

# 具最佳化繞徑之行動區網設計

## A Mobile Network Design with Routing Optimization

### Feature

陳政揚

逢甲大學電機研究所

m9003112@knight.fcu.edu.tw

王壘

逢甲大學電機系

lwang@plum.iecs.fcu.edu.tw

### 摘要

本論文以 Mobile IP 為基礎並延伸其加封技術(IP-in-IP Encapsulation)，完成行動代理區網之設計 ( Mobile Agent Design for Mobile Network )。在可移動式網域的概念下，本論文考量整個行動式網路的移動性，建立一套更完整的行動管理方法，以符合時代應用的需求。本論文針對一個行動式網域( Mobile Network ) 的難形環境，並以現有 Mobile IP 協定中的 Route Optimization 為概念，發展一新的服務機制，其目的為整合網際網路與無線區域網路，提供行動式網域能夠在固定式傳統網域的基礎之下，自由的移動它的位置，並且相容於行動計算的環境提供更完善、更穩定的行動通訊服務。

**關鍵詞：**行動 IP；行動代理；可移動式網域

### 一、概論

隨著近年來網際網路以及無線通訊市場快速成長，使得現有無線通訊產品也必須迎合市場的需求，走向模組多元化、資料數位化、多媒體支援、以及無邊際地漫遊的整體趨勢，現今已無人懷疑此二者終將匯流，人們得以隨時隨地利用輕便的無線裝置擷取或傳達資訊。而由技術的觀點觀察，採用 IP 做為各種不同通訊網路間的界面協定也是無線網路的發展趨勢，而且無線通訊與網際網路結合之軟體應用，勢必也將成為未來的主流趨勢；然而，考量將無線通訊數據連接系統技術，取代原有需要佈線的固接網路環境，在通訊層面雖可達成移動的效果，但網路的傳輸、路由繞徑 ( Routing ) 與管理上，因無線環境與有線環境大不相同而須進一步研究與改良 ( 例如使用者移動時無法取得或無法繼續使用原來的網

路位址 ( IP Address ) )，促使行動通訊協定 ( Mobile IP ) 技術的發展，同時也成為未來需要深入研究與改良的重要議題 ( 2 )。

以往固定 IP 的定址與路由繞徑方式是有線環境為主，並無針對主機移動情況作考量，故無法直接將有線技術及協定使用在無線環境上，若考慮主機從所在位置移動到另一個網域時，勢必要更換主機的 IP 位址，導致原來所要傳送給此主機的封包資料會因為此主機 IP 的改變而無法接收。而且更換 IP 位址後必須重新啟動網路設定，程序十分煩瑣且耗時，縱使重新設定完成，當下次又移動到其他網域時，免不了又要再重新設定。以傳統網路傳輸型式而言，其主要問題的發生原因在網路層之 IP 路由繞徑及管理上，因此如何對行動裝置的使用者持續不斷地提供無線的網際網路服務，在網路層的網路路由及管理上即成為一項頗具挑戰性的任務。Mobile IP 的提出 ( 5 )，其目標就是希望縱使使用者設備實體網路媒介隨時在更換，也無需改變 IP 位址來保持通訊不中斷。

由於 Mobile IP 技術主要考量在網路層，並且需要探討將新的封包訊息加入行動式通訊協定的架構中 ( 6 )，而本研究則更一步考量整個行動式網路的移動性，建立一套更完整的行動管理方法，以符合時代應用的需求。本論文針對一個行動式網域 ( Mobile Network ) 的難形環境 ( 1 )，並以現有 Mobile IP 協定中的 Route Optimization 為概念，發展一新的服務機制，其目的為整合網際網路與無線區域網路，提供行動式網域能夠在固定式傳統網域的基礎之下，自由的移動它的位置，並且相容於行動計算的環境提供更完善、更穩定的行動通訊服務。

本論文在第貳章將先介紹基本 Mobile IP ( 7 ) 的功能並說明本論文提出 Mobile Network 之架構與需考量的因素。第參章則討論此架構在 Mobile IP 協定下之修改重點。第肆

章為測試環境的介紹及測試結果的分析。第五章結論中歸結出未來相關的研究方向及應考慮的重點。

## 二、Mobile IP 與 Mobile Network

近幾年來由於無線通訊技術的快速發展，行動計算已成為電腦通訊領域中備受矚目的一環，原本需透過傳統線路連接以存取網路資訊的方式，逐漸轉由無線上網的方式來取代，如此可隨時隨地上網取得最新、最重要的資訊，對講求時效的商業行為更加顯得有吸引力。而為了達到行動計算的目的，在網路路由繞徑及 IP 位址的管理，新一代無線通訊的 IP 標準 ( Mobile IP ) 就因此而產生。

在 Mobile IP 的網路中，移動性 ( Mobility ) 一詞是指行動中的主機在不同的網域間漫遊時，可以保有本身固定的 IP 位址 ( Home Address )，而不需要對此 IP 位址作改變，免除應用程式需重新啟動並設定 IP 位址連線的困擾，這也就是 Mobile IP 技術 ( 5 )。在 Mobile IP 的協定中共有四個主要元件：

- (1) MN ( Mobile Node ) : 在網際網路上可任意移動改變網路連接點 ( point of attachment ) 之主機，如手提電腦、PDA。
- (2) HA ( Home Agent ) : MN 之 IP 位址的原始 Home Network ( HN ) 中的路由器，當 MN 離開時負責通道 ( Tunneling ) 之維持與加封轉傳封包到 MN 目前所在位置，並且負責紀錄 MN 目前位址的資訊。( HN 指的是與 MN 網路識別 ( Network-ID ) 相符合的網域，不符合的網域則為 Foreign Network ( FN ))。
- (3) FA ( Foreign Agent ) : 存在於 FN 網域上的路由器，提供 MN 移入時暫時 IP 位址、轉傳封包及 Tunneling 維護等服務。
- (4) CN ( Correspondent node ) : 網路上其它之任意節點，將與 MN 透過 Mobile IP 通訊。

在 MN 由 HN 移至於 FN 的過程中，必需經過以下三個基本程序：

- (1) 廣播 ( Advertisement ) :

各地的網路代理者 ( Agent ) 會週期性的作廣播 ( Broadcast ) Advertisement 的動作，發送載有關於 COA 訊息之 Agent Advertisement 封包給區域網路上的每個

主機。

- (2) 註冊 ( Registration ) :

Mobile IP 協定在註冊程序中，使用了要求訊息 ( Registration Request ) 和回應訊息 ( Registration Reply ) 兩種訊息格式，透過此兩種訊息的交換，可使 HA 得知 MN 目前所在何處，其程序如圖 1 之步驟 1~4 所示。

- (3) Tunneling :

在通道傳送技術中，透過 Agent 間的連接，傳送端 ( Source ) 會將資料加封 ( Encapsulation ) 後送入通道，接收端 ( Destination ) 會將資料解封 ( Decapsulation ) 後，再傳送給接收端，完成資料傳送。圖 2 表示 Tunneling 之情形，當 MN 離開 HN 後，資料傳送路徑為 CN->HA->FA->MN->CN，此為正常傳送路徑，也稱為三角繞徑 ( Triangle routing )。此傳送路徑雖然可將資料安全傳送至目的地，卻容易造成傳輸媒介擁擠，大大地降低網路效能。如能利用最佳繞徑 ( Route Optimization ) ( 9 ) 技術簡化此傳送路徑，即可改善其傳送效能。

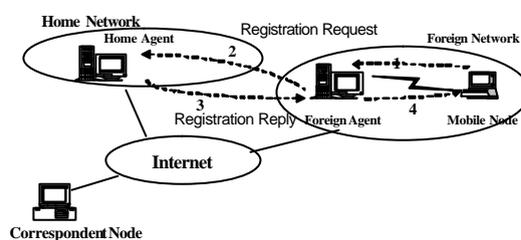


圖 1：Mobile IP 之 Registration

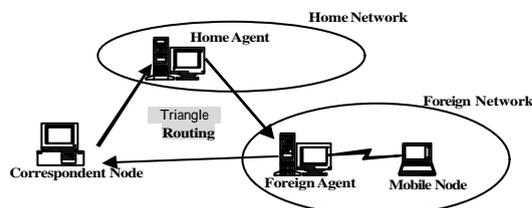


圖 2：Triangle routing

Mobile IP 只是針對單一 MN 移動時提供行動性的網路服務；若考慮運用在實際的環境中，長途旅行多半是利用公眾的大型交通工具，如火車、客運汽車、甚至是飛機，這些長程交通工具在行動通訊的服務上將形成一個或多個網域 ( Subnet ) 的移動，則目前 Mobile

IP 就無法應付這種應用的形式。

在以往 Mobile IP 的相關研究上並無 Mobile Network 類似的考慮被提出，我們可將 Mobile Network 的連線架構以圖 3 來表示。圖中與 Mobile IP 架構最大的差異在可移動代理者 ( Mobile Agent ; MA ) 上，這是原始 Mobile IP 所沒有的元件功能。在 Mobile Network 中，當 MA 所負責的網域移動時，MA 不只要有像 MN 的處理能力，還必須能像 Agent 在網域內發出 Advertisement 訊息提供給移入的 MN 作為執行註冊程序的依據，所以 MA 在 Mobile Network 架構中扮演著對外像是 MN，對內像是 Agent 的雙重角色。

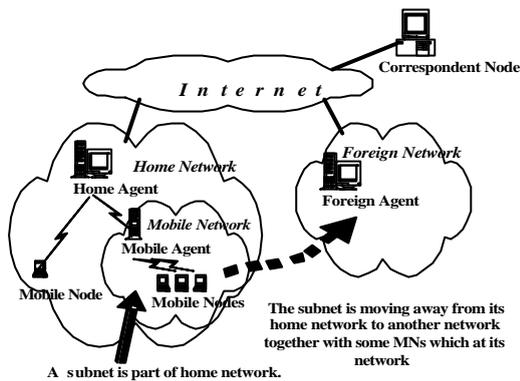


圖 3：Mobile Network 基本架構

本研究是以 Mobile Network 雛形環境 ( 1 ) 為基礎，以解決雛形環境的多重繞送問題 ( 如 RFC2002 所述 )。有鑑於此，本研究即對 RFC2002 考慮 Mobile Network 的支援下，RFC 2002 規格中加入一些新的策略 ( policy )，例如定義新的元件、新的封包欄位、訊息交換方式等，但先決條件為不修改原本 Mobile IP 協定之條件之下進行。

### 三、Mobile Network 設計

在 Mobile Network 架構中，當 CN 欲傳遞資料至位於 Mobile Network 中的 MN 時，其傳遞過程將較 Mobile IP 更為繁複，本研究即針對 Mobile Network 架構在資料封包之路由控制上，選擇以修改 IP 表頭法的控制方式，並配合 Route Optimization 的技術 ( 4 )，有效縮短封包繞送路徑。在繞徑最佳化下，FA<sub>MA</sub> 如何轉傳 MN 封包，本研究考慮繞送方式為 Proxy 方式，考量 Mobile Network 所應加入的擴充與修改，其研究之重點及結論如下：

#### (1) Advertisement 程序的修改

在 Mobile IP 協定中，針對 Advertisement 程序只需要考慮 MN 移動

時，接收所在網域中的 Advertisement 訊息，並偵測目前所在位置為 Home Network 或是 Foreign Network，若為 Foreign Network 則執行 Registration 程序，若為 Home Network 則執行 Deregistration 程序；而 Mobile Network 設計則必須加入 Mobile Agent 的考慮與設計。

在 Mobile Network 架構中，當整個 MA 所負責的網域移動時，MA 不只要有像 MN 的處理能力，還必須能在網域內週期性發出 Advertisement 來使 MN 得到所需的 COA 位址，也就是說 MN 的 COA 位址是可由 MA 來設定。整個 Mobile Agent 對 Advertisement 訊息管理流程可由圖 4 來表示，最大不同之處在於 MA 在完成本身註冊程序後發出 Advertisement 訊息時將 COA 欄位設定為 COA<sub>MA</sub> (即 FA<sub>MA</sub>)，MN 所得的 COA 就是 COA<sub>MA</sub>。

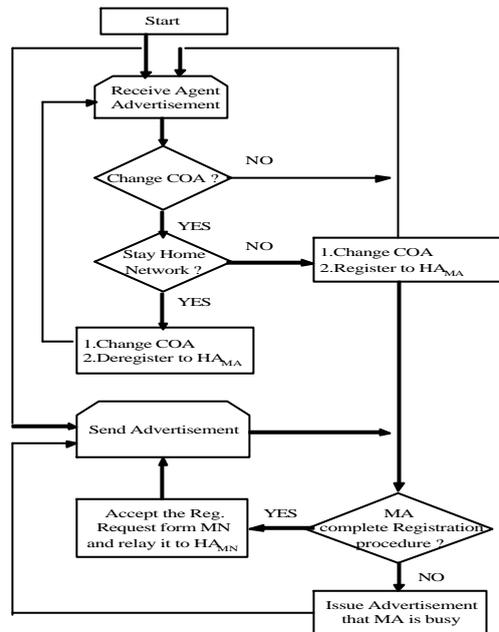


圖 4：Mobile Agent 對 Advertisement 訊息管理之流程圖

#### (2) Registration 程序

在 Mobile IP 中註冊時使用了 Registration Request 和 Registration Reply 兩種訊息，在 Mobile Network 架構中也同樣使用這兩種訊息格式，不過在註冊程序上卻有非常大的差異。在 Mobile Network 架構中，MA 扮演了非常重要的角色。以下將完整的註冊程序分為兩個部分來說明：

##### A. Mobile Agent 的註冊程序：

MA 的註冊程序大致上與 Mobile IP 協定中的 MN 註冊的程序相同，如圖 5 中步驟 1 至步驟 4

B. MN 的註冊程序：

當 MN 移動到 Mobile Network 網域中，其註冊的程序與在 Mobile IP 協定中的 MN 有非常大的改變。在圖 5 中，步驟 5 至步驟 11 為 Mobile Network 網域中 MN 的註冊程序，

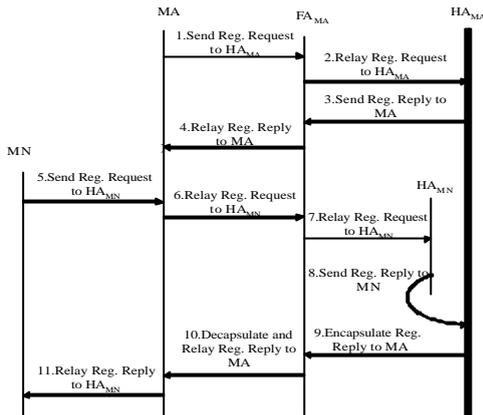


圖 5: Mobile Agent & Mobile Node 的註冊訊息交換之流程圖

前提是 MA 必須成功的通過註冊程序。圖中值得注意的是步驟 8 及步驟 9，假設 MA 成功完成註冊的程序，從 FA<sub>MA</sub> 取得 COA<sub>MA</sub> 位址，並且在 HA<sub>MA</sub> 紀錄了 MA 之 Home Address 對應到的 COA<sub>MA</sub>。因此，當 Mobile Network 網域中的 MN 送出 Registration Request 的請求訊息時，會經過 MA 及 FA<sub>MA</sub> 然後再透過 Routing Protocol 將訊息繞送到 HA<sub>MN</sub>，此時 Tunneling 所建立的通道資料是 HA<sub>MN</sub> Address 和 MA 之 Home Address，所以當 HA<sub>MN</sub> 要送出回應的 Registration Reply 封包時，其 IP 層來源位址欄位存放的是 HA<sub>MN</sub> Address，目的位址欄位存放的是 MA 之 Home Address，由 HA<sub>MN</sub> 送出的回應封包會被繞送到 MA 之 Home Network，此封包將會被 HA<sub>MA</sub> 接收並且利用 MA 之 Home Address 所對應到的 COA<sub>MA</sub> 作 IP-within-IP 的加封動作，之後 FA<sub>MA</sub> 再將此封包解封並傳送給 MA，最後 MA 再將此 Registration Reply 封包送給 MN。

(3) 資料封包的傳遞

假設 MA 以及在 MA 網域中的 MN 皆成功的完成註冊程序，以 COA<sub>MA</sub> 表示 MA 在 FN 取得的 COA 和 COA<sub>MN</sub> 表示 MN 在 Mobile Network 取得的 COA。MNs 在完成註冊後，HA<sub>MN</sub> 根據所記錄 MN 的 MI 資訊 (MN ↔ COA<sub>MA</sub>)，在如下三種情況下發出 Binding Update 訊息：<1>收到傳送給 MNs 的封包、<2>收到 Binding Warning、<3>收到 Binding Request。

當 CN 欲傳送封包給 MN，封包根據網路繞送規則送至 HA<sub>MN</sub>，HA<sub>MN</sub> 依據 MN 的 MI 資訊將封包訊息加封送出，封包經轉傳後由 MN 接收。HA<sub>MN</sub> 在加封封包後，便立刻根據原始封包表頭的來源位址當成目的位址送出 Binding Update 訊息給 CN 如情況<1>，CN 收到此訊息時除回應確認訊息 (Binding Acknowledge) 外，還為此 MN 建立 MI 訊息。CN 依據此 MN 的 MI 訊息，直接將封包加封送至 FA<sub>MA</sub>，再經 MA 轉傳至 MN，其封包傳送路徑為 CN=>FA<sub>MA</sub>=>MA=>MN，無需再經 HA<sub>MN</sub> 和 HA<sub>MA</sub> 加封及轉傳動作，其傳送路徑如圖 6 所示。此過程還需考慮的重點為 FA<sub>MA</sub> 如何將 MN 的訊息轉傳至 MA，本研究提出以 Proxy ARP 方式。

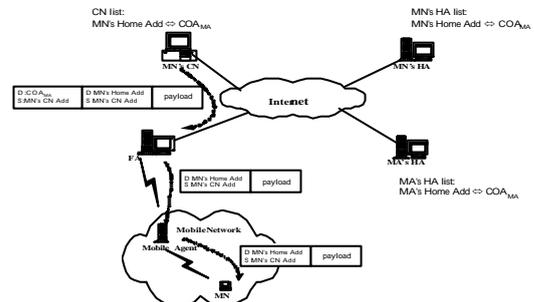


圖 6: 封包傳遞流程圖

ARP 協定是負責將 IP 地址和網卡實體地址 (MAC) 之間的轉換，而 ARP table 的建立會因系統實作而有所不同。ARP table 中的每個 Entry 在建立時都有其有效時間，並無法即時作有效控制。其中 Entry 被刪除原因如下：<1>Entry 的有效時間變為零、<2>ARP table 有一定的大小，若 Entry 數量過多，會刪除使用次數較少的 Entry。雖然無法將 Entry 即時刪除，卻可以使用 Proxy ARP 來作有效的更新，來使 MA 減輕負擔並完成換手 (Hand off) 動作。以下分別考慮如下兩種情況：<1>單一 MN 移動至 Mobile Network <2>整個 Mobile Network 移動。由於所考慮部份為 MA 如何使 FA<sub>MA</sub> 轉傳 MN 訊息，移動後所需進行動作如本章前半部所述，在

此將不詳加敘述。

情況一：單一 MN 移動至 Mobile Network

前提為 MA 完成註冊程序。當單一 MN 移入 Mobile Network 並完成 Registration 程序後，接下步驟如圖 7 所示，MA 立即針對單一 MN 向  $FA_{MA}$  發出 Proxy ARP， $FA_{MA}$  便建立 ARP entry ( $MN \leftrightarrow MAC_{MA}$ )。此時  $FA_{MA}$  若接收 CN 傳送給 MN 的訊息時，便根據 ARP table 中的 entry ( $MN \leftrightarrow MAC_{MA}$ ) 將訊息送至 MA，由 MA 轉傳至 MN。

MN 移入 Mobile Network 時接收 MA 所發出 Advertisement 訊息並向  $HA_{MN}$  完成註冊程序，MA 因此建立 MN 的 Mobility Binding。此時 MA 可藉由此 Binding 的存活時間(Lifetime) 和是否轉送或接收 MN 訊息來確定 MN 是否存在。若 MN 移至他處或關機，MA 同樣針對單一 MN 向  $FA_{MA}$  發出 Proxy ARP， $FA_{MA}$  更新 ARP entry ( $MN \leftrightarrow MAC_{FA_{MA}}$ )，關於訊息 MN 將不再轉傳至 MA，因而減少 MA 負載。

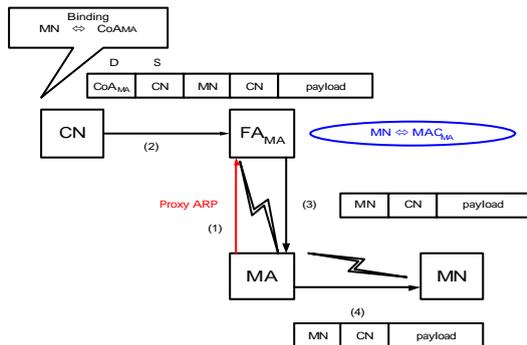


圖 7：使用 Proxy ARP 方式之封包傳遞流程圖

情況二：整個 Mobile Network 移動

前提為 MA 完成註冊程序。若 Mobile Network 中有多個 MNs，每個 MN 需重新註冊後，MA 針對每個 MN 向  $FA_{MA}$  發出 Proxy ARP 訊息， $FA_{MA}$  根據每個 Proxy ARP 訊息建立每個 MN 的 ARP Entry，MA 便依據此 ARP table 轉傳 MNs 訊息。MA 對 MNs 的控制如情況一所述 Binding 的存活時間及接收或轉傳 MNs 訊息，MA 必需針對每個 MN 執行相同步驟，MN 數量的增加會因此加重 MA 負載。

雖然 MA 可藉由對 MNs 的控制來減輕負載，但必須針對每個 MN 發出一個控制信號且 ARP table 的時效性較不易控制，ARP table 的 entry 數量也因個別實作

系統而有所不同，不過，因 ARP table 屬於實體層，其轉送速度也較快。

(4) 小括號編號(1)、(2)等，並與本文內容上下保持一行之間距。

## 四、初步之實驗結果

為驗證本論文所提出之 Route Optimization 架構的正確性，並評估其傳輸效率、觀察影響效能之主要因素，本研究亦利用既有的實驗環境 Mobile Network 架構下建立 Route Optimization 模式，本章將對 Mobile Network 架構之 Route Optimization 模式實驗環境平台之建立以及系統效能測量作完整之介紹與說明。

我們利用既有之實驗室網路環境及設備，在 Mobile Network 環境實際建置完成 Route Optimization 模式，其網路環境架構如圖 8 所示。本文以上述之各種流量大小為模擬依據，針對 MNs 在理想獨占頻寬 (ideal) 以及 1 Mbps 至 8 Mbps 各種條件之下，分別測量 MNs 的註冊時間、以 Ping 方式所測傳輸反應時間及以 FTP 方式來接收大量資料方式的傳輸時間。就註冊時間而言，在網路流量 0、2、4 及 8 Mbps 和 MA 是否忙碌條件之下，以 1、4、7 及 10 個 MNs 為測試基準，分別量測其中的

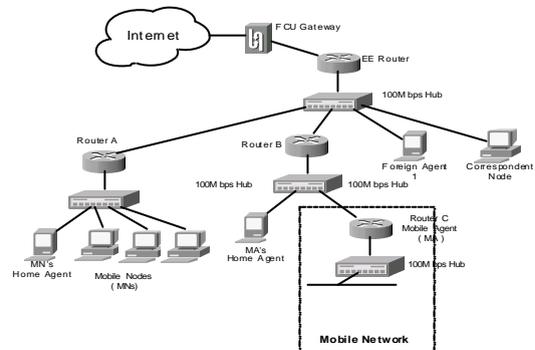


圖 8：使用 Proxy ARP 方式之封包傳遞流程圖

最長註冊時間。就以 FTP 方式傳輸時間而言，在網路流量 0、2、4 及 8 Mbps 和 MA 是否忙碌條件之下，以 1、4、7 及 10 個 MNs 為測試基準，分別量測其中的最長傳輸時間。就以 Ping 方式所測傳輸反應時間而言，分別對 MA 及單一 MN 在理想、1、3、5 以及 7Mbps 情況之比較，上述的每種情況皆反覆進行多次測試，以下即所作之測試結果：

(一) 註冊時間統計資料結果

將整個 Mobile Network 移動，以便測試其

註冊時間，有關 MNs 之註冊時間依兩種情況討論，情況一：MA 清閒，情況二：MA 忙碌。並且根據上述之條件為模擬依據所測量之結果，並將結果分別以圖 9 及圖 10 表示之。圖中之 Y 軸為註冊時間(單位為 ms)、X 軸為流量(單位為 Mega)，以 MN 數量為測試基準，分別量測 1、4、7 及 10 個 MNs 時所需註冊時間。

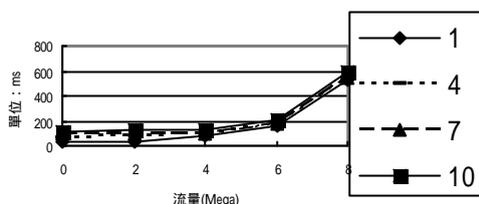


圖 9：MA 清閒時之註冊時間統計

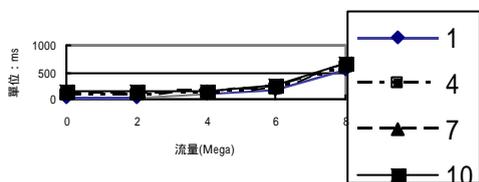


圖 10：MA 忙碌時之註冊時間統計

如圖 9 所示，註冊時間會依 MN 數量及網路流量增加而有所增長為預期結果，以 MN 數量為 1 個而言，網路流量依序增加，註冊時間理所當然變大，而我們所應注重的是增加的幅度，在流量為 0 和 2Mega 時，其間差距可說相當小，隨著流量增加，在網路流量飽和點 50% 和 60% 情況下，其間差距可說變大許多。當網路流量以一定比例增加時，其所需註冊時間並非等比例增加，而是以類似指數方式向上增加，可預期的是當網路流量不斷增加時，註冊時間將較難預測。

圖 10 與圖 9 所測條件唯一不同地方為 MA 是否忙碌，MA 為整個 Mobile Network 出口，自然為網路流量的瓶頸所在，若 MA 本身有額外負載動作需執行，自然無法全心處理 MNs 所需的服務，MNs 所需註冊時間必定延長，但其走向與圖 10 相同。

經過上述之各種流量大小為模擬依據所量測得知結果，由圖 9 及圖 10 中可知：

- (1) 圖 9 及圖 10 所測的註冊時間是在 MA 是否忙碌與否情況下進行測試，圖 10 所測時間必然較圖 9 長。其中最明顯之處在於以網路流量飽和點 50% 和 60% 情況下差距最為明顯，可知若網路流量以等比例增加，註冊時間將以類似指數走向增加。

- (2) 註冊時間會因網路流量、MN 數量及 MA 忙碌與否而所有不同，圖 9 及圖 10 皆可得到印證，就最壞情況(網路流量為 8Mbps、MN 數量為 10 及 MA 忙碌)而言，其註冊時間為 672ms，表示 Mobile Network 移動時轉換新 FA 之平均間隔時間不得低於 0.7 秒，Mobile Network 才可能正常運作。此結果顯示相當重要的訊息：Mobile Network 於換手時所需時間。

就圖 9 與圖 10 的直接比較，可發現 MA 本身是否有其它的傳輸負擔，並不致對註冊時間產生太大的影響，此點對 Mobile Network 以 Agent 的方式管理之可能性無異為一大激勵，因按一般常理而言，FA 不僅要管理轉送這些控制訊號，同時也要負責它資訊的發送和轉傳。

## (二) 以 Ping 方式所測資料結果之比較

分別對 MA 及單一 MN 在理想、1、3、5 以及 7Mbps 各種情況下，由 CN 利用 ping 的動作偵測連線的傳輸反應時間，上述的每種情況之傳輸各反覆進行多次，在以下的敘述中，所得的結果均以毫秒(ms)為單位，分別以三種情況為測試條件：A 情況為原 Mobile Network (1)、B 情況為加入 route optimization 功能、C 情況為 B 情況下再加上 MA 忙碌，以下即針對 MA 及 MN 所作之測試結果：

表 1 為在 MA 移入 Foreign Network 後，對 MA 所測數據，表 2 為在 MA 移入 Foreign Network 及 MN 移入 Mobile Network 後，對 MN 所測數據。由表 1 及表 2 結果可知：

- (1) 表 1 中就 A 情況及 B 情況而言，MA 所做動作雖不同，但由數據看來並無太大差距，若再考慮 C 情況則有明顯差距。表示 MA 在增加 route optimization 功能，MA 並無增加負載。
- (2) 表 2 中就 A 情況及 B 情況而言，因傳送路徑不同，所表現結果較表 1 不同，但所在網域為皆為自行分割子網域，多重繞送問題並不顯著。若考慮個別將之置於網際網路的一處，成效更能突顯。

## (三) 大量資料傳輸時間之統計資料結果

本組實驗以 MA 及在 Mobile Network 中的所有 MNs 皆完成註冊程序，觀測 CN 以 FTP 方式將資料傳送給所有 MNs 的資料傳輸時間。在網路流量 0、2、4 及 8 Mega 在 MA 另有其它傳輸工作(忙碌)的情況下，以 1、4、7

及 10 個 MNs 為測試基準，分別量測其中的最長傳輸時間。根據上述之各種條件為模擬依據所測量之結果如表 3 所示，表中所顯示之數字單位為秒。由表 3 可知：

- (1) 以網路流量飽和度之 50% 及 60% 為測試基準所測的傳輸時間差距明顯較大，可知若流量等比例增加，傳輸時間會以類似指數方式變大。
- (2) 隨著網路流量、MN 數量及傳輸量的增加情況下所測數據如預期相對增大。

此部份是以三種不同方式進行註冊時間、傳輸反應時間及大量資料傳輸時間的測試。就註冊時間而言，主要目的在於當 Mobile Network 所需最少時間，就傳輸反應時間而言，可看出本文所提方式有較佳效能，至於大量資料傳輸時間而言，另一方案(Binding 方式)因時間問題尚無法有具體結果，在此並無比較。

## 五、結論

在本論文中，我們提出了行動式網域的概念以及實作出修改 IP 表頭之路由控制方法，並且將所提出之方案成功地整合至 Mobile Network 架構中，提供與現有網路的相容性與透通性，儘量避免對網路通訊協定的更改，並改善了原本 Mobile Network 架構的多重繞徑問題。本系統所建立的網域行動漫遊架構，主要延伸 Mobile IP 最佳繞徑的概念來改善了網域移動所造成的傳輸延遲。

本論文之研究成果可歸納如下：

- (1) 提出一套網域移動的最佳解決方案，該方案除支援原 Mobile IP 之行動節點之基本需求外，並解決多重繞徑問題。
- (2) 架構於現有的網路系統，對於原有的網路通訊協定不須作任何的更改。
- (3) 建立一套此最佳化 Mobile Network 模擬環境平台，提供未來進一步的改良與發展。

在未來的相關研究上，除了繼續改進系統的運作效能與討論系統需要修正之處外，可往整合 IPv6、支援階層式(hierarchical)的網路架構等研究方向作進一步研究：

- (1) 改善實驗環境並作深入分析

雖然透過本論文所介紹的實驗分

析，已充分證明本研究所提出的方法能正常作業，並由實驗數據中發現若干影響效能的重要因素；但為落實無線的通線環境，並進一步評估本研究所提出的 Route Optimization 的效果，本研究正進行環境的無線化並針對有無 Route Optimization 的傳輸作效能比對。

- (2) 修改 Mobile Network 架構以支援未來 IPv6 (3) 時代的來臨

Mobile Network 既整合了 Mobile IP 基礎架構與應用特性，並完成 Route Optimization 方案的建置，奠定將來後續研究發展之基礎，未來亦可配合 IPv6 的特性，朝向所適用之移動式網域方案繼續探討，進而整合到新一代的 IPv6 網際網路協定。

- (3) 改良 Mobile Network 以支援 hierarchical 的網路架構

原 Mobile IP 並未考慮 hierarchical 環境架構，近幾年國外針對 Mobile IP 提出了 hierarchical 環境架構之研究，此技術可減低 MN 局部移動時所需的註冊時間，進而提昇資料繞送之效能，因此若考慮 hierarchical 的觀念，提出網路層的 hierarchical 行動管理架構，將使網域架構更為完善。

- (4) 換手(Hand off)

換手 (8) (10) 為 Mobile IP 中的重要課題之一，雖然本研究並未深入探討，換手功能卻是延伸本架構特色的所在，如能深入加以了解並加入此功能，使整個 Mobile Network 真正能漫遊於網路間。

## 誌謝

本研究接受國科會計畫編號 NSC91-2218-E-035-006 之部分經費補助

## 參考文獻

- [1] 黃興進，"網際網路應用與管理"，第十三屆國際資訊管學術研討會無線網路應用研討會，淡江大學，論文集 2，pp.163-172，2002 年 5 月。
- [2] 曾建超，"無線網際網路"，無線網路應用研討會，台中逢甲大學，pp.1-21，2001 年 5 月。

- [3] S. Derring, R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6)," IEEE Potentials, Vol. 17, No. 2, pp.11-12, December 1998.
- [4] A. Giovanardi, G. Mazzini, "Optimization routing and security features for transparent mobile IP," IEEE Global Telecommunications Conference, Vol.2, No.2, pp.880-885, 1998.
- [5] C. Perkins, "Mobile IP," IEEE Communications Magazine, Vol.35, No.5, pp.84-99, May 1997.
- [6] C. Perkins, Mobile IP: Design Principles and Practices, Addison-Wesley, 1997.
- [7] C. Perkins, "IP Mobility Support," IETF RFC 2002, October 1996.
- [8] C. Perkins, K. Y. Wang, "Optimized smooth handoffs in Mobile IP," Proceedings of the IEEE International Symposium on Computers and Communications, PP.340-346, March 1998.
- [9] C. Perkins, David B. Johnson, "Route Optimization in
- [10] W. Woo, V. C. M. Leung, "Handoff enhancement in mobile-IP environment," Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Universal Personal Communications, Vol. 2, No.2, pp.760-764, 1996.

表 1

state \ ping (ms)	avg		
	A	B	C
ideal	0.999	1.001	1.217
1Mbps	2.070	1.989	2.315
3Mbps	3.812	3.913	4.489
5Mbps	12.763	12.794	15.493
7Mbps	114.512	115.101	129.473

表 2

state \ ping (ms)	avg		
	A	B	C
ideal	2.669	2.138	2.493
1Mbps	8.417	7.911	8.318
3Mbps	15.805	14.986	15.011
5Mbps	51.654	50.984	51.121
7Mbps	568.960	563.193	569.113

表 3 MNs 作大量傳輸的傳輸效能表

流量 (Mbps)	0				2				4				6				8			
	MN 數量				MN 數量				MN 數量				MN 數量				MN 數量			
	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10
10	111	129	143	143	143	178	192	182	292	303	332	243	401	371	428	432	701	747	631	611
20	155	171	175	211	251	272	291	243	338	371	408	351	491	478	534	523	759	777	713	709
30	212	241	272	282	332	342	357	332	452	448	473	442	599	598	447	411	807	825	839	741
40	317	342	337	337	411	441	422	438	542	544	572	543	443	441	484	475	918	918	942	942
50	401	431	444	422	451	491	511	491	599	607	613	601	701	725	742	733	1007	1031	1013	1032
60	442	492	483	491	538	541	543	578	699	692	698	689	791	801	811	837	1139	1111	1128	1148
70	510	542	571	553	612	642	652	633	741	753	747	799	848	885	889	872	1211	1275	1253	1271
80	621	641	643	644	658	643	723	731	811	821	831	831	943	982	992	981	1311	1311	1392	1392