

Mobile IPv6 網路下 Home Agent 的有效率路徑最佳化機制設計

許政穆

張德泉

黃國棟

國立中正大學

國立中正大學

國立中正大學

資訊工程系

通訊工程系

資訊工程系

hsujm@cs.ccu.edu.tw

techuan@km.cs.ccu.edu.tw

gowdonq@km.cs.ccu.edu.tw

摘要

隨著無線網路的快速發展以及行動通訊服務的多元化，在未來無線網路中整合 All IP 網路架構將會是一項當重要工作。為了建構出 All IP 的無線網路環境，也就是讓所有裝置都有一個位置，以目前所使用的 IPv4 協定必定遭遇網路位址不足、網路安全等問題。然而下一代網路協定 IPv6 的出現以及設計特性，這些網路問題將會被克服。此外為了解決在無線網路中的使用者因移動而產生的第三層網路位址改變問題，同樣 Mobile IPv6 也漸漸受到重視。同樣在未來行動無線網路應用上必然會有許多的多媒體影音應用出現，而以目前 Mobile IPv6 架構中的 Home Agent 須處理 Mobile Node 移動而產生的資料轉送問題，有可能會因 Mobile Nodes 與 Correspond Nodes 的個數過多而過度處理資料轉送，造成 Home Agent 的負擔過大而影響 Mobile IPv6 的整體運作效能。

本論文我們希望在 Mobile IPv6 上提出一個有效率路徑最佳化機制稱為 Efficient Route Optimization Mechanism (簡稱 EROM)，來提升 Home Agent 在 Mobile IPv6 中對 Mobile Nodes 的位置轉換反應並改進對給移動後的 MN 資料轉送效能。除此，我們也使用 Network Simulator 2 (NS-2)來模擬 EROM，並比較在 Home Agent 與原本 Mobile IPv6-Route Optimization 的執行效能。而我們從實驗模擬結果也顯示使用 EROM 確實可以改善減緩當有許多 Mobile Nodes 從原本網域移至另一網域時在 Home Agent 上所造成資料 tunneling 的轉送處理負擔。最後我們也以 Linux 搭配 Mobile IPv6 for Linux (MIPL) 模組，將 Mobile IPv6-Route Optimization 的架構修改為 EROM 架構，並且使用多媒體播放軟體 VideoLAN 來驗證我們所提出的 EROM 效能。

關鍵詞： Mobile IPv6、Home Agent、Route Optimization

一、前言

隨著無線網路的發展，使得 Mobile IPv6 [2,3]的行動網路技術也日益重要，因此我們可以預見未來的行動裝置都有可能分配到一個 IPv6 位址，以利這些裝置能便利地連上 Internet。然而這些行動裝置當有移動行為發生時，便需要 Mobile IPv6 的協助來解決因行動裝置移動改變 IP 位址又不會造成連線中斷。而且未來無線裝置使用數量必然是呈指數成長，在同一時間內必會有許多行動裝置同時存在於同一無線基地台的服務範圍內(Home Network)。當這些行動裝置移動到其它 Foreign Network 後，在現行的 Mobile IPv6 Home Agent (HA)就需要協助維持 Correspondent Nodes (CNs)及 Mobile Nodes (MNs)之間原來的資料傳送，在這個情況下 HA 需要幫 CNs 與 MNs 轉送大量封包，這會造成 HA 相當大的額外負擔。

此外無線網路基礎建設廣泛建置以及傳輸頻寬的提昇，已有愈來愈多的多媒體應用在無線網路上出現。然而在無線網路下多媒體推播(Server Push)技術[9]也許會成為主流應用，因為由多媒體伺服器主動提供即時影音資訊給使用者，會比使用者向伺服器請求來的便利，如即時路況、即時新聞等。然而在無線網路下，當可移動的使用者增加到一定數量後，對於前面我們所提到的 Mobile IPv6 中 HA 的保持 CN 與 MN 之間的資料 tunneling 處理，必定會嚴重造成 HA 的效能影響。因此我們希望藉由我們提出的 Efficient Route Optimization Mechanism (EROM)機制來改善由 HA 及早主動告知 CN，讓 CN 知道 MN 的

Care of Address (CoA)，由 CN 直接向 MN 的 CoA 傳送資料，以減少借助 HA 的 tunneling 處理，這樣就能減輕 HA 的 tunneling 負擔。也就是說，我們所設計的 EROM 主要是讓 HA 發送 “ICMP Mobile Node Handoff Message” 給 CN，讓 CN 提早知道 MN 已不在其 Home Network 下，如果 CN 要傳送資料給 MN，可以直接送給 MN 所在之新的 CoA。這樣作法不但可以減少封包需要經由 HA 使用 tunneling 轉送資料到 MN 的 CoA。

為了檢視 EROM 的效能，我們使用 Network Simulator 2(NS-2) [16]來模擬 EROM 的運作，並設計出二個實驗來比較在 HA 上的 EROM 與 Mobile IPv6-Route Optimization[8]之效能，而從其模擬結果中確實可以看出 EROM 的確能改善 HA 的執行效能。最後我們以 Linux 為平台並搭配 Mobile IPv6 for Linux (MIPL) [13]模組，進行系統實作部份。而在實作測試部份，我們使用具有 Server Push 機制且可播放 MPEG 檔型格式的多媒體串流軟體 VideoLAN [17]在修改後的 EROM 上進行測試，同樣也得到不錯的實測結果。

對於本論文的内容架構分述如下，在第 2 節內將簡略介紹相關的研究背景，在第 3 節將說明 EROM 的系統架構以及實作原理。在第 4 節中將對 EROM 進行系統模擬與效能分析，而在第 5 節內將介紹 EROM 的系統實作部份。最後我們作一總結與未來的可發展方向。

二、Mobile IPv6 背景介紹

(一) Mobile IPv6

對於 IPv4 與 IPv6 在無線網路環境上各有一相當重要的行動網路協定分別為 Mobile IP [7]及 Mobile IPv6[2,3]，而這二協定均提供給使用無線網路的使用者當移動至不同網段 (Subnet)時，依然能維持原先所建立的連線。若從使用者角度來看，Mobile IP 及 Mobile IPv6 能讓使用者在操作應用程式時，不會感覺有因移動而更換 IP 位址，造成網路連線中斷問題。例如有位使用者正使用 Net Meeting 與遠端朋友進行視訊會議，若於視訊會議期間該使用者因行動關係而移到不同網域而必改變其 IP 位址時，此時只要透過 Mobile IP 或 Mobile IPv6，便可讓原來正在進行的視訊會議不會因為 IP 層位址的改變而中斷連線。

由於 Mobile IPv6 的動作流程，主要是透過 MN 移動到 Foreign Network 後，MN 告知 HA 其目前所在網域下的 CoA。所以當有任何一 CN 要與 MN 進行連線時，就必需由在 Home

Network 下的 HA 使用 tunneling 機制[1]將資料轉送到 MN 的 CoA，這樣 CN 送給 MN 的資料即使 MN 又移動到別網域內，MN 仍然能收到由 HA tunneling 過來的資料。同理 MN 送給 CN 的資料，亦能由 HA tunneling 讓 CN 收到。

(二) Mobile IPv6 的路徑最佳化

前面我們提到 Mobile IP 及 Mobile IPv6 雖能解決使用者由 Home Network 移動到 Foreign Network，因 IP 位址改變而能維持原本連線問題。但在早期的 Mobile IPv6 中，由於資料傳送都是借由 HA 的 tunneling 來轉送資料，所以會有三角繞路(triangle routing) [2, 3]資料傳送問題。此問題有時會造成封包需要經過非常遠的傳送過程才能到達真正的目的地，而影響傳輸效能。為了解決三腳繞路問題，而有所為謂的路徑最佳化(route optimization) [8]被提出，而圖 1 為路徑最佳化之示意圖。

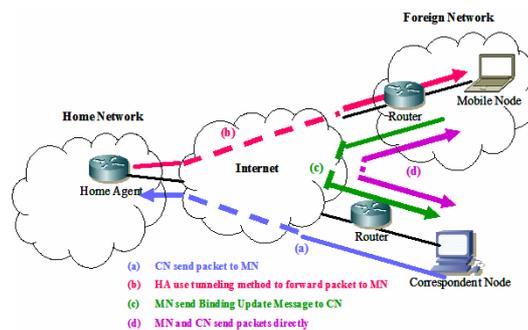


圖 1、Mobile IPv6 之路徑最佳化示意圖

在圖 1 中，當 CN 要傳送資料給 MN 時，由於 CN 不知道 MN 的 CoA，所以仍需將給 MN 的資料傳送到 MN 原先所在的 Home Network，由於 HA 已知道 MN 已不在 Home Network 內，便透過 tunneling 機制將資料轉送給 MN 所在的 CoA。但在路徑最佳化的處理過程中，MN 就會檢查 CN 傳送過來的資料是否經由 HA 使用 tunneling 轉送，如果是的話 MN 就會發送一個 Binding Update 訊息給 CN，告知 CN 目前 MN 最新的所在位置。當 CN 收到 MN 所送出的 Binding Update 訊息後，便會將 MN 目前所在的位址 CoA 加入到其 Binding Cache 內。往後如果 CN 有資料要傳送給 MN，就會先檢查其 Binding Cache 是否已有 MN 的 CoA 存在，若有則不再傳送資料到 MN 的 Home Address 由 HA 轉送。這樣便不需要 HA 以 tunneling 來轉送 CN 傳給 MN 的資料，可以節省不少的資料路由成本。

(三) 在 Mobile IPv6 下的 Multimedia Server

Push 機制

目前多媒體資料傳輸架構中，有一種稱為資料推播模式(Server Push)[9]，其主要是由 Server 主動傳送多媒體資料給 Clients。如果在無線網路架構下 Clients 為行動裝置時，那當 Server (CN)在傳送多媒體資料給行動 Clients (MNs)時，在 HA 必須要以 tunneling 協助 Server 將推播資料轉送到行動 Clients 上。也就是說當有一 MN 移到 Foreign Network 後，此時若有 Server 使用 Push 機制主動傳送多媒體資料給 MN 時，該 Server 必然會傳送許多的封包到 MN 的 Home Address，而當 HA 攔截到這些送給 MN 封包後，就會使用 tunneling 將資料轉送到 MN 所在的 CoA 去。如果同一時間內許多 MN 移動到不同的 Foreign Network，同時又有 Server 欲推播傳送多媒體資料給這些 MNs，此時 Server 尚未獲知 MN 的新 CoA，就必需由 HA 以 tunneling 轉送多媒體資訊給 MNs，這樣額外增加 HA 負擔，有時甚至會影響 HA 的原先功。

對於 Mobile IPv6 相關研究，大都在探討 MN 與 CN 之間的路由問題[4,5,10]，而對 HA 上的效能分析研究則是相當少見。然而依據 Mobile IPv6 的 Draft 24 [3]中的說明，目前 HA 角色是使用路由器來扮演，當路由器加上了 HA 功能後，對路由器原本所要負責工作，必定會因 HA 的工作量增大而有所影響。而且在不久將來無線網路設備的使用亦會有大幅度增加，這也意味著在同一 Home Network 下將會有相當多的 MNs 存在；而這些 MNs 又必須依賴著同一 HA 來協助這些 MN 來達到 Mobility，所以對於 HA 來說其實是有相當大的負擔。所以在 HA 上所面臨的上述問題，也就是本論文所要探討的重點。

三、應用於 Mobile IPv6 下之 EROM 架構

為了改善 HA 在 Mobile IPv6 上的問題，我們提出一個 Efficient Route Optimization Mechanism (簡稱 EROM)的架構，來改善未來當有眾多 MNs 在同一網域下時，而 HA 需要協助這些 CNs 與 MNs 間建立新連線或是維持其舊有連線之資料傳送效能問題。

在第 2 節中有人提出以路徑最佳化來解決 Mobile IPv6 上的三角繞路問題，但在路徑最佳化中 HA 仍然需要與 MN 使用 tunneling 機制，來將 CN 傳送給 MN 的 Home Address 封包轉送給 MN 的 CoA。如果在 MN 個數不多的情況下，對於 HA 所會造成的 tunneling

負擔並不容易被查覺。但隨著無線行動網路的使用規模擴大，未來無線網路環境中將會有非常大量的行動裝置同時存在於同一 Home Network 內。那麼當這些 MNs 移出其 Home Network 後，每個 MN 又有 CN 要與其進行連線時，在 HA 上所面臨的最大問題，便是需要與各 MN 之間使用 tunneling 的機制，以便能與 MN 保持連線，進而協助 CN 將封包轉送給 MN。如此的作法，造成了在扮演 HA 角色的 router，相當大的負擔。而在我們所題出的 EROM 希望 HA 能夠減少使用 tunneling 來轉送資料給 MN，讓 HA 可以有更多的時間處理其 router 本身工作，而圖 2 為 EROM 的運作流程圖。在圖 2 中可以將 EROM 處理工作分成 HA、CN 以及 MN 部份來看。

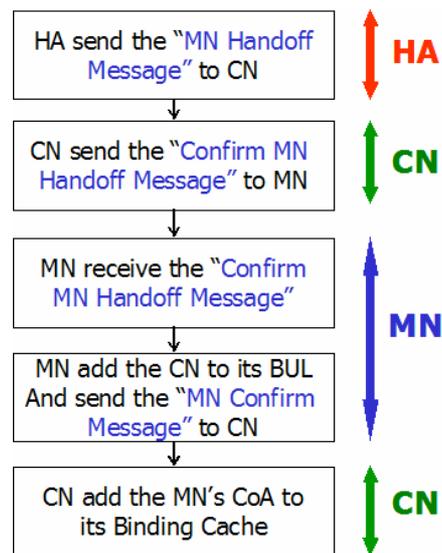


圖 2、EROM 的處理流程

在 HA 處理部份，當 MN 移動到 Foreign Network 後，MN 會送 Binding Update Message 給 HA 告知 MN 所在的 CoA。假如有一 CN 要傳送資料給 MN，而 CN 不知道 MN 已經移出 Home Network，此時 CN 還是會將給 MN 資料傳送到 MN 的 Home Address 由 HA Tunneling 轉送。而在我們的 EROM 架構裡，當 HA 收到從 CN 送過來要 tunneling 給 MN 的資料時，HA 會送出 Mobile Node Handoff Message 給 CN，主動告知 MN 的 CoA，讓 CN 下次就可以直接將資料送給 MN 所在的 CoA。而在 CN 處理部份，當 CN 收到從 HA 送來的 Mobile Node Handoff Message 後，CN 會送 Confirm Mobile Node Handoff Message 給 MN 所在的 CoA，以確認 MN 已移到 Foreign Network 了。同樣在 MN 處理部份，當 MN 收到 CN 送過來的 Confirm Mobile Node Handoff Message 後，MN 便會傳回 Mobile Node Confirm Message 給 CN，當 CN 收到該訊息後便可把 MN 的

Binding 加入到 Binding Cache 內，如此便完成了 EROM 的處理流程。對於 CN 送給 MN 的 Confirm Mobile Node Handoff Message，主要目的是要告知 MN 有一 CN 要與其進行資料傳輸；當 MN 收到此訊息後，便會將此 CN 加入到 Binding Update List 內，以便 MN 再次進行移動而取得一個新的 CoA 時，可以使用 Binding Update Message 告訴 CN 其最新的位置所在。

四、EROM 的模擬分析

在第 3 節中我們已介紹了 EROM 的動作流程，主要是由 HA 傳送 Mobile Node Handoff Message 給 CN，讓 CN 不需要再由 HA 的 Tunneling 轉送資料給 MN，而減少 HA 的 Tunneling 負擔。在此我們以 EROM 在 Network Simulator 2 (NS-2) [16] 上進行模擬測試，以便證明 EROM 的確比 Mobile IPv6-Route Optimization 能夠讓 HA 有較佳的運作效能。由於目前 NS-2 並未支援 Mobile IPv6 的模組，故我們使用由 Motorola 所開發的 Mobile IPv6 模組 Mobiwan [14] 配合 NS-2 來進行我們的模擬。

為了比較出 HA 在 EROM 與 Mobile IPv6-Route Optimization 上效能的差別，分別設計了二個實驗網路拓模，分別如圖 3 及圖 4 所示，而其他的網路節點命名均依照 NS-2 Hierarchical IP address 格式給予節點名稱。首先，在圖 3 中 MN 與 CN 各只有一個 node，在此實驗中希望能觀察 EROM 與 Mobile IPv6-Route Optimization 實際上資料傳送的差異以作進一步分析。而圖 3 的 MN 與 CN 的移動資料傳送設定為如下所列：

1. 在 t=100，MN 離開 Home Network 移到 Foreign Network 下。
2. 在 t=200，CN 開始傳送資料給 MN。
3. 在 t=850，模擬結束。

而在圖 4 中我們則觀察當有眾多的 MNs 與 CNs 存在時對 HA 會有什麼影響，對於 MNs 與 CNs 的結點個數設為 20 而模擬運作流程為如下所列：

1. 在 t=100，10 個 MN (1.1.1)~(1.1.10) 離開 Home Network 到 Foreign Network 下。
2. 在 t=200，10 個 CN (0.0.1)~(0.0.10) 開始傳送資料給 MN (1.1.1)~(1.1.10)；同時一間另 10 個 MN (1.1.11)~(1.1.20) 離開 Home Network 到 Foreign Network 下。

3. 在 t=350，另 10 個 CN (0.0.11)~(0.0.20) 開始傳送資料給 MN (1.1.11)~(1.1.20)。
4. 在 t=850，模擬結束。

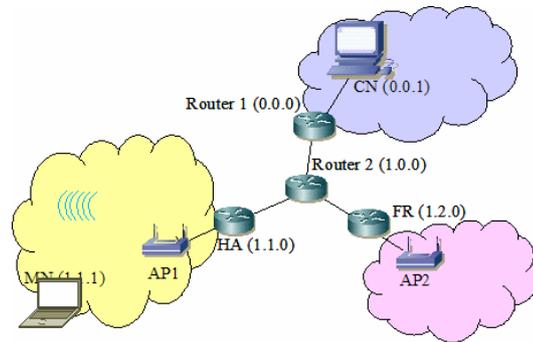


圖 3、1 個 MN 與 1 個 CN 的模擬架構

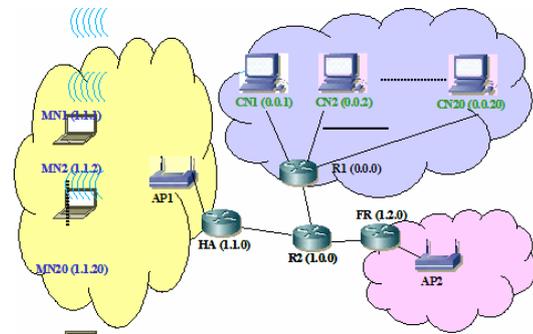


圖 4、20 個 MNs 與 20 個 CNs 的模擬架構

對於上述兩個網路拓模的網路模擬結果分別為圖 5 與圖 6，而從圖 5 中我們可以發現在 Mobile IPv6-Route Optimization 中，HA 所需要處理的封包個數比 EROM 的要多出多。其主要原因在於 CN 尚未收到 MN 的 Binding Update Message 前，HA 需要使用 tunneling 機制將 CN 欲傳送給 MN 封包轉送給 MN 的 CoA，而 MN 收到由 HA tunneling 過來的 CN 封包後，才會發現 CN 並不知道 MN 已經移動到其它網域了，此時 MN 才會發送 Binding Update Message 給 CN。而在我們的 EROM 在 HA 上分別模擬了二種情況：一為使用 tunneling 與另一為不使用 tunneling 將 CN 送給 MN 的資料傳送到 MN。從圖 5 的結果中我們可以明顯發現未使用 tunneling 的 HA 效能比有使用 tunneling 來得好點，原因在於 HA 並不會將 CN 傳送給 MN 的資料用 tunneling 再轉送給 MN 的 CoA。然而實際上 CN 要傳送給 MN 的資料已經被送到 HA 這端來了，若不使用 tunneling 將這些資料轉送給 MN 必定會再造成頻寬的浪費。故為了節省頻寬使用以及避免封包遺失，在 EROM 中仍採用與 Mobile IPv6-Route Optimization 相同作法，也就是 HA 會將 CN 傳給 MN 的資料，使用 tunneling 轉

送到 MN 的 CoA。由於在 EROM 中 HA 會先送出 Mobile Node Handoff Message 給 CN，所以 CN 不用等到 MN 發出的 Binding Update 才知道 MN 已經移動到其它網域，且在 CN 也可以提早停止借助 HA 的 tunneling 轉送資料，因此 HA 在 EROM 上所得到的結果的確遠比 Mobile IPv6-Route Optimization 來得好。

在圖 6 中，我們同樣也觀察出 MNs 與 CNs 的各數增加，EROM 對 HA 的效能提昇越明顯。在 Mobile IPv6-Route Optimization 部份，當 MN 個數增加後 HA 所需要進行轉送的封包個數也相對的會增加許多，而由 HA tunneling 的封包個數需在 MN 送出 Binding Update Message 給 CN 後才會掉下來。反觀在 EROM，由於 HA 會送出 Mobile Node Handoff Message 給 CN，故 CN 可以提早知道 MN 已經不在其 Home Network 下，而且也能提前取得 MN 的 CoA，直接將資料轉送給 MN 的 CoA，所以其得到結果也比 Mobile IPv6-Route Optimization 來得好。

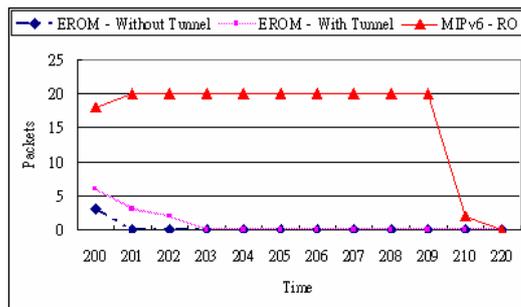


圖 5、1 個 MN 與 1 個 CN 之模擬結果

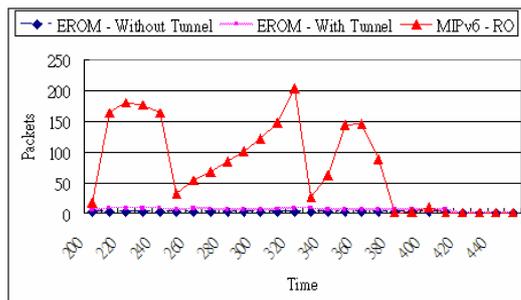


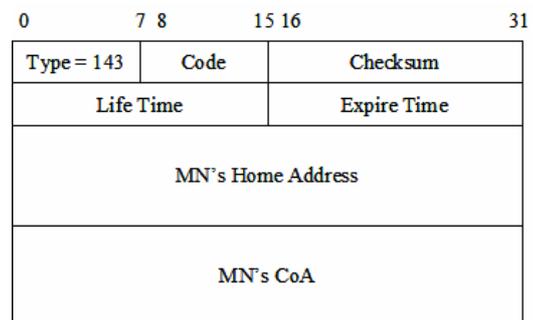
圖 6、20 個 MNs 與 20 個 CNs 之模擬結果

五、EROM 的系統實作

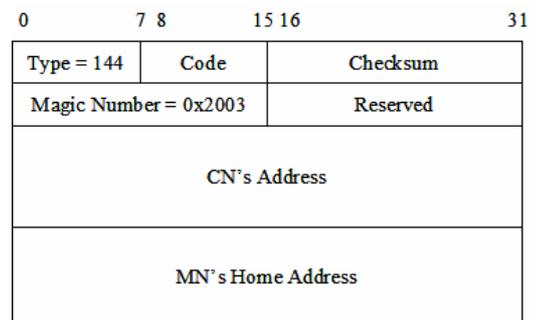
目前 Linux 核心目前仍未支援 Mobile IPv6，我們使用由赫爾辛基大學的 Telecommunications and Multimedia 實驗室所開發出來的 Mobile IPv6 for Linux (MIPL) [13]，它提供使用者利用 Linux 及 MIPL 模組，來建構出自己所需要的 Mobile IPv6 環境。在

EROM 的 HA、CN、Router 及 MN 均使用此模組來架設 Mobile IPv6 環境。此外我們並修改 MIPL 及 Linux IP 層的協定以符合我們所提出 EROM 的設計。

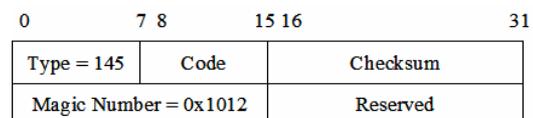
由於在 EROM 中我們增加了 Mobile Node Handoff Message、Confirm Mobile Node Handoff Message、與 Mobile Node Confirm Message，來輔助 EROM 的運作。對於這些訊息我們以 ICMPv6 的方式來處理，這樣只要制定符合 ICMPv6 運作的訊息格式與相關處理即可，而不用修改網路上層的處理架構。而圖 7 為我們對這 3 訊息以 ICMPv6 格式設計之結構圖。



(a)、Mobile Node Handoff Message



(b)、Confirm Mobile Node Handoff Message



(c)、Mobile Node Confirm Message

圖 7、EROM 設計的 ICMPv6 訊息格式

圖 7-(a)為 Mobile Node Handoff Message 的在 ICMPv6 上結構，當 HA 收到 CN 傳送資料給不在其網域下的 MN 時，HA 便需要傳送 Mobile Node Handoff Message 給該 CN。以便讓 CN 便能提早知道 MN 目前的 CoA，而將該 MN 的 CoA 加入到 Binding Cache 內。所以我們在訊息格式中定訂 MN' Home Address 與 MN' CoA，讓 CN 能正確更新處理 MN 的 CoA，此外多加入 Life Time 及 Expire Time 是

希望讓 CN 能夠確認該筆 Binding 在 Binding Cache 內的存活時間以及多久後要進行更新。

而圖 7-(b) 為 Confirm Mobile Node Handoff Message 的主要結構，此訊息是為了讓 MN 能夠知道有一新的 CN 要與其進行資料傳輸而設計的，故我們將 CN 位址以及 CN 原本與 MN 的 Home Address 放入此訊息中，以便讓 MN 能夠將 CN 的位址資料加入到其 Binding Update List 內。最後圖 7-(c) 為 CN 收到 MN 的 Mobile Node Confirm Message 後所回應的 Confirm Message，其目的也是要告訴 CN MN 已經將它的 Address 加入到 Binding Update List 內了，所以當 CN 收到此確認訊息後，才會將由 HA 所得到之 MN 的 CoA 加入到它的 Binding Cache 中。

依照 Mobile IPv6 的 Draft 24 [3] 規定，當 MN 移動出 Home Network 時，HA 要使用 Proxy Neighbor Discovery [6] 此協定來協助 MN 進行封包的攔截工作，所以 HA 在 Mobile IPv6 中扮演著一個類似 Proxy 的角色，故當 MN 移出 Home Network 時，HA 要負責去攔截及監聽任何要傳給 MN 的封包，這樣 HA 才能將由 MN 那收到之 Binding Update Message 中關於 MN 的 CoA，告訴想與 MN 進行資料傳送的 CN。同理在 EROM 中，HA 也需要使用 Proxy Neighbor Discovery 來監聽是否有 CN 要傳送資料給 MN，而圖 8 為 HA 在實作上的處理流程圖。

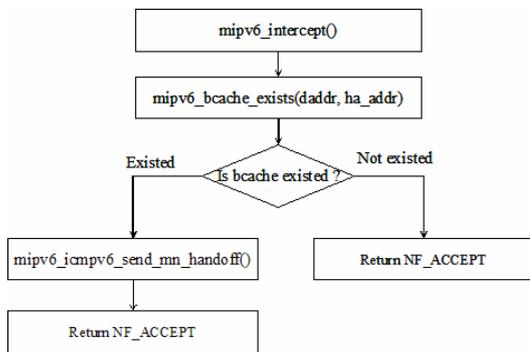


圖 8、在 EROM 上之 HA 處理流程

在圖 8 中，當 MN 離開 Home Network 後 HA 會收到 MN 所送來的 Binding Update 訊息，以便將 MN 目前所在 CoA 記錄在其 Binding Cache 內。在 Linux 的原始碼中，HA 是使用 Netfilter[15] 作 packet filtering，好讓 HA 能使用 Proxy Neighbor Discovery 來攔截任何要送給 MN 封包，並且使用 tunneling 將資料轉送給 MN 的 CoA。而在 MIPL 原始碼中，HA 使用 Netfilter 攔截在 CN 傳送給 MN 之封包的進入點為 mipv6_intercept()。也就是說，

當 HA 進入 mipv6_intercept() 後，HA 便知道目前有一 CN 要傳送資料給已在 Foreign Network 下的 MN，此時 HA 便會執行 mipv6_icmpv6_send_mn_handoff()，以便讓 HA 送出 ICMP Mobile Node Handoff Message 給 CN。

對於 CN 的 EROM 處理流程如圖 9 所示，當 CN 收到 HA 送來 Mobile Node Handoff Message 後，CN 會在 icmp6_rcv() 處理程序內收到此一訊息。此時 CN 便會執行 mipv6_icmpv6_cn_send_cn_addr_to_mn() 以便讓 CN 送出 Confirm Mobile Node Handoff Message 給 MN，讓 MN 知道目前有一 CN 要與其所在的 CoA 來進行資料傳輸。所以當 MN 收到 Confirm Mobile Node Handoff Message 後，MN 便能將 CN 加入到其 Binding Update List。

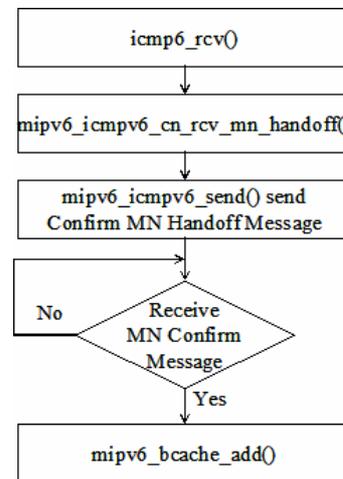


圖 9、CN 在 EROM 上的處理流程

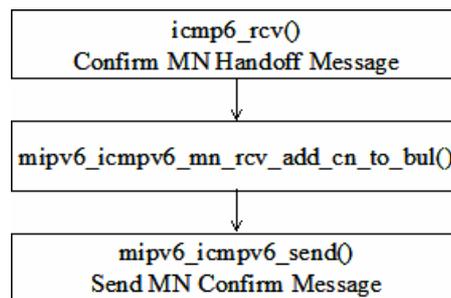


圖 10、MN 在 EROM 上的處理流程

圖 10 為 MN 在 EROM 中的處理流，當 MN 收到 CN 送來的 Confirm Mobile Node Handoff Message，此時 MN 便將該 CN 加入到 Binding Update List 內，接著使用 ICMPv6 機制回送一個 Mobile Node Confirm Message 給 CN，以便讓 CN 知道 MN 已經將它加入到 Binding Update List 了。當 MN 傳送確認訊息給 CN 之後，CN 會將先前由 HA 送的 Mobile

Node Handoff Message 中 MN 的 CoA 加入本身的 Binding Cache 中，下次 CN 要送資料給 MN 就可直接使用 MN 的 CoA 位置傳送。

當完成上述在 Linux 上 MIPL 的 EROM 修改設計後，我們實際架設一個 Mobile IPv6 環境，以利在上面測試以 VideoLAN 架設的 Multimedia Server Push 機制能否有效運作，而圖 11 為整個系統架構圖。在實驗劇本中，我們規劃四個網域分別為 3FFE:302:11:1::/64、3FFE:302:11:2::/64、3FFE:302:11:3::/64 及 3FFE:302:11:4::/64，以模擬 Home Network、Foreign Network 等。MN (VideoLAN Client) 會由 Home Network 移到 Foreign Network，接著在另一網域內的 CN (VideoLAN Server) 會與移動後的 MN 進行 Multimedia Server Push 的資料傳送。

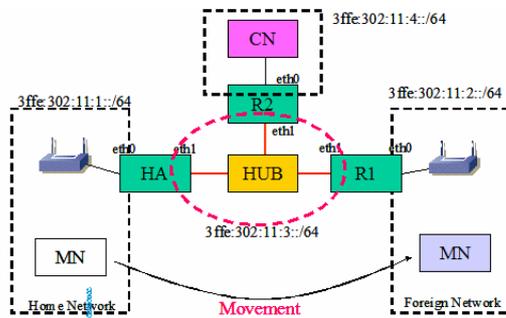


圖 11、EROM 的實作環境示意圖

此外為了讓使用 Linux 所架設的 router 能自動配發 IP 給該 router 網域下電腦，在 HA、R1、與 R2 routers 上面安裝 Linux IPv6 Router Advertisement Daemon (RADVD)[12]。在 MN 方面則需要使用 MIPL 提供的 script 檔，讓 MN 完成 Home Address 及 Home Agent 的位址的自動設定，以利 MN 進行漫遊時能夠知道自己的 Home Address 及 Home Agent 位址。

在我們的 EROM 系統上的實測，首先將 MN 移動到 Foreign Network，接著由 CN 開始傳送 Multimedia Streaming 給 MN。由於 CN 一開始並不知道已 MN 移動到其它網域，資料都會送到 MN 的 Home Address 下，接著 HA 會送 Mobile Node Handoff Message 給 CN 告知 MN 的 CoA，而圖 12 為我們使用 Ethereal[11] 攔截 CN 所收到的封包。從圖 12 我們可以觀察出 CN 會收到由 HA 送來之 ICMP Mobile Node Handoff Message (0x8f)、CN 送給 MN 的 Confirm Mobile Node Handoff Message (0x90)、以及 MN 送給 CN 的 Mobile Node Confirm Message (0x91)。

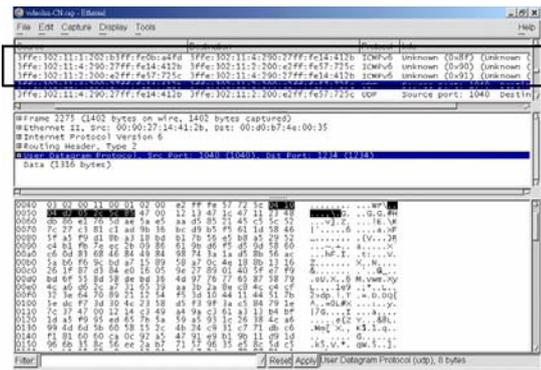


圖 12、使用 Ethereal 攔截 CN 端的封包分析

六、結論與未來工作

在本論文我們提出了 EROM 架構來改善在原 Mobile IPv6 之路徑最佳化中 HA 所需要轉送大量的資料而造成的問題，透過 HA 傳送 Mobile Node Handoff Message 給 CN，讓 CN 提早知到 MN 的 CoA 位置，讓 CN 直接與 MN 的 CoA 傳送資料。同樣也可以減少 HA 在 tunneling 上的處理，特別是在當有數量不少的 MNs 與 CNs 時，為 HA 節省的效率特別明顯，也能讓 HA 專心扮演 router 角色，不需花較多額外運算在 CN 到 MN 的 tunneling 處理。

雖然本論文提出了 Mobile IPv6 上的 EROM 架構並且在 Linux 上的 MIPL 實作出來，同時也使用 VideoLAN 進行測試，但 EROM 仍有許多地方需要加強改進，而其可改進方向如下所列：

- (a) 在 Mobile IPv6 上的 Media Streaming、VoIP 等資料量龐大且需要即時處理的多媒體應用，當使用者進行 Handoff 的動作後，EROM 是否能對多媒體資訊的完整性及正確性是否能有一有良好的保護及維護。
- (b) 在 EROM 中我們利用 HA 發送 Mobile Node Handoff Message 來告知 CN 目前 MN 的 CoA，若有心人士利用此機制來傳送假的 Mobile Node Handoff Message 給 CN 時，對於 EROM 會有何影響亦是一項重要的安全議題研究。

七、參考文獻

- [1] A. Conta and S. Deering, "Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification," *RFC 2473*, December 1998.
- [2] W. Fritsche and F. Heissenhuber, "Mobile

- IPv6 – White Paper,” available at http://www.ipv6forum.com/navbar/papers/MobileIPv6_Whitepaper.pdf, September 2000.
- [3] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, “Mobility Support in IPv6,” *draft-ietf-mobileip-ipv6-24 (work in progress)*, June 2003.
- [4] R. Koodli , “Fast Handovers for Mobile IPv6,” *draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-06.txt (work in progress)*, March 2003.
- [5] N. Montavont and T. Noel, “Handover management for mobile nodes in IPv6 networks,” *Communications Magazine, IEEE* , Volume: 40 Issue: 8, Aug. 2002
- [6] T. Narten, E. Nordmark and W. Simpson, “Neighbor Discovery for IP Version 6,” *RFC 2461*, December 1998.
- [7] C. Perkins and Ed., “IP Mobility Support for IPv4,” *RFC 3344*, August 2002.
- [8] C. Perkins and D. Johnson, “Route Optimization in Mobile IP,” *Internet Draft, Internet Engineering Task Force*, February 2000.
- [9] S. S. Rao, H. M. Vin, and A. Tarafdar, “Comparative evaluation of server-push and client-pull architectures for multimedia servers,” in *Proc. of the 6th NOSSDAV, Zushi, Japan*, Apr. 1996.
- [10] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El-Malki, And L. Bellier , “Hierarchical Mobile IPv6 mobility management,” *draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt (work in progress)*, June 2003.
- [11] Ethereal, available at <http://www.ethereal.com>
- [12] Linux IPv6 Router Advertisement Daemon (RADVD), available at <http://v6web.litech.org/radvd/>
- [13] MIPL: Mobile IPv6 for Linux, available at <http://www.mipl.mediapoli.com>
- [14] MobiWan: NS-2 extensions to study mobility in Wide-Area IPv6 Networks, available at <http://www.inrialpes.fr/planete/mobiwan>
- [15] Netfilter, available at <http://www.netfilter.org>
- [16] Network Simulator 2, available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [17] VideoLAN, available at <http://www.videolan.org>.