

東海大學資訊工程研究所

碩士論文

指導教授：羅文聰 博士

iBeacon 定位校正方法設計與實作

The design and implementation of position
adjustment algorithm for iBeacon sensors

研究生：洪銘鴻

中華民國 一〇四 年 七 月

東海大學碩士學位論文考試審定書

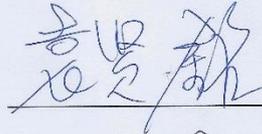
東海大學資訊工程學系 研究所

研究生 洪 銘 鴻 所提之論文

iBeacon 定位校正方法設計與實作

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

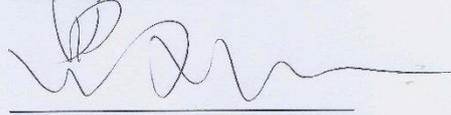
學位考試委員會
召 集 人

 簽章

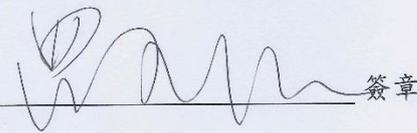
委 員







指 導 教 授

 簽章

中華民國 104 年 6 月 18 日

摘要

隨著醫療科技的進步，全球人口平均壽命提升，導致各種慢性疾病的發生率也跟著提高，其中失智症是老人常見問題之一，會使老人在生活、身體健康以及情緒造成巨大影響，同時也會失去生活自理能力，出門後不認得路回家，造成本身、照顧者以及社會許多的困擾及負擔。然而市面上所提供的數種協尋解決方案，都確有改善以及建議空間。

本研究提出基於 Bluetooth 4.0 為基礎的 iBeacon，發展建構出一套系統平台，來藉此解決感測距離、耗電量以及隱私權問題。除此之外，在無線感測轉換距離上，本論文也提出使用高斯濾波(Gaussian filter)以及分群方式，提供不同接收訊號強度指示法(Received Signal Strength Indicator, RSSI)值對應不同路徑損耗指數(Path Loss Exponent)，藉此提升距離換算以及定位的精準度。

關鍵詞：iBeacon、失智老人、RSSI、無線感測

Abstract

With advances in technology, the incidence of chronic disease is increasing as the global life expectancy is rising. Dementia is one of the common diseases in the elderly. This illness usually leads to great impact in their life, body health, sentiments and eventually cause them to lose self-care abilities. Those patients may not recognize the way home that becomes a huge problem and burden to themselves, the caretakers and society. However, there's indeed room for improvement and suggestion of the investigation programs nowadays.

Therefore, this thesis aims at providing a system platform which is based on iBeacon technology that is using the Bluetooth 4.0 to solve problems of detecting distance, power consumption and privacy protection. In addition, about the problem of converted distance of wireless detect, we propose a solution by using Gaussian filter and clustering, to provide the different values of RSSI(Received Signal Strength Indicator) determined for the different values of Path Loss Exponent, which to promote precision of range conversion and orientation.

Keywords : iBeacon 、 dementia 、 RSSI 、 Wireless detect

致謝

三年的時光終於完成這篇論文，首先要感謝的是上帝，在撰寫論文的時期難免有低潮時，但靠著禱告我可以擁有喜樂平安的心來完成研究所學業以及論文。再接著要感謝的是我的指導教授羅文聰博士，從大學部大三開始指導我的專題實作，給予我在各項能力上的指導，讓我在邏輯組織以及做事態度上，都學到了許多身為研究生應該具備的素質。

另外也要感謝許瑞愷老師在我論文上給予許多方向的指導跟討論，學習到在專案執行上需具備的規劃與執行力，讓我在未來出社會後面對業界的考驗更有信心。同時也感謝陳倫奇學長在我們論文中提供以往的經驗當作參考，當我們困於某些窘境時，及時的伸出援手幫忙，讓論文可以順利完成。

除此之外特別感謝抽空前來參加的口試委員：袁賢銘教授、林志敏教授。感謝你們在我簡報後給予肯定，並且提供許多意見與方向讓我參考以及修改，讓我的論文可以更加完善。

在研究所的生活中，還要感謝實驗室同學林修漢，一起為了研究室的各種事情以及論文，彼此鼓勵奮鬥，互相給予意見跟幫助，讓我在研究室中可以更自在的度過。論文的完成還要感謝實驗室的大四學弟：林建良、張文豪、賴冠任，由於他們三位的幫忙，讓我可以更專心研究我論文核心演算法部分。

最後最要感謝的是我的家人，由於我曾經被退學過，但他們仍然在我身邊陪伴我鼓勵我，讓我在接下來的大學以及研究所生活中不需要擔心任何事情，感謝你們二十幾年來的包容與鼓勵。我相信有了你們的幫助以及這些年的訓練，我將會更有能力的去迎接未來的挑戰。

目 錄

摘 要.....	II
Abstract	III
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 章節概要.....	3
第二章 技術探討.....	4
2.1 iBeacon.....	4
2.1.1 iBeacon 概述.....	4
2.2 系統平台相關技術.....	7
2.2.1 Xcode & Object-C.....	7
2.2.2 HTML.....	8
2.2.3 google map api.....	8
2.2.4 php.....	9
2.2.5 MySQL.....	10
2.3 無線感測轉換距離演算法.....	10
2.4 定位演算法.....	13
第三章 研究方法.....	16
3.1 接收訊號強度指示.....	16
3.2 RSSI 距離換算.....	16
3.2.1 RSSI 測距模型.....	16
3.2.2 RSSI 未經修正的測量.....	17
3.2.3 RSSI 與距離換算.....	19
第四章 平台成果展示.....	26
4.1 系統平台.....	26
4.1.1 註冊登入畫面.....	29
4.1.2 親屬進入畫面.....	30

4.1.3 親屬手機提醒.....	31
4.1.4 管理員頁面.....	34
4.1.5 手機端協尋頁面.....	35
第五章 結論與未來展望.....	36
參考文獻.....	37



圖目錄

圖 2.1	2014 年第三季台灣行動市場手機市占率.....	4
圖 2.2	Advertising 封包分析.....	6
圖 2.3	iBeacon 數據封包分析.....	7
圖 2.4	TOA 測量示意圖.....	11
圖 2.5	TDOA 測量示意圖.....	12
圖 2.6	SHIL 實作流程.....	13
圖 3.1	ST 大樓走廊未經修正的 RSSI 值.....	17
圖 3.2	文理大道未經修正的 RSSI 值.....	18
圖 3.3	籃球場未經修正的 RSSI 值.....	18
圖 3.4	ST 走廊分群距離值.....	21
圖 3.5	ST 走廊分群距離誤差.....	22
圖 3.6	文理大道分群距離值.....	22
圖 3.7	文理大道分群距離誤差.....	23
圖 3.8	籃球場分群距離值.....	23
圖 3.9	籃球場分群距離誤差.....	24
圖 3.10	距離修正前後雷達圖.....	25
圖 4.1	平台環境架構.....	27
圖 4.2	web 流程圖.....	28
圖 4.3	系統登入畫面.....	29
圖 4.4	註冊畫面.....	29
圖 4.5	親屬登入頁面.....	30
圖 4.6	查詢及通報頁面.....	30
圖 4.7	地圖顯示頁面.....	31
圖 4.8	手機通知.....	32
圖 4.9	信件內容畫面.....	32
圖 4.10	手機登入畫面.....	33
圖 4.11	手機地圖顯示畫面.....	33
圖 4.12	管理員頁面(用戶清單).....	34
圖 4.13	管理員頁面(老人清單).....	34
圖 4.14	協尋通知畫面.....	35
圖 4.15	老人資料畫面.....	35

表目錄

表 2.1 NFC、Bluetooth 4.0 和 Beacon 比較.....	5
表 2.2 平台功能對應 Google Maps API	9
表 2.2 平台功能對應 Google Maps API	10
表 3.1 分群誤差值比較表.....	24



第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

因為醫療科技進步，全球人口壽命提升，造成普遍高齡人口人數增加。台灣地區根據行政院經濟建設委員會在 103 年統計報告指出[1]，150 年 65 歲以上老年人口數將大幅增加為 103 年之 2.6 倍，占總人口比率亦將由 103 年之 12.0%，增加為 150 年之 41.0%。其中，80 歲以上人口占老年人口之比率，亦將由 103 年之 25.1%，大幅上升為 150 年之 43.2%。

隨著壽命延長使得慢性疾病發生率也跟著提升，其中老人失智症就是一種常見的慢性疾病。患此疾病會因個人日常生活失能的情況，造成老人以及照顧者極大的困擾。

長期以來失蹤人口問題逐日提升，也缺少適當的管道來協助尋找走失人口，根據警政署統計[2]，平均每日約十名老人走失，而估計目前國內約十九萬失智老人，若這些可能無法照顧自己的人一旦走失，不僅處境令人擔心，且容易造成社會問題。

目前市面上的解決方案不外乎使用愛心手環、GPS 定位裝置等等。日前台灣大哥大結合畢嘉士基金會、老人福利推動聯盟，推出內建 NFC(Near Field Communication，近場無線通訊)晶片的防走失手環[3]。透過具有 NFC 感應功能的行動裝置來感应手環資訊，進而幫助更多失智患者協尋。

但上面的解決方法都有一些問題存在，例如愛心手環必須找到老人才能查看基本資料；GPS 定位裝置雖然較為準確，但如果老人忘記帶在身上就失去了效用，另外 GPS 定位裝置過於耗電，無法達到長時間的感測；而 NFC 防走失

手環，由於 NFC 的感測距離最遠圍 20 釐米，對於感測上必須在近距離才能實現，因為會有干擾到他人行動或是隱私等缺點。

因此面對老人走失協尋會遇到的幾個問題，包括感測距離、耗電量以及不侵犯到他人行動或是隱私，是目前急需解決的重點。

1.2 研究目的

本研究在建置老人協尋系統平台上，圍繞在下面兩個議題，議題目的說明如下：

(一) 感測 iBeacon 並實作協尋平台

目前蘋果公司提出以低功耗藍牙技術（Bluetooth Low Energy，也就是 Bluetooth 4.0 或者 Bluetooth Smart）的 iBeacon[4]。由於藍芽偵測範圍最遠可達 50 米，以及因為低功率關係，只要一顆鈕扣型電池就在裝置不斷的對外傳送訊號的情況下，可以提供長達兩年的使用壽命。因此 iBeacon 可以解決耗電量以及感測距離的問題。

除此之外利用網頁技術來實作出系統平台，並讓使用者可以在上面查詢老人目前動態與位置。

(二) 對於偵測距離以及定位的精確度

比起其他系統所提供的服務，此論文的重點著重於在偵測距離與定位的精準度改善。由於 iBeacon 在偵測距離上也有一定程度的誤差，因此我們經由手持設備上傳的 GPS 定位與 RSSI 值，透過此論文提出的演算法做出更精準的定位距離，讓系統平台上的呈現更加完美。

1.3 章節概要

本研究探討建構在透過感測 iBeacon 後來取得資訊，提供手持設備端老人資料幫忙協尋，而在系統端實作距離精準化，來達到提高定位的精準度。藉此提供 App 使用者與親屬更方便精確的判斷位置。以下介紹各章節內容：第二章為技術探討，我們將就 iBeacon 技術架構與應用作探討，並介紹一些透過無線感測轉換距離的方法。第三章為研究方法，我們將提出一個 RSSI 加權換算距離方式，搭配三角定位來達到更精確的距離換算與定位。第四章建構出一個系統平台來實作並配合上述演算法。第五章為結論以及未來展望。



第二章 技術探討

在這個章節，我們會先介紹 iBeacon 的技術架構與應用。接著介紹一些測量距離的方式和其做法的優缺點。

2.1 iBeacon

2.1.1 iBeacon 概述

iBeacon 是 iOS 中作為定位服務的新技術，iBeacon 透過低功耗藍芽技術 (Bluetooth Low Energy) 建立一個訊號接收區域，只要使用者帶著 iOS 裝置走入接受訊號區域後，相對應的 App 就會發出訊息來詢問使用者是否要接收訊號。當開始接收 iBeacon 訊號後，它就會偵測使用者目前所在位置並發送相關資訊。

雖然市面上多數 Android 手持設備都具有 NFC 功能，但由於 Apple 的 iOS 裝置並不支援這項功能，但目前所有的智慧型手持設備都可以支援藍芽技術。根據 VPON2014 年第三季台灣行動市場數據報告[5]，目前台灣持有 Android 與 iOS 手持設備的比率為 7.5:2.5，其中 Android 可支援 Bluetooth 4.0 的版本為 4.3(Jelly Bean)以上，也占了將近 65%，請見圖 2.1。從上述可得知在未來設備普及率來看，iBeacon 佔有很大優勢。

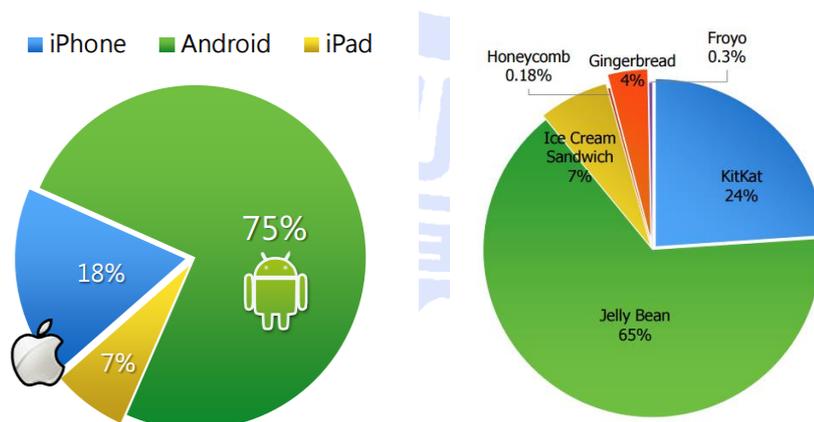


圖 2.1 2014 年第三季台灣行動市場手機市占率

此外 iBeacon 相比於 NFC 的最大優勢是具有更廣的訊號傳輸範圍。NFC 的理論有效範圍只有 20 公分，而最理想的使用距離只有 4 公分；但基於 Bluetooth 4.0 的技術標準，iBeacon 的工作範圍最遠可達 50 公尺，能夠應用在室內外，甚至是針對動態的物件傳送即時資訊。表 2.1 為 NFC、Bluetooth 4.0 與 iBeacon 的比較表[6][7]。

表 2.1 NFC、Bluetooth 4.0 和 Beacon 比較

設備	NFC	Bluetooth 4.0	Beacon
網路配置	peer to peer(P2P)	單點對多點	單點對多點
傳輸距離	0.1(m)	10(m)[最遠可達 50(m)]	10(m)[最遠可達 50(m)]
傳輸速度	最快 424 kbit/s	最快 721 kbit/s	最快 721 kbit/s
通訊模式	主動-被動&主動-主動	主動-主動	主動-被動
應用	數據交換、付款	數據交換、耳機、滑鼠	數據交換、距離辨識
建立連結	方便、一觸即發	不方便、須主動建立連接	方便、自動連接
耗電量	一般	低	低
成本	低	一般	一般

蘋果公司將 Bluetooth LE 作為 iBeacon 的通訊協定標準，主要是因為具有低耗電與低建構成本的優勢。首先 iBeacon 每隔固定一段時間就會發送無線電波，若發送間隔是 900ms，也就是將近一秒發送一次，在這個發送頻率需求下，一般的鈕扣型電池可維持 iBeacon 元件大約二至三年持續運作不需更換電池。

2.1.2 iBeacon 技術

由於 iBeacon 是建構在 BLE 上，因此先介紹 BLE 設備如何通訊。BLE 的通訊包含兩個主要部分：advertising 和 connecting。其中 iBeacon 利用 advertising 特性，定期發送 ibeacon packet 來讓接收端接收。

Advertising 是一種單向的發送機制[8]。想要被搜尋到的設備可以以 20 毫秒到 10 秒的時間間隔發送一段數據。請見圖 2.2，數據包(data packets)長度最多 47 bytes，由以下部分組成：

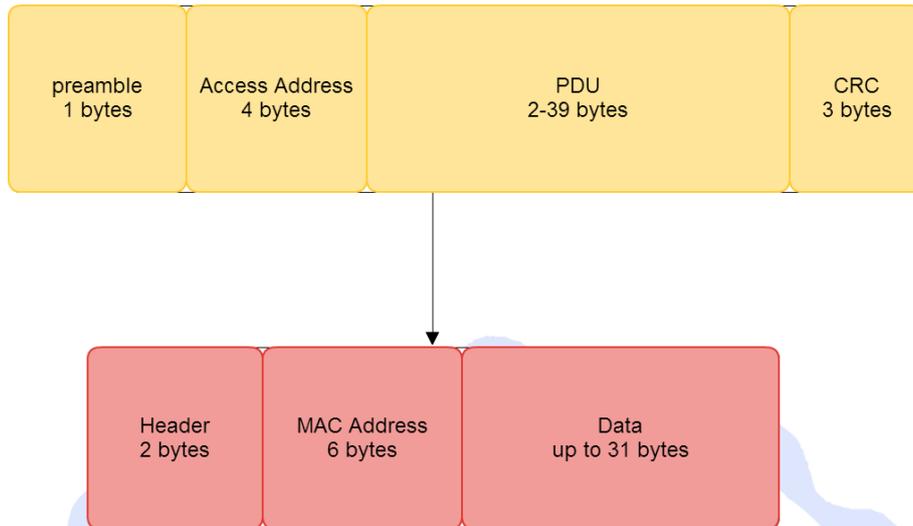


圖 2.2 Advertising 封包分析

其中較為重要的是 PDU 資料部分，請見圖 2.3，其中包含 2bytes 長度與類型，以及 6bytes 的 MAC address，與 31Bytes 的 data。

其中 iBeacon 設備指使用了 31Bytes 的 data[9]，由以下部分組成：

ibeacon prefix：一個固定的值，iBeacon App 就是透過判別這個值來辨識裝置是否為一個 iBeacon node。

Proximity UUID：UUID 是用來識別設置 Beacon 企業的 128 位識別碼。

Major 與 Minor 由 iBeacon 的使用者或是製造商自由設置，均為 16 位識別碼

Measured Power 是 iBeacon 的發送端與接收端之間距離為 1 公尺時訊號強度 (RSSI：received signal strength indicator) 的參考值。接收端根據作為參考的 RSSI 和接收訊號的強度，計算出發送端與接收端之間的距離。

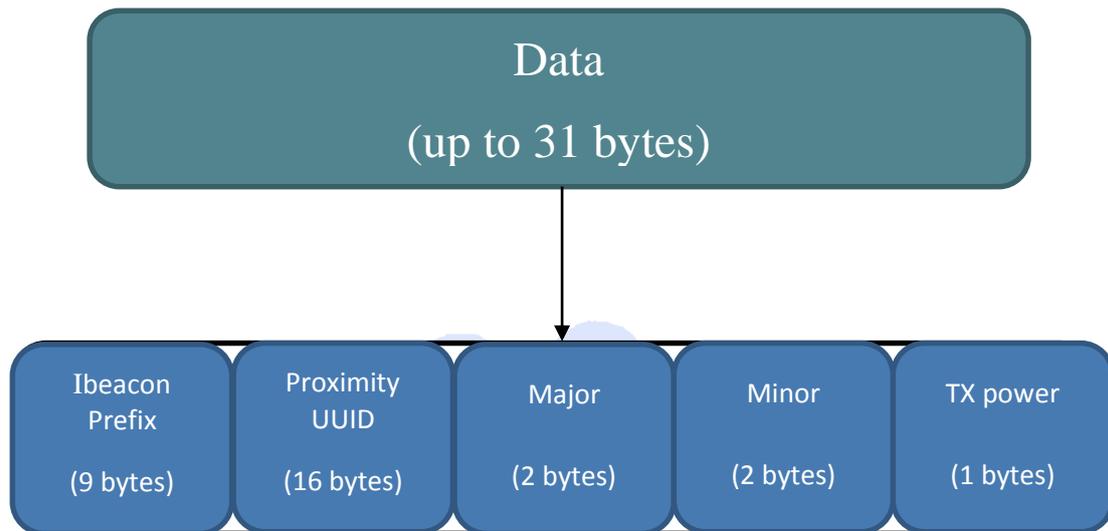


圖 2.3 iBeacon 數據封包分析

2.2 系統平台相關技術

在此章節中會針對平台所使用到的技術做深入剖析與背景認識。主要分成前端(手機與網頁端)與伺服器端。

2.2.1 Xcode & Object-C

由於此論文研就是建構在 iOS 手持設備上，因此需使用 Xcode 做為開發環境。Xcode 是蘋果公司向開發人員提供的整合式開發環境，用於開發 Mac OS X 和 iOS 的應用程式。

Objective-C 是一種通用、高階、物件導向的程式語言[10][11]。它擴充功能了標準的 ANSIC 程式語言，將 Smalltalk 的訊息傳遞機制加入到 ANSIC 中。目前主要支援的編譯器有 GCC 和 LLVM。

蘋果公司也是 Objective-C 的主要開發者。現在 Objective-C 是 OS X 和 iOS 作業系統、及與其相關的 API 的主要程式語言。

2.2.2 HTML

HTML(HyperText Markup Language)是一種「建立網頁和可在網頁瀏覽器中看到的資訊」設計的標示語言。HTML 在 1982 年由 Tim Berners-Lee 建立，由 IETF 用簡化的 SGML（標準通用標示語言）語法發展出 HTML，後來成為國際標準。

HTML 檔案最常用的副檔名為.html，但是有如 DOS 等的舊作業系統限制副檔名最多為 3 個文字符號，所以.htm 副檔名也允許使用。使用者可以使用任何文字編輯器或是網頁編輯器來編輯 HTML 檔案。

早期的 HTML 語法規則定義較為鬆散，是為了幫助一些不熟悉網路設計的人使用或變更。但隨著時間與技術的提升，官方開始定義較為嚴格的語法，但是部分瀏覽器還是可以顯示一些不合乎標準的 HTML。。

2.2.3 google map api

Google Maps 是 Google 在 2006 年推出可以在網頁瀏覽器搜尋、瀏覽地圖的服務軟體[13]。雖然地圖服務軟體(GIS)在個人電腦上早已廣泛使用，不過 google maps 是使用非同步傳輸技術概念(AJAX)，在使用上非常順暢，故能夠廣泛被大家所接受的。再者 Google 更提供 Maps 的進階使用，讓網頁開發者能夠嵌入 Maps 至自行開發的網頁應用內或手持設備內來做互動效果，藉此促成 Google Maps 更大的普及率。以下我們整理出 Google Maps API 技術在研究方法以及平台中的實作功能，並列出各其主要使用的函式，以下以表 2.2 來呈現

表 2.2 平台功能對應 Google Maps API

功能	目的	文件
呈現地圖標記點	- 老人地圖位置	Marker class
		- setOptions - setMap
呈現資訊視窗	- bind Marker 呈現 info	InfoWindow class
		- setOptions - setContent - open
	- 調整地圖可視範圍	LatLngBounds class
自動調整可視地圖範圍		- contains - getCenter - extend
		Map class
		fitBounds

2.2.4 php

PHP 是一種運作於伺服器上的直譯式語言，用於網路開發並且可嵌入 HTML 中使用，不過由於伺服器程式內會使用到資料庫帳號、密碼等資料，故雖然內嵌於網頁內，但是在瀏覽網頁原始碼內容時 PHP 原始碼是無法看到。由於瀏覽器無法執行 PHP，它是先透過伺服器執行後再將內容呈現於瀏覽器上。而直譯式語言即表示 PHP 的解析器是一段接著一段的剖析語法內容，如果某一段出錯的話則會停在該段，並顯示出錯誤訊息。

再者 PHP 因為使用上非常方便，因此在撰寫伺服器端語言上為首選，例如在變數命名比 Java、C 等編譯式語言來的不嚴謹，因此不用特別注意型態命名規範。再加上具備跨平台的特性與開放原始碼，及擁有眾多強大功能之函式庫可供使用，使得使用度非常的高。以下我們整理出 PHP 技術在研究方法以及平台中做了哪些功能，並列出各其主要使用的函式，以下以表 2.3 來呈現

表 2.2 平台功能對應 Google Maps API

功能	目的	函式
操作資料庫	與 MySQL 溝通	mysql_connect
		mysql_select_db
		mysql_query
		mysql_result
資料上傳至伺服器	- 上傳圖片	move_uploaded_file
	- 上傳個人資料	file_get_contents
	- 上傳手機端資料	iconv
		rename
		file_exists

2.2.5 MySQL

MySQL 原本是一個開放原始碼的關聯式資料庫管理系統，在過去由於效能高、成本低、可靠性好，已經成為最流行的開源資料庫，因此被廣泛地應用在 Internet 上的中小型網站中。隨著 MySQL 的不斷成熟，它也逐漸用於更多大規模網站和應用，架設 MySQL 資料庫來存放使用者的註冊資料，這是一個基本的資料庫系統工具，藉此連接主機端，對應 PHP 需求後給定要求的資料，也可以從內部做出更新，使得開發人員能夠更方便的架設整個系統。

2.3 無線感測轉換距離演算法

在無線定位中，要將訊號轉換成距離的方法主要分成兩種，一種是透過訊號到達時間或是時間差來換算，例如到達時間測量法(Time of Arrival, TOA)跟到達時間差測量法(Time Difference of Arrival, TDOA)[14]。另一種是透過接收訊號的強度來計算轉換距離，如接收訊號強度指示法(Received Signal Strength Indicator, RSSI)[15]。

2.3.1 到達時間演算法

到達時間測量法(Time of Arrival, TOA，以 TOA 稱呼)是主要是測量參考節點與移動節點間傳送訊號所花的時間來得出兩者之間的距離的方式。以圖 2.4 來說明，分成接收端與發送點。發送端會定期的發送訊息，接收端會收到並記錄時間 T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_3 ，乘以光速就是接收端與發送端的距離。

但由於訊號的傳播速度非常快(例如光速： $3 \times 10^8 \text{ m/sec}$)，所以 TOA 對於時間的敏感度非常高，必須非常精確地測量出訊號實際的傳播時間，否則即使只是 1 微秒的時間誤差，也會造成 300 公尺的巨大距離誤差。

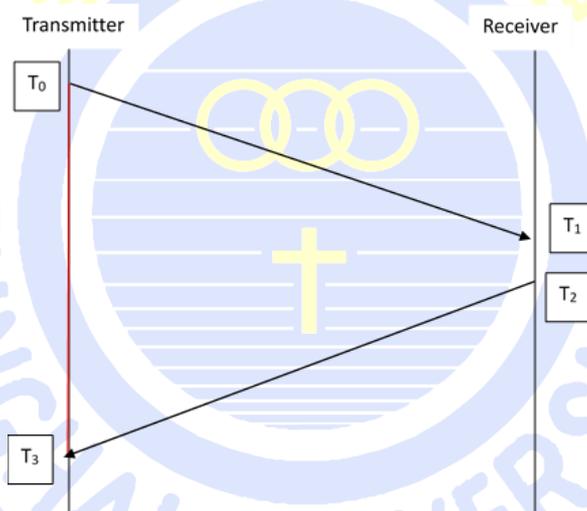


圖 2.4 TOA 測量示意圖

2.3.2 到達時間差測量法

到達時間差測量法(Time Difference of Arrival, TDOA，以 TDOA 稱呼)與 TOA 測量法相當類似，不同的是基本原理是利用雙曲線的特性，即雙曲線上的點到兩焦點距離之差為定值。如圖 2.5 所示，傳送點同時發送 WiFi 與超音波

訊號，當接收點收到 WiFi 訊號直到超音波到達的這段時間 t ，再乘上兩種設備的速度差就能得到傳送點跟接收點的距離。

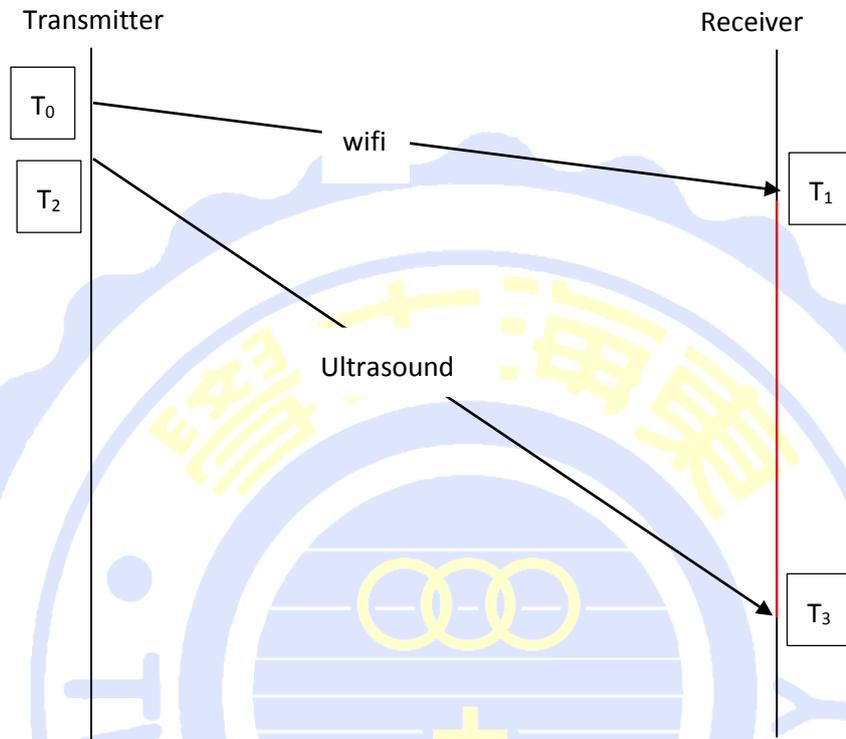


圖 2.5 TDOA 測量示意圖

2.3.3 接收訊號強度指示法

由於 iBeacon 會發出 Tx Power，並藉由計算來換算距離，因此本篇論文的換算距離方式會著重於在此。

接收訊號強度指示(Received Signal Strength Indicator, RSSI)，透過訊號強度來估計參考點與待測點的距離。與 TOA 跟 TDOA 相比，不需要做長時間測量的樣本或是更精密的測量儀器，不過也更容易受到多重路徑干擾的影響。

而在文獻[16]中，Subramanian, Sommer, Schmitt 和 Rosenstiel，提出結合藍牙與 RFID 兩種裝置，搭配上 Pedestrian dead reckoning system 分析得出位置。如圖 2.6 流程所示，先將藍牙與 PDR 轉換出來的位置加上權重計算，接著搭配 RFID 的 RSSI 值進行誤差修正，藉此換算出使用者的位置。而在這篇論文中所作的距離誤差平均值為 2.5 公尺，但是並沒有針對不同情境下作測試。

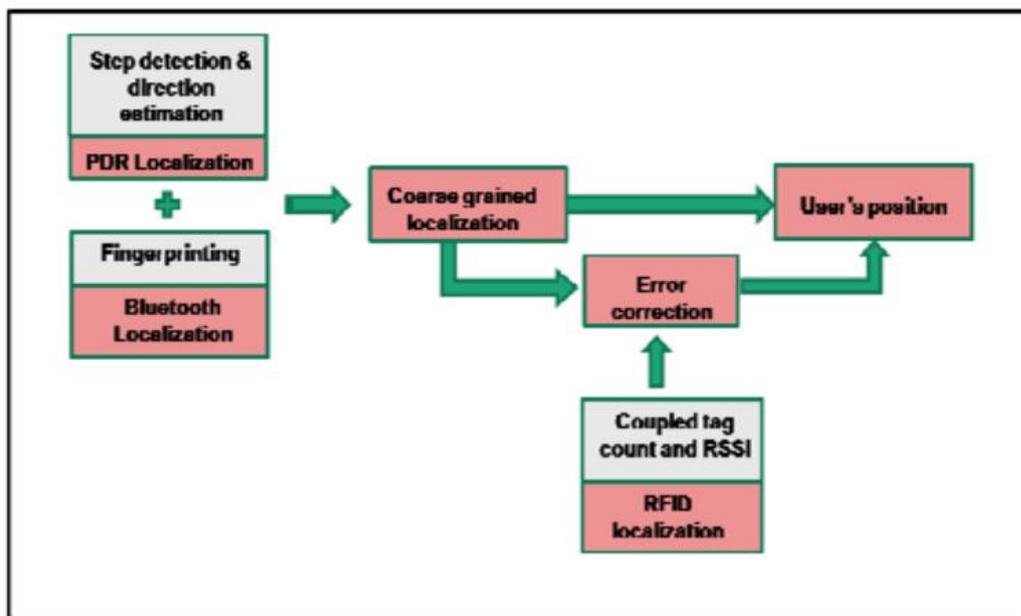
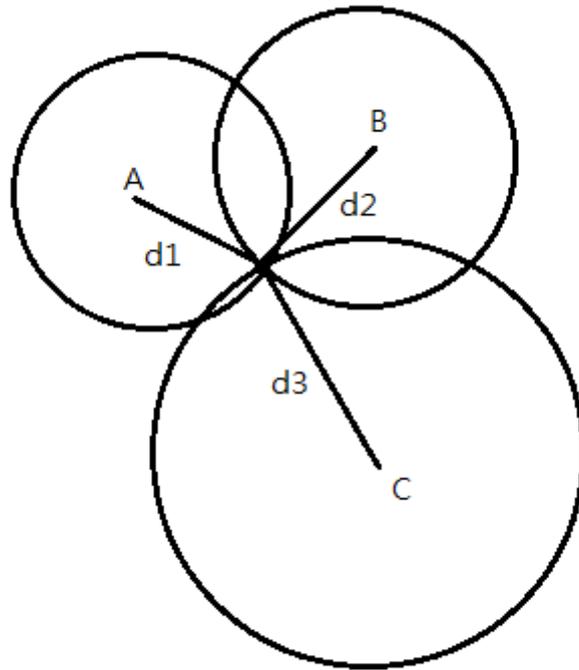


圖 2.6 SHIL 實作流程

2.4 定位演算法

RSSI 測距模型公式指示將訊號強度轉換成距離的方法。當我們得到距離時，需要定位演算法將我們的距離計算出位置。最常見的方法為三角定位法

三角定位原理非常簡單，GPS 系統採用的基本原理也是三角地位法，及三點可以確定一個點[17]。我們將三個不同位置的距離，然後以這三個位置為圓心，以距離為半徑畫圓，所得的三個圓的相交點即為要求的座標點。如圖



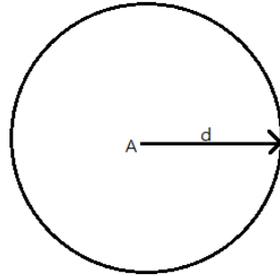
我們可以知道 $A(x_1, y_1)$ 到 $D(x, y)$ 的距離為 d_1 ， $B(x_2, y_2)$ 到 $D(x, y)$ 的距離為 d_2 ， $C(x_3, y_3)$ 到 $D(x, y)$ 的距離為 d_3 ，從這些資訊可以得出

$$\begin{cases} \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} = d_1 \\ \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} = d_2 \\ \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} = d_3 \end{cases}$$

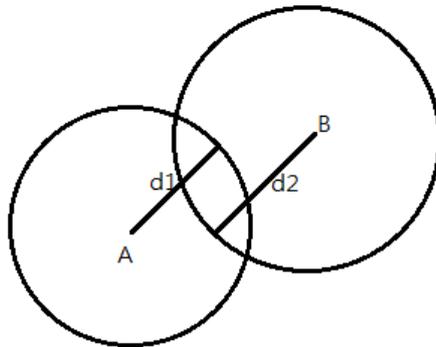
再藉由公式可以推導出點 D 的座標 (x, y) 。

然而上面只是一種理想的模型，在實際情況下我們可能會遇到以下各種情況：

1. 只有一個接收訊號端



2. 有兩個接收訊號端



以上兩種情況，我們只能估算出大致位置或是方圓幾公尺內，這部份我們將留到平台架構上詳述。

第三章 研究方法

在此章節中，我們會介紹所使用的測量距離方法：接收訊號強度指示法 (Received Signal Strength Indicator, RSSI)。接著會針對由於環境造成的影響導致有極大的誤差，而提出 RSSI 加權算法，使得在換算距離時得到更精準的情況，進而代入三角定位中得到更精確的定位。

3.1 接收訊號強度指示

RSSI 測量法相較於前一章提到的 TOA 以及 TDOA 測量法，更顯得簡單好用，根據訊號強度會隨距離而減弱來做相對應的距離計算。RSSI 是由接收訊號強度 (Received Signal Strength) 換算而來。如同公式 (3.1) 所示， P_{RX} 是接收端所收到的訊號強度， P_{TX} 是發送端的訊號強度， G_{RX} 是接收端的訊號增益， G_{TX} 是發送端的訊號增益， λ 是訊號波長， d 是發送點以及接收點之間的距離。

$$P_{RX} = P_{TX} \cdot G_{RX} \cdot G_{TX} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (3.1)$$

接著將計算出的 P_{RX} 加入到 RSSI 的換算公式如下， P_{ref} 是一個參考用的功率，在這邊我們直接用 1mW 表示。

$$RSSI = 10 \cdot \log \frac{P_{RX}}{P_{ref}} \quad (3.2)$$

3.2 RSSI 距離換算

3.2.1 RSSI 測距模型

RSSI 測距模型，是在已知發射功率的強況下，透過測量接收點收到的信號強度，使用訊號傳播模型將傳播訊號轉換成距離的數學模型。該模型方程式為

$$\text{RSSI} = -(10n \log_{10} d + A) \quad (3.3)$$

其中數值 A 是接收端與發送端相距 1 公尺所接收到的 RSSI 值，數值 n 為路徑損耗指數(Path Loss Exponent)，數值 d 是發送端與接收端的距離，以公尺表示。

在我們的測量中，以三種場所做測試，分別是系上大樓走廊，人文大道以及籃球場，分別模擬不同情境下，是否有不同的測量結果。

3.2.2 RSSI 未經修正的測量

RSSI 測量法的缺點就是容易受到環境跟設備的差異而改變，在此我們使用的是 THLight 太和光公司提供的 USBeacon，其所設定的 Tx Power 值為-59。分別在三種場所中做測試。而這裡所指用的 RSSI 測量值也是在平均化後得到的刺值，不考慮個別節點的差異。

在寬 2.4 公尺的走廊中、n 值為 4，所得到 RSSI 的測量值與轉換理論值如圖 3.1。

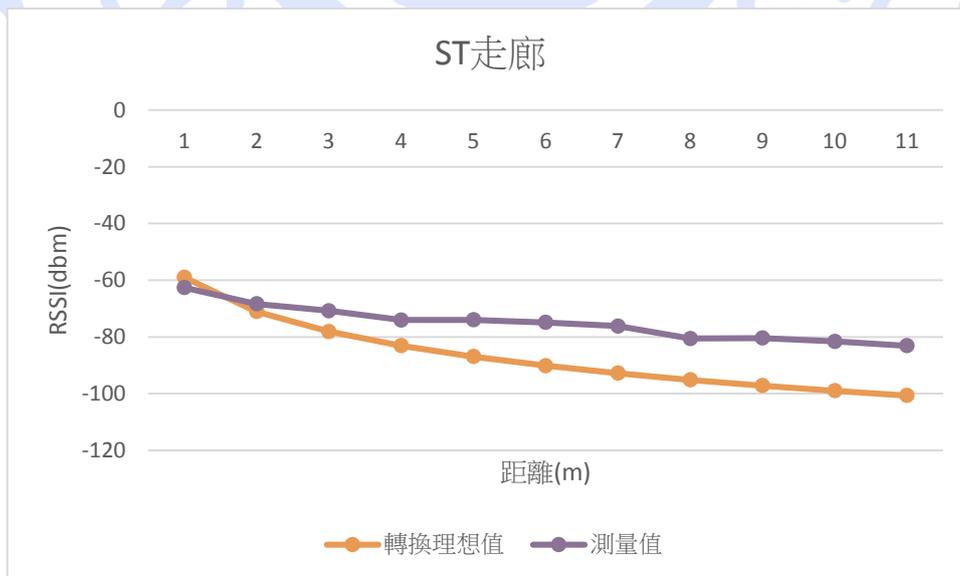


圖 3.1 ST 大樓走廊未經修正的 RSSI 值

而在有建築物與行人的文理大道上、n 值同樣代 4，所得到 RSSI 的測量值與轉換理論值如圖 3.2。

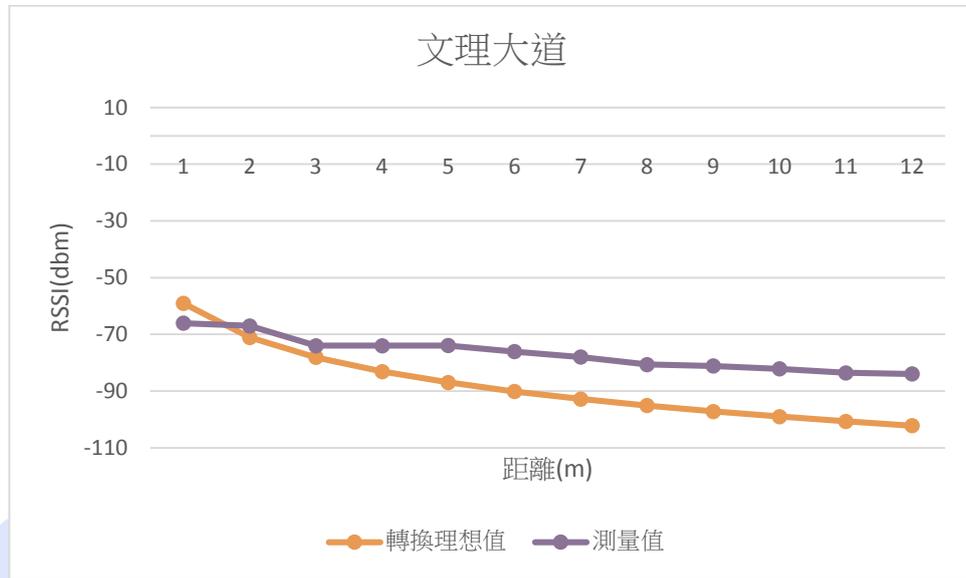


圖 3.2 文理大道未經修正的 RSSI 值

而在完全空曠的球場上、n 值同樣代 4，所得到 RSSI 的測量值與轉換理論值如圖 3.3。

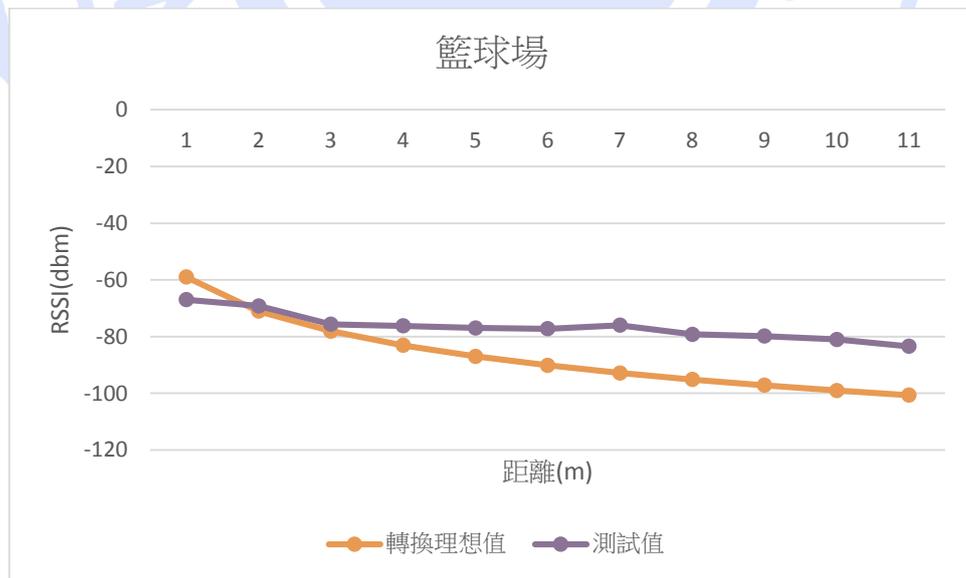


圖 3.3 籃球場未經修正的 RSSI 值

從上面三張圖表可以看出，環境對於 RSSI 值的影響，與轉換理想值有相當大的誤差。但不管是在怎樣的環境，其測量出來的結果期衰退情況幾乎是一樣的。

3.2.3 RSSI 與距離換算

由於測量出來的結果，發現環境因素包括人體、無線電波對於 RSSI 值產生相當大的影響，但是我們無法改變環境，因此從 RSSI 轉換距離的 RSSI 測距模型上下手。在 RSSI 的測距模型中，我們可以變動的數值就是數值 A 與數值 n，但由於數值 A 是各個 iBeacon 給定的固定數值，因此唯一可以改變的就只剩下數值 n。為了讓換算出來的距離能夠更精確，我們使用的方式是讓 n 值隨著 RSSI 值做變動，相互配合去得到最精確的距離值。

第一個步驟是將接收到的多個 RSSI 值進行濾波優化，估計出最佳的 RSSI 值，以滿足測距和定位需求。在這個步驟中，我們會在 1~11 公尺，每隔一公尺蒐集 150 筆 RSSI 值記錄下來並進行

i. 均值濾波

均值濾波(Mean Value filter)是將接收節點收到的一組 RSSI 值求出算術平均數，如公式所示，以平均值當作測量結果。當樣本數 n 很大時可以較有效率地解決數據隨機性問題。但當 RSSI 波動較大時，此方法的可信度就會大幅下降。

$$\overline{R_{d_i}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n RSSI_{d_i} \quad (3.4)$$

ii. 標準高斯濾波

高斯濾波(Gaussian filter)主要是透過選取高機率發生範圍的 RSSI 值，然後再以其算術平均數作為濾波輸出。其高斯概率密度函數為

$$p(\text{RSSI}) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\text{RSSI}-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.5)$$

其中

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \text{RSSI}_{d_i}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\text{RSSI}_{d_i} - \mu)^2}$$

藉由標準化後，取得數據符合平均為 0，標準差為 1 的標準高斯分佈。接著選擇該分區間概率為 -1 到 1 範圍之間的 RSSI 值，將其篩選後的 RSSI 值做算術平均作為濾波最佳化的 RSSI 值輸出，即為

$$\overline{R}_{d_i} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \text{RSSI}_{d_i}, \text{RSSI}_{d_i} \in (-1,1) \quad (3.6)$$

標準高斯濾波解決了 RSSI 實際測試中穩定性差以極易受干擾等問題。在樣本數多時也相對的可信度提升。

第二個步驟中要將各點測試點中經過最佳化後的 RSSI 值進行分群，以藉此找出不同 n 值來配合 RSSI 換算出更精準距離。

但由於分群數目會影響到精準度，因此先將分群數目分成一到四群做比較。

i. 各點測出的 RSSI 值範圍極點分別為 x_1 與 x_2

ii. 分群區間大小為

$$t = \frac{x_2 - x_1}{k} \quad (3.7)$$

其中 k 為分群數量。分成 $x_1, x_1 + t, x_1 + 2t, \dots, x_2$ 多個區間。

iii. 分群 n 值計算式為

$$n = \frac{-\overline{R_{d_i}} - A}{10 \log_{10} d} \quad (3.8)$$

其中 d 為該 RSSI 值測量距離範圍的算術平均數，A 值為 -59。

iv. 將各種不同 n 值對應不同的 RSSI 值，再代入測距公式中，算出的距離取平均數後，對於不同分群數量做誤差比較。誤差公式為

$$d_{Error} = \left(\sum_{i=1}^{11} \sum_{j=1}^k \left| \frac{d_j - i}{i} \right| \right) \times 100\% \quad (3.9)$$

在寬 2.4 公尺的走廊中，分成四群的距離值與誤差比例圖如圖 3.4、圖 3.5。

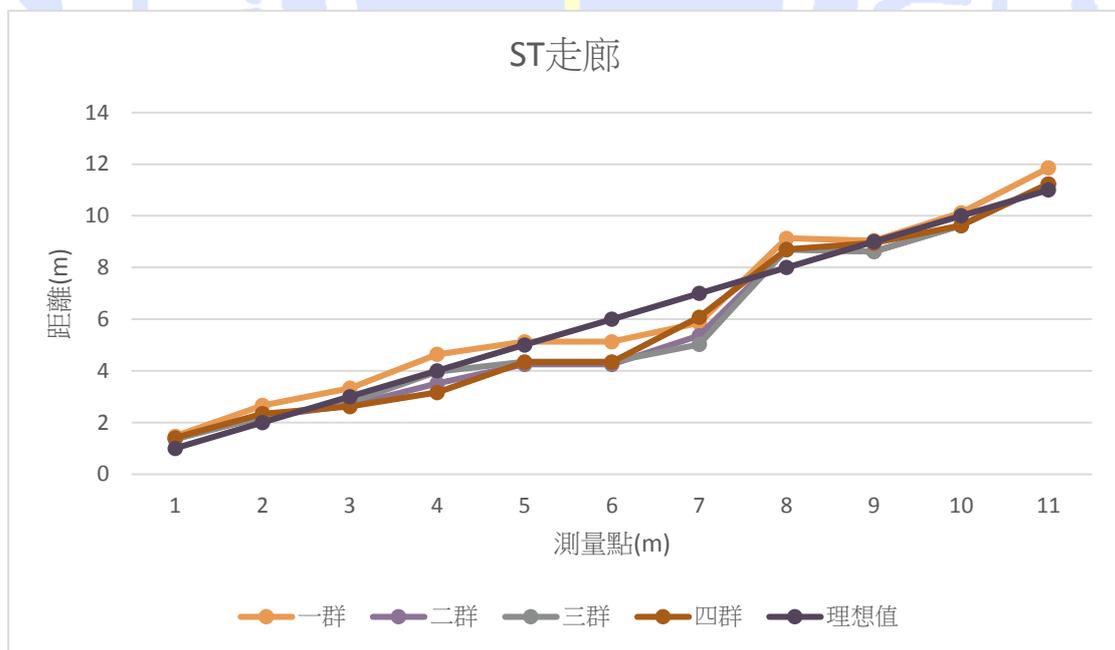


圖 3.4 ST 走廊分群距離值

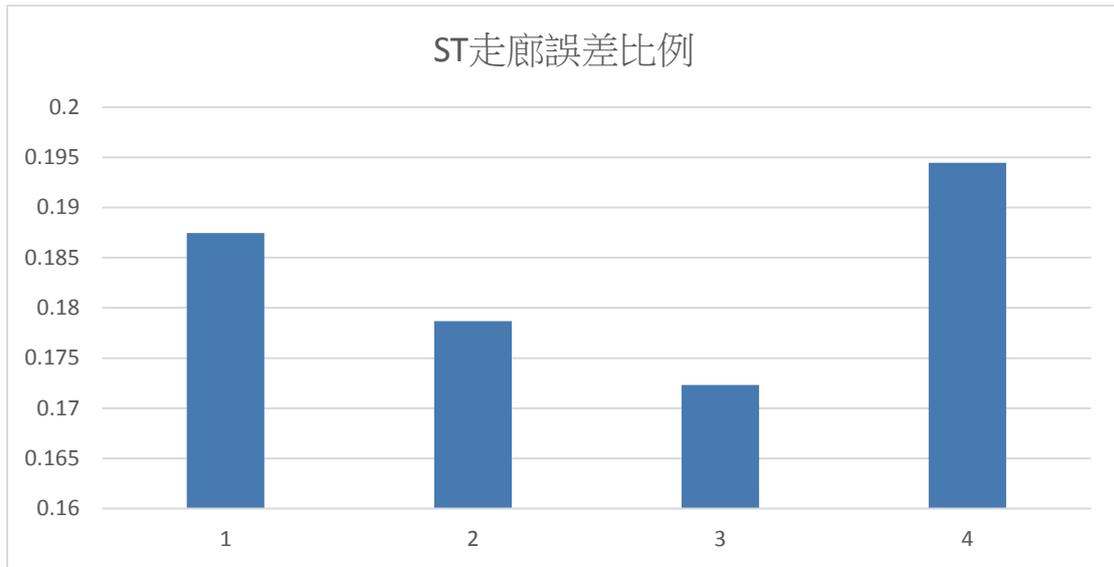


圖 3.5 ST 走廊分群距離誤差

在有建築物與行人的文理大道中，分成四群的距離值與誤差比例圖如下

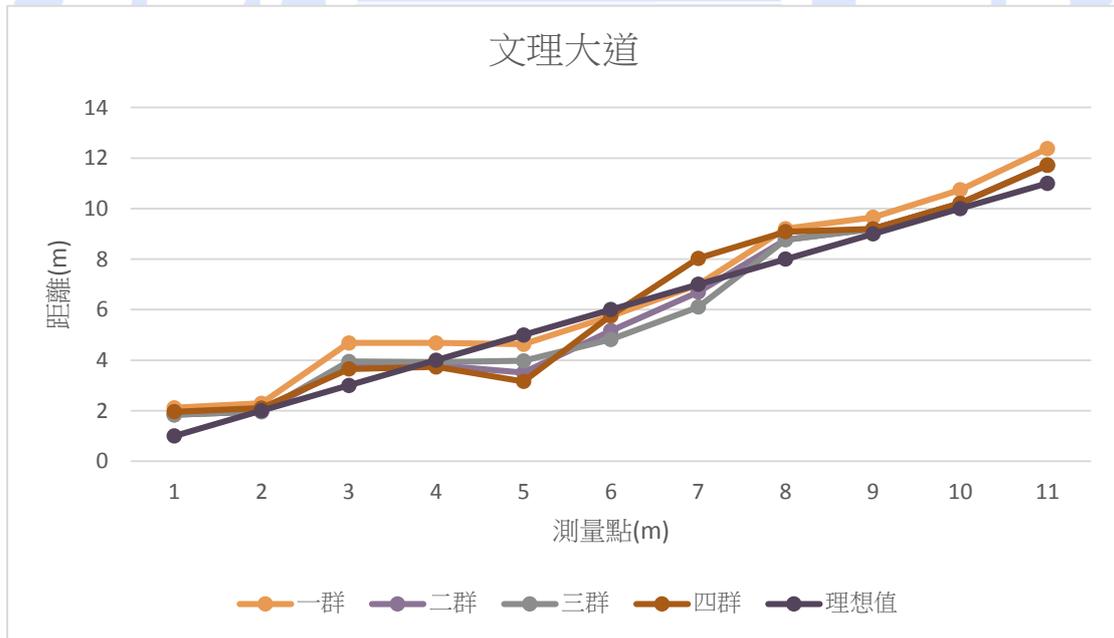


圖 3.6 文理大道分群距離值

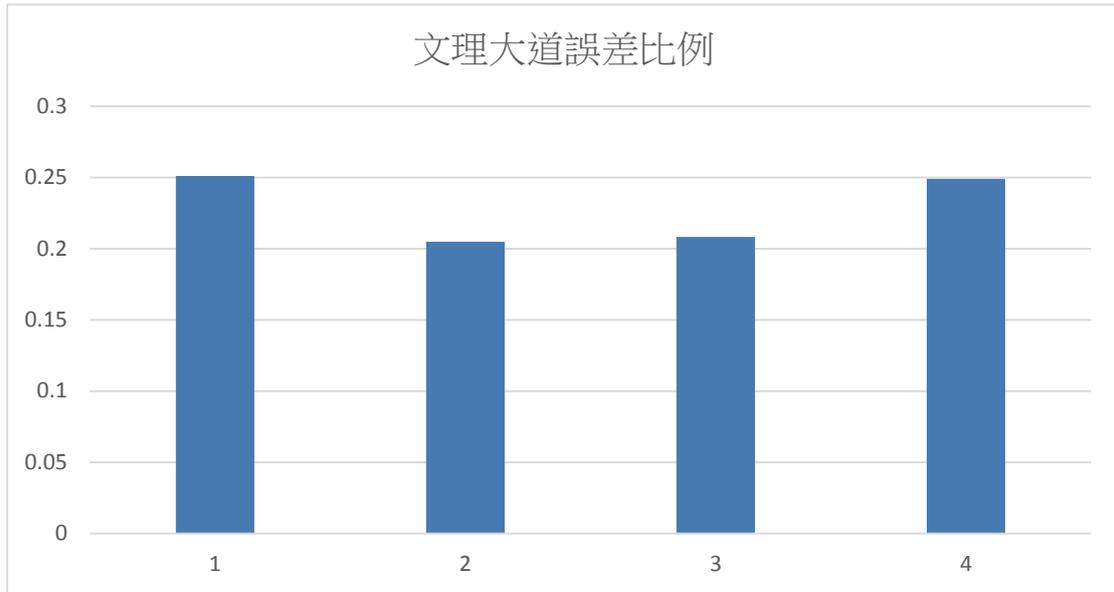


圖 3.7 文理大道分群距離誤差

在空曠的籃球場上，分成四群的距離值與誤差比例圖如下

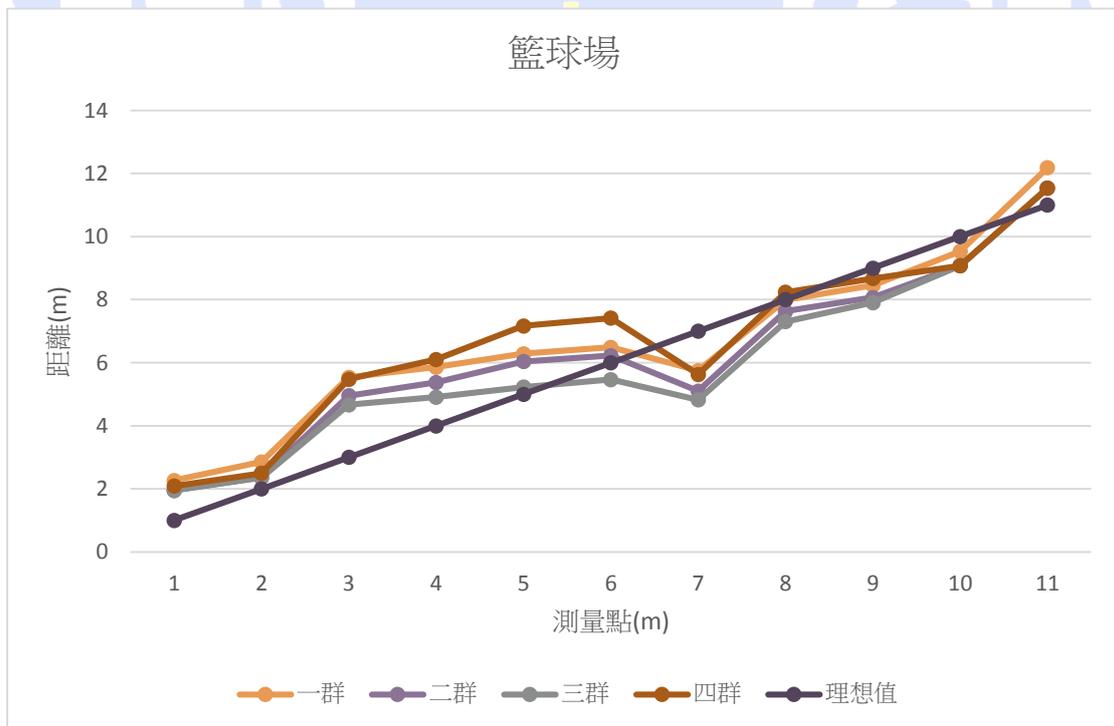


圖 3.8 籃球場分群距離值

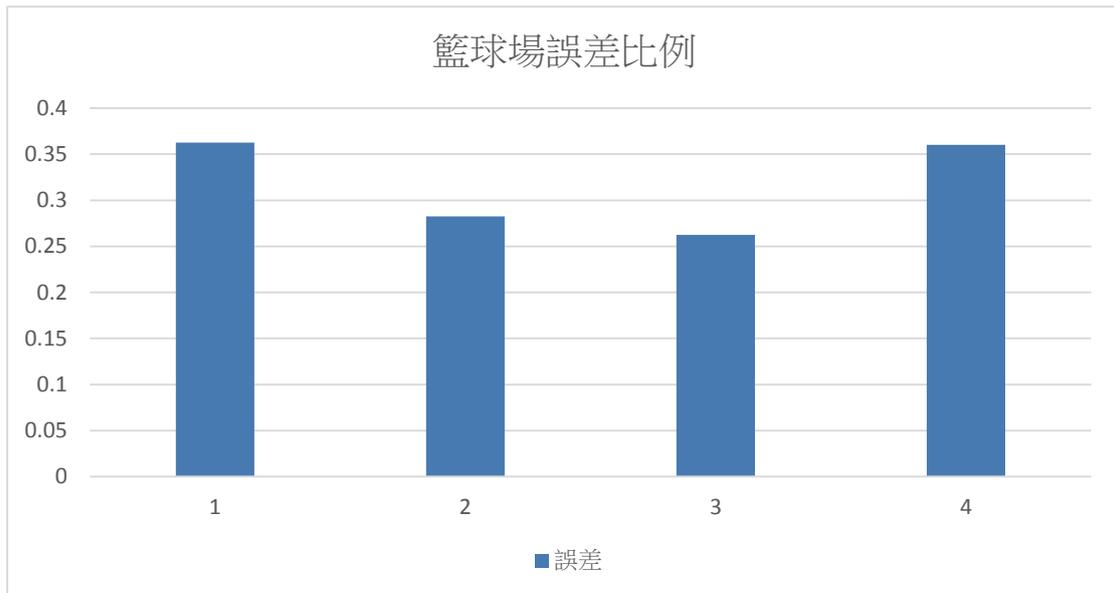


圖 3.9 籃球場分群距離誤差

表 3.1 分群誤差值比較表

場景	一群	兩群	三群	四群
大樓走廊	18.75%	17.87%	17.23%	19.44%
文理大道	25.10%	20.49%	20.83%	24.90%
空曠球場	36.27%	28.27%	26.24%	36.02%

從表 3.1 可以發現，在分成三群的情況下是誤差值較為小的。因此針對不同 RSSI 值，對應不同 n 值可以得到更為精準的距離。圖 3.10 為雷達範圍顯示圖，可以清楚看出，紅色部分為距離未修正，灰色區塊為距離修正後部分。

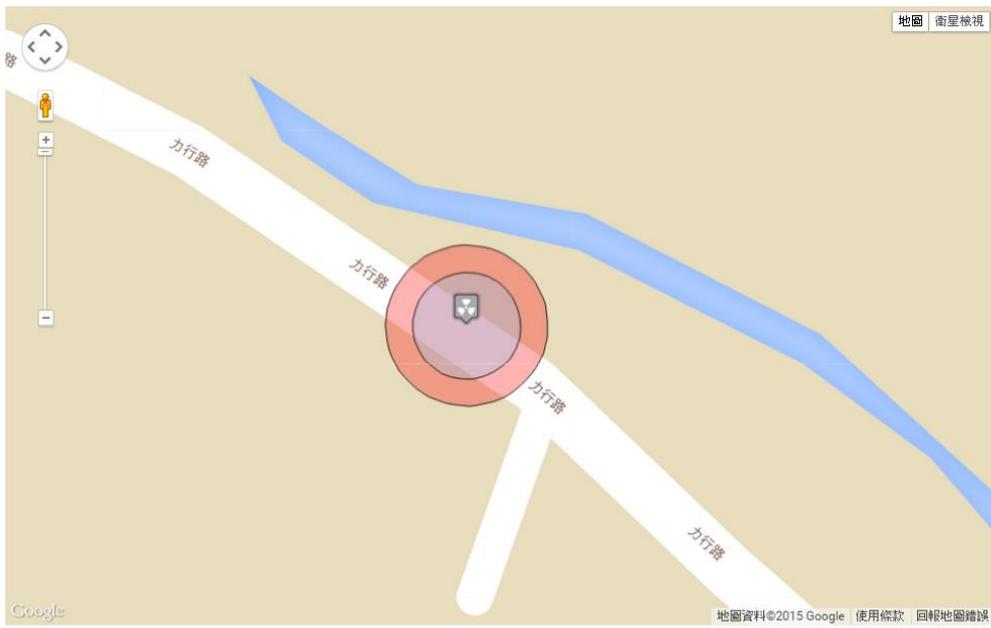


圖 3.10 距離修正前後雷達圖



第四章 平台成果展示

這個章節將針對第三章所做的距離修正成果，設計出一個走失老人協尋系統平台來，除了提供親屬登錄老人資料，並讓親屬可以在網頁上可以查看老人行蹤；而 app 使用者可以在偵測到走失老人後上傳 UUID、RSSI 值與 GPS 定位，並取得老人資料幫忙協尋。

4.1 系統平台

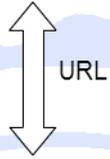
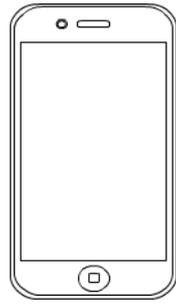
首先要探討的是平台的運作模式。我們提供的平台是透過伺服器來提供服務，結合一些外部服務，如向 Google Maps Server 或 Database Server 發出請求，然後取得資料。

首先架設 HTTP Server，在這邊我們使用安裝了 Apache，它的目的就是讓 Client 端透過 http 通訊協定來與安裝 HTTP Server 的電腦(Web Server)互相傳遞資料。

由於平台要實作動態網頁操作，故在 Server 端還必須安裝能夠解析 PHP 的軟體。在安裝 PHP 時同時需安裝 Apache Module，透過此模組與 PHP 做整合。

因為平台上呈現的資料數據是需要儲存抓取的，故我們會存在 Storage 內，因此我們利用 Database 來建立資料庫及 Table，使得 Server 能夠透過指令輕鬆存取、修改、搜尋資料，來提高工作上的效率。所以我們在 Server 端安裝 MySQL 來控管資料，讓平台能夠列出親屬新增或是修改刪除了哪些老人資料，而當 Client 端發出請求時，Server 端就會向資料庫撈取資料。接著我們採用安裝 phpMyAdmin 來利用瀏覽器介面模式來呈現及控管 Database。

圖 4.1 為平台環境的架構，由於目前有許多的套件，如 Appserv、Xampp 等可以自動將所有環境設定一次完成。圖 4.2 為網頁端流程圖



Web Server

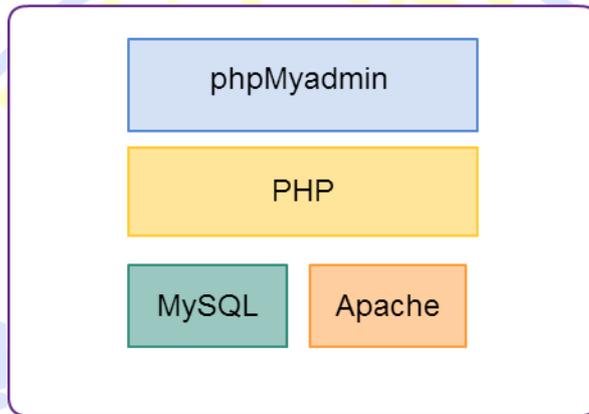


圖 4.1 平台環境架構

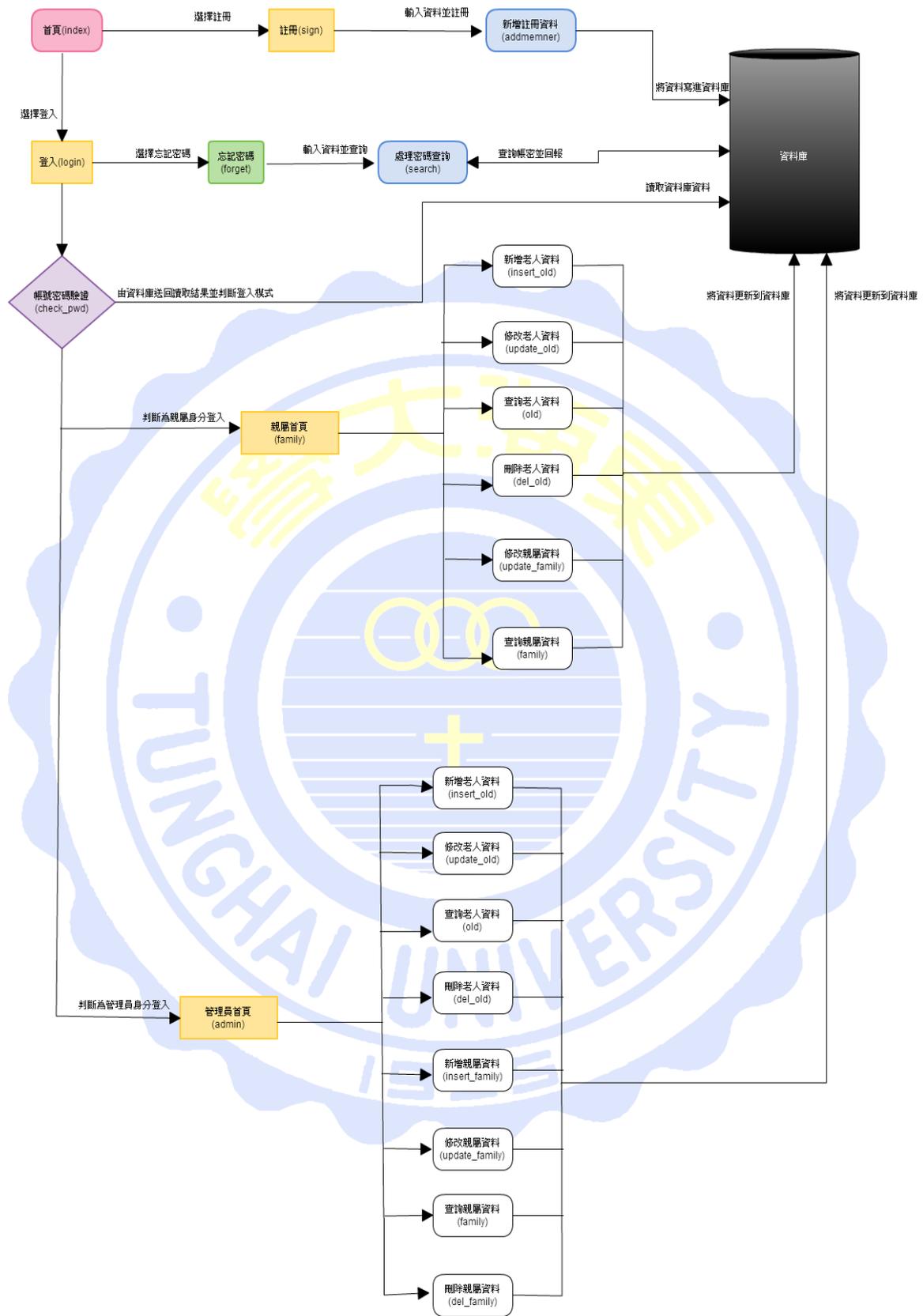


圖 4.2 web 流程圖

4.1.1 註冊登入畫面



圖 4.3 系統登入畫面

圖 4.3 為系統登入畫面，當親屬第一次使用此系統時，必須先註冊帳號、密碼、姓名、電話以及連絡信箱，如圖 4.4。



圖 4.4 註冊畫面

4.1.2 親屬進入畫面

The screenshot displays the '老人協尋系統' (Elder Search System) interface. At the top, there are navigation links: '帳號管理', '聯絡我們', and '登出'. The main title '老人協尋系統' is centered. Below the title, there are two main sections: '新增老人' (Add Elder) and '選擇老人' (Select Elder). The '新增老人' section contains input fields for '老人姓名' (Elder Name), 'UUID', '電話' (Phone), and '住址' (Address), with a '新增' (Add) button below. The '選擇老人' section has a dropdown menu for '姓名' (Name) and a '查詢' (Search) button. Below these is a table titled '老人清單' (Elder List) with columns for ID, Name, UUID, Phone, and Address. The table contains two entries, each with '刪除' (Delete) and '修改' (Edit) buttons.

ID	姓名	UUID	電話	地址		
1	陳婉	C4167269-5B7E-E39D-1B0F-F910B28E4C96	09123456789	台中市東海大學	刪除	修改
4	王金大師	22C7815E-9A63-8C20-66A7-EC4E402FAF35	0689689689	陸家莊家	刪除	修改

圖 4.5 親屬登入頁面

圖 4.5 可以清楚看到新增老人資料，聯絡老人姓名、UUID、電話以及住址。同時也可以觀看目前已經註冊的老人清單。在選擇老人的地方可以選擇需觀看的老人姓名，並進入查詢位置以及通報頁面。

The screenshot displays the '老人協尋系統' (Elder Search System) interface. At the top, there are navigation links: '登出', '聯絡我們', and '登出'. The main title '老人協尋系統' is centered. Below the title, there are two main sections: '位置查詢' (Location Search) and '緊急通報' (Emergency Reporting). The '位置查詢' section has a dropdown menu for '選擇老人目前位置' (Select Elder Current Location) and a '查詢' (Search) button. The '緊急通報' section has a dropdown menu for '發覺老人動向異常,通知我們' (Detect abnormal movement of the elderly, notify us) and a '查詢' (Search) button. At the bottom, there is a footer with the address: '地址: 東海大學 大智慧科技大樓(5T)四樓 406 電話: (04)23590121轉33641'.

圖 4.6 查詢及通報頁面

圖 4.6 可分為兩個部分，一個是位置查詢，另一個是緊急通報。位置查詢會進入 google maps 查看目前老人所在位置。緊急通報是為了避免親屬目前正在比較遙遠的位置，可以透過緊急通報聯絡系統中心或是有關單位尋求協助。

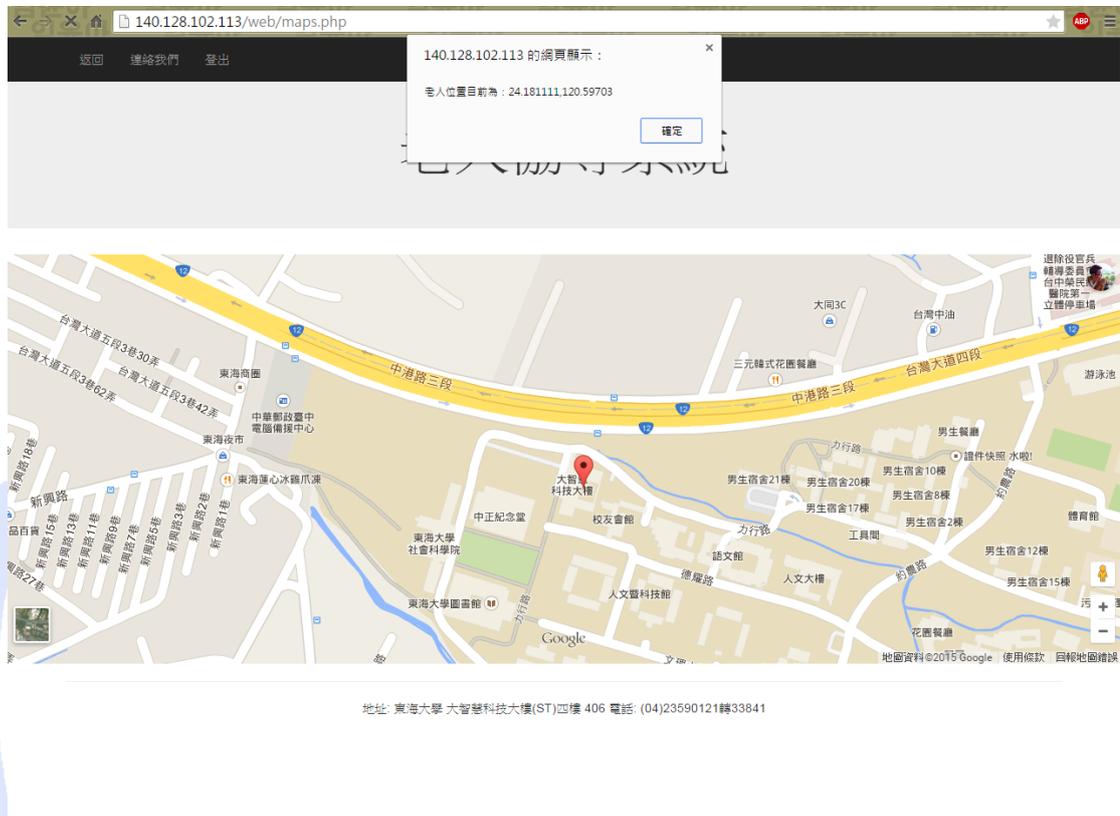


圖 4.7 地圖顯示頁面

在圖 4.7 可以明顯看到地圖上有標示位置，即為老人的位置，另外會有視窗提示老人目前位置。

4.1.3 親屬手機提醒

除了可以在網頁上查看外，為了更快速提醒親屬，系統會在同一時間發送信件至親屬註冊信箱，讓親屬可以在手機上查看。

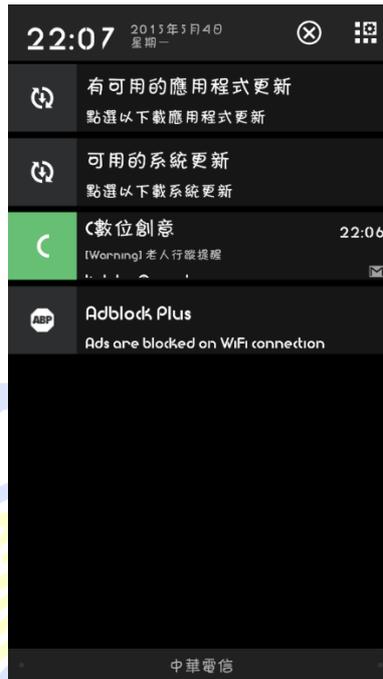


圖 4.8 手機通知

圖 4.8 為信件寄到後會通知親屬，而信件內容會有提醒親屬注意有老人走失外，也會附上網頁網址讓親屬可以直接觀看，如圖 4.9。



圖 4.9 信件內容畫面



圖 4.10 手機登入畫面

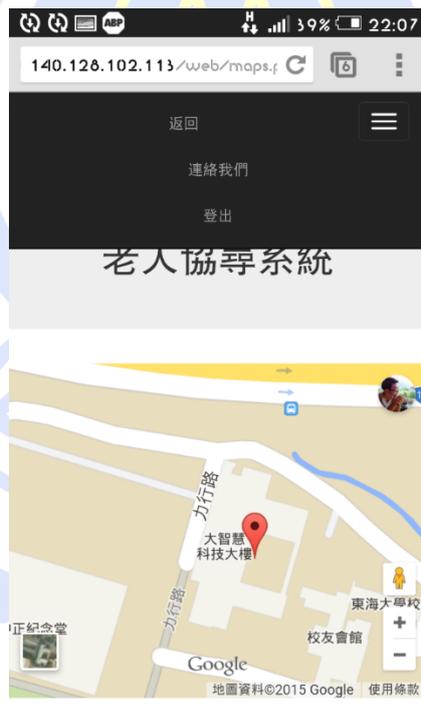


圖 4.11 手機地圖顯示畫面

圖 4.10 為手機登入後會跳出提示視窗，並在手機網頁顯示地圖頁面，如圖 4.11 所示。

4.1.4 管理員頁面

而管理員頁面部分也可以查看所有用戶以及老人資訊，如圖 4.12 與圖 4.13 所示。

The screenshot shows the '老人協尋系統-管理員' (Elder Search System - Admin) interface. At the top, there are navigation links: '退出', '用戶清單', and '老人清單'. The main title is '老人協尋系統-管理員'. Below the title, there are two form panels: '新增帳戶' (Add Account) and '修改帳戶' (Edit Account). The '新增帳戶' form has fields for '帳號' (Account), '密碼' (Password), and '名字' (Name), with a '新增' (Add) button. The '修改帳戶' form has fields for 'ID', '帳號' (Account), '密碼' (Password), and '名字' (Name), with a '修改' (Edit) button. Below these forms is a '用戶清單' (User List) table with columns for ID, 帳號 (Account), 密碼 (Password), 名稱 (Name), and buttons for '刪除' (Delete) and '修改' (Edit). The table contains four rows of user data. At the bottom, there is a footer with the address: '地址: 東海大學 大智慧科技大樓(ST)四樓 406 電話: (04)2350121轉33841'.

ID	帳號	密碼	名稱	刪除	修改
1	123	147	文豪	刪除	修改
2	456	258	達良	刪除	修改
3	789	369	冠廷	刪除	修改
4	1993	3991	特級廚師小畫家	刪除	修改

圖 4.12 管理員頁面(用戶清單)

The screenshot shows the '老人協尋系統-管理員' (Elder Search System - Admin) interface. At the top, there are navigation links: '退出', '用戶清單', and '老人清單'. The main title is '老人協尋系統-管理員'. Below the title, there are two form panels: '新增老人' (Add Elder) and '修改資料' (Edit Information). The '新增老人' form has fields for '老人姓名' (Elder Name), 'UUID', '電話' (Phone), '住址' (Address), and '家屬帳號' (Family Account), with a '新增' (Add) button. The '修改資料' form has fields for 'ID', '姓名' (Name), 'UUID', '電話' (Phone), '地址' (Address), and '家屬帳號' (Family Account), with a '修改' (Edit) button. Below these forms is an '老人清單' (Elder List) table with columns for ID, 姓名 (Name), UUID, 電話 (Phone), 地址 (Address), 家屬帳號 (Family Account), and buttons for '刪除' (Delete) and '修改' (Edit). The table contains seven rows of elder data. At the bottom, there is a footer with the address: '地址: 東海大學 大智慧科技大樓(ST)四樓 406 電話: (04)2350121轉33841'.

ID	姓名	UUID	電話	地址	家屬帳號	刪除	修改
1	純純	C4167269-5B7E-E39D-1B0F-F910B28E4C96	09123456789	台中市東海大學	123	刪除	修改
2	老老	640F2D84-C23E-BD97-F651-7764E88899A0	04123456789	台中市大智慧科技大樓	456	刪除	修改
4	十全大師	22C7815E-9A63-8C20-66A7-EC4E402FAF35	0689689689	陽春酒家	123	刪除	修改
5	汶霖	D66E4377-C2AD-06E5-C9F4-C72B8E08B4A8	08080808	廣州隆泉	1993	刪除	修改
7	老翁蛋	87C96581-08C9-D84A-74A3-31F8AF1506C5	08091535612	台中公園中興堂	789	刪除	修改

圖 4.13 管理員頁面(老人清單)

4.1.5 手機端協尋頁面

而當 App 使用者上傳 UUID 以及 RSSI 訊號，在 Server 端計算出距離後，會下載走失老人資料以及距離讓使用者幫忙協尋，圖 4.14 為提醒畫面，如果點選查看，會進入老人資料畫面，如圖 4.15 所示，會顯示出老人照片、聯絡方式以及距離，達到全民協尋目的。



圖 4.14 協尋通知畫面



圖 4.15 老人資料畫面

第五章 結論與未來展望

在此論文中，我們提出以 RSSI 加權來提升距離換算的精準度，配合三角定位法來降低環境造成的影響，針對不同的情境下達到更為精準的定位。其中 iBeacon 的偵測距離問題，我們將距離誤差修正了 20%，搜尋範圍面積修正了近 35%。針對修正過後的距離，我們也設計出一個老人協尋情境平台，將其呈現在平台上。另外利用手機端偵測 iBeacon 訊號，上傳 UUID、RSSI 訊號以及 GPS 定位，配合失智老人協尋平台，進而達到協尋效果。

而在未來我們希望透過此論文提出的演算法，能夠針對不同廠商製造的 Beacon 裝置來做距離定位的修正，進而做出相同效果的呈現。此外在 n 值分群上，提出更有效率的分群過程以及解決方案。

目前由於 Android 手持設備與 iOS 手持設備的市佔率趨近於平衡，因此如何在 Android 手機上同時完成相同工作，也是此系統未來更大的加分效果。此外由於 iBeacon 的格式是公開的，要取得實際發送的 iBeacon 中包含的數據也是輕而易舉。因此在傳輸訊號跟下載資料到手機端的資安問題，也是未來一大考驗。

參考文獻

- [1]. 行政院國家發展委員會，中華民國人口推計(103 年至 150 年)，
<http://www.ndc.gov.tw/m1.aspx?sNo=0000124#.VUschfmqpBc>，台北，民國
103 年八月。
- [2]. 台灣失智協會，http://www.tada2002.org.tw/tada_event_detail.aspx?pk=203，
台北，民國 101 年 7 月。
- [3]. 台灣大哥大，新聞發佈，[http://corp.taiwanmobile.com/press-
release/news/press_20141208_032867.html](http://corp.taiwanmobile.com/press-release/news/press_20141208_032867.html)，民國 103 年 12 月。
- [4]. 蘋果公司，<https://support.apple.com/zh-tw/HT202880>
- [5]. VPON 威朋大數據行動廣告平台，2014 年第三季台灣市場行動數據報告，
http://www.vpon.com/zh-tw/data_report.html，民國 103 年 10 月。
- [6]. “Beacon v.s. NFC”，<http://zugara.com/beacon-vs-nfc-infographic>
- [7]. “藍芽與 NFC 比較”，
http://www.2cm.com.tw/coverstory_content.asp?sn=0708280011
- [8]. Core Version 4.0-Bluetooth：SPECIAL INTEREST GROUP，
<https://www.bluetooth.org/en-us>。
- [9]. How do iBeacons Work? ADAM WARSKI，
<http://java.dzone.com/articles/how-do-ibeacons-work>，01/23/2014
- [10]. Programming in Objective-C (6th Edition)，Addison-Wesley Professional；，
December 13, 2013
- [11]. Programming iOS 7, 4 edition，O'Reilly Media，January 3, 2014
- [12]. HTML Tutorial，<http://www.w3schools.com/html/default.asp>
- [13]. Google 研究室(2010)，「Google Maps JavaScript API 第 3 版參考文件」，

<http://code.google.com/intl/zh->

[TW/apis/maps/documentation/javascript/reference.html](http://code.google.com/intl/zh-TW/apis/maps/documentation/javascript/reference.html)

- [14]. Amer Catovic, Zafer Sahinoglu, “The Cramer–Rao Bounds of Hybrid TOA/RSS and TDOA/RSS Location Estimation Schemes,” IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, vol. 8, no. 10, pp. 626-628, Oct. 2004
- [15]. M. N. Borenovic, A. M. Neskovic, “Comparative Analysis of RSSI, SNR and Noise Level Parameters Applicability for WLAN Positioning Purposes, IEEE EUROCN, May 18-23, 2009, pp. 1895-1900
- [16]. Suguna P. Subramanian, Juergen Sommer, Stephen Schmitt and Wolfgang Rosenstiel, “SHIL – Sensor Hybridization for Indoor Location based services,” International Symposium on Wireless Pervasive Computing , pp.483-488, May 2010
- [17]. Hong Tang, Lu Zhong, “Trajectory Algorithm for Localization of A Mobile Beacon in Wireless Sensor Networks,” Fourth International Conference on Computational and Information Sciences, 2012.