

**Design and Implementation of an On-Demand QoS  
Routing Protocols on  
Integrated IPv6-based Mobile Ad-Hoc Networks**

**(在整合型具 IPv6 環境的隨意行動網路上  
設計與製作一個即時和服務品質保證的繞徑協定)**

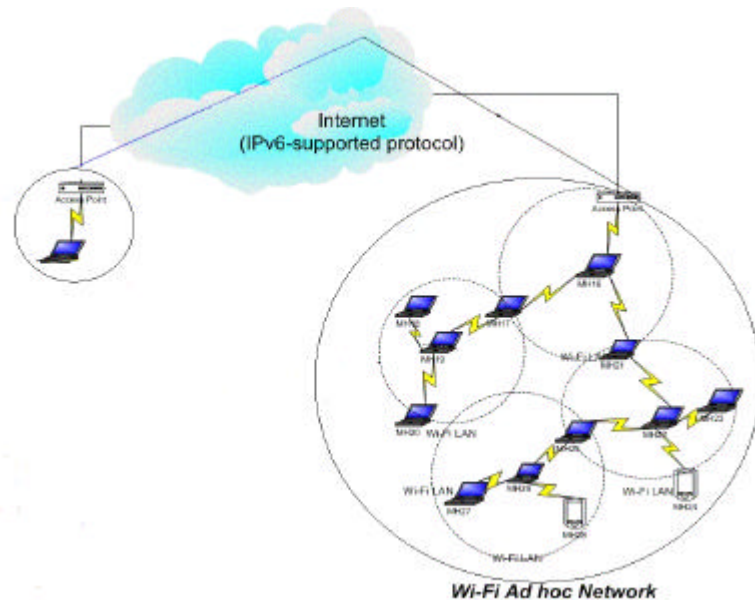
**陳裕賢、黃仁竑**

## 一、計畫摘要

All-IP architecture 的網路架構的時代已經來臨，以 Telecom 系統的第三代的蜂巢式電話系統中的 3GPP(Third Generation Partnership Program)與 3GPP2(Third Generation Partnership Program 2)，均採用 IPv6 當作所提供多媒體資料服務的 all-IP architecture 的網路架構標準。IETF 的 IPng 和 NGtrans working groups 也展開各種 IPv4-to-IPv6 的準備與軟硬元件的更新與開發，國內由工研院所主導的台灣 IPv6 Forum 也將在 2002 積極推動。另一方面，Mobile Wireless Internet Forum (行動無線網際網路公論會)，也宣佈 IPv6-support 的網路架構為其標準，對於下一代 upcoming third-generation wireless devices 的需要，提供使用者連接到 Internet 不僅是使用傳統的電腦，所以需要有 global IP address，所以更要有 IPv6 的支援，行動設備的普及也在短期內帶來更大量 IP address 需求性。然而無線區域網路(WLAN)，隨著通訊工程技術之突飛猛進，引發的 *m*-化的商機潛能。目前所使用 WLAN 是以無線乙太網路整合聯盟 (WECA; Wireless Ethernet Compatibility Alliance) 所制定的 Wi-Fi (802.11b, 11 mbps)為基礎的無線區域網路為主，在此無線區域網路所使用的無線通訊模式，是以 Infrastructure 模式，也就是通訊主機以透過存取點(Access Point)。最重要的是，無線區域網路之無線隨意行動網路(MANET)扮演推動 *m*-化的要角。也就是說，MANET 的特色在於可以延長與存取點(Access Point)之間的傳輸距離，本計劃中主要設計與實作在整合型的無線隨意行動網路 (Mobile Ad-Hoc Networks)，也就是設計整合由 Wi-Fi 所形成的 MANET，以研究以 IPv6 為基礎的整合網路所衍生的問題，找出解決的良策。計畫平台方面將以 Linux-based 的 Tablet PC (或 PDA) 為硬體平台，並將以 Linux (Red Hat) MIPL (Mobile IPv6 for Linux) 系統軟體為主要軟體平台。計畫的目標是設計如何在下，利用 SAA (Stateless Address Auto-configuration)與 NDP (Neighbor Discovery Protocol)以提供 route optimization 目的之機制下，如何提供一個具有 Mobility-tolerant capability 之無接縫且具服務品質保證的繞徑協定。

## 二、計畫目的

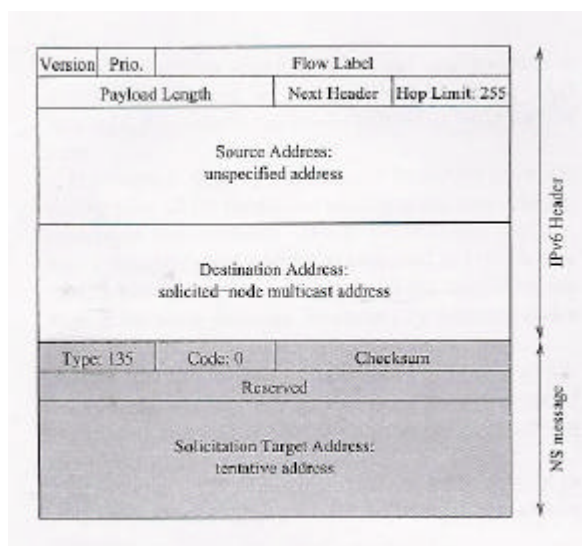
本計畫的目的主要在 IPv6[4][7]協定下，將無線隨意動網路與網際網路結合，並考量以 Mobile IPv6 來對各種行動設備與網際網路的整合，在未來以無線方式來連接網路將是一個階層式整合網路 (hierarchical heterogeneous network) 的架構，其架構將是由巨細胞、大細胞、微細胞、極小細胞等無線通訊系統及無線 Ad Hoc[6]網路所組成。就計算環境的觀點，為使用者的移動性，目前網際網路之分封交換繞路機制 - 網際網路協定 (IP) 不再完全適用。因此必須針對行動計算環境設計一套相容於目前網際網路協定的行動式通訊協定(mobile IP)[3]，尤其是如何提供一個 Mobile IPv6 for MANET 協定，以達到具有 mobility-tolerant capability 的功能。



圖一：整合型無線網路架構

計畫中將定義 Foreign sub-MANET，此 sub-MANET 是以 AP(Access Point)與 Cisco router 連接到 IPv6 backbone (本計畫將以 NBEN 國家實驗網路為 IPv6 backbone)，如圖一所示。首先在 mobile Ad-Hoc network 必須定義與設計出 IPv6 Stateless address auto-configuration (SAA) 與 IPv6 Neighboring Discovery Protocol (NDP)，在[17]中提出一個 hierarchical approach，以非在 wired network 所使用的 distributed approach，以所選出 leader node 來全權負責 IPv6 Stateless address auto-configuration 與 IPv6 neighboring

discovery 的工作。其中首要工作是建構 link local address 或稱為 link-local prefix 或 tentative address 。 IEEE 定義一個 64 -bit Extended universal Identifier (EUI-64), 藉由計算 MAC address 與 IEEE 802.x interface 獲得。 MDP 的主要工作之一是偵測與處理 duplicate address 藉由所謂的 NS message (Neighbor Solicitation) 來達到, 如圖二所示。當在 MANET 的 option 時, 需適當修正 NS message。



圖二：The Neighbor Solicitation message

換手技術 (handoff) [14] 是行動通信網路讓使用者不受地理位置限制, 能同時保持通訊, 並且能自由活動的重要關鍵。因為通訊的品質會因換手 (handoff) 而受到影響, 為了確保更佳的通訊品質, 一個平順無接縫的換手方式是必需的。由於在整合網路相連的情況下, 行動設備可能不再是一步就能接觸到網路存取點, 而是需透過多個中繼站點來到達, 因此發展考量加入使用者的位置成為換手程序準則是非常必要的。此外同時考慮移動效應和無線傳輸效應之換手協定亦是本計劃重要目的之一。由於 multi-hop 架構具有自我組織 (self-organizing) 的特性, 使得各行動設備得以經由有線或無線的方式, 透過一個或一系列的中間設備來連結到網路存取點, 只要各個行動終端設備能支援這樣的態力, 就能動態地調整不同的無線網路系統來完成這樣的目的地, 例調整不同系統的 QoS 及行動性管理 (mobility management), 更甚至由於目前的 IP 堆疊協定容易因為移動後 IP 改變, 使得系統需重新啟動, 若行動終端設備在一些含蓋範圍很小的服務區快速移動, 這些限制將使得移動能力受到很大的衝擊。此外, 在無線網路架構下, 要整合

各種整合型網路，如 WLAN、個人通訊系統、Ad hoc[15]網路等，需考慮到各種網路架構的特性、通訊方法、傳輸速率、訊框格式、與網路的服務品質，因此，要在這種多重中繼站（multi-hop）的環境下，為要提供漫遊及快速平順的換手機制，需了到一些基本的因素：要讓一個終端設備能在處移動，此一設備必須要使用 Mobile IP 協定，並指定一個永久性的 IP，讓所有要傳到此一設備的封包資料透過 home Agent，將所收到的封包資料送往行動設備所在的地方。因此，各個行動設備還須再有一個能隨網路區段（subnet）的不同而隨之改變的 care-of address，這是用來讓行動節點（mobile node）得以在移動後還能持續與 home network 連接的關鍵，它可以是 foreign agent 的位址，也可以是由 foreign network 上網路介面所分配的一個暫時性位址，當 home agent 收到封包資料後，再以 tunneling[10]方式將封包資料送往指向該 care-of address 的目的地行動設備上。

## 計劃目標：

### （一）在 IPv4 環境下利用 IPv6 來完成換手的方式（IPv4-To-IPv6 handoff）

因為在目前的網路架構中，還是以 IPv4 為主，因此，此一部份主要考量以更高層次的協定技術來將換手的過程由 IPv4 轉換為以 IPv6 的方式來成換手過程，並沿用 IPv4 現有的安全模式，包含以 AAA 方式來做安全註冊請求。這是因為整合網路各自的特性所致，為能有效解決此一整合的問題，必須使各種網路不會影響到其他網路的運作，因此在未來這將能有效協助轉移成 IPv6，因為這個方式將只需讓 MN、FA、HA、及 Home network 支援 IPv6，而網路與 FA 及 HA 間只需 IPv4。

### （二）在純 IPv6 環境下的換手（handoff）方式

由於 IPv6 能做到路徑選擇最佳化（Route Optimization）[5]，一旦得知行動設備的 care-of address 時，可以在不經由 home agent 的協助下，就直接將封包送到該設備的 home address，利用此特性，期望能在 IPv6 上使換手的更程更加平順。這些特性用在整合整合網路的過程中，將可使得在細胞（cell）間移動更有效率，同時由於 IPv6 傳送封包的負荷（overhead）較小，將能有助於 FA 發送 beacon 訊息給 MN。

### （三）設計 IPv6 Stateless Address Autoconfiguration (SAA) in Ad-Hoc Network

實作讓 MN 可以使用 SAA 取得 IPv6 link local address。

**(四) 設計 IPv6 Neighboring Discovery Protocol (NDP) in Ad-Hoc Network**

在 Ad-Hoc network 環境下，設計並實作 IPv6 NDP 協定。

**(五) 設計 Fast Handover in Ad-Hoc Network**

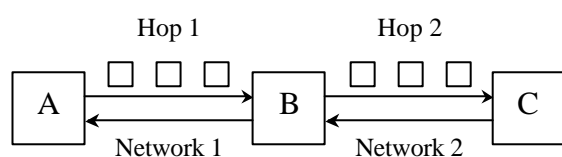
探討在 Ad-Hoc network 下，如何達到快速而無隙縫之 handoff。

**(六) 實驗 Mobile IPv6 in Ad-Hoc Network**

完成 Ad-Hoc network 下 IPv6 之 mobility 測試。

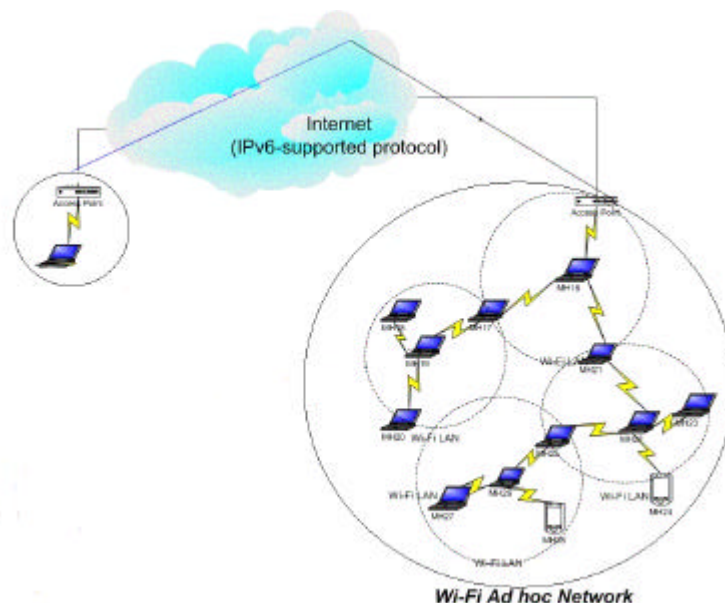
### 三、計畫執行方式

一個行動無線網路是利用無線電波將一群分散在各處的行動終端設備（或節點）所組成。行動無線網路通常可區分為 Single-hop 與 multi-hop 二種，在 Single-hop 網路中，封包資料可直接由來源端送達接收端而不必透過中繼站點，這可以想像成 GSM 系統中手機（mobile station）與基地台（base station）間的通訊情況；而在 multi-hop 網路中，工作站間並無區別，而且封包傳輸過程可能須經由數個中繼站點，如下圖 2，一個工作站收到封包訊息，然後就將它轉送（relay）給目的地端（或下一個中繼站點）。



圖三： Multi-hop relaying

這類型的網路架構通常缺乏一個中央控制器（即基礎建設）來控制網路的整體運作，因此並沒有一個固定的網路拓樸。因此，當一個行動終端設備移動其實際位置到另一個地點時，可能並不在網路存取點電波的涵蓋範圍之內，造成無法再次與其他設備溝通。因此，我們將針對這個問題，提出一個結合 IPv6 的特性來完成在 multi-hop 環境下的整合網路通訊架構，我們將在中正大學建置如圖四所示的整合無線網路實驗平台。



圖四：整合無線網路實驗平台

為了使行動終端設備能達成漫遊的目的，因此 Mobile IP 是必須使用的主要技術，而在採用 Mobile IPv6 的情形下，保留了原先 Mobile IPv4 的 home network 及 home agent，並使用 tunneling[10]方式先將原封包進行封裝，再送給行動終端設備目前所在的存取點，由於為了能夠漫遊，因此仍需要取得 care-of address，在 Mobile IPv6 之下，可利用 Stateless Address Autoconfiguration 及 Neighbor Discovery[8]來完成此一目的。待封包訊息到達行動終端設備所在的存取點後，再利用 Single-hop 或 Multi-hop 方式將封包訊息交由下一個中繼站轉送給目的地，並由存取點負責將不同網路訊框格式轉換成相容的格式。由於不同網路架構的時槽時數不一，為了能使存取點能順利轉換不同網路架構的訊框格式，因此必須設計一個具有彈性的訊框結構，當存取點收集到其相鄰節點足夠的訊框資訊時，就將訊框格式修改成符合該網路架構的訊框格式。行動終端設備的移動情況可歸納為以下四種：

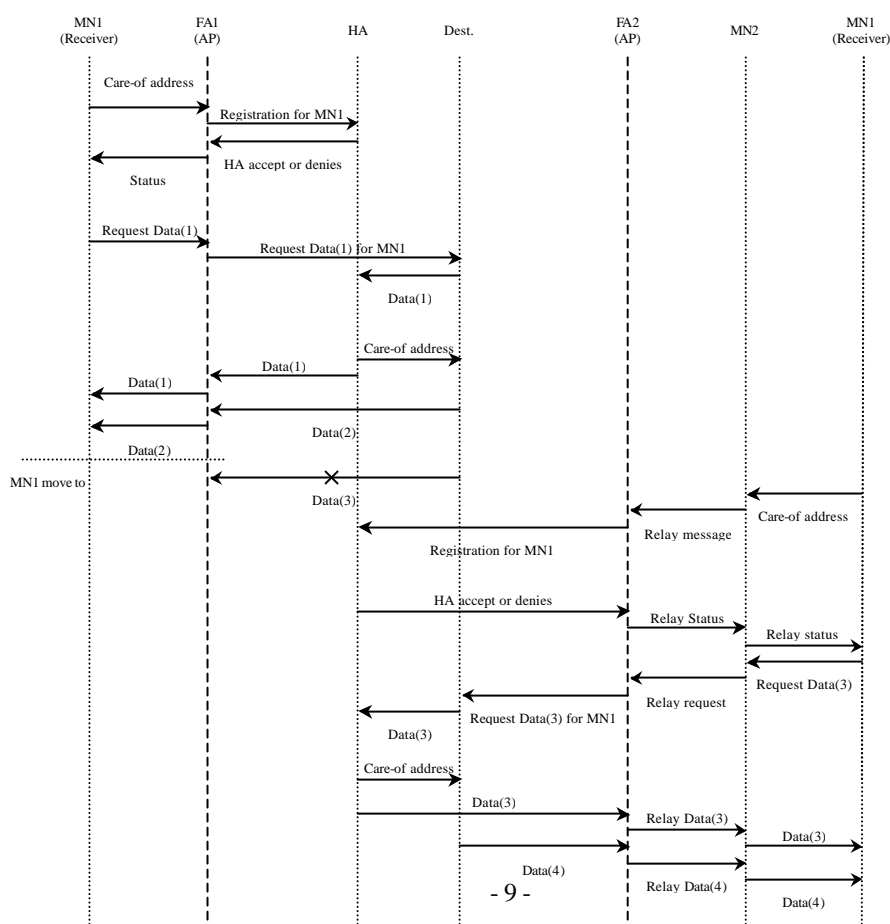
1. 當接收端在連結未結束前就離開其所在地，將會使得後續要送達給接收端的訊息送到一個無效的位置，因此，需在移動後，註冊其新位置，使後續的訊息能到正確到達。
2. 同樣的情況若發生在傳送接，則會使得傳送端無法收到由接收端送回の確認訊息，此時需由 HA 將傳送端新的註冊位址，傳達給傳送端，使雙方得以完成未完成的工作。
3. 在整合網路的環境下，若想在不由網際網路的情況下，完成兩個網路間的資料傳遞，則必須有一個整合網路存取點（Heterogeneous AP）直接連接二個路，當接收的任一方在不同的二種網路環境做傳送的資料，皆需先由整合網路存取點來將封包格式轉換後，再交給另一方的 foreign Agent。
4. 由於二個整合網路直接相連的情況在現實中相對較少，因此大部份是經由網際網路做為二個整合網路的中介，當某一方的 AP 經由網際網路收到另一個網路的封包資料，此一 AP 要有能力將判斷來源端及自己所屬的網路類型，才能將封包資料正確地轉成正確的格式。

以下就針對上述各種情況，分別詳述在不同的情況及環境下，各個行動終端設備移動的狀態：



### (一) 接收端在同質網路間的移動

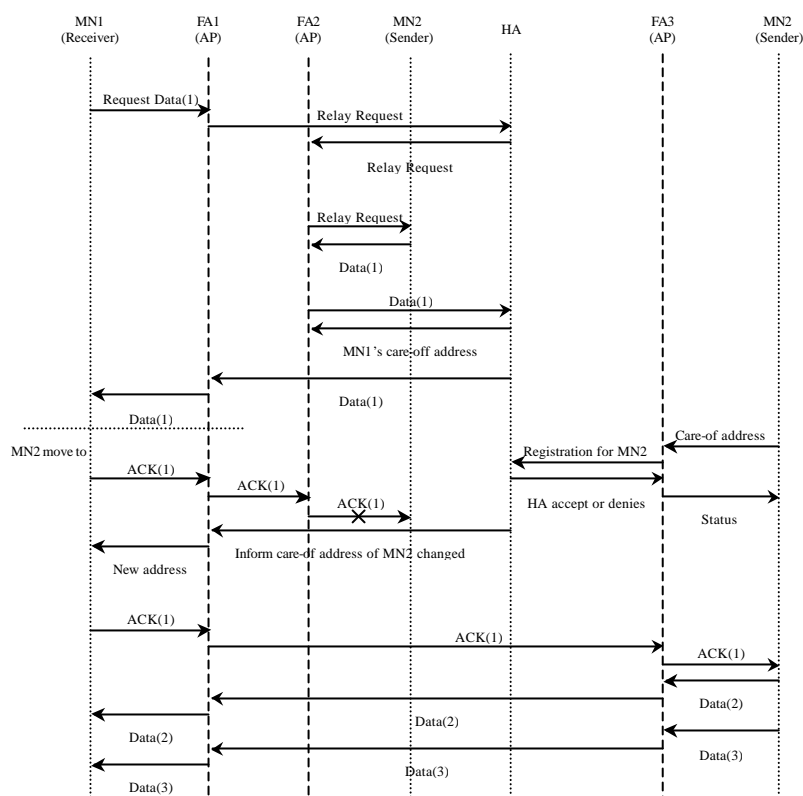
起初接收端 MN1 位於 FA1 所含蓋的服務區域之內,當 MN1 由 agent advertisements 取得 care-of address 後,必須向它的 home agent 註冊此一位址。此時 MN1 會發出要求註冊的請求,此一請求帶有 MN1 在 FA1 區域內取得的 care-of address, HA 在收到註冊請求後,即回應本次註冊之狀態。之後, MN1 由 FA1 移動到另一個服務區域 FA2,而傳送端並不知道 MN1 已移動,因此要在 MN1 移到另一個新的區並在傳送端第一次將資料送給 HA 時,由 HA 告知傳送端 MN1 的 care-of address,之後傳送端就可將資料送到 FA1。而由於 MN1 移到 FA2 時,無法以 one-hop 的方式直接與 FA2 相連,因此,為了能持續連結上網路, MN1 會搜尋與它相距最近的另一個行動終端設備(此即為 MN2),並再次利用 Stateless Address Autoconfiguration 及 Neighbor Discovery[8]來取得一個新的 care-of address,再透過 MN2 為其轉送[11][12]註冊訊息及封包訊息,此時 MN2 為一個中繼節點,負責將由下層行動設備所收到的訊息轉送給目的地(或下一個中繼節點),並將所回應的資料往下送給 MN1,因此 MN2 要產生一個資料結構來維護轉送的封包序號及接收方的確認訊息,以完成 multi-hop 的連結。圖五說明了行動終端設備移動後的註冊情形,以及如何利用中繼節點來達到服務範圍擴大的目的。



圖五: 接收端移動性問題

## (二) 傳送端在同質網路間的移動

當兩行動終端設備的連結已建立時，若傳送方端未完成接收端的服務請求前早已離開原始的服務區，由於接收端不知道傳送端最終移動的區域，造成雙方間的連結無法繼續。此時應設法讓接收端在傳送端到達另一服務區域後，將傳送端已離開此一服務區的訊息告知接收端，因此，可在傳送端向 HA 註冊後，由 HA 向原始接收端告知此一訊息，使得雙方能繼續先前未完成的連結。圖六說明了當接收端 MN1 在收到一部份訊息後，由於在回傳 ACK 息前，傳送端 MN2 已離開 FA2 的服務區域，造成連線終止，待 MN1 收到由 HA 通知 MN2 新的 care-of address 後，再以此新的 care-of address 將 ACK 訊息送回給傳送端，以回復資料服務的連結恢復。

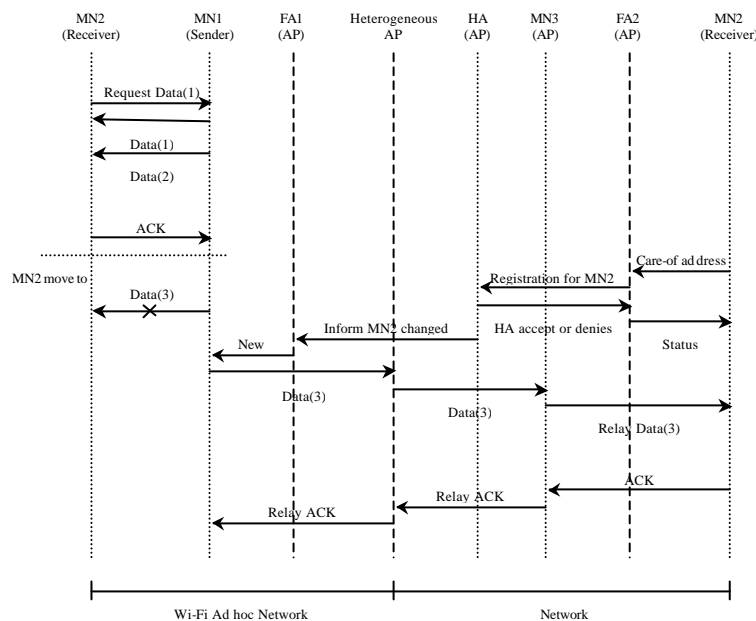


圖六 傳送端移動性問題

## (三) Mobile node 在整合網路間的移動

若傳送端與接收端皆位於同一種網路型態中，則其間的連結關係只須考慮到移動性及是否需透過 multi-hop 即可。但若其中一方移動到另一種不同的網路型態中，則會因為二種網路的時槽間隔時間不一、網路傳輸速度不同、及存取方式 (Access Method)

不同，導致必須透過網際網路存取點先將封包資料送上網際網路，再由另一方的存取點傳送給接收端。此種情況下，若這二個網路利用一個預先設立的介面( specific interface )直接相連，就可在傳送資料時直接經由此一介面送到另一個網路中，節省傳輸時間並可提高傳輸效率。圖七說明如何利用一個特殊的介面來整合二個整合網路，達成網路型態的透明性。傳送端 MN1 與 MN2 原本在 FA1 的服務區域中，但 MN2 在連結未結束前移到了由 FA2 所負責的網路服務區，此時，若要直接讓資料在二個網路間傳送，就要先將資料送交到二個網路間共用的特殊介面，由它來完成二個網路的訊框轉換及同步的工作。



圖七 整合網路間的移動性問題

若二整合網路並無以 Heterogeneous AP 直接相連，而需透過網際網路做為封包資料的通訊中介時，則過程類似於圖 4。但差異在於當任一方的 AP 由網際網路界面接收來自於另一網路的封包資料時，該 AP 必須負責將訊框轉換成自己服務區域所能解析的格式，因此，此一 AP 必須能夠了解來源端及自己所屬的網路類型，才能針對網路特性讓不同網路達成同步。

## 四、計畫預算書

人事費:

主持人:  $10,000 * 12 = 120,000$

共同主持人:  $10,000 * 12 = 120,000$

碩士班研究助理四名:  $6,000 * 5 * 12 = 360,000$

業務費(郵電、耗材、文具、印刷、差旅等): 140,000

管理費(8%): 59,200

總經費: 799,200

## 五、參考文獻

- [1] Charles Perkins. “IP Mobility Support”, RFC-2002, Mobile IP Working Group, October 1996.
- [2] Charles Perkins, “Mobile-IP Local Registration with Hierarchical Foreign Agents Approach”, IETF Draft, February 1996.
- [3] Charles E. Perkins, “Mobile IP”, IEEE Communications Magazine, Volume: 35 Issue: 5, May 1997.
- [4] S. Deering and R. Hinden, “Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification”, IETF RFC 1883, Dec. 1995.
- [5] Mobile IP Working Group, “Routing Support for IP Mobile Hosts”, Internet Draft, Dec 1993.
- [6] G. Holland and N. Vaidya. Analysis of TCP performance over Mobile Ad-Hoc networks, ACM Mobicom’99, Seattle, WA, 1999, pp219-230.
- [7] S. Deering and R. Hiden, “Internet Protocol, Version 6 Addressing Architecture”, IETF RFC 1884, 1995.
- [8] T. Narten, E. Nordmark, and W. Simpson, “Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)”, IETF RFC 1970, Aug. 1996.
- [9] S. Bradner and A. Mankin, “The Recommendation for the IP Next Generation Protocol”, IETF RFC 1752, Jan. 1995.
- [10] C. Perkins, “IP Encapsulation Within IP”, IETF RFC 2003, May 1996.
- [11] Hiromi Wada & Brian Marsh, “Packet Forwarding for Mobile Hosts”, Internet Draft, July 1993.
- [12] Hiromi Wada, Takashi Yozawa, Tatsuya Ohnishi, & Yasunori Tanaka, “Mobile Computing Environment Based on Internet Packet Forwarding”, Proc. of Winter USENIX, Jan 1993, San Diego, CA, p.503-517.
- [13] V. H. MacDonald, “The Cellular Concept”, Bell System Technical Journal, vol. 58 no. 1, part 3, Jan. 1979.
- [14] A. Flademuller and R. De Silva, “The effect of Mobile IP handoffs on the performance of TCP”, Mobile Networks and Applications, Vol. 4, No. 2, pp 131-135, May 1999.
- [15] J. Broch, D. B. Johnson, D. A. Maltz, et.al., “A performance comparison of multi-hop wireless ad-hoc network routing protocols”, ACM/IEEE Int. Conf. On Mobile Computing and Networking, pp. 85-97, October. 1998.
- [16] Hemant Chaskar, “Requirement of a QoS Solution for Mobile IP”, IETF Mobile IP Working Group, draft-ietf-mobileip-qos-requirements-03.txt, 30 July, 2002.
- [17] K. Weniger and M. Zitterbart, “IPv6 Autoconfiguration in Large Scale Mobile Ad-Hoc Networks,” European Wireless 2002, Florence, Italy pp. 142~148, Feb. 2002.