

# 支援位置導向服務之有效率資訊預取策略

## An Effectively Prefetching Policy for Location Based Services

連志誠

東吳大學資訊科學系副教授  
台北市貴陽街一段 56 號  
cclien@cis.scu.edu.tw

楊勝雄

東吳大學資訊科學系研究生  
基隆市正義路 74 巷 30 弄 13 號  
jakee@cht.com.tw

### 摘要

近來隨著行動通訊的發達，造成位置相關的資訊服務(Location-Dependent Information Services, LDISs)越來越普遍。位置相關的資訊服務可以根據使用者的位置提供相關的資料(Location Dependent Data, LDD)，例如依照目前使用者所在地提供交通流量或是餐廳等資訊。這種服務提供了使用者很大的便利性。然而透過無線網路存取遠端伺服器豐富且最新的資訊，很可能會因行動通訊的頻寬以及通信的品質，而造成資訊取得的時間延遲，降低了這項服務的有效性。其中資訊預取(prefetch)和快取(caching)技術可以減少對遠端存取資訊的時間延遲。我們提出使用者的移動模式，採用部分符合預測法(Prediction-by-Partial-Match, PPM)的技術，並利用大眾移動行為之歷史紀錄，動態地建構出資訊預取架構，企圖利用大眾行為預測下一使用者可能的移動模式，若預測失誤，則依使用者移動的行為適當地調整預取資訊，以提高資訊預取的效率與效果，加強位置相關資訊服務的實用性。

關鍵字：位置相關的資訊、位置相關的資訊服務、快取、部分符合預測法、資訊預取

### 一、緒論

隨著行動通訊的發達，未來提供的服務除了語音之外，數據(data)所扮演的角色將會愈來愈重要。其中位置相關的資訊服務(Location-Dependent Information Services, LDISs)即是一例(Wang et al. 2002 ; Xu et al. 2003; Zheng et al. 2002 )。位置相關的資訊服務即是根據使用者的位置提供相關的資訊(Location Dependent Data, LDD)，其服務範圍非常廣泛，以下是幾個例子(Ryu et al. 2005)：

(1.)個人化的定位服務：當全家人愉快地駕車外出，途中才發現油量不足，只要跟系統提出要求，就能透過行動定位服務，即便是對當地環境不熟悉，一樣能輕易地找到

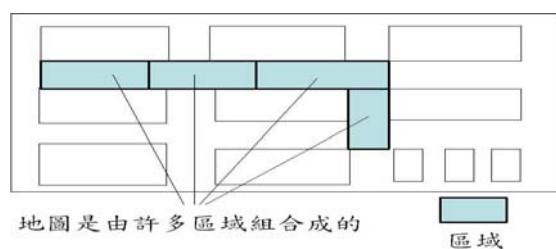
距離最近的加油站。

(2.)緊急救援服務：全球每年有很多人打求救電話尋求緊急救援，但其中有些人卻無法清楚地表達自己所在的位置，因此延誤救援的時間。行動定位服務在緊急時刻，救回一條命，這項優點不言而喻。

(3.)運輸車隊管理服務：營運規模龐大的物流業者，在規劃貨車收件及送貨路線上所費不貲。為能正確掌握公司貨車所在位置，方便管理貨車，以規劃出最符合經濟效益的貨車路線，達到降低成本。

(4.)道路導覽服務：當一個人自助旅行時，透過行動定位服務，手機就變成一個貼身導遊了，方便遊客輕易到達觀光景點。本文所討論位置相關的資訊即屬於此類。

以道路導覽服務為例，系統會根據使用者所在位置提供相對應的資訊。如圖一，一個地圖是由很多區域所組合成的，每一個區域都包含了相對應的資訊，當使用者啟動道路導覽服務時，則視使用者位於哪一個區域，提供相對應的資訊。同時亦提供幫使用者規劃路由的功能，亦即當使用者若想要知道從甲地走到乙地的路由，則系統會在地圖上畫出一條路徑，供使用參考。



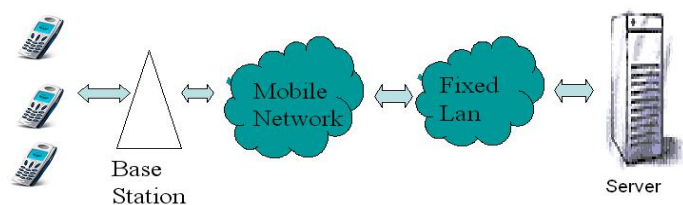
圖一：地圖由許多區域所組合成的

而資訊取得方式有兩種：第一種是僅依照行動設備內所儲存的資訊提供最基本的導覽功能。然而購買行動設備時所搭贈的電子地圖，其資料通常都不是最新的。而且因行動設備的儲存空間有限，所提供的資訊也相當有限。第二種為透過連接無線網路，存取遠端伺服器的資訊。這種方式提供使用者最新且內容豐富詳細的資訊，可有效改善行動設備有限儲存空間之缺點。

從以上看來位置相關的服務提供了使用者很大的便利性。然而使用者在使用這類的服務時，通常得透過連接無線網路，存取遠端伺服器既新且豐富的資訊。但卻有可能因行動通訊的頻寬以及通信的品質不良，造成資訊取得的時間延遲，因而降低了這項服務的便利性。

由於全世界對無線網路以及行動設備的依賴程度已經越來越高了，而且行動上網的人數也快速的增加中，尤其是許多殺手級的應用如即時影像傳播、線上遊戲等都需要高頻寬的傳輸網路，但是無線網路的基礎建設對日益增加的頻寬需求的處理能力卻往往不盡人意。若以國內目前普遍的 GPRS(General Packet Radio Service)網路，所提供的頻寬通常是 40-60kbit/s(Steer 2007)，若以 50kbit/s 計算，下載一 100KB 純文字檔、200KB 圖形檔則分別長達 16、32 秒，使用者等待的時間之久由此可見。至於提供高速頻寬的 3G(third Generation)網路，若以 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)所提供的頻寬 2Mbit/s(Steer 2007)，下載一 100KB 純文字檔、200KB 圖形檔則只需花 0.4、0.8

秒，大幅降低下載的時間，可惜至今 3G 網路雖已開放，但因經濟效益不如預期，歐洲甚至有廠商要撤銷經營執照(Park et al. 2005)；反觀國內目前享有 3G 高速服務亦僅侷限於人口密集區域。因此使用數據服務大部份還是得透過 GPRS 網路，即使下載的是小檔案，有可能也會因等待時間過久而導致使用者產生不悅感。故透過無線網路上網輕則可能因提供的頻寬太小或網路擁塞而限制高頻寬需求的應用如多媒體撥放，重則因網路故障導致無法使用基本的語音或數據功能 (Snow et al. 2000)。尤其是透過行動通訊對遠端伺服器作資料存取時，更難保證網路間的品質。圖二為無線網路中行動設備對遠端伺服器存取資料的示意圖。一般行動設備若要存取遠端伺服器的資料時，得經由基地台將要求傳送至所屬的行動通信網路(mobile network)，然後行動通信網路再轉送使用者的要求至遠端的伺服器。其間可能會再經由固網(fixed Lan)連接，取決於伺服器是建置在行動通信網路的近端或遠端。(Jang & Suh 2003)指出在基地台端點很可能是網路中的瓶頸(bottleneck)，尤其是當許多的行動設備透過基地台，利用 TCP(Transmission Control Protocol)協定傳輸資料時，一旦網路發生擁塞則會將封包丟棄(drop packet)，如此一來則更會減緩資料的傳送速度。



圖二：行動設備對遠端伺服器存取資料的示意圖

綜合上述，目前行動設備透過無線網路對遠端伺服器存取資料時，提供高速頻寬的 3G 網路僅侷限於人口密集區域，目前大部份只能依賴 GPRS 網路，而其提供的頻寬並不大，可能會造成使用上的不便。故透過行動網路存取遠端伺服器資訊時頻寬的不足已成爲一瓶頸。如此使用者取得資訊時間將會增加，不利於使用道路導覽這項服務。

再者，行動設備透過無線網路對遠端伺服器存取資料時，其通訊品質良窳取決於各節點以及各節點間之網路互連。單以基地台節點爲例，有可能因基地台提供的頻寬不足、臨時故障而造成網路塞車或網路不通，這亦會讓使用者取得資訊時間增加，不利於使用道路導覽這項服務。

爲了解決無線網路可能的狀況如頻寬不足、網路擁塞或是網路故障，可以利用資訊預取和快取的技術降低資訊取得時間的延遲 (Jiang & Kleinrock 1998 ; Padmanabhan & Mogul 1996 ; Song & Cao 2004)。資訊預取即是將資料預先下載然後儲存於行動設備中。因此未來存取資料時，如果可以在行動設備端取得，便可以大大降低資訊取得的時間。然而資訊預取得預取未來最可能用到的資訊，否則將導致系統資源的浪費，如連線時的網路頻寬或是行動設備的電力消耗。由於電力是行動設備的重要資源，較少的電力消耗，便可延長行動設備使用的時間，故節省電力的消耗，對行動設備而言也是一個重要的議題(Song & Cao 2004 ; Yin et al. 2002)。

其中預測可以是在行動設備端或是伺服器端或是兩者並行。前述的個人化的定位服

務、緊急救援服務、運輸車隊管理服務及道路導覽服務皆可將預測系統建立於行動設備端或是伺服器端亦或兩者並行。而本研究是由伺服器端建構出預測使用者行為之模型。

由於目前行動網路所提供的頻寬有限，而且基地台也可能突然故障而導致網路不通或是提供的頻寬不足而導致網路塞車。這將會造成資訊取得時間的延遲，不利於位置相關的資訊服務使用。

如果我們可以事先預取未來將使用到的資訊，並將之儲存於行動設備的快取中。未來存取所需資訊則可以在快取記憶體端存取，而不用透過連線至遠端伺服器。如此將可以避免通訊頻寬及通訊品質所造成資訊取得時間的延遲。

資訊預取和快取的技術除了可以有效減少因網路頻寬或通訊品質所造成使用者的等待時間；亦可降低對遠端伺服器的連線次數，降低行動設備電力的消耗；同時也有效改善行動設備儲存空間限制的缺點。但是有效率的預取得建立在準確的預測上，否則預取多餘的資訊，將導致反效果。使用資訊預取之技術得格外謹慎小心。

本研究中我們利用部分符合預測法的技術，利用大眾移動行為之歷史紀錄，動態地建構出資訊預取架構，企圖利用大眾行為預測下一使用者可能的移動模式，預取使用者未來最可能用到的資訊，以提高資訊預取的效率與效果，加強位置相關資訊服務的實用性。

第二章我們將概述相關的研究文獻，包括學者所提出的資訊預取架構以及馬可夫模型與部份符合預測法。第三章我們則針對之前學者提出的系統架構，提出改善的方法。第四章則是將實驗環境之初始化，並對實驗結果予以分析比較。第五章則是藉由實驗結果說明本研究的貢獻並指出未來研究方向。

## 二、文獻探討

### 1. 相關研究文獻

由於行動網路的快速發展，許多加值應用服務也相繼問世。然而由於行動網路提供的頻寬可能是變動的、有限的，存取這些服務將面臨到很大的挑戰。因此資訊預取與快取技術就常被用來改善此缺點。資訊預取即是將資料預先下載然後儲存於行動設備中。故未來存取資料時，則可以在行動設備端取得，而不受限於網路的頻寬。學者 Jiang Z. 和 Kleinrock L. 根據行動網路的頻寬不同作最適當的資訊預取(Jiang & Kleinrock 1998)，以改善行動網路頻寬的缺點。

不過這並未考慮到行動設備有限的電力。由於資訊預取得連線至遠端伺服器，將會導致行動設備的電力消耗；而預取資訊大小亦跟電力消耗量有關。因此亦有學者考量行動設備的有限電力而提出改善的方法。如 Song H. 和 Cao G. 所提出的 CMIP(cache-miss-initiated prefetch)資訊預取策略(Song & Cao 2004)，以及 Yin L. 等學者所提出的 VAP(value-based adaptive prefetch)資訊預取策略(Yin, et al. 2002)。

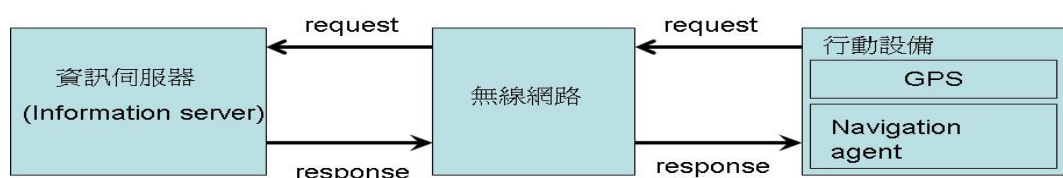
即使考量到行動網路的頻寬以及行動設備的有限電力，其實還不夠。因為行動網路的特性，資訊的可用性、重要性可能會隨著使用者的位置而變動。Xu J. 等學者即探討資訊的重要性相對於使用者的位置有很大的相關性(Xu, et al. 2003)。不過文中並未探討使用者移動的模式，而且資訊取得的方式為廣播的模式，與我們探討的主從式架構並不同。

據我們所知，根據使用者移動模式(user mobility mode)作資訊預取快取以改善透過行動網路存取道路導覽服務的缺點，只有學者 Persone V.N.和 Grassi V. (Persone & Grassi 2003)。雖然亦有 Wu W.等學者針對道路導覽系統提出多媒體架構系統概念(Wu et al. 2006)，然而目前亦無針對道路導覽服務提出使用者移動模式改善此服務之相關文獻。因此本文將重新提出使用者移動模式，並利用部份符合預測法的技術，作資訊預取及快取，期能提高資訊預取的效率與效果，減少資訊取得的時間延遲，降低電力之消耗，以加強道路導覽服務之實用性。

接下來三小節，我們分別介紹學者 Persone 之資訊預取架構、使用者移動模式、資訊預取方法及管理快取記憶體的策略(Persone & Grassi 2003)。

## 2. Persone 之資訊預取架構

Vittoria de Nitto Persone 和 Vincenzo Grassi 曾探討資料預取和快取的技術對行動設備中的導覽系統重要性。亦即此兩項技術可以增進道路導覽系統的效能(Persone & Grassi 2003)。在文中他們所考慮的系統架構主要由有著定位功能的行動設備、及其中的導覽程式(navigation agent)和資訊伺服器以及無線網路所組成的。如圖三所示。

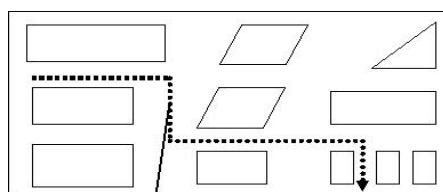


圖三：Persone 之資訊預取架構圖

文中並指出導覽程式負責資訊預取的工作。亦即由行動設備(客戶端)向遠端資訊伺服器提出要求，資訊伺服器則依照要求，個別傳送所要資料。這種資訊預取的方法稱之為告知的預取(informed prefetching)，這種方法專注於發展出可發現未來使用者需求的應用軟體，然後作資訊預取的動作，亦稱之為明確地告知預取(transparent informed prefetching)(Patterson et al. 1995)。以下我們將對他們所提出的使用者移動模式、資訊預取方法及管理快取記憶體的策略一一介紹。

## 3. Persone 的使用者移動模式

Persone 觀察了使用者移動行為，發現使用者可能會沿著一個固定路由移動，如圖四。當遇到叉路時，則有改變路由的可能性。如果使用者目前在某一個區域，則在下個單位時間內他可能會往前面或往後面的區域移動，或者是改變路由，進入一個新的路由。在新的路由中使用者依然會按照上述的規則移動。



使用者可能移動的路徑

圖四：使用者可能的移動路徑

因此 Persone 以機率的概念定義了使用者移動行為的模式。如圖五所示。

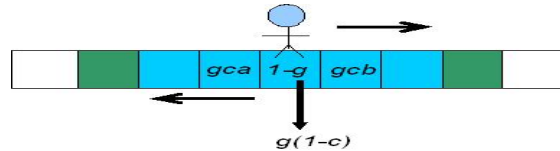
其中  $g$  為離開目前區域的機率

$c$  為在不改變路由下的離開目前區域的機率

$a$  為在不改變路由下離開目前區域往後移動的機率

$b$  為在不改變路由下離開目前區域往前移動的機率

所以使用者留在原地的機率即為  $1-g$ ，離開原地且改變路由的機率為  $g(1-c)$ ，離開原地且往前移動的機率為  $gcb$ ，離開原地且往後移動的機率為  $gca$ 。



圖五：Persone 之使用者移動模式

#### 4. Persone 的資訊預取方法及管理快取記憶體的策略

Persone 所提出的資訊預取方法，其概念最主要是根據使用者目前移動的路由上，預取使用者目前所在區域及其前後相鄰區域的資訊。

如圖六所示，每次資料預取的長度是固定的，即  $h=nb+nf+1$ 。

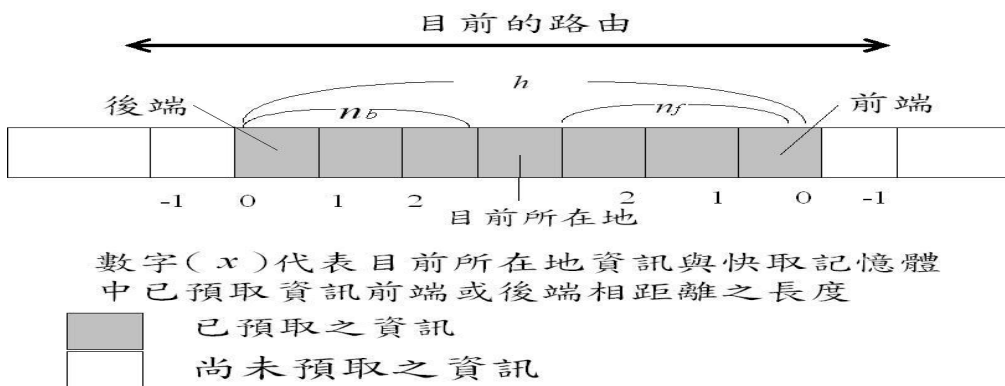
$h$  為一次資訊預取的長度

$nb$  為預取目前所在區域之後的區域數量

$nf$  為預取目前所在區域之前的區域數量

$x$  為目前所在地資訊距離快取記憶體已預取資訊之前端或後端的距離

$nb$ 、 $nf$  的大小一般和使用者往前往後移動的可能性有關，亦即  $nb:nf=a:b$ 。每當使用者接近路徑的盡頭(即  $x=0$ )，則得預取下一個固定長度的資料，以避免快取失誤；或是使用者已經離開了快取記憶體所儲存資訊的涵蓋範圍( $x=-1$ )，表示快取失誤已經發生，此時亦得預取下一個固定長度的資料，直到使用者結束此服務。當使用者改變路由時，即清除快取記憶體中的資料，依上述規則重新抓取移動路徑的相關資料。



圖六：資訊預取方法示意圖

概略介紹學者 Persone 之資訊預取方法後，接下來將概述馬可夫模型與部份符合預測法，其中部份符合預測法是本文中研究所使用之資訊預取方法。

#### 5. 馬可夫模型與部份符合預測法

從使用者過去移動的行為紀錄，來預測他在下一時間會往何處去，是一種根據已知

的證據來進行推論，而推論的結果會包含一些不確定性，因此信賴度（confidence）便成為推論結果的一個很重要的屬性，機率則是經常被用來處理跟信賴度相關問題的工具。本研究預測引擎所利用的部分符合預測法(Prediction-by-Partial-Match, PPM)，即是以機率原理為基礎的推論方法。接下來便介紹機率的相關基礎知識。

支持度(support)指的是在沒有其他資訊的情況下，一個事件發生的機率，以客觀機率的觀點來看，就是事件發生的頻率。在本研究中，例如計算路徑  $A$  的支持度  $P(A)$  時，是以存取路徑  $A$  的次數  $n$ ，除以總存取次數  $m$ ，即路徑  $A$  的支持度為： $P(A)=n/m$ 。

條件機率(conditional probability)一般以  $P(B/A)$  的形式來表示僅有  $A$  出現時，事件  $B$  的發生機率。其公式如下：

$$P(B/A) = \frac{P(A,B)}{P(A)}$$

條件機率可以用來表達使用者移動路徑之因果關係，也就是我們可以從使用者的過去移動紀錄中找出路徑之間的關聯性，並計算出其條件機率。假如現在共有 10 人使用道路導覽服務，其中有 10 次經過  $A$  路徑，由  $A$  路徑再往  $B$ 、 $C$ 、 $D$  路徑移動各有 6、3、1 次。則根據之前的公式，可以計算出：

$$P(A) = 10/10 = 1$$

$$P(A,B) = 6/10 = 0.6$$

$$P(A,C) = 3/10 = 0.3$$

$$P(A,D) = 1/10 = 0.1$$

$$P(B/A) = 0.6$$

$$P(C/A) = 0.3$$

$$P(D/A) = 0.1$$

從計算中可以明確的看出，使用者從  $A$  路徑移動到  $B$ 、 $C$ 、 $D$  的機率各是 0.6、0.3、0.1，亦即從  $A$  移動到  $B$  的機率最大。利用計算條件機率的方式找出使用者由  $A$  最可能移動到  $B$ ，其實與資料探勘技術中關聯規則(association rule)之信賴度(confidence)的計算方法是一樣的。

而利用過去的紀錄來預測未來的行為，馬可夫預測模型(Markov model)不僅是眾所皆知的，也經常被用來處理隨機過程的問題(Papoulis 1991)。

馬可夫模型是由馬可夫鏈(Markov chain)所建構成的，其意義是下一事件或狀態發生的機率由先前的事件所決定。如果  $S = \langle p_1, p_2, \dots, p_n \rangle$  為使用者所存取資料的過程，則下次存取資料  $p_{n+1}$  的條件機率為  $P(p_{n+1} / p_1, p_2, \dots, p_n)$ ，表示如下：

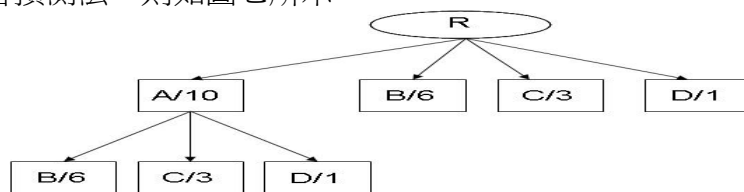
$$p_1, p_2, \dots, p_n \Rightarrow p_{n+1}$$

預測出來的  $p_{n+1}$  必須大於或等於使用者所設定之信賴度。若每次所計算出的條件機率是由  $n$  個先前的事件所決定的，則稱  $n$  為階層(order)。例如  $A, B \Rightarrow C$ ，階層為 2 (Nanopoulos et al. 2003)。

部分符合預測法的預測基礎即是建立在馬可夫模型上。對所有的  $j$  和  $m$ ，如果  $1 \leq j \leq m$ ，則一個  $m$  階層的部分符合預測法有著  $j$  階層馬可夫模型性質。而一個  $j$  階層的馬可夫模型是利用先前發生的  $j$  事件(events)計算出下一事件發生的機率(Nanopoulos et al. 2003)。

若現在共有 10 人在路徑  $A$  啟動道路導覽服務，由  $A$  路徑再往  $B$ 、 $C$ 、 $D$  路徑移動各

有 6、3、1 次。則存取資料過程  $S = \langle AB, AB, AB, AB, AB, AB, AC, AC, AC, AD \rangle$  將之表示成 1 階層的部分符合預測法，則如圖七所示。



圖七：階層 1 的部分符合預測法之示意圖

圖七顯示一個 1 階層的部分符合預測法，其由節點  $R$  擴散出的最大路徑長度為  $m+1 (=2)$ 。每個由節點  $R$  擴散出的路徑表示資訊存取的過程。而路徑中節點的英文字母為伺服器端資訊之代號。節點中的數字則代表存取的次數。資訊預取的集合則取決於節點之條件機率是否高於使用者所定義的信賴度(Nanopoulos et al. 2003)。假設信賴度設為 0.5，則資訊預取的集合為  $A$  與  $B$ 。

當馬可夫模型階層愈高時，預測的精準度越高，然而也伴隨著低覆蓋性(coverage)和過多的結點(state)。相反的，馬可夫模型階層愈低時，預測的精準度也越低，可是可供預測資訊之覆蓋性(coverage)卻越高而且結點也相對越少(Deshpande & Karypis 2004)。

本文所採用的部分符合預測法相對於單一階層的馬可夫模型，將會有相對高之預測精準度與相對高覆蓋性，缺點是會有相對多的結點。

概略介紹研究文獻後，下一章我們將探討學者 Personé 資訊預取方法可能面臨到的問題，以及我們所提出解決之道。

### 三、問題探討與研究方法

#### 1. 問題探討

由於 Personé 利用告知預取的方法，透過行動設備的導覽程式來預測未來使用者移動的路徑，然而因為行動設備的儲存資源有限，無法儲存大量的歷史資料，更不用說對過去的資料進行分析與預測未來使用者行為，僅能被動地使用機械式的預取方法，亦即依路口所設定之機率大小，固定預取使用者可能移動方向之道路導覽資訊量。可預期的，當預取資訊量太小，則連線至遠端伺服器次數會增加，導致連線時間過長，造成過多的電力消耗以及使用者過久的等待時間；反之，當預取資訊量太大，若使用者移動行為不可預測時，預取過多的資訊，一樣會造成反效果。

其次 Personé 觀察了使用者移動行為，發現使用者可能會沿著一個固定路由移動，當遇到叉路時，則有改變路由的可能性。如果使用者目前在某一個區域，則在下個單位時間內他可能會往前面或往後面的區域移動，或者是改變路由，進入一個新的路由。在新的路由中使用者依然會按照上述的規則移動。他並且導入機率的觀念，定義了使用者移動行為的模式。

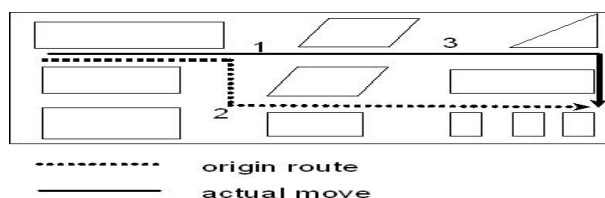
不過他雖然指出了使用者遇到叉路時，有改變路由的可能性。但卻沒有明確地預測使用者遇到叉路時可能移動的方向。僅是被動地在原路由中依使用者移動方向預取資訊，如此將可能導致快取失誤，亦即錯誤的資訊預取。以圖八為例，系統在經過叉路口 1 時，會繼續預取原路由間的資訊，亦即預取 1 和 2 區間的資訊，但是在叉路口假設使用者可能因某種因素如道路施工或車禍等事件而改變了路由。此時系統就得預取 1 和 3



區間的資料。預取 1 和 2 區間的資訊則變成多餘的。而且如果此時有大量的使用者都發生了同樣的行為，原本該走 12 路線的，但卻變成走 13 路線，很明顯地可以看出 Persone 的資訊預取方法無法動態地趨近使用者移動行為。

針對上述的缺點，我們利用部分符合預測法(Prediction-by-Partial-Match, PPM)，動態地建立大眾的移動模型，試圖利用大眾行為來預測使用者可能的移動行為，以提高資訊預取的效率與效果，避免造成資訊預取反效果。

接下來將討論使用者可能之移動模式為未來準確的資訊預取作準備、並說明我們預測系統的架構、流程圖、以及如何建構出部份符合預測法之預測圖。



圖八：使用者可能的移動路徑

## 2.使用者移動模式

道路導覽服務提供幫使用者規劃路由的功能，亦即當使用者若要知道從甲地走到乙地的路徑，則系統會在地圖上畫出一條路徑供使用者參考。而當系統提供一路徑時，使用者會如何移動呢？

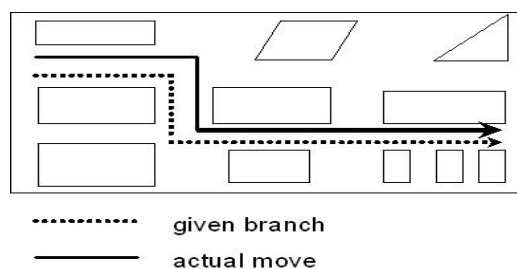
使用者有可能會因到了陌生環境而完全照著系統規劃的路由移動，期間也有可能因道路施工、車禍或路標不明等事件而改變路由；或是使用者因具有不同程度的探險性、好奇心，而採取與系統建議相異的移動路徑。學者 Krumm John 指出預測出使用者移動的方向將有助於位置相關的資訊服務(John & Eric 2007)。

因此我們觀察使用者的移動行為，歸納出三種可能的模式，以做為資料預取參考的方向。

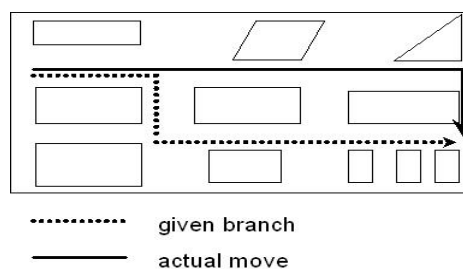
(1.)依系統指定路由移動模式(given branch mode)：在此種模式下，使用者會根據系統所規劃的路徑走完全程。如圖九所示。

(2.)半已知移動模式(semi-known branch mode)：在此種模式下，使用者可能會根據系統所規劃的路徑移動，但也許在移動的過程中，因某種事件如看到新的地標、發生車禍造成大塞車等事件而改變路由，此時就得預測使用者可能移動的路徑。如圖十所示。

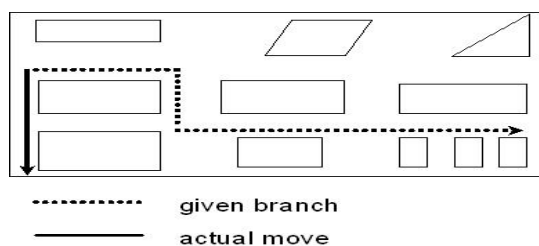
(3.)未知移動模式(unknown branch mode)：使用者向系統提出要求，但卻不依循系統規劃的路徑移動。或是沒有向系統提出要求，漫無目的地走。此時就得預測使用者移動的路徑進行資料預取。如圖十一所示。



圖九：依系統指定路由移動模式示意圖



圖十：半已知移動模式示意圖



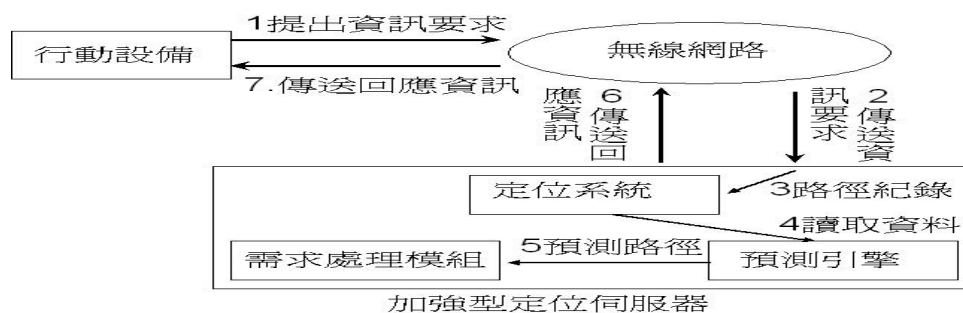
圖十一：未知移動模式示意圖

由於我們無法預知使用者會遵循哪一種模式移動，因此我們利用大眾所存取資訊的歷史紀錄動態地建構出使用者移動預測圖，並依據使用者移動行為適度調整預取模式，以準確預取資訊。

### 3. 預測系統架構

由於我們採用預測性地預取 (predictive prefetching) (Curewitz et al. 1993 ; Padmanabhan & Mogul 1996)，亦即系統會根據使用者大眾過去存取資訊的歷史紀錄作為預測使用者可能的移動行為之基礎。因此我們的系統架構包涵了行動設備、無線網路以及加強型的定位資訊伺服器。加強型的定位資訊伺服器包涵了可記錄使用者移動過程的模組、預測的引擎以及需求處理模組。

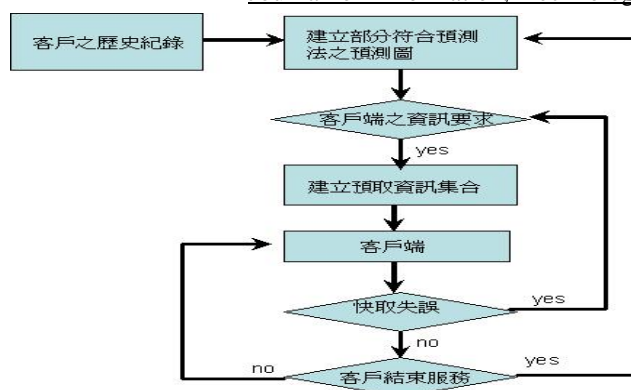
當行動設備端跟系統提出要求時，定位系統即會隨時追蹤使用者移動的路徑，並紀錄下來。此時預測引擎會預測使用者移動的路徑，並將所預測傳送給需求處理模組，此模組再將預測的和使用者所要求的資訊透過無線網路傳送至行動設備端。若使用者結束服務後，預測引擎便會讀取使用者移動的過程紀錄，並立即更新預測。圖十二為我們所提出的資訊預取架構。接下來將探討我們的預測方法。



圖十二：我們提出之資訊預取系統架構圖

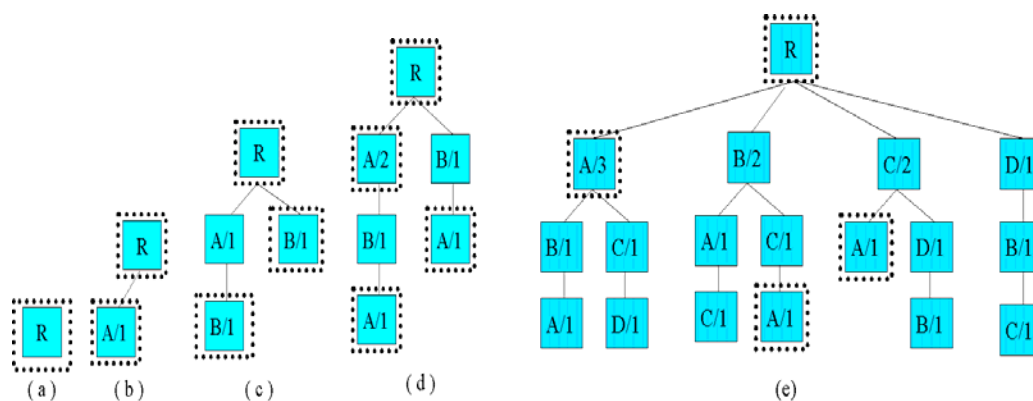
### 4. 預測引擎

我們所建立之預測引擎是採用部分符合預測法的技術，利用客戶移動行為的歷史紀錄，建立出部分符合預測法之預測圖，當客戶提出資訊要求時，則依客戶所提出要求建立預取資訊集合，若預測失誤，則重新調整資訊預取集合，以準確預取資訊。當客戶結束服務時，立即更新部分符合預測法之預測圖，以符合現況。整體系統預測之流程則如圖十三所示。接下來將介紹如何利用過去之歷史紀錄建立部分符合預測法之預測圖和建立資訊預取集合。



圖十三：系統預測之流程圖

我們先觀察建立部分符合預測法預測圖之過程，再討論建立部分符合預測法預測圖之演算法。假設一使用者存取過程為  $ABACDBCA$ ，若階層為 2，則建立部分符合預測法之預測圖如圖十四所示。首先第一步驟即是產生階層 0 的根結點  $R$ ，如圖十四 (a) 所示。當加入  $A$  時，則產生階層 1 的  $A$ ，亦即為根節點的兒子(child)，及其出現次數。如圖十四(b)。接著加入  $B$ ，並成為  $A$  及根節點的兒子，同時計算出次數。如圖十四(c)。再來加入  $A$ ，除了計算出現次數外，同時也新增成為  $B$  結點的兒子，如圖十四(d)。並一直重覆計算直到結束為止。如圖十四(e)。



圖十四：建立部分符合預測法預測圖之過程

故在存取過程  $S = \langle ABACDBCA \rangle$  之情況下，如何將之表示成部分符合預測法預測圖呢?我們觀察到：

在一階層情況下可表示成關係式  $R \Rightarrow A$ 、 $R \Rightarrow B$ 、 $R \Rightarrow C$ 、 $A \Rightarrow B$  ...等。在二階層情況下可表示成關係式  $R \Rightarrow A$ 、 $A, B \Rightarrow A$ 、 $A, C \Rightarrow D$  ...等。在三階層情況下可表示成關係式  $R \Rightarrow A$ 、 $A, B \Rightarrow A$ 、 $A, B, A \Rightarrow C$  ...等。

也就是 1 階層的部分符合預測法可以利用先前發生的 1 個事件(events)計算出下一事件發生的機率。2 階層的部分符合預測法可以利用先前發生的 1 至 2 個事件計算出下一事件發生的機率。 $n$  階層的部分符合預測法可以利用先前發生的  $1 \sim n$  個事件計算出下一事件發生的機率。由於一個  $m$  階層的部分符合預測法有著  $j$  階層馬可夫模型性質。這意味著我們只要會建立一階層的部分符合預測法預測圖，則  $n$  階層部分符合預測法預測圖建立的過程就如同 1 階層的。亦即我們只須針對每個事件作單一處理 - 建立起事件之間的關係圖和事件的存取次數，則連貫起來便是  $n$  階層之部分符合預測法預測圖。

因此，使用者存取過程為  $S = \langle ABACDBCA \rangle$ ，在階層為 2 的情況下，當  $A$  事件加入後，系統會從第二層開始一層接著一層往上判斷，由於一開始，第二層、第一層皆無節

#### 40 支援位置導向服務之有效率資訊預取策略

點，故只判斷根節點下有無事件  $A$  之子節點，若無則在第一層新建立一子節點  $A$ ，且存取次數為 1。如果根節點有事件  $A$  之子節點時，則僅在根節點下之節點  $A$  之出現次數加 1，接下來  $B$  事件加入後，則針對  $B$  事件之前一事件  $A$  以及有異動過的根節點下判斷，新增成爲  $A$  及根節點的兒子，同時計算出次數，如此遞迴運算，直到處理完每個事件。

故建構部分符合預測法之預測圖演算法如下(Lei et al. 2005 ; Palpanas & Mendelzon 1999)：

Objective: Build a prediction model based on the access patterns of the users.

Input: The trie structure  $T$ , representing the prediction model of order  $m$  constructed by a set  $S$  of events deriving from the users.

Output: The updated prediction model.

```
1  current_context[0] := root node of  $T$ ;  
2  for length  $j=1$  to  $m$   
3    current_context[ $j$ ] = NULL ;  
4  for every event  $R$  in  $S$   
5    for length  $j=m$  down to 0 {  
6      if current_context[ $j$ ] has child-node  $C$  representing event  $R$  {  
7        node  $C$  occurrence_count = occurrence_count+1;  
8        current_context[ $j+1$ ] = node  $C$ ;      }  
9      else {  
10       construct child-node  $C$  representing event  $R$ ;  
11       node  $C$  occurrence_count = 1;  
12       current_context[ $j+1$ ] = node  $C$ ;      }  
13       current_context[0] = root node of  $T$ ; } }
```

其中 4~13 行：爲針對每個發生事件、由階層  $m$  到 0 作判斷，也就是若  $A$  事件加入後，系統會從第  $m$  層開始一層接著一層往上判斷：節點下有無事件  $A$  之子節點。若無則在第一層新建立一子節點  $A$ ，且存取次數為 1；如果節點有事件  $A$  之子節點時，則僅在節點下之節點  $A$  之出現次數加 1。

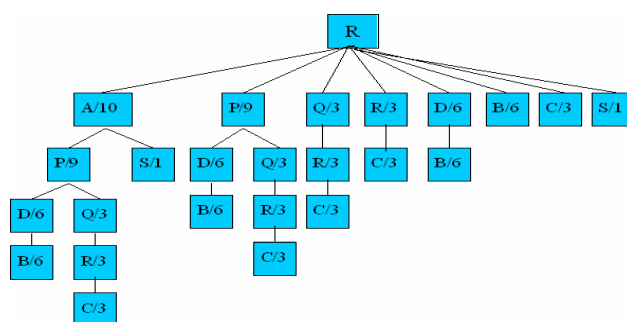
由於部分符合預測法可以即時反應目前存取過程的變動。亦即每當有新的存取過程產生，部分符合預測法便可以立即更新，反應出最新的存取流程(Lei et al. 2005 ; Palpanas & Mendelzon 1999)。故我們將利用此一特性，動態地建立使用者移動模型。

至於資訊預取我們則採取由相鄰並大於我們設定之信賴度且有著最大條件機率之節點所組合的路徑作爲使用者最可能移動的路徑。如果預測失誤，則重新預測在失誤的節點下，重新計算資訊預取之集合，作爲使用者可能移動的路徑，如此循環直到使用者結束服務。

我們先觀察建立資訊預取集合過程，再討論建立資訊預取集合之演算法。假設有 10 個使用者在路徑  $A$  啓動道路導覽服務，且存取路徑有六次的  $APDB$ 、三次的  $APQRC$  和一次的  $AS$ 。則根據之前所討論建構部分符合預測法之演算法，在階層爲 4 情況下，可繪成圖十五部份符合預測法之預測圖。

建立資訊預取之集合第一步驟即是先找出階層 1 符合路徑  $A$  之節點，再來則遞迴找出由  $A$  路徑擴散出且大於我們設定之信賴度之最大條件機率值的子節點，如果出現相同

最大條件機率之子節點，則停止。以圖十五為例，在信賴度為 0.25 下，資訊預取的集合為 *APDB*。



圖十五：部份符合預測法之預測圖

故建立資訊預取集合之演算法為：

Objective: Given the prediction model ,predict users' future request.

Input: The trie structure *T*, representing the prediction model of order *m* constructed by a set *S* of events deriving from the users.

Output: A set *P* of predicted request.

- 1  $P = \text{NULL};$
- 2 find the node *C* match the starting node of road navigation of current\_context[1] ;
- 3  $P = P + C ;$
- 4 for length  $j=2$  to  $m$  {
- 5 find *C*'s child node *D* of current\_context[*j*] with the biggest conditional probability  $\geq$  the confidence we set;
- 6 find node *D* of current\_context[*j*] with the biggest conditional probability if equals to node *E* of current\_context[*j*]
- 7 {  $P = P + D + E$  ; break; }
- 8  $C = D$  ;
- 9  $P = P + D$  ; }

其中 1~3 行建立資訊預取之集合第一步驟即是先找出階層 1 符合使用者啟動道路導覽服務相對應之節點 *C*，並將此節點加入預取集合 *P* 中。

4~9 行則遞迴由階層 2 到 *m* 階層找出由 *C* 節點擴散出且大於我們設定之信賴度之最大條件機率值的子節點 *D*，如果有符合此條件，則將此節點 *D* 加入預取集合 *P* 中，並遞迴運算到 *m* 階層結束；如果出現相同最大條件機率之子節點如 *E*，則將有相同最大條件機率之子節點 *DE* 加入預取集合 *P* 中，然後跳出迴圈。

因此預測系統一開始就由歷史紀錄，依據部分符合預測法建構出部分符合預測法之預測圖，判斷使用者最有可能的移動路徑，建立起資訊預取集合；當預測失誤時，則重新預測在失誤的節點下，依據資訊預取集合之演算法找出可能移動的路徑，直到使用者結束服務。

由於我們使用的部份符合預測法，其建立部分符合預測法預測圖是在使用者服務結束後才建立的，因此和 *Persone* 的方法相比，會影響到資訊預取效率和建立資訊預取集合之演算法有關。假設道路導覽系統共有 *y* 個區域，且若一次所預取資訊長度小於階層 *m*，而考慮之街道的十字路口有四移動方向，則依據 *Persone* 的方法其運算次數應該為 *y*

次，而我們的將為 $(9m+y-16)$ 次。較 Person 的方法多運算了 $(9m-16)$ 次。由於 Person 利用手機端與我們用伺服器端運算，其 CPU 運算能力不同；而現今 CPU 的運算能力皆是以 MIPS(每秒執行百萬指令)為單位，因此當階層  $m$  不大時，我們與 Person 的方法運算時間差異不大。但這並不意味，階層可以取很大，因階層若取太大，所需之儲存空間將會很大。

執行次數	程式碼
1	1 P = NULL;
y	2 find the node C match the starting node of road navigation of current_context[1];
1	3 P=P+C;
m-2	4 for length j=2 to m {
3	5 find C's child node D of current_context[j] with the biggest conditional probability the confidence we set;
3	6 find node D of current_context[j] with the biggest conditional probability if equals to node E of current_context[j]
1	7 { P=P+D+E ; break; }
1	8 C=D;
1	9 P=P+D ;}

圖十六：建立資訊預取集合演算法程式碼與執行次數

第四節我們將作兩個模擬實驗，以展現出部份符合預測法除了可以動態地隨著使用者行為模式不同而改變，也可以有效率地作資訊預取。並將實驗結果作一分析比較。

#### 四、實作與結果分析

##### 1.實作環境

(1.) 硬體環境

Pentium IV等級以上 CPU 之 PC， Windows XP 作業系統。

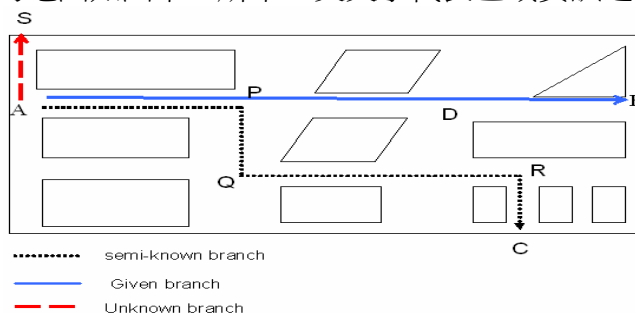
(2.) 軟體環境

Java2\_sdk\_1\_4\_2\_05。

Eclipse 3.0 平臺用於撰寫及執行 Java 程式語言。

##### 2.歷史紀錄之模擬產生

假設所要實作的地圖如圖十七所示。英文字代表區域資訊之代號。



圖十七：使用者移動模式示意圖

若初始環境中有十個人已使用過道路導覽服務，亦即要求系統提供由 A 至 B 間的路徑。而此歷史紀錄是由樣式產生器(pattern generator)根據我們所提出之使用者移動之三種

模式，利用 java 語言中，亂數產生器模擬所產生的。亂數產生器基本上是使用 `java.util.Random` 這個類別來產生亂數。如下例，因 `random.nextInt(10)` 可以產生 0~9 之間的整數亂數，故總共會產生 6 個 0~9 之間的整數亂數。

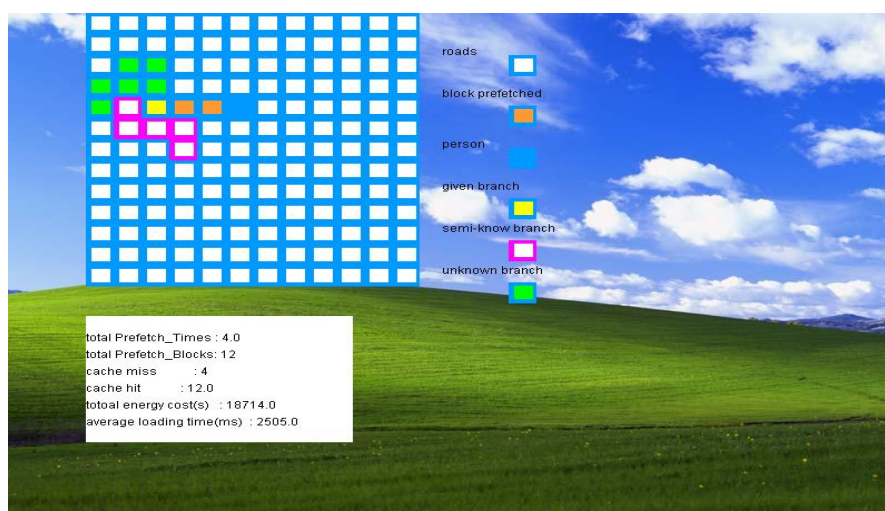
```
import java.util.Random;

public class Test {

    public static void main(String[] args) {
        Random random = new Random();
        for (int i = 0; i <= 5; i++) {
            System.out.print(random.nextInt(10) + " ");
        }
    }
}
```

可是爲了要產生我們實驗中所提出之三種使用者移動模式，必須讓亂數產生器遵循特定規則來產生亂數，例如：不符合某項規則的亂數就拋棄，直到產生完所有需要的亂數樣式爲止。因此我們模擬實驗中的歷史紀錄即是利用此概念所產生的。

假設我們要產生過去的歷史紀錄爲 given branch : semi-known branch : unknown branch 之發生次數比爲 6:3:1，則若有十人已使用此服務，如圖十七，則樣式產生器會產生六次的樣式 *APDB* (given branch)、三次的 *APQRC* (semi-known branch) 和一次的 *AS* (unknown branch)。圖十八爲我們實際模擬輸出之畫面。接下來我們將介紹資訊預取效率之指標以作爲實驗結果分析之依據。



圖十八：實作程式輸出之畫面

### 3. 資訊預取效率之評定

在使用位置相關資訊服務時，我們將以期間系統載入資訊之時間  $T_{load}$ 、電力消耗量  $T_{tot}$  (Persone & Grassi 2003) 以及快取命中率 (hit ratio, HR) 作爲評定資訊預取效率的指標。

當使用者進入一個新的區域時，其取得最新資訊的平均等待時間爲  $L = T_{det} + T_{load}$ ，其中  $T_{det}$  爲偵測出使用者所在區域改變時之平均時間， $T_{load}$  爲系統載入資訊之時間。由於  $T_{det}$  著重於偵測的技術，因此我們只探討  $T_{load}$ 。

$$T_{load} = \frac{T_{rem} * M + T_{loc}(N - M)}{N} \quad (1)$$

#### 44 支援位置導向服務之有效率資訊預取策略

其中  $T_{rem}$  為伺服器端載入資訊時間， $T_{loc}$  為行動設備端快取記憶體所載入資訊之時間， $M$  為快取失誤次數， $N$  為經過之區域總數。很明顯地， $T_{rem}$  遠大於  $T_{loc}$ ，故  $T_{load}$  和  $M/N$  成正比，亦即和使用道路導覽服務時之快取失誤率成正比。

電力消耗量  $T_{tot}$  則以行動設備透過無線網路存取遠端資訊過程所需總時間表示之。行動設備透過無線網路存取遠端資訊一般過程所需時間敘述如下：



圖十九：行動設備透過無線網路存取遠端資訊所需時間示意圖

參照圖十九所示，行動設備若要存取遠端伺服器資訊時，首先得連結至所屬的無線網路，期間所花費的時間為  $T_{setup}$ ，然後再將需求傳至遠端伺服器，期間所花費的時間為傳送資料量大小  $D_{request}$  除以當時網路之頻寬  $W$ ，亦即  $D_{request} / W$ 。當伺服器收到使用者的要求後，則得載入使用者要求的資料，所花費的時間以  $T_{rem}$  表示之。然後再將資料傳送至用戶端，期間所花費的時間為傳送資料量大小  $D_{reply}$  除以當時網路之頻寬亦即  $D_{reply} / W$ 。故每次連線至遠端伺服器所需時間  $T$  為：

$$T = T_{setup} + D_{request} / W + T_{rem} + D_{reply} / W \quad (2)$$

電力消耗量  $T_{tot}$  則為連線至遠端伺服器所需時間  $T$  之加總。

觀察(2)式，若在固定之頻寬下，影響電力消耗量大小之因素主要有二：

(1.)連線次數：在固定之使用時間下，連線次數愈多表示資訊預取的效率愈低，如此將導致資訊取得時間大幅增加；反之若資訊預取效率愈高，則連線次數將會減少，相對地也會降低資訊取得時間。

(2.)資訊預取量(亦即  $D_{reply}$ )：在固定之使用時間下，雖然每次連線時增加資訊之預取量，可增加快取的命中率，然而過多之資訊預取量可能是預取效率不佳，且連線至遠端伺服器所花費的時間也會愈大；連線下載的時間愈長，隱涵著電力消耗也愈大。由於電力是行動設備的重要資源，故節省電力的消耗，對行動設備而言是一個重要的議題 (Persone & Grassi 2003 ; Yin et al. 2002)。

另外快取命中率亦常作為評定資訊預取效率的指標。若使用者在使用道路導覽服務時，所經過的區域資訊是存在快取記憶體中，則稱快取命中(cache hit)，反之則稱快取失誤(cache miss)，此時就得向遠端伺服器提出要求，作資訊預取。而快取命中率計算則是快取命中次數除以資訊預取總量。

綜合上述，在使用道路導覽系統這項服務時，我們將以系統載入資訊之時間  $T_{load}$ 、電力消耗量  $T_{tot}$  及快取命中率  $HR$  作為評定資訊預取效率的指標。下節我們將模擬兩個實驗，並將結果予以分析討論。

#### 4.實驗結果與分析



由於我們無法預知使用者由  $A$  移動至  $B$  會採取哪一個移動模式，但大眾行為或許有脈絡可尋。因此我們將實作兩個實驗探討。第一組實驗以比較學者 Persone 和我們的部份符合預測法是否可以動態地隨著使用者行為模式不同而改變。第二組實驗則比較當每次可預取資訊量變大時，是否仍然很有效率地作資訊預取。

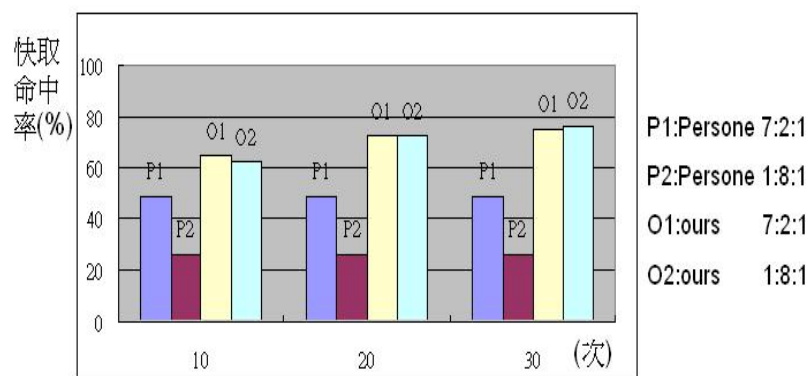
第一組實驗的假設如下：過去的歷史紀錄是否影響未來系統的預測。亦即假設實作時所產生的過去使用者移動模式 given branch, semi-known branch, unknown branch 之比例為  $x: y: z$ ，如果未來趨勢變成  $p: q: r$ ，對系統的資訊預取將會造成何種影響？

在本實驗中固定變數值  $T_{loc}=10ms$ ， $T_{rem}=5s$ ， $D_{request}=200$  bytes， $W=25kbytes/s$ ， $T_{setup}=30ms$ ，每一區域資訊大小  $B=10kbytes$ (Persone & Grassi 2003)。學者 Persone 資訊預取長度固定為  $6B$ ；而我們是採用 5 階層的部份符合預測法，亦即資訊預取長度為  $0\sim 6B$ ，資訊預取的長度取決是否有節點符合我們資訊預取集合的演算法，而資訊預取集合之信賴度門檻設定為大於 0.25。

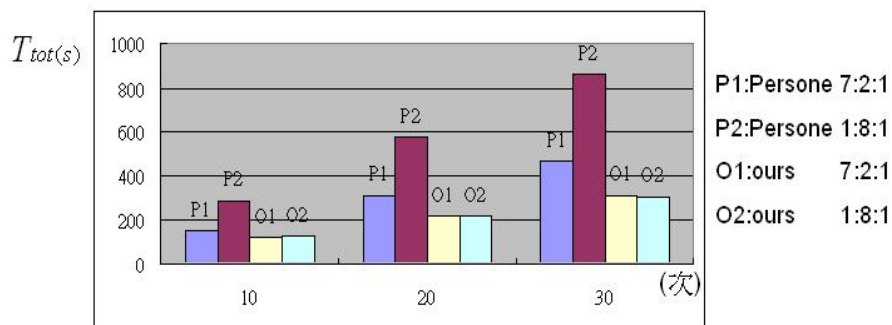
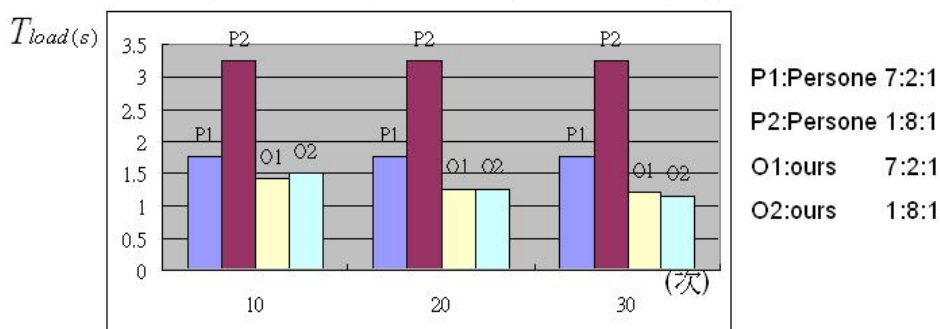
使用者使用的歷史紀錄是由系統模擬 10 次產生的。其中使用者移動模式 given branch : semi-known branch : unknown branch 為 1:1:8。我們模擬使用者移動模式 given branch : semi-known branch : unknown branch 由 1:1:8 轉變成 7:2:1 及 1:8:1 兩種情況下，探討使用者移動各 10、20、30 次之結果。圖二十、二十一及二十二為本實驗之結果。

由實驗結果可以看出過去的紀錄並不影響學者 Persone 資訊預取方法之效率，即使使用者採取同樣的模式移動 20、30 次，Persone 之資訊預取方法亦不會察覺使用者移動行為有變動。而未來使用者的移動行為是影響其資訊預取效率之關鍵。由 given branch : semi-known branch : unknown branch=7:2:1 和 1:8:1 兩組實驗對照，可以明顯看出當使用者移動行為越趨近 given branch mode，亦即使用者移動行為變動不大時(given branch : semi-known branch : unknown branch=7:2:1)，不論是快取命中率、 $T_{tot}$  或是  $T_{load}$  皆比移動行為變動大時(given branch : semi-known branch : unknown branch=1:8:1)有較佳的資訊預取效率。由此推論學者 Persone 的資訊預取方法並無法偵測出使用者移動行為的變動，只適用於當使用者移動行為變化不大時(given branch mode)。

至於我們所用之部份符合預測法，從實驗結果可以看出使用者移動模式不論是 7:2:1 或是 1:8:1，從第 20 次模擬後就可以看出快取命中率和  $T_{load}$  會隨著模擬次數的增加，漸進地提高快取命中率並降低  $T_{load}$  時間。而  $T_{tot}$  的時間上升幅度亦不若 Persone 的高。亦即使用者移動行為即使不依照過去之歷史紀錄移動，我們系統亦可以根據現今使用者行為動態地調整資訊預取模式，提高資訊預取效率。



圖二十：快取命中率與模擬次數之關係圖

圖二十一：電力消耗  $T_{tot}$  與模擬次數之關係圖圖二十二：系統載入資訊之時間  $T_{load}$  與模擬次數之關係圖

接著我們探討第二組實驗：當資訊預取的長度加大時，亦即每次資訊預取的資料量變大時。我們將探討系統是否還是很有效率作資訊的預取，而不導致無謂的電力消耗。

在本實驗中固定變數值  $T_{loc}=10\text{ms}$ ， $T_{rem}=5\text{s}$ ， $D_{request}=200\text{bytes}$ ， $W=25\text{kbytes/s}$ ， $T_{setup}=30\text{ms}$ ，每一區域資訊大小  $B=10\text{Kbytes}$ 。使用者使用的歷史紀錄是由系統模擬 10 次產生的。其中使用者移動模式 given branch：semi-known branch：unknown branch 為 7:2:1。我們模擬在使用者移動模式以 given branch mode 居多的情況下且移動模式不變下，亦即 given branch：semi-known branch：unknown branch 為 7:2:1 情況下模擬 10 次，探討資訊預取長度對資訊預取效率之影響。實驗中，學者 Person 資訊預取長度固定為 3、6、9 及 12B 四種情況，而我們是採用 2、5、8、11 階層的部份符合預測法，亦即資訊預取長度最大為 3、6、9 及 12B。其中資訊預取集合之信賴度門檻設定為大於 0.25。圖二十三、二十四及二十五為本實驗之結果。

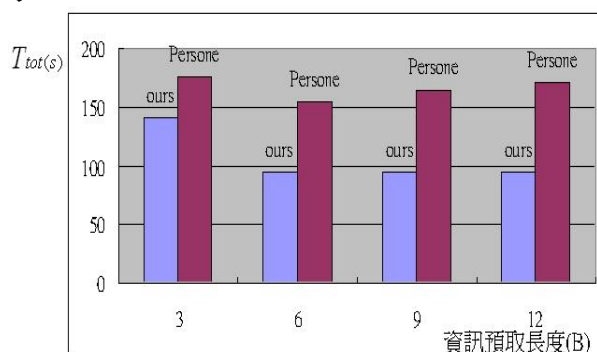
由實驗數據中，我們先探討  $T_{tot}$ 。我們曾討論影響  $T_{tot}$  之因素有二分別為總連線次數及資訊預取總量。由於本實驗的環境設定是使用者移動情形有高達七成的比例是 given branch model，亦即使用者移動的路徑有七成高的機率不會變動，在此種情況下，可預期的當資訊預取長度漸漸越大，越能一次抓取使用者導覽所需之資料，相對地電力消耗量  $T_{tot}$  會降低。可是當資訊預取長度大過於使用者每次導覽所需的資料時，就會預取到可能用不到的資料，如此將導致反效果，亦即電力消耗量  $T_{tot}$  會增加。

從實驗中，可以看出學者 Person 資訊預取方法， $T_{tot}$  在預取資訊長度變大至 6 時降到最低，但隨著資訊預取長度繼續變大至 12 時，即使有高達七成的使用者移動路徑不變，但因 Person 資訊預取方法並無法精準預測出使用者移動，有可能會因為三成使用者移動路徑是變動的，不精準的資訊預測，造成預取過多的資訊，導致電力消耗量  $T_{tot}$  和快取命中率下降的反效果。至於  $T_{load}$  在使用者移動模式不變下，因  $T_{load}$  和  $M/N$  成正

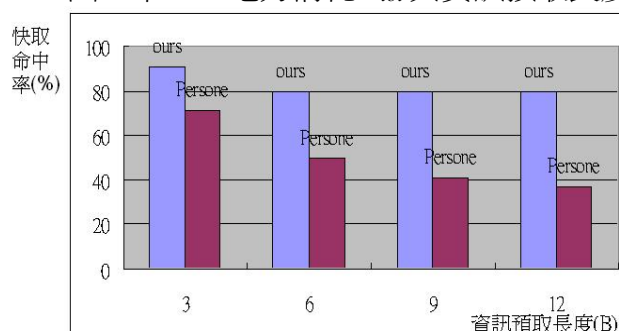
比，故維持不變。

從實驗結果中，看出我們的部份符合預測法並不會隨著可預取資訊長度的變大而預取多餘的資訊，失去預測的精準度。反而隨著可預取長度資訊長度變大而降低了電力消耗  $T_{tot}$  以及系統載入資訊之時間  $T_{load}$ 。

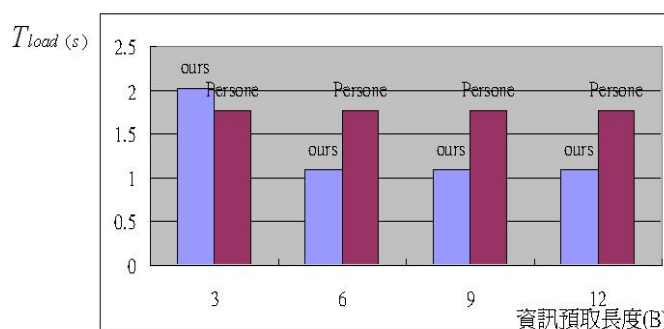
雖然部份符合預測法的階層漸增時，亦即隨著可預取資訊長度變大時，可以更精準地判斷使用者移動行為，然而到了某一特定大的階層時，再加大階層，便不會有所助益 (Cleary et al. 1995 ; Soyjaudah et al. 2002)。由本實驗看來，亦有同樣的結果，5 階層的部份符合預測法最佳的。



圖二十三：電力消耗  $T_{tot}$  與資訊預取長度之關係圖



圖二十四：快取命中率與資訊預取長度之關係圖



圖二十五：系統載入資訊之時間  $T_{load}$  與資訊預取長度之關係圖

由上兩個實驗結果，可以明顯看出 **Persone** 資訊預取方法並無法精準預測出使用者移動，即使在使用者移動變化不大情況下，也可能會因資訊預取量變大而預取過多的資訊，造成資訊預取的反效果；同時當使用者行為改變時，其資訊預取策略亦無法動態地改變，符合使用者行為模式。

反觀我們的部份符合預測法並不會隨著可預取資訊長度的變大而預取多餘的資訊，失去預測的精準度。同時資訊預取策略亦可以動態地改變，以符合使用者行為模式。

## 五、結論與未來發展方向

在本文中，我們指出位置相關服務所面臨的挑戰，除了運用預取及快取的技術，亦利用部分符合預測法的技術，以大眾行為之歷史紀錄，動態地建構出資訊預取架構，以預測下一使用者行為並預取相關資訊，由實驗模擬結果得知，我們的方法優於 **Person**，確實可以提高資訊預取的效率與效果，減少資訊取得的時間延遲，降低電力之消耗，並加強位置相關資訊服務之實用性。

由於客製化的服務已成為一種趨勢，在位置相關的服務中，亦有學者探討根據使用者的行為喜好提供使用者喜歡的相關資訊(Choi & Choi 2007)。未來我們將朝著個人化預取努力，如將使用者分類。由於相同類型使用者對資訊需求可能近似相同，如此不僅可以快速建構出使用者移動模式，亦可加速調整預取架構。

由於部份符合預測法的階層漸增時，亦即隨著可預取長度資訊長度變大時，可以更精準地判斷使用者移動行為，然而到了某一特定大的階層時，再加大階層，便不會有所助益，所以試著找出建立部份符合預測法之預測圖之最佳階層，以避免過多的計算資源浪費，節省計算時間，亦是未來努力的方向。

另外部份符合預測法若階層太高，則會有搜尋速度過慢問題(Deshpande & Karypis 2004 ; Lei et al. 2005)。未來我們亦可把部份符合預測圖依縣市區域或風景區建置，避免節點過多，不利搜尋運算，節省運算時間。

## 參考文獻

- [1] Choi S. S., and Choi M. K., "Consumer's privacy concerns and willingness to provide personal information in location-based services," *The 9th Korea International Conference on Advanced Communication Technology*, 2007: pp. 2196–2199.
- [2] Cleary J. G., et al., "Unbounded length contexts for PPM," *Data Compression Conference*, 1995: pp. 52-61.
- [3] Curewitz K. M., et al., "Practical prefetching via data compression," *Proceedings of ACM Management of Data*, 1993: pp. 257-266.
- [4] Deshpande M., and Karypis G., "Selective Markov models for predicting Web page accessed," *ACM Transactions on Internet Technology*, 2004: pp.163-184.
- [5] Jang H. J., and Suh Y. J., "A flow control scheme for improving TCP throughput and fairness for wireless networks," *WCNC 2003 - IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, 2003: pp. 999-1003.
- [6] Jiang Z., and Kleinrock L., "Web prefetching in a mobile environment," *IEEE Personal Communications*, 1998: pp. 25–34.
- [7] John K. and Eric H., "Pedestation: Where do you want to go today?," *Computer*, 2007: pp 105–107.
- [8] Lei S., et al. "An adaptive PPM prediction model based on pruning technique," *Beijing first International Conference on Semantics, Knowledge and Grid*, 2005: pp. 55–58.
- [9] Nanopoulos A., et al., "A Data Mining Algorithm for Generalized Web Prefetching," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2003: pp. 1155-1169.
- [10] Padmanabhan V., and Mogul J., "Using Predictive Prefetching to Improve World Wide Web Latency," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 1996: pp. 22-36.
- [11] Palpanas T., and Mendelzon A., "Web Prefetching using partial match prediction," *Proceedings of the 4th International Web Caching Workshop*, 1999.

- [12] Papoulis A. *Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*. McGraw Hill, 1991.
- [13] Park J. S., et al., "Analysis of European 3G markets and advanced strategies for 3G development," *Advanced Communication Technology, ICACT 2005*, 2005: pp. 428–431.
- [14] Patterson H., et al. "Informed Prefetching and Caching," *Proceedings of ACM Symposium Operating Systems Principles*, 1995: pp. 79-95.
- [15] Persone V.N., and Grassi V., "Performance analysis of caching and prefetching strategies for palmtop-based navigational tools," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2003: pp. 23–34.
- [16] Ryu S., et al. "Research activities on next-generation mobile communications and services in Korea," *IEEE Communications Magazine*, 2005: pp. 122–131.
- [17] Snow A.P., et al., "Reliability and survivability of wireless and mobile networks," *Computer*, 2000: pp. 49–55.
- [18] Song H., and Cao G., "Cache-miss-initiated prefetch in mobile environments," *IEEE International Conference on Mobile Data Management*, 2004: pp. 370-381.
- [19] Soyjaudah K. M. S., et al., "Higher order adaptive arithmetic coding using the prediction by partial match algorithm," *IEEE AFRICON. 6th*, 2002: pp.177-180.
- [20] Steer M., "Beyond 3G," *IEEE Microwave Magazine*, 2007: pp 76–82.
- [21] Wang S.S., et al., "Mobile positioning technologies and location services," *IEEE Radio and Wireless Conference*, 2002: pp. 9–12.
- [22] Wu W., et al., "A multimedia system for route sharing and video-based navigation," *IEEE Conference on Multimedia and Expo*, 2006: pp 73–76.
- [23] Xu J., et al., "Performance analysis of location-dependent cache invalidation schemes for mobile environments," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2003: pp. 474 - 488.
- [24] Yin L., et al., "Power-aware prefetch in mobile environments," *Distributed Computing Systems*, 2002: pp. 571–578.
- [25] Zheng B., et al., "Cache invalidation and replacement strategies for location dependent data in mobile environments," *Computers, IEEE Transactions*, 2002: pp. 1141–1153.

