

室內無線區域網路定位服務演算法與系統架構之研究

林永松、俞瑩珍、余俊達、顧育先

國立台灣大學資訊管理學系

{yslin, r91001, r91023, r91016}

@im.ntu.edu.tw

劉惠玲

財團法人資訊工業策進會

huiling@iii.org.tw

摘要

越來越多的技術需要以使用者定位技術為前提來發展，而且無線區域網路技術的普及率逐漸升高，利用無線區域網路技術做室內定位服務的可行性便大為提高。本篇分析目前幾種可行的無線區域網路定位服務相關技術，並針對室內環境定位服務問題做探討。目前市場上普及率最高的無線區域網路為 IEEE 802.11b 標準，利用此一標準可有效地降低建置定位服務的成本，也更有助於推廣。因此本篇就以 IEEE 802.11b 標準為基礎，提出一個完整的架構，包括訊號強度擷取、資料庫建置、與定位演算法。透過本架構所估計出的位置精準度高，並且在建置定位資料庫時只需少量的成本來做實地測量，兼具定位系統可靠性與降低系統建置所需的人力與時間成本。

關鍵詞：室內定位服務，室內定位演算法，無線網路，訊號強度指標。

一、簡介

隨著 3G 與無線網路的普及，許多學者紛紛提出無線網路上相關的應用技術，而對無線網路的使用者做定位便是一個新興話題。空間中的定位不僅可以幫助使用者辨識方位，並可以提供使用者所處位置的相關資訊，例如展覽場地的促銷活動與博物館的使用者導覽[5][9]。

定位系統可以用在室內環境與室外環境。雖然兩個系統的應用目的大同小異，但技術上卻因為室內環境擺設複雜、精密度要求較高，所以在實作上相對困難許多。本論文針對室內環境定位的應用提出一套完整的架構，包含在 IEEE 802.11b 的無線網路環境中如何正確取得來自各個 AP (Access Point) 的訊號資料、AP 應要如何擺設以提升系統定位的正確性、如何經由推估的方式而降低定位系統的建置成本、以及收到相關訊號資料後如何轉換為位置資訊等幾個主要議題。

本論文在第二章提出相關資料與文獻探討，說明目前室內環境定位服務之概況與相關研究議題；第三章提出定位系統架構：訊號擷取、資料庫建置，以及定位模組；最後，也提出尚待研究之議題與未來研究方向，並對本論文提出結論。

二、相關資料與文獻探討

2.1 無線區域網路定位服務相關技術

應用在無線區域網路環境之定位服務的相關技術可以分為無線區域網路傳輸平台與定位模式兩大部分。

2.1.1 無線區域網路傳輸平台

無線區域網路使用 Bluetooth、IEEE 802.11 family、HiperLAN2、HomeRF 這類的通訊協定形成一個小區域的網路。目前廣泛的使用於特定場合中，比如：辦公室、機場、咖啡館。目前最為普及的是 IEEE 802.11 系列，也是本研究的目標平台。

802.11 是 IEEE 最初制定的一個無線區域網路標準，主要用於解決辦公室區域網路和校園網路中行動裝置與基地台的無線接入，速率最高只能達到 2 Mbps；IEEE 802.11a，它工作在 5 GHz U-NII 頻帶，實體層速率可達 54 Mbps，傳輸層可達 25 Mbps，採用正交頻分多工 (OFDM) 的獨特展頻技術，可提供 25 Mbps 的無線 ATM 介面和 10 Mbps 的乙太網路無線結構介面；IEEE 802.11b，目前頻寬最高可達 11 Mbps，也可根據實際情況採用 5.5 Mbps、2 Mbps 和 1 Mbps 頻寬，實際的工作速度在 5 Mbps 左右，與普通的 10Base-T 規格有線區網幾乎有相同的表現水準，並且使用的是不需申請使用執照的 ISM 2.4 GHz；最後一個相關系列 IEEE 802.11g，是一種混合標準，它既能適應傳統的 802.11b 標準，在 2.4 GHz 頻率下提供每秒 11 Mbps 資料傳輸率，也符合 802.11a 標準在 5 GHz 頻率下提供 56 Mbps 資料傳輸率。

2.1.2 定位模式

目前在無線網路環境下進行定位服務的定位模式大致有以下四種[11] [12] [13]：

- **收訊角度法 (Angle of arrival, AOA)**
利用天線偵測接收行動裝置訊號的角度進行有效的定位。
- **收訊時間差 (Time of arrival/Time difference of arrival, TOA/TDoA)**
利用訊息在接收端與傳送端間傳送所花費的時間差求出兩者的相對距離。
- **時間差與收訊角度混合法 (Hybrid angle and time of arrival)**
結合上述兩種作法，配合時間差以及 AP 收到訊號的角度對所在位置做定位。
- **訊號強度法 (Received signal strength approach, RSS)**
利用行動裝置偵測不同位置所收到訊號強弱的方式，進一步做到定位的功能。

其中以訊號強度法較適合室內環境使用，前三種方法在室內環境受到多重路徑 (multi-path) 問題的影響程度大，並且訊號強度法對於位置移動時訊號強弱的變化是比較可預期的，也就是所得位置相依變數有較高的量測精確度。

在定位服務系統中要能正確估計使用者所在位置，包含兩個步驟：1. 蒐集位置相依變數 2. 利用這些變數轉換成定位資訊。

蒐集位置相依變數是在定位系統建立時建置場地位置資料庫，以供定位時進行比對。基於訊號強度法的定位模式目前可行的方式有以下兩種：

- **實地測量法 (Measurement space method)[11]**
實地測量法的定位方式，在定位環境中先就數個重要位置測量取得確定的位置訊號強度，並儲存於位置資料庫中。
- **傳播模式推估法 (Propagation model method) [3]**
傳播模式推估法利用波的傳播模式，考量在不同無線網路環境下可能會得到的環境相依變數，如各種不同環境因素（室內擺設、其他電波干擾…等），計算在相對應的位置，應該會收到多少訊號強度。

當系統實際運作進行定位時，利用當時所測得的位置相依變數與場地位置資料庫比對，而轉換成定位資訊，可行的方式為：

- **判定法 (Deterministic)[4] [5] [11]**

取到當時位置相依變數後，比對資料庫中的事前位置相依變數，經由比對運算，最接近的一組位置相依變數的對應位置為目前使用者所在位置。

- **機率法 (Probabilistic) [3] [6] [7]**

利用統計上條件機率的方式，根據使用者目前所在位置，求出在現有條件下（訊號能量強度、收到訊號來源等）使用者最有可能的位置。

利用統計法，所有的環境變數所帶來的問題（多重路徑、訊號受物品擺設影響…etc）都不會對模式參數帶來太大影響。所以也成為最多人使用的方式。

2.2 室內環境定位服務問題探討

室外環境定位與室內環境定位兩者個別有不同的考量：對於室外環境來說，多為寬廣的地區或是大型的障礙物，訊號的多重路徑比較不明顯，因此在室外環境定位時障礙物的影響較小。另外，室外環境相對於室內環境，使用者平均移動的速度較快，因此必須考量訊號傳遞與接收上的時間差。本研究主要探討室內環境定位服務，所以底下就影響室內環境定位服務的因素做探討：

障礙物

障礙物為影響室內環境定位的最重要的因子，在室內環境中常常會擺設各式各樣的家具或裝飾，這些物品對於訊號的吸收率各有不同，而這些物品的擺設又往往不是很規律，使得無線訊號在室內傳遞時很容易被物品所吸收，因此這些物品的位置和材質便成為影響訊號推估室內位置的最大因素。另一方面，人體的組成百分七十以上是水，所以人本身就是一個很會吸收無線訊號的物品，當人數變多或人移動頻繁的時候，訊號的變動率就會更大，考量室內定位時不能忽略這個因素。

因為障礙物會吸收訊號，相鄰位置的訊號強度變動量就會變大，所以反而能判斷出使用者位置的改變，因此妥善地利用障礙物能使室內定位服務更精準。

室內範圍

室內環境相較於室外環境範圍較小，訊號在室內傳遞時容易會因為障礙物或牆壁而反射，多重路徑的狀況也相對的嚴重許多，這使得收到的訊號會被混淆、訊號強度會有不穩定的變動。另一方面，室內環境範圍較小所以訊號的時間短，這使得利用時間差推估位置的精準度下降；對於利用訊號強度推估位置而言，

也會因為訊號強度的變動率太低而使得精準度也不高。

因為室內環境的範圍較小，所以相反地，需要佈建的 AP 比室外環境所需要還少就可達成精準的效果，而且精準度比室外環境的定位高。

其他因素

除了上述兩種因素之外，其他的環境因素也會影響訊號的接收。這些因素有溫度、溼度、其他同類型無線訊號干擾的影響等等。溫度與溼度皆會影響訊號的傳輸速度，這對透過訊號時間差來推估位置的方法來說會有極大的影響；其他同類型無線訊號的干擾，例如靠近基地台附近或在微波爐附近，如果這些頻率與我們所使用的訊號強度相近，則可能會嚴重地影響到訊號接收的品質，進而改變室內定位的精準度。

不同的室內環境就有不同的擺設，因此在做室內環境定位時，必須考量以上的因素，並針對每一項因素再做校調，以便滿足各種不同環境的需求。

三、系統架構

室內定位系統：使用者手持行動裝置在定位環境中移動，而系統將針對場地中的手持裝置做定位。我們假設場地中的多個 AP 會不斷發送無線訊號給行動裝置，而位於 ϕ 的行動裝置便可將該時間間隔收到來自 AP 的訊號強度以 $RSSI_{\phi}$ 的形式 (RSSI, Received Signal Strength Indicator) 交由中央控管伺服器做定位服務，並由中央控管伺服器依照所在位置提供必要資訊。所以，整個系統會形成一個三層式架構，包含資料庫、中央控管伺服器，以及行動裝置等，圖 3.1 所示：

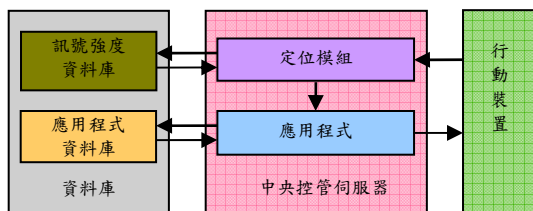


圖 3.1 系統架構元件圖

● 資料庫

資料庫負責儲存場地相關資訊以及使用者在特定位置中系統所要提供的資料。在場地相關資訊部分，包含場地配置、障礙物訊號衰減率、位置訊號強度、以及不同環境條件下的決策資訊。在定位環境佈置部分，系統在正式上線前需要將完整的場地資訊輸入，這部分將

於後面詳述。而位置訊號強度則儲存了在特定位置下所收到的訊號強度，其格式為：

Position (x,y)	ϕ
Received Signal Strength at ϕ	$RSSI_{\phi}$
Barrier type and loss dB value at ϕ	B_{ϕ}

另外，因為環境的不同也會影響行動裝置所收到 AP 的訊號強度，故資料庫也儲存不同環境下的訊號強度，例如使用者密度、通訊頻道干擾程度等。

● 中央控管伺服器

中央控管伺服器包含了應用程式與定位模組兩大部分。定位模組負責將行動裝置傳送過來的訊號轉換成使用者位置的相關資訊，而應用程式則依據使用者的位置與個人資訊傳送必要資訊。另外，中央控管伺服器也負責在不同環境條件下所應選用的資料庫，如不同使用者密度的訊號強度資料庫。

● 行動裝置

行動裝置負責與使用者溝通，此行動裝置可能是 PDA、手機等，負責將每個時間間隔所收到的各個 AP 訊號強度傳送到中央控管伺服器，並作為系統與使用者間溝通的橋樑。

本章後面接著針對行動裝置上的訊號擷取方法、資料庫建置，以及定位模組作細部說明。

3.1 訊號強度 (RSSI) 擷取：

收集訊號強度有多種方法，其中最精準的莫過於利用額外的硬體裝置偵測訊號強度，但是此種方法需要額外的成本，而且此種額外的硬體裝置攜帶不易。另一種則是利用 IEEE 802.11 行動裝置裡的無線電波接收晶片，這晶片本身就有偵測訊號強度的能力，透過這些晶片，行動裝置可以找到其它偵測到的無線行動裝置，例如 AP 或另一台行動裝置。本研究即是利用行動裝置中的無線電波接收晶片所提供的功能來偵測訊號強度，缺點是準確率較低，但是尚能滿足本研究的需求，優點是無需負擔額外的成本。

本研究利用 Linux 作業系統上由 Jean Tourrilhes 所開發出來的 Wireless Extension API[14] 與實體層的無線電波接收晶片做溝通，以取得目前行動裝置所能偵測到週遭所有的 AP 訊號強度。Wireless Extension 套件剛開始是由 Hewlett Packard 所維護，用意乃在提供一個開放原始碼的無線網路驅動程式，讓 Linux 上的開發者可以對 802.11b 的無線網路卡取得更多資訊。在 Linux Kernel 2.2.14 之後，Wireless Extension 就被放入預設的 Kernel 套件中，只要較 Linux Kernel 2.2.14 更新的 OS

即可呼叫這些 API，而這些 API 依然持續地更新中。

藉由 Wireless Extension 所提供的 Scanning 模式，行動裝置可以輕易地掃描以自己為中心，所有鄰近訊號強度高於某個門檻的所有 AP，並取得這些 AP 的連線品質、訊號強度、以及噪訊比。本研究修改原本 Wireless Tools 中的 iwlist 程式，使行動裝置只針對鄰近 AP 的訊號強度做追蹤，行動裝置每半秒去掃描一次鄰近的區域。所收到的訊號強度皆用 dBm 來衡量，因此針對不同的 AP 並不會有測量單位不同的情形。另一方面，每一台 AP 皆有自己獨一無二的 MAC address，因此我們利用 MAC address 來辨認每一台 AP，而不是利用換變動的 IP Address。最後並把取得的訊號強度和相對應 AP 的 MAC address 傳回中央控管伺服器，中央控管伺服器收集這些資訊以便利用此一資訊做行動裝置的定位。

3.2 資料庫建置

在定位系統中，資料庫的建置與 AP 擺放位置，乃至於演算法的訂定，都是息息相關、牽一髮而動全身的幾個要素。本節將針對整個系統的實際運作與必備的幾項準備工作提出探討。

3.2.1 輸入場地資訊

由於室內環境的擺設與格局對於 AP 訊號強度與使用者的移動模式都有顯著的影響，所以在系統建立的第一步就是先輸入定位場地的相關資訊。

本研究希望開發出的定位系統精準度能達到 2 公尺以內，所以我們會將欲作定位的場地之長和寬各以一公尺為單位，將該場地進行切割，下圖即為一 15m * 10m 的場地，共切割成 150 個 1m*1m 的區域。

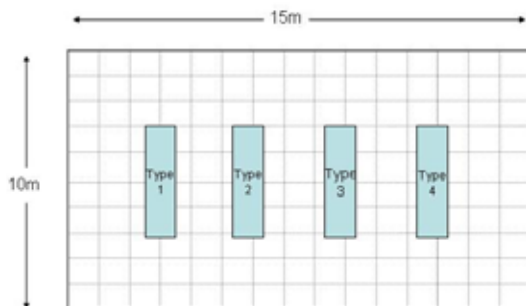


圖 3.2 場地資訊圖

場地所切割出來的每個區域以 ϕ 來記錄，我們需要對於進行定位的場地實際做測量，記錄該場地中存在的障礙物，包括了每一個切割出來的區域上是否存在有障礙物，並且記錄該障礙物所造成的 loss dB 值，描述場地

內所有障礙物的型態與其種類。

透過這個階段對於定位場地進行實地測量，並且透過將實際障礙物的存在轉換成該障礙物對於訊號強度衰減率，即可建立出供本系統運作的定位場地相關資訊。

3.2.2 決定測量點

在前一個步驟，我們將欲定位的場地依其長寬分為 $m*n$ 的區域，理論上需要針對這 $m*n$ 的區域分別測量每個區域接收到來自每個 AP 訊號強度的值，但是如果真的對於每個分割區域實際進行測量，則需要耗費大量的人力與時間成本，因此，我們提出了一個僅需要對於某些特定點進行實際量測 AP 訊號強度的方法，簡化了整個測量的程序。

首先，由使用者先從場地中決定出重要的觀察點，也就是這些點的定位準確性是使用者所重視的，因此我們需要實際進行訊號強度測量來提高定位精準度，所有這些點將被選為測量點。

接著，由於相關的研究與先前的實驗指出，障礙物對於所測量到訊號強度的影響非常明顯，因此，我們提出一個 heuristic 的演算法，針對每一個分割區域來考量，如果該點周圍 3*3 的範圍內如有障礙物，並且周圍前後左右都沒有測量點，則該點將被選為測量點；並且，如果該點周圍 5*5 方格內沒有任何其他測量點，則該點也將被選為新的測量點。此 heuristic pseudo code 如下：

```
for all (positions without barriers){
    if ( there are barriers within the 3*3 square of the
        position && there are no other selected position)
        the position is selected;
    elseif ( there are no barriers and other selected
        position within the 5*5 square of the position )
        the position is selected;
}
```

圖 3.3 決定量測點 heuristic 演算法

在此階段，我們依據使用者的需求與場地中障礙物的影響，決定出在該場地中需要實際進行訊號強度測量的區域。

3.2.3 決定 AP 位置

本系統在建置時另一個考量是 AP 的擺放位置，如何在欲作定位的場地中決定 AP 放置的數目與這些 AP 放置的位置，使得在本系統中能夠對於使用者位置定位的精準度達到最高，更使得整體系統運作達到最佳化的效果。

在此可以透過一個 mathematical model 來定義與分析此問題，首先已知 AP 訊號強度的 propagation model，我們可以藉此推測每個觀察點的訊號強度值，另外也已知場地中障礙物的分布情況，透過這些資訊，我們希望將每個觀測點之間所推出的訊號強度差異能夠盡量擴大，以提高定位的精準度，我們將此問題 model 成 max min 問題，將訊號強度差異最小的兩點差異最大化，而決定出適合在場地中架設 AP 的數目與其擺設位置。

3.2.4 訊號強度的測量與推估

在第 2 個階段我們決定出了實際進行訊號強度測量的位置，而在上個階段也決定出 AP 架設的位置，因此在此階段我們先分別針對這些選定的測量點，實際量測該點偵測到來自各個 AP 的訊號強度值。由於根據相關的文獻與實驗結果，行動裝置所面對的方向，對於訊號強度的影響也非常顯著，所以針對每個測量點，我們需要對於 4 個不同的方向皆進行測量，並且每個方向重複測量 10 次以取得平均的訊號強度值。

接著針對沒有實際測量的位置，我們透過訊號強度的 propagation model 來進行推估，由此我們可以求出場地中每個位置訊號強度的推估值，又因為我們對於選定的測量點作過實際的訊號強度量測，因此，透過這些測量點準確的測量值與我們透過 propagation model 的推估值，我們可以得到兩者之間的差異。而透過所有測量點的測量值與推估值的差異，我們由距離平方的倒數作為權重，對於其他所有場地中的位置所推估的訊號強度值進行修正。

因此在這個階段，我們已經完成欲定位場地訊號強度資料庫的建置，作為實際進行定位時，系統判斷使用者位置的依據。

3.3 定位模組

假設在上述訊號強度的資料庫建置已完成，並且經過多次實地測量與紀錄，而中央控管伺服器有能力選出最符合目前環境狀況(如天氣、人數、濕度等)的資料庫來做參考的情況下，剩下的問題就是如何在及時環境下應用已建置好的訊號強度資料庫判斷使用者所在位置。假設在及時環境中， t 時間下所收到的訊號強度是 $RSSI_{\phi}[t]$ ，則透過挑出資料庫中「最接近的信號強度」來找出恰當的對應位置，就是下一步動作。

根據這個想法可以容易的延伸為：越接近該位置點所偵測到的及時訊號強度 $RSSI_{\phi}[t]$ 會越接近該位置在資料庫中所儲存的訊號強度資訊 $RSSI_{\phi}$ ，也就是除了一些誤差或其他因素影響，理論上位在相同地點應該會有相同的訊

號強度。對於一般的向量而言，所謂相似程度，可能包括歐基理德距離 (Euclidean distance) 以及曼哈頓距離 (Manhattan distance) 等。

然而因為環境與誤差等因素，常會使得系統所衡量出來的使用者所在位置會有多個「接近的信號強度」，也就是資料庫中同時有多個信號強度與 $RSSI_{\phi}[t]$ 的比對後符合否一個特定信心水準。為了解決這個問題，本研究認為可以配合上使用者的移動軌跡加以修正，把給定前一時間使用者所在位置的條件下，使用者出現在特定範圍的機率列入考量加以修正，做為環境因素的調整。在「接近的信號強度」部分，本研究透過餘弦 (Cosine) 值距離計算兩個向量間的距離，作為兩信號強度相似程度的指標；而移動軌跡，則採用 Viterbi Algorithm [7] [15] 的觀念來引入使用者在前面幾次移動位置的軌跡，每次系統都維持記錄使用者前 h 回合的所在位置，我們稱之為「Modified Viterbi Algorithm」。經過 h 回合後，便可得出一組機率值，最大的機率值就是系統宣稱使用者所在的位置。

我們可以將定位演算法定為(1)式：

$$\phi_t = \arg \text{Max} \left\{ p(\hat{\phi}_t | RSSI[t]) \times \prod_{i=0}^{h-1} p(\hat{\phi}_{t+i} | \hat{\phi}_{t+i-1}, \hat{\phi}_{t+i-2}, \hat{\phi}_{t+i-h}) \right\} \quad (1)$$

$$\forall p(\hat{\phi}_t | RSSI[t]) > \pi$$

其中 $p(\psi | RSSI_{\psi}[t])$ 是考慮在給定 $RSSI_{\phi}[t]$ 的訊號強度下，使用者最可能位於 ψ 的機率；而 $p(\phi_{t+i} | \phi_{t+i-1}, \phi_{t+i-2}, \phi_{t+i-h})$ 則是在已知前 $t+i-1$ 、 $t+i-2$ 、 $t+i-h$ 時間點下，推估出使用者在 ϕ_{t+i} 的機率。此時，系統不再是對最新的使用者位置作定位運算，而是先對前 h 個回合內的 $RSSI_{\phi}[t]$ 一一記錄下，只要每次收到新的 $RSSI_{\phi}[t]$ 便更新整個紀錄，然後依據上式計算前 h 個回合使用者所在的位置。當下一次又收到 $RSSI_{\phi}[t]$ 時，再刪除最舊的一筆資料，使得整個紀錄維持在 h 筆。

所以，系統每隔一段時間觀測使用者的 $RSSI_{\phi}[t]$ ，並到資料庫中搜尋比對，找出大於信心水準 π 的 $p(\psi | RSSI_{\psi}[t])$ ，也就是 $RSSI_{\phi}[t]$ 和資料庫中 $RSSI_{\psi}$ 兩向量的餘弦值大於所定義的信心水準者，將這幾個 $RSSI_{\phi}[t]$ 所對應的位置座標儲存。同一回合的 k 個座標相當於圖 3.4 中的一行，然後不斷重複比對與蒐集資料的動作，則第 i 個回合到第 $i+h$ 個回合之間所紀錄的座標恰好如圖 3.4 所示，是一個 h 行的格狀交織圖 (Trellis Diagram) [1] [2] [15]。

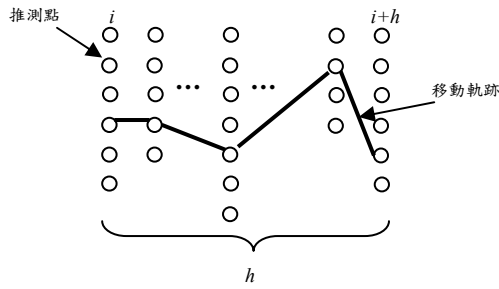


圖 3.4 格狀交織圖

而至於 Modified Viterbi Algorithm 中相鄰任兩點之間的邊長成本，也就是 $p(\phi_{t+i} | \phi_{t+i-1}, \phi_{t+i-2}, \phi_{t+i-h})$ ，可以透過記錄使用者的移動軌跡來調整系統精確度。我們認為：使用者移動方式通常在「前進」、「轉彎」或「停留」的時間會遠高於「後退」的時間。基於這個假設，我們可以透過 ϕ_{t+i-1} 與 ϕ_{t+i-2} 兩點連線的法線 $L1$ 將地圖切割成短期趨勢中的前進與後退方向，以機率 α 與 $(1-\alpha)$ ，配合 ϕ_{t+i-1} 與 ϕ_{t+i-h} 兩點連線的法線 $L2$ 將地圖切割出的長期趨勢中前進與後退方向，以 β 與 $(1-\beta)$ 表示。 $L1$ 與 $L2$ 的切割圖如圖 3.5。

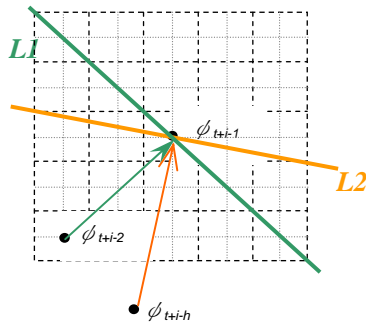


圖 3.5 使用者移動方向之長、短期趨勢

則由 $L1$ 與 $L2$ 交織出的四大區塊，將使用者前進方向切分成不斷前進、前進或轉彎、與後退的機率，即 $\alpha\beta$ 、 $(1-\alpha)\beta$ 、 $\alpha(1-\beta)$ 、 $(1-\alpha)(1-\beta)$ 。其中 α 與 β 透過實地測量方可得知。使用者移動趨勢與機率，如圖 3.6：

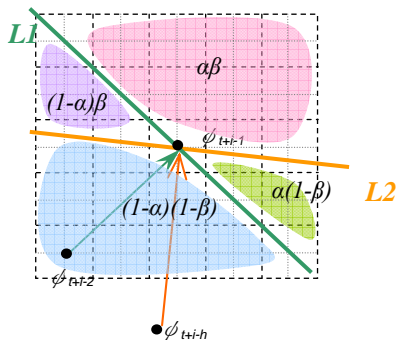


圖 3.6 使用者移動趨勢與機率圖

至此，每一個特定移動軌跡機率已經可以被求出，並正確決定出 h 回合前使用者所在的位置座標值。然而， h 的大小關係到本演算法的正確性，因此直接影響定位系統的精準程度，同時 h 愈大會造成時間間隔過長。所以 h 參數的決定會是空間精準度與定位時間差兩者之間的 Trade-off，值得仔細衡量。

四、未來研究方向

由上述討論中得知，目前在運用無線網路定位議題上，仍有許多問題尚待解決。首先，系統選定量測點並完成實地量測後，系統要能夠利用 propagation model 推估未進行量測的觀測點；然而如何能針對定擺設下的觀測點做出有效推測，仍需要進一步實驗證實。其次，場地中的 AP 擺設將會影響系統的精確程度，該問題可透過數學模式作最佳化運算。最後，關於系統定位模組中的許多參數尚未明確，例如 $p(\hat{\phi}_t | RSSI[t])$ 採用的信心水準、Modified Viterbi Algorithm 中的 h 值、使用者移動軌跡中前進與轉彎的比例等，有待後續研究。

五、結論

針對不同位置的使用者所提供的不同資訊，才是對使用者有用的資訊。然而，室內與室外定位有著顯著的差異，室內定位系統無法依照目前常見的室外定位系統理論對小範圍的使用者定位。

本論文整理了目前無線網路傳輸平台、定位模式(AOA、TOA、RSS)與定位的兩大步驟，並探討了室內定位服務的相關議題以及現今室內定位系統的概況。本文也針對室內環境的定位系統提出一套完整架構，除了整體系統架構圖，在實作部分，我們透過 IEEE802.11 行動裝置上的無線電波接收晶片的設定以取得訊號強度資訊，資料庫部分，則由 AP 的擺設與訊號推估最佳化系統效能，最後，引入通訊理論中的 Viterbi Algorithm 的觀念，以使用者過去的 h 個時間間格的移動軌跡強化系統精確度。

然而本研究尚有許多未盡詳實之處，例如系統參數的設定與訊號的推估方法。我們將對這些議題繼續研究，以期能對室內定位的精準度向上提升。

六、誌謝

本研究由經濟部委託財團法人資訊工業策進會新資訊家電系統發展計畫分包辦理。

七、參考文獻

- [1] 蕭至偉, 林永松, 劉惠玲, “室內無線區域網路之定位演算法與系統架構”, 國立臺灣大學資訊管理研究所, 2003
- [2] 林永松, 王台中, 劉惠玲, 陳大鈞, 葉耿宏 賴坤威, “IEEE 802.11b 用於室內定位所面臨之問題及其解決方案”, 國立台灣大學資訊管理研究所, 2003
- [3] I. Abnizova, P. Cullen and S. Taherian, “Mobile Terminal Location in Indoor Cellular Multi-path Environment”, *Proceedings of the Third IEEE Workshop on Wireless LANs*, 2001.
- [4] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, “User Location and Tracking in an In-Building Radio Network”, *Microsoft Research Technical Report: MSR-TR-99-12*, February 1999.
- [5] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, “RADAR: An In-Building RF-Based User Location and Tracking System”, *Proceedings of IEEE INFOCOM 2000*, Vol. 2, pp. 775-784, March 2000.
- [6] R. Battiti, M. Brunato and A. Villani, “Statistical Learning Theory for Location Fingerprinting in Wireless LANs”, *Technical Report DIT-02-0086 Università di Trento*, October 2002.
- [7] M. Berna, B. Lisen, B. Sellner, G. Gordon, F. Pfenning, S. Thrun, “A Learning Algorithm for Localizing People Based On Wireless Signal Strength That Uses labeled and Unlabeled Data”, *International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2003.
- [8] J. Bohn and H. Vogt, “Robust Probabilistic Positioning Based on High-Level Sensor-Fusion and Map Knowledge”, *Ekahau Positioning Engine 2.0 Technical White Paper*, 2002.
- [9] Ekahau Inc., “Ekahau Positioning Engine”, proposed by the Helsinki University and developed in Ekahau.
- [10] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, “A Hierarchical Position-Prediction Algorithm for Efficient Management of Resources in Cellular Networks”, *Proceedings of the IEEE GLOBECOM '97*, pp. 982-986, November 1997.
- [11] P. Prasithsangaree, 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, pp. 720-724, 2002.
- [12] M. O. Sunay and J. Jekin, “Mobile Location Tracking in DS CDMA Networks Using Forward Link Time Difference of Arrival and Its Application to Zone-Based Billing”, Bell Labs, Lucent Technologies, 2001.
- [13] J. A. Tauber, “Indoor Location Systems for Pervasive Computing”, MIT, 2002.
- [14] J. Tourrilhes, Wireless Extension API on Linux, http://www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/index.html, Hewlett-Packard Company.
- [15] R. Perry, A. Vaddiraju, K. Buckley, “Multitarget List Viterbi Tracking Algorithm”, Department of Electrical and Computer Engineering, Villanova University.