

## 階層式行動網路下具適應性之行動管理

# An Adaptable Mobility Management for Hierarchical Mobile IPv6 Network

林芳昌

朝陽科技大學資管系助理教授

fclin@cyut.edu.tw

廖勝國

朝陽科技大學資管系碩士生

S9214607@cyut.edu.tw

### 摘要

階層式 Mobile IPv6(Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)單一層的 MAP 在 MN 數量多且有複雜的移動特性,仍會因此負荷過重。因此有多階層式 Mobile IPv6(Multilevel Hierarchical Mobile IPv6, MHIPv6)的提出,讓不同移動特性的 MN 能選擇到合適的 MAP。但是 MN 無法判斷,應該註冊到覆蓋範圍較大,具高行動性管理 MAP,或是覆蓋範圍較小的 MAP 中。這可能導致:(1)MN 的頻繁再註冊、(2)MAP 負載不平衡的情況發生。因此本研究提出以行動主機的歷史行動特性(換手次數/單位時間)之分類得出各 MAP 的進入門檻值,做為之後 MN 選擇 MAP 的對照,以註冊到適合的 MAP 及配合 MAP 最大負載率調整機制,並結合 Binding update 及 Binding Ack 中的保留欄位,以達到:(1)支援 MN 進入 MAP domain 時,能適當地依 MN 行動特性及 MAP 的負載狀況選擇一個其適合歸屬的 MAP、(2)減少在 MN、HA 和 CN 間 Binding Update 訊息傳遞、(3)達到 MAP 的負載平衡。

**關鍵詞:** Mobile IPv6、階層式 Mobile IPv6、負載平衡

### Abstract

When a large of MN in the network and the MN frequently move among the Access Routers(AR), the single layer of MAP may be overload in Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6). MHIPv6 allow the MN to select their own MAP, but a MN cannot know whether it has a high or a low mobility characteristic in a Multilevel Hierarchical Mobile IPv6(MHIPv6) network. Therefore, the MN cannot correctly select an appropriate MAP. This may cause that (1) frequent re-registrations of MN, (2) load concentration

at a particular MAP. In this paper, a novel mobility management scheme is proposed by using the movement history of MNs and dynamic load management mechanism combined with reversed filed of Binding update and Binding Acknowledgement mechanism to select an appropriate MAP in MHIPv6 network. Experiment results show that this scheme achieves that (1) A MN can select an appropriate MAP according to the mobility type of the MN in the MHIPv6 network. (2) The frequent re-registrations of MN are reduced. (3) The load of MAP is balanced.

**Keyword:** Mobile IPv6, Hierarchical Mobile IPv6, Load Balancing

### 一、前言

Mobile IPv6[3][6][7][13] 是由 IETF(Internet Engineering Task Force)所提出的架構,來解決 Mobile IPv4 的架構上會產生換手延遲(Handoff Latency)及三角路由(triangular routing)的問題,而且增加對行動無線通訊網路的支援性。而階層式 Mobile IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6) [5][11][13] 架構設計目的則為透過階層式架構降低送往行動代理伺服器(Home Agent, HA)及通訊節點(Correspondent Node, CN)之繫結更新(Binding Update)訊息的次數,利用行動錨點(Mobility Anchor Point, MAP)作為一個區域的行動代理伺服器(Local Home Agent, LHA),將區域內換手動作區域化,區域外的 HA 與 CN 在與行動主機(Mobile Node, MN)溝通時不必知道 MN 在區域內是如何移動的。透過階層式 Mobile IPv6 的架構,將可有效降低網路上多餘的訊息交換,並避免過長的換手延遲所導致封包遺失數量增加。但是如果 MN 數量多且有複雜的移動特性時,單一階層的 MAP 仍會因此而負荷過重。而多階層式 Mobile IPv6 (Multilevel Hierarchical Mobile IPv6, MHIPv6),可以

讓不同移動特性的MN能選擇到適合的MAP。但是MN卻無法判斷，應該註冊到覆蓋範圍較大，具高行動性管理MAP，或是相對覆蓋範圍較小的MAP中。這可能導致MN的頻繁再註冊和MAP負載不平衡的情況發生。以往在與實務結合所提出的MN管理機制，MAP需要即時監控MN[10]，或是需要額外的機制[8]才能取得MN行動特性，這對MAP或是網路的負載會增加額外的運作成本，是需要解決的問題。

基於上述議題，本研究論文將提出一個在HMIPv6 網路之行動管理機制，支援行動主機進入MAP domain時，能適當地以MN移動特性及MAP的負載情況選擇一個適合的MAP。以降低過多的Binding Update訊息，在MN、HA和CN傳遞，並達到上下層及同層MAP負載平衡的目的，在實務上解決以往MAP需要即時監控，或是要有額外機制才能取得MN行動特性，造成MAP或網路額外負擔的缺點。

## 二、文獻探討

本章節將先對IETF所提出的階層式行動IPv6(Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)的架構和階層式行動IPv6中分散式架構中，行動用戶管理的相關議題分別作說明，並作一討論。

### (一) Hierarchical Mobile IPv6網路架構

在新一代的網際網路協定(IPv6)中，除了解決舊有協定位址空間不足的問題，並增加了對行動網際網路的支援。階層式Mobile IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6) 架構設計目的為透過階層式架構降低送往主代理伺服器(Home Agent, HA)及通訊節點(Correspondent Node, CN)之Binding Update訊息的次數，利用行動錨點(Mobility Anchor Point, MAP)作為一個區域的Local HA，將區域內換手動作區域化，區域外的HA與CN在與MN溝通時不必知道MN在區域內是如何移動的。透過HMIPv6的架構，將可有效的降低網路上多餘的訊息交換，並避免過長的Handoff delay導致pack loss的數量增加。

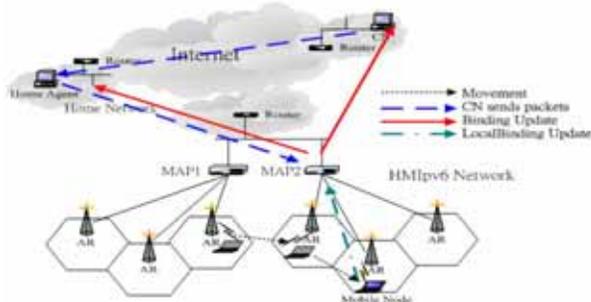


圖1. Hierarchical Mobile IPv6網路架構圖

Hierarchical Mobile IPv6網路架構的主要運作流程。(如圖1所示)，其步驟如下：

- (1) 當MN進入一個新MAP所管理的無線區域範圍下。
- (2) MN會發現新網域中AR所發出來的Router Advertisement的Network Prefix已經不同，因此MN會察覺已經到了一新的Foreign Network，而自動設定其LCoA(就類似虛擬IP的運作機制，僅限在該MAP所管理範圍使用)，在MN取得LCoA後，接著向MAP註冊並取得RCoA。
- (3) 如果MN是第一次進入MAP所管理的區域範圍，則會遵照Mobile IPv6的標準，必需先送一個Regional Registration的Binding Update訊息，對HA做註冊，告知目前MN所在MAP的RCoA。
- (4) 當CN要傳送封包給MN時，會透過HA，利用Tunnel的機制轉送封包給MAP，MAP會將所有傳給該RCoA的封包攔截後傳至相對應的LCoA的位址。
- (5) 當MAP收到第一個Tunnel機制的轉送封包，便會觸發一個Regional Registration的Binding Update訊息，告知CN目前MN所在區域的RCoA。
- (6) 而CN更新其Binding Cache Entry後，則將封包直接遞送給MAP，由MAP轉送封包給MN。
- (7) 如果MN在MAP所管理網域下的不同AR間換手。

此時MN會自動組態取得新的LCoA，接著對MAP發出Local Binding Update的訊息，而不需要對HA及CN做Binding Update的動作。

### (二) 多階層式Mobile IPv6

藉由MAP扮演區域性Home Agent(Local Home Agent, LHA)的角色，階層式Mobile IPv6可以有效的減少MN與HA和CN間的Binding update訊息的產生；但還是有其缺點存在，如果一MAP所覆蓋的範圍很大，雖能有效降低Binding update訊息產生；但是MAP勢必會因為註冊到上面的MN相對變多，而負載過重，造成運作效能不佳；相反的如果MAP覆蓋的範圍小，這可以讓MAP有較好的運作效能；但是

會讓MN的換手機會增加，而Binding update訊息也會跟著增加。因此多階層式Mobile IPv6(Multilevel Hierarchical Mobile IPv6, MHIPv6) [4][8][9][12]被提出，藉由多階層式的管理架構，讓高階層，覆蓋範圍大的MAP管理行動性高的MN，而低階層的MAP，則管理行動性較低的MN，因此可分別解決在單一層MAP，覆蓋範圍大時，效能不佳及覆蓋範圍小時，Binding update訊息增加的問題。

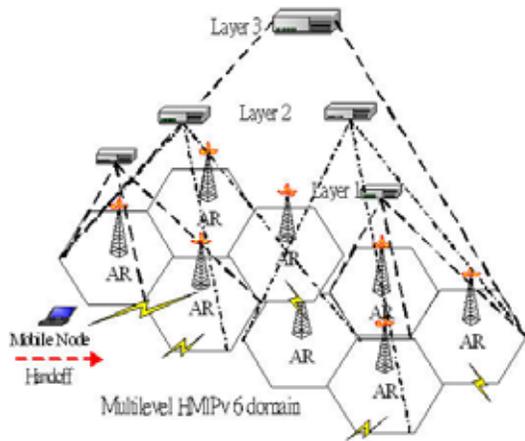


圖2. 多階層式Mobile IPv6網路架構圖

多階層式Mobile IPv6網路運作原理大都如同階層式Mobile IPv6；但需增加MN的位置更新管理機制，讓MN可以註冊到適合的MAP層。其網路架構，如上圖2所示。圖2所舉之例子為三階層式的網路架構，最底層為與MN直接連線的存取路由器(Access Router, AR)，由MAP所管理，其上為Layer 1層的MAP：管理二個AR；Layer 2層的MAP：管理四個AR；Layer 3層的MAP管理八個AR；上下層的MAP覆蓋範圍不同，沒有互相隸屬的關係。MN可在架構網路下移動，並會在AR間產生換手的動作，此時MN就可依位置更新管理機制，註冊到一適合的MAP層。至於一個多階層的網路架構其階層和MAP的數量及MAP所覆蓋的範圍，目前還沒有標準，因此如何配置，能有一較佳運作效能，則是另一個研究領域課題，在本研究中沒有另作討論。

### (三) 相關的位置更新策略及負載平衡機制

在多階層式的Mobile IPv6網路架構中，需要有效的更新策略，讓高行動性的MN註冊到高層的MAP，較低行動性的MN，註冊到較低層的MAP，使得Binding update訊息可以減到最少。另外也需要一負載平衡機制，讓MAP的負載不會超過可負擔的數量，使MAP可以維持正常效能。接下來將針對相關的位置更新策略和負載平衡研究做探討。

### 1. 位置更新策略

目前有不少學者投入於無線網路中MN位置管理的研究，其目的為讓MN有一較佳的移動依據，以減少MN因頻繁的位置更新而產生的更新及延遲成本。目前主要位置更新策略為：

- (1) 使用Router Renumbering的機制結合Fuzzy區域管理的方法[10]：

在一個多階層式的行動IPv6無線網路中，以Fuzzy rules依MN的移動特性適當地選擇一個適合其應歸屬的MAP。因為MN的移動特性通常是曖昧難明的，所以運用Fuzzy方法可以有效的解決這個問題。

在作者文章中並沒有提到如何處理在負載平衡上的問題，因為只以行動特性(Binding update訊息產生次數、速度及所在MAP)，並不能有效的做到負載平衡，因此需要再加入MAP負載量的考量。另外是Fuzzy rules的訂定問題，不能動態隨著MN整體行動特性改變，這很可能會讓效能降低。

另外在實務結合是以Router Renumbering的機制，因而MAP必須即時的監控MN的行動特性，這樣當MN產生換手時，MAP要將其行動特性做Fuzzy運算處理時才有所依據，因此勢必會讓MAP運作及網路流量的負載增加。

- (2) 多階層式的負載平衡機制[8]：

在多階層式Mobile IPv6網路架構下，將不同行動性(速度)的MN分別做最佳化(高行動性MN，註冊到高層MAP；低行動性MN，註冊到低層MAP)。以避免行動主機註冊頻繁的再註冊及MAP負載不平衡的情況發生。基於上述因素，MAP必須隨時的監控其下MN之行動特性(速度)，並依各MAP的負載情況，依階層配置的管理模式，讓MN註冊到最適的MAP並達到負載平衡。

因為真實環境是變動的，因此不同行動特性的MN適合註冊到那一階層的MN，是很難定義的，而作者以固定的門檻值，不可能適合到各種情況。

MAP要取得MN的移動速度，其必須要在MN移入與其做註冊時，要以一額外機制產生一User Agent，向該MN前一註冊的MAP取得其所處該MAP時的移動特性。這種做法會讓MN註冊的時間拉長，缺少時效性且會增加網路的負擔。

## 2. 負載平衡機制

負載平衡 ( Load Balancing )，所謂的負載平衡是當網路的負載(MN註冊量或訊號流量)局部集中於某實體裝置或媒介而超過其所能負荷時，自動的依訂定的負載門檻，將超過的分擔至其它裝置或媒介上，降低因負載過重而導致該網域效能降低和無法運作的風險。

在階層式Mobile IPv6下的MAP負載平衡，其目的地是在於平衡各階層MAP的負載，防止MAP因負荷過重或是不明原因的停止運作而造的延遲或是封包遺失。目前研究主要有以下兩種方法：

### (1) 備援式的負載平衡機制[1]：

在階層式Mobile IPv6架構下，結合Multicast機制，將MAP階層下的AR動態的建構群播群組，與MAP同步交換Binding Cache資訊，當MAP負載過重時，AR就可擔當暫時的MAP角色。當MN的數量接近MAP所能負擔的上限時，MAP會發出ICMPv6的錯誤訊息廣播給負載最多MN的AR，藉時該AR會透過其所擁有一份同步的Binding Cache資訊直接向與其連線的所有MN的HA註冊，並將HA Binding ACK訊息送給MAP，此時MAP會消除該部分的Binding Cache記錄，而該AR則暫時代理MAP的角色，也就是該網域會暫時存在二個MAP。

以備緩式達到負載平衡的方式，AR及MAP要不斷的同步Binding Cache的資訊，增加傳輸的成本；而且每一AR都需要具備有MAP的功能，如果AR數量很大，則缺點是會增加許多的設備成本。

### (2) 最大負載優先調整機制[2]：

為了達到同層MAP(屬同一上層MAP覆蓋範之MAP)之負載平衡，所以同層MAP負載量最大的MAP，之後欲進入其中之MN將往上一層MAP註冊，藉此降低負載量高之MAP負載成長速度，以達到同層MAP間的負載平衡。

作者只有考慮到MAP的負載量，這在真實情況是不足夠的，因為並不是所有MAP的總負載量都是相同的，單以負載量做為判斷的標準，很可能會有判斷錯誤的情況發生，致使所得效果可能不如預期。

## 三、研究方法

在本研究論文中，主要考量於分散式的階層式行動IPv6網路環境下，如何能讓行動節點 ( Mobile Node , MN ) 選擇一個適當的行動錨點 ( Mobility Anchor Point , MAP )。因此本研究論文提出以實現分散式的階層式行動IPv6網路環境下以MAP剩餘負載空間比例分配之動態調整方法，以減少Binding Update訊息的產生及MAP的負載平衡。

### (一) 行動節點歷史行動特性分類(Classification of MN by Movement History, CMMH)

在架構環境下的MN行動特性 ( 換手次數 / 單位時間 ) 被持續記錄，當累積到適當時間，將以架構環境下的各層MAP所能負載MN數量比例做分類，如下圖3所示。此方法的目的為可以動態的適應環境的改變，讓MN可以註冊到最適合的MAP，而且可以儲存多套劇本，以適應一天中多個時段MN會表現出的不同行動特性(如：上、下班時段或深夜時段等...)，或者是可以適應非常態的特殊事件(如：大型運動比賽或演唱會等...)。

方法：

- (1) 持續記錄架構下MN的行動特性(換手次數 / 單位時間)一段適當的時間(可依實際情況調整)。
- (2) 以架構下每一層MAP所能負載之MN數量比例，將(1)所得之記錄做分割，以得到各層之進入門檻值。
- (3) 循環(1)和(2)，以動態適應環境的改變。

如下圖3所示，如果架構下的三層MAP所能負載的MN數比例由最上層MAP而下為3:3:4；而歷史行動特性記錄為250筆，則會有兩條分界線將記錄區分成三類，得到兩個MAP進入門檻值，而之後在此環境下的MN將依其行動特性來與此兩個門檻值對應，以得到適合註冊的MAP。

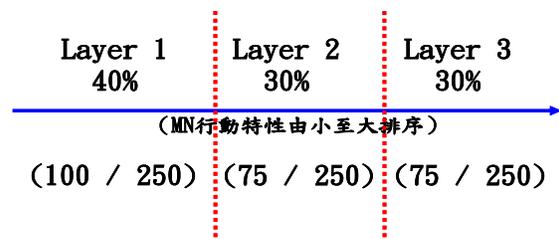


圖 3. MAP 行動特性之 MAP 對應示意圖

## (二) MAP 的負載調整

在真實的無線網路環境下，MN 的分佈不會那麼的平均分散在各 MAP 的覆蓋範圍下，因此某些的 MAP 可能會負載較多的 MN，而這可能會導致 MAP 的運作效率不佳，或是在 MN 過於集中在某一 MAP 的覆蓋範圍時，該 MAP 覆蓋範圍下可能會有許多 MN 無法被服務，因此如何能達到同一層及上下層間 MAP 的負載平衡是一大挑戰。

根據文獻探討中所提到的多階層式的負載平衡機制[8]，以速度做為區分其該註冊到上層或下層 MAP 的依據，雖然可以做到一定效果的上下層 MAP 間的負平衡，不過這種方式比較沒有彈性，因為速度的門檻值是設死的，這可能因該網路環境下自然或人為因素的影響，而導致使用者的行動特性改變時，無法即時的做出反應，而導致某一層 MAP 依然會有過多的 MN 註冊進去。另外該方法也不能達到同一層 MAP 之負載平衡。因此本研究論文提出一藉由上層 MAP 的負載空間，做為下層負載率（目前負載量／總負載量）最高之 MAP 的調節暫存空間，以平衡同層 MAP 的負載成長速度，而達到同層間的負載平衡，當 MN 經前述所提由行動節點歷史行動特性分類所得之各層 MAP 進入門檻值比對之適合的 MAP 為該層 MAP（屬同一上層 MAP 之）中為最大負載率，則將該 MN 調整往上一層之 MAP 註冊，我們稱其為最大負載率優先調節法（Maximum Load Rate First, MLRF）。接下來將針對此方法的演算法做介紹，並以一個簡單的例子輔助說明：

[1] 最大負載率優先（Maximum Load Rate First, MLRF）演算法：

當 MN 做跨 MAP 的換手

{

由 CMMH 之 MAP 門檻值判斷 MN 適合之 MAP

如 MN 行動特性屬負載率最大和負載非空 MAP

如上層 MAP 有負載空間則註冊到上層 MAP

如無則註冊到原屬 MAP

如原屬 MAP 無空間則註冊到下層 MAP

如 MN 所屬 MAP 非負載率最大或負載為空

註冊到所屬 MAP

如所屬 MAP 無空間則往上層 MAP 註冊

如上層 MAP 無空間則往下層 MAP 註冊

}

[2] 負載調整範例：

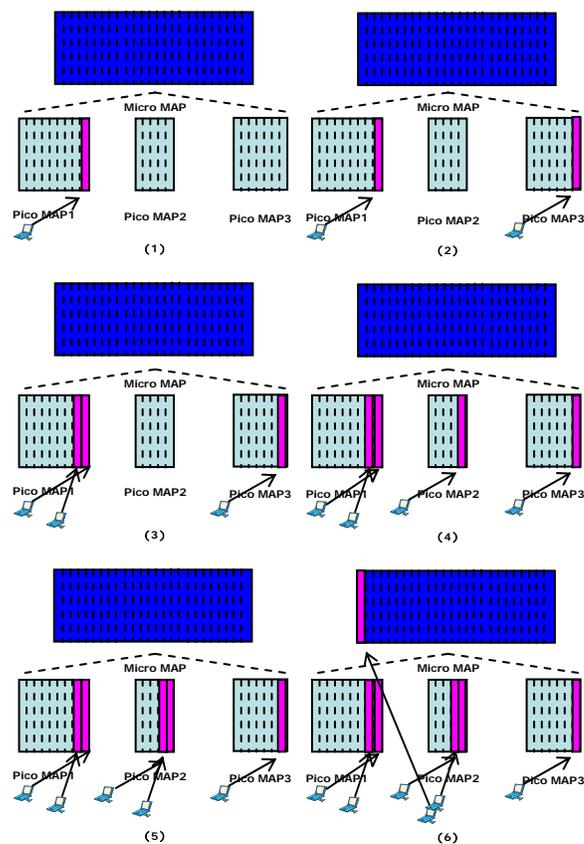


圖 4. 最大負載率優先調整法範例圖

圖範例說明：

- (1) Pico MAP 1 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 1 為空，所以 MN 直接註冊到 Pico MAP 1。
- (2) Pico MAP 3 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 3 為空，所以 MN 直接註冊到 Pico MAP 3。
- (3) Pico MAP 1 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 1 此時的負載率為  $1/9$  小於 Pico MAP 3 之  $1/7$ ，非最大負載率之 MAP，因此 MN 註冊到 Pico MAP 1。
- (4) Pico MAP 2 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 2 為空，所以 MN 直接註冊到 Pico MAP 2。
- (5) Pico MAP 2 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 2 此時的負載率為  $1/5$  小於 Pico MAP 1 之  $2/9$ ，非最大負載率之 MAP，因此 MN 註冊到 Pico MAP 2。
- (6) Pico MAP 2 有一 MN 進入，因為 Pico MAP 2 此時的負載率為  $2/5$  大於 Pico MAP 1 之  $2/9$  和 Pico MAP 3 之  $1/7$ ，為最大負載率之 MAP，因此 MN 註冊到上層 Micro MAP。

### (三) 具負載平衡的更新策略

在實務的結合上，將以本研究所提出的 CMMH 及 MLRF 方式與 Binding Update 的保留欄位及 Binding Update Acknowledgement 保留欄位做結合以套用在實際運作上。以下為 Binding Update 及 Binding Acknowledgement 訊息格式。



圖 5. Binding Update message format



圖 6. Binding Acknowledgement message format

詳細的運作流程，接著將以下一圖例說明：

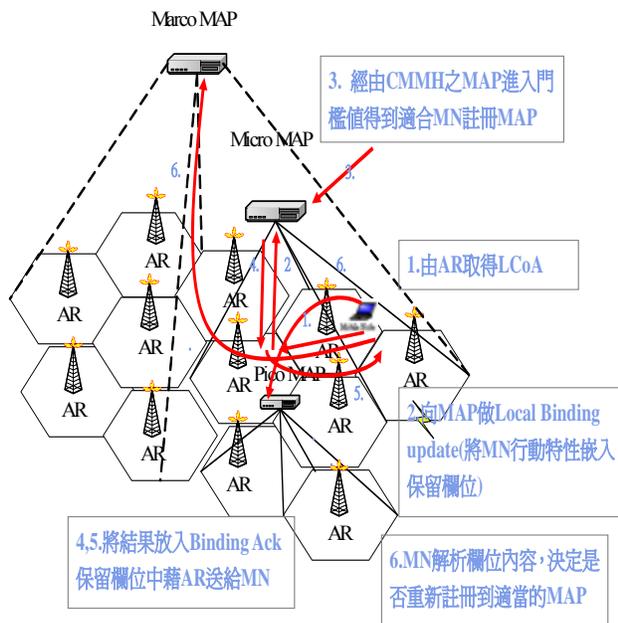


圖 7. 具負載平衡的更新策略運作示意圖

Step1. MN 由 Home Network 進入 Foreign 階層式 MobileIPv6 Network 或是在網路內發生跨 MAP 的換手時，藉由 AR 廣播的 MAP option 自動組態其 RCoA

和 LCoA(選擇與前一次註冊同一層之 MAP，如無記錄則選 Micro domain 之 MAP)。

Step2. MN 自動組態其 RCoA 和 LCoA 後，向 Micro domain 的 MAP 做 Binding Update，且將 MN 行動特性嵌入 Binding update message 保留欄位中。

Step3. 方法套用：

(1) MAP 將 MN 嵌入在 Binding update message 保留欄位之行動特性與 CMMH 之各層 MAP 進入門檻值比對得 MN 適合進入的 MAP。

(2) 套用本研究所提 MLRF 方法，得到 MN 該註冊的 MAP。

Step4,5. MAP 將判斷前一步驟所得之結果：

(1) 如前一步驟所得之結果與目前註冊的 MAP 相同，則回應一個註冊完成的 Binding Ack 給 MN。

(2) 如前一步驟所得之結果與目前註冊的 MAP 不相同，則將 MN 需重新註冊的結果放入 Binding Ack 之保留欄位中透過 AR 送給 MN。

Step6. MN 接收並解析這個擴充的 MAP option，並註冊到其所屬的 MAP。

## 四、模擬實驗與結果

本章將以模擬的方式實驗，分別對以亂數方式 (Random) 的 MN 註冊方式、由最上層 MAP 往下註冊的方式 (High to Low) 與本研究中所提出之方式 (取 CMMH 及 MLRF 之第一個英文字為：CM) 比較，在不同行動屬性的 MN 發生換手行為時，所產生至 Home Agent 和 Correspondent Node 之 Binding Update 訊息的數量，及同層 MAP 間之負載平衡和上下層 MAP 間的負載平衡，在效能上的差異，並作詳細分析與討論。

### (一) 實驗架構

本模擬實驗的無線網路環境以階層式的架構來建置，設定為三階層式的架構。如下圖九所示，最底為存取路由器 (Access Router, AR)，其大小為 20x20 單位面積，架構內共有 24x24=576 個；AR 之上為低層 MAP (Pico domain MAP)，每一 Pico domain MAP 管理 3x3=9 個 AR，整個架構共有 64 個 Pico domain MAP；Pico domain 上一層為中層 MAP (Micro domain MAP)，每個 Micro domain MAP 管理 6x6=36 個 AR，也就是其覆蓋範圍包含了 2x2=4 個 Pico domain MAP，整個架構共有 16 個 Micro domain

MAP；最上層為上層 MAP(Marco domain MAP)管理  $12 \times 12 = 144$  個 AR，每個 Marco domain MAP 覆蓋有  $2 \times 2 = 4$  個 Micro domain MAP，整個架構共有 4 個 Marco domain MAP。下圖 8 為本次實驗之架構圖。

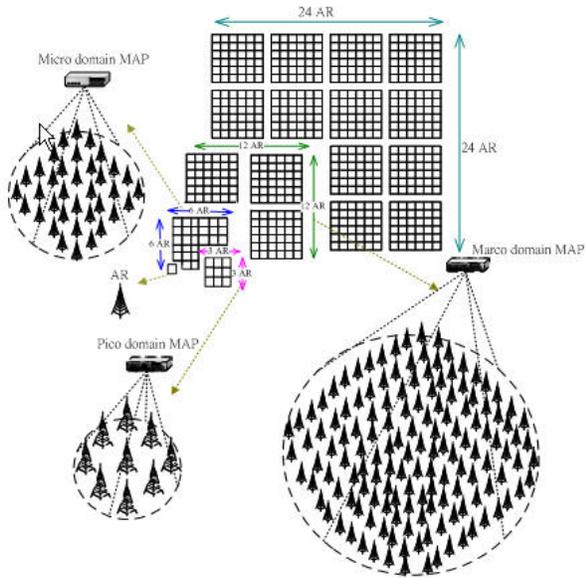


圖 8. 實驗網路架構圖

## (二) 實驗參數

由於不同的實驗數據，對於實驗的結果會造成很大的影響，因此為求實驗的周嚴，以下兩表將分別記錄實驗數據產生的設定參數於表 1，表 2 則記錄實驗操作相關參數設定。

表 1. 數據產生設定參數

實驗參數	設定值
MN 個數	1300
高速、中速、低速 MN 移動速度設定	高：25、中：15、低：5 (單位距離)
MN 的移動方向	北、東北、東、東南、南、西南、西、西北，八個方向，亂數決定
MN 的移動率	90%
實驗進行的時間	100 個單位時間(Time)
高、中、低行動屬性 MN 佔總數的比例	高、中、低行動屬性 MN 各佔 1/3

表 1 中需要特別說明的是 MN 的移動率：如果 MN 在  $n$  次的可能移動中，有  $m$  次的實際發生移動，則移動率為： $m/n$ 。

表 2. 實驗操作參數

實驗參數	設定值
各層 MAP 的負載量	每層各 640 個負載空間
可調整負載空間的初始設定	MAP 總負載量的 70%
負載平衡誤差率	$\pm 10\%$
MN 的註冊策略	本研究所提之位置更新策略 (CM)
	亂數決定註冊到三層 MAP(Random)
	由最上層 MAP 開始註冊(High to Low)

表 2 中的行動節點的註冊策略中之本研究所提之位置更新策略，簡稱 CM，為本研究所提之三機制(行動節點歷史行動特性分類(CMMH)、最大負載率優先調節法(MLRF))之第一個英文字而成。

## (三) 實驗結果分析

在本研究中所提出的方式，最主要的目的是可以針對 MN 不同的行動特性，分別作最佳化。避免高行動特性的 MN，註冊到低層 MAP 而產生頻繁換手的行為發生，或是低行動特性的 MN，註冊到高層 MAP，此作法雖可降低 Binding Update 訊息的產生；但是很可能會造成 MAP 的負載不平衡。因此我們在三種行動主機註冊策略，、亂數決定註冊到三層 MAP、及由最上層 MAP 開始註冊方式[12]，依據高、中、低不同行動特性 MN 佔總數的比例分別設計了四種不同的實驗，分別對：繫結更新訊息產生的數量、上下層 MAP 之負載平衡及同層 MAP 負載平衡作討論。

### (1)BU 訊息產生

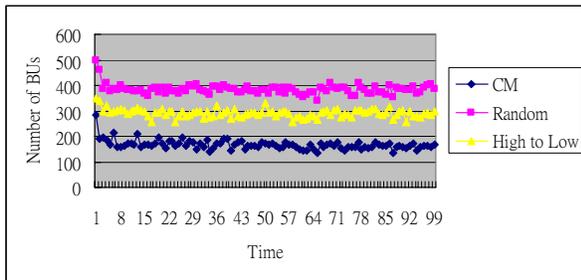


圖 9. 三種註冊策略之 BUs 訊息量示意圖

從圖 9 之 CM 的曲線來看其一開始的 BU 訊息量是較高的並有逐漸下降並趨平穩現象，這是因為實驗初期 MN 的行動特性並未展現出來，因此由歷史行動特性的判斷方式會有誤判的情況發生；但經過一段時間後，就能有正常的表現。從整體圖形來看，可以很明顯的看出本研究所提之方式其表現是最佳的。

### (2)上下層 MAP 的負載平衡

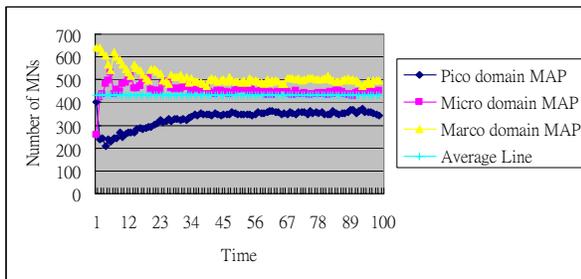


圖 10. CM 之各層 MAP 負載示意圖

從上圖 10 所呈現的曲線來看，較上層的 MAP 會負載比較多的 MN 這是因為論文所提出的方式是以上層 MAP 做為下層負載率最高的 MAP 緩衝空間，以達到同層 MAP 的負載平衡，因此較上層的 MAP 並負載會比較高。

另在前 1/3 的實驗時間曲線是漸漸往平均線靠近的現象，這同樣是因為 MN 的行動特性在初期並未充份展現的結果；但最終在 MN 充份展現其行動特性後曲線呈現一較穩定的狀態而且有一明顯的效果，能達到相當程度的負載平衡。

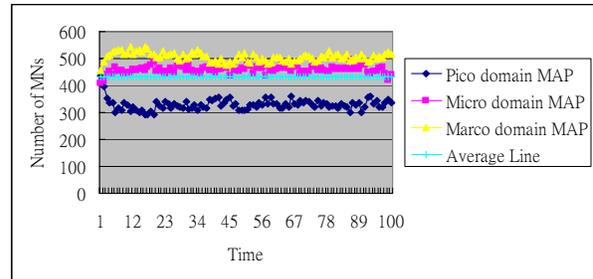


圖 11. Random 之各層 MAP 負載示意圖

從圖 11 曲線來看三層 MAP 一開始是呈現負載平衡的狀態；但隨著時間上層的 MAP 負載會愈來愈多並趨穩定，這是因為 MN 每次換手都有 2/3 的機會換到其它層的 MAP 且在底層的 MAP 處其中之 MN 因為其覆蓋範圍小而容易產生換手，而換手又容易換到高層的 MAP 去，因此愈底層的 MAP 其負載會較小，愈高層 MAP 相對會愈高。

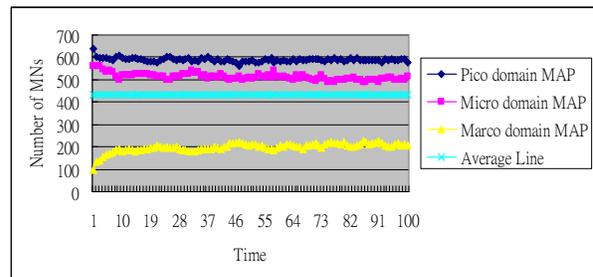


圖 12. High to Low 之各層 MAP 負載示意圖

從圖 12 的曲線我們可以看出曲線呈現的狀況就如同其從上層開始註冊的方式的直覺想法，上層的 MAP 呈現高負載的情況，而愈下層負載也相對愈小，這在上下層 MAP 負載平衡是一種極差的情況。

### (3)同層 MAP 的負載平衡

表 3. 各註冊策略在同層 MAP 負載

註冊策略 / MAP 層	Pico MAP		Micro MAP	
	換手次數	負載平衡次數	換手次數	負載平衡次數
CM	3916	1838	6735	2958
Random	14788	773	13925	213
High to Low	14300	4010	12585	11

從上表 3 可以很明顯的看出本研究所提之方式雖然離最佳化還有進步的空間；但是與其它兩種方

式比較，其效果要好上許多。

#### (四)綜合比較

以下將針對實驗所得之數據做整理以呈現出一較清楚的列表整理。

表 4. 各註冊策略之綜合比較

實驗項目/實驗方法	CM	Random	High to Low
BU 訊息產生	○	×	△
上下層 MAP 的負載平衡	○	△	×
同層 MAP 的負載平衡	○	×	△

表 4 為綜合之實驗數據比較表。在不計實驗初期之震盪情況，以呈現穩定狀態作依據，如差距以前一等級所得數據做基準下，分以三種等級作評定，最佳：○、中：△、差：×。做一整體效能比較。從實驗數據得之結果所得知並作整體比較，CM 在三實驗項目(BU 訊產生、上下層 MAP 的負載平衡及同層 MAP 的負載平衡)都是最佳的，High to Low 次之，Random 最差。

### 五、結論

本研究論文所提之具負載平衡之行動管理機制，主要的特色在於 Multilevel Hierarchical MIPv6 的架構，其讓不同移動特性的 MN 能註冊到適當的行動錨點(Mobility Anchor Point, MAP)，較上層覆蓋範圍較大的 MAP，負責管理具有高行動性的 MN，當具有高移動特性的 MN 適當地選擇一個覆蓋範圍較大的 MAP，就可以避免增加大量的 Binding Update 訊息，傳回 Home Agent 和 Correspondent Node。同樣的階層較低且覆蓋範圍較小的 MAP，則負責管理行動特性較低的 MN，以達到相同的目的。但是 MN 無法自行判斷，應該進入具高行動性管理且覆蓋範圍較大的 MAP，或是位置較低且覆蓋範圍較小的 MAP。

而本研究以該環境下歷史的移動記錄及各層 MAP 的負載量做為高、低移動性的區分依據，而此依據依時間不斷演進持續記錄，因此具有對環境的高度適應性，因此可以提供一適切的判斷依據，讓 MN 依其行動特性適當地選擇出符合行動節點移動特性的 MAP，以降低在 Mobile Node 與 Home Agent 和 Correspondent Node 之間的訊息數量，且還能有一定的上下層 MAP 負載平衡之效果。並以上層 MAP

的負載空間做為下層 MAP 負載平衡的暫存區，使得較高層的 MAP 的負載空間能被妥善的利用；另外 MAP 負載調整機制(MLRF)，使得同一層 MAP 的負載量的增加能更一致，藉以達到平行的負載平衡。所以整個結合就能達到減少 Binding Update 訊息的產生及上下層和左右邊的 MAP 達到垂直及水平的負載平衡。

### 六、參考文獻

- [1] 陳遵共(2004)，二階層式 Mobile 網際網路架構行動支點動態負載平衡管理機制，國立高雄第一科技大學資訊管理系碩士論文。
- [2] 林芳昌、廖勝國，「階層式行動網路下具負載平衡之行動管理」，第六屆網際網路應用與發展學術研討會，台南，第 A59-A70 頁，2005。
- [3] 謝佳男、朱勇正、陳懷恩譯，蔣大偉校編，IPv6 解析，美商歐萊禮股份有限公司，2003。
- [4] Bandai M. and Sasase I., “A Load Balancing Mobility Management for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Networks,” IEEE PIMRC, 2002.
- [5] Castelluccia, C., “HMIPv6: A Hierarchical Mobile IPv6 Proposal,” ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol.4, issue1, pp.48-59, 2000.
- [6] Derring, S., and Hinden, R., “Internet Protocol, Version 6 (IPv6),” IEEE Potentials, Vol. 17, No. 2, pp. 11-12, 1998.
- [7] Johnson, D.B., and Perkins, C. E., “Mobility Support in IPv6,” Internet draft ietf-mobileip-ipv6-24, Mobile IP Working Group, 2003.
- [8] Kawano, K., Kinoshita, K., et al., “A multilevel hierarchical distributed IP mobility management scheme for wide area networks,” IEEE Computer Communications and Networks, 2002.
- [9] Kawano, K., Kinoshita, K., and Murakami, k., “Multilevel Hierarchical Mobility Management Scheme in Complicated Structured Networks,”

Proceedings of the 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, 2004.

- [10] Lin F.C. and Lin W.C., “An IP Mobility Management Schem for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Wireless Network,” The 33rd International Conference on Computers and Industrial Engineering, Korea, 2004.
- [11] Soliman, H., Castelluccia, C., Malki, K.E., and Bellier, L., “Hierarchical MIPv6 mobility management (HMIPv6),” InternetDraft-hmipv6-08, 2003.
- [12] Soliman, H., Castelluccia, C., Malki, K.E., and Bellier, L., “Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6),” InternetDraft-mipshop-hmipv6-04, 2005.
- [13] Wisely, D., Eardley, P. and Louise Burness Btexact Technologies, IP for 3G, Wiley, Englan d, 2002.