

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系

碩士論文

以群集分析於位置與訊號特徵模型之
室內定位演算法

研 究 生：黃鈺勛

指 導 教 授：鄭辰仰 博士

陳家豪 博士

中 華 民 國 一〇〇 年 七 月

Indoor Localization Algorithm Using Clustering On Position and Signal Pattern

By
Yu-Hsun Huang

Advisor: Dr. Chen-Yang Cheng
Dr. Ja-Hao Chen

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and Enterprise
Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

July 2011
Taichung , Taiwan , Republic of China

以群集分析於位置與訊號特徵模型之室內定位演算法

學生：黃鈺勛

指導教授：鄭辰仰 博士

陳家豪 博士

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘要

近年來室內的定位服務的需求逐漸引起重視，目前常以低成本、低耗電與高佈置性的Zigbee做為室內的定位工具。然而室內受到多路徑干擾的影響，將影響傳統演算法以訊號差值為基礎的計算方式。因此本研究提出二階段定位演算法，此演算法結合了虛擬標籤與二階段群集分析的優點，改善了大部分定位演算法以訊號差值為基礎的缺點。應用虛擬標籤能減少大量的佈置成本，對於環境的適應性較高，然而過多的虛擬標籤若無法有效的篩選將導致計算的誤差變大。因此結合二階段群集法取代應用訊號熱點交集的概念，由於空間中資料將互相的依賴，以及受到鄰近的物件的影響。因此在分群的依據上也不再以訊號差值為基礎，取而代之的是利用訊號的特徵值與位置的屬性。藉由群集分析同群集低變異與不同群高變異的特性，在第一階段能在眾多資料中選出與待測標籤特性相同的可能標籤位置，第二階段時加入位置的屬性，將偏遠區域的標籤剔除。並於真實環境中架設並建立無線感測網路驗證演算法的效果，在最後將討論實驗過程中所發現的特性，並與其他的定位演算法進行驗證。

關鍵字：室內定位、訊號差值、二階段分群、LANDMARC

Indoor Localization Algorithm Using Clustering On Position and Signal Pattern

Student: Yu-Hsun Huang

Advisor : Dr. Chen-Yang Cheng

Dr. Ja-Hao Chen

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

In this research, we proposed a two-step localization method that contains the advantages of the virtual tags and two-step cluster method. The virtual tag could reduce a lot of decoration cost, it is flexible for dynamic environments. But there has a problem, if it couldn't eliminate the unused tags in an effective way, then the accuracy of localization would be worse. Therefore, here combine the two-step cluster method replace the proximity map concept. Because there are highly associated with data and nearly object in the space environments. The attribute of signal pattern and position information using to replace the difference of signal in traditional. According to the high similarity in same group, and the high variability in different group. The first step could filter the highly similarity tags with the tracking tags using the signal pattern, then second step added the attribute of position, it eliminate the far area. Finally, this algorithm compared with other algorithm based on difference of signal .

Keyword: indoor localization , difference of signal, two-step cluster, LANDMARC

致謝

結束大學生涯後面臨到是否繼續升學的抉擇，在偶然間經過小河旁，看到了一條逆流而上的鯉魚，在當下我流下了一滴淚，鯉魚都逆流而上尋找他的目標，我應該繼續升學充實自己才是阿，因此我踏入了研究所之路。

時光飛逝，歲月如梭，看著越來越厚的論文，每一頁都是用血與汗水編織而成，不知不覺研究所生涯都走到了盡頭，我坐在藤椅上喝杯涼茶開始回憶起兩年內的點點滴滴。

感謝指導教授鄭辰仰老師的諄諄教誨，以及苦口婆心的指導，我了解老師每天回去都抱著棉被啜泣的辛苦，所以這份論文就送給你當貼心小禮物。另外還有電機系陳家豪老師的熱情贊助，讓我可以從電機系的角度來完整我的論文。以及口試時另外三大門派的掌門人，吳信宏老師、林詠章老師與溫志煜老師的建議，也因此本論文包含了工工、電機、企管、通訊、資管五大學門的精華。

同門的師兄弟閔智與閔雄，我們常常冒著生命危險打電動的事情終究被發現了，但是過程也是挺有趣的。以及害我們打電動被發現的章昱，生日被我整很慘的晉璋，絕對不會透露出年齡的惠菁，還有認識超久的容慈兩年來的陪伴。同門學弟時間怎麼用都少的立楷與雄哥二號的卜元，辛苦幫我做實驗的伊柔，還有忠軒、中俊、悅清也給了許多的幫助，以及金牛慘了的芸甄，也讓平常的生活有了更多采多姿的變化啊。

最後要感謝的是我的女朋友，冰風暴狂掃全亞洲的家珍，如果不是她常常借我一隻手，論文也不會這麼順利的完成，可說是比媽祖還神啊。還有我那隻只會喵喵叫的兒子樂樂。以及在背後默默支持我的家人，無時無刻都跟我說論文有多難寫，碩士有多難念，讓我有完整的心理準備。

最後的最後要感謝陪伴我這麼久的遊戲，有你們的存在讓我的壓力得以抒發，以及那些要感謝在這邊沒被感謝到的人，可以自己到FACEBOOK上留言，我會好好地感謝你們的。

鈺勛 謹致

2011年於東海大學工業工程與經營資訊學系

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 論文架構.....	3
第二章 文獻探討.....	4
2.1 定位的技術原理.....	4
2.1.1 三角測量法(Triangulation).....	4
2.1.2 場景分析法(Scene analysis).....	7
2.1.3 鄰近法(Proximity).....	8
2.1.4 小結.....	8
2.2 以訊號強度為基礎定位演算法.....	9
2.2.1 LANDMARC 法.....	9
2.2.2 VIRE 法.....	10
2.2.3 小結.....	11
2.3 群集分析(Cluster Analysis).....	11
2.3.1 二階段分群法.....	12
2.3.2 應用群集分析的定位演算法.....	13
第三章 定位原理分析.....	14
3.1 實驗假設與實驗環境.....	14
3.2 讀取器穩定實驗.....	15
3.2.1 H0：讀取器不同對訊號值沒有差異.....	15
3.3 訊號衰退實驗.....	17
3.3.1 H0：距離不同對訊號值沒有差異.....	17

3.4	角度定位方法實驗.....	20
3.4.1	H0：角度不同對訊號值沒有差異.....	20
3.5	場景分析法實驗.....	24
3.5.1	H0：訊號值穩定不會產生變動.....	25
3.6	實驗綜合討論.....	27
3.7	以訊號為基礎的演算法.....	28
第四章	研究方法.....	32
4.1	二階段定位演算法概念.....	32
4.2	虛擬網路拓樸.....	32
4.3	二階段分群法.....	34
4.4	小結.....	36
第五章	實驗與驗證.....	37
5.1	實驗環境.....	37
5.2	實驗結果分析.....	38
5.3	實驗結論.....	40
第六章	案例探討.....	41
6.1	緒論.....	41
6.2	醫療照護系統應用研究探討.....	42
6.3	系統分析與設計.....	42
6.3.1	照護環境需求.....	42
6.3.2	系統設計.....	44
6.3.3	感測元件設計.....	45
6.4	系統實作與驗證.....	48
6.4.1	系統架設環境.....	48
6.4.2	系統實作.....	49
6.5	結論.....	52
第七章	結論與未來方向.....	53
參考文獻	54

表目錄

表3.1 讀取器間對訊號值的變異數分析表	16
表3.2 訊號衰退公式的誤差百分比	18
表3.3 訊號衰退公式的誤差百分比(干擾).....	18
表3.4 不同距離對訊號值的變異數分析	19
表3.5 各距離的平均值與標準差	23
表3.6 角度不同對訊號值的變異數分析表	24
表3.7 訊號值穩定度變異數分析	26
表3.8 各自變數變異數分析檢定結果	28
表5.1 情境說明.....	37
表5.2 各演算法參數.....	37
表5.3 情境1各演算法誤差距離(公尺).....	38
表5.4 情境2各演算法誤差距離(公尺).....	39
表6.1 照護環境需求.....	43
表6.2 定位演算法誤差距離比較表	51
表6.3 距離誤差之累積機率比較表	51

圖目錄

圖1.1 多路徑效應	2
圖2.1 定位技術分類圖	4
圖2.2 三角定位示意圖	5
圖2.3 AOA定位技術示意圖	6
圖2.4 場景分析法步驟	7
圖2.5 近似地圖概念	10
圖3.1 定位原理	14
圖3.2 兩個讀取器穩定度測試	16
圖3.3 各距離下讀取到的訊號值(未干擾)	17
圖3.4 各距離下讀取到的訊號值(干擾)	18
圖3.5 多路徑干擾導致定位誤差變大	19
圖3.6 利用相位差推估角度	20
圖3.7 相位差示意圖	21
圖3.8 角度定位法實驗概念圖	22
圖3.9 固定距離下各角度之訊號值	22
圖3.10 3公尺下的訊號值與角度	24
圖3.11 三種環境因子下的訊號值	25
圖3.12 固定標籤的穩定讀取	25
圖3.13 加入第二個讀取器比較	26
圖3.14 理想況下的選取範圍	29
圖3.15 估測範圍偏移	29
圖3.16 理想狀況下的VIRE法	30
圖3.17 近似地圖無交集	30
圖4.1 二階段定位演算法架構	32
圖4.2 虛擬網路拓撲	33
圖5.1 實驗環境	37
圖5.2 情境1誤差距離圖	38
圖5.3 情境2誤差距離圖	39
圖5.4 各情境與演算法的誤差距離	40
圖5.5 誤差距離累積機率圖	40

圖6.1 系統架構.....	45
圖6.2 感測元件內部架構圖.....	46
圖6.3 發射器架構圖.....	46
圖6.4 心跳感測電路設計.....	47
圖6.5 光感測器訊號與心跳輸出波形.....	48
圖6.6 系統建構之感測環境.....	49
圖6.7 新版與舊版心跳感測器.....	49
圖6.8 系統畫面.....	50
圖6.9 生理訊號異常.....	50
圖6.10 定位誤差機率分配圖.....	51

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

定位服務(Location-based Service)近年來被廣泛應用緊急管理、醫務管理、供應鏈管理、導航及人員追蹤上，例如在醫療環境中對於病患的定位追蹤，在複雜的空間環境中僅能得知道病患所在的區域，並不能有效地定位出病患所在的角落。目前常見的定位系統如全球定位系統 (Global Positioning System ; GPS)(Enge & Misra, 1999)，但GPS應用於室內將受到非視線可及(Non-line of sight ; NLOS)的影響，在室內的環境衛星訊號逐漸微弱或失去參考價值而無法對於室內環境進行定位。因此，提供室內的行動定位服務必須利用不同於戶外的設備技術進行。

應用於室內定位的工具具有無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification ; RFID)、無線網路(Wireless Local Area Network ; WLAN)、藍芽(Bluetooth) 及Zigbee等技術(Pahlavan, Xinrong, & Makela, 2002)，其中Zigbee擁有低成本、低耗電量的特點，且Zigbee可搭配各種不同的感應器(sensor)，應用範圍相當廣泛，相較於RFID僅能傳接收訊號，使用Zigbee更能夠建立完善的無線感測網路(Wireless Sensor Network ; WSN)來達到定位目的。其運算原理為利用電波訊號(Radio signal)在空氣傳輸的過程中，隨著傳播距離而有不同程度之能量衰減，得到訊號強度(Radio Signal Strength Indication ; RSSI)，藉由此物理特性即可用來估測發送端與接收端之間的距離。

然而，使用無線電波訊號作為通信媒介，其在室內容易受到內部佈置結構及移動物件的影響，電波訊號在空氣傳輸的過程中，經過多次反射 (Reflection)、繞射 (Diffraction)、折射 (Refraction)、散射 (Scattering) 等現象，一個訊號會抵達接收端許多次如圖1.1，每次的訊號強度及抵達時間都不盡相同此現象又稱為多路徑 (Multi-path) 效應(Rappaport, 1996)將影響定位的準確率。

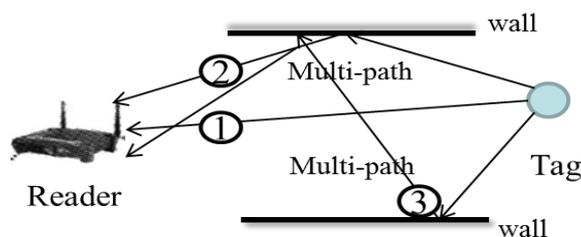


圖1.1 多路徑效應

透過硬體設備的改善或以軟體改進能改善多路徑效應的情況。硬體設備的改善如發展智慧型天線或者建置更多的讀取器(reader)擴展所涵蓋的範圍，所得到的資訊相對之下會較為精確，但讀取器的價格非常的昂貴，如果大量建置下所付出的成本將遠遠超過改善帶來的效果。在不增加成本負擔的情況下，透過軟體改進的方法如發展定位演算法克服多路徑干擾的影響。

許多研究利用已知座標的參考標籤與待測的追蹤標籤的相對訊號差值進行估測(Ni, Liu, Lau, & Patil, 2003)，其可以概分為建立篩選機制挑選出最佳的鄰近解個數，或透過演算法將估測的區域逐漸收斂兩種方式。但無論哪種方式皆是以訊號差值為基礎進行運算，在多路徑干擾的影響下仍會造成誤差。

此外，此類的演算法未考量室內環境是屬於空間資料的特性，定位環境空間資料包含了拓撲(topological)與距離(distance)資訊，在空間環境中的物件可能會受其鄰近若干個物件的影響，資料之間也會相互依賴。室內定位的環境中訊號值與位置資訊存在著複雜的關係，因此參考標籤與追蹤標籤會受到鄰近物件的影響。且大部分演算法在建構前，鮮少針對定位原理進行實驗，探討其限制與困難。

1.2 研究目的

本研究在建構定位演算法前，透過實驗的方式探討定位原理的限制與可行性，並對以訊號差值為基礎的定位演算法做深入分析。整合實驗的結果與空間資料的特性，在室內無線感測區域環境下提出二階段定位演算法，此演算法結合兩種模式的優點，分別應用虛擬標籤與二階段群集法的概念，建構適用於多路徑干擾環境下的演算法。使用虛擬標籤能取代實際佈置的

標籤，增加感測區域的密度並節省許多佈置成本。在考量到空間環境中的資料將互相依賴且受到鄰近物的影響，應用二階段群集法係為了建立適合的篩選機制去選出估測區域，在屬性選擇上不以傳統使用訊號差值的方法為基礎，取而代之的是利用訊號特徵(signal pattern)與位置資訊作為分群的屬性。

1.3 論文架構

本研究在第二章的時候將介紹定位演算法相關的文獻與技術，並整理各種類別的演算法，在本部分將特別討論使用訊號差值的演算法。第三章為定位原理的實驗分析，本研究針對目前常見的定位原理進行一系列的實驗，並分析其結果。第四章為研究方法，針對實驗的結果導引出本研究提出的二階段定位演算法的步驟與流程。第五章為二階段定位演算法的實驗與結果。第六章為應用本研究的二階段定位演算法，建構一個醫療照護平台於醫療環境的案例探討。第七章為本研究的結論與未來發展。

第二章 文獻探討

2.1 定位的技術原理

定位原理可以概分為三大類，三角測量法(Triangulation)、場景分析(Scene analysis)與鄰近法(Proximity)(Jeffrey Hightower & Borriello, 2001)，圖2.1為本研究整理的定位技術分類。

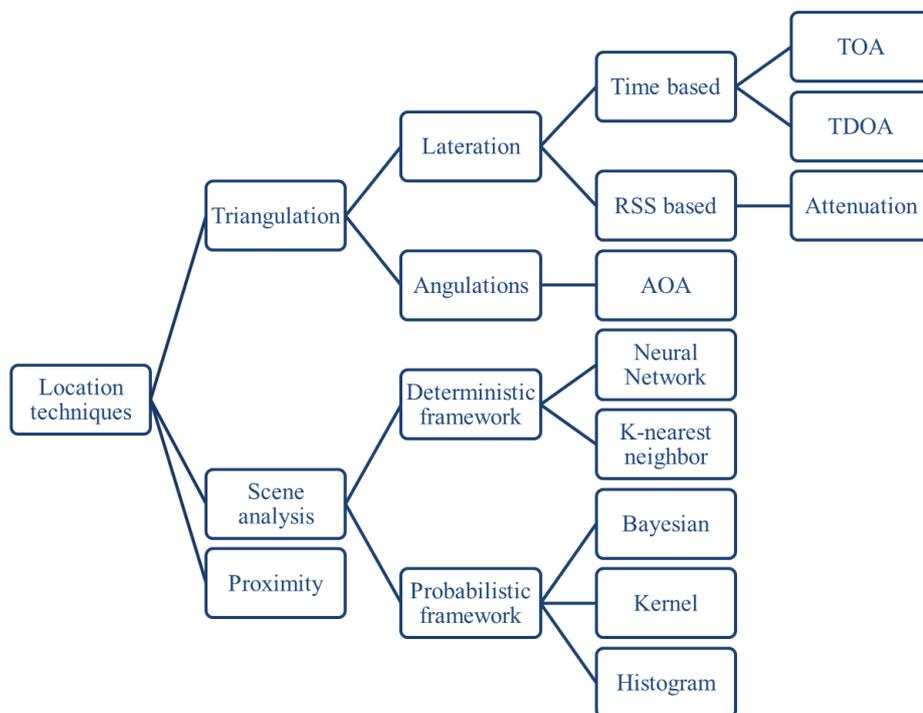


圖2.1 定位技術分類圖

2.1.1 三角測量法(Triangulation)

1. 時間抵達法(Time of arrival ; TOA)

以量測訊號自基地台傳播至使用者的時間進行測距並定位，由於無線電波在空氣中傳播會隨著傳播距離的遠近而有不同的訊號抵達時間，訊號抵達時間的定位技術主要是利用發射端到接收端的抵達時間乘上傳播速度(光速)來換算出電波在空氣中傳播的距離。當三個接收源都有與發送源的距離時，便能各自畫出三個圓，其交點便為發送源(Savvides, Han, & Strivastava, 2001)。然而，在訊號傳播時是以光速進行計算，在時間讀取上只要有一點點的誤差，將嚴重的影響估測位置，訊號抵達時間定位示意圖如圖2.2。有研究以統計決策理論針對在非視線可及的問題，建構結合TOA與訊號強度

的模式，結果較原本僅使用TOA的方法佳(Yu & Guo, 2008)。或有研究使用 Hermite 多項式建構TOA估測方法，改善原本使用TOA時過長的計算時間(D. G. Hwang, Hwang, Jang, & Kim, 2009)。有研究針對時間偏移的問題，提出以時間校準為基礎的TOA法，透過最大概似函數計算偏移植(Yiyin, Leus, & Delic, 2009)。有研究針對在非視線可及的情況下，建構估計的TOA模型(Y. h. Zhang, Cui, Li, & Zhang, 2008)

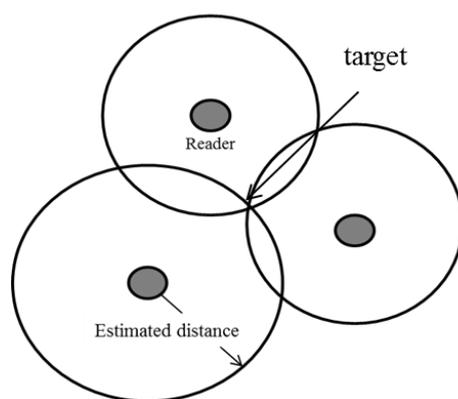


圖2.2 三角定位示意圖

2. 時間差抵達法(Time difference of arrival ; TDOA)

量測訊號從基地站傳播至使用者的時間差以雙曲線定位的原理進行定位。TDOA多基地台無線定位系統的定位方式，可分為兩步驟；首先利用各種時間延遲量測(time delay estimation)的技術，精確的測得兩基地台接收到的訊號到達時間差，再將之轉換成距離，並代入雙曲線的方程式中，形成一組聯立雙曲線方程式；第二步則是解出此聯立方程組的解析解，此解便為發送源的估測位置，同樣的仍受限於測得時間需要非常的精密，否則將導致嚴重的誤差(Nasipuri & Li, 2002)。有研究提出改善的TDOA定位法，其演算法概念比較估測的現行狀態與先前的狀態，達到較高的可信度，並與傳統TDOA法進行比較得到的結果較好(S. Kim, Lee, Yoo, & Shin, 2009)。或有研究針對在非視線可及的情況下所造成的誤差，進行實際實驗後分析誤差特性，並提出誤差的調適演算法以提高定位的準確度(J. L. Kim, Lee, & Park, 2008)。或有研究以泰勒級數演算法為基礎的TDOA定位演算法，計算雙曲線中交接點的平方和距離，並用最速下降法找出最佳的解(Fuxiang, Wang, & Xiaoguo, 2010)。或有研究以遞迴平滑法建構TDOA的估計模型

(KutluyII & Ahmad, 2005)。

3. 以接收訊號強度為基礎(Received Signal Strength based)

利用至少三台讀取器接收訊號源(目標物)源的訊號，因電磁波訊號與距離之間存在平方衰退的關係，可以藉由訊號而推出訊號源與讀取器的距離，在各讀取器座標已知且能推算訊號源與讀取器距離的情況下，藉由簡單的聯立方程式便能解出待測物的座標。但以訊號強度在多路徑干擾的情況下，並不能完全的符合距離與訊號的衰退公式，仍存在著改善的空間(Bahl & Padmanabhan, 2000)。有研究利用訊號強度估測距離，應用至少三台讀取器便能透過三角定位的法式找出待測物，(Jeffery HighTower, Vakili, Borriello, & Want, 2000)。或有研究利用標籤佈置的方式與設定讀取器不同的功率，使用Simplex最佳化演算法去估計待測物位置(C. Wang, Wu, & Tzeng, 2007)。有研究以模組化的分類模型為基礎，建構一個訊號強度為基礎的定位系統(Uzair, Andrey, Lee, & Lee, 2008)。

4. 角度抵達法(Angle of arrival ; AOA)

AOA法主要是利用讀取器接收訊號源的入射角度來進行運算如圖2.3，測得方向的技術又可分為據入射電磁波訊號在測向天線系統中感應產生的振幅、相位及頻率上的差別來判定被測目標的方向(廖建興 & 曾孝忠, 2008)。AOA法的優點在於僅需要兩個讀取器便可以進行運算，但其需要特殊的硬體設備才能進行偵測入射角的功能，例如具有方向性的天線(Directional antenna)或者陣列天線(Antenna array)。因此在使用AOA法上包括了硬體上的限制與成本，加上多路徑的干擾會對角度的解析造成相當大的誤差，進而造成準確度下降 (Niculescu & Badri, 2003)。

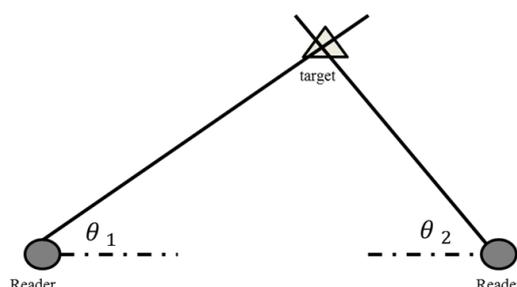


圖2.3 AOA定位技術示意圖

有研究利用4*2的陣列天線計算角度，其概念是利用4*2陣列天線打出的8個波束劃分出8個區塊，加上相鄰兩個波束間的訊號強度落差在切割成更細的角度，能避免部分的多路徑干擾，如此一來若佈置兩個以上的陣列天線，天線間的波束會互相涵蓋，因此能劃分出許多大小的區域，將定位的範圍縮小(吳仁傑, 2007)。另外有許多研究係架設同樣架構排列的兩個以上讀取器，利用讀取器間接收到的訊號相位差(phase difference)進行角度的計算。例如有研究僅利用簡單的兩個讀取器架構，將訊號值轉換為相位差並將其計算出角度(Y. Zhang, Amin, & Kaushik, 2007)。以及有研究提出一個防碰撞機制的陣列天線架構，以相位差方法為基礎發展計算角度的演算法(Angerer, Langwieser, & Rupp, 2010)。有研究發展以訊號差為基礎的陣列天線，並證明利用相位差於RFID標籤上是穩定可靠的，且能用於立體定位與追蹤(Williams, Grant, Liu, Zhang, & Kumar, 2010)。有研究建立特殊的感應器，以達到最佳均方誤差的定位績效(Kutluyil & Hatem, 2008)。

2.1.2 場景分析法(Scene analysis)

共分成離線階段(off-line)與在線階段(on-line)。離線階段時在需要定位的環境先建立起特徵資料庫(finger pattern)，例如收集定位環境中的每一個位置的訊號值與座標，每個位置建立起一組如 $(RSS_1, RSS_2, \dots, RSS_i, x, y)$ 的資料並儲存於資料庫中如圖2.4。在線階段則是接收訊號源的訊號，並跟在離線階段的資料庫進行比對，藉以推出最近的位置，最常見的便是利用類神經網路或者機率分布的方式來建立資料庫。

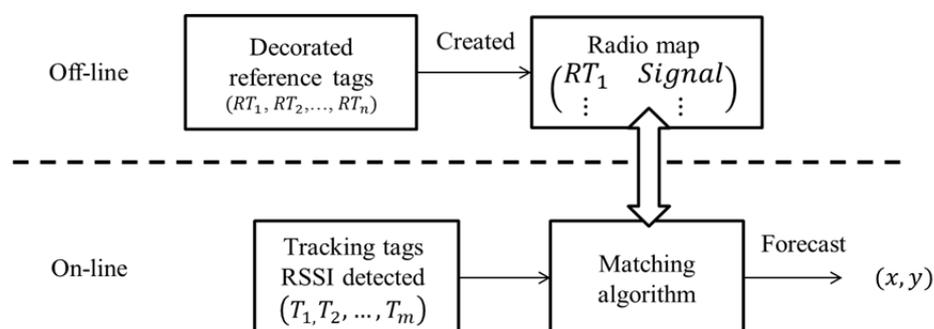


圖2.4 場景分析法步驟

此種方法的優點在能快速的定位，且擁有一定的準確度。有研究建立

特徵資料庫並使用類神經網路訓練的方法判斷待測物位置(Ngah, Zhu, Chen, Tanabe, & Bana, 2009)。或有研究提出以AdaBoost學習演算法為基礎的訊號特徵分類法(Liu, 2010)。亦有研究使用機率的訊號地圖判斷待測位置(Bekkali & Sanson, 2007)。然而場景分析法的缺點在於建構資料庫需要花費大量時間，且當定位環境有所變動的時候需要重新建立資料庫，降低了整體的實用性。

2.1.3 鄰近法(Proximity)

鄰近法利用在環境中廣布的讀取器，當物體被偵測靠近這些已知位置的讀取器範圍內時，便判斷該物件位於範圍內。常見的鄰近法共分為三種：實體接觸偵測、無線存取點監控以及自動識別系統觀察。

1. 實體接觸偵測：此為鄰近法最常使用的基本方法，包含了利用壓力感應、碰觸感應與電容場偵測等。
2. 無線蜂巢存取點監控：當行動裝置進入一個或者多個存取點的範圍時進行監控，並推出行動裝置所在區域是另外一種鄰近法定位的技術。
3. 自動識別系統觀察：第三種利用自動辨識系統如信用卡POS、電腦登錄紀錄、電子卡鎖事件紀錄等，以及利用辨識標籤如高速公路的電子收費系統、UPC產品代碼與注入牲畜體內的辨識晶片等。當辨識設備掃描標籤後，便能觀察到該物件的位置。

例如有研究建置感應器輔助的觸控滑鼠(Hinckley & Sinclair, 1999)，或有研究以拓樸與連結資訊為基礎所建置的定位系統(Want, Hopper, Falcão, & Gibbons, 1992)。雖然鄰近法使用上較為直覺簡單，但無法達到一定的準確度，在環境與硬體上都有難以克服的地方，在成本與實際佈置上較為困難。

2.1.4 小結

總結以上的定位的原理各有其優劣，並沒有辦法明確的指出最好的辦法，在此考慮了成本、準確度、建置容易性的情況下，本研究認為使用訊號強度為基礎的方法可依照演算法的改善，對於提升定位準確度有較大的進步空間。因此，本研究將以訊號強度為基礎的定位原理，發展出適合於現有

硬體的演算法，提升定位的準確度。

2.2 以訊號強度為基礎定位演算法

2.2.1 LANDMARC 法

LANDMARC(Ni, et al., 2003)定位法為近期在定位演算法上有不錯成果的一個系統，其中重要的是參考標籤(Reference tags)概念，利用讀取器及標籤間，計算其相對的訊號值，如果訊號值差較小的，其認為該參考標籤與待測標籤是較接近的，再利用這些相似的標籤以 K 個最近鄰居法(K-Nearest Neighborhood, KNN)挑選鄰近解進行計算，藉以推估出待測標籤的位置。LANDMARC 具有三大優點：以便宜的標籤取代成本較貴的讀取器，實驗環境常為動態的，由於參考標籤也是同樣動態環境中，在定位時可以克服部份環境因素，因此標籤資訊會即時的更新。

雖然 LANDMARC 提供了一種有效的定位方法，但它也面臨了限制上的問題，如過多的標籤將會導致互相干擾，以及當電磁波訊號受到環境干擾時，訊號值的差異變大，常常導致運算上的誤差。LANDMARC仍存在兩個主要缺點，第一個是訊號值容易受到多路徑干擾的影響將導致鄰近標籤選擇上的錯誤，第二為了增加定位準確度須使用較多的參考標籤，但過多的標籤容易互相產生干擾。LANDMARC法應用了訊號差值挑選鄰近的參考標籤的簡單概念，但仍存在待改善的缺點，許多研究皆以LANDMARC為基礎進行改良。約略可以概分為兩種改良的模式，一種是透過篩選的方法挑選出最佳的鄰近解個數，另外一種是透過演算法在不增加成本的情況下，將估測的區域慢慢收斂。不論為何種模式，都脫離不了以訊號差值為基礎的概念，差值越小代表兩者之間越接近，理想狀況下能找到最鄰近的四個標籤來估算出追蹤標籤的位置。

即使如此，LANDMARC 利用相對訊號差值進行運算的概念相當的容易進行，且在佈置上相當的容易，對環境適應性高，許多研究便延伸 LANDMARC法的概念進行改善。

有研究延伸 LANDMARC 的概念，利用算出來的追蹤標籤座標做為新的參考標籤，再重新計算追蹤標籤的座標，一直重複計算到收斂為止(Jiang,

Liu, & Wang, 2009)。或選擇出來的鄰近參考標籤後，以三角形切割的方式，持續切割至收斂為止，該研究認為以三角形的範圍收斂追蹤標籤準確度較高(Shih, Hsieh, & Chen, 2006)。或有研究利用各讀取器的訊號衰減程度設立成各個不同的等級，並將此資訊與參考標籤的座標與訊號值紀錄於資料庫中，當追蹤標籤讀取到訊號的時候，與資料庫中的標籤比對，能約略推算出追蹤標籤可能的位置(Chen & Huang, 2009)。亦有研究指出LANDMARC將所有的讀取器的訊號值加入計算將增加誤差與運算上的負擔，且將所有標籤都投入KNN法計算將延遲計算速度，該研究根據這些問題發展出改善的演算法(Jin, Lu, & Park, 2006)。

2.2.2 VIRE法

VIRE(Zhao, Liu, & Ni, 2006)法便是針對LANDMARC系統改善所提出來的的方法。由於LANDMARC法使用的是主動式標籤，為涵蓋大範圍的環境需要許多的標籤，然而增加過多的標籤會產生互相的訊號干擾，且主動式標籤的成本亦不低，因此利用虛擬標籤(virtual tags)的想法，可以增加更多的參考標籤卻不會產生互相干擾，也可以有效地降低佈置成本。其中虛擬標籤的概念是將實際參考標籤間分割成若 m 個虛擬區塊，每塊區塊放入 4 個虛擬標籤，接著再由各讀取器所維護的近似地圖(proximity map)如圖2.5，也就是設立一個門檻值，當參考標籤與追蹤標籤的訊號差值在門檻值內的標籤，將被保留並認為其為熱點，接著在每個地圖間的熱點取交集，透過這個步驟篩選出有效的虛擬標籤，這一群虛擬標籤將給予權重，便推算待測物件的位置。此演算法更大幅的降低了佈置的成本，而利用了虛擬標籤能較LANDMARC的計算更為精確。

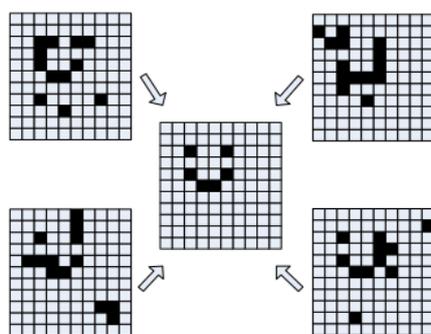


圖2.5 近似地圖概念

其缺點在於VIRE法使用線性插補演算法計算虛擬標籤的RSSI值，但線性插補法在複雜情況下並不能明確地表示數值。因RFID標籤到讀取器的距離和RSSI值之間的關係為一多項式關係，若使用恰當的多項式插補法，其定位效果將會更精確。VIRE法使用近似地圖去篩選適合的標籤加入計算，但門檻值的設定不易，可能造成選擇過多無用的標籤造成誤差提升，若能找到適合的篩選機制將會降低其誤差。有研究針對VIRE法使用線性插補法的缺點進行改善，在該研究使用的是訊號與距離的衰退公式建立虛擬標籤的訊號值(Y. Wang, Li, Qi, & Wang, 2011)。

2.2.3 小結

本節簡單介紹了具代表性的LANDMARC演算法，雖然訊號值容易得到，但常因為多路徑干擾的影響造成準確度下降，LANDMARC利用參考標籤的概念，某種程度上克服了環境的因素，然而訊號的干擾程度並不容易去預測，利用訊號差值進行計算仍存在待改善的問題，在第三章將更詳細的討論。VIRE提出的虛擬標籤概念雖然對於增加標籤密度相當有幫助，但無法有效的篩選出適合的鄰近標籤，如果能提供有效的篩選機制，將對降低誤差率有相當的幫助。室內環境的電波訊號值屬於空間環境資料，空間資料特性容易受到鄰近物件的影響，資料也會互相的依賴，也因此訊號值與距離的關係是一種複雜的多項式關係。而VIRE增加了許多的虛擬標籤，無疑的增加了空間環境資料的複雜度。因此，本研究藉由資料探勘中的群集分析方法，分析隱藏於資料中的資訊(information)與特徵(pattern)，建立一個適合的篩選機制。

2.3 群集分析(Cluster Analysis)

群集分析特性在於使同一集群內的樣本具有高度之同質性，而不同集群間之樣本則具有較高度的異質性(曾憲雄, 蔡秀滿, 蘇東興, 曾秋蓉, & 王慶堯, 2006)。再依集群分析依分類的方法，可劃分為階層式集群分析(Hierarchical cluster analysis)，代表性有最近法(又稱單一聯結法)、最遠法(又稱完全聯結法)、平均法、中心法、華德法(又稱最小變異法)。以及非階層式集群分析(Nonhierarchical cluster analysis)，代表性有K-means法。

2.3.1 二階段分群法

有研究指出如果希望得到更精確的分群結果，可以同時使用階層分群法與非階層分群法(Sharma, 1996)。第一階段便是以階層分群決定群組個數，幫助非階層分群決定其中心數，第二階段以非階層分群法，克服原本階層分群的個體不再移動的缺點，讓各群集盡量減小每個群集中每一點與分群中心 (Cluster center) 的距離平方差 (Square error)。利用階層式的華德法找出的群數當作初始值，再以非階層式的K-means方法去篩選群集，所選出的群集參考價值比個別使用還高。

1. 華德法(Ward's method)

又稱為最小變異數法(Mnimum variance method)(Ward, 1963)，為階層式群集法的一種，分群方式是先將每一個個體視為一個集群，然後將各集群依序合併，合併之順序完全視合併後集群之組內總變異數之大小而定。

假定已將具有 m 個變量的 n 個樣本分成 T 個類且 $t \in T$ ， X_{ikt} 表第 t 類第 i 個樣本之第 k 個變量， k_t 表示第 t 類樣本之個數， \bar{X}_{kt} 表示第 t 類第 k 個變量的重心，則第 t 類中樣本的離差平方和如式(1)：

$$S_t = \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{k=1}^m (X_{ikt} - \bar{X}_{kt})^2, \text{ 其中 } \bar{X}_{kt} = \frac{1}{n_t} \sum_{i=1}^{n_t} (X_{ikt}) \quad (1)$$

先使 n 個樣本自成一類，此時 $S=0$ ，然後將其中某兩類合併成一類，使 S 增加最少，這時類的數目變為 $(n-2)$ 個，隨後再合併其中兩類，使 S 增加最少，直到所有樣本都歸為一類為止。

2. K-means法

此方法必須先指定群集的數目，然後藉著反覆疊代運算，逐次降低一個誤差目標函數的值，直到目標函數不再變化，就達到分群的最後結果 (MacQueen & James, 1965)。

假設現在有一組資料，其中第 k 個群聚可以用集合 G_k 來表示，假設 G_k 包含 n_k 筆資料 $\{x_1, x_2, \dots, x_{n_k}\}$ ，此群聚中心為 \bar{x}_k ，則該群聚的平方誤差 e_k 可以定義為：

$$e_k = \sum_{i \in G_k} |x_i - \bar{x}_k|^2 \quad (2)$$

其中 x_i 是屬於第 k 群的資料點。

運算的步驟為將所有樣本點分割為 K 個原始群集，此 K 個群集重心稱為「種子點」(seed points)。重複計算某一樣本至各群集重心之距離(採用歐氏距離)，使得每個群集中的樣本與中心點的距離平方差 e_k 最小。若樣本離開群集時使得距離平方差縮小，便將該樣本至距離最近群集中。重新計算得到新樣本群集和失去該樣本群集之新重心直到各樣本不須重新指定到各群集中。

然而k-mean法分群的效果取決於起始中心點的個數，常用的決定方法有隨機挑選、找出平均值最遠的資料點、找出平均值最近的資料點或者找出距離平方和最小的資料點，但以上方法仍無法計算最佳的函數值。因此如果能夠在華德法過程中，預先計算出最佳的集群數字，將有助於之後用 K-Means 法做第二階段資料分群的工作，將所有的數據及最佳群集個數帶入以算出最終的分群結果。而在 K-Means 的過程中，決定好 K 所代表的集群數字後，直接引入最原始要規劃分群的數據去計算，第一階段華德法分群後資料的所屬群集將不納入考量，原因在於資料所屬群集也列入考慮時，容易因為群集編號，造成整體分群效能偏差，故僅採用最原始的資料去做集群分析。

2.3.2 應用群集分析的定位演算法

近年來有許多研究應用群集分析的技術於定位演算法上，如有研究應用k-means法建立篩選的機制，在特徵資料庫先篩選出追蹤標籤可能的區塊，能加速KNN法的計算，使得範圍收斂更快(L. Ma, Xu, & Wu, 2010)。或該研究以階層是群集分析的方法先進行篩選，改善KNN對所有標籤都先進行計算後才開始則鄰近解的缺點，能提升運算上的速度(J. Ma, Li, Tao, & Lu, 2008)。亦有研究認為LANDMARC可能依據環境的不同而需要選擇不同個數的鄰近參考座標進行運算(楊智超, 2006)。在該研究使用了群集分析去選擇最佳的鄰近標籤個數，並使用模擬的方式去驗證。但該研究僅用群集分析篩選適合的鄰近標籤數，且在分群時僅根據訊號差值所計算出來的權重當作依據，並且該研究使用模擬環境去驗證，但在多路徑干擾的情況下此種分群方式是否能達到效果仍需要再深入研究。

第三章 定位原理分析

在發展演算法之前，本研究做了一系列的實驗，目的在評估角度定位法、場景分析定位法與訊號基礎定位法的限制與可行性，實驗結果發現以訊號基礎的定位法在可行性上是比較高的。

3.1 實驗假設與實驗環境

本實驗目的係針對圖3.1所提到的各種定位原理進行可行性的測試，藉由實驗的方式探討各種定位原理在實際的應用上面臨到的限制與困難。本實驗挑選角度定位法與場景分析法來進行實驗的驗證，若能驗證出訊號值與角度之間的關係，或者以場景分析的方式建立特徵資料庫，皆能對定位的準確度提升有幫助。

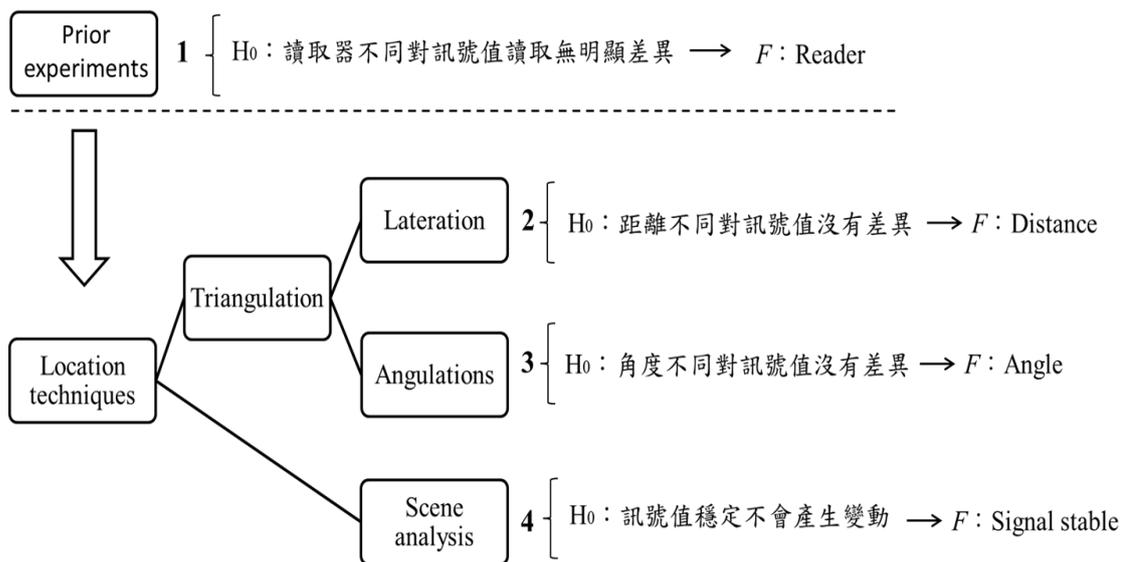


圖3.1 定位原理

實驗使用的儀器為Zigbee CC2530天線組，並以穩定的電流供應給設備，避免因電力不足導致影響實驗結果。在每次進行的實驗中共讀取5分鐘約得到300筆數據資料，為避免人為因素影響讀取到的數據，300筆資料中前、後50筆的資料將不納入考量。

本研究依序進行以下實驗並驗證其所對應的假設，為避免設備因素造成後續實驗的分析誤差，因此在其他實驗進行前，先針對設備因素進行先前實驗，並利用單因子變異數分析檢驗自變數與應變數是否有顯著差異，實驗順序如下：

1. 讀取器穩定度實驗

假設1：讀取器不同對訊號值沒有差異

2. 訊號衰退實驗

假設2：距離不同對訊號值沒有差異

3. 角度定位方法實驗

假設3：角度不同對訊號值沒有差異

4. 場景分析法實驗

假設4：訊號值穩定不會產生變動

3.2 讀取器穩定實驗

3.2.1 H_0 : 讀取器不同對訊號值沒有差異

本實驗為避免設備的不同導致分析結果上的錯誤，因此針對實驗中使用的兩個讀取器1(R1)與讀取器2(R2)分別做穩定度的測試。在固定的距離下對一標籤進行讀取，讀取時間為5分鐘。實驗結果如圖3.2，由圖3.2能看出兩個讀取器的訊號值浮動幅度不大，除一開始浮動比較明顯外，進入穩定狀態後訊號值就呈現平穩的幅度，兩讀取器所讀取到的訊號值差異也不明顯。

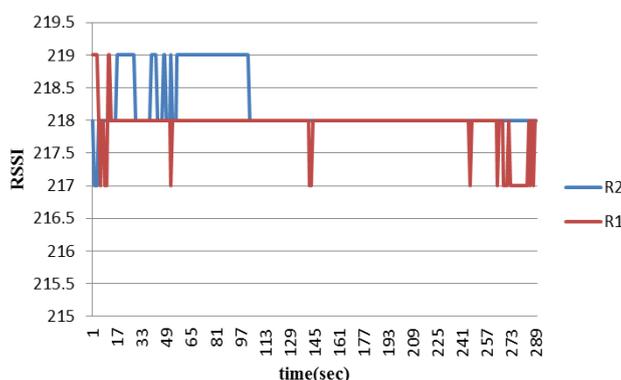


圖3.2 兩個讀取器穩定度測試

接著進行兩個讀取器間對訊號值的變異數分析，探討使用不同讀取器所讀取到的訊號值是否有明顯差異， $\alpha = 0.05$ 。實驗結果如表3.1，Between Groups為導因於自變項影響的變異，這裡的自變數為讀取器R1與R2，也就計算組間的離均差平方和，而Within Groups為導因於自變項以外的變異，也就是計算組內的離均差平方和。若要不拒絕 H_0 的假設，代表是每類別或項目間在某一特性上並無差異，即每類別樣本平均數之差別應不大，且各樣本之標準差大小差不多。

若拒絕 H_0 的假設代表各組間的平均數相差極大，且各類別的標準差很小，也就是說類別間的變異量越大時越容易拒絕 H_0 。判定是否拒絕 H_0 的依據是 P 的計算，若 P 值超過顯著水準 α ，則不拒絕 H_0 ，若低於顯著水準 α 則拒絕 H_0 。而此處變異數分析結果的 $P > 0.05$ ，因此不拒絕 H_0 的假設，代表兩個讀取器間對訊號值讀取無顯著差異，意即設備的不同對訊號值的影響並不顯著。

表3.1 讀取器間對訊號值的變異數分析表

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.600	1	.600	1.626	.207
Within Groups	21.400	58	.369		
Total	22.000	59			

3.3 訊號衰退實驗

3.3.1 H_0 : 距離不同對訊號值沒有差異

利用讀取器接收到追蹤標籤的訊號強度大小，將訊號強度代入訊號衰減模型中如式(3)，即可推算出距離(Bahl & Padmanabhan, 2000)：

$$\bar{P}(d) = \bar{P}(d_0) - 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3)$$

其中 n 為路徑損失係數，在開放空間時 $n=2$ ， d_0 為最接近的參考距離， d 為目標物與讀取器的距離， $\bar{P}(d_0)$ 為參考距離的訊號值， $\bar{P}(d)$ 為量測點的訊號值。利用至少三台讀取器對追蹤標籤所計算的出的距離，可以交會於一點，該點則為待測物的估計位置。

透過此公式可以了解到訊號值與距離之間存在著比例關係，因此本實驗想探討距離不同下對訊號值的讀取是否有明顯的差異，在此實驗的自變數不同的距離，分別為3m、6m、9m、12m與15m下進行讀取，分別使用R1與R2讀取器，同樣讀取5分鐘，測完各距離下的訊號值後取其平均數，並在未受多路徑干擾與多路徑干擾兩種情況下進行。

實驗結果如圖3 3，可以明顯的看出在未受多路徑干擾的情況下，隨著距離的增加，讀取到的訊號值慢慢的減小。

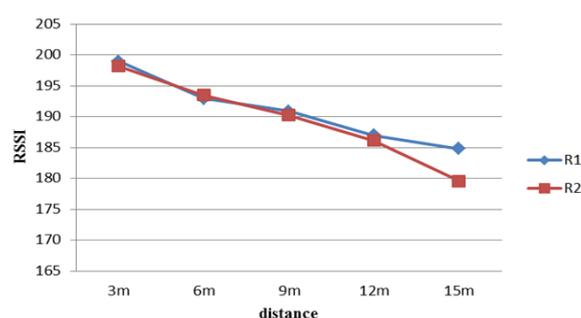


圖3 3 各距離下讀取到的訊號值(未干擾)

此結果代入公式(3)得到結果如表3.2，百分比代表推估距離下的訊號值與實際測的訊號值的誤差值，舉例來說以3m為參考距離，推估在9m下的訊號值為多少，得到結果為0.7829%，推估的訊號值與實際訊號值誤差百分比

極小，在未受多路徑干擾的情況下能符合訊號衰退公式。

表3.2 訊號衰退公式的誤差百分比

	3m	6m	9m	12m
3m		0.0000%	0.7829%	0.0214%
6m	0.0000%		0.0000%	0.0000%
9m	0.7829%	0.0000%		0.7986%
12m	0.0214%	0.0000%	0.7986%	

但若在多路徑干擾的情形下，所得到的訊號值不再呈現穩定狀態如圖3.4，最明顯的狀況是相同訊號值卻出現在不同的距離，若以此情況將訊號值代入訊號衰退公式，得到的結果如，雖然誤差的百分比不大，但與未被干擾的情況下相差了10倍以上，因此若以訊號衰退公式在多路徑干擾情況下將不再適用。

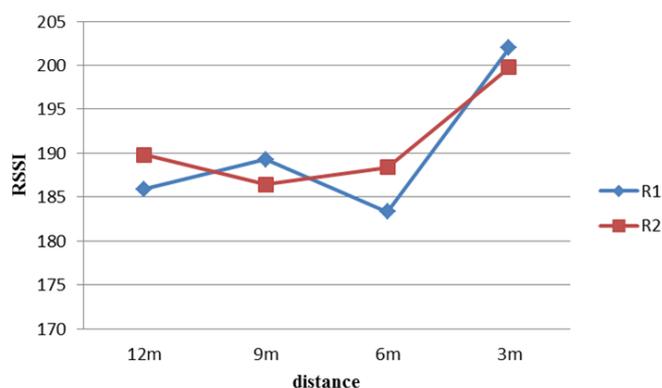


圖3.4 各距離下讀取到的訊號值(干擾)

表3.3 訊號衰退公式的誤差百分比(干擾)

	3m	6m	9m	12m
3m		6.9159%	1.6837%	2.1868%
6m	6.9159%		6.5871%	6.6181%
9m	1.6837%	6.5871%		5.2906%
12m	2.1868%	6.6181%	5.2906%	

同樣的本實驗針對距離與訊號值的關係進行變異數分析，探討在不同距離下對訊號值是否有影響。實驗結果如表3.4，Between Groups為導因於自變項影響的變異，這裡的自變數為不同的距離3m、6m、9m、12m與15m間的變異， $P < 0.05$ ，故拒絕 H_0 的假設，代表在不同距離下對訊號值的讀取有顯著的差異。

表3.4 不同距離對訊號值的變異數分析

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1523.661	4	380.915	97.225	.000
Within Groups	274.251	70	3.918		
Total	1797.912	74			

因此傳統以訊號衰退公式去推估待測物的距離，若有三個讀取其便能計算出三個距離所畫成的圓，三個圓交於一點便是待測物的位置。但若在多路徑干擾的情況，計算出的距離產生誤差時，導致定位的誤差變大如圖3.5。

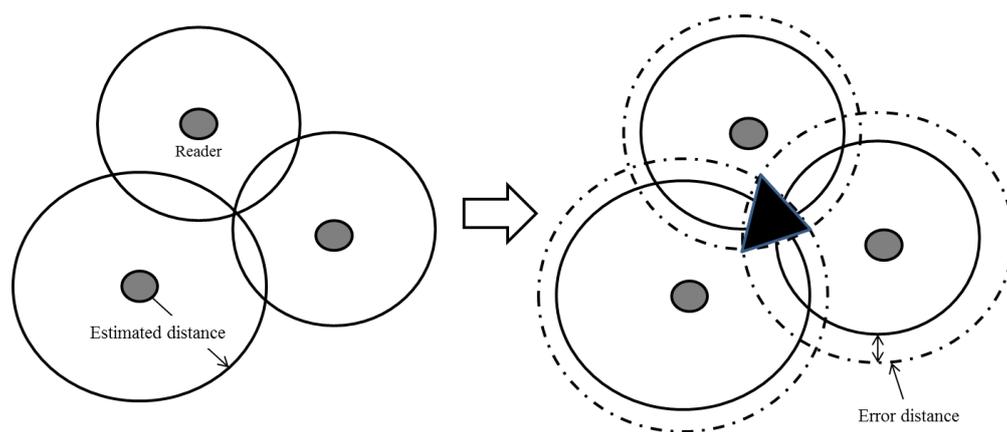


圖3.5 多路徑干擾導致定位誤差變大

3.4 角度定位方法實驗

3.4.1 H_0 : 角度不同對訊號值沒有差異

目前常使用相位差的方法計算出角度其概念如圖3.6， D 為待測物到天線的距離， d 為兩個天線間的距離，在 $D \gg d$ 的情況下 $\theta_1 = \theta_2$ (Brida, Machaj, Benikovsky, & Duha, 2010)。

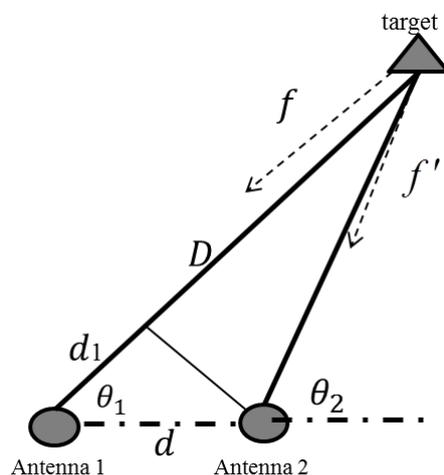


圖3.6 利用相位差推估角度

此時待測物與天線間的角度 θ 能透過公式(4)求出，其中 $\Delta\varphi$ 為訊號的相位差， $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ λ 為波長， d 為兩天線間的距離。

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{d_1}{d}\right) = \cos^{-1}\left(\frac{\Delta\varphi}{2\pi f n} * \frac{c}{d}\right) \quad (4)$$

其計算的概念是在 $D \gg d$ 的時候，電波訊號由待測物發出到兩個天線間的距離原則是相同的，但實際上卻相差了 d_1 的距離，因此 d_1 的關係便能以公式(5)表示：

$$d_1 = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} * \lambda \quad (5)$$

相位差的關係如圖3.7所示，兩個天線接收到電波訊號時，兩個波形應該是重疊的，但實際上略有差異，這個差異就是相位差。

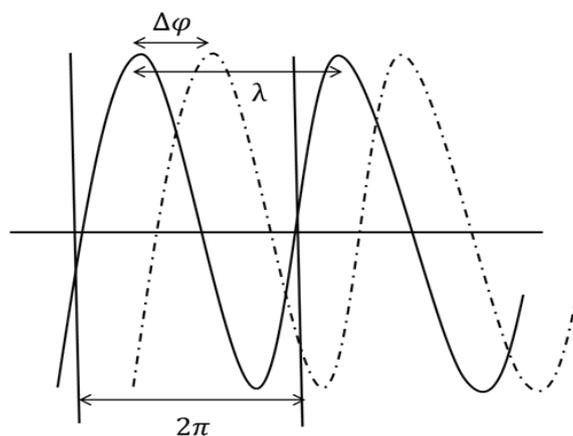


圖3.7 相位差示意圖

相位差與訊號之間的關係，能透過公式(6)的推導求出，其中 f 為讀取器1收到的訊號值， f' 為讀取器2收到的訊號值。

$$\begin{aligned}
 f' &= A \cos(\omega t + \varphi) \\
 &= A [\cos \omega t \cos \varphi + \sin \omega t \sin \varphi] \\
 &= A \cos \omega t \cos \varphi \\
 &= f \cos \varphi \\
 &\Rightarrow \cos \varphi = \frac{f'}{f} \\
 &\Rightarrow \varphi = \cos^{-1}\left(\frac{f'}{f}\right)
 \end{aligned} \tag{6}$$

由公式(6)的推導後，可以看出訊號值與角度是有關係存在的，因此本實驗想要探討的是當角度的不同對於訊號值是否有明顯的差異。

在剛開始的實驗，分別進行3公尺、6公尺、9公尺與12公尺的實驗，在每個相同距離下，測得15度、30度、45度、60度與75度的訊號值如圖3.8，例如在3公尺距離、15度角並使用R1讀取器為一次的實驗，讀取300筆數據後結束該次實驗。

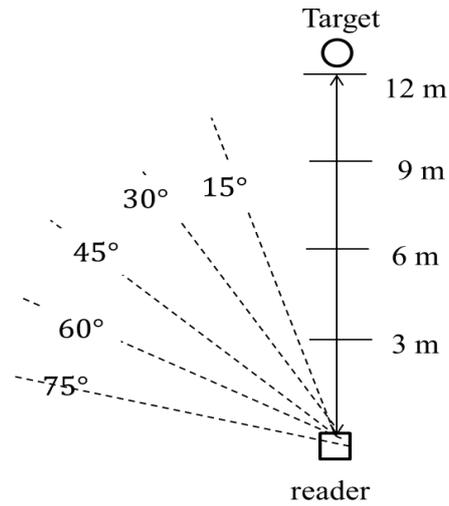


圖3.8 角度定位法實驗概念圖

實驗測得四種固定距離下各角度訊號值的實驗結果如圖3.9。在實驗前預期角度與訊號值可能存在正比或反比關係，但由圖3.9可以看出不論在何種距離下，隨著角度的改變，訊號值並沒有直線上升、直線下降或者呈現規律的波動。

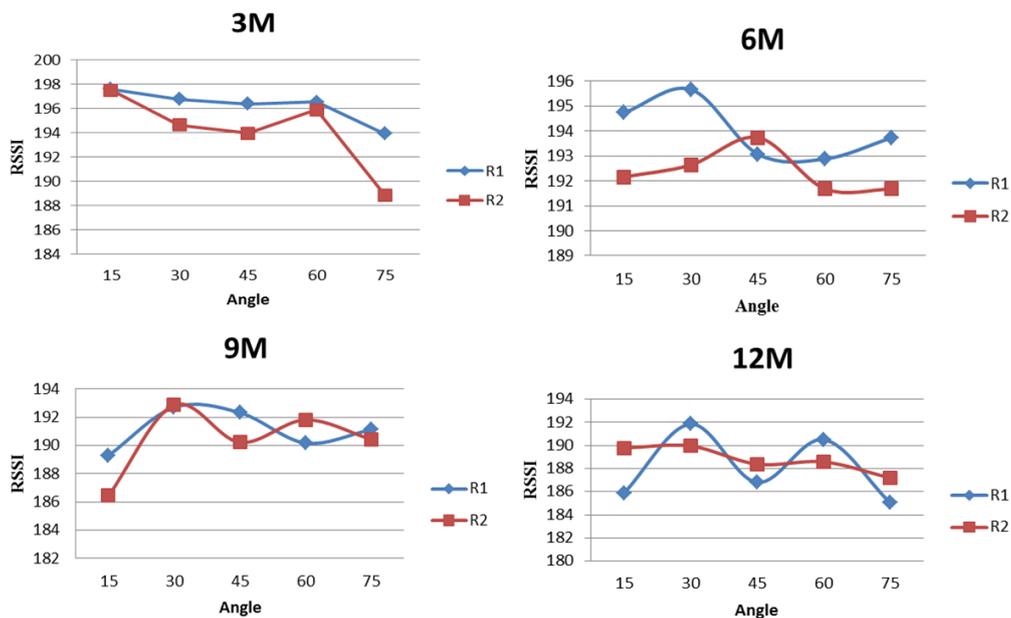


圖3.9 固定距離下各角度之訊號值

而在圖3.9中在3m的時候兩個讀取器所呈現的趨勢是較接近的，因此再針對各距離的資料做敘述性統計如表3.5發現，在3m的時候標準差較其他距

離為低，表示接收的訊號較其他距離穩定，干擾的情況較小，因此為避免距離的因素對結果產生影響，以3m距離下做延伸實驗。

表3.5 各距離的平均值與標準差

Distance	N	Mean	Std.	
			Deviation	Std.error
3.00	15	198.5539	1.28281	.33122
6.00	15	190.5248	2.99384	.77301
9.00	15	190.7902	1.72257	.44477
12.00	15	188.2761	2.36725	.61122
Total	60	192.0362	4.46330	.57621

由於實驗希望找到訊號值與角度之間的關係，以3m的距離進行實驗，並將左邊與右邊各有15度、30度、45度、60度與75度的角度進行訊號值測試三次，實驗結果如圖3.10。由圖3.10可以看出R1與R2讀取器的趨勢是相近的，代表設備間的誤差影響並不大，而所得到的趨勢也是能被接受的。由三次實驗可以看出隨著角度的改變，訊號值呈現不規則的浮動，而在角度不同的時候出現訊號值相同的情況，如果要以訊號值推算角度的話，此種情況將導致誤差，由此實驗結果可以看出訊號值與角度並沒有關係存在。

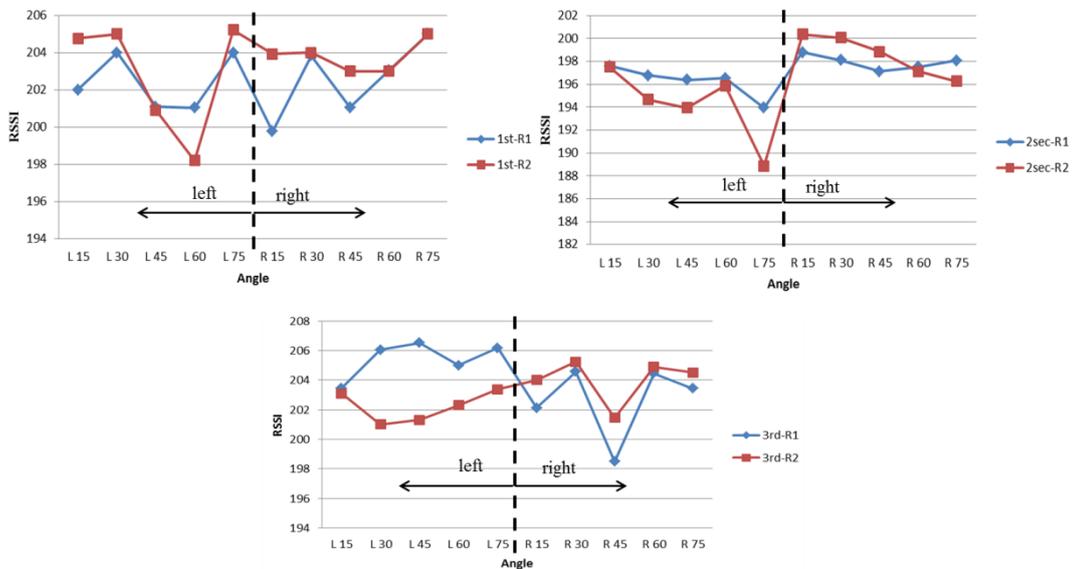


圖3.10 3公尺下的訊號值與角度

同樣的將角度與訊號值的關係做變異數分析，探討角度的變化對訊號值的影響是否為顯著， $\alpha = 0.05$ 。實驗結果如表3.6， $P > 0.05$ ，不拒絕 H_0 的假設，代表角度的變化與訊號值無顯著差異。由實驗結果得知，若要利用訊號值的趨勢或關係計算出角度是有困難的。

表3.6 角度不同對訊號值的變異數分析表

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51.419	4	12.855	.629	.644
Within Groups	1123.925	55	20.435		
Total	1175.344	59			

3.5 場景分析法實驗

使用場景分析法時需要建立特徵資料庫，將環境中每一個位置的訊號值與座標紀錄並存於資料庫中，因此在建立這組資料的時候，訊號值必須要穩定，否則建構的資料庫將失去其參考價值。

3.5.1 H₀: 訊號值穩定不會產生變動

本實驗在屏蔽室(shielding room)、室外(outdoor)與室內(indoor)三種環境下，分別進行訊號值讀取的測試。每種環境皆固定讀取距離為3m，實驗結果如圖3.11。由圖3.11可以看出在屏蔽室的讀取訊號值較為穩定，而在室內的時候可以很明顯的看出訊號值極度的不穩定，浮動頻率非常的大，且訊號值幅度的範圍也是三種環境裡面最大的。而在室外環境較室內穩定，雖偶爾會有浮動的情況，但浮動的範圍是可以接受的。

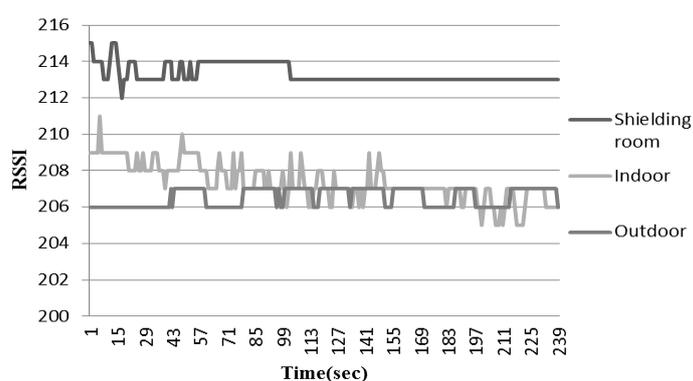


圖3.11 三種環境因子下的訊號值

因此實驗以Zigbee針對戶外開放的空地上進行，以3m為距離設置標籤作穩定讀取，共進行三次實驗。實驗結果如圖3.12。實驗結果可看出，在每次讀取時訊號直接會產生浮動的情況，且浮動的範圍相當的大，無論在第幾次的實驗也都是同樣的狀況，如果要建立穩定的特徵資料庫的話，由目前的實驗結果看起來是不可行的。

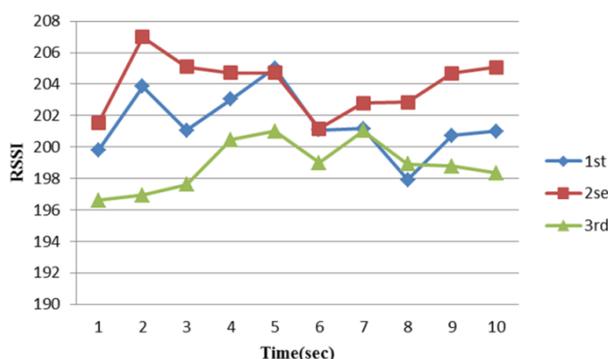


圖3.12 固定標籤的穩定讀取

為排除設備因素所造成的誤差，在相同距離下架設第二個讀取器進行測試，同樣的進行三次穩定的讀取實驗，實驗結果如圖3.13。由結果可以看出，第二個讀取器同樣的也有浮動的現象，且在相同的距離下兩個讀取器的訊號值應該是接近的或者隨著時間推移的浮動情況為相近的，但實驗結果卻無法驗證此情況，因此不接受此假設。

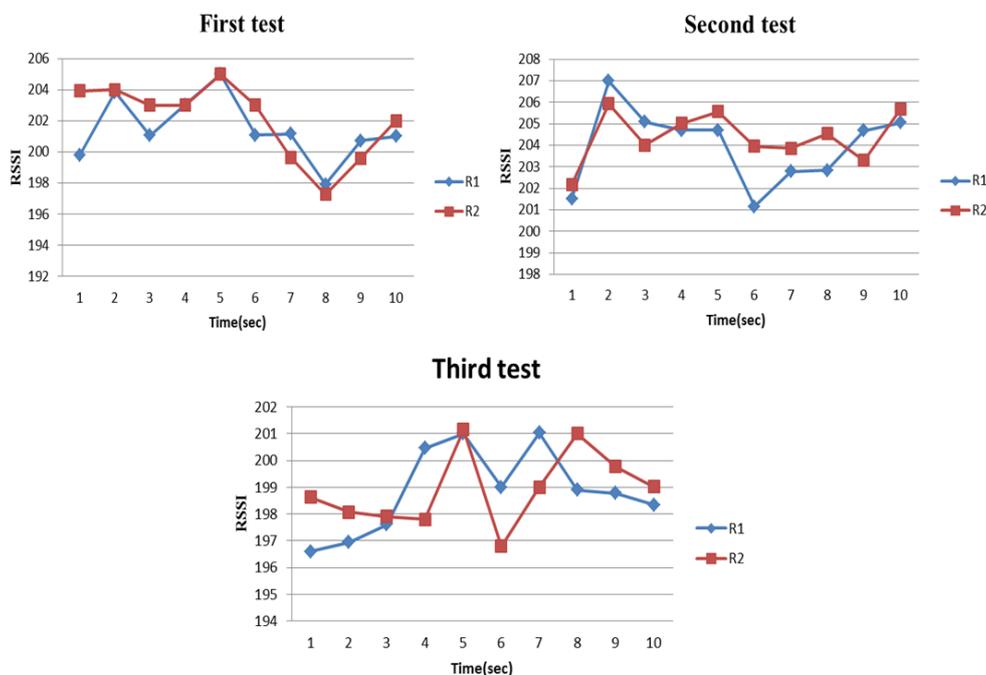


圖3.13 加入第二個讀取器比較

同樣的進行對訊號值穩定度做變異數分析， $\alpha = 0.05$ 。實驗結果如表3.7， $P < 0.05$ ，否定 H_0 的假設，代表訊號值並不穩定。

表3.7 訊號值穩定度變異數分析

ANOVA					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	129.507	2	64.753	19.526	.000
Within Groups	89.540	27	3.316		
Total	219.047	29			

在本次的實驗結果來推論，排除了設備因素的影響，在相同距離與穩定的狀態下，標籤訊號值會產生浮動，而這浮動的情況將影響到特徵資料庫的建立，目前僅使用一個單獨的標籤進行測試，若擴展至多個標籤，互相干擾的情況將變得嚴重，訊號特徵資料庫建立更為困難。且建立特徵資料庫的前置作業是相當耗費時間的，若環境中有些微的變動，特徵資料庫便需要重新的建立。考量到實驗的結果與特徵資料庫本身的缺點，以訊號特徵資料庫的定位方法是不適合使用的。

3.6 實驗綜合討論

本節綜合以上的實驗結果，整理各自變數的變異數分析檢定結果如表 3.8。經由實驗結果，在大部分情況下訊號值受到多路徑干擾的影響，例如訊號值與角度並無呈現比例關係，也出現不同角度卻有相同訊號值的狀況，若想透過訊號值的運算找出角度是有困難。而若想要建立訊號特徵資料庫，除了避免環境時常變動外，若標籤的訊號值呈現不穩定的變動，對於資料庫的建立將變得困難。因此，使用角度定位法與特徵訊號定位法無法有效地反映出動態環境所造成的影響。

在使用 AOA 與場景分析有其困難與限制的情況下，以訊號強度為基礎的方法可依照演算法的改善，對於提升定位準確度有較大的進步空間。許多以訊號值為基礎的演算法，便針對此一在多路徑干擾下缺點，利用環境中佈置的已知參考標籤，計算訊號之間的相對差值，對這種動態的環境有著一定的適應性，加上運算上節省時間與佈置成本較低，以訊號為基礎的演算法逐漸成為廣泛應用的方法。

表3.8 各自變數變異數分析檢定結果

自變數	類別	個數	P 值	假設 H0	結果
讀取器	R1	30	P>0.05	H0：讀取器不同對訊號值沒有差異	不拒絕
	R2	30			
距離	3m	15	P<0.05	H0 距離不同對訊號值沒有差異	拒絕
	6m	15			
	9m	15			
	12m	15			
	15m	15			
角度	15度	12	P>0.05	H0：角度不同對訊號值沒有差異	不拒絕
	30度	12			
	45度	12			
	60度	12			
	75度	12			
穩定	1st	10	P<0.05	H0：訊號值穩定不會產生變動	拒絕
	2se	10			
	3rd	10			

3.7 以訊號為基礎的演算法

以訊號為基礎的演算法，常被應用的有LANDMARC法，本研究亦針對此方法以及該方法的延伸研究進行實驗，以下為在實驗過程中的發現與討論。LANDMARC的概念為利用已知座標參考標籤之訊號值 $\bar{\theta}$ ，與追蹤標籤的訊號值 \bar{S} ，計算其相對訊號差 E_j 如式(7)，訊號差越接近的代表兩者之間越接近，因此，在理想狀況下便能依據 E_j 大小LANDMARC能找到最4個最近鄰的參考標籤協助計算如圖3.14，此時所估算的追蹤標籤座標的誤差最小。

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\theta_i - S_i)^2} \quad (7)$$

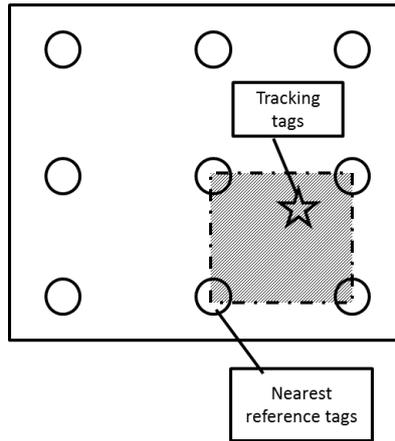


圖3.14 理想況下的選取範圍

在這種假設情況下，當訊號值因干擾而產生誤差時會影響估測的準確度，導致估測的範圍會大幅度的偏移，在此情況下做運算得到的準確度大幅下降。被選擇出來的四個鄰近參考標籤並無一個有效的標準去判定是否為最佳的參考標籤，因此出現參考標籤過遠卻仍被選入進行計算的情況如圖3.15。

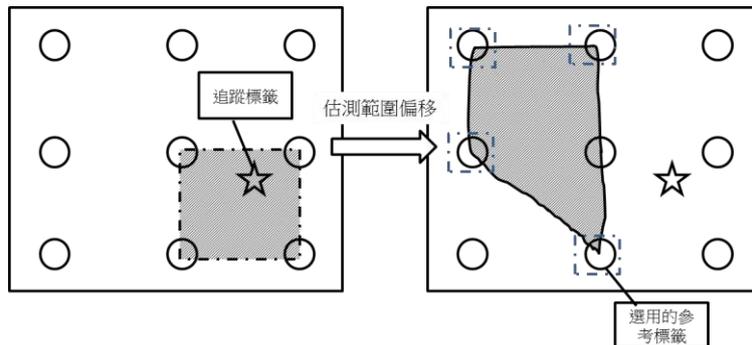


圖3.15 估測範圍偏移

VIRE法利用虛擬標籤的概念，將實際的參考標籤間切出了 $n*n$ 的虛擬標籤區域，因此各讀取器便會建立起一個虛擬的訊號地圖，接著以訊號差值設為門檻(threshold)進行第一步的篩選，各自的訊號地圖便會有訊號熱點的出現，比對各讀取器的訊號地圖能對這些訊號熱點取交集，交集結果便為追蹤標籤的可能區域，而根據LANDMARC的訊號差值假設下，可以找到一組範圍更小的參考標籤區域如圖3.16，進而縮小估測上的誤差。雖然能建立密度更高的感測區域，但在鄰近標籤的篩選上也是依照訊號差值為基礎，也將面臨到估測範圍偏移的情況。

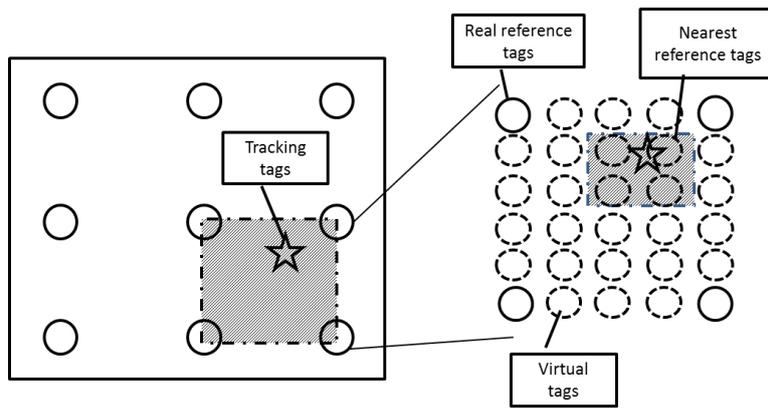


圖3.16 理想狀況下的VIRE法

對於 VIRE 演算法來說，最大的缺點在於其使用近似地圖的概念，並依據訊號差值設立門檻值，但門檻值設得太高將會選入一堆無用的標籤，設太低又無法找到熱點。而此缺點在訊號受到干擾的情況下更是明顯，如圖 3.17 為 VIRE 近似地圖取交集的過程，每個地圖的訊號差值在門檻值內的畫便標示為黃色，因此近似地圖便要取四個讀取器所維護的地圖交集，但很明顯每個地圖的熱點彼此錯開，理想狀況下應該是要取四個讀取器的交集才能認為該點是有效且可信度較高的，而在圖的情況下，即便退而使用三個讀取器的交集亦無法取出有效的交集。

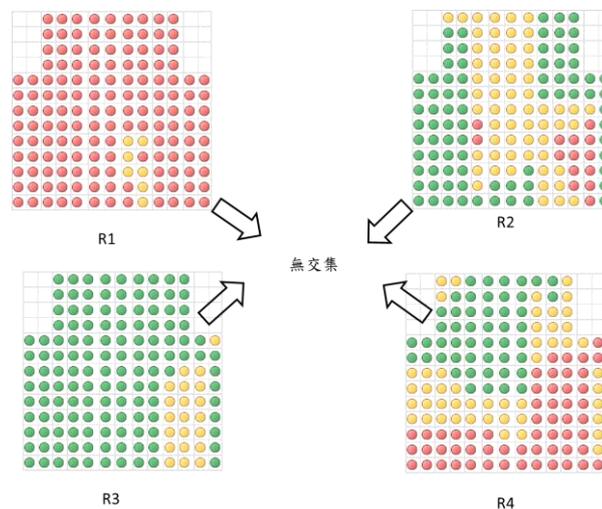


圖3.17 近似地圖無交集

另外一個影響 VIRE 的準確度的為虛擬標籤的個數，在本次實驗中的個數設為 $n=3$ ，調整 n 可能會使 VIRE 演算法的準確度提升，但在本次實驗中發現，在這種被干擾的情況下即使讓 n 變得更多也無助於準確度的提升，

因為門檻值必須隨之調整，最後的結果也會產生無交集的情況。

同樣的，該研究(楊智超, 2006)使用群集分析進行最佳鄰近個數的決定，在分群的依據上是以訊號差值作為判斷，在此種情況下的分群結果並不佳。原因在於利用訊號差值容易造成潛在規則影響分群的狀況，在選擇上仍是以訊號差值較小的為鄰近標籤，在訊號值已經受到干擾的情況下，同樣的也會造成估測範圍偏移的情況。

本研究推測可能的原因為：僅透過訊號差值小的標籤計算，被選中的標籤並無法去有效篩選是否合理，在干擾的情況下可能會選擇到過遠的標籤計算，也因此導致嚴重誤差。

第四章 研究方法

4.1 二階段定位演算法概念

本研究提出二階段定位演算法，共分為虛擬網路拓樸建立與二階段分群的篩選機制兩個部分，演算法的架構如圖4.1。

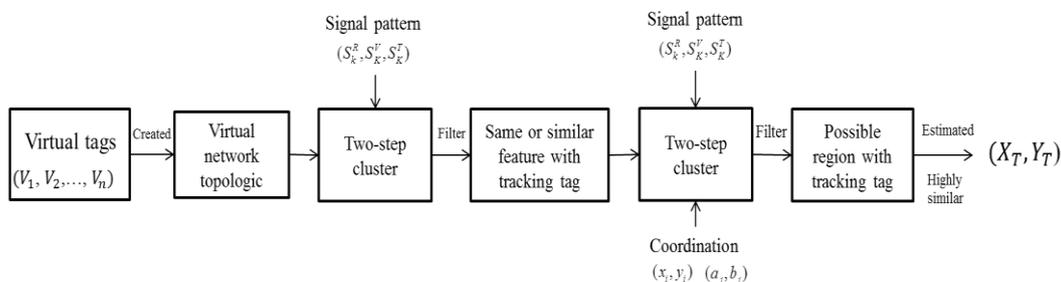


圖4.1 二階段定位演算法架構

首先利用虛擬標籤建立起虛擬網路拓樸，虛擬標籤除了能有效降低建置成本外，在不同環境下能彈性的調整佈置範圍與密度，在更多的參考標籤的協助運算下能提升定位的準確度。環境中標籤密度取決於虛擬標籤的設定，因此每個讀取器皆能建立起自己的虛擬網路拓樸。拓樸內所有的標籤包含了虛擬標籤與實際標籤皆有互相依賴與影響的關係，下一個步驟便是建立適合的篩選機制篩選出追蹤標籤可能的範圍。

利用二階段群集分析的群集間高度相似性的關係，能夠找出與追蹤標籤高相似度的參考標籤，這一群標籤極有可能鄰近追蹤標籤或者包圍著追蹤標籤。在篩選過程中共進行兩次的群集分析，第一次的時候在屬性上使用了標籤的訊號特徵來進行分群，本研究認為在分群的依據上應選擇與追蹤標籤位於同群集的標籤組，該群集與追蹤標籤的訊號特徵具有相同或相似的特性。

並將該群集投入第二次的群集分析，在第二次篩選的時候加入標籤的位置資訊，篩選出來的群集為除了有訊號特徵的高相似性外，加上位置資訊能歸納出追蹤標籤可能的區塊，以此群集便能計算出追蹤標籤的估測座標。

4.2 虛擬網路拓樸

虛擬標籤是以虛擬的方式在環境中佈置更多的參考標籤，一來可以增加感測環境的標籤密度提升準確度，且能避免增加實際標籤而互相引起的

干擾。相較於同密度的實際標籤，將能節省大量的成本。本研究延伸虛擬標籤的優點，建立起虛擬網路拓樸。

在感測環境中佈置 K 個讀取器與 n 個參考標籤，每個參考標籤已知座標 $R(x_i, y_i)$ ，且 $i=1,2,\dots,n$ ；對於第 K 台讀取器而言，可以讀取到參考標籤(R)的訊號強度值為 S_K^R 能以矩陣表示為(8)，再定義追蹤標籤(T)在第 K 台讀取器讀取到的訊號強度值為 S_K^T 表示如式(9)

$$S_K^R = \begin{bmatrix} S_1(R_{x_1, y_1}) & S_2(R_{x_1, y_1}) & \cdots & S_k(R_{x_1, y_1}) \\ S_1(R_{x_2, y_2}) & \ddots & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ S_1(R_{x_n, y_n}) & \cdots & \cdots & S_k(R_{x_n, y_n}) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$S_K^T = (S_1(T), S_2(T), \dots, S_k(T)) \quad (9)$$

將四個實際參考標籤的區域切割成 $m*m$ 個區塊，而每兩個實際參考標籤之間，會有 $m-1$ 個虛擬標籤，在實際標籤間的虛擬標籤數達到 $((m+1)^2-4)$ 個如圖4.2。

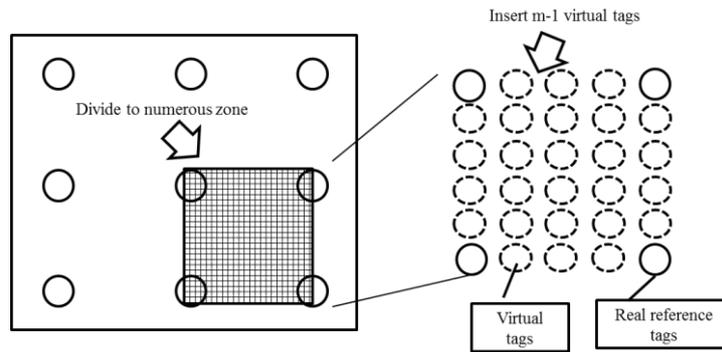


圖4.2 虛擬網路拓樸

虛擬標籤的訊號強度值以 S_K^V 表示，經由式(10)的計算能得到虛擬標籤的座標值

$$a_j = X_{Ri} + \frac{X_{Ri} - X_{Ri+1}}{m-1}, b_j = Y_{Ri} + \frac{Y_{Ri} - Y_{Ri+1}}{m-1} \quad (10)$$

虛擬標籤的座標表示為 $V(a_j, b_j)$ ，且 $j=1,2,\dots,m$ 。在座標 $V(a_j, b_j)$ 上的虛擬標籤透過線性插補法如公式(8)求得其訊號強度值，同樣地也能得到虛擬標籤的訊號矩陣如式(9)：

$$S_k^V = S_k(V_{a_j, b_j}) + \frac{S_k(R_{x_i, y_i}) - S_k(R_{x_{i+1}, y_{i+1}})}{m-1} \quad (11)$$

$$S_K^V = \begin{bmatrix} S_1(V_{a_1, b_1}) & S_2(V_{a_1, b_1}) & \cdots & S_k(V_{a_1, b_1}) \\ S_1(V_{a_1, b_1}) & \ddots & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ S_1(V_{a_m, b_m}) & \cdots & \cdots & S_k(V_{a_m, b_m}) \end{bmatrix} \quad (12)$$

如此一來每個讀取器便擁有自己的虛擬網路拓撲，網路拓撲的密度取決於虛擬標籤個數 m ，在如此龐大的網路拓撲下，需要建立一個有效的篩選機制，選出可能的鄰近標籤。

4.3 二階段分群法

二階段分群法能有效的將大量的資料依照相同或接近的特性分類為一群，因此在特徵辨識上扮演著重要的角色。依據上一步驟建立出的虛擬網路拓撲，在拓撲內的標籤其訊號值強度與位置資訊存在著關聯性，且標籤間彼此會互相的影響。

因此使用標籤訊號特徵(signal pattern)屬性進行群集分析，取代以往使用訊號差值作為篩選的依據。二階段分群法的步驟如下：

- Step 1: 依據華德法分群結果決定群集數 C
- Step 2: 隨機選取 C 個標籤的訊號值做為 C 群集的中心點
- Step 3: 根據每個群集與其他標籤的最近距離分配標籤進入該群集
- Step 4: 將群集內所有標籤訊號值平均後做為新的中心點
- Step 5: 重覆step3~4，一直到每個群集的中心點不再變動，
- Step 6: 輸出 C 群集結果

分群的結果將挑選包含追蹤標籤在內的群集如式(13)，例如追蹤標籤在群集3裡，則該群集內的標籤與追蹤標籤具有高度相似性。

$$\begin{array}{c}
\left[\begin{array}{cccc}
\text{Real Tags} & S_1(R_{X_1, Y_1}) & \dots & S_k(R_{X_1, Y_1}) \\
& \vdots & \ddots & \vdots \\
& S_1(R_{X_m, Y_m}) & \dots & S_k(R_{X_m, Y_m}) \\
\text{Virtual Tags} & S_1(V_{a_1, b_1}) & \dots & S_k(V_{a_1, b_1}) \\
& \vdots & \ddots & \vdots \\
& S_1(V_{a_m, b_m}) & \dots & S_k(V_{a_m, b_m}) \\
\text{Tracking Tags} & S_1(T) & \dots & S_k(T)
\end{array} \right] \Rightarrow \\
\left[\begin{array}{cccc}
S_1(R_{X_1, Y_1}) & \dots & S_k(R_{X_1, Y_1}) & \text{cluster1} \\
\vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
S_1(R_{X_n, Y_n}) & \dots & S_k(R_{X_n, Y_n}) & \text{cluster2} \\
S_1(V_{a_1, b_1}) & \dots & S_k(V_{a_1, b_1}) & \text{cluster1} \\
\vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\
S_1(V_{a_1, b_1}) & \dots & S_k(V_{a_m, b_m}) & \text{cluster3} \\
S_1(T) & \dots & S_k(T) & \text{cluster3}
\end{array} \right] \quad (13)
\end{array}$$

包含追蹤標籤在內的群集，準備進入第二階段的篩選，此次分群加入座標資訊作為屬性，再投入二階段群集分析進行運算，分群結果將選擇群集個數最大的，該群集將被判斷為追蹤標籤的可能區域。

$$\left[\begin{array}{ccc}
\overbrace{S_1(R_{X_i, Y_i}) \dots S_k(R_{X_i, Y_i})}^{\text{Signal}} & \overbrace{X_i \ Y_i}^{\text{Coordinate}} \\
\vdots & \vdots \\
S_1(V_{a_j, b_j}) \dots S_k(V_{a_j, b_j}) & a_j \ b_j \\
\vdots & \vdots
\end{array} \right] \quad (14)$$

所篩選出來的群集代表與追蹤標籤具有訊號特徵與距離上的高度相似性，因此以此群集進行下一步的運算，透過公式(15)計算群集內的標籤與追蹤標籤的訊號差值，訊號差值較小的透過公式(16)給予較高的權重。

$$E_{(a_j, b_j)} = \sqrt{\sum_1^k (S_k(V_{a_j, b_j}) - T_k)^2} \quad (15)$$

$$W_{(a_j, b_j)} = \frac{1}{\sum_1^k \frac{1}{E_{(a_j, b_j)}^2}} \quad (16)$$

計算出每個標籤的權重後，藉由公式(17)便能計算估測的追蹤標籤座標 (X_T, Y_T)

$$(X_T, Y_T) = \sum_1^k w_{(a_i, b_i)} * (a, b) \quad (17)$$

4.4 小結

在一個被多路徑干擾影響的環境中，以訊號差值進行精準的定位是一項困難的任務。LANDMARC 採取了佈置參考標籤的概念，利用訊號差值克服了部分的環境影響，然而無法建立有效的篩選機制使得鄰近解的選擇產生了誤差。在多路徑干擾無法避免的情況下，本研究提出了以虛擬標籤結合群集分析的方法，結合虛擬標籤彈性佈置與低成本的優點，以及利用群集分析群集內高度相關的特性建立篩選機制，以訊號特徵與距離為基礎，篩選出與追蹤標籤高度相關的群集，降低多路徑干擾的影響。

第五章 實驗與驗證

5.1 實驗環境

本次實驗於一個開放空間(free space)下進行，感測範圍共15公尺 * 15公尺如圖5.1，共架設14個參考標籤，間隔4.7公尺以及4個讀取器佈置於感測範圍中，在虛擬標籤的設定為3個，意即在2個真實標籤中有3個虛擬標籤，演算法的參數設定如表5.1。共進行兩種不同情境實驗，分別為感測環境中無其他人員走動 (T1)與感測環境中有人員走動(T2)兩種情境。

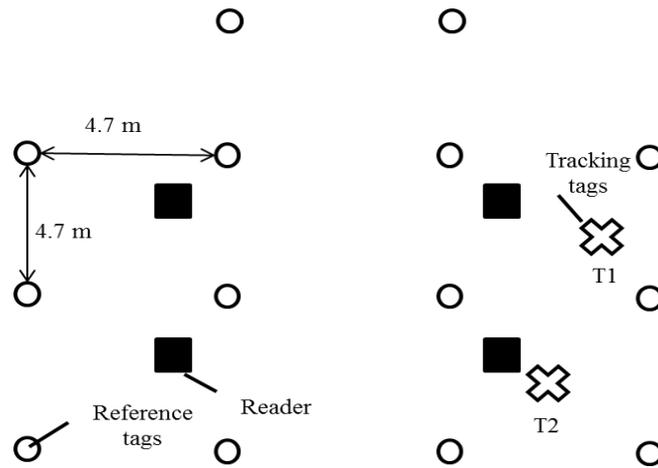


圖5.1 實驗環境

表5.1 情境說明

	Tracking tags	Context
Scenario 1	T1	Lower multi-path affected without people
Scenario 2	T2	Highly multi-path affected with people

表5.2 各演算法參數

	讀取器個數(K)	虛擬標籤(m)	參考標籤個數(n)
LANADMARC	4	0	14
VIRE	4	3	153
Two-step localization	4	3	153

以LANDMARC、VIRE與本研究的二階段定位演算法進行追蹤標籤的

估測，演算法的績效將以式(15)計算實際追蹤標籤座標與估計座標的距離差。

$$e = \sqrt{(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2} \quad (15)$$

5.2 實驗結果分析

在情境1時隨機取出5次訊號值計算結果以誤差距離表示如表5.1，從圖5.2可以明顯看出本研究所提的二階段定位演算法的估測結果較其他兩種演算法來得優異，最佳的情況下二階段定位演算法誤差距離在1公尺內，最差的情況也在4公尺內，較LANDMARC與VIRE表現來得突出。

表5.3 情境1各演算法誤差距離(公尺)

Scenario 1						Average error distance
Algorithm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	
LANDMARC	2.71	5.33	4.84	5.87	1.06	3.97
VIRE	5.14	7.82	4.90	11.70	5.74	7.07
Two-step localization	1.76	2.35	2.32	3.29	0.80	2.11

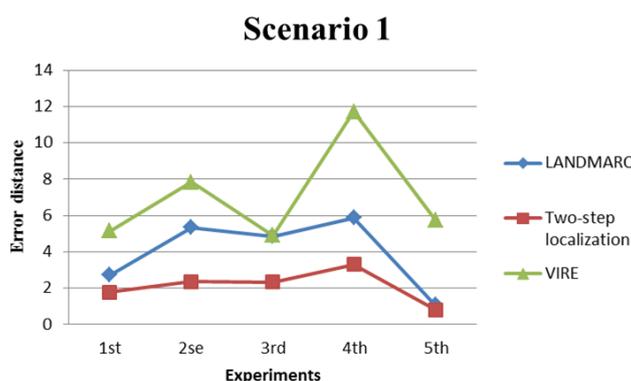


圖5.2 情境1誤差距離圖

在情境2的情況下，由於感測環境中有人員走動導致受干擾的情況變的嚴重，導致三種演算法的誤差距離明顯的上升如表5.4，但二階段定位演算法整體表現仍優於其他兩個演算法如圖5.3，VIRE法僅在第2次實驗時較其他驗算法好，但在第4次與第5次實驗時，在近似地圖篩選的時候出現空集

合的情況，因此沒辦法計算其追蹤標籤位置，若以worst case與整體平均來看的話，VIRE法仍是三種演算法中表現最不理想的。

表5.4 情境2各演算法誤差距離(公尺)

Algorithm	Scenario 2					Average error distance
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	
LANDMARC	8.29	6.42	8.04	7.43	3.49	6.74
VIRE	10.49	1.15	9.06	false	false	6.91
Two-step localization	7.74	4.12	6.19	6.74	2.31	5.42

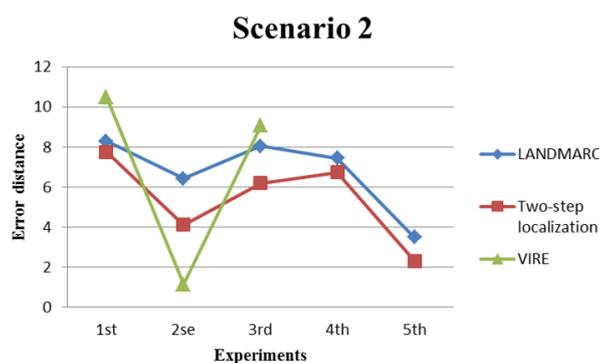


圖5.3 情境2誤差距離圖

在兩種情境下二階段定位演算法皆得到較好的結果如圖5.4，在情境一的時候二階段定位演算法的平均誤差為2.104公尺較LANDMARC的3.962公尺與VIRE的7.06公尺來的好。情境二的時候，受到干擾的影響，整體的誤差距離皆提升，而二階段定位演算法平均誤差距離5.42公尺比LANDMARC的6.734公尺與VIRE的6.9公尺來的好。三種定位演算法之誤差累積機率圖如圖5.5，在同樣的誤差距離下擁有較高的累積機率時，代表該演算法的績效越好。若以3公尺的誤差距離來看，二階段定位演算法的累積機率為50%較其他兩種演算法高，代表量測的次數下有50%的機率誤差距離會在3公尺以內，而LANDMARC則有20%的機率誤差距離在3公尺以內，VIRE則為0%，意即誤差距離皆超過3公尺以上。

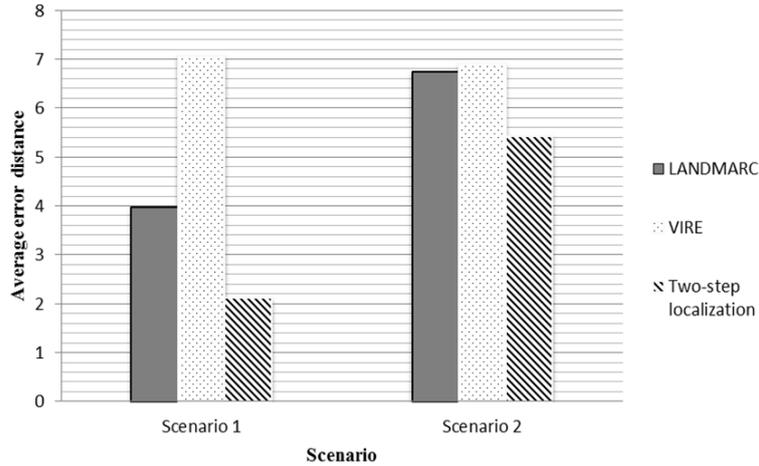


圖5.4 各情境與演算法的誤差距離

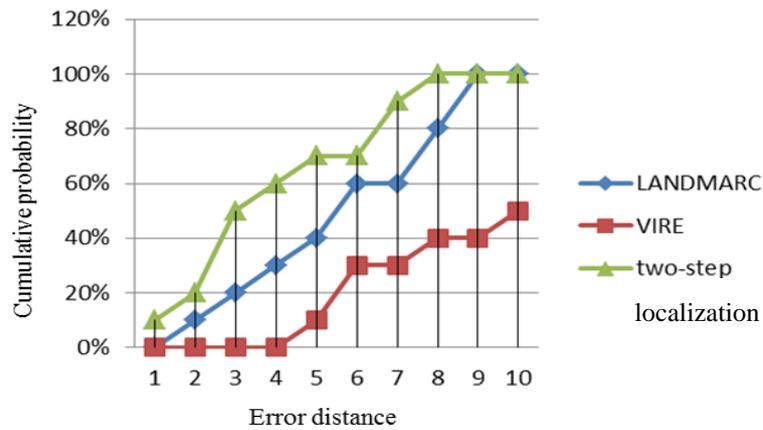


圖5.5 誤差距離累積機率圖

5.3 實驗結論

對於LANDMARC與VIRE演算法在干擾情況下無法提升估測準確度，本研究所提出的二階段定位演算法克服了以上的問題，以二階段分群法選出的群集與追蹤標籤具有訊號特徵與距離資訊上的高相似性，該群集可能為追蹤標籤所在的範圍。二階段定位演算法考量了空間資料互相影響的關係，比以往僅使用訊號差值來篩選的鄰近解的結果較好。

第六章 案例探討

6.1 緒論

近年來，醫療服務品質中的「病患安全」為當今極被重視的議題，目前各大醫療院所除以一般管理作為來達到病患安全目標外，也嘗試希望運用無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification；RFID)、無線網路(Wireless Local Area Network；WLAN)、藍芽(Bluetooth)及Zigbee等技術建立無線感測網路來防止人為疏失，減少可能發生的醫療安全問題，因此，醫療院所的多元化經營及照護業者加入網路通訊技術建立照護平台將可幫忙減輕病患照護的負擔(Anderson, 2007; Prado, Reina, & Roa, 2002)。

現今常使用低成本、低耗電量及應用範圍廣泛的ZigBee應用於醫療環境無線感測網路，除了在醫院建構無線感測網路，也可以應用於居家看護，大部分的無線感測照護系統透過病患的生理訊號偵測並上傳到伺服器，提供醫護人員觀察病患是否健康，並且需要將長期的健康資料儲存下來，用來作更精確的評估(Lee, 2005; Ondrej, Zdenek, Petr, & Ondrej, 2006)。

儘管照護系統能紀錄病患的生理訊號，但鮮少運用Zigbee的訊號作為病患位置的即時定位，定位的資訊不僅可以提供做為醫療行為研究分析，亦能預防病患靠近危險區域。在病患定位上即便有一點誤差都容易造成不可挽回的錯誤，容易使病患處於危險的區域中而醫護人員沒辦法即時的反應，現在亦有許多針對定位演算法的研究，但仍存在一些待改善的缺點。

因此，本研究欲提出以二階段定位演算法為基礎結合Zigbee技術，建構出整合性的醫療照護系統，強調病患定位與生理訊號的整合，在佈置上使用低耗電與容易佈置的Zigbee無線通訊技術，並利用其提供的訊號強度(Radio Signal Strength Indication；RSSI)透過定位演算法去計算病患的位置，當病患因為昏倒導致生理訊號異常的時候，便能透過定位找出病患在哪個房間的位置，達到隨時監控的效果。

本研究將討論可能的病患照護環境需求，作為系統設計的依據，並在最後驗證成效。本文將在第二節論述整理相關醫療照護的文相關研究，在第三節說明系統之設計架構，第四節述說系統之驗證包含實驗成果，第五節為結論以及後續研究。

6.2 醫療照護系統應用研究探討

目前使用無線感測網路於醫療照護環境的研究也越來越多，如使用無線感測網路建立智慧型醫療照護系統，用來評估在醫療感測環境中住民的情況(Virone et al., 2008)。或利用RFID達到監控居家老人定期服用藥劑的功能，若服藥不當便會立即發出警告聲響告知居家老人(Ho, Moh, Walker, Hamada, & Su, 2005)。或利用RFID技術建構一個行動醫療服務，用以辨識病患的地點以及讀取病患的病例，以達到即時的控制 (Li et al., 2004)。或建立一個智慧型的多病患生理訊號遠端監控的無線感知網路架構，並強調低電量消耗、自我照護、資料傳遞快速等特性(Fariborzi, Moghavvemi, & Mehrkanoon, 2008)。或強調個人居家日常生活的監控系統，系統能記錄住民活動行為模式，以及位置的追蹤，能判別住民可能在哪個房間(B. S. Hwang, Choi, & Park, 2005)。

綜觀目前研究，大多是針對生理訊號的偵測來進行照護，雖有部分研究擁有定位的功能，但在定位上也較少特別強調其定位演算法，因此大部分僅能判斷是否在房間內而已，並無強調定位的精準度。定位要求精準度能協助醫護人員判斷病患是否接近危險的區域，能夠即時的處理避免危險發生，因此在設計系統的時候，除了保留以上系統的優點外，在設計上考慮另外一個重點：定位演算法的發展。

6.3 系統分析與設計

6.3.1 照護環境需求

對於各個病患照護活動，需要隨時注意到個病患的動態，同時需投入許多的心力，以避免病患發生不可彌補的意外。針對病患的可能需要的照護環境需求，這些需求將在系統設計的時候作為考量的依據，初步考量的需求如下：

1. 病患即時位置管理：為有效的防範病患接觸的危險的地方，應能夠即時的以及準確的定位出照護病患所在的位置。在定位的準確性上更是一大的要求，為達成主動、即時性的監控管理，需要在必要的時間、地點，主動提供最適當的照護服務。

2. 病患生理資訊管理：病患將配戴心跳感測器以及體溫感測器，透過即時生理訊號感測能偵測多位病患體溫與心跳之訊號，系統會指定每位偵測者一個身份，記錄每位病患心跳訊號，當某位病患發生意外時，系統能偵測並指出是哪位病患可能發生意外。

3. 病患警示事件管理：在安全防護上需要特別注意的狀況，可能是注意是否接近容易發生意外的地方，除此之外，在安全的區域也有可能因為生理疾病上突發狀況的發生而發生危險，因此，除了位置監控與生理資訊的監控提供的訊息以外還需配合警示事件規則的定義才能加以預防。

4. 病患預防醫學研究：許多病症依照以往的醫療經驗與研究，多可觀察到患者在行為方面的異常，可以從行為模式及習慣的改變提早發現健康異常的徵兆(Mcdermott et al., 1997)，例如在精神疾病的領域中，許多病症依照以往的醫療經驗與研究，多可觀察到患者在行為方面的異於常人如重複行為與誇張行為等。因此建立一個即時分析追蹤監控系統，藉由以儀器收集紀錄患者的行為訊息，以掌握病患狀態並判讀是否出現復發的徵兆，可做為行為醫學行為模式辨別之資料，並對治療行為與成效提供一個客觀的衡量指標。因此上述的這些訊息如位置、心跳等，都需要完整的儲存於資料庫中，以便醫護人員進行查詢與統計。以上需求整理於表 6.1：

表6.1 照護環境需求

照護環境需求	感測物件需求	設計功能
病患身份辨識	利用無線辨識功能，每個病患擁有自己獨特的ID，並能識別身分。	身分識別能力
病患即時位置管理	在感測環境中傳送訊號到系統的計算模組中進行處理，便能即時定位。	室內定位能力

表 6.1 照護環境需求(續)

照護環境需求	感測物件需求	設計功能
病患生理資訊管理	感測病患體溫及心跳生理訊號傳送至資料庫儲存，提供即時的生理資訊呈現，並分析病患情況。	生理訊號監測能力
病患警示事件管理	根據病患生理資訊的改變，判斷病患是否發生意外等情況，並對護理人員發出警告。	遠端監控力、事件管理能力
病患行為研究	病患訊號傳送至資料庫儲存，蒐集足夠的行為資訊，便能建構行為模式。	資訊存於資料庫做為分析用

6.3.2 系統設計

本研究基於上述的需求，以及前面所探討的監控系統的弱點，系統架構整合各種技術以改善缺失，提出一個二階段演算法結合於Zigbee感知網路的礎醫療照護監控系統，系統構面主要分為Zigbee封包(Tag packets)、無線感測網路(Wireless sensor network)與系統面，類別功能如下：

1. Zigbee 封包(Tag packets)：此部分為病人身上配戴的感測元件開啟時所發出的封包訊息，共分兩部份，一個是已經先寫入的固定資訊裡面包含了病人資料如病人編號、病人姓名、病人 ID、病人性別等。另一部分是隨時間不同變動的資訊，包括了病人位置、X 座標、Y 座標、心跳、體溫等資訊。這些資訊將由讀取器接收並存入系統。
2. 無線感測網路(Wireless sensor network)：環境面為現場佈置的 Zigbee 設備，包含接收器與病患配戴的感測元件，負責傳遞感測範圍內病患的資訊給系統端，這些資訊將即時的傳遞到應用系統中，以提供即時的監控與事件管理。
3. 系統面(System Layer)：接受由病人配戴的感測元件傳遞的訊息，分為

兩部分資訊，一部分是訊號值的改變，經由定位演算法模組計算後，將資料傳送給紀錄模組，再傳遞給資料庫儲存，以及心跳訊號的接收，這些資料都會即時的記錄下來，同時顯示於使用端的電腦螢幕上。整體的系統架構如圖 6.1 所示。

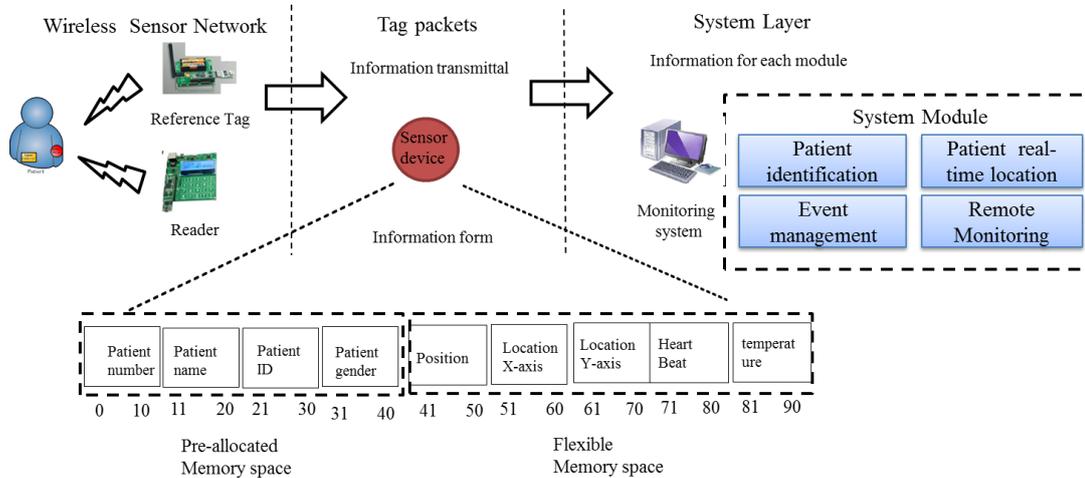


圖6.1 系統架構

6.3.3 感測元件設計

感測元件有兩大部分，第一是心跳感測元件，第二是Zigbee發射器。為讓病患配戴感測器舒適，與使用上實用與方便，提高佩戴意願，感測元件與Zigbee發射器之間也是以無線傳輸方式傳送訊號。用無線傳輸這可以避免病患因將傳輸線拉扯而將感測元件脫離身體，而失去感測功能，這也是此感測平台與目前已提出之平台不同之處，是此平台之特色之一。

心跳感測器功能如圖6.2，在本研究中使用一紅外線反射式感應器，當心臟收縮時，血液的密度增加，紅外線通過血管反射回感應器的能量減少，造成感應器輸出電位改變，只要將得到的訊號濾除雜訊並將訊號放大之後便可得到心跳訊號。感測元件之感測訊號，經過放大與整波電路處理後，送訊號到Zigbee發射器，發射器將以無線訊號方是經天線送出。

而圖6.3為Zigbee發射器架構，此發射器傳送心跳感測器傳出的類比訊號，再來需要做類比轉數位的處理，在數位訊號取樣轉換部份，是使用反相器進行整波數位化的動作，再由Zigbee無線模組發送傳輸。

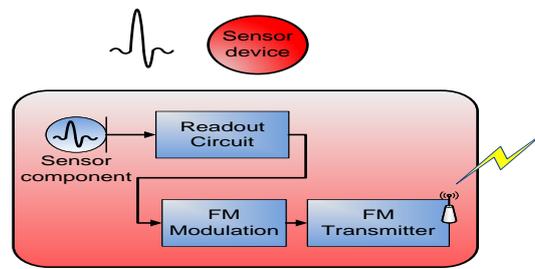


圖6.2 感測元件內部架構圖

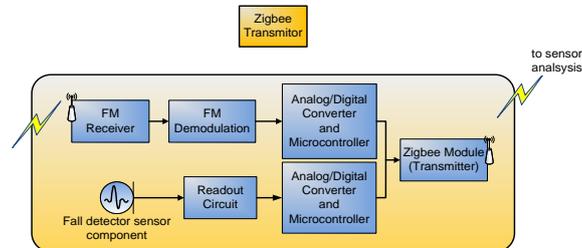


圖6.3 發射器架構圖

在Zigbee無線傳輸部分，採用Texas Instrument公司所生產的CC2530 晶片，它的體積僅有6mm× 6mm×1mm，傳送時耗電量為24mA，接收狀態的耗電量為29mA。因為體積小，可讓傳輸模組的體積小，方便與佩戴於身上。每個病患身上配戴的Zigbee發射器，傳送心跳訊號至服務端。服務端的分析器中具有Zigbee接收器，經天線接收無線感測訊號後，將訊號處理後，將心跳訊號由USB傳輸介面送到電腦，由電腦做心跳計數與分析感測器之資訊，整理分析每個病患之心跳資訊，經設計之人機介面顯示每一位病患之生理訊號資訊。ZigBee主要特性有低功耗、低成本、可加密。和其他通訊協並比起來，雖然ZigBee頻寬不如IEEE 802.11b及Bluetooth，其主要是在低速應用(如:溫、濕度點監測)而非在影音資料的傳送，但其節點數可多達六萬多點，距離也因為採用Mesh架構較不受限制，非常適合用在感測器應用上。圖6.4為本次實際電路架構圖，各部分結構以下分項逐一說明

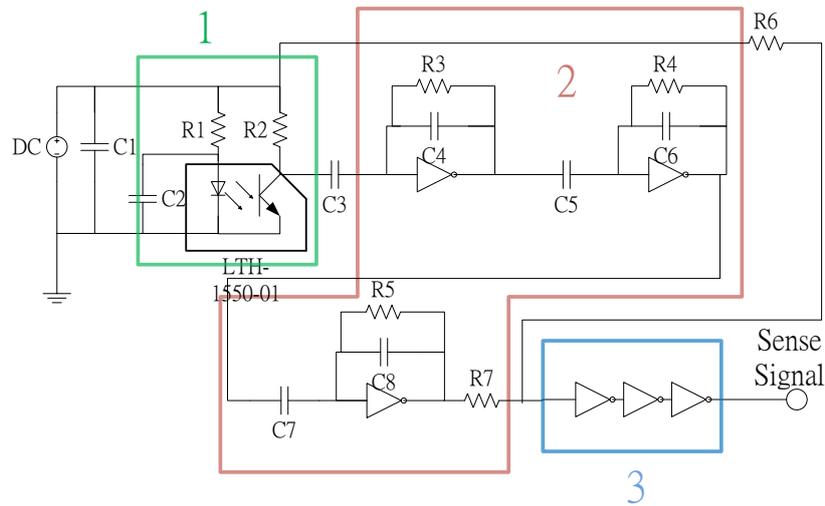


圖6.4 心跳感測電路設計

1. 感測器

第一部份結構為感測器，為了能夠得到心跳的微弱輸入訊號，因此在輸入端利用一顆發射/接收器來得到訊號，其運作原理架構是以發射器之發射光經過人體在心跳時血管的濃密度來折射回接收器裡，但因為周圍雜訊之干擾情況下，因此發射與接收動作只能夠使用於較近距離之感測。目前常見的心跳感測方式有光學的可見光感測、非可見光的紅外線感測、容積變化感測、非接觸式電容感測、非接觸式電感感測。由於考慮到微小化以及配戴便利性，採用非可見光之紅外線感測，使用的感應器為Lite-On公司出產的LTH-1550-01光遮斷器(Photo interrupter)，其電路設計簡單，對於微小化有一定的優勢存在。

2. 類比放大器

第二部份為三級的類比放大器，每一級是使用由一個 P 型和 N 型 MOS 組成的反相放大器，介由電容與電阻回授，便具有低通濾波效果之放大器，可將高頻雜訊濾除，並且對感測訊號放大。

3. 整波電路

第三部份則為波形整波電路，當訊號從第三級放大器輸出完成後，訊號會呈現低通與反相訊號，所以在第三級之後會設計三顆反相器來讓電路作反相效果，並且輸出訊號會呈現出完整的方波數位訊號，把原本第一級輸入的類比訊號轉換成最後一級的數位訊號。圖6.5為光感測器訊號與心跳輸

出之波形，其中x軸為時間(s)，y軸為振幅，藍色表示光感測器送出之訊號，粉色表示電路送出之心跳訊號。

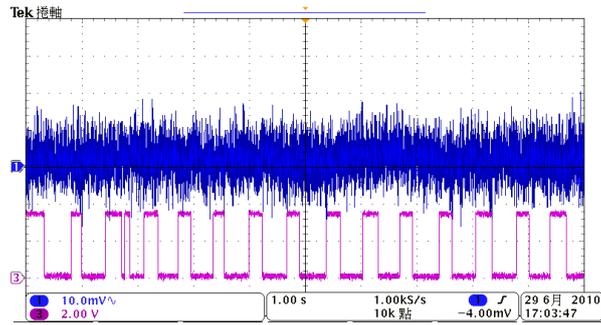


圖6.5 光感測器訊號與心跳輸出波形

為讓病患配戴感測器舒適，與使用上實用與方便，提高佩戴意願在設計感測元件上許考量的項目有：

- A. 讓病患舒適方便之考量，感測元件整體體積不可過大，重量不可過重，預期感測元件體積小於 $3\text{cm} \times 3\text{cm} \times 0.5\text{cm}$ 以內，重量在 100g 以內。
- B. 由於感測元件是以無線方式偵測，故感測元件中使用一充電電池，預期一次充電後能提供 24 小時工作。

6.4 系統實作與驗證

6.4.1 系統架設環境

本系統在硬體方面使用 ZigBeeCC2530 開發套件，實驗環境為台中榮民總醫院精神部，共架設 13 個參考標籤以及 4 個讀取器，建立起一感測環境如圖 6.6，以及一台個人電腦為監控系統使用，病患攜帶的感測器如圖 6.7，左邊較大的是原本開發的心跳感測器，現在已開發出新版的感測器僅有 10 元硬幣大小，而感測器能發出無線電訊號值、心跳值與體溫資訊給讀取器。

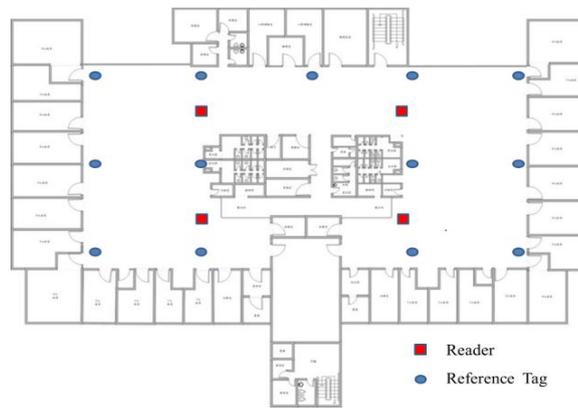


圖6.6 系統建構之感測環境

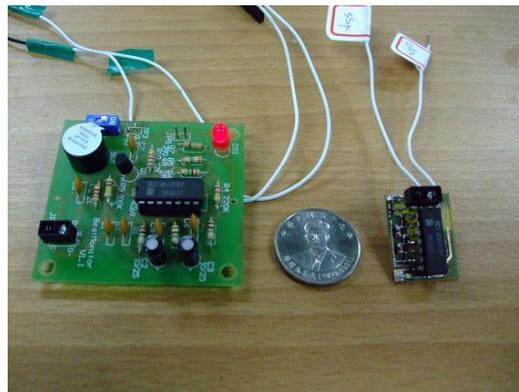


圖6.7 新版與舊版心跳感測器

6.4.2 系統實作

1. 遠端監控

資料開始傳入系統並在畫面中顯示出來，共分病患基本資料包括病患編號、病患姓名、病患ID、病患性別等，以及生理訊號心跳與體溫，另外還會接收訊號值，透過定位演算法的計算將訊號值轉為座標，呈現於監控畫面上。遠端的監控畫面能讓醫護人員持續進行觀察，在更新速度上可以依需求調整，目前是預設1秒鐘更新一次，監控畫面如圖6.8。

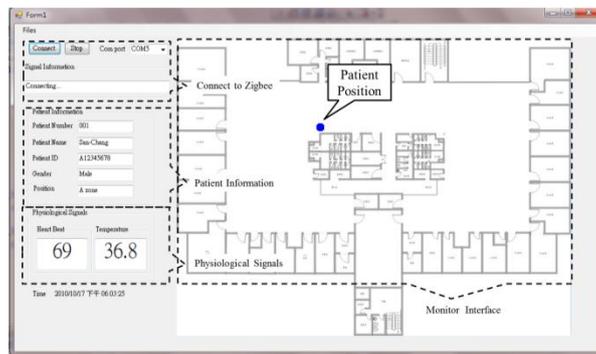


圖6.8 系統畫面

2. 事件管理

在事件管理中預設了幾個會觸發警示的事件

- (1) 進入危險區域：當系統計算出來病患進入危險區域過長的時間，系統便會彈出警示訊息告知醫護人員。
- (2) 生理訊號異常：系統預設病患在正常情況下的心跳次數變動浮動超過 1.5 倍時，系統將判斷為生理訊號異常病跳出警示訊息，例如一位病患在正常情況下的心跳為每分鐘 70 下，當系統讀取到其心跳為每分鐘小於 46 下或每分鐘大於 105 下時，都將會發出警告訊號如圖 6.9。

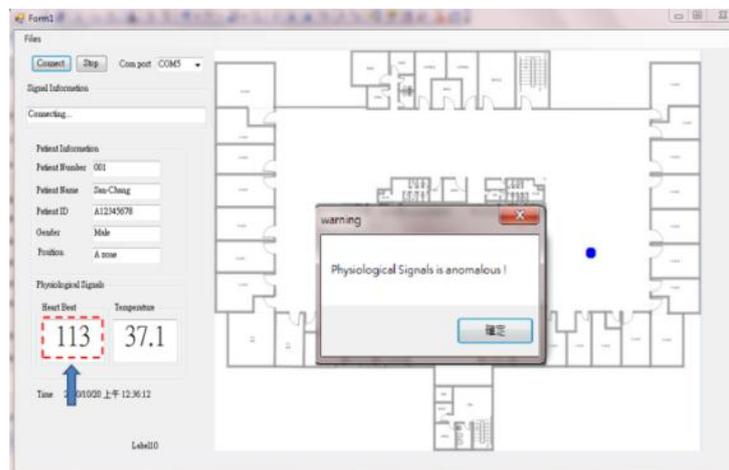


圖6.9 生理訊號異常

3. 即時定位

本研究使用二階段定位演算法，旨在縮小既有定位演算法的定位誤差，能更精確的定位出病患所在的位置，在防止病患接近危險區域的控管上非

常有幫助。本系統進行了50次的實驗，每次持續10分鐘的監控，透過二階段定位演算法所計算的定位誤差約在1公尺，並與LANDMARC與VIRE演算法作驗證比較如表6.2，並以累積誤差機率進行比較如，由圖可見橫軸為距離誤差，縱軸為累積機率函數(Cumulative Distribution Function, CDF)，當距離誤差越小，且 CDF 越大時，則表示定位準確度越高。其累積機率表如表6.3，在三公尺的誤差範圍內機率可達90%較其他兩個演算法優秀。

表6.2 定位演算法誤差距離比較表

	LANDMARC	VIRE	二階段定位演算法
平均距離誤差 (meter)	1.87 m	1.31m	0.93m

表6.3 距離誤差之累積機率比較表

誤差距離 \ 定位演算法	1(m)	3(m)	5(m)
LANDMARC	18%	55%	100%
VIRE	51%	73%	100%
二階段定位演算法	21%	90%	100%

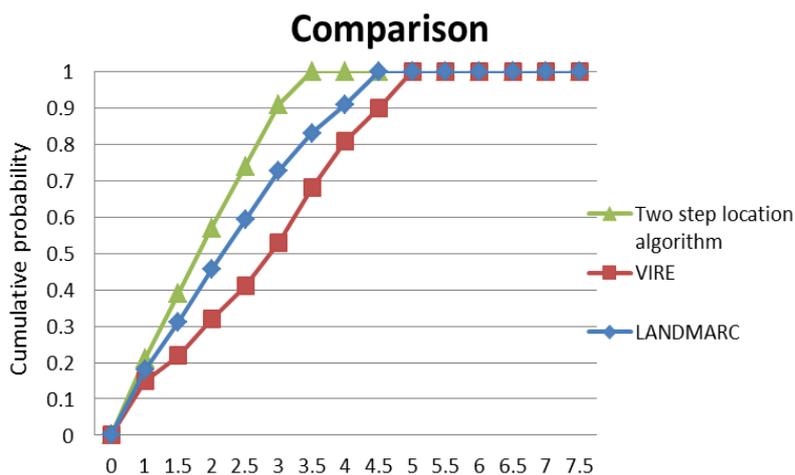


圖6.10 定位誤差機率分配圖

6.5 結論

本研究提出一個二階段定位演算法並整合 ZigBee 無線感測器網路技術，建構出即時監控的醫療照護系統，旨在強調定位系統的整合，以避免定位上的誤差造成病患的傷害。本系統未來將會逐漸縮小心跳感測器的尺寸，讓病患可以舒適的佩戴。目前雖有將資料紀錄於資料庫中，但案例數仍不夠分析其模式，未來將會朝此方向研究，建立更多事件管理的定義。

第七章 結論與未來方向

近年來訂位服務被廣泛應用於人員追蹤上，例如在醫療環境中對於病患的定位追蹤，受限於室內環境多路徑干擾的影響，並不能有效地定位出病患所在的角落，造成在複雜的空間環境中僅能得知道病患所在的區域，造成定位準確度下降。目前可以透過硬體與軟體的方式來進行改善，本研究著重於軟體的改善如發展定位演算法。

本研究提出的二階段定位演算法沿用了虛擬標籤的概念，並結合二階段分群法針對訊號值進行第一階段的篩選，挑選出的群組便認定為未被干擾的標籤，接著進入第二階段，除了原本的訊號值外再加入各標籤的座標進行分群，最後利用此群集進行運算。此定位演算法利用虛擬標籤的概念，能減少實際標籤的佈置以減少互相的干擾與架設成本，利用群集分析的概念能幫助找出更有用，也就是未被干擾的標籤進行運算，所得到的結果比直接以訊號差值為基礎的演算法結果較好。

本研究將二階段定位演算法應用於醫療環境下，建構出一醫療照護整合系統，目前採用模擬的環境進行實驗。系統所收集到的資料將存於資料庫中，包括了病人資料、生理訊號與病人即時位置等，而存於資料庫的資料如病人的位置可以提供醫師進行行為分析的後續研究，未來將把系統移至實際環境測試。

但二階段定位演算法仍有需要去克服的地方，在實驗中發現會分群出現同個數的情況，但目前無法去進行判別，只能說落於這幾個區域的機率相同。而目前實驗仍以LANDMARC的基本佈置為延伸，在此種情況下驗證了本研究的二階段定位演算法效果較佳，未來將更進一步的擴展，漸少真實的標籤佈置，讓虛擬標籤的概念更加的明顯，避免過多標籤產生干擾與降低佈置成本。

目前本研究的實驗仍以單一個追蹤標籤作為測試，未來將擴充至多個追蹤標籤的情況，並且將二階段定位演算法的運算複雜度與運算時間列入績效衡量，以建構出更完整的定位演算法

參考文獻

1. 吳仁傑. (2007). 應用於無線室內定位系統之相位天線陣列設計. 國立中正大學, 嘉義.
2. 曾憲雄, 蔡秀滿, 蘇東興, 曾秋蓉, & 王慶堯. (2006). 資料探勘. 台北: 旗標出版社.
3. 楊智超. (2006). 一個以RFID為基礎的定位機制. 國立交通大學.
4. 廖建興, & 曾孝忠. (2008). 無線電測向及交叉定位技術研析. 中華民國電子零件認證委員會.
5. Anderson, J. (2007). Beyond Mobile Coronary Care A Telehealthcare Case Study. *Journal of Engineering and Technology Healthcare Technologies Network*, pp. 265-281.
6. Angerer, C., Langwieser, R., & Rupp, M. (2010). *Direction of Arrival Estimation by Phased Arrays in RFID*. Paper presented at the Institute of Communications and Radio-Frequency Engineering.
7. Bahl, P., & Padmanabhan, V. N. (2000). *RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System*. Paper presented at the Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies.
8. Bekkali, A., & Sanson, H. (2007). RFID indoor positioning based on probabilistic RFID map and kalman filtering. *Third IEEE International*.
9. Brida, P., Machaj, J., Benikovsky, J., & Duha, J. (2010). *A new Complex Angle of Arrival location method for ad hoc networks*. Paper presented at the Positioning Navigation and Communication (WPNC).
10. Chen, R. C., & Huang, S. L. (2009). A new method for indoor location base on radio frequency identification. *WTOC*, 8(7), pp. 618-627.
11. Enge, P., & Misra, P. (1999). Special Issue on Global Positioning System. *Proceedings of the IEEE*, 87(1), pp. 3-15.
12. Fariborzi, H., Moghavvemi, M., & Mehrkanoon, S. (2008). *The Design of an Intelligent Wireless Sensor Network for Ubiquitous Healthcare*. Paper presented at the Intelligent and Advanced Systems.
13. Fuxiang, G., Wang, Q., & Xiaoguo, Z. (2010, 9-11 July 2010). *A new distance based algorithm for TDOA localization in cellular networks*. Paper presented at the Computer Science and Information Technology (ICCSIT).
14. Hightower, J., & Borriello, G. (2001). *A Survey and Taxonomy of Location Systems for Ubiquitous Computing*.
15. HighTower, J., Vakili, C., Borriello, C., & Want, R. (2000). Design and Calibration of the SpotON AD-Hoc Location Sensing System. Unpublished report.
16. Hinckley, K., & Sinclair, M. (1999). *Touch-sensing input devices*. Paper presented at the human factors in computing systems: the CHI is the limit.
17. Ho, L., Moh, M., Walker, Z., Hamada, T., & Su, C. F. (2005). *A Prototype on RFID and Sensor Networks for Elder Healthcare: Progress Report*. Paper presented at the SIGCOMM Workshops.

18. Hwang, B. S., Choi, J. M., & Park, K. S. (2005). A Novel Method for Unobtrusive Measurement of Indoor Activities using Sensor-based Monitoring System. *Journal of Clinical Epidemiology*, vol.58, pp. 1115-1124.
19. Hwang, D. G., Hwang, J. H., Jang, S. J., & Kim, J. M. (2009). *A fast ToA position estimation technique based on MHP pulse*. Paper presented at the Communications and Information Technology.
20. Jiang, X., Liu, Y., & Wang, X. (2009). *An Enhanced Approach of Indoor Location Sensing Using Active RFID*. Paper presented at the WASE International Conference on Information Engineering.
21. Jin, G. y., Lu, X. y., & Park, M. S. (2006). *An indoor localization mechanism using active RFID tag*. Paper presented at the Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing.
22. Kim, J. L., Lee, J. G., & Park, C. G. (2008). *A mitigation of line-of-sight by TDOA error modeling in wireless communication system*. Paper presented at the Control, Automation and Systems.
23. Kim, S., Lee, J., Yoo, M., & Shin, Y. (2009). *An improved TDoA-based tracking algorithm in mobile-WiMAX systems*. Paper presented at the Personal, Indoor and Mobile Radio Communications.
24. Kutluyil, D., & Ahmad, H. S. (2005). Target tracking by time difference of arrival using recursive smoothing. *Journal of Signal Processing*, 85(4), pp. 667-679.
25. Kutluyil, D., & Hatem, H. (2008). Optimal angular sensor separation for AOA localization. *Journal of Signal Processing*, 88(5), pp. 1248-1260.
26. Lee, J. S. (2005). *An experiment on performance study of IEEE 802.15.4 wireless networks*. Paper presented at the Emerging Technologies and Factory Automation.
27. Li, C. J., Liu, L., Chen, S. Z., Wu, C. C., Huang, C. H., & Chen, X. M. (2004). *Mobile Healthcare Service System Using RFID*. Paper presented at the Networking, Sensing, and Control.
28. Liu, M. (2010). Fingerprint classification based on Adaboost learning from singularity features. *Journal of Pattern Recognition*, 43(3), pp. 1062-1070.
29. Ma, J., Li, X., Tao, X., & Lu, J. (2008). *Cluster filtered KNN: A WLAN-based indoor positioning scheme*. Paper presented at the World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks.
30. Ma, L., Xu, Y., & Wu, D. (2010). A Novel Two-Step WLAN Indoor Positioning Method *Journal of Computational Information Systems*, vol.7, pp. 4627-4636.
31. MacQueen, & James, B. (1965). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Journal of Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, vol. 1, pp. 281-297.
32. Mcdermott, S., Breen, R., Platt, T., Dhar, D., Shelton, J., & Krishnaswami, S. (1997). Do Behavior Changes Herald Physical Illness in Adults with Mental Retardation. *Journal of Community Mental Health*, vol. 33, pp.85-97.
33. Nasipuri, A., & Li, K. (2002). *A directionality based location discovery scheme for wireless sensor networks*. Paper presented at the 1st ACM international workshop on Wireless sensor networks and applications.
34. Ngah, S., Zhu, H., Chen, K.T., Tanabe, Y., & Bana, T. (2009). Artificial Neural Network Based Model for Local Position Systems. *IJCSNS International on Computer Science and Network Security*, vol. 9.

35. Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., & Patil, A. P. (2003). *LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID*. Paper presented at the Pervasive Computing and Communications.
36. Niculescu, D., & Badri, N. (2003, 30 March-3 April 2003). *Ad hoc positioning system (APS) using AOA*. Paper presented at the INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications. IEEE Societies.
37. Ondrej, S., Zdenek, B., Petr, F., & Ondrej, H. (2006). *ZigBee Technology and Device Design*. Paper presented at the Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies.
38. Pahlavan, K., Xinrong, L., & Makela, J. P. (2002). Indoor geolocation science and technology. *Communications Magazine, IEEE, 40(2)*, pp. 112-118.
39. Prado, M., Reina, J., & Roa, L. (2002). *Distributed intelligent architecture for falling detection and physical activity analysis in the elderly*. Paper presented at the Second Joint EMBS/BMES.
40. Rappaport, T. S. (1996). *Wireless Communications : Principles and Practice*: Prentice Hall PTR.
41. Savvides, A., Han, C. C., & Strivastava, M. B. (2001). *Dynamic fine-grained localization in Ad-Hoc networks of sensors*. Paper presented at the 7th annual international conference on Mobile computing and networking.
42. Sharma, S. (1996). *Applied Multivariate Techniques*: Wiley; Har/Dis edition.
43. Shih, S. T., Hsieh, K., & Chen, P. Y. (2006). *An Improvement Approach of Indoor Location Sensing Using Active RFID*. Paper presented at the First International Conference on Innovative Computing, Information and Control.
44. Uzair, A., Andrey, V. G., Lee, S. y., & Lee, Y. K. (2008). A modular classification model for received signal strength based location systems. *Neurocomputing, 71(13-15)*, pp. 2657-2669.
45. Virone, G., Wood, A., Selavo, L., Cao, Q., Fang, L., Doan, T., et al. (2008). *An Advanced Wireless Sensor Network for Health Monitoring*. Paper presented at the Transdisciplinary Conference on Distributed Diagnosis and Home Healthcare.
46. Wang, C., Wu, H., & Tzeng, N. F. (2007). *RFID-Based 3-D Positioning Schemes*. Paper presented at the 26th IEEE International Conference on Computer Communications.
47. Wang, Y., Li, J., Qi, R., & Wang, F. (2011). An RFID Location Model Based On Virtual Reference Tag Space. *Journal of Computational Information System, vol.7*, pp.2104-2111.
48. Want, R., Hopper, A., Falcão, V., & Gibbons, J. (1992). The Active Badge Location System. *Journal of ACM Transactions on Information Systems (TOIS), vol.10*, pp. 91-102
49. Ward, J. H. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association, Vol. 58, No. 301*, pp.236-244.
50. Williams, H., Grant, Liu, X., Zhang, Z., & Kumar. (2010). *Accurate localization of RFID tags using phase difference*. Paper presented at the RFID IEEE International Conference.
51. Yiyin, W., Leus, G., & Delic, H. (2009). *TOA estimation using UWB with low sampling rate and clock drift calibration*. Paper presented at the Ultra-Wideband

- IEEE International Conference.
52. Yu, K., & Guo, Y. J. (2008). *Non-line-of-sight detection based on TOA and signal strength*. Paper presented at the Personal, Indoor and Mobile Radio Communications conference.
 53. Zhang, Y., Amin, M. G., & Kaushik, S. (2007). Localization and Tracking of Passive RFID Tags Based on Direction Estimation. *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2007, pp.9.
 54. Zhang, Y. h., Cui, Q. m., Li, Y. x., & Zhang, P. (2008). A novel TOA estimation method with effective NLOS error reduction. *Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 15(1), pp. 32-37.
 55. Zhao, Y., Liu, Y., & Ni, L. M. (2006). *VIRE : Active RFID-based Localization Using Virtual Reference Elimination*. Paper presented at the Parallel Processing, International Conference.