

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計劃三:多階隨意網路上位置衍生的服務與應用(I)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2219-E-009-005-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學資訊科學學系

計畫主持人：簡榮宏

計畫參與人員：蔡嘉泰、林鈺翔、方仁佑

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92年10月13日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果
報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※※

※

※

※ 多階層行動隨意網路之設計及實作—子計劃三：

※

※ 多階隨意網路上位置衍生的服務與應（I）

※

※

※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※※

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號： NSC 91-2219-E-009-005

執行期間： 91年8月1日至 92年7月31日

計畫主持人： 簡榮宏

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位： 國立交通大學 資訊科學系

中 華 民 國 92 年 10 月 9 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

多階層行動隨意網路之設計及實作—子計劃三：多階隨意網

路上位置衍生的服務與應 (I)

Location-Base Services and Applications for Multi-tier Ad Hoc Networks

計畫編號：NSC 91-2219-E-009-005

執行期限：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：簡榮宏 國立交通大學資訊科學系

計畫參與人員：蔡嘉泰、林鈺翔、方仁佑

國立交通大學資訊科學系

中文摘要

這近年來，由於台灣廠商大力的投入發展，使得無線區域網路的建置更加普及，進而影響人們在無線區域網路下的使用習性。不論是在室外或室內均希望能有地理位置相關 (location-based) 的服務可使用。而一個位置相關服務的架構中最重要的部分就是定位系統。在本計畫中，我們針對無線區域網路(WLAN)提出了兩個定位方法。即細胞格為主的定位方法(cell-based location determination method)與訊號特徵的定位方法。細胞格為主的定位方法主要是以細胞格的識別碼群來判別使用者的位置資訊，並針對規則及不規則的基地台佈置達到定位的目的；而訊號特徵的定位方法是以位置特徵法 (location fingerprinting approach) 為基本架構，並加以改良採用較少的取樣點達成相同定位的準確度。

關鍵詞：無線區域網路、位置相關、細胞格為主的定位、位置特徵法

Abstract

With the development of Wireless Local Area Networks (WLANs), people are interested in developing the location-based services for WLAN users. The core technology of

location-based services is the positioning system. In this project, we present two positioning methods, the outdoor and indoor environments, respectively. For the outdoor environment, a cell-based method is proposed to determine the user's location and its positioning accuracy is also estimated for the wireless networks with hexagonal and mesh structures. The location fingerprinting method is proposed for indoor environment. In this method, we apply curve filling technique to reduce the sampling data. The experimental results show that our method can achieve a better accuracy.

Keywords: Wireless Local Area Networks, Location-based, cell-based, location fingerprint

目錄

| | |
|------------|---|
| 前言..... | 1 |
| 研究目的..... | 1 |
| 文獻探討..... | 2 |
| 研究方法..... | 3 |
| 結果與討論..... | 7 |
| 參考文獻..... | 8 |
| 附件一 | |
| 附件二 | |

一、前言

近年來無線區域網路快速的發展下，在公共場所(如咖啡店、機場、速食店)、校園等地方均建置了 IEEE 802.11b 的無線區域網路。隨著普及的硬體建置及無線行動裝置的價格下降，使得人們可以在任何時間、地點輕鬆上網獲取所需的資訊。若以固定式裝置與行動裝置的比較，可以很明顯的知道前者的位置是固定不變的，可以很容易的查出其所在地點，而後者因可移動的特性，我們無法確切知道其所在位置。例如，在無線通訊的架構下，僅能知道其所使用的基地台，但基地台的含蓋範圍從半徑 20 公尺到 2 公里都有可能，如此大的區域的位置資訊似乎沒有太大的利用價值。因此，定位技術是發展位置為導向的服務與應用程式的核心技術。

以位置為導向的服務與應用程式能將使用者的位置資訊與地理資訊系統結合，來提供使用者在不同位置下的個人需求，可應用在緊急救援的地點確認[1]、貴重儀器位置追蹤[2]、當地旅遊資訊[3]及交通狀況查詢等的應用服務，其中尤其以緊急救援最迫切需要，在美國聯邦通訊委員會(FCC)甚至規定電信業者須依公佈的時程內完成手機定位的要求，供緊急救援時定位的使用，由此可看出定位的必要及重要性。

目前定位的技術已有不少方法已被提出或實作出來，概分為以下幾類(1)以網路架構為主的解決方法：包含(a)訊號到達基地台的夾角(Angle of Arrival, AOA)[4,5]、(b)訊號到達基地台的時間差(Time Difference of Arrival, TDOA)[4,5]、(c)混合(1)及(2)的方法(AOA+TDOA)[4,5]等，此方法需在網路端加入額外的設備來達成，花費較高，且定位精確度中等；(2)以手機架構為主的解決方法：包含(a)全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)[6,7]、(b)輔助全球衛星定位系統(Assisted-GPS)[8,9]等，此方法的定位需在使用者端加入全球衛星定位系統接收器，且第一次定位的時間較長，但定位的精確度較高。(3)混合第一和第二類型的強化監視式時間差(Enhanced-Observed Time Difference, EOTD)[5](4)以軟體方式的解決方法-強化式細胞識別(Enhance Cell ID, ECID)[5]，此方法的定位精確度介於第一及第二種方法，但花費之成本較二者低。

上述之方法為常見的室外定位技術，然而在室內因為建築物牆壁及地板的阻隔影響，造成上述定位方法獲得的位置資料有誤差。因此，對於室內定位技術[10,11]，另外發展出以下幾種方法(1)利用已存在的網路架構：例如利用無線網路來定位(2)利用額外的網路架構：例如建置紅外線網路系統來偵測使用者位置。一般來說，目前較常採用第一種室內的定位方法，原因是無線網路是現存的網路系統，不需額外的建置費用。相對的，採用第二種室內定位的方法因為要部署一個特別的定位用網路系統花費很高。

在各種定位技術的發展下，以位置為導向的服務與應用程式的日漸增多，所需的位置資訊的精確度也有所不同，並結合各種不同的定位技術來達成，便衍生出整合各種定位技術的需求，使得以位置為導向的服務與應用程式的開發具有模組化的特性，位置閘道器(location gateway)的概念便是來解決此一問題，使得定

位技術除可彈性的調整的優點外，亦可使應用程式降低程式開發的複雜度及簡化新定位技術與原本具位置知覺的應用程式間的整合。

因此，本計畫的三年的計畫中，在第一年將首先完成 IEEE 802.11 無線網路的定位方法的設計，包含室外與室內兩個部分，以符合不同環境下的定位需求。第二、三年的計畫，其研究內容為：(1)位置閘道器(location gateway)的設計與開發（第二年），(2)整合前兩年的系統發展一多階無線隨意行動網路具位置知覺的服務與應用(第三年)。

二、研究目的

目前種各種定位技術的發展，各有其適用之範圍，由於使用者所處的環境的不同，主要可分為室外及室內定位技術兩大類。本計畫將分別針對此兩大類的定位技術各開發出一種可行且準確的定位方法。

在室外定位技術方面，由於建置成本、定位精確度及第一次定位時間的長短等考量因素，在我們研究目前所有室外的定位技術中，以軟體的定位方法-強化式細胞識別為基礎的定位方法較能符合此一要求。因此，本計畫將以強化式細胞識別的定位方法為基礎來加以改良，發展出建置成本低，定位精確度高的定位方法。

在室內定位技術方面，除與室外定位技相同的考量因素外，尚須考慮到建築物的牆壁及地板的阻隔對無線訊號所造成的影響。因此，本計畫將避免利用額外的紅外線網路導致成本的增，利用現存在的無線網路系統為基礎來定位，採用以訊號特徵(signal fingerprinting)的方式來定位，並研究如何減少取樣點數目下，仍能達到未減少取樣點數目的狀況下相似的精確度。

最後，本計畫在完成室外及室內的定位技術後，能讓參與計畫之人員對目前的定位技術有更深一層的認識，並能從中學習到定位的技巧及了解各種定位方法的特性，作為日後改良現有定位方法依據，奠定繼續發展位置閘道器與開發多階無線隨意行動網路具位置知覺的服務與應用程式的基礎。

三、文獻探討

目前各種已發展出來的定位技術可分為兩大類：一是以網路架構為主的解決方法，另一是以手機架構為主的解決方法，其相關文獻技術如下所述：

(1)以網路架構為主的解決方法：

在網路端的中央伺服器負責收集手機的訊號並決定（計算）出使用者的位置。

(a)訊號到達基地台的夾角(Angle of Arrival, AOA)[4,5]

基地台需額外建置一個能辨別訊號送至基地台時的角度的天線，利用使用者與其所有相臨的基地台的訊號夾角，採用三角測量來獲得使用者的位置資訊。

(b)訊號到達基地台的時間差(Time Difference of Arrival, TDOA)[4,5]

基地台需額外建置一個設備，它能辨別訊號送至基地台時的時間差，利用使用者與其所有相臨的基地台的訊號時間差，來獲得使用者的位置資訊。

(c)混合(1)及(2)的方法(AOA+TDOA)[4,5]

(2)以手機架構為主的解決方法：

手機負責接收從網路送出的訊號，並決定（計算）自己的位置。

(a)全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)[6,7]

利用環繞地球的 24 顆衛星，將衛星精確的速度、高度、經度、緯度傳送到使用者的全球衛星定位系統接收器，然後再決定（計算）位置。

(b)輔助全球衛星定位系統(Assisted-GPS)[8,9]

方法類似全球衛星定位系統，但在網路端加入一個位置修正伺服器。因為衛星傳送的資訊會因為地表空氣的折射干擾而產生誤差，故透過此位置修正伺服器將所決定（計算）出的位置資訊加以修正，以獲得較精確的位置資訊。

除上述兩種主要的定位方法之外，尚其他的定位方法：

(1)混合第一和第二類型的強化監視式時間差(Enhanced-Observed Time Difference, EOTD)[5]，是在網路端加入額外的全球衛星定位系統接收器來代替使用者的設備處理位置的計算，並對全球衛星定位系統因大氣層的空氣折射所造成的誤差加以修正，以提高其精確度。

(2)以軟體方式的解決方法-強化式細胞識別(Enhance Cell ID, ECID)[5]，利用基地台發出個別的識別記號(Cell ID)，根據使用者接收到不同的識別記號群組來決定其所在的位置，例如以細胞格為主的定位方法(cell-based position method)。此方法會涉及覆蓋範圍的問題探討(coverage area problem)有整合計算幾何學與圖形理論技術及其相關的演算法來計算[12]，也有採用方位(exposure)配合最短路徑的演算法來解決此問題[13]，亦有利用凸面(convex)區域化簡的方法[14]及以無線電波強度的方法[15]。另外，覆蓋範圍的大小亦會影響頻寬的使用，當範圍大時雖然有服務大範圍區域的能力，但基地台發射功率大，耗電量也大，且頻寬無法重複利用都是其缺點，適用在地廣人稀的區域。反之，雖然服務範圍區域小須要較多的基地台才能含蓋相同的區域，當然建置的成本亦較高，但基地台發射功

率小，耗電量也小，頻寬可以重複利用，適用於地狹人稠的區域，故決定覆蓋範圍的大小須因時、因地制宜來設計，利用功率調整控制的機制[16,17,18]來解決是一可行的方式。

另外，在室內定位技術方面有兩種常用的技術(1)利用已存在的網路架構：例如利用無線網路來定位的 RARDAR[19]系統(2)利用額外的網路架構：例如建置紅外線網路系統來偵測使用者位置的 Active Badge system[20]。

四、研究方法

本計畫要在多階隨意網路上發展位置衍生的服務與應用，基本架構如圖一所示，分為四個主要的功能區塊，(1)定位技術(Location Determination Technologies)(2)位置閘道器(Location Gateway)(3)位置資訊(Location Provisioning)(4)服務應用程式(Applications)，各區塊內基本功能概述如下：

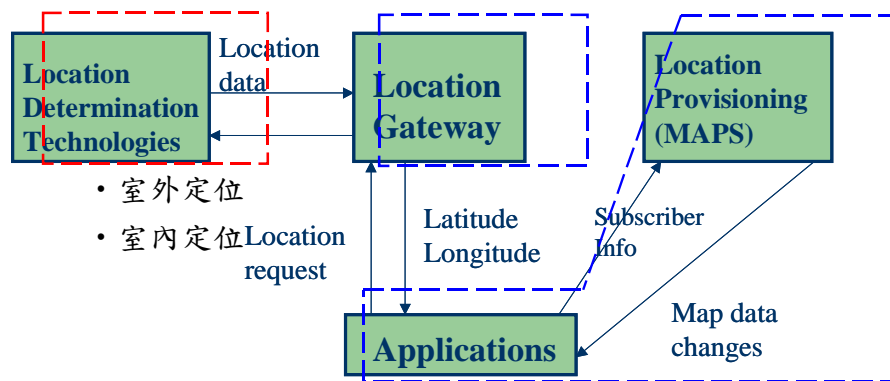
- (1)定位技術(Location Determination Technologies)：包含基地台(發射器)之位置資訊之資料庫及針對各種網路環境及狀況計算其位置資訊的模組。
- (2)位置閘道器(Location Gateway)：負責接收位置為導向的應用程式之位置要求，並發展一決策模組依網路系統及使用裝置來決定啟動適當的定位技術，並將計算後之位置資訊回應至應用程式。
- (3)位置資訊(Location Provisioning)：提供位置為導向的應用程式所須之位置資訊，如地圖、座標、相對位置或經緯度等資訊。
- (4)服務應用程式(Applications)：在各行動裝置上開發位置為導向的服務應用程式，向位置閘道器提出位置資訊之需求，取得後再依位置資訊向地理資訊模組取得對應的地理資訊。

此架構運作方式是由服務應用程式向位置閘道器提出位置資訊的要求(location request)，而位置閘道器便依此要求，來尋求欲定位物件可用的定位技術(Location Determination Technologies)並向其要求位置資訊，待該定位系統計算出位置資訊(location data)即傳回給位置閘道器，此時位置閘道器再將位置資訊(經緯度資訊 latitude longitude)回應給所要求之應用程式。當應用程式獲得位置資訊後便能依此再與地圖資訊(map data)或其他提供之位置資訊(Location Provisioning)結合來達成更人性化、個人化的位置導向的服務與應用。其中應用程式透過位置閘道器，獲取欲定位物件的位置，可不必知道該物件目前所在的網路及其是採用何種定位的機制，只須對位置閘道器發出要求即可，且定位技術的修改及增加並不影響原有的應用程式。本計劃在第一年是針對 IEEE 802.11 無線網路的定位方法的研究，探討於室外及室內定位的解決方法。

第一
年

第二年

第三年



圖一：本計畫基本架構圖

● 室外定位技術

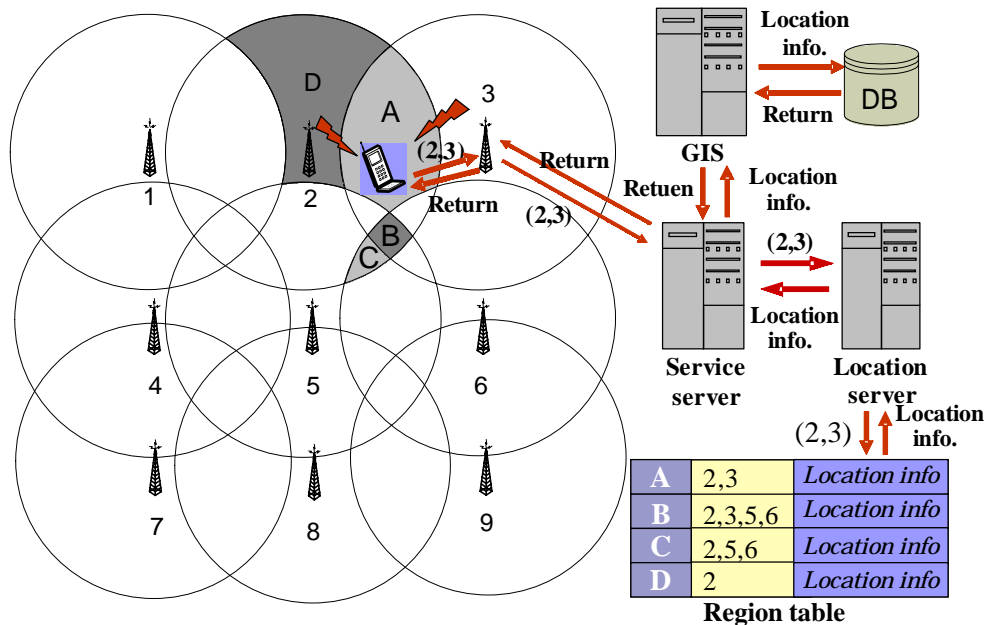
室外定位技術的研發影響的因素為成本及精確度，而就目前各種定位方法的文獻[12-15]探討中可知，以網路架構為主的定位方法，在網路建置上需要大量的成本，而所得到的定位精確度則屬中等；而以手機架構為主的定位方法，使用者則需加裝一全球衛星定位系統接收器，其定位精確度高，但只適用於室外，且第一次定位(time to first fix)的時間很長。因此，我們採用以強化式細胞識別方法為基礎的定位技術—以細胞格為主的定位方法(cell-based position method)，使整個定位技術所需的成本小且能達到一定的定位精確度。此一定位技術是針對規則狀的基地台佈置方式—包含六角型(hexagonal)及格狀(mesh)的佈置方式，做理論的探討，並找出在此規則狀的基地台佈置下最高的定位精確度，完成此一理論研究後，將其延申至不規則狀的基地台佈置方式，以使此定位技術更符合實際狀況。

細胞格為主的定位方法主要的運作流程如圖二，當使用者在區域 A 內，會接收到基地台 2 及基地台 3 的訊號識別碼，使用者的行動設備便將此二基地台的識別碼群組(2,3)傳送至目前正在服務此行動設備的基地台 3，基地台 3 將識別碼群組(2,3)轉送至後端的服務與應用程式的伺服器(service server)，當判別為位置資訊之相關資料，則送交位置伺服器(location server)處理，位置伺服器根據其資料庫中事先儲存的表格內容與識別碼群組(2,3)作對應，得知使用者的位置在區域 A，位置伺服器便將此位置資訊（區域 A）送至服務與應用程式的伺服器，並結合地理資訊系統以獲得可讓使用者使用的位置資訊，最後再將完整的位置資訊傳回使用者的設備或供使用者所連線之應用程式使用。

本方法的定位精確度與區域(A,B,C,D)面積的大小有關，其中最大的面積則為此定位方法的精確度。因此，我們模擬調整基地台的覆蓋範圍[16-18]，找出所有最大的面積的最小值(Min Max Area)，做為此一定位方法的精確度。

在不規則狀的基地台佈置方式，運作方式與規則狀的基地台佈置方式相同，但因此時之各區域面積為不規則狀，無法輕易以幾何運算得知定位精確度（計算面積），所以我們設計一區域搜尋演算法來找出所有區域，並將其分割成多邊形及弓形的組合，以解決定位精確度（計算面積）的問題。另外，在不規則狀的基地台佈置方式，每個基地台有不同的覆蓋範圍，並可動態的調整，欲找到最佳的

定位精確度為一 NP hard 問題，所以我們採用模擬退火(simulated annealing)的方法來找到一最佳的近似解。

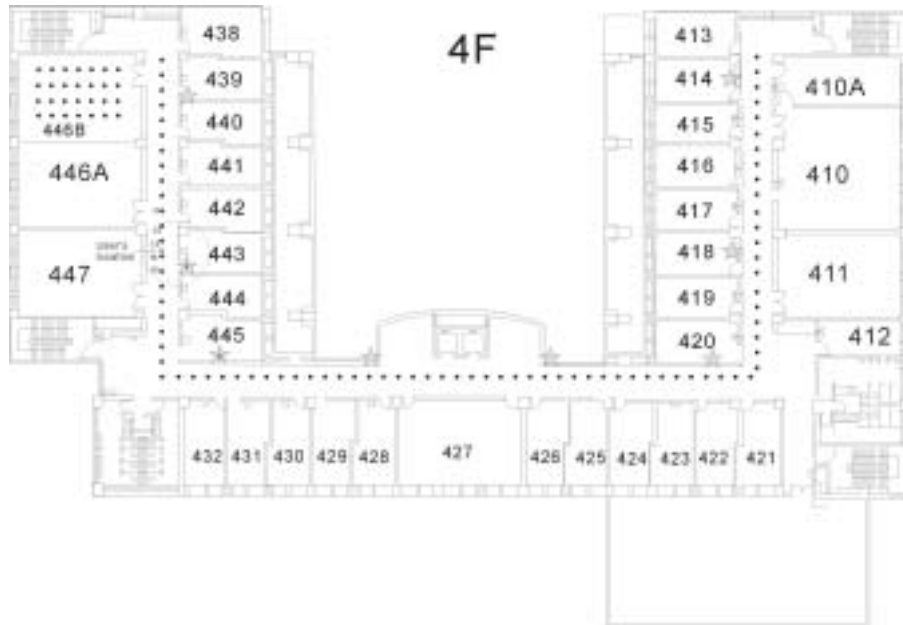


圖二：細胞格為主的定位方法之運作流程

● 室內定位技術

室內的定位技術[19,20]由於建築物牆壁及地板的阻隔及訊號本身特性的影響造成定位的誤差，所以我們利用已存在的網路架構來發展以訊號特徵(signal fingerprinting)的定位技術，並探討如何減少取樣點的資料仍能達成高精確度的定位。

首先，我們長時間的量測及記錄在交通大學工程三館四樓的無線網路之訊號強度（如圖三所示）黑點為取樣點間隔 1.5M，每個取樣點各取樣訊號強度 200 次，其中包含東、西、南、北四個方向每個方向各 5 次，從該樓層的一端行走至另一端，並持續數週反覆測量，而測量的資料除訊號強度外，亦包含溫度及天氣，以觀察其影響程度。並由實際測量的數據建立訊號特徵所需的對應資料庫。由於採用訊號特徵的方式來定位需要大量參考取樣點資料，耗費較大的成本及時間量測，因此，我們利用曲線填滿的技術（curve filling technique）來減少取樣點的數量，並達成不錯的定位精確度。



圖三：採用訊號特徵的定位方式取樣點

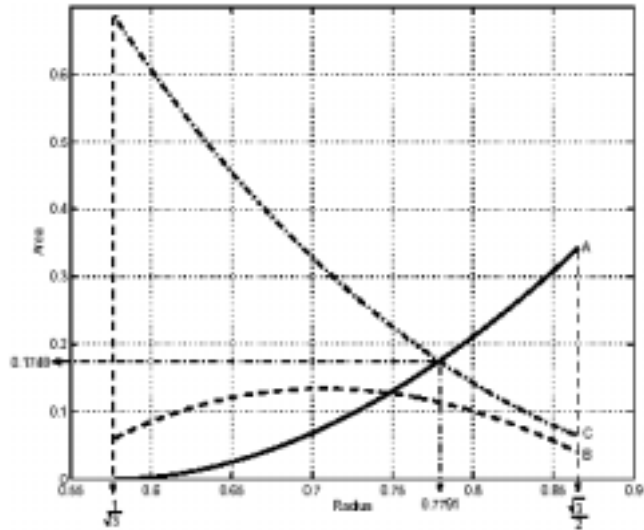
本計畫完成了室外及室內兩種的定位方法，其系統效能分述如下：

(1) 室外定位：

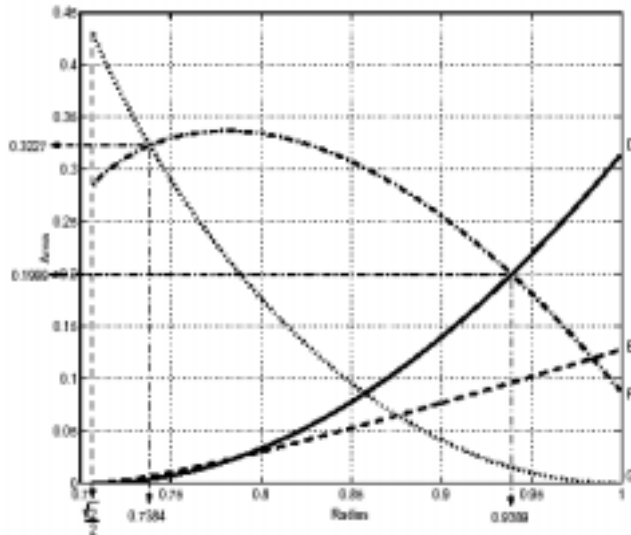
我們採用以細胞格為主的定位方法(cell-based position method)，針對規則狀的基地台佈置方式—包含六角型(hexgonal)及格狀(mesh)的佈置方式，我們將基地台覆蓋範圍調整，得到一個最佳的定位精確度，如圖四、五之關係圖所示，所標示之交點即為最佳之定位精確度與基地台覆蓋範圍。在完成規則狀的基地台佈置方式，我們亦針對現實狀況下的不規則基地台佈置方式，作理論的探討，並引入模擬退火(simulated annealing)的方法，來解決在不規則基地台佈置方式下，調整基地台覆蓋範圍以找出最佳定位精確度的 NP-hard 問題。

(2) 室內定位：

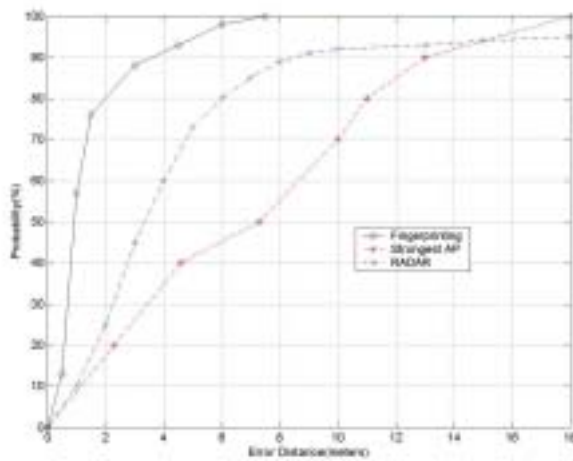
根據以訊號特徵(signal fingerprinting)的方式來定位，我們實做在交通大學工程三館四樓，並與其他的室內定位方法作比較(如圖六)，可以看出本方法比其他兩種室內定位方法的精確度均較佳。另外，由於訊號特徵的定位方法需要大量的取樣點，花費大量的時間量測，所以我們採用曲線填補(curve filling)方法，設法將取樣點數量減半，所獲得的結果和取樣點未減半的定位精確度只有微小的差異(如圖七)。實驗的結果也說明，溫度及溼度的影響對訊號特徵定位方法影響很小，可以省略不去考慮。



圖四：在基地台為六角形方式的佈置下，定位精確度與基地台覆蓋範圍之關係

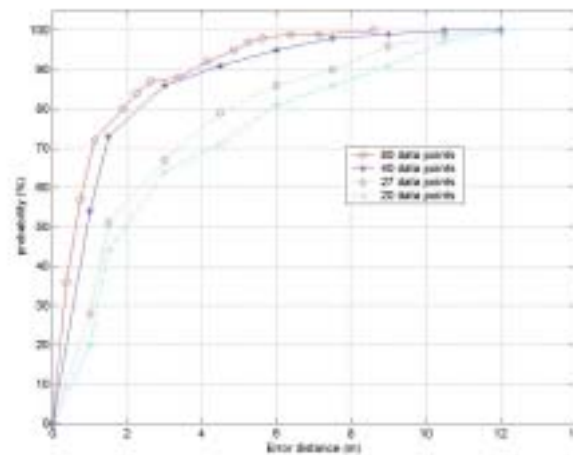


圖五：在基地台為格狀方式的佈置下，定位精確度與基地台覆蓋範圍之關係



圖六：三種室內定位方法精確度的比較

註：*最強訊號法是將訊號最強的基地台（或 AP）的位置，當成使用者的位置。



圖七：不同的取樣點與精確度的比較

五、結果與討論(含結論與建議)

本計畫完成了室外的定位方法的研究—採用細胞格為主的定位方法 (cell-based location determination method)，並分別討論在理想的規則基地台佈置狀況下及不規則的實際狀況下的定位精確度及運作方式，在規則基地台佈置狀況下，利用幾何運算及基地台覆蓋範圍的調整，可以得到一最佳的精確度；在不規則基地台佈置狀況下，利用模擬退火(simulated annealing)的技術來解決基地台覆蓋範圍的調整。此一定位方法我們已發表在 *Proceeding of the International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, 2003*. (如附件一)

在室內的定位方法的研究—訊號特徵的定位方法，並採用曲線填補(curve filling)的技術成功減少取樣點的數量，降低實作的困難度，並發現溫度及溼度對訊號特徵的定位方法並不會造成影響。訊號特徵定位方法及採用曲線填補(curve filling)方法將取樣點數量減半的研究，已發表在 *International Conference on Parallel Processing 2003, Workshop on Applications of Ad Hoc Networks*. (如附件二)

在研究定位技術的過程中，對網路架構為主及手機架構為主的定位方法之運作模式更加了解，有助於日後各種定位方法的整合及開發與位置相關應用程式的基礎。

七、參考文獻

- [1] J. M. Zagami, S. A. Parl, J. J. Bussgang, and K. D. Melillo, “Providing universal location services using a wireless E911 location network”, *IEEE Communications*

- Magazine*, vol.36(4), Apr. 1998, pp. 66-71.
- [2] J. Werb and C. Lanzl, "Designing a Positioning System for Finding Things and People Indoors," *IEEE Spectrum*, Sept. 1998, pp. 71-78.
- [3] N. Davies, K. Cheverst, K. Mitchell, and A. Efrat, "Using and determining location in a context-sensitive tour guide", *Computer*, vol. 34(8), Aug. 2001, pp. 35-41.
- [4] C. Drane, M. Macnaughtan, and C. Scott, "Positioning GSM telephones," *IEEE Communications Magazine*, vol. 36(4) , Apr. 1998, pp.46-54.
- [5] J. Bensch, J. Cooke, E. Job, T. Luke, J. Kvaal, and N. Swatland, "Investing in The Wireless Location Services Market," *Lehman Brothers Report*, Sep. 2000.
- [6] E. G. Masters, C. Rizos, and B. Hirsch, "GPS...more than a real world digitizer", *IEEE Position Location and Navigation Symposium*, 1994, pp. 381-387.
- [7] K. Chadha, "The Global Positioning System: Challenges in Bringing GPS to Mainstream Consumers", Proc. of IEEE International Conf. on Solid-State Circuits, 1998, pp. 26-28.
- [8] G.M. Djuknic, and R.E. Richton, "Geolocation and assisted GPS", *Computer*, vol. 34(2), Feb. 2001, pp. 123-125.
- [9] E. Kotsakis, A. Caignault, W. Woehler, and M. Ketselidis "Integrating Differential GPS data into an Embedded GIS and its Application to Infomobility and Navigation", *7th EC-GI & GIS WORKSHOP EGII -Managing the Mosaic Potsdam*, Germany, June 13-15, 2001.
- [10]M. Wallbaum, "Wheremops: An Indoor Geolocation System," *Proc. of 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications* , vol. 4, 2002, p.1967-1971.
- [11]K. Pahlavan, and X. Li, "Indoor Geolocation Science and Technology," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, Feb. 2002, p.112-118.
- [12] S. Meguerdichian, F. Koushanfar, M. Potkonjak, and M. B. Srivastava, "Coverage problems in wireless ad-hoc sensor networks", *Proc. of IEEE INFOCOM*, vol. 3, 2001, pp. 1380-1387.
- [13] S. Meguerdichian , F. Koushanfar , G. Qu , and M. Potkonjak "Exposure in wireless Ad-Hoc sensor networks", *Proc. of Seventh Annual International Conf. on Mobile Computing and Networking*, July 2001.
- [14] L. Doherty et al., "Convex Position Estimation in Wireless Sensor Networks," Proc. Infocom 2001, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif. 2001.
- [15] N. Bulusu, J. Heidemann, D. Estrin, "GPS-less low-cost outdoor localization for very small devices," *IEEE Personal Communications*, Oct. 2000, pp. 28-34.
- [16] S.-L. Wu, Y.-C. Tseng, and J.-P. Sheu, "Intelligent Medium Access for Mobile Ad Hoc Networks with Busy Tones and Power Control", *Proc. of Eight*

- International Conference on Computer Communications and Networks*, 1999, pp. 71-76.
- [17] C.-F. Hunag, Y.-C. Tseng, S.-L. Wu, and J.-P. Sheu, "Increasing the Throughput of Multihop Packet Radio Networks with Power Adjustment", *Proc. of 10th International Conf. on Computer Communications and Networks*, 2001, pp. 220-225.
- [18] Y.-C. Tseng, S.-L. Wu, C.-Y. Lin, and J.-P. Sheu, "A Multi-Channel MAC Protocol with Power Control for Multi-Hop Mobile Ad Hoc Networks", *Proc. of Distributed Computing Systems Workshop*, 2001, pp. 419-424.
- [19] P. Bahl, and V. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF Based User Location and Tracking System," *Proc. of IEEE INFOCOM*, vol. 2, Mar. 2000, p.775-784.
- [20] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, "The Active Badge Location System," *ACM Transactions on Information Systems*, vol. 40, January 1992, p.91-102.

附件一：

Rong-Hong Jan, Hung-Chi Chu and Yi-Fang Lee, "Improving the Accuracy of Cell-Based Positioning for Wireless Networks", *Proceeding of the International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems*, 2003.

附件二：

Rong-Hong Jan, and Yung Rong Lee, "An Indoor Geolocation System for Wireless LANs", *International Conference on Parallel Processing 2003, Workshop on Applications of Ad Hoc Networks*.