

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

個人行動通訊網路中用戶位置追蹤策略之研發

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-032-011-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：淡江大學電機工程學系(所)

計畫主持人：莊博任

計畫參與人員：張訓達、趙惇豪、邱育賢、李柏逸

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 2 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

個人行動通訊網路中用戶位置追蹤策略之研發

Designing User Location Tracking Strategies in Personal Mobile Communication Networks

計畫編號：NSC 92-2213-E-032-011

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：莊博任 淡江大學電機系

計畫參與人員：張訓達、趙惇豪、邱育賢、李柏逸
淡江大學電機系

一、中文摘要

行動通訊網路運作中，位置追蹤策略是影響通訊是否暢通的關鍵因素之一，位置追蹤策略可以從電話傳送與註冊兩方面進行研究設計。目前的相關研究主要都用以輔助現行之兩大位置追蹤基本策略：北美之 IS-41 基本位置機制與歐洲之 GSM 機制。在「電話傳送」部分：電話傳送時需至本籍位置資料庫 (home location register, HLR) 查詢被呼叫用戶目前所在之客籍位置資料庫 (visitor location register, VLR)，以尋找其位置、完成通話程序。電話傳送時，若能盡量減少至 HLR 查詢的動作，就可以減輕其間之訊息流量及資料庫的接續負擔。在「註冊」部分：當行動用戶手機移動到一個新註冊區時，必需向管理該區域的 VLR 進行註冊並向 HLR 更新手機位置資料，如果能設法突破用戶手機移動到一個新註冊區時皆須向 HLR 註冊的限制，即可減少通訊湧至 HLR 註冊所需的訊息流量及資料庫的相關負擔，有助於流暢通訊及提升通訊系統效能。

有鑒於個人行動通訊日益顯著的重要性與實用性，並且其系統中的用戶位置追蹤策略仍存在相當大的改進空間，本計畫就此一議題，做廣泛深入的探討，發現既有的策略可分為快取及指標前進兩種策略，快取策略目標在降低電話傳送成本，而指標前進策略則在減少註冊成本，本計畫因而研發出一個改進式的快取策略，對於經常移動的用戶，運用前進指標來追蹤，以補快取策略之不足，因而降低註冊成本及快取記錄無效所導致之成本，並能

提升快取擊中且記錄有效之比率。緊密之程式模擬及完整之效能分析，在在說明我們所設計之策略是一個低成本且有效的行動通訊用戶位置追蹤策略，且其效能得以與現今既有之策略相匹敵。

關鍵詞：個人行動通訊網路、位置追蹤策略、本籍位置資料庫 (HLR)、客籍位置資料庫、電話傳送、註冊、模擬及效能分析、快取擊中與失誤率、鏈結跨越成本、HLR 查詢及更新成本。

Abstract

In a mobile communication network, a desirable user location tracking strategy plays quite an important role in directing and connecting communications. The performance of Personal Communication Services (PCS) can be highly enhanced if the employed location tracking strategy is able to track and locate a called user with the least message transmission cost and connection delay.

The location tracking strategy is usually designed based on *call delivery* and *registration*. For *call delivery*: When a call is initiated, the Home Location Register (HLR) will be inquired about the called user's current Visitor Location Register (VLR) to locate its whereabouts and to connect the call accordingly. If the inquiries sent to the HLR can be reduced as much as possible by certain strategies to save message transmission cost and connection delay, the incoming calls can be put through at a higher

speed with less complexity. For *registration*: When a user moves to a new Registration Area (RA), it has to register to the regional VLR and update its current location to HLR. In this case, if the restriction that every user has to inform HLR of its every move can be removed in one way or another, communication will be improved as a result of reduced message transmission among all parties.

Due to the growing importance of PCS and also the disadvantages of current location tracking strategies, this research plan tackles the topic and, after investigating all the established related strategies, categorizes current strategies as caching and pointer forwarding strategies. The caching strategies aim to reduce the cost occurring upon call delivery; the pointer forwarding strategies are intended to reduce the cost due to registration. This research presents a new caching strategy which enhances the caching strategy with forwarding pointers to locate a user who makes frequent moves while using a PCS. The proposed caching strategy is able to reduce the cost resulting from registration, cache hits but invalid, and cache misses by using the forwarding pointers to replace the updated information of a user's location. On call delivery, we make use of two features -- that users tend to revisit previous RAs and to visit previously called RAs -- to update the cached records and result in higher cache hit and valid ratios. Extensive simulation runs and thorough performance analysis are conducted to further demonstrate the favorable performance and reduced cost of our caching strategy.

Keywords: Personal communication service (PCS) networks, location tracking strategies, home location registers (HLRs), visitor location registers (VLRs), call delivery, registration, simulation runs and performance analysis, cache hit and miss ratios, link traversal cost, HLR query and update cost.

二、計劃緣由與目的

在電腦及資訊相關產業蓬勃發展之際，行動通訊服務的研發成為其中備受矚

目的一環，如何強化目前所使用之各項軟體設施以增進行動通訊服務品質，是大家努力追求的共同目標。行動通訊網路運作中，位置追蹤策略 (Location Tracking) 是影響通訊是否隨時隨地保持暢通的關鍵因素之一，有鑒於行動通訊日益顯著的重要性與實用性，本計畫就個人行動通訊服務系統(Personal Communication Services; PCS)中的用戶位置追蹤策略，做廣泛且深入的探討，希望在瞭解現有各種相關策略的優缺點後，能夠截長補短，研究出更理想的用戶位置追蹤策略，一方面提升通訊服務品質，一方面降低所需之成本。

行動通訊服務系統中，位置追蹤策略可以從電話傳送 (call delivery) 與註冊 (registration) 兩方面進行研究設計，目前的相關研究主要都用以輔助現行之兩大位置追蹤基本策略：北美之 IS-41[1-3]與歐洲之 GSM[4-5]機制。在「電話傳送」部分：傳送電話時，由於需經由公共電話交換網路 (Public Switching Telephone Network, PSTN)至本籍位置資料庫 (Home Location Register, HLR) 查詢被呼叫用戶目前所在之客籍位置資料庫 (Visitor Location Register, VLR)，以尋找其位置並完成通話程序。許多研究文獻 (如 [6-13]) 針對這個流程提出各種不同設計，目標鎖定在電話傳送時，盡可能減少至 HLR 查詢的動作，以減輕其間之訊息流量及資料庫的接續負擔。快取策略 (Caching Strategy) [6] 正是此類設計的一個代表。快取策略主張將快取裝置存放於本地註冊區 (Registration Area, RA) 之行動交換機 (Mobile Switching Center, MSC) 中，以記載先前外地來話用戶之位置資訊，提供本地註冊區內所有用戶重複使用此記錄。換句話說，每個註冊區內的通訊先以這種「自給自足」的方式進行傳送，只有在行不通的情況下 (例如被呼叫用戶位置他移)，才轉向 HLR 查詢求助，如此一來，自然可以減少所有通訊皆需湧向 HLR 查詢所耗費的成本。在「註冊」部分：針對 IS-41 機制中註冊部分而設計的位置追蹤策略也相當多。當行動用戶手機移動到一個新註冊區時，需向管理該區域的 VLR 進行註冊並向 HLR 更新手機位置資料，指標前進位置策略 (Pointer

Forwarding Location Strategy) [9] 即主張在舊註冊區與新註冊區之間建立指標，以取代行動用戶手機每次移動到一個新註冊區時皆須向 HLR 註冊的限制，以此達到減少通訊至 HLR 註冊所需的訊息流量及資料庫的接續負擔。

綜觀關於行動通訊網路中用戶位置追蹤策略的發展，可以發現雖然各種相關策略不斷地推陳出新，實際上此一議題仍存在相當大的改進空間。有鑑於此，我們希望能在多方參考既有的策略後，根據其特性及優缺點，截長補短，尋找改進的方向並提出新的策略，以降低訊息傳輸成本及縮短通訊等待時間的方式，有效達成暢通行動通訊的目的。換言之，我們希望透過此一計畫的執行，設計出一個低成本且有效的行動通訊用戶位置追蹤策略，使其效能得以超越現今既有之策略，裨益實際之應用及後續之研究。

三、結果與討論

在我們的新策略[14]中，VLR 快取內容定義如下：

UID	NEXT_VLR
-----	----------

UID 記錄用戶的 mobile identification number (MIN)，而 NEXT_VLR 記錄用戶目前所在 VLR 之 ID 或前進指標（指向指標鏈中之下一個 VLR）。電話傳送時，依下列之演算步驟尋找受話用戶：

```

FIND(){
  Call to a PCS user is detected at the local switch;
  if (the called user is in the same RA) return;
  Switch searches the entry of the called user in the cache;
  if (there's a cache entry for the called user){ /*
    cache hit */
    Switch queries the VLR specified in the cache entry;
    if (the current VLR of the called user is at the queried VLR){
      /* cache hit and valid */
      Queried VLR returns the called user's location to calling switch;
      The called user's VLR updates the cache entry of the calling user;
    }
    else { /* cache hit but invalid */
      do { /*apply pointer forwarding to

```

```

      find the current VLR */
      the queried VLR queries the next VLR in the pointer chain;
    } while (the called user is not at the queried VLR);
    /* the current VLR of the called user is found */
    The current VLR of the called user returns the called user's location to the calling switch;
    The calling user's VLR updates the cache entry of the called user;
    The called user's VLR updates the cache entry of the calling user;
  }
}
else { /* cache miss */
  Switch queries the called user's HLR;
  HLR queries the VLR specified in the HLR;
  if (the current VLR of the called user is the queried VLR){
    /* HLR up-to-date */
    HLR returns the called user's location to the calling switch;
    The calling user's VLR updates the cache entry of the called user;
    The called user's VLR updates the cache entry of the calling user;
  }
  else { /* HLR out-of-date */
    do { /* apply pointer forwarding to find the current VLR */
      the queried VLR queries the next VLR in the pointer chain;
    } while (the called user is not at the queried VLR);
    /* the current VLR of the called user is found */
    The current VLR of the called user returns the called user's location to the calling switch;
    The called user's HLR updates the location of the called user;
    The calling user's VLR updates the cache entry of the called user;
    The called user's VLR updates the cache entry of the calling user;
  }
}
}

```

用戶移動時依循以下演算步驟：

```

MOVE() {
  The user registers at the new VLR and passes the id of the former VLR to it;
  The new VLR deregisters the user at the old VLR;
  The old VLR updates the cache entry of the moving user and sends ACK and the user's

```

```
service profile to the new VLR;  
}
```

為了評估我們策略的價值，我們首先藉由緊密的程式模擬，在不同的 CMR (Call-to-Mobility Ratio 電話到達率對用戶移動率之比值)下收集一些效能參數，如 α = Cache hit, valid ratio (快取命中且紀錄有效之機率)、 β = Cache hit, invalid ratio (快取命中但紀錄無效之機率)、 γ = Cache miss ratio (快取失誤之機率)、Traversal Rate(單位電話傳送之跨越指標鏈結數)、HLR Query Rate (單位電話傳送之 HLR 查詢數)、及 HLR Update Rate (單位電話傳送之 HLR 資料更新數)，結果顯示[14]，我們的策略由於降低了註冊與電話傳送成本，與既有的快取與指標前進策略相比，有著較優的效能表現。

四、計畫成果自評

我們也進一步對既有之位置追蹤策略 (包括 IS-41 機制、快取策略、前進指標策略、二階式指標策略[10]及我們的改進式快取策略)進行了徹底的效能分析。在不同策略的快取架構上進行分析評估，快取方面推導計算 α 、 β 、及 γ 。尤其就既存的快取策略而言，無效的快取紀錄通常會造成「定位失誤 (location miss)」及額外的成本懲罰 (如向 HLR 查詢)。我們的改進式快取策略，藉由採用改進式快取之指標，也就是使用 NEXT_VLR 於快取裝置紀錄中，以協助定位尋找用戶，使改進式快取策略能夠達到「定位命中 (location hit)」及減少前述「定位失誤」的額外成本懲罰，這已由本計畫之分析評估的結果所證實。另從計畫的分析結果顯示，改進式快取策略在任何的 CMR 狀況下，比其他快取策略產生更高的「定位命中」機率。當 CMR 值低的時候，我們策略的效能甚至更佳，即「定位命中」機率大幅度地增加，並且減少由無效快取紀錄導致的額外成本懲罰。經由效能的分析顯示，改進式快取策略亦能藉著用戶移動的特性，即造訪先前被呼用戶之註冊區來更新快取紀錄之機制，提升「快取命中且紀錄有效」之機率。此外，由於使用改進式指標紀錄於快取裝置中，

我們的快取策略能避免其他指標策略所無法減少的 HLR 註冊及更新的程序。總之，與其他 IS-41 機制、前進指標策略及二階式指標策略之效能比較，無論在註冊成本、電話傳送追蹤成本或總成本評比上，我們的策略都展現了有效的結果，尤其在運作實務上，在「快取命中且紀錄有效」之狀況下，我們的策略不須採用指標就能達到「定位命中」之目的，假若此情況一併列入整體評估中，我們的策略將會有更佳的效能表現。

本研究計畫所預計達成的目標皆如期圓滿達成，其成果已刊載於國際研討會論文集[14]，另外，對位置追蹤策略徹底的效能分析及進一步之改進想法亦已整理成篇並投付其他國際研討會審理中。我們並已擬定在相關領域更進一步研究的方向與大綱，期望在既有基礎上，繼續努力耕耘，尋求進一步的突破。

五、參考文獻

- [1] EIA/TIA, "Cellular Radio Telecommunications Inter-system Operations," *Technical Report IS-41 (Revision B)*, EIA/TIA, 1991.
- [2] D. R. Wilson, "Signaling System No. 7, IS-41 and Cellular Telephony Networking," *Proc. IEEE*, Vol. 80, No. 4, pp. 652-664, Apr. 1992.
- [3] D. C. Cox, "Wireless Personal Communications: What is it?," *IEEE Personal Communication Magazine*, pp. 20-35, Apr. 1995.
- [4] E. Lycksell, "GSM System Overview," *Technical Report*, Swedish Telecom. Admin., Jan 1991.
- [5] M. Mouly and M. B. Pautet, *The GSM System for Mobile Communications*, France: Palaiseau, 1992.
- [6] Ravi Jain, Y.-B. Lin, C. Lo, and S. Mohan, "A caching strategy to reduce network impacts of PCS," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. Oct. 1994.
- [7] Y.-B. Lin, "Determining the user locations for personal communications networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.43, pp.466-473, 1994.
- [8] H. Harjono, R. Jain, and S. Mohan,

- “Analysis and simulation of a cache-based auxiliary user location strategy for PCS,” *IEEE Conf. Networks Pers. Commun.*, 1994.
- [9] R. Jain, and Y.-B. Lin, Charles Lo and Seshadri Mohan, “A forwarding strategy to reduce network impacts of PCS,” *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol.15, Oct. 1995.
- [10] W. Ma, and Y. Fang, “Two-level pointer forwarding strategy for location management in PCS networks,” *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol.1, pp.32-45, 2001.
- [11] Z. Mao, C. Douligieris, “An integrated strategy for location tracking in mobile networks,” *IEEE Conf Networks Commun.*, pp.777-781, 2000.
- [12] R. Jain, and Y.-B. Lin, “An auxiliary user location strategy employing forwarding pointers to reduce network impacts of PCS,” *ACM-JCM Wireless Networks*, pp.197-210, 1995.
- [13] Y.-B. Lin, “Reducing location update cost in a PCS network,” *IEEE/ACM Transaction on Networking*, vol. 5, no. 1, February 1997.
- [14] P.-J. Chuang, S.-D. Chang, and T.-H. Chao, “An Enhanced Caching Strategy for Location Tracking in PCS Networks,” *Proc. 2004 Int’l Conf. on Embedded and Ubiquitous Computing, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 3207, pp. 419-428, Aug. 2004.