

# 智慧型手機支援無線射頻與紅外線室內混合定位機制之設計與實作

陳宜峰、林澤旻、胡佳隆、張群亮、蘇暉凱\*

國立虎尾科技大學電機工程系

\*hksu@nfu.edu.tw

**摘要** — 隨著手機的盛行、智慧型行動裝置在功能上被賦予了許多的功能，而此論文以紅外線室內定位為基準，設計了一個基於 Wi-Fi 與藍芽 (Bluetooth) 訊號區域為主要區域定位依據，並利用紅外線 (Infrared) 加強輔助的室內定位系統，整合三種無線訊號強度值使用指紋訊號強度特徵辨識定位法與鄰近加權定位法增加定位精準度來實現定位，利用 IR 角度較小、較精確的原理進行加強定位的輔助。<sup>1</sup>

## 一、 簡介

本論文為一延續性之研究，前期研究為 2014 年由廖子翔所提出的「智慧型行動裝置之 Wi-Fi 與 Bluetooth 混合定位技術室內導航系統實現與優化」中，以提升定位精準度為目標，利用原本的定位環境，將混合定位法加入了紅外線定位系統，提升區域性的精準度與室內死角造成的精準度誤差，因此室內定位技術是一個值得研究的議題 [1]。

本論文依據了智慧型行動裝置室內定位的部分進行研究，室內定位的部分大致上以全球定位系統 (GPS)、陀螺儀 (Gyroscope)、Wi-Fi、藍芽 (Bluetooth)、紅外線 (IR) 居多，但在室內定位的部分各自都有著精準度誤差的問題，因此本文將以改善 Wi-Fi 與 Bluetooth 混合定位的方式進行研究，在此定位方法可以利用 Wi-Fi 規範出使用者的大致區域，再利用 Bluetooth 將定位區域縮小並且更符合使用者的當下位置，但在 Wi-Fi 與 Bluetooth 混合定位的定位方式常會因為 RSSI 的訊號不穩定與死角的部分造成不穩定與飄動，因此在本論文中會加入 IR 的訊號加強定位的效果，運用 IR 傳輸距離較短與點對點的特性，在死角或誤差較大的地方，利用 IR 發射出特有的 MAC 碼，經由智慧型行動裝置的麥克風接收器不斷接收 IR 的發射訊號，利用解碼的方式，找出高頻、低頻，藉由特徵判斷方法與 Wi-Fi 和 Bluetooth 混合鄰近加權定位法整合，進行位置的辨識。最後在幾次的實驗中，將整理分析的實驗結果分為兩個部分探討分析本論文：

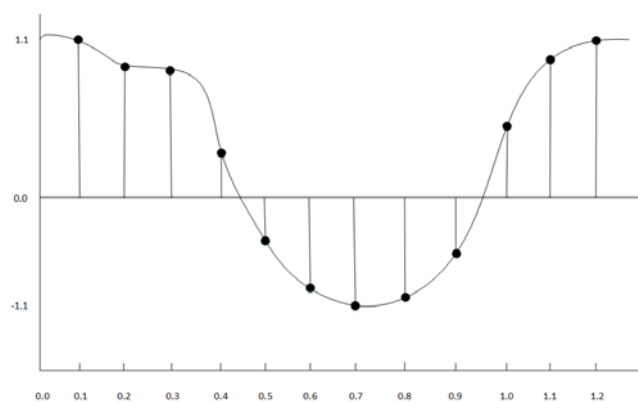
- 1、Wi-Fi 和 Bluetooth 混合鄰近加權定位法
- 2、IR 加強混合鄰近加權定位法。

## 二、 研究背景

### 2.1 音頻採樣

音頻即為一個能量波有著頻率以及振幅，頻率的部

分對應著時間軸，振幅的部分對應著電平軸。旋線的部分是由無數個點組成的，因此可以由旋線的部分看到無數個點連成的波形，因為儲存的空間是有限的，因此為了不使空間的浪費，音頻的編碼與壓縮是必然經歷的過程，在數字的編碼過程中，必須對旋線的點進行採樣，而在採樣的過程中抽取某個點的頻率值，在抽樣的過程中抽取的點越多相對的獲取到的頻率信息更豐富，為了將原本的波形還原，在一次的振頻中，最少必須有 2 個為基準的點為採樣，人耳最高可以感受到的頻率為 20KHz，因此最少需要每秒進行 40KHz 的表達，而這個採樣率最常見的就是 CD，採樣率為 44.1KHz，而無線電的廣播的採樣率為 22.05KHz，藍光或高解析度的 DVD 為 96KHz 或 192KHz。從頻率的信息以外還必須獲得頻率的能量值並且量化，用於表示信號的強度變化，而電平的量化數為 2 的整數次冪，舉例：一般 CD 為 16 bit 的採樣大小，即為 2 的 16 次方 [2]。音頻採樣如圖一所示。



圖一：音頻採樣圖

### 2.2 定位技術

編碼的技術大致分為三種：波形編碼、參數編碼、混合編碼。波形編碼音質較好，但編碼速率也較高而參數編碼剛好相反，編碼速率較低，音質較不好，混合編碼相較於兩者，編碼速率語音直屬於兩者之間。

#### ● 紅外線定位技術:

由 Olivetti 實驗室 R. Want 等人所提出的 Active Badge [3] 室內定位系統，使用紅外線技術來實現室內定位。利用紅外線接收與發射的特性，將發射器配置於物體身上，並將訊號接收器佈署於感測環境中，在

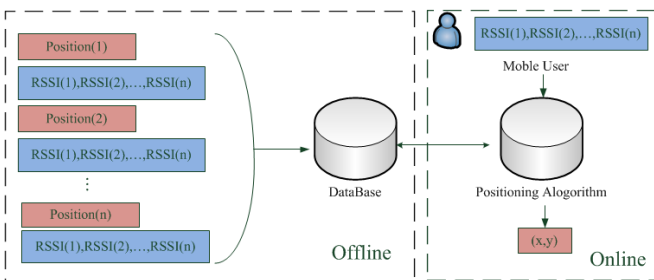
<sup>1</sup> 本研究由科技部贊助，計畫編號 MOST103-2221-E-150-020。

固定的時間內利用物體上配置的紅外線發射器不斷的將紅外線訊號發射出去，藉由環境中的感測接收器進行訊號接收，以此判斷物體的所在位置。

紅外線技術應用於室內定位上，會受到兩個主要的限制，一個為直射性，另一個為訊號的傳輸距離[4]。在直射性的部分，紅外線在訊號發射端與接收端不能有障礙物的阻擋，否則會影響到紅外線訊號的傳輸品質，造成訊號的收訊不良。距離的部分，因為紅外線技術本身屬於短距離的傳輸，加上傳輸只能點對點的傳輸，因此以上的因素都會造成紅外線在定位上的困難。

●無線網路指紋(Fingerprint)定位技術[5][6]:

分為兩個階段，離線階段 (offline phase) 與上線階段(online phase)，在離線階段的部分，必須先在室內空間建置無線訊號參考點 (reference points, RPs) 資料庫，參考點必須先分別規畫至區域內，並且要是固定的，管理者必須先學習每個參考點周遭的 RSSI，將學習的 RSSI 存放入資料庫中完成 RSSI 指紋資料庫，如圖二所示。



圖二：指紋定位法架構圖

三、系統架構

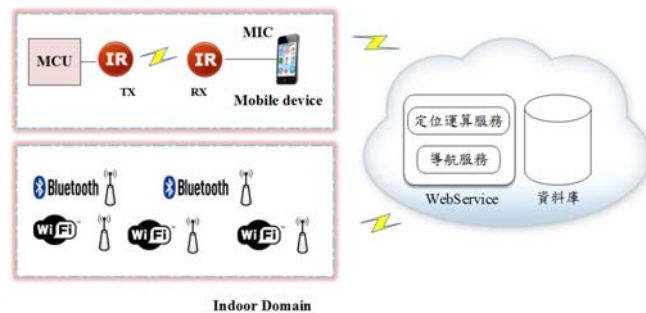
3.1 系統架構

本論文是藉由接收室內環境中的無線射頻來進行室內行動導覽，在射頻的部分包含了 IR、Wi-Fi 與 Bluetooth，藉由此 3 項射頻的訊號接收了解與使用者相對應的位置，來達到室內導覽的目的。在定位中，智慧型行動裝置會不斷的接收使用者當下環境中的射頻訊號，並且利用收到的射頻訊號當作定位的依據，將使用者的位置座標透過訊息接收與資料庫比對，運算出使用者的實際位置座標。

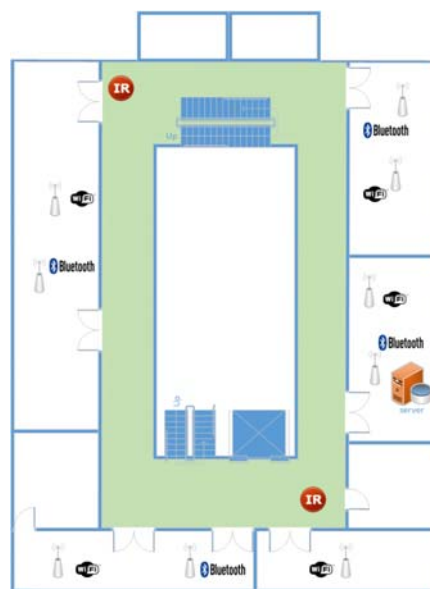
本系統分為兩個部分，主要分為定位環境與雲端資料庫的兩個部分。在室內定位環境的部分由 Wi-Fi 與 Bluetooth 進行區域性的定位，IR 進行精確的微定位。在雲端資料庫的部分主要進行定位資料與導覽資料的存放，Web Service 包括定位運算服務與導覽服務，系統管理者能連進伺服器做資料管理與定位運算修正，如圖三所示。

本系統需要進行場域環境的事前佈置，如圖四所示為建置的場域，管理者必須在需定位的範圍內建置各個

參考點的 IR 信號發射器，並且在智慧型行動裝置的 MIC 耳機孔裝上 IR 信號接收器，利用智慧型行動裝置得音訊裝置，將紅外線接收器接收到的音頻訊號進行分析，判斷使用者的精確位置來進行室內微定位，在此階段我們稱為音頻處理階段，而在環境中，我們藉由室內的 AP 與 Bluetooth 的參考點訊號 RSSI 蒐集整理為 RSSI 指紋資料庫，經資料庫比對運算後，並將接收到紅外線基地台訊號整理，將整合運算的位置資料呈現於手機導覽介面給使用者為定位階段，本文將於 3.2 節與 3.3 節中將會說明音頻處理和定位運算兩階段之架構。



圖三：架構圖



圖四：場域建置圖

3.2 音頻處理階段

音頻處理階段的部分，會先在測量區域建置 IR 的發射器，並且讓它一直傳遞特有的 MAC 訊號，在經由智慧型行動裝置的麥克風接收器將 IR 接收到的訊號進行音頻分析，利用智慧型行動裝置接收外界聲音的方式將 MAC 音頻訊號透過程式的演算將 MAC 碼值逐一的分析出來，再將 MAC 值與資料庫的值進行位置的定位，利用 IR 距離較短的特性，在使用者較接近 IR 發射器的區域才能偵測到此訊號，便以此訊號進行定位的分析與判斷，音頻處理階段，主要執行的部分包含音頻的擷取、聲音的框架與取樣、特徵分析與判斷、目標位置的判斷，說明如下：

- 音頻的擷取：

在佈置完成的實驗環境中，利用智慧型行動裝置不斷的接收外界的 IR 訊號，將 IR 訊息透過聲音的取樣，觀察出 MAC 數值的音頻訊息。

- 音頻的音框與取樣：

將音頻訊息切割成數個音框，並且將這些音框逐一進行切割與分析，取樣出符合實際訊號的音頻。

- 目標位置解碼與計算：

取樣出的音頻會與 IR 發射出來的相同音頻，利用吻合的訊息傳遞來判定各個 IR 定位訊息，構成微定位的系統。

### 3.3 定位運算階段

定位運算階段分為兩個部分的訊號接收運算：分別為 IR 的微定位訊號接收運算與 Wi-Fi 與 Bluetooth 的 RSSI 訊號接收運算。IR 的部分利用音頻處理階段處理後的定位數值提供給使用者做為區域性的精準微定位，AP 與 Bluetooth 的部分利用此兩個訊號提供的 RSSI，藉由智慧型行動裝置接收將 AP 與 Bluetooth 的 RSSI 與指紋資料庫的 RSSI 作比對運算，計算出使用者的區域範圍的目標位置，將此兩種定位數值利用使用者互動界面的導航系統將使用者目標位置精確地提供給用戶

- IR 微定位訊號:

利用音頻處理階段所計算出的數值，藉由資料的整合，將其目標位置傳遞給予用戶。

- Wi-Fi RSSI 掃描：

於待定位位置上，利用智慧型行動裝置的 Wi-Fi 功能來蒐集 RSSI，經過一次的掃描得到了環境中所有 AP 的 MAC 與 RSSI。

- Bluetooth RSSI 掃描：

於待定位位置上，利用智慧型行動裝置的藍芽功能來蒐集 RSSI，經過一次的掃描得到了環境中所有藍芽基地台的 MAC 與 RSSI。

- 定位運算服務：

「定位運算服務」藉由 IR 提供的目標定位數值與 Wi-Fi、Bluetooth 之 RSSI 掃描上傳至 Server 的數值整合，由「定位運算服務」將 IR 定位座標與 RSSI 混合運算，計算出智慧型行動裝置當前在環境中的位置座標。

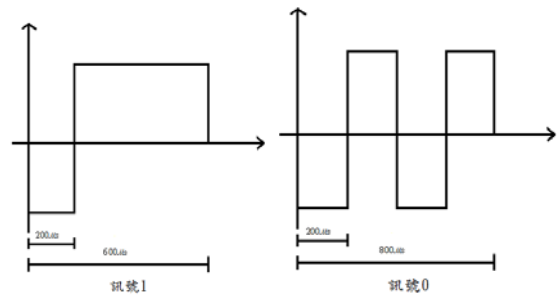
- 導覽系統：

「導覽系統」為 Web Service 所提供的服務，資料庫中存放著環境的導航資訊，本研究設計一個導航情境來驗證定位系統的精準度，藉由「定位運算服務」計算的定位座標來判斷使用者是否接近目標設施，將資料庫中的資訊回傳至智慧型行動裝置於使用者。

## 四、系統設計與實作

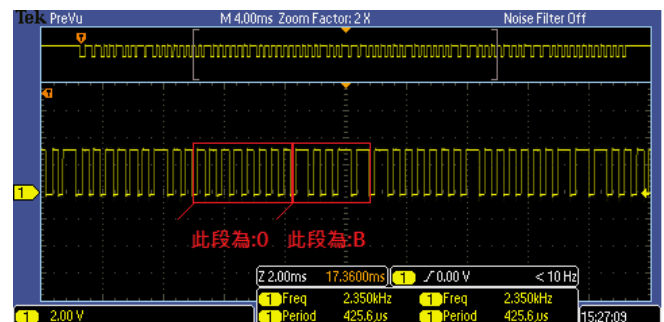
### 4.1 紅外線發射器的編碼

紅外線發射器的編碼是利用微處理器 Microchip 的方式在 1ms 的時間內產生的 12 個字元以 0、1 訊號將 MAC 碼完全的發射出去，而 MAC 碼的編碼方式是利用一個 200  $\mu$ s 的負緣訊號與一個 400  $\mu$ s 正緣訊號組合成訊號 1，如圖 五所呈現；而一個 200  $\mu$ s 的負緣訊號與一個 200  $\mu$ s 的正緣訊號構成兩次共 800  $\mu$ s 的訊號為訊號 0，利用此兩種訊號，訊號 0、1 的方式組合成一種特有的 MAC 編碼。



圖五：編碼訊號

紅外線的編碼的處理方式以 MAC 碼作為呈現，方便於系統作定位運算處理與整合，一共 12 個字元 24 個位元的 1、0 訊號組成的一組 MAC 碼，此實驗中 MAC 發射器訊號完整編碼為 1010，1100，0010，0010，0000，1011，1000，1000，1110，0101，1100，0000，如圖六所示，經過 16 進制轉換此編碼為 AC:22:0B:88:E5:C0，利用此訊號在所建置的區域內不斷的以此訊號作為傳遞，方便接收器的接收。



圖六：完整編碼訊號

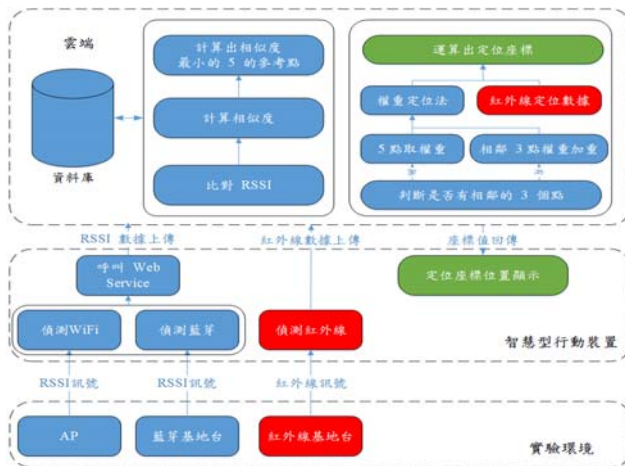
### 4.2 紅外線接收器的解碼

在音頻分析的方式確認無誤後，進行訊號強度的數值特徵分析，在特徵分析的部分我設定了一個門檻值，如式 (1) 所示，在式中利用判別式，將特徵為高頻 (H)、低頻 (L)、無法判別數值 (N)，三個數值判別出來，利用特徵分析的的方式，當數值的訊號強度大於 5000 與小於 15000 時，判斷特徵值為高頻 (H)；當數值的訊號強度小於 -5000 與大於 -15000 時，判斷特徵值為低頻 (L)；當數值的訊號強度 都不在此判斷式時，將此判斷特徵值為無法判別數值 (N)。

$$\text{特徵分析} \left\{ \begin{array}{l} H, \text{ if } (F \geq +5000 \ \& \ F \leq +15000) \\ L, \text{ if } (F \leq -5000 \ \& \ F \geq -15000) \\ N, \text{ else} \end{array} \right\} \quad (1)$$

### 4.3 定位運算功能

定位運算功能區塊圖如圖七，分為兩個大區塊，在左半部的部分為利用智慧型行動裝置進行 Wi-Fi 與藍芽基地台的 RSSI 蒐集，並且將蒐集到的資料與指紋資料庫的 RSSI 做比對，將每個參考點比對出的差值，計算出相似度，並選出相似度最小的作為結果；而右半部為紅外線進行定位的部分，利用範圍較小與距離較短的特性，將紅外線基地台的所在位置，藉由編碼與解碼的關係，把數據資料與目前位置傳遞智慧型行動裝置中。



圖七: 定位運算區塊圖

### 4.3 歐幾里德相似度計算

歐幾里德是一種距離度量(Distance measure)的方法，利用相似度去計算距離的方式，將兩參考值的差異平方開根號，當在量測的空間中有兩個點  $x=[x_1, x_2, \dots, x_m]$  與  $y=[y_1, y_2, \dots, y_m]$ ，利用歐幾里德距離公式如式(2)表示，當計算出來的歐幾里德距離越小，代表著相似度較高，利用值與值之間的互相比較，將較好的數值取出，讓待測點的實際位置越接近的原理，將相似值計算出來。

$$E = \sqrt{\sum_{t=1}^m (x_t - y_t)^2} \quad (2)$$

### 4.4 權重定位法

在定位環境中蒐集完當下的 RSSI 後，上傳至雲端並與指紋資料庫進行測量點的歐幾里德距離相似度計算，將計算數值取出相似度最小與誤差最小的 5 個，在歐幾里德距離相似度計算中，計算數值越小代表越接近該測量點，利用權重分配將 5 點測量點權重乘上各測量點的座標值進行累加得到定位位置，權重計算方式如(3)所示。

$$W_t = \frac{1/E_t}{\sum_{j \in RF_c} 1/E_j} \quad (3)$$

## 實驗結果

本論文中設計了一個定位導覽 APP 來做為與使用者互動的介面模式及室內定位的實驗結果:

- 1.定位功能:**利用智慧型行動裝置上的螢幕顯示出定位的呈現，方便使用者對自己所在位置的辨識。
- 2.紅外線定位功能:**當使用者想更精準的定位出自己的位置或定位的效果呈現不佳的狀況下，可以進行紅外線定位功能，在定位的區域有明顯的區域想呈現給使用者或是建築物死角的情況下，也能提供此種功能使用，給予使用者更佳定位服務。
- 3.地圖縮放功能:**當使用者對於地圖的精細度較要求著，可以提供使用者地圖所放的功能，能將地圖放大縮小及拖移，讓使用者能更清楚地看見自己的所在位置。
- 4.室外定位功能:**在室內、室外定位的部分，我們將兩者定位整合於一起，當使用者由室外轉換能室內時 APP 會提出訊息通知使用者。

## 結論

本論文利用 Wi-Fi 與 Bluetooth 兩種無線訊號的 RSSI 作為區域性的大範圍定位，在藉由紅外線無線訊號對小範圍區域加強精準度定位，在混合定位的部分，藉由指紋特徵法並加上鄰近加權定位法將 Wi-Fi 與 Bluetooth 的 RSSI 定位資訊做集中式的運算處理，而在紅外線定位的部分，藉由紅外線短距離的收發原理特性，將紅外線發射器做特別的 MAC 編碼，利用音頻的方式將訊號發射出去，藉由接收器的射頻接收將訊號收入智慧型行動裝置中，利用點對點的短訊號接收方式，將接收到的訊號做定位處理，並且整合於 Wi-Fi 與 Bluetooth 的混合定位法中，加強了定位的區域性，提升了定位精準度，改善 RSSI 定位容易被較強的訊號拉走而造成飄移的影響，構成此定位的原理及方法，在顯示的部分，整合了 Wi-Fi 與 Bluetooth 的混合定位與紅外線定位兩種定位方法，提供了使用者更多的使用方式。

## 參考文獻

- [1] 廖子翔，“智慧型行動裝置之 Wi-Fi 與 Bluetooth 混合定位技術室內導覽系統實現與優化”，2014，國立虎尾科技大學電機工程系研究所碩士論文。
- [2] “音頻編碼”，<http://baike.baidu.com/view/1531030.html>。
- [3] R. Want, A. Hopper, V. Falco and J. Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Transactions on Information Systems, vol. 40, no.1, pp. 91-102, 1992.
- [4] 陳榮靜、林裕証，2010，“應用 RFID 技術於三度空間定位”，資訊科技國際研討會。
- [5] M.Stella, M.Russo, and D.Begusic, "Location Determination in Indoor Environment based on RSS Fingerprinting and Artificial Neural Network," Telecommunications, 2007. ConTel 2007. 9th International Conference on, pp. 2006-2007, June 2007.
- [6] M.El Hassan, B.El Hassan, and L.Nachabe, "Implementation of wireless network using location fingerprinting technique for indoor positioning," Electrotechnical Conference (MELECON), 2012 16th IEEE Mediterranean, pp. 216-219, March 2012.