

利用機率密度函數提升 RFID 室內定位系統之準確性

李思穎

國立屏東科技大學 資訊管理系
M9956006@mail.npust.edu.tw

龔旭陽*

國立屏東科技大學 資訊管理系
kung@mail.npust.edu.tw

林美賢

國立屏東科技大學 電算中心
mslin@mail.npust.edu.tw

張智鈞

國立屏東科技大學 資訊管理系
M10056033@mail.npust.edu.tw

摘要

近年來隨著資訊科技的快速發展，如無線網路科技、定位技術等許多相關之服務出現。目前定位大多使用全球定位系統（GPS）輔助定位，但 GPS 定位確不能使用於室內環境定位，現階段已有許多室內定位技術被提出，則 RFID 為其中一種室內定位使用之技術。RFID 定位大多使用 RSSI 技術來協助室內位置定位，但是在於一個複雜的室內環境中容易受到電磁波干擾與環境因素的影響，而導致定位結果不精準。本研究為了提升 RFID 定位之精準度，提出了使用機率密度函數（Probability Density Function, PDF）來輔助室內定位的計算，本研究主要分為 Offline 及 Online 兩階段：在 Offline 階段主要先將參考標籤佈置於室內固定之位置，並將參照標籤的位置、計算之 RSSI 值…等資料儲存於訊號紋資料庫中。在 Online 階段則先計算目標標籤的 RSSI 值再由比對訊號紋資料庫找出四個最相似之參考標籤的資料，再利用四個參考標籤的位置透過定位演算法計算出目標的座標。

關鍵字：RFID、室內定位、定位、機率密度函數、RSSI。

壹、緒論

一、 研究背景與動機

由於近年來的資訊科技的發展，如無線技術、定位技術…等相關的服務，而這些服務也都漸漸的融入人們的生活當中，如醫療照護、交通、住家安全…等。目前定位服務為最熱門的服務之一，又分為室內與室外定位兩種服務。而全球定位系統(Global Position System, GPS) 為室外定位服務上最常被用來輔助定位的技術，GPS 技術是透過接收外太空的衛星訊號來協助室外目標務的定位，但此技術很容易受到氣候等外在因素影響。GPS 是最為純熟的定位技術，但確不適用於室內定位服務上，因此室內定位則為研究者們的注目議題之一。在室內複雜環境下目標位置的判別很容易受到物品放置位置而造成訊號多路徑效應與傳播效應。目前研究上有幾種技術運用於室內定位上，如紅外線、IEEE 802.11 和藍芽…等技術，而每種室內定位技術都具有不同的要求與精確度。

GPS 技術在室內環境操作時，定位訊號將會因被建築物遮蔽而導致接收器無法在室內進行定位運算，也有研究嘗試將 GPS 技術運用於室內定位上，但都必須藉由增加昂貴的設備來協助定位，這也大大的增加了許多成本費用。目前隨著 RFID 相關技術的日漸成熟，RFID 讀取器和標籤都有所變化，如讀取器的傳輸距離變長、標籤資訊儲存容量增加，因此 RFID 的應用也迅速發展起來，除了應用於辨識用途外，也漸漸發展出其他相關應用上，故該如何利用低成本的 RFID 技術進行室內定位也逐漸受到研究人員的重視。雖然目前已有一些研究提出運用 RFID 技術建構出一個涵蓋有限的室內無線感測網路環境，但應用於室內成本仍然過高，且精確度不足。

目前被提出的 RFID 定位方法大多使用 RSSI 值來計算目標的相關位置。然而，由於室內傳播信號的變化很難去預測複雜的環境與傳播效果，如反射、衍射、散射與路徑損失預測…等。

而本論文研究的動機，在於希望能夠藉由有效演算法的提出，讓目前利用 RFID 設備做定位的既有技術效能提升、準確度增加，在效能以及成本兼具的考量之下，研究出室內環境底下有幫助的定位機制，幫助我們完成更多日常生活中所需完成的定位工作。

二、 研究目標與方法

在過去，為了克服 GPS 無法準確在室內定位的問題，已有許多學者嘗試使用許多不同的技術來進行室內定位，而在這些技術中 RFID 技術為較有優勢之一。有鑒於室內定位系統的發展性與 RFID 技術的優點特性，本研究所探討的方向即於研究使用 RFID 技術所開發的室內定位系統。一個定位系統的效能評估，最重要的就是系統執行的準確性與可靠性，因此如何使 RFID 室內定位系統具有更好的定位效能即為本研究的研究目的。

在實際環境執行時會有許多因素來影響定位系統的執行，因此本研究首先將對於 RFID 室內定位系統來做一個訊號強度效能與距離分析的評估，整理出 RSSI 值及位置距離關係，並基於實驗的結果整理出一個較佳的系統設計的概念。為了進一步增加定位

運算的穩定性，來提升 RFID 室內定位系統的定位準確度。

貳、技術背景與文獻探討

一、文獻探討

(一) 定位技術媒介

為了解決 GPS 無法有效於室內環境中定位的情況，在過去這幾年也有許多相關的研究人員針對室內定位系統進行相關的研究(Diggelen 2002, Hightower 2001, Manapure 2004)。室內定位環境相較於室外環境來說，是於一定的範圍內進行定位，例如大型會場、教室…等，但是室內環境空間都較於室外來得小，而室外定位系統在十幾公尺的誤差下都是讓人可接受的範圍，但此數據如果存在於室內定位系統上確是讓人無法接受的。因此室內定位的相關發展還要根據成本的考量之下則是一個具有挑戰性的研究之一，相關的研究人員也嘗試藉由許多不同的技術媒介來進行定位測試。目前也已研發出多種不同技術媒介的室內定位系統，例如以下幾種技術媒介：

1. 紅外線 (Infrared)
2. 超音波 (Ultrasonic)
3. 無線區域網路 (WiFi)
4. 無線射頻辨識系統 (RFID)
5. 感測器 (Sensor)

表 1、各種技術的室內定位系統比較

技術	典型系統	優點	缺點
紅外線	Active Badge	此技術媒介間的傳輸速度較快速	傳送與接收必需在直距的情況下且基傳輸距離較短
超音波	Cricket Location Support System	此種方法定位的準確性較高	但設備設置的價格略顯昂貴
WiFi	RADAR	由於目前無線網路的普及化，在系統的建置上是較為容易的技術之一	在室內環境下其無線訊號容易受到外界因素則受到干擾的情況
RFID	LANDMARC	相較其他技術媒介其建置成本較低且穩定性高	室內環境下定位效果容易受到室內擺設物品的干擾
Sensor	Smart Floor	此種方法定位的準確度也不錯	但 Sensor 的成本較高很難在大範圍的環境下佈置

(二) RFID 常見定位方法

在使用 RFID 技術於定位研究上有以下四種技術來測量，分別是：接收訊號強度(Received Signal Strength ,RSS)、訊號抵達時間(Time of Arrival ,TOA)、訊號抵達時間差(Time Difference of Arrival ,TDOA)及訊號抵達角度(Angle of Arrival ,AOA)等(Yi-Shyuan 2007)。

1. RSS

接收訊號強度 RSS(Received Signal Strength)為設備接收到的訊號強度會隨著距離增加而產生訊號衰弱的情況，用來計算參考物與目標物之間的距離。以下為訊號衰減公式如下：

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \quad (1)$$

當中 $P_r(d)$ 是接收功率， P_t 是傳輸功率， G_t 是傳送端天線， G_r 是接收端天線， λ 是波長， d 是傳送端與接收端之間的距離。接收到的訊號強度會隨著距離的增加而衰減，且實際上來看訊號強度很容易會受到環境變化等外在因素而影響，進而導致訊號強度無法形成線性比例的衰減，這也是常常造成定位判斷上的誤差。在此定位方法下，常需搭配著已記錄先前訓練資料的資料庫來輔助使用，藉此來提升資料的參考可信度與準確度。

2. TOA (Time Of Arrival)

訊號抵達時間 TOA (Time Of Arrival)的基本原理與接收訊號強度雷同，但此種參考值為訊號傳播時間，需要求傳送端與接收端間必需保持時間的同步，透過傳播時間來計畫兩端之間的距離，但訊號在傳遞上非常的快速所以在時間的記錄上需要相當的準確，所以必須能基準的測量到訊號實際上的傳播時間，若無法準確的測量訊號傳遞的時間，可能會造成定位上較大的誤差。

3. TDOA (Time Different Of Arrival)

訊號抵達時間差 TDOA 與 TOA 相同，都是根據訊號抵達的時間來計算目標物和參考物間的距離，但此方法與 TOA 不同之處為此方法是利用訊號抵達的時間差來計算之間的距離。

4. AOA (Area of Arrival)

訊號抵達角度(AOA)為利用接收訊號的角度，來計算之間的距離。此方法需搭配其它的設備來協助測量訊號角度的資料，如測量方向性的天線。但在定位環境中如果雜訊過多時會是造成定位精準度降低的原因之一。

表 2、4 種定位方式之優缺點

定位方法	優點	缺點
RSS (接收訊號強度)	較適合室內環境的佈署，而且其成本較低廉。	其訊號強度容易受到室內環境因素影響其數據。
ToA (訊號抵達時間)	其方法較用合應用於遠距離的定位系統。	此方法對時間上的敏感度極高，所以如果接收端與傳送端的時間無同步之後容易造成定位的誤差。

TDoA (訊號底達時間差)	與 TOA 一樣適用於遠距離的定位。	其時間的敏感度也需要極高的記錄，在成本的建置下會偏高。
AoA (訊號抵達角度)	兩個點和點之前就可進行定位的測試。	需要額外添加設備來偵測其入射的角度，這也大大的增加不少成本。

(本研究整理)

(三) LANDMARC 系統(Ni, L. M., Y. Liu, Y. C. Lau and A. P. Patil,2003)

LANDMARC 系統最大優勢為不需設置大量昂貴的讀取器，改為使用便宜的標籤放置於固定的位置當做定位參考依據。系統的實驗環境是由 n 個 RFID 讀取器、m 個參考標籤(Reference Tags)和 u 個目標標籤(Tracking Tags)組成。

如圖 1，其中：n = 4、m = 16、u = 8，表示這個實驗環境是由 4 個 RFID 讀取器、16 個參考標籤組成，並有 8 個目標標籤。

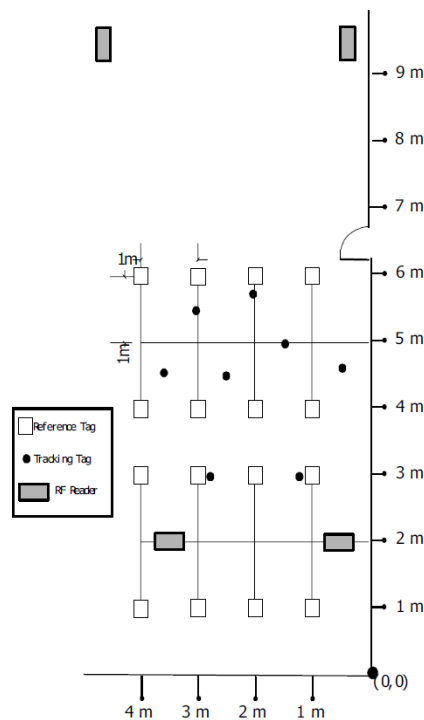


圖 1、LANDMARC 系統之實驗環境(Ni, L. M., Y. Liu, Y. C. Lau and A. P. Patil,2003)

每個 RFID 讀取器端會收到兩組的訊號強度，分別表示如下；

不同的 RFID 讀取器 ($i \in (1, n)$) 中，會分別收到兩組訊號強度，以向量集合來表示，分別為 $\vec{s} = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n)$ 和 $\vec{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots, \theta_n)$ 。

其中： \vec{s} 是表示從 n 個讀取器接收到目標標籤的訊號強度值。

$\vec{\theta}$ 是表示從 n 個讀取器接收到參考標籤的訊號強度值。

並引用 Euclidean 距離公式透過接收到的訊號強度來計算個別目標標籤 p ($p \in (1, u)$)

與 j 個參考標籤 ($j \in (1, m)$)，並以下公式來定義目標標籤與參考標標籤之間的關係，則會得到相對 E_j 值，

$$E_j = \sqrt{\sum_{i=0}^n (\theta_i - s_i)^2} \quad (2)$$

假設實驗環境中有 m 個參考標籤(假設 $j = m$)，並以向量集合來表式為

$$\vec{E} = (E_1, E_2, \dots, E_m)。$$

此訊號強度的向量集合 $\vec{E} = (E_1, E_2, \dots, E_m)$ 有著其意義為：當集合內的 E_j 值較小時，則表示該目標標籤 p ，可能距離第 j 個參考標籤比較近的；並透過此意義於此向量集合中找出幾個 E_j 值較小的參考標籤，並根據這些參考標籤的位置來計算目標標籤的座標值。

為了更精準的計算目標標籤的座標值，可先依據 E_j 要推估目標標籤的位置，可以依照 E_j 值由小到大來排目標標籤與參考標籤由近到遠的順序以此計算。

而在每一次不同的階段，所欲使用到的參照點，都會有其參考權重的計算，公式如下：

$$W_j = \frac{\frac{1}{E_j^2}}{\sum_{i=1}^k \frac{1}{E_i^2}} \quad (3)$$

而 W_i 代表的是一個「權重」(weight) 值；當 E_j 值越小的參考標籤存在時，代表此參考標籤的座標位置擁有較大的參考價值性，因此這個參考標籤就擁有較高的參考權重值；參考權重越大的參考標籤的座標位置，對目標標籤的座標位置預測擁有較大的定位精準性。

依照由 E_j 值小到大的順序選了 k 個較小的參考標籤，根據其座標位置，可以定位出該未知座標的目標標籤位置 (X, Y) ，公式如下：

$$(X, Y) = \sum_{i=1}^k W_i (X_i, Y_i) \quad (4)$$

整個 LANDMARC 定位方法，我們以下表 3 的步驟說明，簡單的表達其流程：

表 3、LANDMARC 方法之流程表

步驟一：	將事先決定好數量的 RFID 讀取器、參照標籤 (reference tags, m 個)，依照環境放置妥當，在這個預設是無干擾、零屏障的網路環境中，準備進行環境底下對目標物定位的動作。
步驟二：	將一個或數個目標物 (有配帶 RFID 感應標籤、或者本身就是一張標籤)，置於網路環境中。
步驟三：	從各個讀取器端，去接收來自目標標籤與參照標籤的訊號強度集合， \vec{s} 與 $\vec{\theta}$ 。
步驟四：	以這些讀取器收集到的訊號強度，透過公式(2)算出目標物與各

	<p>參照標籤的相對訊號強度值，得到一組其與參照標籤間的相對強度向量集合 $\vec{E} = (E_1, E_2, \dots, E_m)$。</p> <p>從這個向量集合，可以找出距離目標物較近的參照點，並以公式(3)依序算出相對的參考權重。</p>
步驟五：	<p>以距離目標物件最近的參照點開始，以公式(4)，由近到遠依照順序，計算各階段引用不同數目參照標籤的狀況下，目標物的座標 (X, Y)</p>

(四) 其他 RFID 之國內外相關研究

表 4、其他 RFID 之國內外相關研究

相關研究	定位方法描述
G.Y. Jin 等學者 (2006)	基於 LANDMARC 系統作參考，提出篩選參考標籤的方法，來提升室內定位的精準度，並藉由減少 Tag 的數量來進行研究
S.T. Shih 等學者 (2006)	此學者也是基於引用 LANDMARC 的方法，以訊號強度來決定權重值，並且利用權重值來代表目標的距離遠近程度，並利用三角形來劃分計算區域，透過此方法來逼近目標點。
Xuejing Jiang 等學者 (2009)	此篇論文的方法是經由 LANDMARC 系統定位後，將參照標籤與最靠近的目標標籤互換，再進行另一次定位，並再與之前的實驗結果做比較，用來提高系統的定位準確度。
Chai-Hao Chang 等學者(2009)	訊號強度較容易受到外界因素的干擾，目前也有許多技術會與 RFID 來結合進行定位。此篇論文結合了超音波的技术來做定位上的實驗。

(本研究整理)

二、 技術背景

(一) RFID 技術介紹

RFID 是一種無線射頻辨識技術，分別由 RFID 讀取器 (Reader)、感應器 (Transponder) 也就是俗稱的電子標籤 (Tag)，經由中介軟體系統整合將其讀取器、感應器互相關聯起來的一套架構；其動作原理是由 RFID 讀取器發射特定頻率之無線電波給感應器，感應器內電路受到該電波驅動，將其內部資料傳回給 RFID 讀取器。



圖 2、RFID 系統架構

(二) 定位方法

定位系統皆是藉由收集接收端與傳送端的相關訊號來進行距離的推測。而在不同的定位系統上會根據每個不同系統的特性應用不同類型的定位方式，這些方法主要有三角定位法(Triangulation)、情境分析法(Scene analysis)等二種定位處理方法(曾煜棋,潘孟鉉,林致宇 2004)。

1. 三角定位法 (Triangulation)

三角定位法(吳政樺 2005)的原理是利用三角幾何原理來定位，定位時需要得到某些參考點的訊號，之後目標點的定位再利用測距方式(如 ToA、TDoA、RSS) 來估算它與參考點之間的距離，基本上只要取得三個以上的參考點與定位目標的相關距離，便可在二維空間中得到已知的參考點座標為圓心點，再透過已知的距離作為半徑來畫圓，交點即為預估的位置，如圖 2 所示。

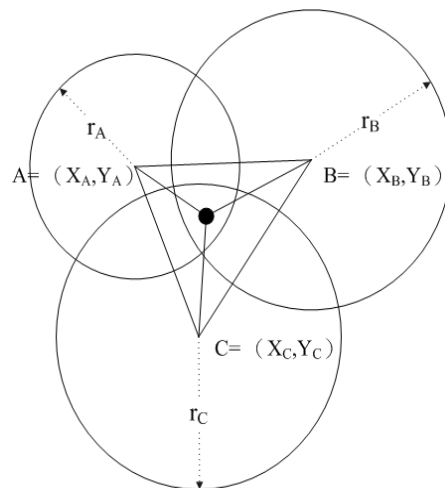


圖3、已知的距離的三角定位法

2. 情境分析法 (Scene analysis) (Pahlavan 2002, Prasithsangaree 2002)

情境分析法則是利用訊號強度資訊來進行定位，此方法的主要的應用原理是透過比較目標點的訊號強度值或者其他相關資訊來與資料庫內中各參照點進行比對，找出最相

近的樣本值透過這些參考點來進行定位。此情境分析法的過程主要還可區分為離線訓練階段與連線定位階段：

- 離線訓練階段：

此階段主要是要蒐集室內環境的資料，將所有參照點的訊號資訊蒐集分析後存至資料庫中，例如參考點的座標、訊號強度等相關資訊。

- 連線定位階段：

此階段的主要就是將目標點的訊號強度資訊與資料庫內的參考點資訊進行比對，並找出最接近的參考點並且推算出目標點可能的位置。此階段運作時需要大量的定位計算再根據比對的結果來推算出定位目標的位置。

參、研究架構與方法

一、 研究架構

本研究所設計之系統架構主要分為三大部份，分別為（1）溝通層（Communication Layer）、（2）資源管理層（Resources Management Layer）、（3）定位層（Location Layer）。

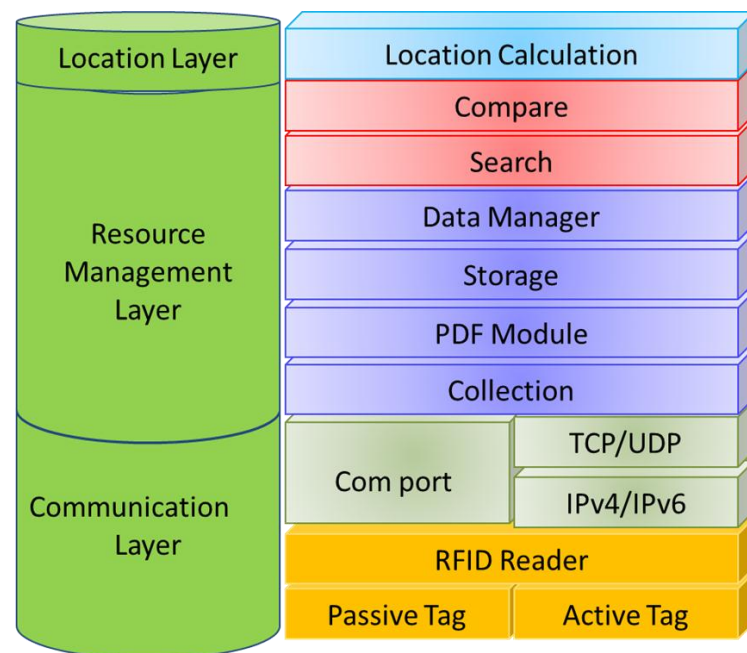


圖 4、RFID 定位系統架構

底層之溝通層主要負責 Reader 與 Tag 間之資料傳輸，並將 Reader 所收集到之資訊透過網路傳送，或是 Com port 界面傳輸。中間資源管理層部份，將 Reader 所收集到的資料，整理成為有用之資訊並傳送至後端主機做儲存並進一步利用。最頂端之定位層則為依此資源管理層所整理出的資料，進行搜尋與比對後找出較接近目標標籤的資料並送至此層做定位運算，此部份待系統實作章節詳細介紹。RFID 定位系統之架構圖，下列將詳細說明本研究系統架構之三層：

(1)、Communication Layer

此部份為實體設備 RFID Reader 與標籤間之溝通，藉由 RFID Reader 讀取各標籤的資料，再將相關資料傳至資源管理層進行處理。RFID 相關資訊與運用原理之詳細說明於第 2 章節介紹。

(2)、Resource Management Layer

此部份主要分為兩大項，分別為 Data Manager，負責資料之收集、PDF 處理相關資訊與儲存。另一部份為資料搜尋與比對，透過此步部份減少以往大量運算的浪費。以下將分項項細說明：

1. Data Manager：

◆ Collection：有效收集來自 Reader 傳送之讀取資料，並轉送至 PDF Module 進行資料處理。

◆ PDF Module：假設在同一個訊號強度時，其隨著距離 d 遠近其機率密度分佈為 log-normal distribution，並透過 log-normal distribution 的機率密度函數(平均值為 μ ，標準差為 σ)公式求出此標籤訊號強度對應之相對距離，計算後將標籤所有資料送至資料庫儲存。

◆ Storage：此部份存儲所有標籤的相關資料包含標籤實際位置、訊號強度與 RFID Reader 實際距離以及使用 PDF Module 求出來的距離。

2. Data Search / Compare：目標資料透過此階段與訊號紋資料庫中參考標籤之相關資料進行搜尋比對，系統將找出與目標標籤位置近似的資料，並篩選出四個較接近的參考標籤進行目標位置的定位。

(3)、Location Layer

此部份將引用 LANDMARC 定位算法，進行定位計算相關說明如下：

◆ 第一步先將參考標標籤做位置的標示，並記錄相鄰的標籤。

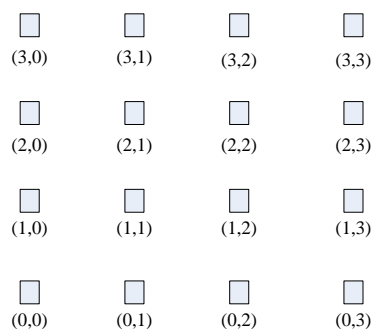


圖 5、參考標籤位置標示

◆ 第二步透過資源管理層找出四個鄰近參考標籤資訊，並進行下一步標籤選取如下圖：

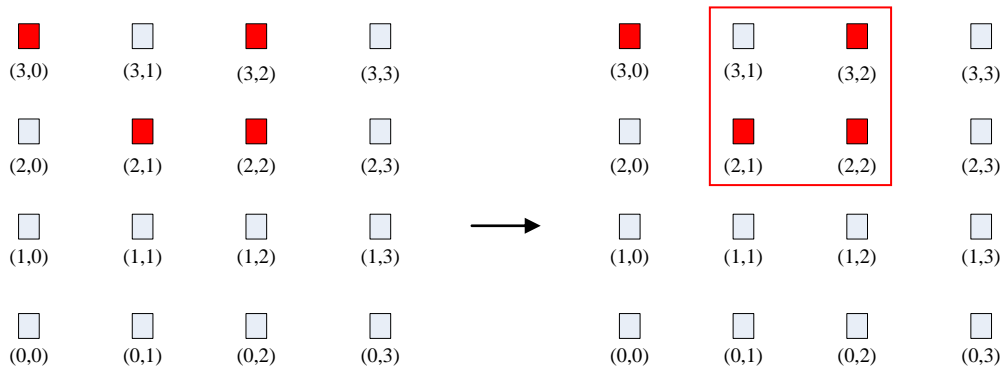


圖 6、找出最相似的參考標籤

圖 7、再次篩選參照標籤

◆ 第三步再透過篩選過後的參照標籤進行定位計算，求出目標標籤的位置。

二、研究方法

本研究之研究方法主要分為兩部份，分別為 (1) 離線階段 (Offline Phase)、(2) 在線階段 (Online Phase)。

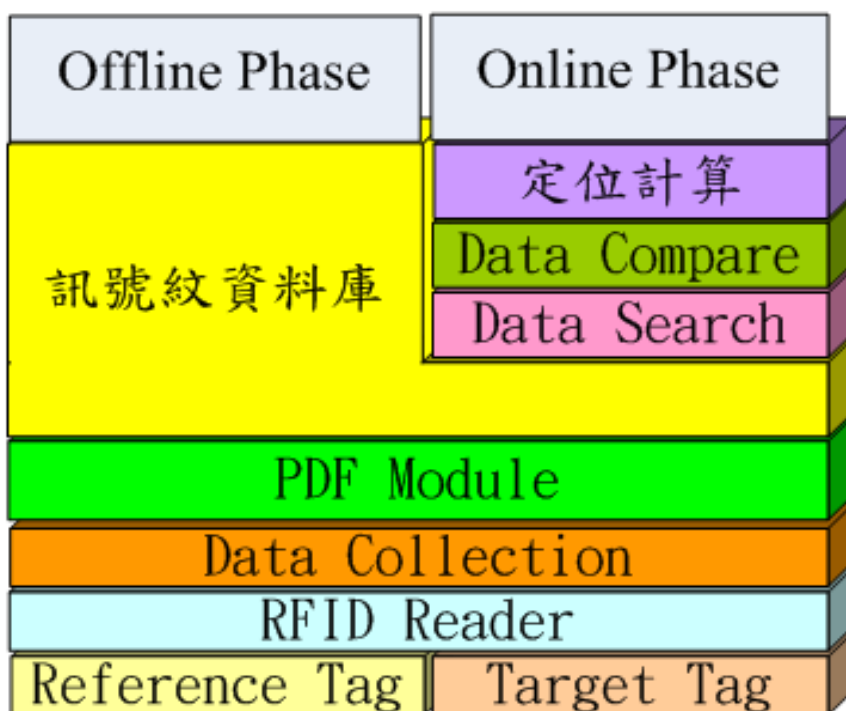


圖 8、系統架構圖

首先在系統執行前先建立機率密度函數 (Probability Density Function，簡稱 PDF) 模型，並收集 Tag 的訊號強度 (RSSI) 與各距離的關係，並建立一套訊號紋資料庫作為 RSSI 的參考依據。

(1) Offline Phase

在離線階段先將參照標籤 (Reference Tag) 佈署於實驗環境中，並透過 RFID 讀取器 (Reader) 的掃描將參照標籤的訊號強度經過 PDF 模型計算並且將每參照標籤的位置、RSSI 與讀取器之間距離關係記錄回訊號紋資料庫中。

(2) Online Phase

在此階段為定位目標標籤的位置計算，由 RFID 讀取器掃描目標標籤並且將目標標籤的 RSSI 透過 PDF 模型計算出相對的距離並且記錄下來，接下來透過比較模型將 PDF 模型計算目標標籤的相對距離去比對訊號紋資料庫中，選取出較接近的參照標籤。

接著透過選出來的參照標籤進行篩選，選出四個參照標籤實際位置相近來進行下一步的計算，再來判斷選出的四個參照標籤是否為一個矩形的關係，如果不是將一直選取至四個參照標籤為矩形為止，並透過 LANDMARC 定位計算來算出目標標籤的座標位置。

肆、結論與未來方向

室內空間的定位技術在這幾年來已經漸漸獲得大眾的注意而相繼的投入研究。本研究預期能夠透過機率密度函數 (PDF) 模型做為 RSSI 的參考進而改善 RSSI 不穩定之情況，並透過比較挑選機制能夠減少 LANDMARC 定位計算之浪費，進而能夠更快速且精準的定位出目標位置。

在未來我們也將針對如何減少使用此方法的負擔與增加定位的準確度做進一步的研究，以設計一套理想的事件定位追蹤系統，應用於 RFID 室內定位中。

伍、誌謝

本研究承蒙國科會計畫之補助支持，核定計畫編號為 NSC100-2218-E-020-001 及 NSC100-2218-E-020-002，特此誌謝。

陸、參考文獻

- 【1】 Bahl, P. and V. N. Padmanabhan, "RADAR: An Inbuilding RF-based User Location and Tracking System," *Proceeding of IEEE INFOCOM*, 2000, Vol.2, pp.775-784.
- 【2】 Bahl, P., V. N. Padmanabhan, and A. Balachandran, "Enhancements to the RADAR User Location and Tracking System", *Microsoft Research Technical Report*, 2000.
- 【3】 Diggelen, F. V., "Indoor GPS theory & implementation," *Proceedings of IEEE Position, Location & Navigation Symposium*, 2002, pp.240-247.
- 【4】 Hightower, J. and G. Borriello, "A Survey and Taxonomy of Location Sensing Systems for Ubiquitous Computing", *IEEE Computer*, 2001.
- 【5】 Hightower, J., R. Want, and G. Borriello, "SpotON: An Indoor 3D Location

Sensing Technology Based on RF Signal Strength,” *Technical Report, UW CSE 00-02-02*, University of Washington, 2000.

- 【6】 Hightower, J., G. Borriello, “Location systems for ubiquitous computing,” *IEEE Computer*, 2001, Vol.32, No.8, pp.57 - 66.
- 【7】 Jeffrey Hightower and Gaetano Borriello, “SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength”, *Proceedings of the UWCSE Technical Report*, #2000-02-02, February 18, 2000, pp.1–16.
- 【8】 Manapure, S. S., H. Darabi, V. Patel and P. Banerjee, “A Comparative Study of Radio Frequency-Based Indoor Location Sensing Systems,”*Networking, Sensing and Control, IEEE International Conference*, 2004, Vol.2, pp.1265-1270.
- 【9】 Mauve, M., A. Widmer, and H. Hartenstein, “A survey on position-based routing in mobile ad hoc networks,” *IEEE Network*, vol. 15, NO.6, 2001, pp.30-39.
- 【10】 Ni, L. M., Y. Liu, Y. C. Lau and A. P. Patil, “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID,” *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, 2003, pp.407-415.
- 【11】 Orr, R.J. and G.D. Abowd, “The Smart Floor: A Mechanism for Natural User Identification and Tracking,” *Proc. 2000 Conf. Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, New York, 2000.
- 【12】 Priyantha, N. B., A. Chakraborty and H. Balakrishnan, “The Cricket Location-Support System,” *Proceeding of the 6th ACM MOBICOM*, 2000, pp.32-43.
- 【13】 Pahlavan, K., L. Xinrong, J.P. Makela, “Indoor geolocation science and technology,” *IEEE Communications Magazine*, Vol.40, No.2, 2002, pp.112 -118.
- 【14】 Prasithsangaree, P., P. Krishnamurthy and P. K. Chrysanthis, “On Indoor Position Location with Wireless LANs”, *Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, Vol. 2, 2002, pp.720 -724.
- 【15】 Want, R., A. Hopper, V. Falcao, J. Gibbons, “The Active Badge Location System,” *ACM Transaction on Information Systems*, 1992, Vol.40, No.1, pp.91-102.
- 【16】 Ward, A., P. Osborn, J. Newman and S. Hodges, “The Bat Ultrasonic Location System,” 1997, <http://www.uk.research.att.com/bat/>.
- 【17】 Yi-Shyuan Wu, ”The Research of two-dimensional positioning algorithm for RFIS system”, *M.S. thesis*, National Taipei University of Technology, 2007.
- 【18】 曲威光，通訊科技與多媒體產業，新陸書局股份有限公司，2004。
- 【19】 曾煜棋,潘孟鉉,林致宇，無線區域及個人網路：隨意及感測器網路之技術與應用，加樺國際股份有限公司，2006。
- 【20】 吳政樺，“主動式 RFID 系統設計應用於二維平面定位服務”，碩士論文，國立台北科技大學，台北，2005。

Improving the Accuracy of RFID Indoor Positioning System Using Probability Density Function

Sih-Ying Li

Department of Management Information System, National Pingtung University of Science
and Technology

M9956006@mail.npust.edu.tw

Hsu-Yang Kung*

Department of Management Information System, National Pingtung University of Science
and Technology

kung@mail.npust.edu.tw

Mei-Hsien Lin

Computer Center, National Pingtung University of Science and Technology

mshlin@mail.npust.edu.tw

Zhi-Jun Zhang

Department of Management Information System, National Pingtung University of Science
and Technology

M10056033@mail.npust.edu.tw

Abstract

The evolution of Information Technology has developed in recent years, such as wireless network technology, position technique etc. There are many position systems that use Global Position System (GPS) to assist location, but GPS doesn't be used in the indoor environment. Many technologies are proposed for indoor positioning, and RFID is one of them. Many of positioning base on RFID usually use RSSI technology to assist in the indoor positioning, but RSSI is often limited by radio frequency interference and environmental factors, that affect the accuracy of position in a complex indoor environment. Therefore, the paper proposes to use Probability Density Function (PDF) for improving the accuracy of indoor positioning. This study is divided into two phases that include the offline phase and the online phase. In the offline phase, first of all reference tags layouts for the indoor fixed location, and the reference tags of values of RSSI or relative information of that are recorded in database are computed from the offline phase. In the online phase, values of RSSI or relative information of tracking tags are calculated and compared them with information of reference tags of database. Then we find four reference tags of the similar data to calculate the coordinates of tracking tags by Landmarc Algorithm.

Keywords: RFID, RSSI, indoor localization, Probability Density Function