

運用於 Network Mobility 架構之 Home Agent 備份與重新恢復機制研究

林文宗

明新科技大學資訊管理研究所

助理教授

wtlin@must.edu.tw

摘要

隨著無線網路的蓬勃發展與行動裝置的普及，未來行動上網的數量將與日遽增，出現群體行動節點共同移動的網路架構，這一個群體行動節點 (Mobile Node, MN) 將自組成一個 Subnet，這個 Subnet 將被視為一個網路移動單位，形成所謂的 Network Mobility (NEMO) 架構。例如在大眾運輸工具上(如公共汽車、火車、飛機或是捷運等)的網路行動裝置都將被視為同一 Subnet，其中設置一部以上的 Mobile Router (MR)，然後該 Subnet 底下的 MN 透過此 MR 對外連接網際網路，當大眾運輸工具在移動時，整個 Subnet 也會跟著移動，同時 Subnet 底下也許會有許多個 MN 在該運輸工具上移動。為了確保 Subnet 封包傳送路徑的正確性，MN 必須傳送 Binding Update (BU) 向 Home Agent (HA) 註冊，以避免封包遺失。所以整個運作的過程中都必須透過 HA 傳送與接收 MN 的封包，而當 HA 發生故障時，所造成的影響是整個 Subnet 底下的所有 MN。此時，HA 的備援機制設計是非常重要的。

因此，本篇論文將以 HA 備份機制為基礎，擴充 VHAR 協定的功能，提出一個 HA 故障發生時 Backup HA 能夠快速接替原本 HA 的功能機制，以達到 Network Mobility (NEMO) 架構底下的 MN 能夠保有其網路服務的連線並降低封包遺失的機率。

關鍵字：Network Mobility、Mobile Router、Home Agent、Binding Update、VHAR

謝明哲

明新科技大學資訊管理研究所

研究生

jer.shieh@gmail.com

1.前言

無線網路具有移動性 (Mobility)、快速建置等特性，並且能夠在任何時間、任何地點連接到網際網路，因此更能滿足現今社會的需求，但是傳統網路層的網際網路通訊協定 (Internet Protocol, IP) 並不適用於無線網路，主要的原因在於 IP 協定假設任何一個節點都是固定在同一個位置，並且由節點所在的網路區域配置 IP 位址。為了解決行動裝置移動性的問題，Internet Engineering Task Force (IETF) 提出 Mobile IP 協定，其主要的概念是讓行動裝置同時使用一個固定的 IP 位址 (Home Address) 與一個暫時位址 (Care-of Address, CoA) 連接到網際網路。當 MN 連接到網際網路時，將會頻繁的在不同網域之間移動，為了確保路由機制的正確性，MN 每次移動到新的子網路時便必須更換 CoA 以避免封包遺失產生，每更換一次 CoA，MN 就必須傳送 BU 向 HA 註冊，讓 HA 保有 MN 最新的所在位置。

以往，MN 在移動時，是由 MN 各自向自己所屬的 HA 註冊，但是未來最常見的網路架構將會是由群體行動節點組成的 Subnet 在網路上移動，例如大眾運輸工具上(如公共汽車、火車、飛機或是捷運等)，在這種環境下，若 MN 各自向自己所屬的 HA 註冊，將會造成網路上相當大量的註冊程序，不如透過其中一個節點扮演 Mobile Router (MR) 的角色，負責整個網路移動時所必須向 HA 執行的註冊程序，以減少網路的負擔，此種架構稱為 Network Mobility (NEMO) (Perera E. et al., 2004、Devarapalli V. et al., 2005)。在這種架構

下，HA 扮演的角色更加重要，因為當 HA 發生故障時，造成的影響不只是一、兩個 MN 而已，而是整個 Subnet 底下的所有 MN。另外，當 HA 發生故障時，要如何查覺呢？在 Mobile IP 協定中，通常只有 MN 的註冊資訊過期需要重新更新，或者是 MN 移動到新的網域需要向 HA 重新註冊時，MN 才會查覺到自己所屬的 HA 已經發生故障，但是此時可能已經造成封包遺失。

因此，本篇論文將以 Mobile IPv6 (Johnson D. et al., 2004、Ernst T. et al., 2002)為基礎，Multiple Home Agents 與 Multiple Home Links 為架構，針對 HA 故障的問題，提出一個快速有效的備援與重新恢復機制。

2.文獻探討

由於今後的行動通訊都將使用網路層 IP 位址進行通訊，因此，為了滿足行動裝置移動時，需要大量改變網路位置，IETF 提出 Mobile IP 以支援行動裝置的移動性。在 Mobile IP 的運作中，Home Agent 扮演著 MN 通訊時的重要角色。

2.1 Network Mobility (NEMO)

NEMO 架構主要是藉由 MR 連接至網際網路，在此架構中，MR 將扮演兩種角色，一種是對外時，MR 就像 MN，另一種是對內時，MR 就像代理者 (Agent) 的角色，負責在 NEMO 網域內發出 Advertisement 訊息，讓從外部移入的 MN 作為執行註冊時的依據。其運作架構如圖 2.1 所示。

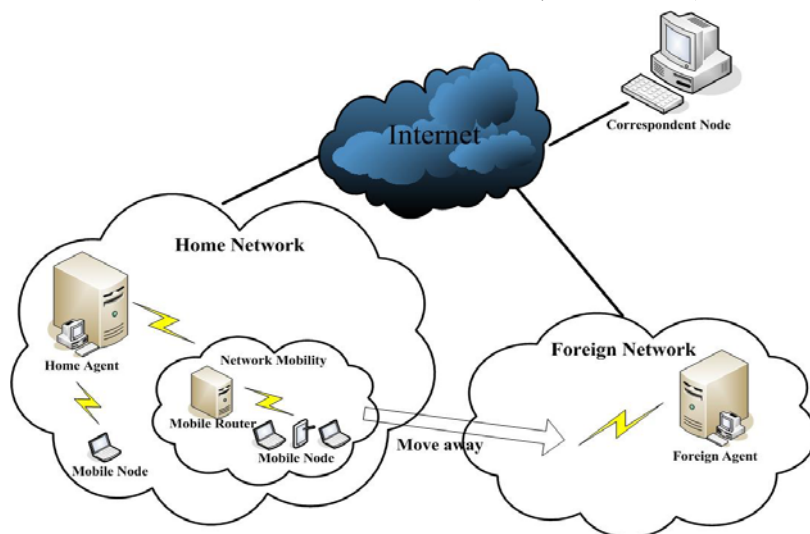


圖 2.1 Network Mobility 架構

當網路上某個節點 CN 要傳送封包給 NEMO 內的 MN 時，其運作的流程如圖 2.2 所示。

- (1) CN 所傳送的封包透過網路路由繞送的方式傳送到 MN 的 Home Network，並由 MN 的 HA 接收封包。
- (2) 然後 HA 根據 MN 所註冊的 CoA 再 Tunneling 到 MR 的 HA。
- (3) 當 MR 的 HA 接收封包之後，將根據 MR 所註冊的 CoA 作 Tunneling 到 MR 所在位置的 FA。
- (4) FA 再轉送封包至 MR。
- (5) 最後 MR 正確的將封包傳送到 MN 所在的位址。
- (6) 當 MR 或 MN 要傳送封包給 CN 時，只要透過網路路由協定直接將封包傳送到 CN 的 IP 位址，不需要再經由 Agent 轉送封包。

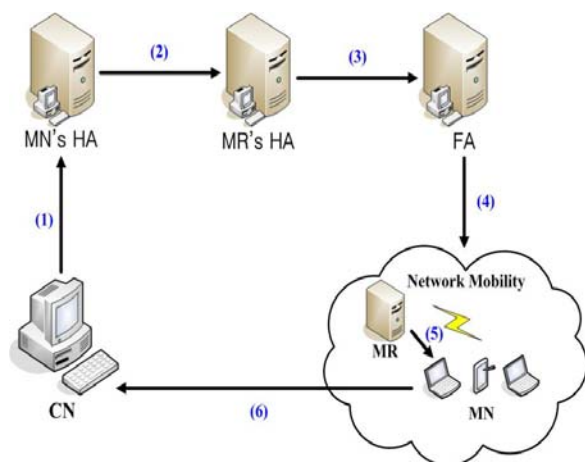


圖 2.2 Network Mobility 架構之封包傳送流程

2.2 Home Agent 負載平衡機制

2.2.1 Inter Home Agents Protocol (HAHA)

在 Mobile IP 協定中，若同時有多個 HA 負責相同 Home prefix 的服務時，所有的 HA 必需被配置在同一個連結 (Link) 上，並且透過 Router Advertisements (Johnson D. et al., 2004) 訊息管理他們的 Home Agent List (HAL)，但是 Router Advertisements 有一個問題，就是只能在同一個連結上傳送，無法傳送到另外一個連結的 HA，因此，若 HA 發生故障或 Home link 出現問題時，將會造成 MN 的服務中斷。

HAHA 協定 (Wakikawa R. et al., 2004) 為了克服這個問題，提出 HA 故障偵測與故障重新恢復機制，並延伸 Mobile IP 協定，同時讓數個不同連結的 HA 服務相同的 Home prefix，並且增加 Home Agent HELLO Message (Wakikawa R. et al., 2004)，此訊息能夠在不同連結的 HA 之間傳送，HA 也能透過這個訊息維護 HA 之間的 Home Agent List，且此訊息只有在 HA 與 HA 之間傳送，主要的目的是彼此告知本身是否有效，能夠為相同的 Home prefix 提供服務。

2.2.2 Virtual Home Agent Reliability Protocol (VHAR)

HAHA 協定改善了 Mobile IPv6 之 HA 可靠性的問題，但 HAHA 協定仍然存在一些問題，如 MN 必須負擔 PHA 故障時的偵測與從故障的 PHA 中重新恢復。因此，VHAR 協定 (Faizan J. et al., 2004) 提出多個 HA 佈署在相同 Home Link 的機制，在此機制中，所有的 HA 會擁有不同的 link-local IP addresses，但完全相同的 Global IP address，稱之為 Global Home Agent address，在 MN 與 HA 之間的通訊是透過 Global Home Agent address；而 Home Link 中的所有 HA 則透過 link-local IP addresses 進行通訊。

VHAR 協定也針對 HA 故障偵測與重新恢復提出解決方法，並修改 Mobile IP 中的 Home Agent List 與 Router Advertisement 訊息，在 HAL 中增加 HA 狀態 (Status) 欄位，用來表示 HA 的狀態為 Active、Backup 或是 Inactive；在 Router Advertisement 訊息中則增加二個旗標值，“A” bit 表示 Active HA 與 “B” bit 表示 Backup HA，原本的 “H” bit 則表示 Inactive HA，透過這個旗標值，HA 之間能夠知道其他 HA 的狀態，當 HA 經過一段期間後，沒有收到其中一個 HA 所傳送的 Router Advertisement 時，HA 必須傳送 Router Solicitation (Narten T. et al., 1998) 到這個 HA 確認是否發生故障，若此 HA 仍然沒有回應時，則表示此 HA 發生故障，因此，其他的 HA 將從 HAL 內刪除此 HA 的記錄。

2.3 Home Agent 面臨的問題

本篇論文基於 NEMO 環境下進行運作，因此，對於 HA 機制的設計相對需要有更完善的考量，所以將根據 Faizan J. 等人所提出的 Problem Statement：Home Agent Reliability (Faizan J. et al., 2004) 文中提到的 HA 問題進行研究，其問題如下：

◆ Home Agent 故障

在 Home Link 上的一個 HA 或多個 HA 發生故障。

◆ Home Link 故障

Home Link 發生故障，使得 MN 無法存取 HA，造成 MN 誤判成 HA 發生錯誤。

針對 HA 的問題，可以按照下列兩個步驟來解決：

◆ Home Agent 故障偵測

在 Mobile IP 協定中，故障偵測是由 MN 傳送 BU 到 HA，然後判斷 HA 是否回傳 Binding Acknowledgment (BA)，若 HA 沒有回覆，則表示 HA 發生故障。另外，在 Network Mobility (NEMO) 架構中，則是 MN 傳送 Mobile Prefix Solicitation (MPS) 到 HA，然後判斷是否有收到 Mobile Prefix Advertisement，以判斷 HA 是否發生故障。這兩種訊息都不是定期傳送的，而是 MN 有需要時才會傳送此訊息，且 MN 若沒有收到回覆訊息時，會不斷的傳送此訊息直到 Timeout 為止，因此，從開始偵測到整個時間終了為止的期間，MN 需要花費較長的時間才能得知 HA 已經發生故障，但是在等待的期間內可能已經造成網路服務中斷或封包遺失。

◆ Home Agent 重新恢復

當偵測到 HA 故障後，要如何從故障的 HA 重新恢復呢？根據 Mobile IP 協定是由 MN 嘗試重新註冊他的 Care-of Address 到 Home Link 上的其他 HA，但是若 Home Link 只有一個 HA 可以使用時，MN 將會不斷的傳送訊息到故障的 HA，造成無窮迴圈以及網路服務中斷。若有多個 HA 可以使用時，則 MN 必須執行 Home Registration 到新的 HA，但是這樣將會造成 MN 額外的負擔與額外的訊息傳送。

3.研究方法

本篇論文修改 VHAR 協定，將 HA 重新恢復機制運用到 NEMO 架構，並加強與擴充 VHAR 協定，提出更完善的備援順序與重新恢復機制，將 MR 所遭受的網路服務中斷與封包遺失降至最低。

3.1 系統架構

為了解決 Home Agent 與 Home Link 故障的問題，本篇論文將以 Mobile IPv6 為基礎，Multiple Home Agents 與 Multiple Home Links 為架構，其架構如圖 3.1 所示：

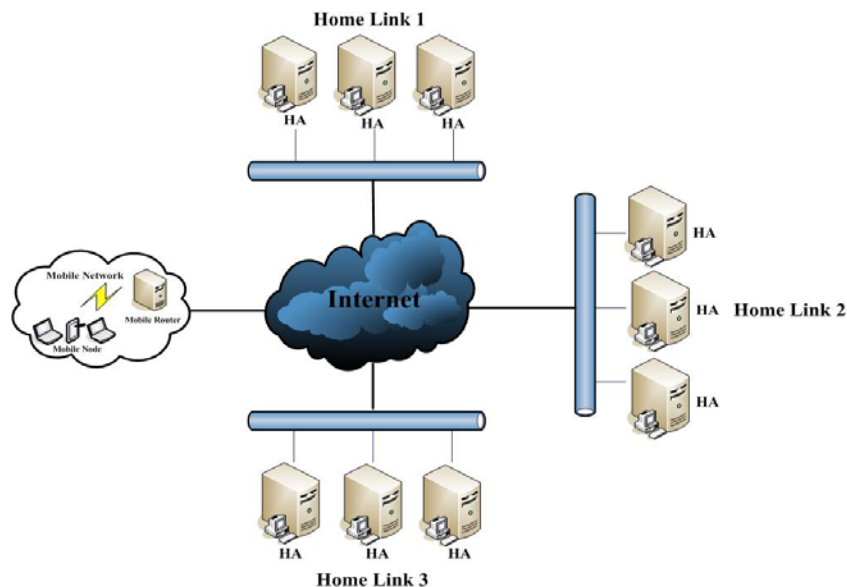


圖 3.1 Multiple Home Agents 與 Multiple Home Links 架構

在此架構中，我們假設 MR 最少能夠預先儲存每一個 Home link 上的一個 HA 在自己的 Cache 內，然後根據自己所在的位置及透過我們提出的公式判斷 HA 的狀態，選擇最佳的 HA 註冊 Binding，接著，Active HA 再透過我們的公式選擇 Backup HA 並給予優先權順序。

3.2 系統流程

3.2.1 Multiple Home Agents

Multiple Home Agents 架構主要是為了避免 MR 單純只透過一個 HA 提供服務，當此 HA 發生故障時，將會造成網路服務中斷，或甚至產生封包遺失等問題。此時，若能同時提供多個 HA，將有效防止這些問題產生，當主要的 HA 發生故障，其餘的備份 HA 便能立即取代故障的 HA，提供 MR 所需要的服務。其架構如圖 3.2 所示：

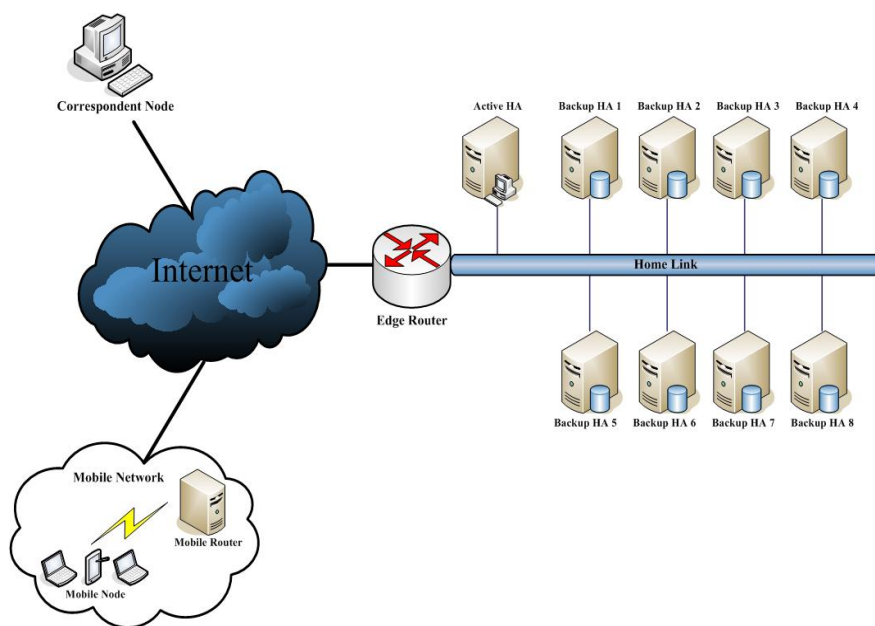


圖 3.2 Multiple Home Agents 架構

本研究修改 VHAR 協定中的 Router Advertisement、MN Context Update Request (MCUR) 與 MN Context Update Reply (MCURr) 三個訊息 (Faizan J. et al., 2004) 以及 Deng H. 等人 (2004) 所提出的 Load Balance Information Option，修改成我們的 Load Factor Information Option，以提供 Active HA 故障時 Backup HA 接替之順序與執行故障重新恢復機制。

由 VHAR 協定的 Router Advertisement 訊息格式得知，有三個位元的保留欄位並沒有被使用，因此，我們將使用這個保留欄位，修改成優先權 (Priority) 欄位，使用在 Active HA 發生故障時，該由那個 Backup HA 接替的優先順序，此優先權是由 Active HA 所給予的，Active HA 根據我們所提出的 Load Factor 公式排列優先權高低。修改後的 Router Advertisement 格式如圖 3.3 所示：

Type(8)	Code(8)					Checksum(16)
Cur Hop Limit(8)	M	O	H	A	B	Router Lifetime(16)
Reachable Time						
Retrans Timer						
Options...						

圖 3.3 修改後的 Router Advertisement 訊息

Load Factor 是由 HA 依據本身的負載情形所組成的，其公式如下：

$$\text{Load Factor} = \text{QS} / \text{BS} + 1 / \text{RL} + \text{BN}$$

- ◆ Queue Size (QS)：每一個 HA 上所停留的封包數。
- ◆ Buffer Size (BS)：每一個 HA 上所能停留的最大封包暫存數量。
- ◆ Router Lifetime (RL)：路由器的生命週期，表示此路由器扮演 HA 角色的時間，以秒為單位，最大值為 18.2 hr，若 RL 為 0 時，則表示此路由器只扮演一般路由器。

- ◆ Binding Number (BN)：每一個 HA 上目前所註冊的 Binding 數量。

在 Load Factor 公式中，除了 RL 是在 Router Advertisement 訊息之外，其餘的部份是由修改 Load Balance Information Option (Deng H. et al., 2004) 後的 Load Factor Information Option 來表示。

Load Factor Information Option 格式是使用 Load Balance Information Option (Deng H. et al., 2004) 格式的保留欄位，將十六個位元的保留欄位縮小成八個位元，其中八個位元用來放置我們的 Load Factor，然後 Backup HA 根據我們提出的公式計算出 Load Factor 後，將結果填入 Load Factor 欄位，接著再透過 Router Advertisement 訊息傳送到 Active HA，Active HA 收到訊息後，便依據 Load Factor 欄位排列 Backup HA 的優先權順序。Load Factor Information Option 格式如圖 3.4 所示：

Type (8)	Length (8)	Load Factor (8)	Reserved (8)
Queue Size (16)		Registered MN Number (16)	

圖 3.4 Load Factor Information Option

選定 Backup HA 與排列好優先權順序之後，Active HA 將傳送 MR Context Update Request (MRCUR) 訊息到所選擇的 Inactive HA，請求變成 Backup HA，因此，接下來我們將修改 VHAR 協定中的 MCUR 與 MCURr 二個訊息 (Faizan J. et al., 2004)，分別修改成 MR Context Update Request (MRCUR) 與 MR Context Update Reply (MRCURr) 訊息，以達成我們所提出的機制。

在 VHAR 協定中定義的 MN Context Update Request (MCUR) 訊息 (Faizan J. et al., 2004)，主要的功能是 Active HA 傳送此訊息到 Backup HA 或 Inactive HA，目的是當 Backup HA 收到此訊息後，請求 Backup HA 儲存 MN 的 Bindings；若接收端為 Inactive

HA 時，則請求 Inactive HA 變成 Backup HA。因此，為了與我們的 Router Advertisement 訊息中的優先權欄位互相對應，我們修改 MCUR 訊息 (Faizan J. et al., 2004) 中的保留欄位，使用三個位元作為優先權欄位，當 Active HA 傳送此訊息到 Backup HA 或 Inactive HA 時，除了告知 MR 的 Bindings 之外，也將同時告知 Backup HA 其所屬的優先權為何，Backup HA 得知其優先權後，將回傳 MRCURe 訊息到 Active HA 作確認，接著將優先權寫入到自己的 Router Advertisement 訊息之優先權欄位，並透過定期傳送 Router Advertisement 訊息，告知其他 HAs 其優先權，HAs 便將此優先權記錄到 Home Agent List (HAL)內，HAL 建立完成之後，HAs 彼此之間將互相知道其優先順序，當故障發生時，最高優先權的 Backup HA 便能立即接替故障的 Active HA 成為 MR 的 Active HA。MR Context Update Request (MRCUR) 與 MR Context Update Reply (MRCURe) 訊息格式如圖 3.5 與圖 3.6 所示：

Type(8)	Code(8)	Checksum(16)	
Identifier(16)		Priority (3)	Reserved (13)
Data...			

圖 3.5 MR Context Update Request Message

Type(8)	Code(8)	Checksum(16)	
Identifier(16)		Priority (3)	Reserved (13)

圖 3.6 MR Context Update Reply Message

經過修改與擴充後，整個協定的運作流程如下：

◆ **MR 的註冊程序與 Backup HA 優先權順序分配**

- (1) MR 傳送 Binding 到 Home Link 上的 Active HA 註冊。
- (2) Active HA 透過定期傳送的 Router Advertisement 訊息內的 Load Factor 資訊建置 HAL，並排列 HA 的優先權順序。
- (3)~(5) Active HA 根據 HAL 內的資訊，選擇 HA1、HA2 與 HA3 為 Backup HA，並傳送 MR Context Update Request (MRCUR) 訊息告知 MR 的 Binding 以及重新恢復的優先權順序。
- (6)~(8) HA1、HA2 與 HA3 變成 Backup HA，並將優先權寫入自己的 Router Advertisement 訊息，然後回傳 MR Context Update Reply (MRCURe) 訊息到 Active HA 作確認。
- (9) Active HA 回傳 Binding Acknowledgement (BA) 到 MR。
- (10) HAs 之間透過 Router Advertisement 訊息得知彼此的優先權順序後，當 Active HA 發生故障時，最高優先權的 Backup HA 便能立即接替故障的 Active HA 成為 MR 的 Active HA。

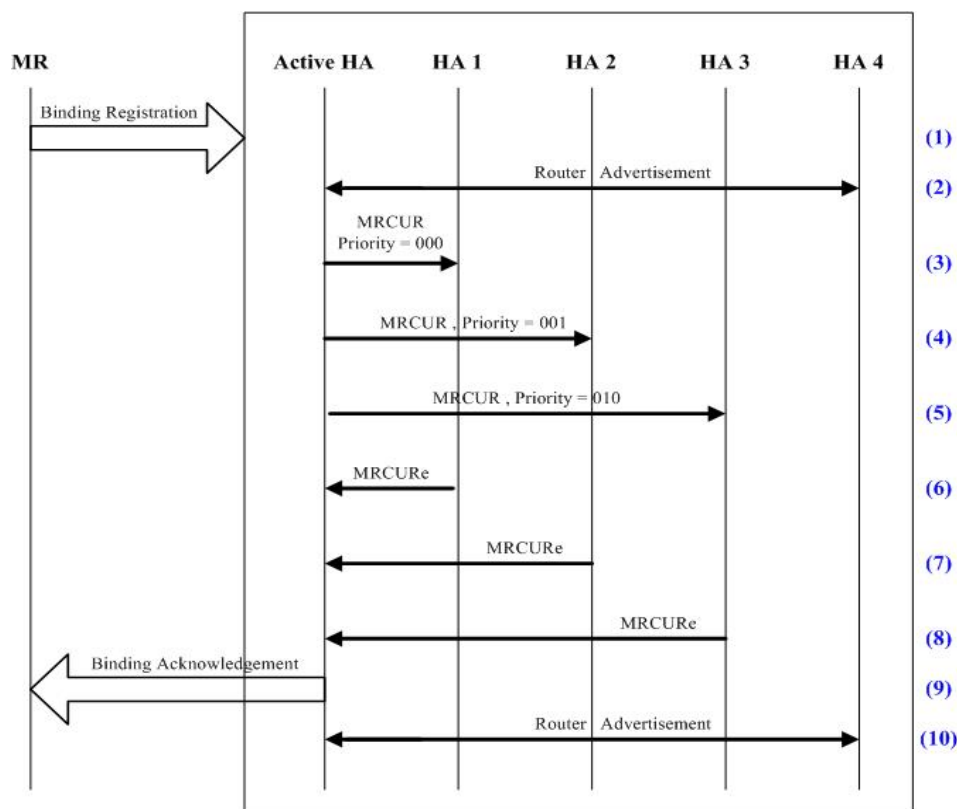


圖 3.7 MR 註冊程序與 Backup HA 優先權順序分配

◆ Active HA 發生故障時 Backup HA 重新恢復的流程

- (0) HA1、HA2 與 HA3 為 Backup HA。
- (1) HAs 之間定期傳送 Router Advertisement 訊息。
- (2) Active HA 發生故障。
- (3)~(5) Backup HA 沒有收到 Active HA 所傳送的 Router Advertisement 訊息時，將傳送 Router Solicitation 到 Active HA 以確認是否發生故障。
- (6) 確定 Active HA 發生故障後，最高優先權的 HA1 將立即接替故障的 Active HA，並由 Backup HA 變成 Active HA。
- (7) HAs 之間定期傳送 Router Advertisement 訊息，告知彼此的狀態與優先權順序，且新的 Active HA 重新選擇 Backup HA 以補足 Backup HA 的數量。

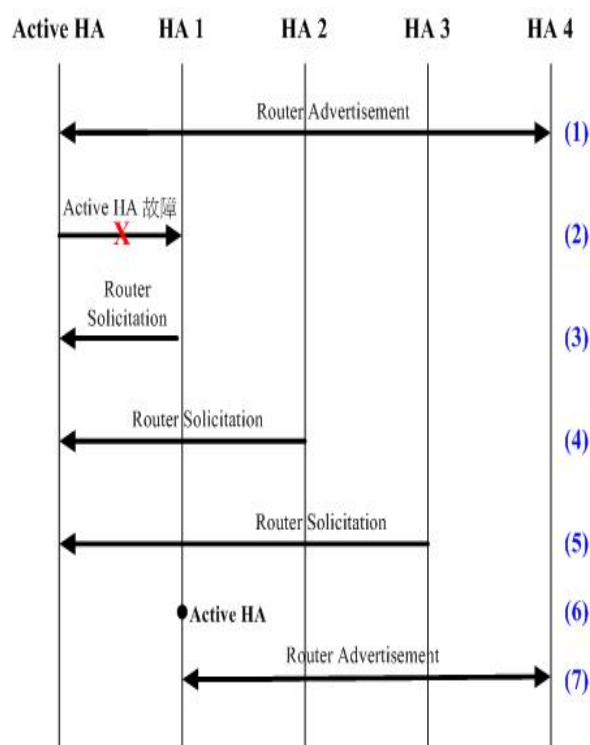


圖 3.8 Backup HA 重新恢復流程

3.2.2 Multiple Home Links

Multiple Home Links 架構的目的是防止 Home Link 發生故障時，造成 MR 無法存取 HA，因而讓 MR 誤判成 HA 發生錯誤，因此，為了避免這種情形發生，我們提供 Multiple Home Links 架構，讓 MR 在 Home Link 發生故障時，能夠立即得知還有其他的 Home Link 可以使用，不必浪費多餘的時間重新尋找可用的 Home Link。

首先，我們假設 MR 最少能夠預先儲存每一個 Home link 上的一個 HA 在自己的 Cache 內，因此，MR 便能夠傳送 Router Solicitation 訊息 (Narten T. et al., 1998) 到 HA 的位址，請求 HA 回傳 Router Advertisement 訊息到 MR 的位址，然後再透過我們提出的 Load Factor 公式選擇 Home link 上最佳的 HA 註冊 Binding，其公式為 **Load Factor = QS / BS + 1 / RL + BN + RT**。

◆ Reachable Time (RT)：定義在 Router Advertisement 訊息內的 Reachable Time 欄位，以毫秒 (millisecond) 為單位，本研究將此欄位設定為 RTT (Round-Trip Time) 的時間，由 MR 傳送 Router Solicitation 訊息到 MR 收到 HA 回傳 Router Advertisement 訊息所花費的時間。

選擇 Home link 的運作流程如下：

- (1) MR 透過 Dynamic Home Agent Address Discovery (Johnson D. et al., 2004) 方式取得每一個 Home link 上的 HA 位址。
- (2)~(4) MR 傳送 Router Solicitation 訊息 (Narten T. et al., 1998) 到每一個 Home link 上的 HA，請求 HA 回傳 Router Advertisement 訊息。
- (5) Home link 1 發生故障，因此無法回傳 Router Advertisement 訊息到 MR。

(6)~(7) MR 收到 Home link 2 與 Home link 3 的 HA 所回傳的 Router Advertisement 訊息，因此，MR 得知 Home link 1 發生故障，必須從 Home link 2 或 Home link 3 之間選擇一個 HA。

(8) MR 透過我們的公式選擇距離較近且負載較低的 Home link 2 的 HA 註冊 Binding。

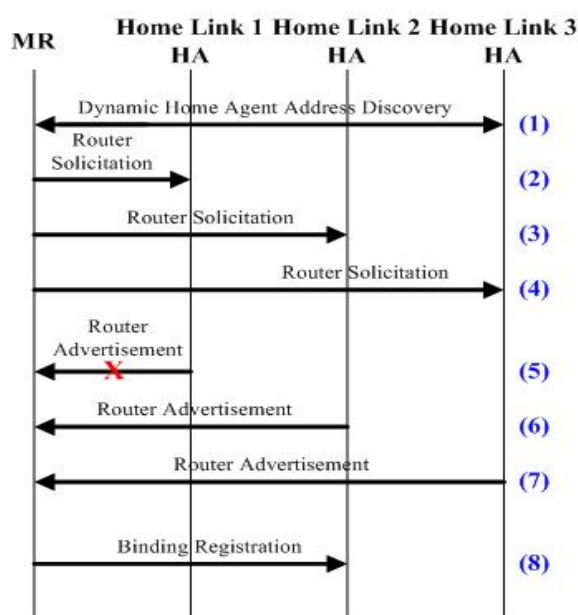


圖 3.9 Multiple Home Links 選擇流程

4. 實驗模擬與效能分析

本章將根據第三章所提出的機制作驗證，透過網路模擬工具進行模擬實驗，並將模擬的結果作分析與比較。首先說明模擬的環境與參數，接著再針對模擬所取得的結果進行分析與比較。

4.1 模擬環境

本研究以 NS-2 (Network Simulator 2) 網路模擬器作為環境模擬的作業平台，進行數據的模擬與結果的分析。在 MIPv6 的部份則使用 NS-2 的 MIPv6 擴充模組 Mobiwan 來進行模擬。

模擬環境的網路模型中，會有 Active HA、Backup HA、MR 與 CN 四個重要的角色，透過網際網路互相連接，對於無線網路所使用的頻寬，我們設定為 2 Mbps，傳輸延遲為 50 ms，即 MR 透過網際網路與 HA 連結的部份，而有線網路的部份則分為二種，一是在同個網域之間的頻寬，即 Active HA 與 Backup HA 連結的部份，設定為 10 Mbps，傳輸延遲為 10 ms；另一種是不同網域之間的頻寬，即 CN 透過網際網路與 HA 連結的部

份，設定為 2 Mbps，傳輸延遲為 10 ms。

在模擬環境中，我們將模擬時間設定為 600 秒，並且以 CN 作為封包傳送來源，CN 將從第 1 秒開始不斷的透過 HA 傳送封包到 MR，直到模擬結束為止，封包的長度設定為 512 ~ 1024 bytes，模擬時以亂數產生。在 Active HA 與 Backup HA 之間定期傳送的 Router Advertisement 間隔則設定為 60 秒。模擬環境的網路架構如圖 4.1 所示：

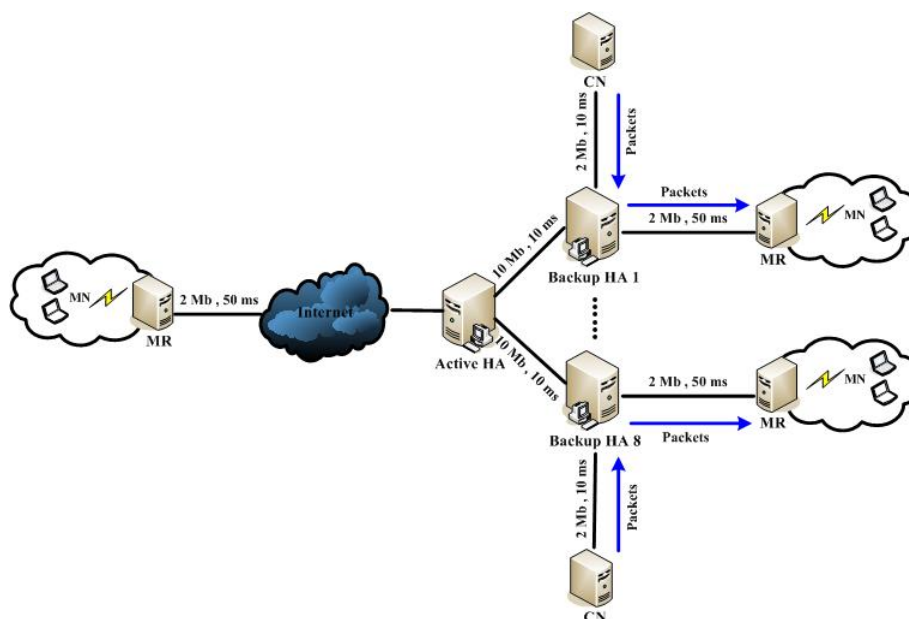


圖 4.1 模擬環境之網路架

在模擬過程中，我們將透過模擬取得 Load Factor 公式所需的參數數值，以及變動相關參數的數值，以觀察不同參數所產生的結果。相關參數設定如下：

$$\text{Load Factor} = \text{QS} / \text{BS} + 1 / \text{RL} + \text{BN}$$

- ◆ QS：透過模擬取得 Backup HA 一分鐘的平均 Queue 數量。
- ◆ BS：Backup HA 最大的 Buffer 數量。NS-2 的預設值為 50 個封包數，在這裡我們透過加大與縮小 BS 數量的方式來表示 Backup HA 在網路上的硬體差異，因此，我們將 BS 設定為 10~80 個封包數，每 10 個為一間隔，最多可以到八個 Backup

HA。

- ◆ RL：路由器的生命週期，設定為最小 300 秒，最大為 600 秒，模擬時由 300 秒 ~ 600 秒之間以亂數產生。
- 將 RL 最小設定為 300 秒的主要原因在於避免 RL 之間的差距過大，造成模擬時取得的 Load 數據過少，使得我們無法正確觀察 Load Factor 的變動。
- ◆ BN：Backup HA 上所註冊的 Binding 數量，設定為 0.1 ~ 1，單位為仟人，模擬時以亂數產生，數值取到小數第三位。

4.2 模擬結果與分析

4.2.1 Backup HA 優先權順序之變動頻率

我們提出的方法是透過事先分配 Backup HA 的優先權順序，然後當故障發生時，Backup HA 能依據本身的優先權順序接替 Active HA，因此，當優先權順序分配好之後，需要經過多久的時間才會重新更換一次，便是非常重要的考量因素。

首先，我們以圖 4.1 的網路架構作為模擬環境，並調整 Backup HA 的個數，觀察 2 到 8 個 Backup HA 優先權順序的變動頻率。模擬結果如圖 4.2 所示：

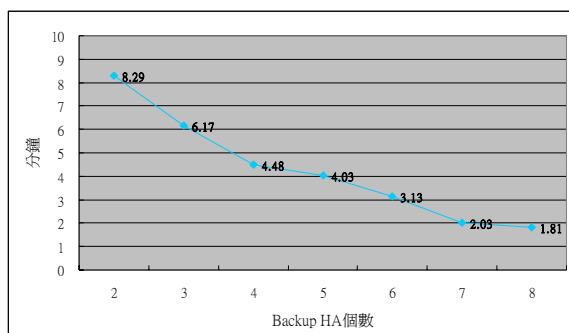


圖 4.2 Backup HA 優先權順序之變動頻率

由圖 4.2 中得知，2 個 Backup HA 的環境下，優先權順序的變動頻率最小，平均 8.29 分鐘才會變動一次；而 8 個 Backup HA 的變動頻率最頻繁，平均 1.81 分鐘就會變動一次，主要是因為 Backup HA 的個數較多所造成的。

若以整個結果來觀察，所有變動頻率的時間皆大於 Router Advertisement 傳送的間隔，因此並不會造成每次傳送 Router Advertisement 訊息時，就必需變動優先權順序。對於使用者而言，則可以根據自己應用環境上的需求，選擇所需的 Backup HA 個數。

4.2.2 Load Factor

在 Load Factor 公式中，我們透過相關參數的組合準確判斷出 HA 的 Load 狀態，其中 BS 參數是一個重要的因素，其主要的效用在於區別網路上 HA 之間的硬體差異，因為僅以

QS 為參數的話，並不足以正確判斷出 Load 的狀態，原因在於相同的 QS，並不代表所有 HA 的 Load 狀態是相同的，因為每個 HA 擁有的硬體效能不同，所以相同的 QS 造成的影響並不會相同。因此，在此模擬中，我們將 BS 參數固定，模擬每個間隔的 Load Factor 平均值，觀察 BS 之間的差異。其統計結果如圖 4.3 所示：

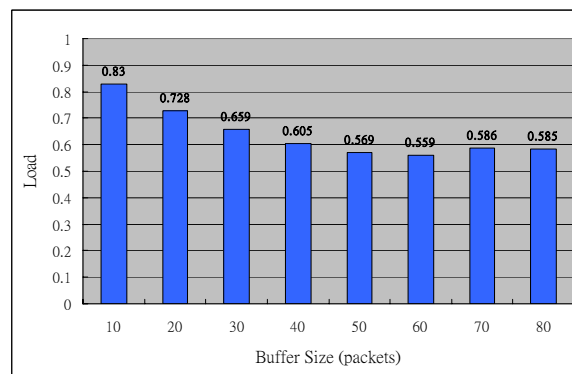


圖 4.3 Load Factor 平均值

由圖 4.3 中得知，最佳的 Buffer Size 是設定為 50 或 60 個封包，其所取得的 Load 結果是最小的，平均只有 0.569 與 0.559，因此，當使用者在設定環境架構的參數時，可以參考此圖，設定合理的 Buffer Size。

5. 結論

本研究利用 Multiple Home Agents 與 Multiple Home Links 架構的部署，同時解決 Home Agent 與 Home Link 故障的問題，提昇 HA 運作時的可靠性，並且提出 HA 重新恢復的優先權機制，讓 Backup HA 根據優先權欄位所設定的順序立即接替故障的 Active HA，提供 MR 所需要的服務，改善 Active HA 故障時，MR 需要重新尋找新的 HA 以及重新註冊 Binding 的資源浪費。

預先定義 Backup HA 優先權順序的作法，雖然會耗用一些資源，但其主要的依據在於優先權變動的頻率，由模擬結果顯示，Backup HA 優先權的順序並不會時常作變動，且我們透過 MRCUR 訊息傳送 Binding

更新資訊的同時一併更新優先權順序，以減少訊息的傳送，達到有效提昇 HA 重新恢復的速度，防止連線中斷，減少封包遺失的機率。

參考文獻

- [1] Braden R., and Postel J., "Requirements for Internet Gateways," *RFC 1009, IETF*, June 1987.
- [2] Conta A., and Deering S., "Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification," *RFC 2463, IETF*, Dec. 1998.
- [3] Deering S., and Hinden R., "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," *RFC 2460, IETF*, Dec. 1998.
- [4] Deng H., Zhang R., Huang X., and Zhang K., "Load Balance for Distributed Home Agents in Mobile IPv6," (*draft-deng-mip6-ha-loadbalance-01.txt*) *Internet Draft, IETF*, April 2004, Work in Progress.
- [5] Devarapalli V., Wakikawa R., Petrescu A., and Thubert P., "Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol," *RFC 3963, IETF*, Jan. 2005.
- [6] Ernst T., "Network Mobility Support Goals and Requirements," (*draft-ietf-nemo-*
- [7] Ernst T., Olivereau A., Bellier L., Castelluccia C., and Lach H., "Mobile Networks Support in Mobile IPv6," (*draft-ernst-mobileip-v6-network-03.txt*) *Internet Draft, IETF*, March 2002, Work in Progress.
- [8] Faizan J., El-Rewini H., and Khalil M., "Problem Statement: Home Agent Reliability," (*draft-jfaizan-mip6-ha-reliability-01.txt*) *Internet Draft, IETF*, Feb. 2004, Work in Progress.
- [9] Faizan J., El-Rewini H., and Khalil M., "Virtual Home Agent Reliability Protocol (VHAR) ," (*draft-jfaizan-mip6-vhar-02.txt*) *Internet Draft, IETF*, April 2004, Work in Progress.
- [10] Johnson D., Perkins C., and Arkko J., "Mobility Support in IPv6," *RFC 3775, IETF*, June 2004.
- [11] Mobiwan for NS-2.26, "ns-227-mobiwan-101.diff.gz," Available online from <http://www.ti-wmc.nl/mobiwan2/>
- [12] Narten T., Nordmark E., and Simpson W., "Neighbor Discovery for IP Version 6," *RFC 2461, IETF*, Dec. 1998.
- [13] Perera E., Sivaraman V., and Seneviratne A., "Survey on network mobility support," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, Vol. 8, No. 2, 2004, pp. 7-19.
- [14] Perkins C., "IP Mobility Support for IPv4," *RFC 3344, IETF*, Aug. 2002.
- [15] Perkins C., and David B. Johnson, "Route Optimization in Mobile IP," (*draft-ietf-mobileip-optim-11.txt*) *Internet Draft, IETF*, Sep. 2001, Work in Progress.
- [16] Thomson S., and Narten T., "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," *RFC 2462, IETF*, Dec. 1998.
- [17] Wakikawa R., Devarapalli V., and Thubert P., "Inter Home Agents Protocol (HAHA) ," (*draft-wakikawa-mip6-nemo-haha-01.txt*) *Internet Draft, IETF*, Feb. 16, 2004, Work in Progress.