居家裝置控制

居家裝置控制的部分，讓使用者可以於網頁端或 Line 機器人的介面上直接開關居家的裝置(例如：電燈、電扇)。此網頁也兼具漸進式網路應用程式(PWA)的功能，可以將網頁轉換為 APP。

3.2.2. 居家門禁

居家門禁用於管理居家人員的進出，我們搭配了人臉辨識系統來完成這部分的功能。此部分提供了圖形化介面，讓使用者可以於網頁端直接對人臉辨識的系統進行控制。人臉辨識系統的控制分為兩種模式，分別為辨識模式與訓練模式。使用者可手動控制兩種模式的切換。

(1) 辨識模式

辨識模式下，介面上可以看見用於人臉辨識的監視器的即時畫面，即時畫面上可以看到畫面中的人臉被標示出來，並且於介面上會條列出畫面中有哪些人。如果有無法辨識或尚無資料的人員，會歸類為未知的人員(Unknown)。

(2) 訓練模式

訓練模式下，使用者可以於介面上選取或新增要進行資料訓練的目標人員。目標人員需要站在用於人臉辨識的監視器前方，網頁前端會即時擷取監視器的畫面並傳送到伺服器，同時伺服器會擷取畫面中的人臉並回傳至前端。介面上可以看到每張被截取的人臉，可手動校正辨識結果或刪除模糊的影像。約一分鐘就可以完成單一人員的資料訓練。

3.3. 居家服務

居家服務系統結合了居家監控及居家控制系統，提供了更多樣的服務。此系統包含了語音辨識、緊急警報及互動門禁服務三個部分。

3.3.1. 語音辨識

語音辨識的部分，讓使用者可以透過語句命令 Zenbo 進行居家控制或詢問家中人員的位置。此部

分利用 ASUS 官方提供的 Zenbo DDE 來進行語意理解的建構，並利用 MQTT 來完成 Zenbo 與伺服器的溝通。

3.3.2. 緊急警報

緊急警報的部分，Zenbo 會在有人員按下 Tag 上的緊急按鈕或有人員跌倒時發出警報。Zenbo 會在接收到通知時大聲呼救，讓家中的所有成員都接收到警報；Line 機器人則會在接收到通知後告知使用者，同時傳送家中監視器的畫面。

3.3.3. 互動門禁服務

Zenbo 會在家庭成員回到家時對其說出歡迎回家。當有人走到門口時，透過人臉辨識系統可辨別出是誰回到家了，如果目標為家庭成員，Zenbo 會接收到訊息並作出對應。

4. 系統實作成果

系統實作成果部分，分成居家監控、居家控制及居家服務三個部分。

4.1. 居家監控

居家監控的實作成果，包含了居家成員監視、跌倒偵測及監視器畫面調閱三個部分。

4.1.1. 居家成員監視

介面上會有一個室內的平面圖實際大小為 10m x 10m。地圖主要劃分為八個區域，並且可以在地圖上直接看到各個成員的即時位置。點擊任意成員的圖示後，可以查看該成員的所在區域及座標，如圖三所示。



圖三：監控人員位置。

4.1.2. 跌倒偵測

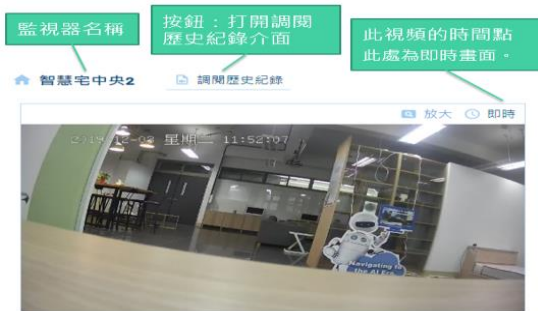
當伺服器偵測到有人員跌倒時，會向 Zenbo 及 Line 機器人發送通知，這部分與居家服務系統的緊急警報系統做連結。

4.1.3. 監視器畫面調閱

使用者透過點擊功能列的按鈕，可直接調閱特定監視器的實時畫面或歷史紀錄。

(1) 即時畫面

界面上會顯示監視器的即時畫面，如圖四所示。



圖四：瀏覽監視器即時畫面。

(2) 歷史紀錄

使用者點選「調閱紀錄」按鈕後，可以透過選單選取想調閱的紀錄，如圖五所示。使用者亦可以同時播放多個歷史紀錄，如圖六所示。



圖五：調閱監視器歷史紀錄操作流程圖。



圖六：同時瀏覽多個監視器歷史紀錄。

4.2. 居家控制

居家控制的系統實作部分，包含居家裝置控制及居家門禁兩個部分。

4.2.1. 居家裝置控制

居家裝置控制的部分可以透過網頁端、APP 端或 Line 機器人來進行操作。在網頁端及 APP 端的界面上，使用者可以方便地開關家中的電燈或門，如圖七所示；Line 機器人的部分則可透過選單與機器人的對話來進行操作，如圖八所示。



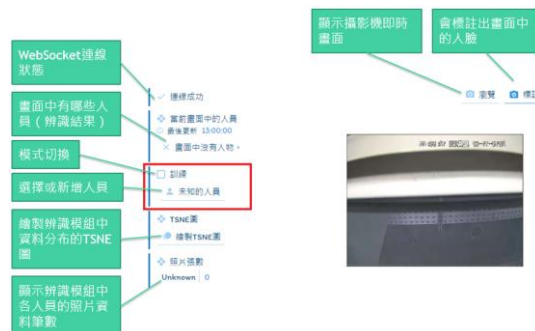
圖七：居家控制介面。



圖八：Line 機器人居家裝置控制。

4.2.2. 居家門禁

居家門禁使用了人臉辨識系統來實現。使用者可於網頁端對人臉辨識系統進行控制，並瀏覽當前的系統狀態，如圖九所示。



圖九：人臉辨識系統控制主畫面。

(1) 辨識模式

辨識模式下可以看到攝影機的即時畫面及辨識結果，如圖十所示。並且會以條列的方式列出當前畫面中的所有人員。



圖十：人臉辨識結果一即時畫面。

(2) 訓練模式

訓練模式下使用者可以選取要進行資料訓練

的目標人員或是新增新的人員。切換為訓練模式後，網頁前端就會開始截取畫面並傳送到伺服器。伺服器端會判斷接收到的影像是否有人臉，若畫面中存在人臉，人臉就會被截取並儲存下來，網頁前端可以看到各個人員人臉影像的數量。截取到的人臉會顯示於頁面上，使用者可以手動修正辨識結果或刪除影像資料，如圖十一所示。



圖十一：人臉辨識資料校正。

4.3. 居家服務

居家服務的系統實作包含了語音辨識、緊急警報及互動門禁服務三個部分。

4.3.1. 語音辨識

語音辨識主要分為居家控制或詢問家庭成員的即時位置。居家控制的部分為使用者可以命令 Zenbo 如：「開啟廚房電燈。」，廚房的電燈就會隨即打開；詢問家庭成員位置的部分，對話範例如表一所示。

表一：使用者向 Zenbo 詢問位置對話範例。

使用者	Zenbo
被照顧者在哪裡？	被照顧者現在在客廳。
被照顧者現在在客廳嗎？	是的，被照顧者現在在客廳。
被照顧者現在在廚房嗎？	不是，被照顧者現在其實在客廳。

4.3.2. 緊急警報

緊急警報部分，會在有人員按下緊急按鈕或有人員跌倒時透過 Zenbo 及 Line 機器人對使用者發出警報。例如：被照顧者按下緊急按鈕時，Zenbo 會大喊：「家中的被照顧者需要幫助。」；Line 機器人會發送緊急求救訊息，如圖十二所示。被照顧者跌倒時，Zenbo 會大喊：「偵測到家中的被照顧者跌倒

了。」；接著 Line 機器人會發送緊急求救訊息，如圖十三所示。



圖十二：Line 機器人發送緊急求救訊息。 圖十三：Line 機器人發出跌倒偵測訊息。

4.3.3. 互動門禁服務

當一人員走到門口時，人臉辨識系統會進行辨識，若為已存在資料的人員，Zenbo 便會歡迎其的到來。例如：有一在資料中名為小明的人員走到門口，Zenbo 便會說出：「歡迎回家，小明。」。

5. 結論

在本研究中，使用者可以在網頁端隨時查看家中人員的狀態，並且會在有人員按下緊急按鈕或偵測有人員跌倒時，透過 Zenbo 及 Line 機器人即時通知所有家庭成員，這個功能讓使用者即使出門在外也能馬上得知是否發生意外又能同時進行手邊的工作。本系統也擁有居家控制的功能，可以讓行動不便者有更佳的居家生活品質。此外，我們也設計了 Zenbo 的語音互動功能，使用者可以命令 Zenbo 進行居家裝置的控制，也可以詢問 Zenbo 家中成員的位置狀況。我們還搭配了以人臉辨識系統為基礎的互動門禁服務，讓 Zenbo 會以語音迎接剛回到家的家庭成員。本系統讓使用者無論是出門在外還是在家中，都能放心且輕易地掌握居家的狀況，不必再隨時擔心家庭成員是否在家中發生了狀況卻無法得到幫助，更因此造成了遺憾。

參考文獻

- [1] 林麗玉, “5 老人就有 1 人曾跌倒 居家意外最常見”, 2012 年 8 月 13 日。
<https://tw.news.yahoo.com/5-老人就有1人曾跌倒-居家意外最常見-050208222.html>
- [2] 樂陶居。
<http://www.ibeautifullife.com.tw/index.html>
- [3] “DDE”,
<https://zenbo.asus.com/developer/documents/DE-Tutorial/Welcome>
- [4] S. Kim, “Understanding Open-Source Facial Recognition Through OpenFace,”
Algorithmia, January 18, 2018.
<https://algorithmia.com/blog/understanding-facial-recognition-openface>
- [5] 長映科技股份有限公司, “工業 4.0-UWB 精準室內定位系統”。
<http://www.dmatek.com.tw/tn/viewproc.asp?id=1893>
- [6] G. Developers, “Progressive Web Apps,”
Google Developers.
<https://developers.google.com/web/progressive-web-apps>