

國立交通大學

網路工程研究所

碩士論文

在異質性網路下以多重介面之測試平台
實現媒介獨立換手機制

Implementation of Media Independent Handover
Functions for Wi-Fi/Ethernet Heterogeneous Networks

研究生：蕭允琳

指導教授：簡榮宏 教授

中華民國九十七年九月

在異質性網路下以多重介面之測試平台實現媒介獨立換手機制
Implementation of Media Independent Handover Functions for Wi-Fi/Ethernet
Heterogeneous Networks

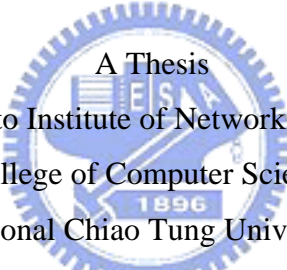
研究生：蕭允琳

Student：Yun-Lin Shiau

指導教授：簡榮宏

Advisor：Rong-Hong Jan

國立交通大學
網路工程研究所
碩士論文



A Thesis
Submitted to Institute of Network Engineering
College of Computer Science
National Chiao Tung University
in partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in
Computer Science
September 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十七年九月

在異質性網路下以多重介面之測試平台 實現媒介獨立換手機制

研究生：蕭允琳

指導教授：簡榮宏 博士

國立交通大學網路工程研究所



摘 要

近年來隨著網路存取技術的發展，使用者對於可同時存取多種網路技術的需求也有明顯的提升。從使用者的觀點來看，使用者會期望行動裝置可同時具備多重介面並能在任何地點隨時連結上網來存取所需的服務。在 IEEE 802.21 媒介獨立換手機制中，可提供整合不同的存取網路，來減少換手的延遲時間。有鑑於此，在本論文研究中，希望以目前最為普遍的無線區域網路和有線網路環境為基礎，實際將媒介獨立換手機制應用在同時具備兩個介面的行動節點上，並探討行動節點在異質性網路環境下進行換手的情形，以期望達到服務能夠連續並獲得較佳的服務品質。

Implementation of Media Independent Handover Functions for Wi-Fi/Ethernet Heterogeneous Networks

Student : Yun-Lin Shiau

Advisor : Dr. Rong-Hong Jan

INSTITUTE OF NETWORK ENGINEERING

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY



Abstract

The more development of the network access technologies, the more demands of accessing multiple network technologies for users will increase. It becomes more important that integrating heterogeneous network technologies for multi-mode network device. The Media Independent Handover Functions (MIH Functions), defined in a framework proposed by the IEEE 802.21 working group, provide a convergence of diverse access networks to facilitate handover and achieve better performance. In this thesis, the MIH Functions on the test-bed are applied to analyze the impact of handover within Wi-Fi and Ethernet. The experiment results show that the mobile device with MIH Functions not only improves the handoff latency, but also reduces the packet loss significantly while roaming across heterogeneous networks.

誌謝

在這兩年的研究所生涯中，首先要感謝我的指導教授簡榮宏老師，感謝老師悉心的教導與栽培，除了提供研究領域上完善的資源外，不時的指點我正確的方向，同時也培養我主動思考與解決問題的能力，使我在這些年中獲益匪淺。論文的完成另外亦得感謝老師的大力協助，使得論文能夠完整而嚴謹。

在實驗室的日子中，感謝學長姐（世昌學長、安凱學長、嘉泰學長、蕙如學姐、家瑋學長、文彬學長）、同學（佑笙、敬之、宇翔、俊傑）以及學弟妹們（子興、志賢、淑盈），因為有你們在，不論在學術上或是共同生活的點點滴滴，讓我在這兩年的生活可以苦中作樂、紓解壓力，研究生活因此變得多彩多姿，尤其是聚餐和實驗室共同出遊，更讓我留下許多美好的回憶。特別感謝世昌學長和嘉泰學長忙於自己博士研究外，還提供我研究思考的方向與建議，且總能在我迷惘時為我解惑，讓我能夠順利的完成碩士論文，也感謝同學們時常陪伴我一起度過許多夜晚趕出論文和實驗。

最後要感謝我的家人和身邊的眾多好友，由於有你們在背後默默的支持和鼓勵，是我可以繼續努力前進的最大動力，也謝謝你們的體諒與包容，僅以此文獻給我最摯愛的家人和朋友們。



目錄

第一章	簡介.....	1
第二章	相關研究	4
2.1	整合異質性存取網路技術的研究.....	4
2.2	媒介獨立換手機制.....	5
2.2.1	媒介獨立事件服務.....	6
2.2.2	媒介獨立命令服務.....	6
2.2.3	媒介獨立資訊服務.....	7
第三章	系統組織	8
3.1	系統架設.....	8
3.1.1	系統環境.....	8
3.1.2	行動式網路.....	9
3.1.3	網路認證.....	11
3.2	系統架構.....	12
3.2.1	系統元件.....	12
3.2.2	換手程序.....	15
第四章	系統效能評估	18
4.1	環境設定與工具介紹.....	18
4.2	實驗流程.....	19
4.3	實驗結果分析.....	21
第五章	結論.....	23
參考文獻	24

圖目錄

圖 1.1 行動節點在異質性網路之整合圖	2
圖 2.1 媒介獨立換手機制架構圖	6
圖 3.1 系統網路環境架構	9
圖 3.2 行動式網路架構圖	10
圖 3.3 系統之行動式網路架構圖	10
圖 3.4 802.1x 認證機制運作流程	12
圖 3.5 媒介獨立換手機制和服務存取點關係圖	13
圖 3.6 系統架構圖	14
圖 3.7 有線網路換手至無線區域網路的流程	16
圖 3.8 無線區域網路換手至有線網路的流程	17
圖 4.1 系統網路環境拓樸圖	18
圖 4.2 實驗換手程序流程圖	20
圖 4.3 整體換手延遲時間統計圖	21
圖 4.4 整體換手封包遺失統計圖	22



第一章 簡介

近幾年來，隨著網際網路以及無線網路連結技術的發展下，網路存取的連接方式已從有線網路漸進發展到無線網路的連接。由於在有線網路中，使用者在取得網際網路服務時，勢必侷限於有限的範圍中，而在無線通訊存取技術的蓬勃發展下，便有各種不同的存取技術相繼提出並制定其標準，這些存取技術包含由美國電機與電子工程師協會（The Institute of Electrical and Electronics Engineers，簡稱 IEEE）所制定的一系列以 IEEE 802 為字首的規格，一般稱為 IEEE 規格家族如 IEEE 802.11 [1] 無線區域網路，亦為大家所熟知的 Wi-fi 網路和近年來多家通信大廠大力推動下基於 IEEE802.16 [2] [3] 的全球微波存取通信技術（Worldwide Interoperability for Microwave Access，簡稱 WiMAX）等，和非 IEEE 規格家族如第三代合作夥伴計畫（3rd Generation Partnership Project，簡稱 3GPP），這些不同網路存取技術的通訊涵蓋範圍與傳輸的速率也各自不同，使用者將有可能在同一個地點下，暴露於不同網路存取技術下的涵蓋範圍內，並能同時使用不同的網路技術來取得網路服務。

有鑑於此，為了因應行動用戶端（Mobile User）能隨時隨地使用網路服務，利用支援移動性的多模式網路設備（Multi-Mode Network Device），亦即此網路設備可同時具有多張的網路卡介面。行動用戶端能夠利用這些不同的網路介面連結到不同的存取網路。例如用戶端原本在室內所使用的是有線的 IEEE 802.3 [4] 乙太網路（Ethernet），當此用戶端需要移動到室外時，可能在無線網路存取點（Access Point，簡稱 AP）或是基地台（Base Station，簡稱 BS）的涵蓋範圍內，就必須從有線網路切換到無線網路來取得服務，而我們將此種行動裝置從一個網路切換到另一個網路之間的程序稱為換手（Handover）程序。當換手程序是發生在同質（Homogeneous）網路之間，稱之為水平換手（Horizontal Handover）。相對地，當換手程序是發生在異質性（Heterogeneous）網路之間，則稱之為垂直換手（Vertical Handover）。在現今的網路環境中，多重網路的存取技術已成為目前網路發展的重點之一，行動節點（Mobile Node）可以根據不同網路卡介面所支援的網路存取技術，在各種網路間進行換手程序，以獲得所需的網路服務。而目前也有越來越多的研究文獻在異質性網路整合這方面作探討，希望能提供一套管理的機制，使得換手期間切換於不同的網路技術能夠獲得較好的服務品質（Quality of Service，簡稱 QoS）。

圖 1.1 為行動節點在異質性網路架構下的整合圖，此網路架構整合了 IEEE 802.3 有線網路和 IEEE 802.11、IEEE 802.16 無線網路等三種不同規格的網路，而這些存取網路所提供的涵蓋範圍和傳輸速率也有所不同。假設此行動節點原先經由 IEEE 802.11 的無線網路存取點來獲得網際網路提供的服務，水平換手發生

則是由目前的無線網路存取點換到同樣也是 IEEE 802.11 的無線網路存取點，其提供短距離的存取網路服務。垂直換手的發生則是當此行動節點移動到室內，由原先的無線網路存取點切換連結到 IEEE 802.3 的有線網路來獲取較快的傳輸速率，或是切換到 IEEE 802.16 的基地台，其所提供的涵蓋範圍較廣，便能達到連續接取服務的目的。

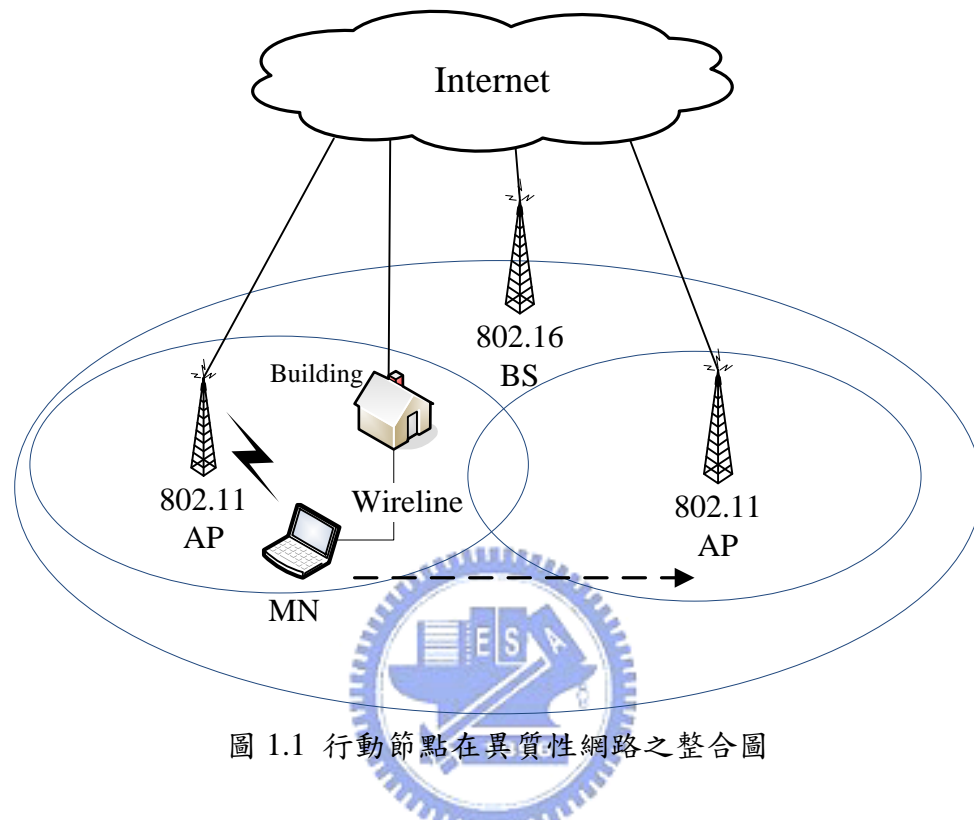


圖 1.1 行動節點在異質性網路之整合圖

當行動用戶端即將要發生換手程序時，不論是水平換手或是垂直換手，通訊品質會因為換手而受到影響，為確保有良好的通訊品質，我們將希望能夠滿足無接縫換手 (Seamless Handover) 的需求。所謂無接縫換手主要是針對使用者而言，因為漫遊在不同的存取網路，而在換手過程中將有可能會面臨到切換到不同網域所導致的網路位址變更，此時無接縫換手機制必須要保證目前所使用的網路服務不會因為網路位址的變更而造成服務中斷。亦即當發生網路切換時，使用者不會因此感受到服務不連續的情形發生。此外，由於不同的網路存取機制，相對於網際網路服務提供者也可能不相同，有關於網路安全性的考量便更加重要。若是行動用戶端想要使用這些網路資源，必定會衍生出使用者付費這個觀念。認證授權和計費協定 (Authentication, Authorization and Accounting, 簡稱 AAA) 即提供完整的使用者安全認證存取機制。經由付費的機制，使用者在存取網路服務時，可避免非法使用者的惡意攻擊，也能確保網路資源安全地被使用。

為了要讓行動節點能夠在不同的網路存取技術作切換，目前 IEEE 802.21 正在擬定相關草案，主要針對不同的網路媒介存取控制層 (Media Access Control Layers, 簡稱 MAC Layers) 和網路層 (Network Layers) 間的運作來探討，提供行動節點和基地台間對於不同的網路存取技術都能有共同一致的換手訊息，並利

用此訊息讓行動節點能夠選取各種不同的存取網路以進行媒介獨立換手程序，以便能夠在異質性網路換手的過程中仍然能夠獲得連續性的服務和較好的服務品質。

本論文主要的研究動機是希望將 IEEE 802.21 [5] 媒介獨立換手機制 (Media Independent Handover, 簡稱 MIH) 實際運用在行動裝置中，並以目前最常使用的 IEEE 802.3 乙太網路和 IEEE 802.11 無線區域網路兩種不同的網路存取技術來作整合，藉由跨越第二、三層的媒介獨立換手機制所提供的特性，能夠利用第二層所提供的網路資訊，讓行動節點在存取網際網路服務且同時更換到不同的存取網路環境時，能夠減少換手的延遲時間和降低封包丟失率，使得換手程序能夠更輕易完成。

本論文其餘的章節架構如下，在第二章，首先會介紹媒介獨立換手機制的相關研究。在第三章，我們將介紹整個架構下所需提供運作的機制和描述系統架構的運作流程與執行換手的選擇機制。第四章則包含實際的環境測試介紹和實驗數據。最後第五章則為本論文的總結。



第二章 相關研究

截至目前為止，在重疊的存取網路架構環境裡，整合這些各種不同的存取網路並有效的作管理與控制，已經有許多相關的研究文獻進行探討。在 2.1 節中，我們將會對這些整合異質性存取網路技術的相關研究方法作介紹與分析。而在 2.2 節中，主要針對 IEEE 802.21 目前仍在著手擬定的媒介獨立換手機制，說明其整體的架構與特性。

2.1 整合異質性存取網路技術的研究

在目前網路發展的趨勢中，逐漸朝向 All-IP 的網路架構下演進，目的就是希望能夠隱藏異質性存取網路方式的不同，而對各種的存取網路加以整合。對於各種不同的存取網路環境下，行動節點若是要在這些存取網路中作切換，首先面臨到的問題便是當此行動節點發生垂直換手時，在異質性網路的存取方式會各自不同，則必須要有一套管理機制去監控各個不同的存取網路媒介，並根據其提供的資訊來選擇適合的網路，以便得到較好的服務品質。

在論文[6]中，提出一個整合網路換手的通訊協定（Handoff Protocol for Integrated Networks，簡稱 HPIN），能讓行動節點在異質性無線網路裡獲得較好的效能。其概念主要是以第三層換手的方式為出發點，並以階層式的架構（Hierarchical Mobile IP）為基礎，來改善傳統行動 IP 技術因換手所產生大量的交換訊息。透過其定義的訊息並利用行動錨點（Mobility Anchor Point，簡稱 MAP）作為代理者的特性，讓行動錨點能夠維護每個子網域的負載狀態，並能掌握其範圍下任何行動節點的連結狀態和移動模式等資訊。由於行動錨點能夠提前知道行動節點和鄰近網路的資訊，便可以預先觸發換手的程序，使得在換手期間能減少服務中斷的時間和較低的封包丟失率，來達到無接縫的換手並確保良好的服務品質。

然而上述架構中，主要是針對網路層來探討不同存取網路的架構。在此系統中，是採用集中管理的模式，必須要考量到對於每一種的存取網路，由於其操作運行模式可能相異，則需要監控不同的網路媒介，才能收集鏈結層的資訊並交由上層作預先觸發第三層換手的準備，而對於擴展多重覆蓋的異質性網路技術考量也並不容易。

在論文[7]和[8]中，都是以 IEEE 802.21 所提出來的媒介獨立換手機制作為異質性存取網路技術換手的依據。其中論文[7]裡所提出的換手機制，是採用 Mobile IPv6 為基礎，以解決行動節點在不同存取網路的移動情形。其換手機制除了提供原先媒介獨立換手機制的訊息外，新增加一些訊息和參數，使得當有新的無線

網路存取點出現或是前置資訊 (prefix information) 有改變時，將可讓行動節點在發生第二層換手前就預先獲得此資訊，如此將可以減少行動節點在換手時搜尋鄰近網路的時間。

而在論文[8]中，是針對有線和無線的環境中，提出低延遲時間的換手程序，來達到無接縫的換手並確保服務品質。在此架構中，利用伺服器 (Server) 元件來管理行動節點的換手決策，根據目前各個網路的狀態和使用者的喜好程度並考量網路的負載平衡來決定最好的目標網路。當行動節點的換手程序是發生在無預期機制的有線網路環境中時，將會透過媒介獨立換手機制來觸發換手，讓伺服器能夠發送快速更新訊息 (Fast binding update message)，由於伺服器已事先決定好無線網路並取得暫時的位址 (Care of Address，簡稱 CoA)，如此一來，行動節點在換手期間將可減少換手的延遲時間和降低封包丟失率。

雖然在論文[7]和論文[8]中，對於整合異質性網路的架構中，是採用制定的 IEEE 802.21 媒介獨立換手機制，將第二層和第三層的換手程序作整合，不同於在應用層或是網路層，只有針對某一層的網路狀態變化作監控。透過此機制，讓上層能更容易與底層溝通，有助於異質性網路下垂直換手程序能流暢地進行，確實降低換手的延遲時間也減少封包的遺失。但是，這兩篇論文都是在模擬器的網路環境中進行實驗和評估分析其效能，並未實際應用在現存的網路環境架構中。若是實際開發在目前的網路架構中，對於效能的準確性和評估勢必會有些許的落差。

2.2 媒介獨立換手機制

目前正在制定中的 IEEE 802.21 草案，主要是希望能夠將異質性網路作整合所提出的一種機制。其屬於跨階層式的架構，提供一個共通的介面，橫跨網路第二層和第三層協定之間，上層需要向媒介獨立換手機制作註冊的動作，才能藉由媒介獨立換手機制收集底層 (包括網路媒介存取控制層和實體層) 不同存取媒介的訊息，並將這些收集到的訊息轉換為統一的格式由上層來讀取。上層可以根據獲得的訊息下達命令給媒介獨立換手機制來控制底層網路媒介的運作。這種系統架構對於異質性網路而言，能更容易協調與掌控多個網路媒介的存取，以達成快速流暢的換手並保持連續不中斷的網路服務。

在媒介獨立換手機制中，對於上層和下層提供了同步和非同步的服務，透過媒介獨立事件服務 (Media Independent Event Service，簡稱 MIES)、媒介獨立命令服務 (Media Independent Command Service，簡稱 MICS) 和媒介獨立資訊服務 (Media Independent Information Service，簡稱 MIIS) 等三種服務來管理決定並控制底層不同的網路存取媒介。圖 2.1 為媒介獨立換手機制的整體架構圖。說明三種服務在媒介獨立換手機制中介於網路層和鏈結層的相互關係。以下將分別針對此三種服務內容來作更詳細的介紹。

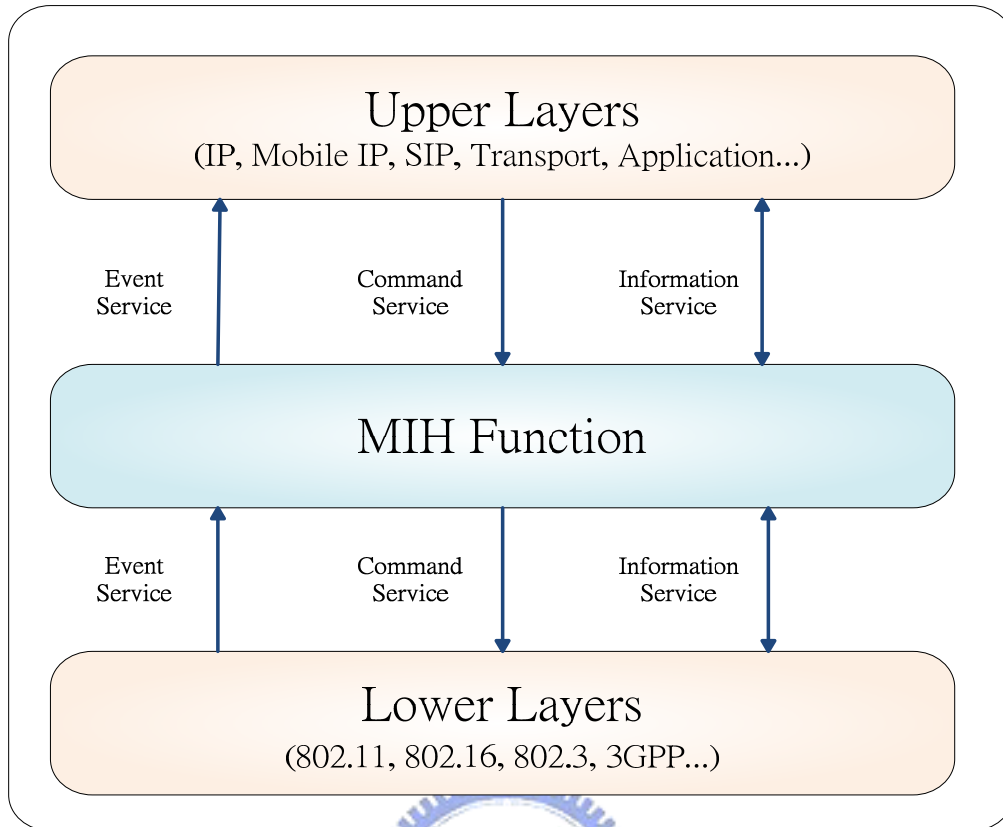


圖 2.1 媒介獨立換手機制整體架構圖

2.2.1 媒介獨立事件服務

在一般的網路環境換手中，換手程序通常是經由行動節點或是網路來發起。對於產生換手程序的事件中，可能是由行動節點或是網路上的接口（Point of Attachment，簡稱 PoA）在網路媒介存取控制層或實體層因為移動的狀態發生改變或網路端的管理機制才會觸發換手。

媒介獨立事件服務主要是上層向媒介獨立換手機制經由註冊的動作後，將底層的網路存取媒介（包含 802.3, 802.11, 802.16, 3GPP, 3GPP2 等）透過媒介獨立換手機制告知上層鏈結層的狀態。例如在無線區域網路的環境中，當行動節點連結到存取點時，行動節點經由註冊程序完成後，其連線程序的底層狀態將會由離線（Link Down）轉變為上線（Link Up），此時媒介獨立換手機制將會觸發一個上線事件告知上層，讓上層能夠知道底層的狀態轉變並依照不同的事件作適當的處理。由於不同的網路存取媒介所傳輸的形式不相同，必須將底層的資訊轉換為共通的形式提供給上層使用，對於上層而言，即毋需瞭解下層網路不同存取媒介的詳細規格，如此便能達到媒介獨立的控制，使得在整合異質性網路環境換手的過程中更能輕易完成。

2.2.2 媒介獨立命令服務

媒介獨立命令服務主要是由上層下達命令給下層的服務，上層的決策可以透

過媒介獨立換手機制轉換為底層網路存取媒介的格式，讓底層網路可以執行相對應的命令，提供上層對於底層不同的網路存取媒介作有效的控制與管理，使得上層更易於作最佳化的換手決策。例如網路端可以發起並控制換手的程序，讓兩種不同的存取網路達到負載平衡的作用。

由於連結的狀態可能會依據不同的時間和行動節點的移動而有所不同，上層會根據底層網路存取媒介收集而來的連結參數如訊號強度、連結速度等動態的資訊，或是依據使用者的喜好程度等來決定換手之後所選定的底層網路，經由這些資訊，可以減輕換手程序中的負擔以獲得較好的服務品質。舉例來說，如果底層經由媒介獨立換手機制觸發一個即將離線的事件給上層，表示目前行動節點可能漸漸遠離連結上的存取點，此時，假設底層擁有多個網路卡介面，上層可以透過收集到的資訊決定目標網路，並向下層下達命令切換到另一個網路卡介面，讓資料流導向新的網路並重新開始服務。

2.2.3 媒介獨立資訊服務

媒介獨立資訊服務提供行動節點和網路端能在鄰近範圍內偵查到新的存取網路並取得這些網路的資訊，讓換手程序更易於進行。主要的目的是在異質性網路環境中，提供所有存取網路的相關資訊，讓行動節點漫遊在不同的存取網路時能達到無接縫換手。

由於行動節點在移動的過程中，必須隨時偵查是否有鄰近的網路可供使用，並希望取得這些鄰近網路的相關資訊，有助於執行換手程序。媒介獨立資訊服務採用詢問答覆（query-response）的機制，透過媒介獨立換手機制來偵查鄰近的網路並擷取網路相關資訊，其包含網路的種類、頻道的資訊、網路擷取點的實體位址、擷取點所支援的傳送速率、網路服務業者提供的資訊和其他能讓上層有助於作換手決策的相關資訊等。此外這些資訊可同時提供給上層和底層存取網路所使用，行動裝置便可透過媒介獨立資訊服務所蒐集到的資訊，經由評估過後決定換手到哪一個適合的存取網路，以獲得更好的服務。

第三章 系統組織

我們所提出的系統主要以 IEEE 802.3 乙太網路及 IEEE 802.11 無線區域網路兩種不同的異質性網路為背景，並在 Linux 的環境中將媒介獨立換手機制實際應用在現有的行動式網路系統。

在本章中，我們首先介紹系統環境中所需使用的相關元件及其功能與設定，接著會詳細介紹整體的系統架構及媒介獨立換手機制在此架構中的運作流程與換手的決策。

3.1 系統架設

在這一小節中，將會介紹系統的環境設定、相關的元件及其運作。

3.1.1 系統環境

首先在我們的系統中，必須要考慮到在異質性網路環境中行動節點的移動情形。當行動節點經由網路位址連結到網際網路上的其他節點並取得服務時，我們必須要考慮到行動節點移動的過程中，若是連結上的網域是不相同的，為了避免網路服務因為換手而造成的中斷，希望行動節點能夠維持網路位址的一致性。此外，基於使用者付費的原則，並不是所有的網路媒介都有存取的能力，我們希望經由認證的方式，除了讓行動節點有能力存取網路外，也能更安全的使用網際網路資源。

圖 3.1 為系統網路環境架構，由於 IEEE 802.3 乙太網路和 IEEE 802.11 無線區域網路為目前最普遍的網路存取技術，因此我們採用這兩種網路存取技術來作為行動節點換手的環境。當行動節點連結上網路時，首先需要透過後端網路的 AAA 伺服器取得認證才能使用此網路資源，當完成認證後，行動節點才會由動態主機設定協定 (Dynamic Host Configuration Protocol, 簡稱 DHCP) 伺服器取得網路位址。由於換手後的網域不同，為了要收到對應節點定期送出的封包，行動式網路可以用來解決在不同網域間換手仍能使用同一個固定 IP 來取得網路服務。

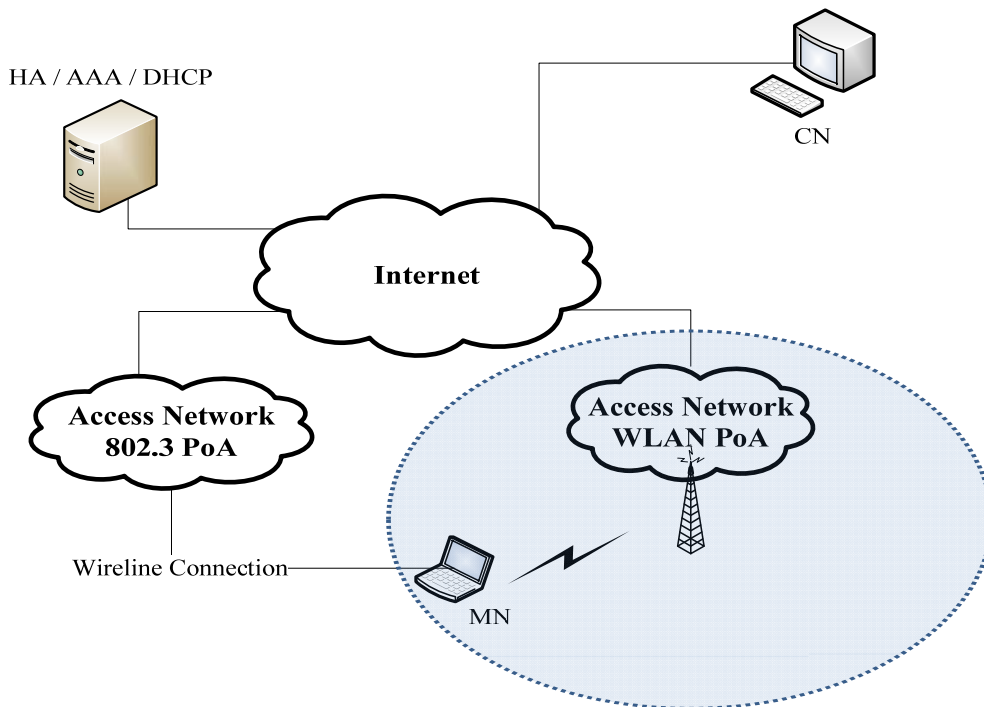


圖 3.1 系統網路環境架構

3.1.2 行動式網路

在目前的網路環境架構中，逐漸以 IP 基礎的網路環境為發展的趨勢。當行動節點移動發生換手時，首先面臨到的一個問題便是換手之後所連結到的網域將有可能會不相同。為了解決行動節點漫遊在不同網域需要變更網路位址而使得服務中斷的問題，由國際網路工程研究團隊（Internet Engineer Task Force，簡稱 IETF）所提出的行動式網路（Mobile IP）[9]，主要目的是希望能在異質性網路環境下支援行動節點的移動性。

圖 3.2 為行動式網路架構圖，在 Mobile IP 的系統架構下，行動節點在家網路（Home Network）中會向本地端網路代理者（Home Agent，簡稱 HA）經由註冊後取得一個固定的網路位址，當此行動使用者移動到其他不同網域時，將會透過外地網路代理者（Foreign Agent，簡稱 FA）取得一個暫時的位址。為了要維持網路位址的一致性，行動節點必須要將此暫時位址和固定位址等資訊透過外地網路代理者向本地端網路代理者作註冊的動作，當註冊完成後，對應節點（Corresponding Node，簡稱 CN）要將封包傳送給行動節點時，封包會由本地端代理者負責接收，此時本地端代理者會根據先前外地網路代理者註冊的資訊，將封包透過封裝通道（Tunnel）的模式轉送給外地代理者，再由外地網路代理者轉送給行動節點。

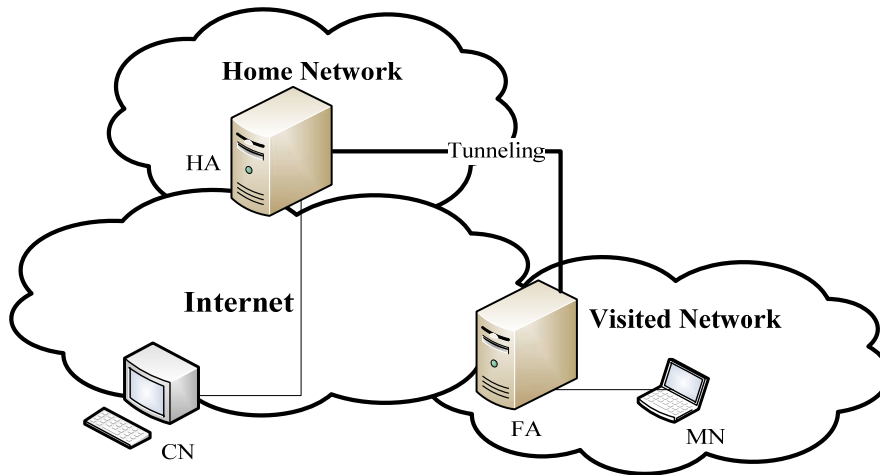


圖 3.2 行動式網路架構圖

在我們系統環境中，由於沒有外地網路代理者負責接收從家網路的本地端網路代理者轉送的封包給行動節點。為了要達到行動式網路的目的，讓行動節點只需要使用一個固定的網路位址就能取得網路服務，我們必須將外地網路代理者的功能放置於行動節點中。圖 3.3 為我們系統所採用的行動式網路架構圖。首先行動節點在家網路環境中會先取得一個固定位址來連結本地端網路代理者，若有封包要傳送給行動節點時，則會由本地端網路代理者幫忙接收並轉送給行動節點。當行動節點從家網路移動至外地網路時，將會取得一個暫時位址使之能連結上網際網路。此時，行動節點必須要利用此一暫時位址和固定位址向本地端網路代理者註冊此一訊息並告知目前已經移動至外地網路。除此之外，每隔一段時間也會定期的更新目前行動節點的最新狀態。本地端網路代理者收到此註冊封包後，將會和行動節點建立一條通道，通道的通訊方式是採用 IP-in-IP 通道。由於沒有外地網路代理者代為轉送封包，行動節點在收到此封包必須要自行解封裝，如此才能解讀封包的資訊。

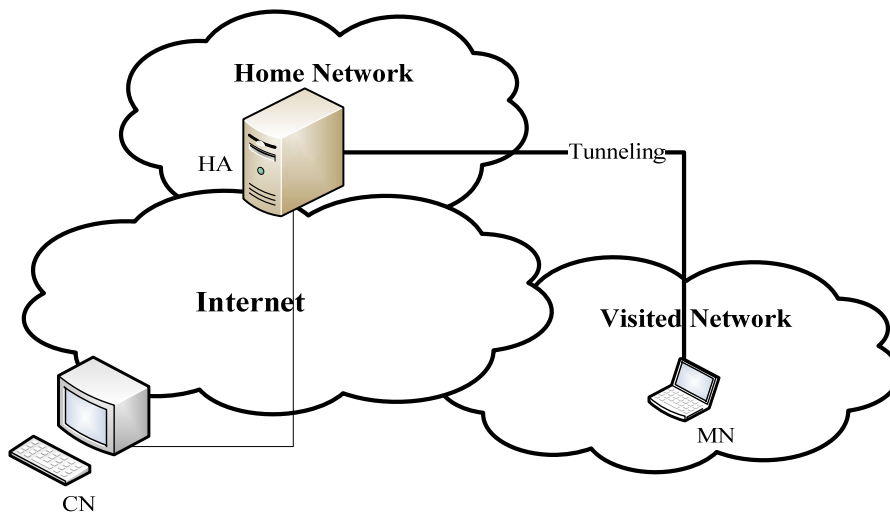


圖 3.3 系統之行動式網路架構圖

3.1.3 網路認證

對於行動節點而言，在各種不同的存取網路環境漫遊，並不是所有偵測到的存取網路皆能使用。這些不同的網路存取技術可能是由不同的網路服務供應者所提供。若行動節點要使用此網路，通常都必須經由認證的程序過後，才有能力取得網路服務。

行動節點在有線網路環境中，為了要達到認證，首先行動節點必須要提供使用者的身份認證和密碼這兩項資訊傳送給認證伺服器，一旦認證伺服器收到這兩項資訊必須去比對資料庫中的資料，確認此行動節點的身份認證和密碼是有效且合法的使用者，才能准許此行動節點使用此存取網路，若是不合法，則行動節點將不能存取此網路的資源。如此一來，才能確保網路的安全性，不會讓任意的非法使用者從中竊取使用者資訊。

在無線網路環境中，由於是靠空氣來作為傳輸的媒介，只要是在傳輸範圍內就可以輕易接收到訊號，因此傳輸資料更容易被其他人竊聽。我們希望行動節點在傳輸資料過程中能夠達到安全的通訊，因此我們採用 IEEE 802.1x 的認證機制。它是以 IETF 的可延伸身份認證協定 (Extensible Authentication Protocol, 簡稱 EAP) 為基礎，為目前無線區域網路最常見的身份認證方法。在 802.1x 認證架構中主要由三個部份組成，分別為用戶端 (Supplicant)、認證者 (Authenticator) 和認證伺服器 (Authentication Server)。在用戶端和認證者的通訊方式是採用 EAPOL (EAP over LANs)，而在認證者和認證伺服器間所使用的通訊協定則為 RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) [10]。此外，為了在傳輸過程中能達到對資料內容的保密，將同時配合由 Wi-Fi 聯盟所提出的無線保護存取 (Wi-Fi Protected Access, 簡稱 WPA) 的標準，其中使用的加密技術是暫時金鑰完整性機制 (Temporal Key Integrity Protocol, 簡稱 TKIP)，其資料加密金鑰會隨時間而改變，避免使用同一把金鑰作加密而造成金鑰被竊聽取得，如此將能提供更安全的保障。

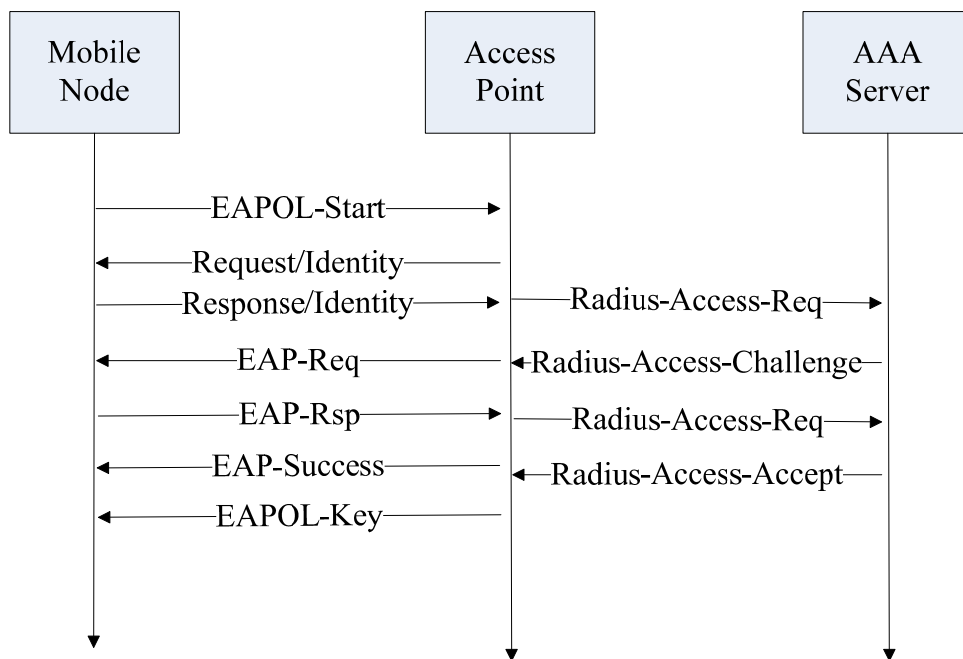


圖 3.4 802.1x 認證機制運作流程

圖 3.4 為 802.1x 認證機制運作流程，一開始當行動節點連結上存取點時，存取點會發送身份認證要求封包，要求驗證行動節點的身份。此時，行動節點會將其身份認證和密碼等相關資訊回應給存取點，存取點會將此封包轉送給認證伺服器作為 RADIUS 存取要求。在認證過程中，認證伺服器會和行動節點藉由交換憑證來互相驗證對方的身份，認證成功後則將各自利用主要金鑰推導出主要成對金鑰。最後認證伺服器會將 RADIUS 存取同意封包給存取點，並將之前推導出的主要成對金鑰傳送給存取點，存取點則會將此封包轉為 EAP 驗證成功封包並轉送給行動節點並告知身份認證成功，如此，行動節點將准許使用此存取網路資源。

3.2 系統架構

在這一小節中，將會介紹媒介獨立換手機制實際運作在整體系統架構中的相關元件，以及利用媒介獨立換手機制所提供的服務對於換手決策的考量與整體運作流程。

3.2.1 系統元件

在異質性網路環境裡，由於 IEEE 802.21 媒介獨立換手機制是跨階層式的架構來整合換手程序。對於上層而言，並不需要知道底層的媒介格式，而在下層由於底層的存取網路各不相同，必須要透過媒介獨立換手機制來轉換成對應的媒介封包訊息格式與底層溝通。服務存取點 (Service Access Points, 簡稱 SAPs) 的作用主要是用來在媒介獨立換手機制和其他層級之間的溝通管道。

圖 3.5 是媒介獨立換手機制和服務存取點關係圖，主要分成兩個部份。第一個介於上層和媒介獨立換手機制的媒介獨立服務存取點 (MIH_SAP)，第二個是位於媒介獨立換手機制和底層網路存取媒介的媒介獨立連結服務存取點 (MIH_LINK_SAP)。MIH_SAP 類似於上層和媒介獨立換手機制的一個溝通介面，對於上層的存取格式，和下層網路的存取媒介是互相獨立的，不會因為不同的存取網路而需要轉換成不同的格式。MIH_SAP 主要的功能是将媒介獨立換手機制所收集的底層觸發事件轉換為可供其他通訊協定所讀取的訊息格式，或是來自上層的決策轉換為媒介獨立換手機制可讀取的訊息。而 MIH_LINK_SAP 則類似媒介獨立換手機制和底層存取媒介的一個媒介相依介面，必須要將媒介獨立換手機制提供的存取格式和不同的存取網路作轉換。

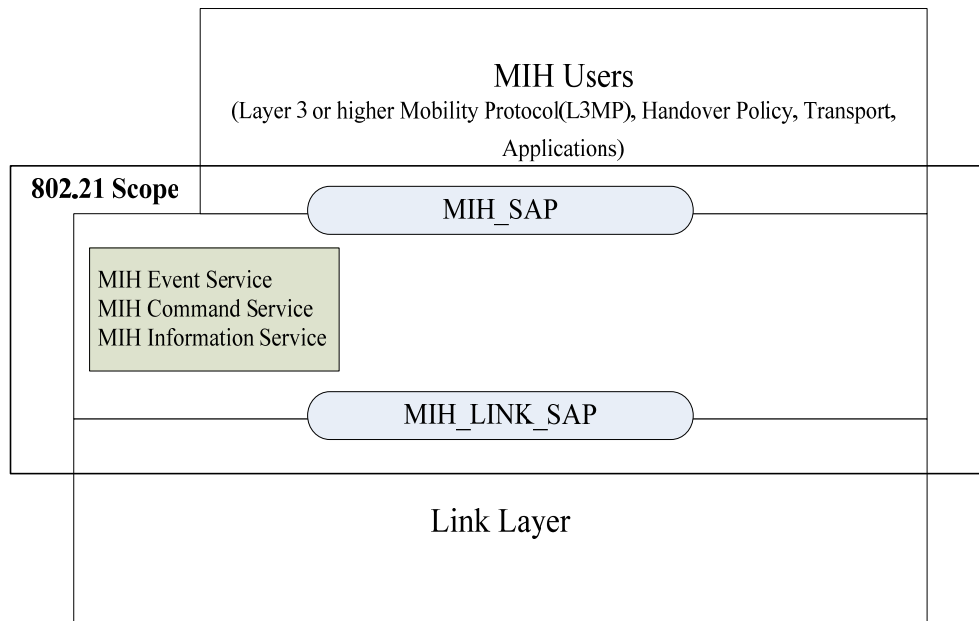


圖 3.5 媒介獨立換手機制和服務存取點關係圖

在現有的網路環境裡，行動節點同時具備多張不同規格的網路卡媒介已經非常普遍，為了要在行動節點上實現媒介獨立換手機制，我們的系統必須要增加三個元件來達到此功能：媒介獨立換手事件收集 (MIH Event Collection)、換手管理 (Handover Management) 以及媒介獨立換手命令執行 (MIH Command Execution)，其系統架構如圖 3.6 所示。當底層的網路存取媒介狀態發生改變時，將會觸發一個事件給媒介獨立換手事件收集，並將此訊息交給上層作換手的決策。此時，換手管理除了需要接收由媒介獨立換手事件收集傳遞上來的訊息外，需要根據這些訊息選擇合適的網路作為換手決策的依據。在媒介獨立換手命令執行中，則需要接收換手管理傳遞下來的命令，同時轉譯成底層網路可以判讀的格式，並交由底層去執行此命令。

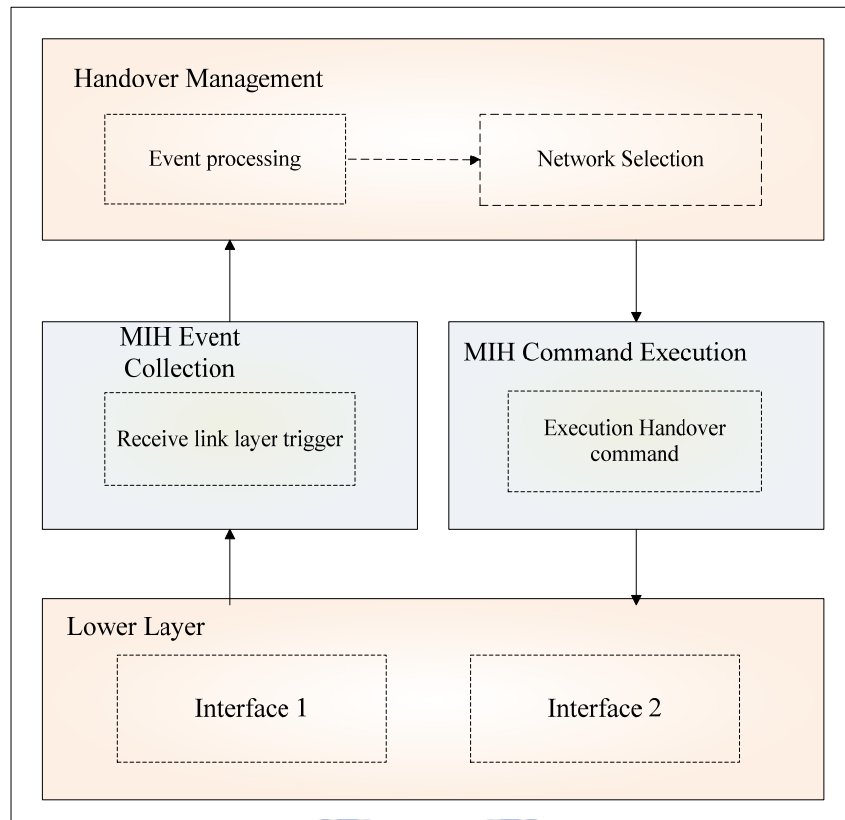


圖 3.6 系統架構圖

以下將詳細介紹此系統架構中新增的三個元件：

1. 媒介獨立換手事件收集：

由於底層的存取網路規格各不相同，必須要做到轉換的功能才能將底層的資訊提供給上層。而媒介獨立事件收集主要是在底層網路媒介有任何狀態改變的狀況下，將底層觸發的事件轉換成相同的格式，接收底層傳上來的事件並交給上層作為換手的依據。在我們的系統中提供了兩種媒介獨立事件服務：

- 上線 (Link_Up)：這個事件的型態屬於網路媒介存取控制層和實體層的狀態改變事件 (MAC and PHY state change events)，這個事件是表示已經和連結層的存取媒介建立連線，並且此連線是可以使用。
- 離線 (Link_Down)：此事件型態屬於網路媒介存取控制層和實體層的狀態改變事件，表示和連結層的連線已經取消或是此連線已經無法使用。

2. 換手管理：

主要是收集由媒介獨立事件收集傳遞上來的訊息，經由收到的訊息資訊，可以瞭解目前底層存取網路的狀態，如此可預先觸發換手的程序，降低換手所花費的延遲時間。在選擇底層的存取網路時，由於有線網路的傳輸速度、傳輸品質和安全性等都比無線網路好，也不容易受到干擾，因此若是行

動節點可同時存取有線網路和無線區域網路時，我們將選擇有線網路為傳輸連線的媒介，並將此上層的決策交由下層存取網路執行。

3. 媒介獨立換手命令執行：

上層的換手決策可透過媒介獨立命令執行的支援，將上層對底層下達的命令轉譯成底層可以理解的格式，尤其是底層網路卡媒介不相同時，更易於切換並執行相對應的控制與管理。我們系統支援了兩種媒介獨立命令事件：

- 連結切換 (Link_Switch)：當目前的存取網路可能因為斷線或是訊號不好，上層可能決定要切換另一個網路媒介以獲得更好的網路服務，這個事件將可用來告知底層媒介需要切換成另一個存取網路，並執行切換的動作。
- 媒介獨立換手設定 (MIH_Configure)：此事件主要是上層用來設定網路媒介的參數或是控制底層存取網路的運作狀態，例如若是考量到電源耗費的問題，我們可以透過這個事件將底層的存取網路媒介適時地關閉，來達到省電的機制。

3.2.2 換手程序

在我們系統架構中，將分為兩種換手的型態實際操作在現有的存取網路中。第一種是從 IEEE 802.3 有線網路換手到 IEEE 802.11 的無線區域網路中，第二種則是從 IEEE 802.11 無線區域網路換手到 IEEE 802.3 有線網路中。此外，在第二種型態中，我們將依據不同的底層訊息分為兩種換手決策。

在目前現有架構的異質性網路裡，當使用者位於室內時，往往採用的存取網路為 IEEE 802.3 有線網路，不僅傳輸速率比較快，而且傳輸品質也比較好。若是此行動節點同時可存取有線網路和無線網路，但是需要移動到室外時，則此時必須將存取網路切換到無線網路的環境裡，以保證服務能夠連續而不會因此中斷。因此，從有線網路切換到無線網路所使用的方法是假設行動節點必須要移動到其他地方，我們需要將有線網路的網路線拔起。由於此時行動節點是在無線區域網路的存取點覆蓋範圍下，將可採用無線網路以取得網路服務。圖 3.7 為有線網路換手至無線區域網路的流程。當行動節點拔取有線網路的網路線後，底層將會觸發一個媒介獨立換手事件，告知上層有線網路的連結已經斷線 (Link_Down)，經由上層的換手決策後，決定將切換到無線區域網路的媒介，並傳遞連結切換 (Link_Switch) 的命令告知底層的存取網路去執行。由於底層的存取網路媒介不一定是屬於同一個網域，我們必須去查看無線區域網路存取媒介和有線網路存取媒介的網路位址是否為一致。如果不一致，必須告知本地端網路代理者並作網路位址更新的動作，才能達到連續性的服務。反之，則不需作任何的動作。

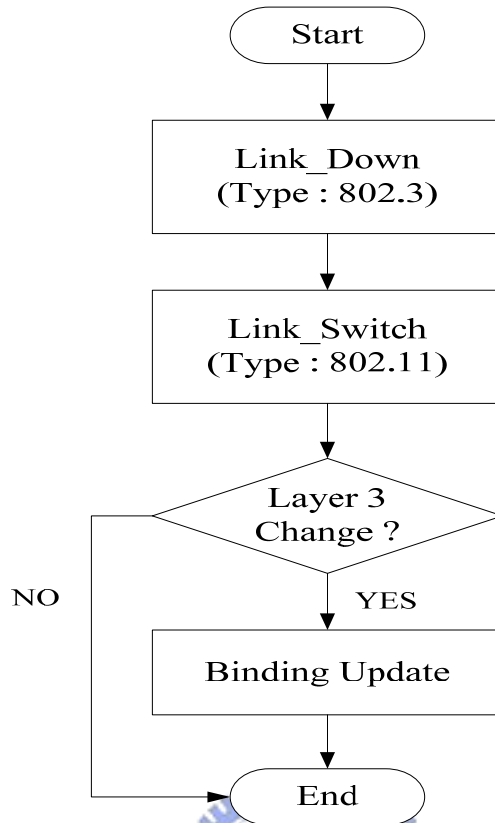


圖 3.7 有線網路換手至無線區域網路的流程

若是行動節點從戶外移動到室內且可同時存取有線網路和無線區域網路這兩種不同的存取網路時，當行動節點一連接上有線網路的網路線後，為了達到比較穩定的傳輸品質和較快的傳輸速率，我們採用有線網路作為行動節點的網路存取技術，此時行動節點將會立即切換為有線網路作為主要傳輸的網路。基於媒介獨立換手機制的換手程序，如圖 3.8 所示，當行動節點立即接上有線網路的網路線後，媒介獨立換手機制將會收到由型態為有線網路媒介所觸發的上線事件（Link_Up），收集底層的資訊並告知到上層。上層收到這個事件後，經由換手決策的程序決定切換為有線網路並發送連結切換命令（Link_Switch），將此命令交給媒介獨立換手機制轉換成型態為有線網路存取媒介可判讀的格式並執行此命令。當切換完成後，首先要考慮的是轉換後的網路位址是否為一致，如果網路位址有變動則需要更新為目前所使用的網路位址。相反地，若沒有變更網路位址則不需要作任何的動作。如此，依據媒介獨立換手機制從無線區域網路切換成有線網路的換手程序將完成。

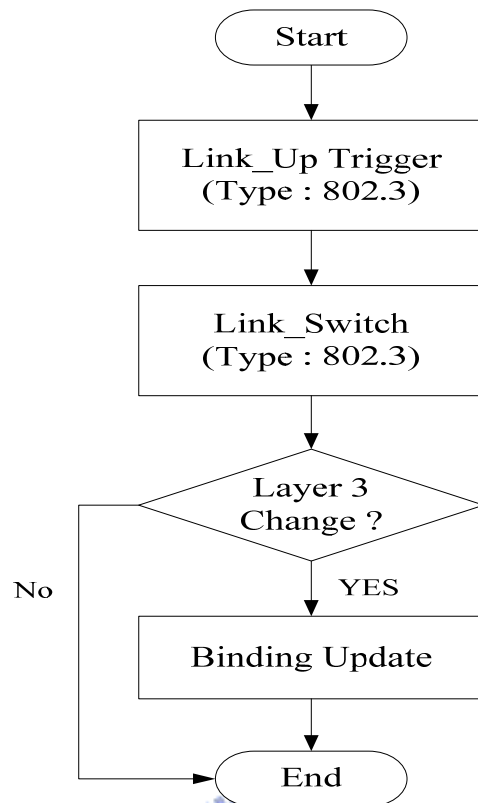


圖 3.8 無線區域網路換手至有線網路的流程



第四章 系統效能評估

在本章節中，我們將實際在 Ethernet 和 Wi-Fi 異質性網路環境中觀察行動節點的移動情況，並且從中分析比較在異質性網路間換手時，沒有支援媒介獨立換手機制與有支援媒介獨立換手機制所需要花費的延遲時間和封包流失的情形。在 4.1 節中，我們將介紹此系統所使用的工具和環境設定相關參數，而在 4.2 節裡會介紹行動節點在異質性網路中整體換手程序的情形，最後 4.3 節中將會呈現系統實驗結果的分析。

4.1 環境設定與工具介紹

在本論文中，我們採用 Ethernet 和 Wi-Fi 共同組成的異質性網路環境為背景，如圖 4.1 所示。在此實驗中，行動節點可同時存於乙太網路和 Wi-fi 無線網路的傳輸範圍之中。我們使用乙太網路的網域為家網路，行動節點會先經由認證伺服器通過認證後才由 DHCP 伺服器自動配給網路位址為 140.113.167.*。同樣地，當行動節點移動到 Wi-fi 無線網路的外地網路時，行動節點也會先經過認證後才會由 DHCP 伺服器取得一個網路位址為 140.113.24.*。CN 所配給的網路位址為 140.113.167.204，將會定期的將封包傳送給行動節點。

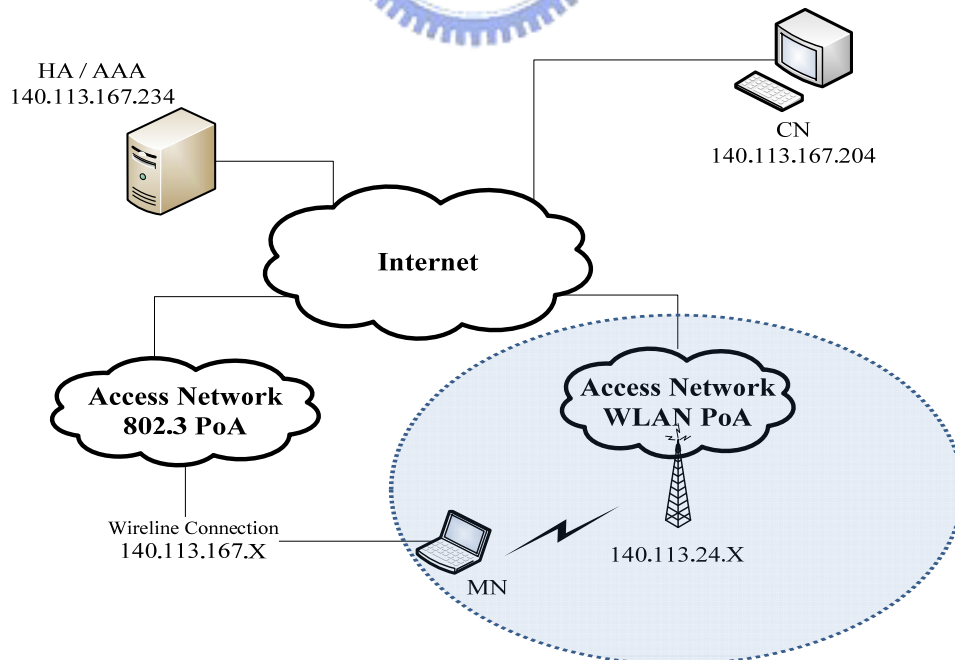


圖 4.1 系統網路環境拓模圖

在硬體的設定環境中，無線區域網路存取點的通訊方式是採用 802.11g，並

支援 RADIUS 客戶端遠端認證使用者服務功能和 802.1x 認證者安全機制，同時也提供 WPA 資料傳輸加密，可加強無線網路存取資料保護功能。此外，我們利用 ADI engineering [11]所開發的無線網路路由板作為行動節點，並可同時支援多模式網路媒介，其中包含乙太網路和無線區域網路。目前的開發平台是採用 Linux 環境的作業系統，提供 Multiband Atheros Driver for WiFi (MADWIFI) [12]，讓行動節點可以存取無線區域網路，和 WPA supplicant[13]作為行動節點向認證伺服器的工具。此外，我們將赫爾辛基理工大學 (Helsinki University of Technology, 簡稱 HUT) 所開發的動態行動式網路[14]加入行動節點中，讓行動節點在網路上漫遊時，皆能取得網際網路服務。

在實驗環境設定方面，將設立一個對應節點負責傳送資料給行動節點。資料傳送方式是採用使用者資料流的通訊協定 (User Datagram Protocol, 簡稱 UDP)，傳送的封包大小為 104 bytes，封包的傳輸間隔是每隔 10 毫秒傳送一個封包。實驗評估的標準將採用換手的延遲時間和封包遺失情形。而在實驗中，我們將換手的延遲時間定義為行動節點在換手程序之前最後收到封包的時間至換手程序完成後第一個收到封包的時間，將這兩個時間差視為換手程序所需要花費的時間。此外，我們將針對有線網路換手到無線區域網路和無線區域網路換手到有線網路，根據這兩種換手的環境，分析沒有支援媒介獨立換手機制和有支援媒介獨立換手機制的換手延遲時間，以及封包遺失的情形。

4.2 實驗流程



圖 4.2 表示支援媒介獨立換手機制的實際換手程序流程圖，此換手程序實驗中，我們假設行動節點在換手程序開始前，有線網路和無線區域網路的網路存取媒介都必須先取得一個網路位址。一開始當有線網路的存取媒介會發送上線事件告知上層目前已經連結，並取得認證伺服器的驗證，才能由 DHCP 伺服器自動配給行動節點一個固定網路位址。同樣地，無線區域網路媒介必須經由掃描、認證和連結的動作先和存取點取得連線之後，會發送一個上線的通知給上層，接著必須和認證伺服器透過 802.1x 的認證程序，以確保行動節點能夠安全地連結此存取點並取得網路服務。當通過驗證後，行動節點也必須先和 DHCP 伺服器取得一個網路位址，以便將來可以使用。

當兩個網路存取媒介接取得網路位址後，對應節點將開始傳送固定大小的資料給此行動節點。當我們將有線網路的網路線拔取後，有線網路媒介會發出一個離線事件給上層，經由上層的決策後，產生一個連結切換的命令，決定切換至無線區域網路。無線區域網路媒介將會向本地端網路代理者註冊完成後，將對應節點傳送的封包透過封裝通道模式轉送給行動節點。當我們將有線網路的網路線連結上時，上層會收到有線網路的上線通知。由於有線網路的傳輸服務品質皆比無線區域網路來的好，上層將會下達連結切換的命令，並和本地端網路代理者取消有關無線區域網路的註冊資訊，讓對應節點直接將資料傳送給行動節點。此時，

上層可下達一個媒介獨立換手設定的命令，讓無線區域網路存取媒介關閉，將可節省電源的耗費。

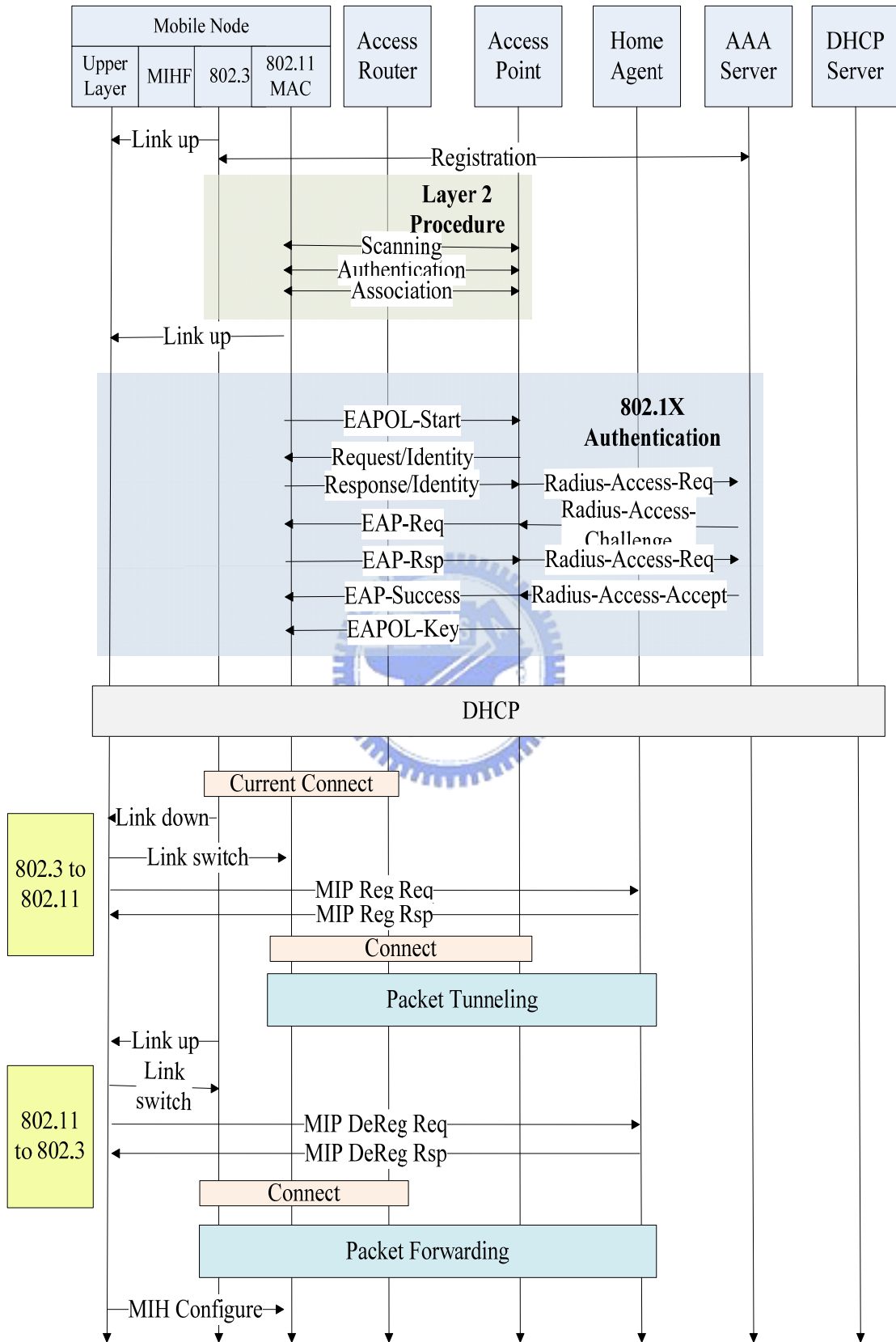


圖 4.2 實驗換手程序流程圖

4.3 實驗結果分析

整體換手延遲時間的統計如圖 4.3 所示，No_MIH_support 表示沒有支援媒介獨立換手機制的情形，MIH_support 表示有支援媒介獨立換手機制的情形。根據實驗結果的統計，有線網路至無線區域網路的換手程序中，沒有支援媒介獨立換手機制的整體換手延遲時間需要約 4.517 秒，而有支援媒介獨立換手機制的整體換手延遲時間則僅需要約 2.379 秒，比沒有支援媒介獨立換手機制的減少約 2.138 秒。這是由於我們將有線網路拔取時是非預期性的，在沒有支援媒介獨立換手機制的情形中，上層需要不斷的偵測有線網路目前的狀態是否保持連線，將會因此浪費些許時間。而有支援媒介獨立換手機制的情形，因為有線網路媒介會觸發離線事件給上層，讓上層可以較早知道底層的網路狀態，而立即去執行換手的程序，如此，換手的延遲時間將會減少許多。

在無線區域網路至有線網路的情形中，沒有支援媒介獨立換手機制的延遲時間約為 4.388 秒，而有支援媒介獨立換手機制的延遲時間則僅需 0.371 秒，比沒有支援媒介獨立換手機制的減少 4.017 秒。這是因為支援媒介獨立換手機制中，有線網路一偵測到網路線時，立即就會觸發上線通知，此時，有線網路和無線區域網路兩者媒介皆可使用的情況下，從無線區域網路切換成有線網路的延遲時間將會非常短暫，以達到無接縫換手並可保持連續的網路服務。

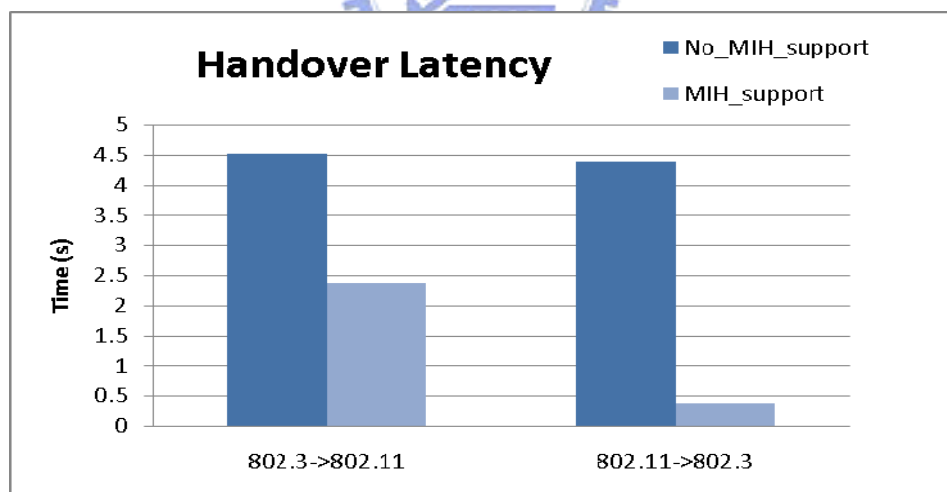


圖 4.3 整體換手延遲時間統計圖

圖 4.4 為整體換手封包遺失的統計圖，從有線網路換手至無線區域網路的環境中，沒有支援媒介獨立換手機制的情形遺失約為 444.8 個封包，有支援媒介獨立換手機制的情形遺失約為 229.9 個封包。在無線區域網路換手至有線網路的環境中，沒有支援媒介獨立換手機制的情形遺失約 437.1 個封包，而有支援媒介獨立換手機制的遺失情形約為 34.7 個封包。其中封包遺失的情形和換手的延遲時

間也有很大的關係，當行動節點在換手程序中所花費的時間越長，勢必會造成越多的封包遺失。由實驗結果可知，在異質性網路換手時，因為有媒介獨立換手機制的支援，行動節點遺失封包的情形確實有明顯地降低。

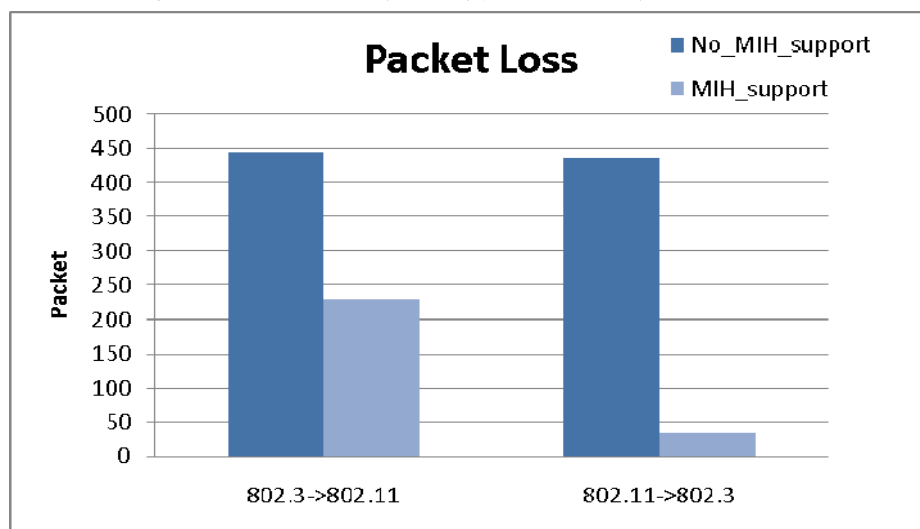


圖 4.4 整體換手封包遺失統計圖



第五章 結論

在本論文裡，我們根據 IEEE 802.21 草案所提出的媒介獨立換手機制，在異質性存取網路的環境裡，實際將媒介獨立換手機制加入行動節點中，並探討行動節點在有線網路和無線區域網路之間換手的情形。利用行動式網路的架構，讓行動節點在異質性網路漫遊的同時，仍然能夠取得網際網路的服務。由實驗的數據可以看出，透過媒介獨立換手機制的支援，行動節點在異質性網路換手期間，確實能改善換手的延遲時間，並且降低封包的遺失情形。尤其行動節點在無線區域網路換手至有線網路的環境中，封包遺失的情形明顯地減少許多。

未來，可以將媒介獨立換手機制加入網路端的元件中，讓網路端能夠及早清楚行動節點的狀況，並提供行動節點更多鄰近網路的情形和資訊，相信對於行動節點在異質性網路的換手程序上必定有所助益。



參考文獻

- [1] IEEE Std 802.3-2002, Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications, Mar. 2002.
- [2] ANSI/IEEE Std. 802.11, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, Sep. 1999.
- [3] IEEE Std 802.16-2004TM, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oct. 2004.
- [4] IEEE Std 802.16e-2005TM, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Feb. 2006.
- [5] IEEE P802.21TM /D00.05, Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area networks: Media Independent handover Services, Jan. 2006.
- [6] Christian Makaya and Samuel Pierre, "Efficient handoff scheme for heterogeneous IPv6-based wireless networks," *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 3256-3261, Mar. 2007.
- [7] Yoon Young An, Byung Ho Yae, Kang Won Lee, You Ze Cho, and Woo Young Jung, "Reduction of handover latency using MIH services in MIPv6," *International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, vol. 2, pp.229-234, Apr. 2006.
- [8] Ok Sik Yang, Seong Gon Choi, Jun Kyun Choi, Jung Soo Park, and Hyung Jun Kim, "A handover framework for seamless service support between wired and wireless networks," *International Conference on Advanced Computing Technologies*, vol. 3, pp.1-6, Feb. 2006.
- [9] Charles E. Perkins, "IP mobility support for IPv4," RFC 3344 Internet Engineering Task Force, Aug. 2002.
- [10] Free RADIUS. [Online] <http://freeradius.org/>
- [11] ADI engineering. [Online] <http://www.adiengineering.com/>

[12] Madwifi. [Online] <http://www.adiengineering.com/>

[13] Linux WPA/WPA2/IEEE 802.1X Supplicant. [Online]
http://hostap.epitest.fi/wpa_supplicant/

[14] Dynamics Mobile IP. [Online] <http://dynamics.sourceforge.net/>

