

# 行動資訊服務網路上用戶行動能力之管理

張宏慶、連耀南

政治大學資訊科學系

lien@cs.nccu.edu.tw

jang@cs.nccu.edu.tw

黃智賢

政治大學應用數學所

frank@venus.cs.nccu.edu.tw

## 摘要

網際網路上豐富的資訊資源提供了未來資訊化社會中資訊使用者隨手可得的資訊寶藏。除了高速網路以及資料庫的建構外，建構行動資訊服務網將這種資訊資源方便地提供給行動中的使用者，使得資訊資源真正成為無遠弗屆和方便擷取並運用的資訊。

一套完善的行動資訊服務環境必須提供各種不同的行動能力給行動式的資訊使用者，才能使此環境所提供的服務發揮最大功效。一般常見的行動能力 (mobility) 有終端機行動能力、個人行動能力、實體網路行動能力、網路精靈行動能力及用戶行動能力等。其中用戶行動能力又稱作邏輯網路行動能力，即一位用戶僅需利用單一的辨認碼便可遊走於不同邏輯網路上，不論他身在何處，別人均可憑此單一的辨認碼連繫這個用戶。本文旨在探討用戶行動能力的管理 (client mobility management)。由於目前所有的移動性管理技術都是針對不具運算能力的行動台 (行動電話手機) 所設計，直接套用於用戶之行動管理時，並非最為理想。

由於行動資訊服務網路中用戶所使用的行動台可能具有強大的運算能力，而且很可能擁有固接式的個人電腦，可資運用協助管理用戶之行動能力。我們的作法是在一開放式整體服務網路架構下，提出兩種支援行動能力管理之資源，其一為採中央集中式管理為主的網路管理中心 (Network Management Center, NMC)，其二為聯合用戶個人運算資源 (HBN, 本基節點) 一起共同管理的分散式管理。我們將進而分析用戶行動特徵及被呼叫的頻率，算出至各本基節點註冊所需之註冊與被追蹤的期望費用，找出期望花費最少的本基節點，並到此本基節點註冊。在此網路管理中心相當於 IS-41 的 HLR 而本基節點相當於 VLR。在我們的實作與驗證結果中，將用戶移動的範圍看為一 X-Y 平面，網路管理中心位於原

點，並以均勻 (uniform) 亂數來決定本基節點的位置，將平面上兩點的距離視為此兩點網路通訊所需的時間。用戶於網路上往各點移動及被呼叫的機率，也是以均勻亂數取出。當一用戶的呼動率 (Call-Mobility Ratio, CMR) 為 1 至 100 時 (表此用戶被呼叫頻率高或移動率低)，以此方法來管理用戶行動能力所需花費的費用約為使用 IS-41 的 60%；若呼動率為 0.01 至 1 時 (表此用戶被呼叫頻率低或移動率高)，所需花費則約為 50%。

關鍵詞：行動計算、資訊服務、行動性管理

## 1. 背景簡介

自從美國副總統 Al Gore 於一九九二年上任以來，極力推動 NII (National Information Infrastructure)，全世界有志於發展資訊工業，或是運用資訊的國家，莫不傾全力跟著發展自己的 NII。我國自也不例外，所有資訊相關的研究單位，都投入可觀的人力與物力於 NII 之相關研究與建設，即所謂的「全國資訊基礎建設」。目前國內已有相當多的學者專家致力於 NII 的實體建設：例如無線通訊網路技術、PCS、行動電腦、ATM 高速網路以及各種資料庫的建立。當這些資訊基礎建設完成之後，還需建構各種資訊服務網，方能徹底發揮 NII 的功能。

理想上，行動資訊服務環境是要提供一個無所不在的資訊環境，讓資訊使用者可以在任何地方，任何時間，利用各種有線或無線的傳輸網路，去運用網路上的資訊資源。以往的資訊技術提供使用者很方便地運用單一來源的資訊，然而一個資訊系統如果能整合網路上各種不同的豐富資訊，當可提供使用者做更精準的決策。因此，網路資訊技術的發展讓使用者得以運用網路上豐富的資訊作更高一層的決策。

Lien[9]提出了一個開放式的架構供行動資訊服務之提供者能快速方便地提供無所不在的資訊資源給行動資訊用戶，其架構的特性為：

原則一：實體的傳輸網路必須與邏輯網路（服務網）分離

原則二：採用開放式的架構

原則三：服務網之加入、退出與營運採分散式管理，降低中央集中式管理之需求

一個行動資訊服務環境必須配合行動式的資訊使用者的行動特性，提供各種不同的行動能力，才能使此環境所提供的服務發揮最大功效。一般常見的行動能力（mobility）可分為下列幾種類別：

(1) 終端機行動能力（terminal mobility）：

對通訊設備而言，它的通訊能力與所在位置無關（location independence），例如，AMPS 無線網路即支援此種能力。

(2) 個人行動能力（personal mobility）：

對使用者而言，他可使用系統中的任一終端機連接上網（例如，GSM 系統中，用戶可用任一 GSM 手機通話），DCS 及 GSM 均支援此種能力。

(3) 實體網路行動能力（physical network mobility）：

對使用者而言，他只需擁有一個單一的電話號碼（directory number），即可視所在位置使用不同的通訊網路，例如在行動中把同一電話號碼指定到無線網路；在家中或辦公室時則指定到固接式電話網路。他人不需知道這個用戶在何處，只需打同一電話號碼即可將電話 terminate 到這個用戶正在使用的終端機上。PCS 即是利用此種概念支援實體網路行動能力。

(4) 網路精靈行動能力（agent mobility）：

一個網路精靈遊走於一個服務網路的能力。

(5) 用戶行動能力（client mobility）：

又稱作邏輯網路行動能力（logical network mobility），即一位用戶僅需利用單一的辨認碼便可遊走於不同邏輯網路上（例如

Internet 與 PSDN），不論他身在何處，別人均可憑此單一的辨認碼連繫這個用戶。例如，當A方有急事要聯絡B方時，如B方在一行動電話（cellular phone）線上時，服務網路會將信息傳達到該電話機上，若B方是在一網際網路（Internet）上，該信息將會透過電子郵件傳遞給他。在目前的通訊網路中，一個行動電話的使用者想要藉其電話號碼與網際網路上的資源互通，是不可能的。用戶行動能力允許一個用戶用他的 PDA 經由無線電話，在車上送一個電子信件（message），進入一個旅行訂位服務網路去要求訂位服務，回辦公室之後，再用電腦經由 Internet 去收回結果。如此，他經由不同的傳輸網路，在不同的時間、不同的地點、用不同的終端機去辦一件事情。

上述幾種行動能力，除了用戶行動能力外，在通訊的領域中均被廣泛地探討。我們認為在未來的網路資訊時代中，利用電腦網路做為用戶的日常通訊管道之一，已是不可避免的趨勢。提供用戶此種行動能力，將會是一個主要的研究課題。本論文所要探討的是在行動資訊服務系統中用戶行動能力的管理（client mobility management）。

目前行動通訊技術的研究，比較集中於行動電話網路之用戶的行動能力的管理，如蜂巢式行動電話用戶的行動台位置管理，至於邏輯網路上之行動用戶的行動能力的管理，則比較少討論到，本研究主要討論的是邏輯網路用戶的行動能力管理。此管理技術為藉著分析用戶行動能力及被呼叫的頻率，計算出用戶於每一個本基節點註冊時其所需的註冊與被呼叫的期望費用，並選出期望花費最低的本基節點來註冊。

在電話網路用戶行動能力管理的研究中，也有一些研究是根據分析用戶行動能力及被呼叫的頻率來做運算，但此運算並非為選出合適的本基節點來註冊，因電話行動網路的終端機無法自己隨意更改本基節點的位置。在行動通訊技術中，學者們曾廣泛地探討追蹤用戶位置的問題，目前所通用的技術是基於 IS-41 標準以 HLR/VLR 的方式記錄用戶的位置。行動資訊服務系統中的用戶移動性管理也可引用類似的技術來解決。然而兩者之間還是存在相當大的差異：行動通信中的終端機（手機）本身資源有限，使用方式也是固定，其位置之追蹤完全有賴於網路的運作。相對地，行動資訊服務系統的終端機則有相當大的運算資源，終端機及用戶如能參與邏輯位置追蹤所需之運算與決策，當能節省並更有效地運用網路資源。其次，在行動通訊網路中，終端機及用戶並無法即時變更某些設定（如HLR之位置），而必須透過冗長的申請手續方能變更，因而造成資

源之浪費。在行動資訊系統中，用戶可主動告知網路做適當的調整，或主動變更某些設定，如此網路資源管理的消耗可大為降低。

Chen[7]根據用戶的行動能力和被呼叫的頻率，運算出重設forwarding pointer的時機，使用戶註冊費與被呼叫費減低。在他們所設計的模式中，他們假設用戶向四周移動的機率、向外移動的頻率與被呼叫的頻率都一樣[7][13]，不隨使用者所在的位置不同而異。因此在他們的模式中將上述各項看成常數。如此的模式無法來描述出一個行動用戶上Internet的移動特性和被呼叫的特性。因在Internet一用戶向四周移動的機率、移動的頻率與被呼叫的頻率隨用戶所在的位置不同而異且呼叫此用戶的費用亦隨呼叫此用戶的位置不同而異，以常數是無法表現出用戶的行動特性和被呼叫的特性。因此在我們的模式中，以矩陣來表示用戶的行動特性，詳細內容請參考第三節。

本篇論文的結構如下：第二節介紹行動資訊服務系統的架構及其成員；第三節介紹管理用戶行動能力的決策模式，此模式乃是用來幫助用戶選出最佳的本基節點，並至此本基節點註冊，以節省用戶註冊及被追蹤的費用；第四節為使用上述之模式所需的費用與IS-41所需的費用作比較；第五節則為結論與未來研究方向。

## 2. 系統架構

一個實用的行動能力管理架構必須配合網路可用之管理資源，否則將難以實現。本論文的目的之一是在提出一個能適當運用這些資源的行動管理架構，俾能以最低成本，獲致高品質之行動能力管理的服務。此架構成員包括網路管理中心、本基節點、位置目錄、位置伺服器及註冊地區。

### (1) 網路管理中心 (Network Management Center, NMC)

網路管理中心或簡稱網管中心為一中央集中式管理之服務營運中心，可支援非分散式及分散式管理所需提供之功能。主要的功能包括用戶端與伺服器端的註冊、認證、名字伺服器、協調或是用戶所提出特殊要求之服務。網路管理中心整體來看，可視為單一節點，然而，其內可包括分佈在網路上的許多其它節點。一般的商業網路都需要類似的網路管理中心為其處理如記帳、認證及安全管制等的問題。

### (2) 本基節點 (Home Base Node, HBN)

雖然一個行動用戶 (mobile client) 可能經常改變其所在位置，然而，通常都有一個明確的本地位置 (home location) 及一個經常被用來接上網路的節點。此節點可能是網路上的個人系統或 PC 等，此種節點又稱作本基節點。基於行動計算器的主要技術障礙如：電池能源持續時間較短、記憶體容量較小及處理能力較差。相對地，本基節點的效能就要來得強多了。對大部分的用戶而言，一個合理而經濟的工作模式是用戶將他們的行動計算器當作一個資料暫時儲存器，而將他們主要的工作量可能放在本基節點上處理。例如以本基節點充當一部傳真伺服器 (fax server)，當一份文件要傳給某一用戶時，該份文件可先由本基節點接收，並透過 OCR 技術的辨認後轉換成較小的資料檔案，再傳送給行動用戶。再者，如充當位置的註冊器 (location register)、留言機 (answering machine)、新聞過濾器 (news filter) 等等都是相當有價值的功能性搭配。因此，如果大量的工作都能在本基節點上完成，那麼，行動終端機又未嘗不可視為本基節點上的智慧型終端機呢。

### (3) 位置目錄 (Location Directory, LD)

在位置目錄中每一筆記錄包含兩欄的資料。第一欄資料為一用戶 ID (user-ID)，另一欄資料為行動用戶

在 Internet 上的網址 (user-address)。當行動用戶移動時，需更新位置目錄中 user-address 欄，使之時時與用戶目前的網址保持一致。

### (4) 位置伺服器 (Location Server, LS)

位置伺服器主要的功能乃是提供行動用戶地址註冊服務及追蹤服務。所謂地址註冊服務乃是當一行動用戶移動時，他必須至位置目錄中更新 user-address 欄中的資料，使此欄的資料與他目前的位置保持一致，此位置更新的手續可稱為位置註冊。追蹤服務乃是幫助用戶找出被呼叫者的網址。

在我們的架構中，用戶除可向網路上所有的本基節點要求前面介紹的服務外，我們還將位置目錄置於本基節點中，使本基節點可以提供用戶註冊與追蹤的服務。因此，每一個本基節點都可視為位置伺服器。在此我們定義，對一用戶而言，記錄其目前位置的本基節點稱為此用戶的位置伺服器。

### (5) 註冊地區 (Register Area)

註冊地區為一個地理上的區域，由網管中心按照位置伺服器的位置來劃分。以台北市為例，網管中心可以將各行政區劃分成註冊地區，於每一區中至少設置一台位置伺服器。當用戶的移動範圍未起出一註冊地區的邊界時，不考慮更換新的位置伺服器。但只要用戶一超過註冊地區的邊界，我們將考慮選擇一新的位置伺服器來記錄用戶的位置。例如，當一用戶由大安區移動至文山區時，便需考慮是否更換位置伺服器。

圖 2-1 表示各項資源於網路上的分佈，及其彼此之間的關係。本基節點 (HBN) 位於註冊地區 (RA) 中；用戶則移動於註冊地區中間；位置目錄放置於網管中心與本基節點中，供網管中心與本基節點記錄用戶的位置。由圖 2-1 可知用戶 A 位於  $RA_i$ ， $HBN_j$  為用戶 A 的位置伺服器，其位置目錄記錄著用戶 A 的網址  $A@RA_i$ ，而網管中心之位置目錄則記錄著  $A@HBN_j$ ，表用戶 A 目前的位置伺服器為  $HBN_j$ 。若與 IS-41 之 HLR (Home Location Register) 與 VLR (Visitor Location Register) 比較的話，網管中心相當於 IS-41 的 HLR，而位置伺服器相當於 IS-41 的 VLR。

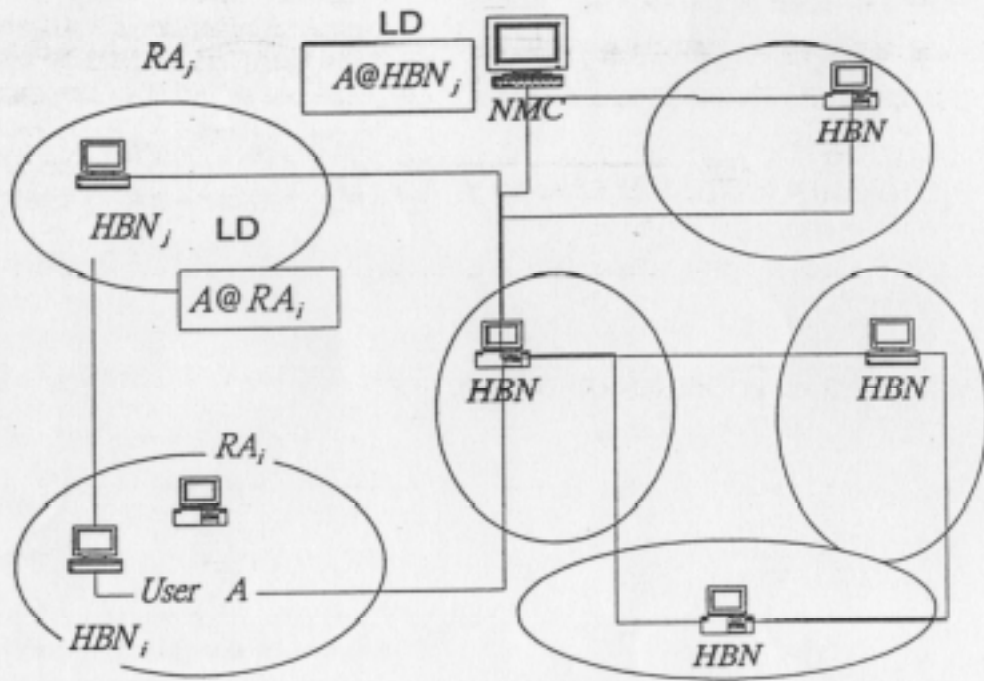


圖 2-1 系統架構圖

### 3. 位置伺服器決策模式

如上述用戶 A 與其位置伺服器乃位於不同的註冊區間，網路上所有的本基節點均有可能成為用戶的位置伺服器。位置伺服器決策模式乃是用來幫用戶選出一最佳的本基節點作為其位置伺服器。我們將於 3.1 節中定義一些矩陣和向量，來描述一行動用戶在網路上移動與被呼叫的特性；3.2 節中將根據矩陣和向量來找出行動用戶註冊與被追蹤的費用函數；3.3 節將描述如何利用費用函數，來為行動用戶選出一個本基節點作為位置伺服器，使得此用戶註冊與被追蹤的費用最少。

#### 3.1 動態規劃模式

行動用戶於網路上行動的路徑，如圖 3-1 所示。圖中之箭頭表示行動用戶在網路上移動的方向，若一行動用戶移動至  $RA_4$  時，此行動用戶可能是由  $RA_1$  或  $RA_2$  移動至  $RA_4$ ，且此用戶下一次移動的目的地是  $RA_3$ ，可由此一網路圖形上的箭頭表示出用戶行動的路徑和方向。

接著我們以矩陣和向量來描述一行動用戶在一註冊地區停

留的時間、行動用戶由一註冊地區移動至另一註冊地區的機率、兩註冊地區之間透過網路通訊所需花費的時間、網管中心與各本基節點單位時間的收費金額、單位時間用戶被呼叫的頻率，以及這些用戶發出呼叫時所在的註冊地區。

$N$ ：為一註冊地區的集合。若有一註冊地區屬於  $N$ ，則此註冊地區為行動用戶 A 曾經出現過之註冊地區；或曾有其他用戶於此註冊地區呼叫行動用戶 A。

$n$ ：表集合  $N$  中註冊地區的總數。

$RA_i$ ： $RA_i$  為屬於集合  $N$  的註冊地區，

$$N = \{RA_1, RA_2, \dots, RA_n\}.$$

$HBN_i$ ：位於  $RA_i$  的本基節點。在同一時間內用戶僅選擇一個本基節點來負責記錄用戶的網路位置。且此本基節點與用戶不一定要位於同一註冊地區中，即當用戶位於  $RA_i$  且其註冊伺服器為  $HBN_j$  時， $i$  與  $j$  不一定要相等。

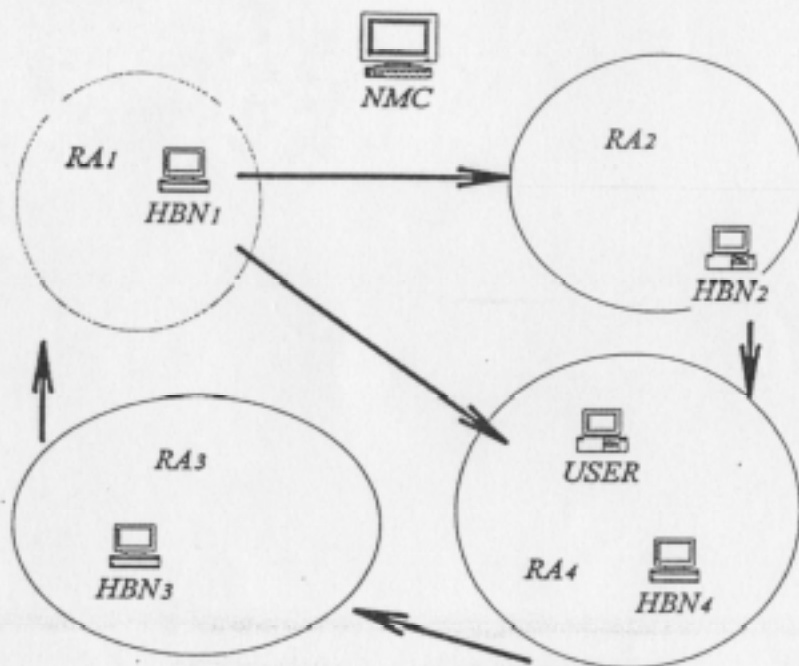


圖 3-1 行動用戶在網路上移動的路徑

$S$  : 為一  $n$  維向量  $\cdot S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$  ,  $S_i$  表用戶在註冊地區  $i$  停留的期望時間為  $S_i$  個單位時間。

$C$  : 為一  $n \times n$  的矩陣  $\cdot C = [C_{i,j}]_{n \times n}$   $\cdot C_{i,j}$  表當用戶位於  $RA_j$  時  $\cdot$  單位時間內有呼叫從  $RA_i$  發出的期望次數。

$M$  : 為一  $n \times n$  的矩陣  $\cdot M_{i,j}$  表當用戶位於  $RA_i$  時  $\cdot$  其往  $RA_j$  移動的機率  $\cdot$  由  $M_{i,j}$  我們可以知道用戶移動的方向  $\cdot$  相當於圖 3-1 的箭頭  $\cdot$  其值表用戶通過此路徑的機率  $\cdot$  此變數有一特性  $\cdot$  即

$$\sum_{j=1}^n M_{i,j} = 1 \cdot \text{表示當行動用戶位於 } RA_i \text{ 時} \cdot$$

其往其它的註冊地區移動的機率為 1  $\cdot$  若

$$\sum_{j=1}^n M_{i,j} < 1 \cdot \text{則其於 } RA_i \text{ 的停留期望時間為}$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} S_i \times \left( 1 - \sum_{j=1}^n M_{i,j} \right)^k \cdot \text{與我們的定義矛}$$

盾。

$T$  : 為一  $n \times n$  的矩陣  $\cdot T_{i,j}$  表  $HBN_i$  和  $HBN_j$  之

間網路通訊的時間。

$T_{NMC,i}$  : 為由網管中心至  $HBN_i$  的網路通訊時間。

$W$  : 為一  $n \times n$  的矩陣  $\cdot W_{i,j}$  表  $HBN_i$  和  $HBN_j$  之間每單位網路通訊時間所需的費用。

對一用戶  $A$   $\cdot$  以上所提到的矩陣和向量  $\cdot$  將記錄於用戶端的行動描述 (mobility profile) 檔案中  $\cdot$  同時行動描述檔也記錄 :

- (1) 與用戶  $A$  有聯繫的其他用戶  $\cdot$  及他們與用戶  $A$  取得聯繫的時間及位置。
- (2) 用戶  $A$  的個人通訊錄  $\cdot$  用戶  $A$  可以設定只回應記錄於通訊錄中之用戶的呼叫。

### 3.2 行動用戶位置註冊和追蹤之策略及其所需花費之計算

本節將介紹行動用戶註冊及追蹤策略  $\cdot$  並根據前面所定義的矩陣和向量  $\cdot$  計算出用戶註冊與被追蹤之期望費用函數。

#### 3.2.1 行動用戶註冊與追蹤

行動用戶之註冊及對其邏輯位置之追蹤的方法如下 :

當一行動用戶向一服務網路提出註冊申請時  $\cdot$  網路管理中心即分配一個本基節點給此用戶  $\cdot$  或是由用戶本身自己選定其所屬的本基節點  $\cdot$  一般的考慮會選擇較近也最常被用

來連上網路的節點，以減輕網路的流量。完成以上手續後，行動用戶可將他的目前邏輯位置通報給他所屬的本基節點及網路管理中心，所通報的位置資訊將包括用戶ID 及其在該網路之終端機的網址，例如 (user-ID, user address) 的成對訊息。系統於初次註冊後，便有一本基節點作為其註冊伺服器。當行動用戶走出其原本所在的註冊地區進入新的地區時，我們便考慮要選擇哪一個本基節點為此用戶的位置伺服器。因此一用戶移動至另一註冊區間時，其位置伺服器的位置可能換也可能不換。假設現在我們已經選好一本基節點做為新的位置伺服器。其註冊方法為，用戶送一個要求註冊的訊息到用戶所在之註冊地區的本基節點，將用戶的網址寫入其位置目錄中；再由此本基節點送一個要求註冊的訊息給新註冊伺服器，將用戶的網址寫入其位置目錄中；之後便由新註冊伺服器送一個要求註冊訊息至網管中心註冊，將用戶新位置伺服器的位置寫入其位置目錄中；最後由網管中心送一個要求註冊至舊位置伺服器取消註冊。如此便完成註冊手續。

如一行動用戶A經常與其本基節點保持聯繫並告知其最新位置以即時更新本基節點的內部記錄，則當另一用戶B想要在該服務網路中尋找A方時，B方將先送一個查詢給所在之註冊地區的本基節點。若此本基節點記錄著用戶A的網址，則用戶B取得用戶A的網址；若沒有，則送一個查詢至網路管理中心並從那兒獲得用戶A方位置伺服器的位置，之後，再送一個查詢到該伺服器中以取得用戶A的網址。

### 3.2.2 行動用戶註冊所需費用

假設一行動用戶位於  $RA_i$  且其位置伺服器為  $HBN_m$ 。當其移動至  $RA_j$  且其位置伺服器換至  $HBN_n$  時，其費用計算有兩種：一種為新位置伺服器與舊位置伺服器不同  $HBN_m \neq HBN_n$ ，亦即  $m \neq n$ 。另一種為新位置伺服器與舊位置伺服器同  $HBN_m = HBN_n$ ，亦即  $m = n$ 。

1.  $m \neq n$ ，行動用戶由  $RA_i$  移動至  $RA_j$  且其位置伺服器由  $HBN_m$  換至  $HBN_n$ 。

圖 3-2 為用戶 A 進入  $RA_j$  後欲將其位置伺服器由

$HBN_m$  換至  $HBN_n$  所需的註冊程序。圖中 Step0 至 Step3 為完成註冊所需的步驟，用戶於 Step0 時送一個要求註冊的訊息至  $HBN_j$ ；於 Step1 由  $HBN_j$  送一個要求註冊的訊息至  $HBN_n$ ；Step2 時則由  $HBN_n$  送一個要求註冊訊息至網路管理中心；最後於 Step3 中由網路管理中心送一個要求註冊訊息至  $HBN_m$ 。其各步驟所需花費的費用如下：

Step0：用戶將其 user-ID 與 user-address 記錄於  $RA_j$  的本

基節點  $HBN_j$  之位置目錄中，圖中僅以  $A@RA_j$  來表示用戶的 user-ID 與 user-address。因為用戶與  $HBN_j$  位於同一註冊區間，完成此步驟所需的網路通訊時間只佔完成註冊所需的一小部份，所以我們將完成此步驟所需的時間及完成此步驟所需的費用予以忽略，將其視為 0。

Step1：用戶透過  $HBN_j$  向  $HBN_n$  提出要求註冊，將其 user-ID 與 user-address 記錄於其新的位置伺服器  $HBN_n$  的位置目錄，在目錄中記錄著  $A@RA_j$  (參考圖 3-2)。完成 Step1 的網路通訊時間為由  $HBN_j$  至  $HBN_n$  的網路通訊時間  $T_{j,n}$ ，又  $W_{j,n}$  為  $HBN_j$  和  $HBN_n$  之間網路通訊每單位時間所需的費用，所以完成此步驟的花費為  $T_{j,n} \times W_{j,n}$ 。以下費用計算方法與此步驟計算方法相似，將完成一個步驟所需要的網路時間乘上單位時間所需要的費用即為完成此步驟所需的費用。

Step2： $HBN_n$  向網管中心提出要求註冊，並將其 user-ID 與位置伺服器  $HBN_n$  記錄於網管中心的位置

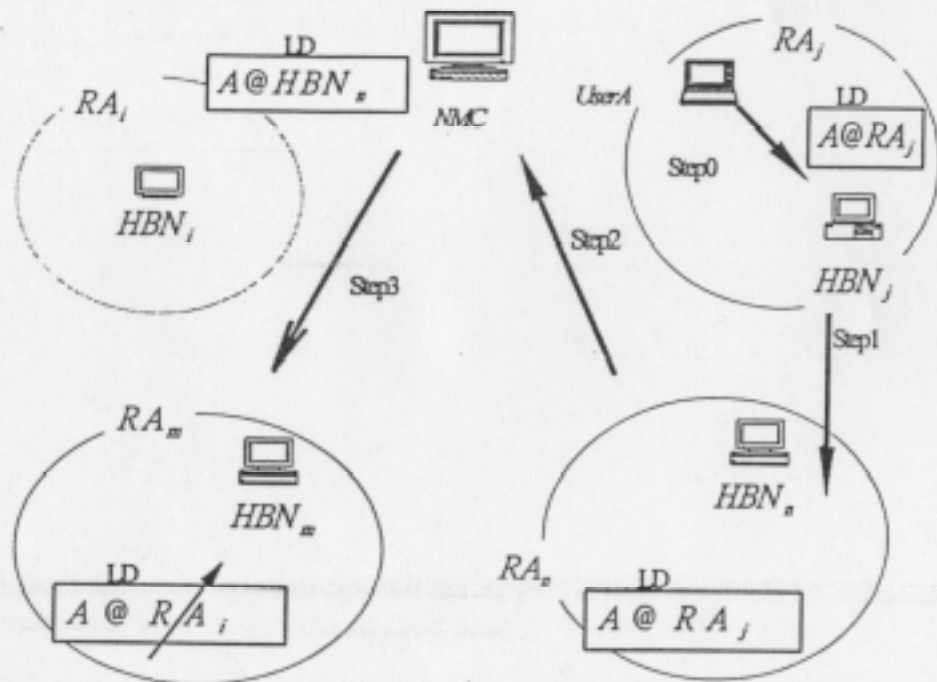


圖3-2 行動用戶由  $RA_i$  移動至  $RA_j$  且其位置伺服器由  $HBN_m$  換至  $HBN_n$

目錄中。因此網管中心的位置目錄記錄著  $A@HBN_m$ ，表用戶 A 目前的位置伺服器為  $HBN_m$ 。可知完成 step 2 所需的花費為  $T_{n,NMC} \times W_{n,NMC}$ 。

Step 3：由網管中心向舊位置伺服器  $HBN_m$  提出要求註銷。即將記錄於舊位置伺服器  $HBN_m$  之位置目錄中的資料  $A@RA_i$  消除。step 3 花費  $T_{NMC,m} \times W_{NMC,m}$ 。

將完成 Step 0、Step 1、Step 2、Step 3 所需的費用相加即為完成註冊的總花費

$$T_{j,n} \times W_{j,n} + T_{n,NMC} \times W_{n,NMC} + T_{NMC,m} \times W_{NMC,m}$$

2.  $m = n$  行動用戶由  $RA_i$  移動至  $RA_j$ ，但其位置伺服器不換

若一用戶只換註冊區不換位置伺服器，其記錄於網管中心之位置目錄的資料並沒有改變，因此圖 3-2 的 step 2 是可以省略的；又  $HBN_m$  與  $HBN_n$  為相同的本基節點，因此 Step 3 也是可以省略的。用戶僅需改變  $HBN_n$ （此時亦相

當於  $HBN_m$ ）之位置目錄中的資料，所以其註冊步驟只有二步

Step 0：用戶將其 user-id 與 user-address 記錄於同一註冊地區的本基節點  $HBN_j$  之位置目錄中，完成此步驟費用為 0。

Step 1：用戶透過  $HBN_j$  向  $HBN_n$  提出要求註冊，即將新的 user-address 寫入  $HBN_n$  之位置目錄中，step 1 花費  $T_{j,n} \times W_{j,n}$ 。

由以上兩種情形，可定義出一行動用戶位置註冊所需之花費的函數

當  $m \neq n$

$$Update\_cost(n, j, m, T, W) =$$

$$T_{j,n} \times W_{j,n} + T_{n,NMC} \times W_{n,NMC} + T_{NMC,m} \times W_{NMC,m}$$

當  $m = n$

$$Update\_cost(n, j, m, T, W) =$$

$$T_{j,n} \times W_{j,n}$$

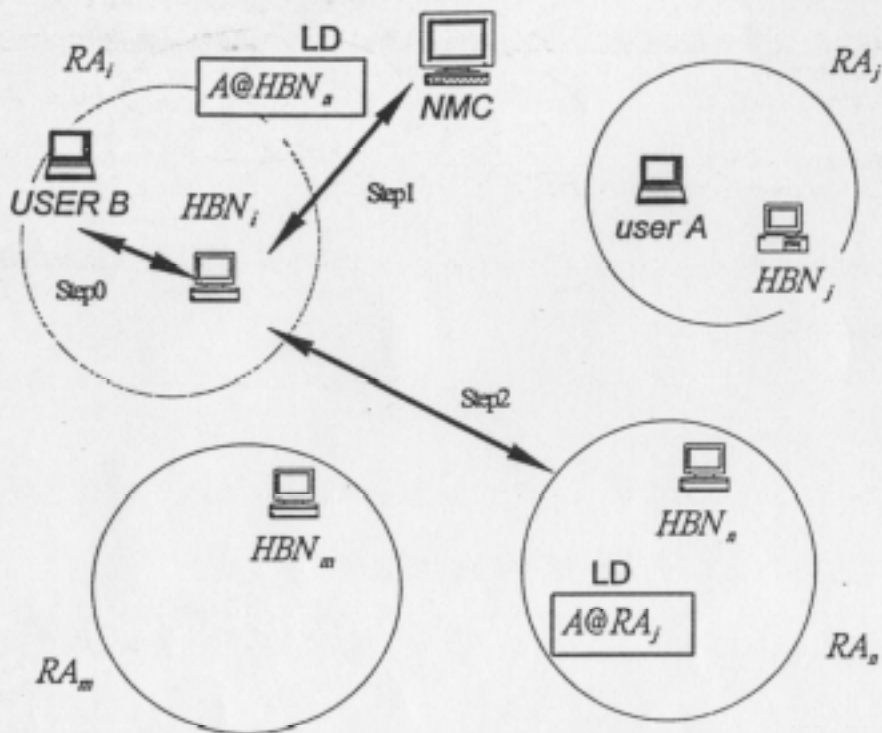


圖 3-3 用戶 A 被追蹤時之追蹤步驟

其中  $n$  為用戶目前位置伺服器  $HBN_n$  的足標， $j$  為用戶目前所在註冊區間的足標， $m$  為舊伺服器的足標。

### 3.2.3 追蹤一行動用戶所需費用

若 User A 位於  $RA_j$  且其註冊伺服器為  $HBN_n$ ，若有一 User B 位於  $RA_i$  欲追蹤 User A 的網址時需要三個步驟，如圖 3-3 所示，Step0 用戶 B 送一個查詢至  $HBN_i$ ，假若用戶 B 與用戶 A 或其位置伺服器位於同一註冊地區時，用戶 B 便可由  $HBN_i$  得知用戶 A 的位置，查詢結束，若不是則繼續進行 Step1；Step1 中  $HBN_i$  向網管中心查詢用戶 A 之位置伺服器的位置；Step2 中  $HBN_i$  像用戶 A 的位置伺服器  $HBN_n$  查詢用戶的網址，其各步驟所需費用如下：

Step0：用戶 B 送一個查詢至  $HBN_i$ ， $HBN_i$  先查詢自己的位置目錄，若其位置目錄中有用戶 A 的網址，此網址所表示的位置會有兩種情形：第一種為用戶 A 目前不位於  $RA_j$ ，由此可知用戶 A

將其位置伺服器設定為  $HBN_j$ ，此網址為 A 目前的網址， $HBN_i$  送回此網址，查詢結束。第二種 A 目前正位於  $RA_j$ ，在這種情形下  $HBN_i$  便發出廣播確定用戶 A 是否正位於  $RA_j$  中，若用戶 A 有回應則將此網址送回並結束查詢；若沒有則表示此網址為用戶 A 上次於  $RA_j$  停留留下的， $HBN_i$  將註銷此網址並進行 Step1。

因完成 Step0 所需的網路通訊只限於在  $RA_i$  中，因此我們將完成此步驟所需的費用忽略，將其視為 0。由上可知若用戶 B 與用戶 A 或其位置伺服器位於同一註冊地區時，僅需 Step0 就可查得用戶 A 的網址。

Step1： $HBN_i$  向網管中心查詢用戶 A 之位置伺服器的位置，然後網管中心便將用戶 A 位置伺服器  $HBN_n$  的位置送回，此步驟共花費

$$T_{i,NMC} \times W_{i,NMC} + T_{NMC,j} \times W_{NMC,j}$$

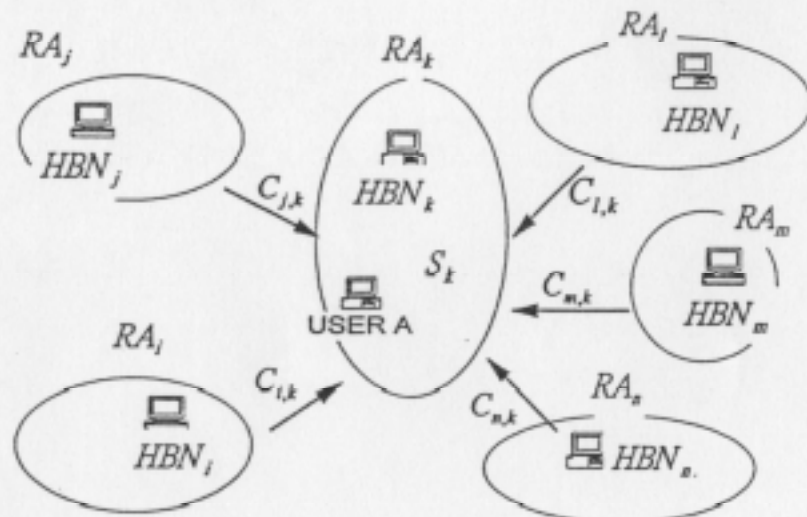


圖 3-4 用戶 A 單位時間被呼叫的次數

Step2: 用戶 B 於 Step1 得知用戶 A 的位置伺服器為  $HBN_n$ 。便透過  $HBN_j$  向  $HBN_n$  察詢用戶 A 的位置。然後  $HBN_n$  便送回用戶 A 的位置。此步驟花費  $T_{i,j} \times W_{i,j} + T_{i,j} \times W_{i,j}$ 。

由上可知一行動用戶位置追蹤所需之花費函數  
當  $i \neq j$  且  $i \neq n$

$$\text{Location\_cost}(i, j, n, T, W) = T_{i,nmc} \times W_{i,nmc} + T_{nmc,i} \times W_{nmc,i} + T_{i,j} \times W_{i,j} + T_{i,j} \times W_{i,j}$$

當  $i = j$  或  $i = n$

$$\text{Location\_cost}(i, j, n, T, W) = 0$$

其中  $i$  為用戶 B 所在註冊地區的足標,  $j$  為用戶 A 所在註冊地區的足標,  $n$  為用戶 A 位置伺服器的足標。

### 3.2.4 一用戶註冊與被追蹤所需的總費用函數

在前述子節中介绍了用戶註冊費用函數及追蹤費用函數。這一節中我們將介紹一用戶註冊與被追蹤的總費用函數。總費用的定義為：當一用戶由一註冊區間移至另一註冊區間時，用戶所需花費的註冊與被追蹤的費用和。註冊可直接由註冊費用函數求出；追蹤費用的算法則不能直接由追蹤費用函數算出，前所定義的追蹤費用函數乃是一通呼叫所需的費用。因當用戶於一註冊區間停留期間，被呼叫的次數不一定為一通。

圖 3-4 中當用戶 A 進入註冊地區  $k$ ，其位置伺服器由

$HBN_j$  換至  $HBN_l$  時其註冊費用為  $\text{Update\_cost}(l, k, j, T, W)$ 。圖中的註冊地區乃是  $N$  集合中所有註冊地區， $N = \{RA_j, RA_l, RA_k, RA_l, RA_m, RA_n\}$ 。 $S_k$  表用戶將於註冊地區  $k$  中停留的期望時間。 $C_{i,k}, C_{j,k}, C_{l,k}, C_{m,k}, C_{n,k}$  表用戶 A 停留於  $RA_k$  時  $RA_j, RA_l, RA_k, RA_l, RA_m, RA_n$  中所有用戶於每單位時間呼叫用戶 A 的通數。由上可知用戶 A 於註冊區間  $k$  停留的期間將會有  $(C_{i,k} + C_{j,k} + C_{l,k} + C_{m,k} + C_{n,k}) \times S_k$  通呼叫進來。其中有  $(C_{i,k} \times S_k)$  通呼叫是由  $RA_j$  中的用戶所發出。共花費  $C_{i,k} \times S_k \times \text{Location\_cost}(j, k, l, T, W)$  同理可計算出由其他註冊地區的用戶追蹤用戶 A 的費用。將追蹤用戶 A 所有的費用相加就是用戶 A 於註冊地區  $k$  且位置伺服器為  $HBN_l$  時被追蹤所需的總費用

$$\sum_{RA_x \in N} C_{x,k} \times S_k$$

$$\times \text{Location\_cost}(x, k, l, T, W)$$

由上可知用戶 A 移動至註冊地區  $k$  所需的註冊與被追蹤費用

$$\text{Total\_cost}(l, k, j, T, W, C, S) =$$

$$\text{Update\_cost}(l, k, j, T, W) +$$

$$\sum_{RA_x \in N} C_{x,k} \times S_k \times \text{Location\_cost}(x, k, l, T, W)$$

其中  $l$  為用戶 A 目前位置伺服器的足標,  $k$  為用戶 A 目前註冊地區的足標,  $j$  為舊位置伺服器的足標。

### 3.3 如何選擇最佳 HBN 註冊

#### 3.3.1 問題背景描述

在此定義用戶在一註冊區間，單位時間被呼叫的次數與用戶在此註冊區間移動率的比例為呼叫移動比例(Call-Mobility Ratio,  $CMR$ )。當用戶位於註冊地區

$$CMR = \frac{\sum_{RA_i \in N} C_{i,j}}{S_j} =$$

$$S_j \times \sum_{RA_i \in N} C_{i,j}$$

由上式可知當用戶位於註冊地區  $RA_j$  時，其  $CMR$  等於用戶於  $RA_j$  停留的期望時間乘上單位時間呼叫進來的期望次數。

當用戶在  $RA_i$  的  $CMR$  值低時，表示停留時間少(移動率高)或單位時間被呼叫的比率低，我們不希望選擇  $HBN_i$  作為位置伺服器。我們希望選擇下一個用戶最可能到達且停留時間較長之註冊區間上的本基節點作為位置伺服器。如此便能減少更換位置伺服器的次數，以減少用戶註冊的總花費。

當用戶在  $RA_i$  的  $CMR$  值高時，表示用戶在一註冊區間被呼叫的頻率高或停留的時間長時，也表示用戶在此註冊區間被呼叫的次數較多。因此我們希望能選擇此註冊區間上的本基節點作為位置伺服器，使連取此用戶之花費的平均值最低，減少連取用戶的花費。

#### 3.3.2 決策方法

用戶由  $RA_i$  移動至  $RA_j$ ，且其位置伺服器由  $HBN_m$  換至  $HBN_x$ ，此時  $HBN_x$  未知。由此可知用戶移動至  $RA_j$  時，系統所需花費之總花費函數為。

$Total\_cost(x, j, m, T, W, C, S)$   
其中  $k, j$  為常數； $T, W, C, S$  則為記錄於行動描述檔中的常數矩陣和向量。因此  $Total\_cost$  可視為  $x$  函數。令

$$F(x) = Total\_cost(x, k, j, T, W, C, S)$$

將集合  $N$  中所有註冊地區中的本基節點帶入函數  $F(x)$  中計算，便可知選擇各本基節點作用戶  $A$  的最新位置伺服器時所需花費的總期望費用。找出一註冊區間之足標  $opt$  使得

$$F(opt) = \text{Min}\{F(x) | RA_x \in N\}$$

我們選擇  $HBN_{opt}$  作為用戶  $A$  的最新位置伺服器。

## 4. 實作與驗證結果

### 4.1 實作模擬

在決策模式模擬實作中，假設每一註冊地區只有一個本基節點。我們將  $W_{i,j}$  設為 1， $i, j$  為 1 至  $n$  的正整數。並從亂數表取出 3.2.1 節所定義的矩陣和向量。  $S_j$  為 1 至 100 的均勻 (uniform) 亂數、 $C_{i,j}$  為 1 至 10 的均勻亂數、 $M_{i,j}$  為 0 至 1 的均勻亂數其中

$$\sum_{j=1}^n M_{i,j} = 1$$

以上的  $i, j$  均為 1 至  $n$  正整數。至於

$T_{i,j}$  和  $T_{NMC,i}$  乃是在二維平面上如圖 4-1 所示的 X-Y 平面一樣。其中 X-座標和 Y-座標的值域為 (-1000, 1000)。我們將網管中心置於座標 (0, 0)，並於 (-1000, 1000) 區間內以均勻亂數取出  $HBN_i$  的座標  $(X_i, Y_i)$ ， $i$  為 1 至  $n$  的正整數。 $T_{i,j}$  為從  $HBN_i$  到  $HBN_j$  的距離，

$$T_{i,j} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$$

同理

$$T_{NMC,i} = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}$$

我們按照  $M_{i,j}$  的值，以亂數表決定用戶下一步的路徑。其作法為於 0 至 1 的均勻亂數中取出一亂數  $Rand$ ，

$$\text{並找出最小的正整數 } next \text{，使 } \sum_{j=1}^{next} M_{i,j} \geq Rand$$

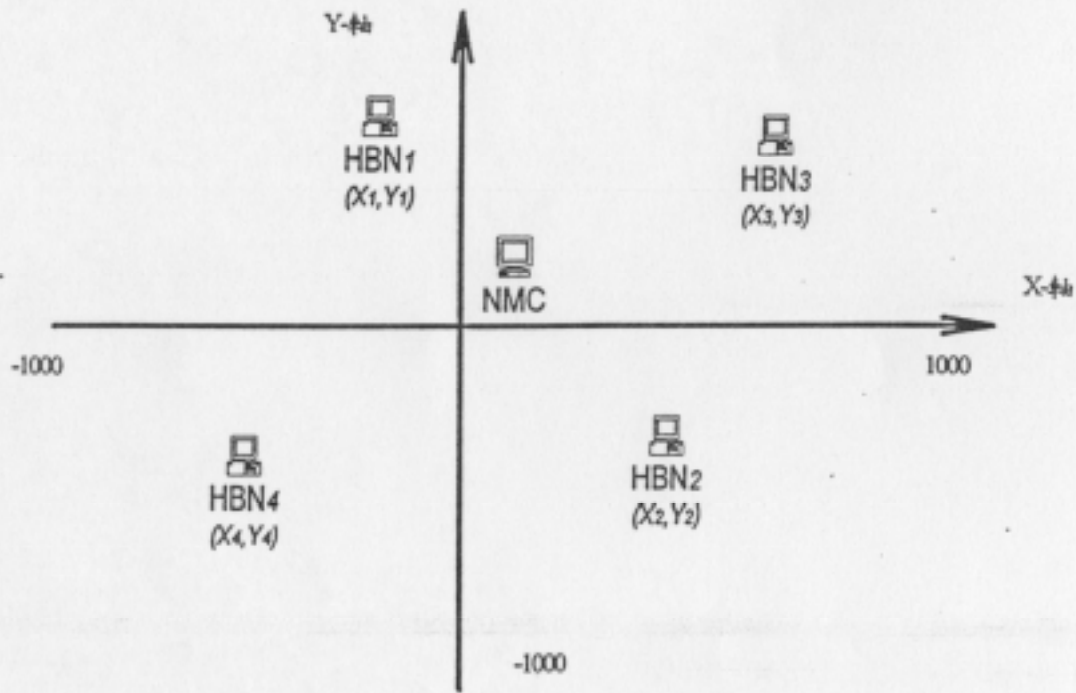


圖 4-1 本基節點分佈圖

• 則  $RA_{next}$  即為用戶下一個目標，並且從服從變異數 1 均數為  $S_{next}$  之自然分配 (normal) 的亂數表中，取出一數做為用戶將於  $RA_{next}$  停留的時間。在用戶的路徑及停留的時間決定出來後，即進行總花費的運算，此總花費為用戶走完 10 步所需的註冊費用和被追蹤的費用。

總花費的計算有兩種，一是使用我們的決策模式來決定用戶每次移動後新位置何服務器的位置，用戶以此方法選擇位置何服務器走完 10 步所需的總費用稱 Decision\_cost；另一種是與 IS-41 的作法相同，以位於用戶所在之註冊地區的本基節點，作為其位置何服務器，以此法走完 10 步所需的總費用稱 IS-41\_cost。

## 4.2 結果分析

圖 4-2 用戶之集合 N 包含 10 個註冊區間時，其走完 10 步後 Decision\_cost 與 IS-41\_cost 比率的平均。Y 軸代表 Decision\_cost 與 IS-41\_cost 的比率，X 軸代表此用戶的呼動率 (CMR)。此費用比率的最大值為 0.738，最小值則為 0.554，且其平均為 0.609。圖中較平滑的粗線為費用比率的二次趨近線  $y = 4 \times 10^{-6} X^2 - 0.0006 + 0.6258$ 。由此趨近線可知，當一用戶之 CMR 值為 1 至 100 的正整數時，CMR 的變化對費用比率並無太大影響。

$$\frac{Decision\_cost}{IS-41\_cost}$$

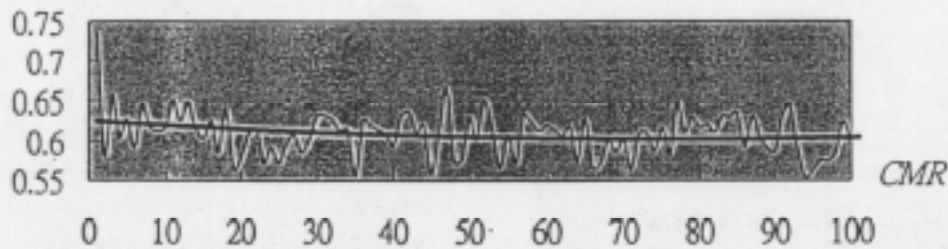


圖 4-2 Decision\_cost 與 IS-41\_cost 比率

$$\frac{Decision\_cost}{IS-41\_cost}$$

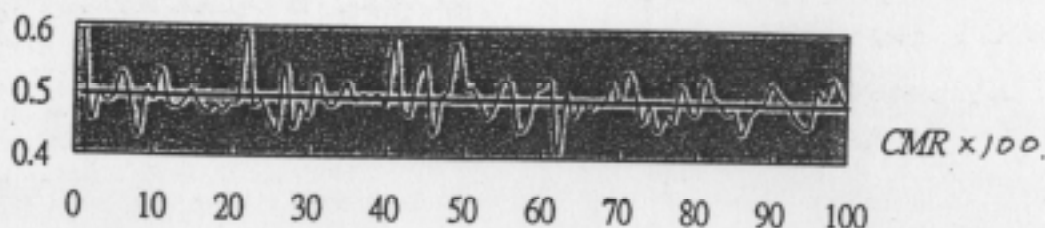


圖 4-3 Decision\_cost 與 IS-41\_cost 比率

圖 4-3 費用比率的最大值為 0.602，最小值則為 0.408，且其平均為 0.495。圖中較平滑的粗線為費用比率的二次趨近線  $y = 3 \times 10^{-7} - 4 \times 10^{-5} X^2 + 0.4975$ 。由此趨近線可知，當一用戶之 CMR 值為 0.01 至 1 時，CMR 的變化對費用比率並無太大影響。

當用戶之 CMR 為由 1 至 100 的正整數時，其費用比率較 CMR 為 0.01 至 1 時高，兩者的平均值相差 10%。因此本決策模式於用戶呼動率低時，能省下較高比率的費用。由圖 4-2 與 4-3 可知，使用本決策模式可比使用 IS-41 至少省下 40% 的費用。

雖然此費用比率並沒有將決策模式的計算量考慮進去，但這對結果並不會造成太大的影響，因為此計算量為  $O(n^2)$ ，計算所需的時間遠比網路通訊所需的時間小的很多，且計算乃是於用戶端進行不需付費，因此我們可以將計算的費用予以忽略。

### 4.3 用戶路徑與位置伺服器路徑

7	6	7	3	10	6	7	4	1	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

表 4-1 用戶路徑與位置伺服器路徑

表 4-1 的第一列為用戶走完 10 步的路徑，表中的阿拉伯數字為註冊地區的足標，此用戶路徑亦可看為 IS-41 的位置伺服器路徑，因為使用 IS-41 時，用戶與他的位置伺服器均在同一註冊地區；第二列為使用 3.3.2 節決策方法所求之  $q_{ij}$  的值，即作為用戶位置伺服器之本基節點的足標。例如，第一列第一欄中的 7 表示用戶第一步來到了  $RA_7$ ，IS-41 選擇  $HBN_7$  作為用戶的位置伺服器，而由第二列第一欄可知，決策模式選擇了  $HBN_1$  做為用戶的本基節點。表 4-1 中的用戶其呼動率為 0.1，表示此用戶被呼叫的頻率低或移動的頻率高，因此決策模式於用戶移動時並沒有改變用戶位置伺服器的位置，以節省走完 10 步的總費用。

4	2	7	1	9	6	5	8	5	1
2	8	1	7	7	7	7	10	7	7

表 4-2 用戶路徑與位置伺服器路徑

表 4-2 中的用戶其呼動率為 20，表示此用戶被呼叫的頻率相當高或其移動率低。由表 4-2 可知決策模式更換位置伺服器的位置的頻率並不頻繁，如此有兩個好處，一個是可以節省註冊費用；另一個則是節省被追蹤的費用，因為當用戶的呼動率高時，被追蹤的費用遠高於註冊費用，因此決策模式總是選擇使被追蹤費用最少的本基節點註冊。

### 5. 結論與未來展望

本論文與其他管理用戶行動能力策略最大的差異，在於我們使用決策模式來決定位置伺服器的位置，目前一般的作法乃是以同一地區的本基節點做為其位置伺服器。此次我們將此決策模式用於 IS-41 並與之所需費用做比較。由結果可知，在 IS-41 中加上此決策模式後的確能省下將近 40% 至 50% 的費用，其原因有三：

- (1) 決策模式更換位置伺服器的頻率比 IS-41 低，可省下不少註冊費用。
- (2) 當用戶的呼動率高時，決策模式總是挑選其中讓用戶被追蹤的費用最低的本基節點來註冊，IS-41 則否，如此可省下不少被追蹤的費用。
- (3) 決策模式將一用戶的 user-ID 與 user-address 記錄於位於同一註冊地區之本基節點及其位置伺服器的位置目錄中，使得與此用戶及其位置伺服器位於同一註冊地區的用戶追蹤此用戶的費用幾近於 0。而 IS-41 僅將用戶的 user-ID 與 user-address 記錄於用戶的位置伺服器中，如此可比 IS-41 省下不少被追蹤費用。

未來希望能將此模式加在不同的策略上，加以比較並找出容易實行且省註冊及被追蹤費用的策略。

決策方法雖定義了  $M_{i,j}$  這個變數，但於決策過程中並未將此變數列入考量，原因是若是將  $M_{i,j}$  也考慮進去會使計算量增加。本決策方法的時間複雜度為  $O(n^2)$ ，若將  $M_{i,j}$  列入考量，於決策時將用戶未來之  $k$  次移動列入考慮，則會使本決策方法的時間複雜度增加為  $O(n^{k+2})$ 。因此基於時間複雜度的考慮，未將  $M_{i,j}$  列入考量。未來希望能在不增加時間複雜度的情形下，將  $M_{i,j}$  列入考慮。

在本系統架構中僅有一個網路管理中心，當要求服務的用戶或用戶分佈範圍漸漸加多加大時，完成註冊和追蹤的速度也會漸漸變慢。未來希望能考慮使用多個網路管理中心 [10],[14]，以加快追蹤用戶的速度和將工作量平均分攤以應付日益增多的用戶。同時希望能將階層式的架構 [17] 也應用進來，建構一個階層式與分散式混合的網路管理中心架構，使得本架構不僅能應付日益增多的用戶，快速追蹤到用戶的位置，也可加大服務的範圍。

## 重要參考文獻

- [1] I.F. Akyildiz and J.S.M. Ho, "Dynamic mobile user location update for wireless PCS networks," *Wireless Networks*, Vol. 1, 1995, pp. 187-196.
- [2] V. Anantharam et al., "Optimization of a Database Hierarchy for Mobility Tracking in a Personal Communications Network," *Proc. Performance93*, Sept. 1993.
- [3] B.Awerbuch and D. Peled, "Concurrent On-Line Tracking on Mobile Users," *Proc. ACM SIGCOMM*, 1991, pp.221-33.
- [4] B.R. Badrinath, T. Imielinski, and A. Virmani, "Locating Strategies for Personal Communication Networks," In *Workshop on Networking of Personal Communications Applications*, Dec. 1992.
- [5] A.Bar-Noy and I.Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communication Networks," *IEEE Trans. on Info. Theory*, Jan. 1994, pp.45-65.
- [6] A. Bar-Noy, I. Kessler and M. Sidi, "Mobile users: To update or not to update?" *Wireless Networks*, Vol. 1, 1995, pp. 175-186.
- [7] I.R. Chen, T.M. Chen, and C. Lee, "Modeling and Analysis of Forwarding and Resetting Strategies for Location Management in Mobile Environments," *Joint Conf. of 1996 International Computer Symposium*, Dec. 19-21, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C., pp. 121-128.
- [8] T. Imielinski and B.R. Badrinath, "Mobile Wireless Computing: Solutions and Challenges in Data Management," DCS-TR-296/WINLAB-TR-49.
- [9] Yao-Nan Lien, "Client and Agent Mobility Management," *Second International Mobile Computing Conference*, Hsinchu, Taiwan, R.O.C., March 25-27, 1996, pp. 141-151.
- [10] Y.-B. Lin, "Location Tracking with Distributed HLRs and Pointer Forwarding," *Proc. 1995 International Symposium on Communications*, 1995, pp.31-37.
- [11] U. Madhow, M.L. Honig and K. Steiglitz, "Optimization of wireless resources for personal communications mobility tracking," *Proc. IEEE INFOCOM'94*, 1994, pp.577-584.
- [12] C. Perkins and Y. Rekhter, "Short-cut Routing for Mobile Hosts," *expired Internet draft*, July 1992.
- [13] C. Rose and R. Yates, "Minimizing the average cost of paging cost under delay constraints," *Wireless Networks*, Vol. 1, 1995, pp.211-220.
- [14] K.L. Sue, C.C. Tseng, and Y.S. Lai, "Reducing Call-Setup Time for Location Tracking with Distributed HLR and Pointer Forwarding," *Joint Conf. of 1996 International Computer Symposium*, Dec. 19-21, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C., pp. 113-120.
- [15] H.Wada et al., "Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding," *Proc. Winter USENIX*, San Diego, CA, Jan. 1993, pp.503-17.
- [16] H. Xie, S. Tabbane and D. Goodman, "Dynamic location area management and performance analysis," *Proc. IEEE VTC93*, 1993, pp. 536-539.
- [17] S.Y. Yi and H. Shin, "A New Locating Scheme for Mobile Objects Based on Their Mobile Characteristics and Replication of location Information," *Second International Mobile Computing Conference*, Hsinchu, Taiwan, R.O.C., March 25-27, 1996, pp. 123-130.