

行動計算環境中滑動代理器群組通訊的設計  
The Sliding-Agent-Group Communication Model for Mobile Host Roaming

陳祈男 劉崇汎 吳清源 吳瑞育  
N. Chen C.F. Liu C.Y. Wu R.Y. Wu

國立成功大學工程科學研究所  
Institute of Engineering Science, National Cheng Kung University  
Tainan, Taiwan, R.O.C.

摘要

將無線網路(wireless network)與有線網路(wired network)結合, 必須考慮兩者之間的差異。我們在有線網路上建立行動電腦智慧型代理器(Intelligent Mobile Host Agent, 以下簡稱 IMHA), 並以 IMHA[1][2][3]為群組成員, 形成 IMHA 群組, 以期做為無線網路與有線網路的橋樑, 協調兩者的差異, 並隔絕兩者不穩定因子的互相影響。IMHA 群組能暫存行動電腦對外通訊的資料, 不但將無線網路與有線網路連成通路, 使得行動電腦可在任何時間、任何地點對外通訊; 並將有線網路與無線網路分隔開來, 使無線網路的低傳輸率與低穩定度不會影響有線網路的效率, 整個系統的穩定度及效率得以提高, 並以 IMHA 群組的滑動(Sliding Agent Group)解決行動計算環境上的動態網路拓撲(dynamic network topology), 達成下列目的:

1. 使行動電腦成為有線網路上的一員
2. 使行動電腦達到無接縫(seamless)和通透(transparent)的漫遊
3. 改善行動電腦儲存容量的不足
4. 改善無線網路頻寬(bandwidth)的限制
5. 改善無線通訊不穩定的傳輸品質

Abstract

To combine the wireless network with the wired network must consider the differences between them. An Intelligent Mobile Host Agent(IMHA) group for a mobile host(MH)is introduced in this paper. IMHA group can harmonize wireless network communication and wired network communication. The concept of Sliding-Agent-Group can solve the dynamic network topology problem in mobile computing environment. By the operation of IMHA group, a MH can act as a fixed host on the wired network and following goals can be achieved:

1. To let the MH on the wireless network becomes a member of Internet.
2. To let the MH roams seamlessly and transparently.
3. To improve the small storage capacity of MH.
4. To improve the unreliability of wireless communication.
5. To reduce the limitation of communication

resource.

Keyword : wireless network, Internet, communication.

1. 緒論

由於無線通訊(wireless communication)技術與手提電腦(notebook, palmtops, PDAs)製造技術的快速發展, 出現一種新的計算模式(paradigm), 那便是行動計算(mobile、nomadic、ubiquitous or pervasive computing)。

行動計算環境由 MHs、網路(有線與無線網路)和調配軟體[5]所組成, 以下就分別從這三方面探討, 在行動計算環境中, 所遭遇的問題:

I. 行動電腦所遭遇的問題

MHs 可以讓使用者攜帶而任意移動, 或是固定在交通工具上隨著交通工具而移動, 在 MHs 方面, 大致有以下幾個問題:

- (1) 儲存容量受限
- (2) 使用者介面受限
- (3) 電源的供應時間受限

II. 無線通訊網路所遭遇的問題

在此我們只對無線網路做探討, 至於有線網路請查閱相關資料[13], 在無線通訊網路方面, 有以下幾個問題:

- (1) 頻寬的限制
- (2) 不可靠(unreliability)
- (3) 時常或間歇性的失去連接
- (4) 地理範圍受限
- (5) 異質(heterogeneity)網路

III. 調配軟體所遭遇的問題

調配軟體包括系統軟體與通訊協定的設計, 分別敘述如下:

(1) 系統軟體的設計

在行動計算環境下, 傳統的系統軟體對網路所做的假設已不成立, 例如:

- 電腦與網路是完全的連接
- 電腦不會移動

在行動計算環境下，MHs 與外界溝通的無線網路架構，可能處於不同程度的連接。所以在行動計算環境下的系統軟體，必須提供以下兩種機制：

- 監督(monitor)底層網路的服務品質(Quality of Service)
- 根據 QoS 做出適當的反應

## (2)通訊協定的設計

除了傳統的系統軟體不適用於行動計算環境，傳統的通訊協定也必須做修改，傳統的通訊協定仍假設電腦的位置是固定不變的，且與網路是完全連接，但在行動計算環境下，由於 MHs 的移動性(mobility)，造成了以下的問題：

- 定位(location management)的問題
  - MHs 的位置會隨著使用者的移動而改變，當 MHs 進入另一個 BS 服務的範圍，以下簡稱 cell，MHs 的位址是否要更改成新的子網路範圍的位址？
    - ◇ 更改 MHs 的位址：會導致原先傳輸層連接(transport layer connection)遺失，應用程式必須重新起動，例如：IP[7]，ISO CLNP[8]和 NetWare IPX[9]。
    - ◇ 固定 MHs 的位址：如果位址不更改，而通訊協定亦沒有做額外處理，會導致路由的失敗(routing fails)。例如：在 Mobile-IP[10][11] 和 MHRP[12]通訊方式中，雖然 MHs 使用固定的位址，但當 MHs 移入新的子網路時，有做額外的處理來避免路由的失敗。

- 交接(handoff)的問題

通訊中的 MH，因移動而進入另一個 cell，當 MH 尚未完成註冊程序，也就是與 MH 通訊的另一方(correspondent host，可為有線網路上的節點或亦為一 MH，以下簡稱 CH)，尚不知 MH 目前的位址，仍將通訊資料送往前一個 MH 所在的 cell(or subnetwork)，導致通訊資料的流失，如圖 1 所示。MH 從 cell<sub>1</sub> 移至 cell<sub>2</sub>，CH 在尚未知道 MH 目前位址前，仍將資料送至 cell<sub>1</sub>，導致這些資料流失。

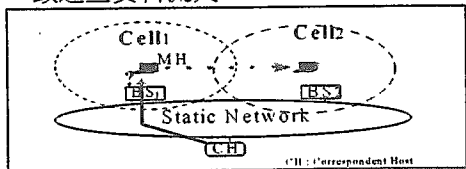


圖 1 交接程序導致資料流失

基於在行動計算環境下所遭遇的問題，我們為每一 MH 在有線網路上產生一 IMHA 群組，代替 MH 對外通訊，藉由 IMHA 群組的運作，使通訊從傳統

的 2-peers 變成 3-peers(client/agent-group/server)的架構，達到在概要中所述的目的。

本文一共分為七節，第一節緒論，說明本文的背景、動機、問題與目的。第二節描述系統的基本觀念、第三節描述系統的運作模型而在第四節說明如何處理各類問題、第五節則是詳細說明系統的通訊協定、第六節簡述實作的方式、最後做一結論並說明未來工作。

## 2.The Sliding-Agent-Group

### 2.1 3-peers Architecture

為了使資料在有線網路與無線網路間傳輸，除了在有線網路與無線網路間有一實體的連接點(即 BS)外，我們另外為每一個 MH，在其所在 cell 中的 BS 上，建立一代理器，如圖 2 所示。因此，行動電腦、代理器和伺服器(或 CH)行成了三點的通訊模式。

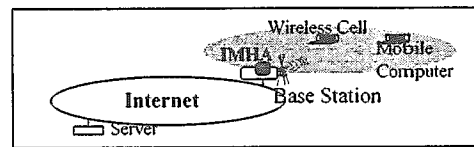


圖 2 3-peers Architecture(Client/Agent/Server)

所有 MH 對外界(包括有線網路與無線網路上的節點)的通訊必定透過中間的 IMHA 傳送，反之亦然。

藉由此代理器的運作，不但能使 MH 對外界通訊，並且減少了有線網路與無線網路的差異所造成的影響，例如：因無線網路傳輸的穩定度較差，若資料在無線網路中傳丟了，不用從伺服器端重送，只要從代理器端重送即可，反之亦然，因此減少了資料重送的資源浪費，也使整個傳輸效率提高。

### 2.2 滑動群組(Sliding agent group)

由於 MH 會因移動而跨越不同的 cell，因此相對應的 IMHA 也需要隨著移動，然而 IMHA 之移動並非直接移動，而是在新的 BS 上產生新的 IMHA，然後將舊的 IMHA 中的資料傳送給新的 IMHA，舊的 IMHA 並不立即刪除，除非代表同一 MH 之 IMHA 數目大於兩個才刪去最舊的 IMHA。如此一來，新的和舊的 IMHA 將形成一個 IMHA group，並由此群組代替 MH 對外通訊。

隨著 MH 繼續移動而跨越 cell，代替此 MH 的代理器群組也會隨著 MH 而滑動。由於在代理器群組中，群組成員可動態的加入與刪除；隨著 MH 的移動，我們在代理器群組中，加入新的群組成員，而刪除與 MH 相隔最遠的群組成員，整個代理器群組

就跟著 MH 而滑動了，如圖 3 所示。

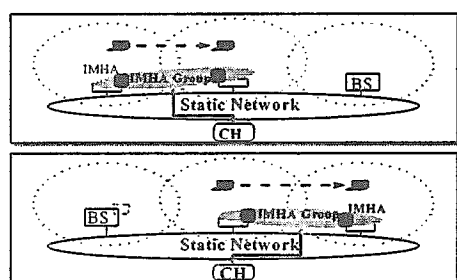


圖 3 Sliding Agent Group

這種代理器群組滑動的觀念，除了能適用於 MHs 因移動而產生的動態網路拓撲(dynamic network topology)的問題，也達成無縫行動計算(seamless mobile computing)，解決了 MHs 因交接而造成的資料流失或資料重送的問題。

### 3.運作模型

利用前述的基本觀念，本系統的基本運作模型如圖 4 所示，用 IMHA 群組將好的有線網路傳輸與壞的無線網路傳輸分隔開來。消極看來是避免壞的無線網路傳輸影響到好的有線網路傳輸，其積極的目的則是利用此 3-peers 的通訊架構，使無線網路與有線網路連成一通路，緩和無線網路與有線網路差異所帶來的影響，使資料傳輸更穩定、更有效率。

圖中 IMHA 群組對 MH 來說，是 Pseudo CH，對 CH 來說，則是 Pseudo MH；雖然 MH 會移動，但對 CH 而言，通訊對象不變，皆是代表 MH 的 IMHA 群組。MH 要送給 CH 的資料，會先由代表此 MH 的 IMHA 群組接收，此群組的所有成員皆會收到此資料，然後再送至 CH，CH 只會收到一份由 IMHA 群組送來的資料，因為 IMHA 群組只會送出一份資料，不會所有的群組成員(IMHA)皆送一份資料出來，如圖中實線所示；相反的，CH 要送給 MH 的資料，也先由 IMHA 群組接收，再送至 MH，如圖中虛線所示。

雖然 IMHA 群組會隨著 MH 的移動而滑動(增加新的 IMHA，刪除舊的 IMHA)，但 CH 的通訊對象是整個 IMHA 群組，所以對 CH 來說是沒有影響的。IMHA 群組的群組成員除了 MH 剛初始化外，群組成員至少有兩個，增加了容錯的機制，而代理器群組的滑動是一步接一步的(step-by-step)，每次滑動不會將所有群組成員換新，會保留一個重疊(overlap)的群組成員，繼續為 MH 接收和傳送在有線網路端，與 CH 通訊的資料，達成無縫的計算，甚至於可以避免因交接所造成的資料流失。

MH 跨越 cell 所必須進行的交接手續，在本系統以群組成員控制權的轉移來完成，將控制權移交給

與 MH 在同一 cell 的 IMHA，即可完成交接手續，當然其中還包括資料的一致性(data consistency)和群組成員狀態的轉移，將於稍後詳加說明。

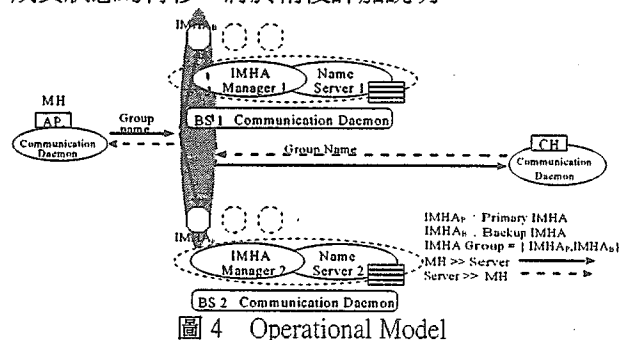


圖 4 Operational Model

### 4.解決方案(How our approach solve the problem?)

以下說明，如何利用前文中提出的基本觀念，解決在行動計算環境中所遭遇的問題。

#### 4.1 定位問題(location management)

在行動計算環境中，MH 會移動而進入一個新的 cell(or subnetwork)，而 MH 的位址要改成屬於新子網路的位址範圍嗎？這是因為目前的網路通訊模式採 2-peers(client/server)的通訊架構，才有此種困擾。

我們提出 3-peers 的通訊架構，在 MH 與 CH 間加入了代理器群組，將 CH 與 MH 的通訊，分成兩階段：(a) CH 與代理器群組的通訊；(b)代理器群組與 MH 的通訊。

##### (a) CH 與代理器群組的通訊

在此階段，CH 的通訊對象為代理器群組，系統賦予代表 MH 的代理器群組一個固定且唯一的群組名稱，每次 CH 要與 MH 通訊時，只要將通訊資料送給此群組即可；因為群組名稱內含位置的資訊，所以 CH 可將通訊資料送至此代理器群組。關於群組名稱如何產生與 CH 如何利用此群組名稱追蹤代理器群組目前所在位置，將在後面詳加描述。

##### (b) 代理器群組與 MH 的通訊

代理器群組的主控者，即與 MH 在同一 cell 的代理器(Active IMHA)，能實際收送 MH 對外通訊的資料；在我們的設計中，將群組通訊機制簡化，此狀態為 Active 的代理器，可視為傳統群組通訊中的群組管理者(group manager)；所以在我們系統的運作模式下，在代理器群組與 MH 這一端的通訊，只要在同一 cell 中，所有 MHs 的位址皆不相同，BS 便可分辨將通訊資料送給那一台 MH。

所以 MHs 的位址是固定的或是暫時的，在我們的運作模式中皆可。在我們的運作模式中，以 CH 的

觀點，可以說是用固定且唯一的群組名稱來代替 MH 的位址，解決了定位的問題。

#### 4.2 交接問題

交接的最大問題，就是 MHs 在通訊中移入另一個 cell(or subnetwork)，造成 CH 已送出，但未送達 MH 的資料封包流失。探討其它協定會造成交接時資料的流失，其原因在於採用 2-peers 的通訊架構，在註冊手續尚未完成前，沒有提供將 CH 已送出而無法送達 MH 的資料封包收集(暫存)起來的機制，而導致必須將這些資料封包丟棄或重送。

代理器群組滑動的方式，是一步一步(step-by-step)跟著 MH 而滑動，每次滑動不會將所有群組成員換新，會保留一個重疊(overlap)的群組成員，繼續為 MH 接收和傳送在有線網路端，與 CH 通訊的資料，等註冊手續完成後，再將過多的代理器(backup IMHA)刪除，釋放系統資源，詳細步驟在稍後會詳加說明。

如此，利用代理器群組一步一步的滑動，群組中有一重疊的代理器(working IMHA)，繼續接收 CH 送過來的資料，便能解決因 MH 跨越 cell 所造成資料封包的流失。

以下舉例來說明如何避免資料流失達到無縫行動計算，如圖 5 所示：當 MH 由 cell<sub>1</sub> 移入 cell<sub>2</sub> 時，也就是圖中①的動作，代表此 MH 的代理器群組成員由 {IMHA<sub>1</sub>} 變成 {IMHA<sub>1</sub>, IMHA<sub>2</sub>}，即代表 MH 的代理器群組往右移了；當 MH 再繼續由 cell<sub>2</sub> 移入 cell<sub>3</sub> 時，也就是圖中②的動作，群組成員由 {IMHA<sub>1</sub>, IMHA<sub>2</sub>} 變成 {IMHA<sub>2</sub>, IMHA<sub>3</sub>}，即代表 MH 的代理器群又跟著 MH 往右移了；注意群組成員的變化，發現 IMHA 群組每次滑動，群組成員(IMHA)雖有變化，但始終有一個群組成員是重疊的，如上例：當 MH 由 cell<sub>2</sub> 移入 cell<sub>3</sub> 時，IMHA<sub>2</sub> 就是代理器群組滑動前和滑動後重疊的群組成員，這種群組一步一步的滑動，我們將它稱之為 Agent Group Sliding，當 MH 移入 cell<sub>1</sub> 時，註冊手續若尚未完成，此時就由 IMHA<sub>2</sub> 來代代理器群組接收 CH 送過來的資料封包，於是可以避免資料流失達到無縫行動計算。

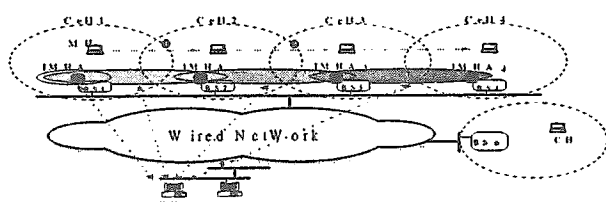


圖 5 Sliding Agent Group

#### 4.3 簡化交接手續

在我們的運作模式中，交接手續可看成是群組成員的控制權之轉移(switching control point)，由系

統負責群組中成員資料的一致性和狀態的轉移，對 MH 和 CH 來說是完全透明的(transparency)。

#### 4.4 改善行動電腦儲存容量的不足

在 3-peers 的通訊架構下，代理器群組中的群組成員(IMHA)，可當 MH 的第二階層暫存空間(second level cache)，存放 MH 較常使用，或即將用到的資料；若 BS 的資源允許，尚可成為 MH 在有線網路上的遠端儲存空間(remote storage)，改善 MH 因先天的限制(重量和大小的限制)，而造成儲存容量的不足。

#### 4.5 改善無線通訊的間歇或時常失去連接的不穩定傳輸

我們的系統並不是在硬體上實際的解決無線傳輸的這個問題，而是在遭遇這個問題時，如何讓系統繼續工作，不會造成很大的影響。目前，在 3-peers 的通訊架構下，若因為無線傳輸的間歇或時常失去連接，導致資料流失，資料不必從 CH 端重送，只要從代理器群組端重送給 MH 即可，減少有線網路頻寬的浪費，也減少有線端重送的時間花費，加快了傳輸的速度。

#### 4.6 改善無線頻寬的限制

除了實際上加大無線傳輸的頻寬的方法之外，本系統採取重疊使用者閒置(idle)時段，預先將使用者將用到的資料，從遠端的伺服器取回，存放在代理器群組中，等 MH 真正需要的時候，就可直接從代理器端傳給 MH，節省從伺服器端到代理器群組端的傳輸時間，讓使用者較沒有延遲的感覺。

### 5. 通訊協定(The Communication Protocol)

通訊協定可分為：註冊程序、追蹤程序、交接程序、傳輸程序，以下分別詳細說明。

#### 5.1 註冊程序

註冊程序的目的是，做為 CH 要對 MH 通訊時，追蹤 MH 目前所在位置的依據，在本系統中，註冊程序可分為兩種：(1)MH 第一次連上網路時(2)MH 因移動而跨越 cell 時。

第一種註冊程序，對 MH 來說，只要進行一次即可，如圖 6 所示，MH 第一次註冊的網路為 MH 的 home network，而其上的 BS 稱為此 MH 的 HomeBS(HBS)，此種註冊程序，目的是讓 MH 在其 home network 上，註冊一個唯一且固定的群組名稱，並且產生一個代理器群組來代替 MH 對外通訊。程序如下：

- (1)BS 週期性發出 beacon 訊息。
- (2)MH 收到 beacon 後發出 registration 訊息，其中

- 包括 group name, HBS。
- (3)若未曾在此 BS 註冊，則 BS 產生一個新 IMHA group 及新的 IMHA。
  - (4)回一個 ACK 給 MH，完成初次註冊。

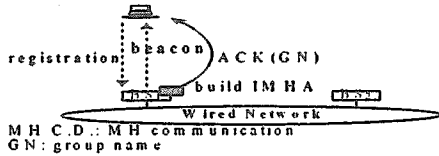


圖 6 註冊程序(I)

第二種註冊程序，只要 MH 因移動而跨越 cell 時，就必須進行，如圖 7 所示，程序如下：

- (1)BS 週期性發出 beacon 訊息。
- (2)MH 收到 beacon 後發出 registration 訊息，其中包括 group name, HBS, last BS。
- (3)若未曾在此 BS 註冊，則 BS 產生一個新 IMHA group 及新的 IMHA。
- (4)依照 last BS 的內容，發出 Consistency 訊息給前一個 BS，對應的 IMHA 再將 cached data 與 state 傳送回來。
- (5)依照 HBS 至對應的 Home BS 更新群組成員 (IMHA)最新位址。
- (6)若有三個 IMHA 同時在一個群組內，則刪去離 MH 最遠的 IMHA。
- (7)回一個 ACK 給 MH，完成註冊。

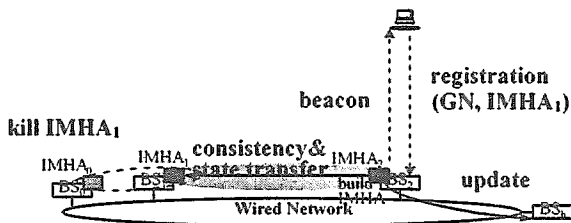


圖 7 註冊程序(II)

### 5.2 追蹤程序

當 CH 要與 MH 通訊時，就是利用追蹤程序來找到 MH 目前所在的位置，然後才能進行通訊；當 CH 要對 MH 通訊時，如圖 8 所示：

- (1)向該 MH 的 HBS 發出 location\_query，尋問代表 MH 的代理器群組(主控者)目前所在的位置。
- (2)HBS 查出後回 ACK 給 CH，其中包含主控 IMHA(Primary IMHA)所在位址。
- (3)CH 依據 HBS 所傳回的主控 IMHA 位址便可與 IMHA 群組建立聯繫。

因為對 CH 來說，代理器群組就好像是 pseudo MH，所以與代理器群組通訊，就好像與 MH 通訊一般。

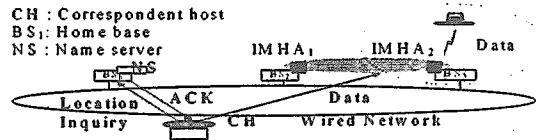


圖 8 追蹤程序

### 5.3 交接程序

交接程序的目的是讓正在對外通訊中的 MH，不因移動跨越 cell 而迫使通訊停頓甚至於結束，必須重新來過。

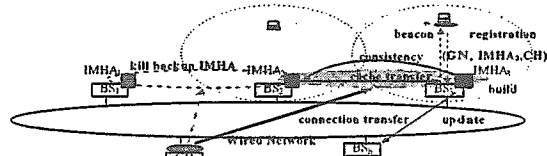


圖 9 交接程序

在我們的設計中，如圖 9 所示，就是以代理器群組的滑動來完成註冊程序，包括了第二種註冊程序和 CH 對代理器群組通訊的連接轉移(connection transfer)，因為代理器群組跟著 MH 而滑動，所以 CH 對代理器群組的實際連接，也要跟著轉移。連接的轉移只要再次執行追蹤程序即可，因此實際的程序為前述第二種註冊程序與追蹤程序同時進行即可完成。

### 5.4 傳輸程序

傳輸程序大致是以類似於 TCP/IP 的方式，以 ACK 與 Sequence Number 維持可靠的傳輸。正常傳輸程序如下：

- (1)發送端將欲傳輸之資料發出，同時在 transmission buffer 中保留一份拷貝。啟動計時器，若過久未回覆則重送。
- (2)主控 IMHA 收到資料後先檢查 sequence number 與其預期之 sequence number 比較，若已處理過則捨去並回應一 ACK 給發送端，否則將資料存入 Cache 中。
- (3)主控 IMHA 依照 Sequence number 將 Cache 中資料依序同時送往接收端以及群組中的另一個 IMHA。並啟動計時器，若過久未回覆則重送。
- (4)接收端收到資料後回覆 IMHA 一個 ACK。檢查 sequence number 與其預期之 sequence number 比較，若已處理過則捨去，否則將資料送給應用程式。
- (5)IMHA 收到 ACK 後調整預期的 Sequence number 值。
- (6)IMHA 回應一個 ACK 給發送端，完成傳輸。

不論發送端是 MH 或者是 CH，都依照上述程序執行，直至終止通訊為止。

## 6. Implementation

本系統以 Wireless LANs 為實驗平台，而作業平台擬架設在微軟公司開發的 Windows 95(on MH)或 NT(on BS)之上。除了其相當普遍外，訊息導向

(message driven)的作業方式，採用 WOSA(Windows Open Service Architecture)模型來組織網路架構，使作業系統中能同時安裝多套網路服務，多套的傳輸協定(TCP/IP, NetBEUI, Appletalk 等)，以及多套的驅動程式，正符合我們系統的需求。

此外，由於 WinSock 提供與 Berkeley Sockets(4.3 BSD)完全相容之網路函式，將來如果 BS 的作業平台改成 UNIX，很容易的將系統移植過去。因此選擇 WinSock 為我們的傳輸層程式設計介面，

在程式語言方面，我們採取 C++，藉其支援物件導向的觀念，實作系統物件，達到可擴充性且方便除錯的優點，目前本系統已實現：

- MH 移動的註冊與追蹤。
- MH 對 FH 的通訊。
- FH 對 MH 的通訊。

## 7. 結論與未來工作

本論文所提出的可滑動 IMHA 群組和 3-peers 的通訊模式，可以解決行動計算環境中的定位問題、交接程序所造成的資料流失、簡化交接手續、改善行動電腦儲存容量的不足、改善無線頻寬的限制及改善無線通訊的不穩定傳輸。藉由 IMHA 群組與其他系統元件的運作，可達成下列目的：

- (1). 使行動電腦成為有線網路上的一員。
- (2). 使行動電腦達到無接縫和通透的漫遊。
- (3). 減少因無線網路通訊品質不良導致通訊效率的下降。
- (4). 改善行動電腦儲存容量的不足。
- (5). 改善無線網路頻寬的限制。

未來將繼續對系統做效能測試與分析；另外在 IMHA 上，可加強 cache manager 的設計，達到資料預先擷取(prefetch)，可以隱藏網路的延遲(latency)和避免網路的爆炸(burst)，真正地改善無線頻寬的限制。在 MH 端的通訊駐留程式亦可加上暫存(caching)與預先擷取的機制，更能應付無線傳輸時常或間歇性的失去連接。

## 參考文獻

- [1] Chyi-Nan Chen, Chung-Fann Liou, Ching-Yuan Wu, Rey-Yu Wu and Ting-Wei Hou, "Solving Location Problem of a Mobile Host by an Agent Group", Proceedings of The Seventh IEEE International Symposium on PIMRC, volume 2, 1996, p.708-712.
- [2] Chyi-Nan Chen, Chung-Fann Liou, Ching-Yuan Wu, Rey-Yu Wu, "The Design of Intelligent Mobile Host Agent", Proceedings of The Third Workshop on Mobile Computing, 1997, p132-139
- [3] Chyi-Nan Chen, Chung-Fann Liou, Ching-Yuan Wu and Rey-Yu Wu, "The Study of a Reliable Intelligent Moving Agent for a Mobile Host", Proceedings of Workshop on Distributed System Technologies & Applications, 1996, p.298-305.
- [4] Nigel Davies, Gordon S. Blair, Stephen Pink. "Services to Support Distributed Applications in a Mobile Environment". Proceedings Workshop on Mobile Computing Systems and Applications December 8-9 1994.
- [5] Vietanh Nguyen, "Mobile Computing & Disconnected Operation: A Survey of Recent Advances". [Http://www.cis.ohio-state.edu](http://www.cis.ohio-state.edu)
- [6] Kistler and M. Satyanarayanan. "Disconnected Operation in the Coda File System". ACM Transaction on Computer Systems, volume 10, 1992, p.3-25.
- [7] Internet Protocol, RFC 760, Jan 1980
- [8] Marshall T J. Rose. "The Open Book: A Practical Perspective on OSI". Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1990.
- [9] Novell, Inc., "Advanced NetWare V2.1 Internetwork Packet Exchange Protocol (IPX) with Asynchronous Event Scheduler (AES)", Oct 1986
- [10] Charles Perkins, editor. IP mobility support, RFC2002, Oct 1996
- [11] C. Perkins, "IP Mobility Support (Internet Draft-work in progress)", Internet Engineering Task Force, 1995
- [12] David B. Johnson, "Scalable and Robust Internetwork Routing for Mobile Hosts", Proceedings of 14th International Conference on Distributed Computing Systems, 1994
- [13] WILLIAM STALLINGS. "DATA AND COMPUTER COMMUNICATIONS" four edition. Prentice hall international editions
- [14] Robert van Renesse, Kenneth P. Birman, and Silvano Maffei. "Horus: A Flexible Group Communication System", Communication of the ACM, Vol. 39, No. 4, pp. 76-83, April 1996.