

國立交通大學

資訊科學與工程研究所

碩士論文

在異質無線網路下以快速連結網路的方法  
改善垂直換手程序

A Fast Association Method for Vertical Handover over  
Heterogeneous Wireless Networks

研究生：連祐慈

指導教授：簡榮宏 教授

中華民國九十六年六月

在異質無線網路下以快速連結網路的方法改善垂直換手程序  
A Fast Association Method for Vertical Handover over Heterogeneous  
Wireless Networks

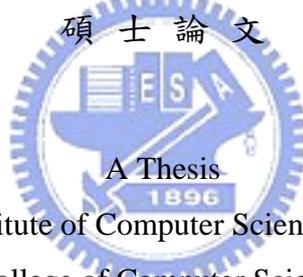
研究生：連祐慈

Student : Yu-Tzu Lien

指導教授：簡榮宏

Advisor : Rong-Hong Jan

國立交通大學  
資訊科學與工程研究所  
碩士論文



Submitted to Institute of Computer Science and Engineering

College of Computer Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Computer Science

June 2007

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

# 在異質無線網路下以快速連結網路的方法 改善垂直換手程序

研究生：連祐慈

指導教授：簡榮宏 博士

國立交通大學資訊科學與工程研究所



摘 要

隨著網際網路及無線通訊網路發展，人們期望可以透過行動裝置在各種不同的網路間任意地遊走。為了能夠持續網路連線讓服務不中斷，行動裝置必須切換到不同的基地台，這個動作稱為換手。但因為各種無線技術所提供的網路存取媒介並不相同，要如何協調、管理不同媒介的使用，對於進行異質性網路之間的垂直換手將會是一大挑戰。在本論文研究中，我們探討 IEEE 802.21 的媒介獨立換手機制，透過此機制的支援來改善換手的延遲時間。除此之外，我們定義了周邊網路溝通所需之資訊，使得在異質網路上進行換手時，可以透過訊息的交換，更快速地建立網路的連線，以期達到連續性的服務及無接縫的換手。

# A Fast Association Method for Vertical Handover over Heterogeneous Wireless Networks

Student : Yu-Tzu Lien

Advisor : Dr. Rong-Hong Jan

INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE AND ENGINEERING

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY



With the developments of the Internet and wireless networks, people further expect to roam among heterogeneous networks by mobile devices. When the mobile device changes its connection between different base stations, the seamless handover is required to maintain the services continuously. It is a great challenge to integrate and manage these different media types during the vertical handover between heterogeneous wireless networks. In this thesis, we focus on the Media Independent Handover Functions (MIH Functions) of the IEEE 802.21. By applying MIH functions to WiMAX and Wi-Fi, the handover latency can be reduced significantly. Furthermore, a fast association method is proposed to reduce the scanning latency during the handover. The simulation results show that the proposed method can provide the continuous services and seamless handover for the mobile device roaming among heterogeneous wireless 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，感謝老師辛勤的指導與栽培，讓我在這兩年中，真的學到很多東西，增進了自己的實力，也培養了主動去思考與解決問題的能力，此篇碩士論文才能順利完成。其次，特別感謝博士班的蔡嘉泰學長，當我遇到困惑或瓶頸時，給予我很多的意見和鼓勵，謝謝學長很有耐心地幫我修改論文不足之處。另外，感謝實驗室一起努力的朋友們，依璇、苑瑩、福文、奕叡，雖然作研究的日子，很辛苦很累，但因為有大家彼此的鼓勵、分享心情，讓我可以苦中作樂、抒解壓力，也要謝謝實驗室的學弟妹們，在日常生活的一些幫助和打氣，讓我的研究所生活多采多姿。還要感謝我身邊的眾多好友還有家人的陪伴，有你們的支持，是我可以一直努力下去的最大動力，謝謝你們給予我的信心和鼓勵，謹以此文獻給我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	整合異質網路技術的研究.....	4
2.2	跨不同網域的換手.....	6
2.3	跨層換手的研究.....	7
第三章	異質網路的換手 .....	8
3.1	媒介獨立換手機制.....	8
3.1.1	媒介獨立事件服務.....	9
3.1.2	媒介獨立命令服務.....	10
3.1.3	媒介獨立資訊服務.....	10
3.2	由即將離線事件觸發的換手.....	11
第四章	快速連結異質網路 .....	15
4.1	異質網路下換手的問題.....	15
4.2	快速連結網路的方法.....	15
第五章	模擬結果及討論 .....	18
5.1	模擬工具介紹.....	18
5.2	模擬環境設定.....	18
5.3	定義換手時間的開始與結束.....	19
5.3.1	沒有支援媒介獨立換手機制.....	20
5.3.2	支援媒介獨立換手機制.....	21
5.4	模擬結果.....	23
5.4.1	整體換手延遲時間分析.....	23
5.4.2	支援快速連結方法.....	24
5.4.3	封包遺失情形.....	25
第六章	結論.....	26
參考文獻	.....	27

# 表目錄

表 2.1 整合異質網路相關研究的分類表 .....	5
表 5.1 換手過程中的封包遺失率(傳輸時間內共收到封包 7000 個) .....	25



# 圖目錄

圖 1.1 無線網路的架構整合圖 .....	2
圖 2.1 媒介獨立換手機制架構圖 .....	7
圖 3.1 透過即將離線事件支援同質網路下的換手 .....	12
圖 3.2 透過即將離線事件支援異質網路下的換手 .....	14
圖 4.1 利用媒介獨立換手機制溝通彼此網路資訊 .....	16
圖 4.2 行動節點跟服務基地台取得資訊的流程 .....	16
圖 5.1 模擬環境拓樸圖 .....	19
圖 5.2 沒有支援媒介獨立換手機制的 WiMAX 換手流程 .....	20
圖 5.3 支援媒介獨立換手機制的 WiMAX 換手流程 .....	22
圖 5.4 整體換手延遲時間分析 .....	23
圖 5.5 第二層換手延遲時間分析 .....	24
圖 5.6 三種換手機制的整體換手延遲時間分析 .....	25



# 第一章 簡介

隨著網際網路以及無線通訊網路相關技術的蓬勃發展，網路的連接方式從有線網路陸續發展到無線網路的連接，目前最普遍被使用的無線網路接取技術，是由美國電機與電子工程師協會 (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) [1] 所制訂的一系列 IEEE 802.11 相關標準，也就是大家所稱的 Wi-Fi 網路。但是，由於 Wi-Fi 網路的傳輸編碼性質，使得 Wi-Fi 網路的最大傳輸距離僅有一、二百公尺，因此，當行動用戶端 (Mobile User) 在無線擷取點 (Access Point, AP) 之間移動時，若網路中無線擷取點的佈建無法涵蓋行動用戶端移動的範圍，行動用戶端一旦移出 Wi-Fi 網路所能服務的範圍之外，將會造成網路連線中斷；近幾年來，由 Nokia、Ensemble Communication、Harries、Cross Span、OFDM 等全球多家通信大廠協力推動下的全球微波存取通信技術 (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMAX)，視為是一新世代的寬頻無線網路存取技術 (Broadband Wireless Access System, BWA)。這是以 IEEE 802.16 [2] [3] 一系列的寬頻無線標準為基礎，利用無線媒介達到與有線電纜及數位用戶迴路線 (Digital Subscriber Line, DSL) 相同的接取方式，透過此項技術的發展，將無線網路之傳輸距離提升為數十公里，此外 WiMAX 可以在與 Wi-Fi 的相同存取範圍之內承載更高的頻寬。

隨著上述無線網路的發展，人們可以利用筆記型電腦或是個人數位助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 這些具有支援移動性的行動裝置，在網路中任意地遊走。為了維持連線的服務，行動裝置需要在不同基地台之間切換連接，我們將行動裝置從一個網路移動到另一個網路之間的程序稱為換手 (Handover) 程序。若換手程序是發生在同種性質 (Homogeneous) 的網路之間，稱之為水平換手 (Horizontal Handover)。水平換手可以透過基地台之間彼此溝通，來支援行動節點的同質換手，例如在 WiMAX 的網路環境中，行動節點 (Mobile Station, MS) 在不同的基地台 (Base Station, BS) 涵蓋範圍下移動時，所進行的換手程序是依據 IEEE 工作小組在 2005 年 12 月制定完成的 IEEE 802.16e [3] 標準，此標準的目的是為了讓行動節點支援移動性能力，進而讓行動節點在 802.16 網路間能進行順暢的水平換手。相對地，如果換手是發生在異質性 (Heterogeneous) 網路之間的換手，稱之為垂直換手 (Vertical Handover)。例如行動節點從 Wi-Fi 網路移動到 WiMAX 網路。在現今多重網路技術共存的环境下，行動節點可以根據自己擁有的網路卡裝置的支援，在各種網路存取媒介之間進行換手，來滿足在網路服務上的需求。因此有越來越多的研究文章都是針對垂直換手方面作討論，期望提出

一個管理和控制的機制，來整合各種網路技術，以便提供行動節點在不同無線技術間訊號的轉換與垂直換手程序的運作。

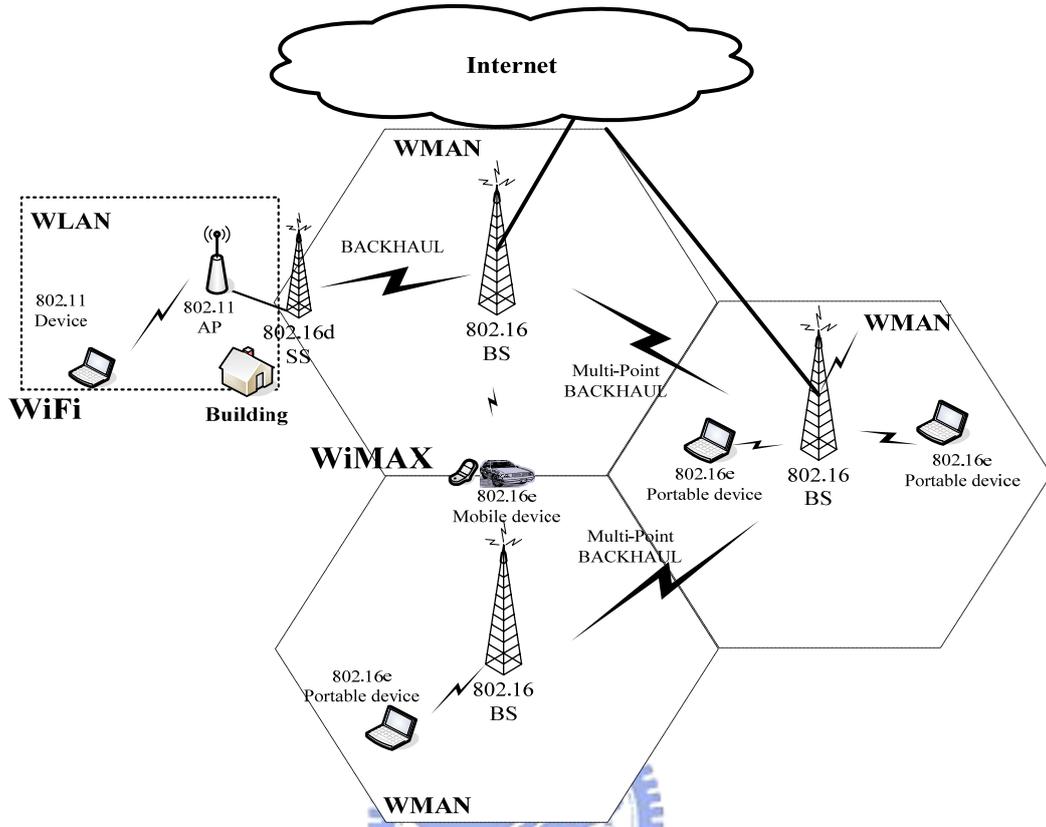


圖 1.1 無線網路的架構整合圖

圖 1.1 為一個無線網路架構整合圖，此無線網路架構整合了 IEEE 802.11 和 IEEE 802.16 兩種不同規格的無線網路。其中對 WiMAX 網路架構而言，WiMAX 的基地台之間可以利用點對點(Point-to-Point)、點對多點(Point-to-Multipoint)、及點對面(Point-to-Face)方式進行的雙向通信，來形成無線的骨幹網路(Backhaul)架構，也可經由一個以上的基地台連結至網際網路上。Wi-Fi 的無線擷取點(Access Point, AP)在此架構下則扮演提供短距離存取無線網路的角色，可填補 WiMAX 網路因建築物阻隔所造成的死角。因此如何讓行動節點在 Wi-Fi 與 WiMAX 網路之間進行的垂直換手，將可以幫助行動節點漫遊於無線網路中，以達到連續接取的目的。但是，因為各種無線技術所提供的網路存取媒介並不相同，要如何去協調、管理不同媒介的使用，對於進行異質性網路之間的垂直換手將會是一大挑戰。

為了讓行動節點能夠在不同的網路媒介存取控制層 (Media Access Control Layers, MAC Layers) 之間換手，目前正著手擬定的 IEEE 802.21[4] [5] [6] 草稿，目標就是為了讓固定節點、行動節點及基地台間，能夠藉由共同的換手訊息來達到換手的進行，以便讓行動節點在各種網路環境(涵蓋了 802.3、802.11、802.16、

3GPP…等不同網路媒介)之間可以進行與媒介獨立的換手，以期達到連續性及一致性的服務。

本論文主要的研究是基於 IEEE 802.21 媒介獨立換手機制(Media Independent Handover, MIH)，將其應用在同質性、異質性網路的換手上。我們將探討一個由 Wi-Fi 和 WiMAX 整合的無線網路拓樸，藉由媒介獨立換手機制跨第二、三層的特性，整合的換手程序，用以減少換手的延遲時間、降低封包遺失率，並進而提出一個快速連結網路的方法，縮短行動節點進行異質性無線網路換手時，所造成延遲的時間。

在接下來的章節中，第二章，我們會介紹一些與本論文相關的議題研究。在第三章中，我們將會深入探討如何透過媒介獨立換手機制來支援換手。第四章將介紹我們所提出快速連結的方法，來改進異質網路下換手的問題。第五章，我們利用 NS2 (Network Simulator Version 2)軟體工具[7] 來模擬分析，在同質性、異質性網路下的換手延遲時間、及封包遺失的情形，根據模擬的結果來比較驗證方法。第六章，是本論文研究的總結。



## 第二章 相關研究

由於無線網路技術的蓬勃發展，針對在多重覆蓋的無線網路架構下，已有許多文獻提出並探討其整合之方法。在 2.1 小節中，我們將會介紹目前已提出的異質無線網路上換手之研究方法，並且針對這些方法進行比較。而在 2.2 小節中，我們將會介紹行動節點跨網域之換手研究，在 2.3 小節中，我們將討論跨第二、三層換手支援的方法。

### 2.1 整合異質網路技術的研究

為了整合異質無線網路之垂直換手，則必須要有一套好的管理機制去監控這些異質網路媒介的狀態，並且協調控制網路媒介以便讓行動節點能平順的在網路間做切換。在論文[8] 中提出了一個中介軟體層的架構(Middleware Layered Architecture)，透過單一的應用程式介面(Application Programming Interface, API)來管理 Bluetooth、Wi-Fi 此二種不同網路媒介下的換手。中介軟體層的架構是針對每種網路媒介各自設計兩個主要元件：感知元件(Context Awareness)和移動性管理元件(Mobility Awareness and Management)。感知元件負責用來監控收集應用層服務串流(Service Streaming)延遲時間；當感知元件監測到服務串流的延遲時間增加時，此時將觸發換手流程，換手進行時便將行動節點交由移動性管理元件來管理、監控換手程序。

但是，在上述之架構下，每當新增一種網路媒介於網路中時，相對地就必須要新增相對應的元件，所以對於多重覆蓋之無線網路的擴展並不容易；除此之外，觸發換手程序的啟動是位於較高層級，也就是從應用層(Application Layers)的位置，利用監控服務串流的延遲時間變化，來判斷是否需要進行垂直換手。從較高層級的觸發換手，將使得我們無法即時地去觸發換手的開始，造成觸發換手的時間點被往後延遲，如果情形嚴重時，在尚未發起換手前網路連線便已中斷，因此在此架構下，將無法支援行動節點在不同無線網路之間進行的快速移動。

在論文[9] 中，提出在網路層上建構一個行動管理系統 (Mobility Manager, MM)，此一系統採集中式的管理，由三個元件組成，分別為：訊號量測模組(Link quality module)、換手決策模組(Handoff decision module)及電源管理模組(Power management module)。在此系統中，對於不同種類的網路媒介分別有監視器，用來負責監控鏈結層的訊號強度變化，再由事件收集系統(Event handler)來收集這些監視器所監控的資訊，再將收集的資訊轉交給換手決策模組和訊號量測模組分別去作決策和儲存。換手決策模組會匯集訊號量測模組和使用者策略資料庫

(User policies database)提供的資訊，來做出是否執行換手的決定。論文[9] 中此行動性管理系統是針對在 802.11-UMTS 及 802.3-802.11 異質性網路之間來分析垂直換手，此研究的實驗數據顯示在網路層監控鏈結層的訊號變化，的確可以使得換手時間的延遲有明顯的改善。

同樣地，論文[10] 所提出適應移動性的架構(Mobility Adaptation Framework)也是位於網路層上的架構，此研究討論在 802.11、3G Cellular 的網路間的垂直換手。但是在論文[9] [10] 的討論裡，對於監控不同種類網路媒介存取控制層的鏈結層的訊號，各自都需要一個監視器來監控，如此才能將資訊收集給上層，所以在擴展多重覆蓋的異質無線網路技術上並不容易。

如果有共通的單一介面可以在鏈結層跟網路層之間來做溝通，將底層(網路媒介存取控制層和實體層)不同網路媒介的訊號，轉換成一致可識別的訊息送給上層的管理系統，讓位於第三層以上的層級知道；同樣地，上層對於底層的要求、命令，轉換成網路媒介可以識別的命令格式，在第二層和第三層之間建立一個更容易協調以及可控管多個網路介面的系統，將有助於異質無線網路下的垂直換手流程更順暢地進行。

表 2.1 是我們將整合異質網路媒介的相關研究方法，依據其架構所位於的層級做分類，先前提到論文[8] 的中介軟體層架構就是分類在應用層的方法，而論文[9]，論文[10] 是屬於位在網路層上去討論整合異質網路的架構。由以上可知，若要整合異質性網路換手時，有一跨層的共通介面將可使得換手速度加快，而 IEEE 目前針對此一換手需求制定了 802.21 媒介獨立換手機制，其屬於跨階層式的架構，橫跨在網路的第二層、第三層協定之間，主要特色是上層並不需要知道底層媒介的格式，只需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，如此將可以實現與媒介獨立的換手協調與整合，對於擴展多重異質無線網路的技術會比較容易。

表 2.1: 整合異質網路相關研究的分類表

層級	應用層[8]	網路層[9][10]	跨階層式
觸發	監控服務串流的延遲時間變化	監控底層網路媒介的訊號強度值	上層收到底層的事件通知
分析	對於換手的偵測很慢，很可能會造成網路中斷後才觸發換手	每一個網路卡介面都需要各自的監視器，擴展不易	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 需要共通的介面，來溝通上下層</li> <li>2. 整合第二層、第三層換手程序的運作</li> </ol>

## 2.2 跨不同網域的換手

當我們在無線網路下移動時，若行動節點因為發生換手所連接上的基地台與先前服務的基地台所屬的網域不同。因此需要重新配置行動節點的網路位址，將造成第三層網路連線中斷。為了解決漫遊在不同網域下需要變更網路位址的問題，Mobile IP [11] 是目前最常被使用的方式，在支援 Mobile IP 的網路中，行動節點以一個固定位址來代表自己，一旦移動到不同網域時，將可以透過外地網路代理者(Foreign Agent, FA)來取得一個暫時的位址 (Care of Address, CoA)，此時行動節點必須跟自己原本的本地端網路代理者(Home Agent, HA)註冊此 CoA 與固定位址的關連性。註冊完成後，每當有要傳送給此行動節點的封包，會由本地端網路代理者幫忙接收，根據先前註冊的關連性將此封包轉送給外地網路代理者，再由外地網路代理者轉送給行動節點。因此，藉由外地網路代理者和本地端網路代理者的互相轉送，讓行動節點在不同網域中移動時的連線不致於中斷。而 Mobile IPv6[12] 的架構又比傳統 Mobile IP 更來的有效率，這是因為 Mobile IPv6 有路由最佳化(Route Optimization)的機制，當行動節點移動到外地網路取得 CoA 與本地端網路代理者註冊後，也要一併與遠端節點去更新連結關連性，讓遠端節點要進行傳輸時，可以知道行動節點位於外地網路下，直接送給外地網路代理者來轉交給行動節點，不用再透過本地端網路代理者轉送給外地網路代理者，來達到路由最佳化，節省了原先在傳統 Mobile IPv4 下許多轉送封包的時間。

在[13] 中，探討了各種不同無線網路技術裡行動管理的困難處，也點出在異質性的網路環境下移動時，需要考慮如何在不同網路媒介存取控制層之間進行切換，還需要考量到由於移動到不同網域下造成第三層 IP 位址的改變。以目前技術發展來看，Mobile IP 仍然將會是在網際網路中處理 IP 位址更動問題時一個較佳的解決方案。目前許多研究將行動節點移動的特性分成兩部分：小範圍移動(Micro mobility)和大範圍移動(Macro mobility)來分別進行討論。[14] [15] [16] 是討論小範圍移動性的問題，通常是在同一網域中移動時，針對第三層換手，提出在階層式的架構 (Hierarchical Mobile IP)[17] 下，如何選擇一個適當的行動錨點 (Mobility Anchor Point, MAP)作為代理者，用來減少在傳統 Mobile IP 下因為頻繁換手所產生大量的更新訊息(Binding update messages)以及行動節點與本地端網路代理者、遠端節點需要重新更新註冊所浪費的時間。另一部份是大範圍移動性的問題，是指在不同網域下移動的換手，提出快速換手的技術(Fast Handover for Mobile IPv6)[18]，利用預先觸發第三層的換手，取得新網路的前置位址 (Prefix-Address)，當行動節點移動至新的網路時，便可以利用先前所取得的前置位址形成的 CoA，發送快速更新訊息(Fast binding update message)跟新的網路進行註冊[14] [18] [19]。綜觀目前這些研究都是著重在第三層 Mobile IP 方法的延

伸，對於在多重覆蓋的異質性無線網路下的考量並不是很完整，應該要考慮第二層跟第三層整體的換手程序，才能比較適當地應用在異質無線網路環境下的垂直換手。

## 2.3 跨層換手的研究

我們的研究要採用由 IEEE 802.21 草案[4] [5] [6] 中提出的媒介獨立換手機制，圖 2.1 是表示一個媒介獨立換手機制位於鏈結層和網路層間。媒介獨立換手機制將上層的要求轉成底層網路媒介協定所認知的命令格式，因此上層可以透過媒介獨立換手機制來取得底層網路媒介的訊息，根據得到的訊息下達相對應的命令來控制底層網路媒介的運作，之後在第三章中會有詳細介紹。

我們的研究要針對在 WiFi-WiMAX 共同架構下的異質無線網路環境中深入探討，利用媒介獨立換手機制所提供的事件觸發，來支援同質網路和異質網路下的第二層換手，同時一併配合 Mobile IPv6 換手的運作，透過跨層機制的支援來縮短整體換手延遲時間，以達成快速流暢的換手來維持連續的不中斷的網路服務。

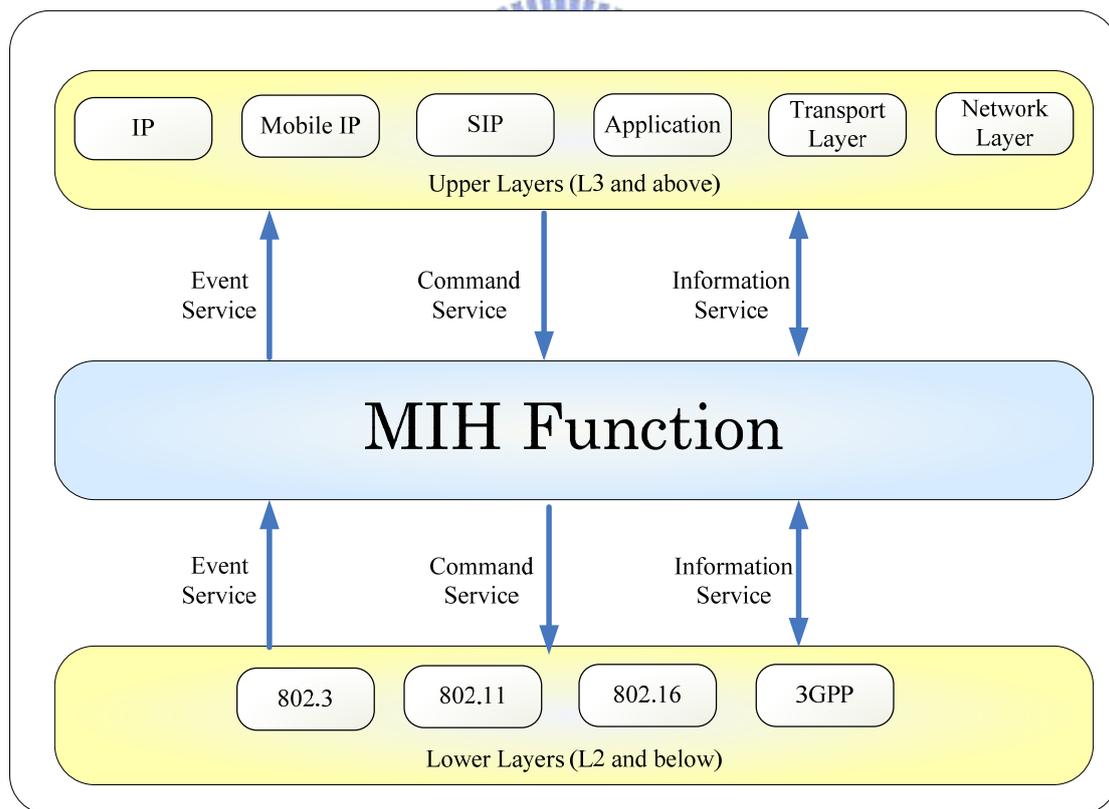


圖 2.1：媒介獨立換手機制架構圖

## 第三章 異質網路的換手

由於媒介獨立換手機制在第二層與第三層之間提供了一個共通、單一的介面，因此可以很容易控制在第二層中的各種網路媒介存取控制層，除此之外，上層也可以跟媒介獨立換手機制註冊底層訊號事件，當事件發生時，可以收到通知，執行相對應的動作。例如當第二層網路連線建立完成，上層收到連線建立完成事件，此時就可以開始執行第三層連線建立 IP 位址。

在本章中，會介紹媒介獨立換手機制的架構跟內容，也會深入討論如何將媒介獨立換手機制應用在異質無線網路上的垂直換手。在 3.1 節中，介紹媒介獨立換手機制三個主要的服務，而在 3.2 節中，討論支援媒介獨立換手機制如何改進換手效能。

### 3.1 媒介獨立換手機制

一個具有兩張以上無線網路介面卡的行動節點，在多重無線網路覆蓋的環境下移動時，可藉由切換不同的網路介面來達到持續性的服務。例如，某個行動節點同時擁有 WiMAX 和 Wi-Fi 的網路卡，一開始使用 WiMAX 網路卡在室外連上 WiMAX 網路，進行資料傳輸的服務，當行動節點移動到室內時，可能因為建築物產生的屏障，造成原本 WiMAX 訊號不好或者是訊號中斷，此時如果我們能夠透過另一張 Wi-Fi 網路卡，連接室內的無線擷取點，將可讓使用者達到連續性服務存取之目的。

目前在制訂中的 IEEE 802.21 草案，是在第二層跟第三層網路協定之間提出一個跨層的雛形架構，透過媒介獨立換手機制來整合、支援與協調異質網路的運作。由媒介獨立換手機制負責轉譯上層與下層之間的訊息與命令。跨階層設計的好處是可以讓不同種類的實體層、網路媒介存取控制層，有一個共通的介面來與上層溝通，對於上層來說，也不必要瞭解下層網路媒介的細節規格，達到與媒介獨立的控制，將有助於整合異質網路上換手的整個運作。

整個媒介獨立換手機制的運作透過三個服務來達成：媒介獨立事件服務(Media Independent Event Service)、媒介獨立命令服務(Media Independent Command Service)以及媒介獨立資訊服務(Media Independent Information Service)。以下將介紹這三項服務內容。

### 3.1.1 媒介獨立事件服務

媒介獨立事件服務提供上層透過註冊事件的方式，得知鏈結層的狀態。當註冊的事件被觸發時，底層必須將此事件通知經由媒介獨立換手機制轉交給上層。這些註冊事件的型態分為以下五種：

1. 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)：這些事件是對應到網路媒介存取控制層和實體層的狀態，例如當 WiMAX 網路連線程序建立、註冊完成，此時底層狀態從離線(Link Down)轉變成上線(Link Up)，就會經由媒介獨立換手機制發送一個上線(Link Up)事件通知上層。
2. 連結參數的事件(Link Parameter events)：觸發原因是因為鏈結層設定參數的改變，無論是基本程序上的參數改變、或是由於參數設定的數值超過或低於某個預設門檻值，都屬於這類事件型態。如連結參數改變(Link Parameter Change)的事件。
3. 預先偵測的事件(Predictive events)：表示一個“可能”即將要發生的事件通知。例如，即將離線(Link Going Down)事件便屬於這一類型態。當 WiMAX 網路卡發現收到基地台的訊號強度低於定義的預設值，表示與基地台連線的訊號開始衰弱，代表可能即將要失去與基地台的連線，此時上層就會收到即將離線的事件通知。預先預測的事件通知會夾帶事件的可信度和事件在多久之後將要發生的數值，事件的可信度是指預估事件發生的機率，機率越高代表著可信度越高，事件發生的機率也越高。透過註冊即將離線事件可用來幫助我們考慮是否要預先發起換手，可以避免在失去與基地台的連線之前，就能夠執行換手程序，維持連續性的服務。
4. 連結的同步事件 (Link Synchronous events)：換手連線發起 (Link Handover Imminent)、換手連線完成(Link Handover Complete)都是屬於這類的事件。這類事件的發生並不像先前敘述的事件是因為狀態或是參數值改變時所產生的，而是在第二層換手事件的開始或結束的時間點時用來通知上層。因為 802.16e 換手程序主要運作都在網路媒介存取控制層中，上層的行動管理者無法知道。所以，當要開始第二層換手時，藉由換手連線發起事件的通知送達，上層就知道此時必須暫停資料的傳送，等到之後收到換手連線完成事件通知時，才可以繼續重新開始資料的傳輸，有助於上層執行移動性管理的決策。
5. 連結傳輸的事件(Link Transmission events)：用來表明上層的封包資料單元(Packet Data Unit, PDU)傳輸狀態是成功或失敗。當行動節點從原本接取的網路移動到另一個網路時，發生了第二層的換手，要重新跟

新的目標網路建立第二層網路新連線。如果上層已經透過原先的連線送出封包資料，可是還沒收到遠端節點接收端的回應(ACK)或是因為超過重傳計時器設定的時間，這個封包資料可能會被判斷遺失。上層將必須透過新的連線，試圖重傳資料，所以必須根據新的連線重新更新封包設定，將會因為設定所花費的時間造成延遲太久影響到即時性的應用服務。因此註冊了連結傳輸的事件，可以幫助上層知道送往底層的封包資料單元是成功或失敗，一旦收到失敗的事件，便能很快準備重傳的設定，不須等到重傳的計時過了或是沒有收到回應，才開始進行重傳，以避免因換手的動作所造成嚴重的傳送延遲。

### 3.1.2 媒介獨立命令服務

媒介獨立命令服務是設計用來讓上層可以對底層下達命令的服務，透過此項服務的支援，可以讓我們對於底層發生的事件，執行相對應的控制跟管理。

舉例來說，底層透過媒介獨立換手機制轉送上來一個即將離線的事件通知，當上層得知後，再藉由媒介獨立換手機制下達掃描網路的要求，讓底層的介面嘗試搜尋是否周圍有比較好的基地台訊號。如果回報結果是有比較好的訊號品質，上層會下達命令，要求底層換手到訊號比較好的網路；相反地，如果回報結果是沒有，此時如果底層擁有一個以上的網路卡介面，上層會命令使用另一個網路卡介面重新嘗試進入新的網路。當另一個網路卡介面建立完成網路，上層收到上線事件的通知後，將資料流導向新的網路，利用新的網路連線重新開始服務。除此之外，也能透過媒介獨立命令服務關掉原先不再使用的網路介面卡。

所以，媒介獨立命令服務的設計，使得上層比較容易執行要給予底層的命令時，藉由媒介獨立換手機制來轉譯成底層可以理解的格式，尤其是在當底層擁有多個網路卡介面時，可以很容易切換、協調管理不同種類的網路媒介。

### 3.1.3 媒介獨立資訊服務

媒介獨立資訊服務用來讓行動裝置搜尋和取得網路的資訊。這些資訊主要可以分類為三個部分：

1. 擷取網路的資訊：這些網路資訊包含了像是網路的種類(Wi-Fi 或 WiMAX)、所支援服務型態的能力(Quality of Services, QoS)、網路負荷量、網路擷取點的位置訊息、網路的認證方式等。
2. 網路擷取點的資訊：例如擷取點的辨別名稱(Identifier)、擷取點的網路卡實體位址、頻道編號、擷取點的連線參數等等。
3. 其他資訊：像是第三層的 IP 位址或是網路服務業者的資訊等。

因此，行動裝置可以透過媒介獨立命令服務來取得周圍網路的資訊，評估要換手到哪一個網路，進一步地，如果能夠取得擷取點的細節資訊，來幫助選擇取得更好的服務，較容易地支援進行無縫的換手。

## 3.2 由即將離線事件觸發的換手

一般來說，行動裝置都是等到與基地台或無線擷取點的連線中斷後，才開始進行重新尋找網路，進而觸發換手流程，重新建立網路。由於都是等到訊號斷掉才開始進行換手，往往會造成換手延遲的時間很長，以及大量封包遺失的情況發生。而且，在 802.16e 標準中，由行動節點主動發起換手的程序裡，行動節點需要先向目前服務的基地台送出掃瞄要求，但是如果連線已經中斷，行動節點就不能取得服務基地台回覆的掃瞄訊息，將無法執行掃瞄鄰近基地台的工作來進行預先的連結同步。因此，我們要考慮在連線即將中斷之前就要開始進行掃瞄工作，搜尋可以使用的網路，進行一個預先觸發的換手。

我們利用媒介獨立事件服務中的即將離線事件通知，來預先偵測底層訊號的衰弱，進行一個預先觸發的換手，以降低換手延遲的時間，接著下面會討論在同質性和異質性網路上分別透過即將離線事件通知支援的換手。

### 3.2.1 應用在同質網路上的換手

我們以 WiMAX 同質網路中換手的例子來說明，在 802.16e 規格中定義了行動節點在服務基地台跟新的目標基地台之間的換手流程，以支援行動節點的移動能力。在建立網路程序的一開始，要先和媒介獨立換手機制註冊即將離線的事件，網路連線正常執行時，只要當行動節點收到基地台的強度訊號值低於預設的門檻值，都要計算低於此門檻值多少比例，作為預測斷線的可信度值，將此可信度值當成即將斷線的可能機率放進即將離線的事件通知中，送交上層告知一個即將離線事件的發生。

如圖 3.1，虛線的部分是上層跟下層透過媒介獨立換手機制傳送指令或事件的訊息。當我們發現即將離線事件中的可信度值高於 80% 時，藉由一個媒介獨立命令服務 (MIH Scan.REQ) 去命令底層執行發起掃瞄網路的要求。底層收到此命令後，便會送給目前服務的基地台一個掃瞄網路的要求 (SCN-REQ)。基地台收到此要求後，會回應掃瞄網路的回覆訊息 (SCN-RSP)，訊息中會放置開始掃瞄網路的時間，以便讓行動節點根據被配置的時間，執行掃瞄鄰近的基地台。掃瞄完成後，依據 802.16e 行動節點主動發起換手的流程繼續正常運作。

在上述中，由於在 802.16e 中支援了即將離線事件來觸發由行動節點主動發起的換手，所以我們保證行動節點送給目前服務基地台的掃瞄網路要求可以得到回應，並不會因為連線中斷而遺失，所以能夠正常執行掃瞄工作，完成 802.16e

的換手流程。除此之外，在與新的目標基地台完成建立進入網路程序後，在經由上線事件來觸發第三層的換手開始，取得新的 IP 位址。因此，我們利用媒介獨立換手機制的支援，將同質網路下第二層跟第三層的換手一併整合，可以減少整體換手的延遲時間。

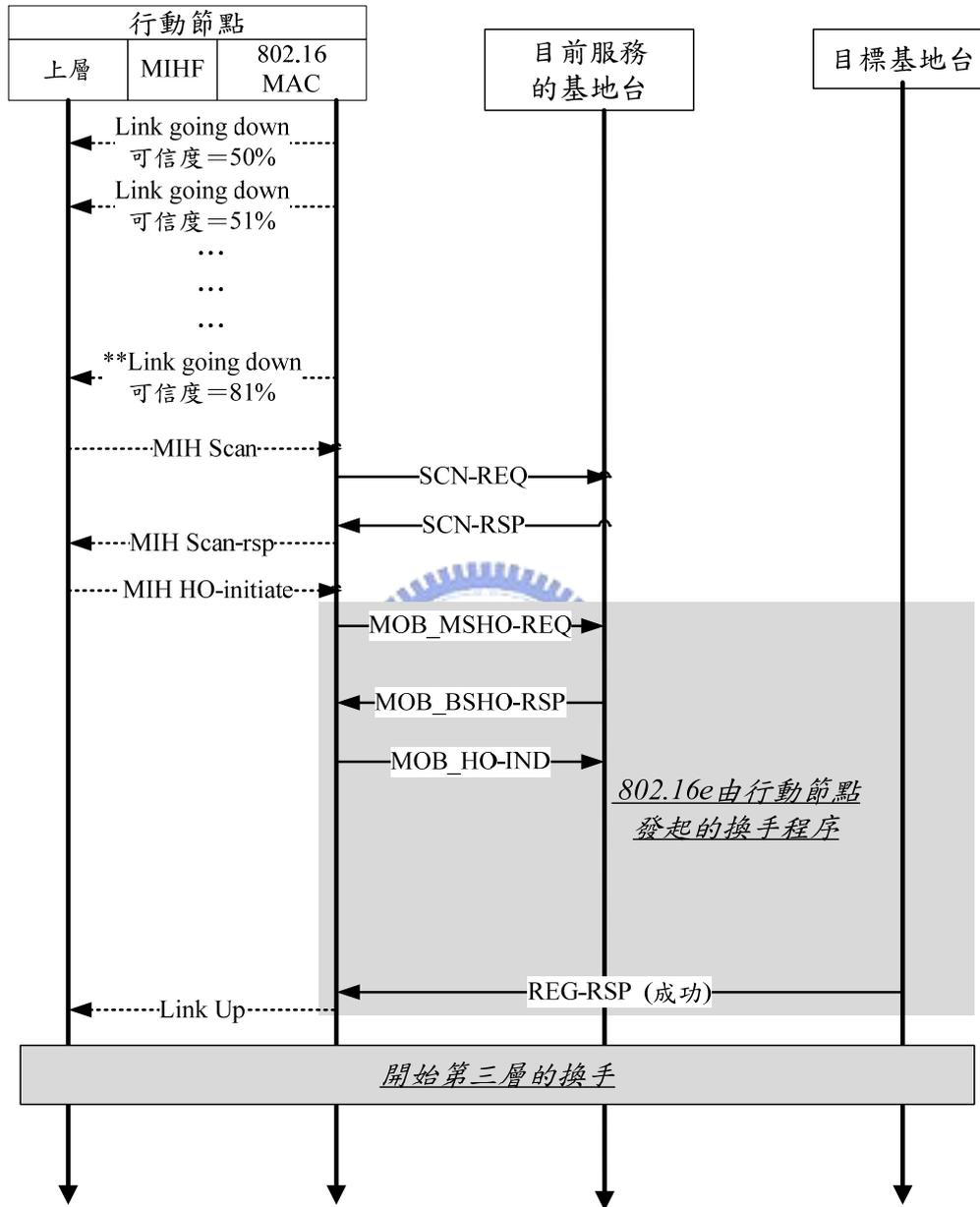


圖 3.1 透過即將離線事件支援同質網路下的換手

### 3.2.2 應用在異質網路上的換手

我們考慮一個具有多張網路介面卡的行動節點漫遊在多重覆蓋的無線網路環境中。假設此行動節點支援兩張 Wi-Fi 和 WiMAX 的網路介面卡，首先是利用

Wi-Fi 網路介面卡，連結 Wi-Fi 網路中的某個無線擷取點。由於行動節點在網路漫遊時，發現與無線擷取點的訊號中斷時，便開始嘗試搜尋網路中有沒有其他可以服務的無線擷取點，嘗試搜尋不到後，我們使用 WiMAX 網路卡，搜尋網路中的 WiMAX 網路服務的基地台，重新進行與新基地台的連線建立。

在上述過程裡，我們等到發現與無線擷取點失去連線後，才開始尋找網路，搜尋不到後，才切換至另一個網路介面卡，建立第二層連線，之後再完成第三層 IP 位址的配置，重新繼續之前的資料傳送，造成整體換手時間相當的漫長。如果在與無線擷取點失去連線以前，先建立進入 WiMAX 的網路連線，我們可以善用擁有兩個網路介面卡的支援，讓行動節點在多重覆蓋的無線網路環境中執行無接縫的換手，達成連續性的服務。

因此，我們在 Wi-Fi、WiMAX 無線網路架構下的垂直換手程序中，加入媒介獨立換手機制的支援。一開始要跟媒介獨立換手機制註冊兩個網路介面卡的事件通知，以便之後可以預先觸發異質網路下的換手。如圖 3.2，當原本使用的 Wi-Fi 網路介面卡發現與無線擷取點的訊號強度值逐漸衰弱，上層會收到即將離線事件的通知，當可信度超過 80%，首先搜尋附近有沒有可以使用的 Wi-Fi 無線擷取點，搜尋不到後，再經由媒介獨立命令服務來啟動 WiMAX 的網路介面卡，開始進入 WiMAX 網路的程序。等到 WiMAX 網路建立連線完成後，再度收到上線事件的通知後，執行第三層 IP 位址的連線建立，並且將原本資料流導向到 WiMAX 網路介面卡。原先的 Wi-Fi 網路介面卡，依據省電機制的策略考量，也能夠透過媒介獨立命令服務適時地關閉。

藉由媒介獨立換手機制的支援，上層協調兩張網路介面卡的使用，很容易地支援行動節點漫遊在不同種類的無線網路之間，進而上層也能適當地切換到更好的服務網路，獲得更好的服務品質。

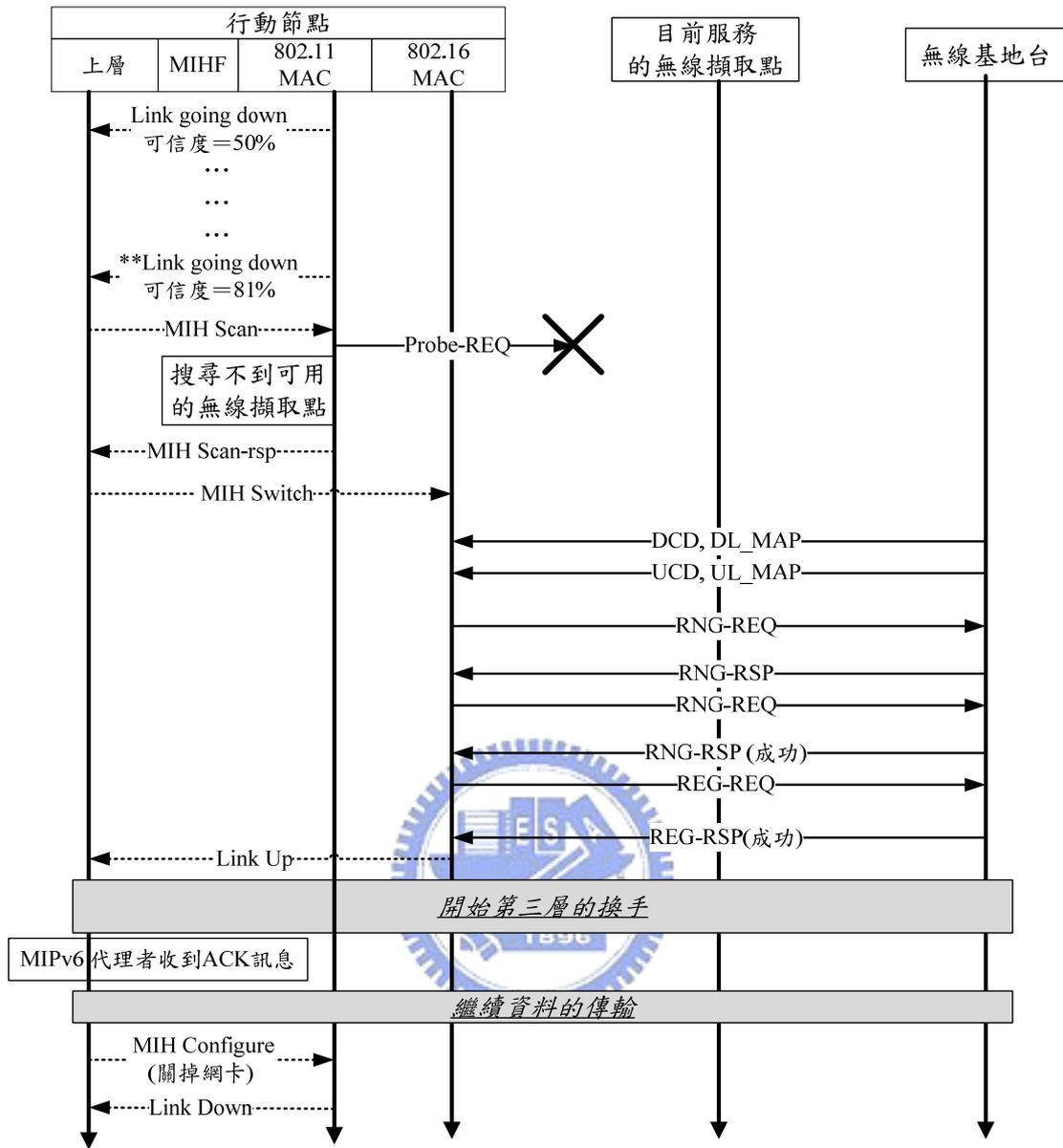


圖 3.2 透過即將離線事件支援異質網路下的換手

## 第四章 快速連結異質網路

在這一章中，我們將利用媒介獨立資訊服務的支援，來快速連結上新的網路。4.1 節中，討論在異質網路下由於彼此基地台和擷取點之間無法溝通所造成換手的問題。在 4.2 節中，我們會提出一個 MIH Get Information 訊息的設計，透過此訊息來改善換手的問題，進而改善換手的延遲時間。

### 4.1 異質網路下換手的問題

在 IEEE 802.16e 規格中，制訂一個訊息稱為 MOB-NBR.ADV，裡面放置鄰近基地台的資訊，而基地台每隔一段時間就要發送 MOB-NBR.ADV 的訊息，讓行動節點可以得知鄰近基地台的資訊。所以在 WiMAX 同質網路下的換手流程，行動節點便利用此訊息來進行掃描，接著行動節點與目前服務基地台會透過 MOB-MSHO.REQ 和 MOB-BSHO.RSP 訊息格式，協商、決定出即將要進行換手的目標基地台。當協商完成後，行動節點會發送一個開始換手的確認訊息 (MOB-MSHO.IND) 給服務的基地台，開始換手程序。目前服務基地台透過後端網路發送換手通知 (HO-notification) 給目標基地台，通知有個行動節點即將要換手；等到行動節點成功換手到目標基地台，再次建立完成網路連線後，目標基地台透過後端網路發送換手完成 (HO-Complete) 的訊息給原先服務的基地台，表示整個換手程序的結束。

但是，在多重覆蓋的異質無線網路環境中，不同網路媒介的基地台和無線擷取點之間無法彼此溝通，所以當行動節點移動到不同種類的網路下，只能靠行動節點本身去搜尋基地台或無線擷取點的資訊，再執行進入新網路的程序，這樣往往會造成切換到另一個異質網路的換手延遲時間會增加很多。如果我們能讓行動節點預先取得鄰近基地台或無線擷取點的資訊，讓行動節點在不同種類的網路中切換時，利用這些預先資訊減少搜尋、連線時間，可以大大地減少換手延遲時間。

### 4.2 快速連結網路的方法

由於網路上所佈建的基地台跟無線擷取點的位置通常不太變動，因此在這種假設下，我們讓基地台跟無線擷取點透過媒介獨立資訊服務的支援，彼此更新位置、網路型態資訊。如圖 4.1 行動節點可以跟目前服務基地台上的資訊伺服器 (Information Server) 取得鄰近周圍的網路資訊，接著利用這些資訊來加速與新的無線擷取點建立連線。

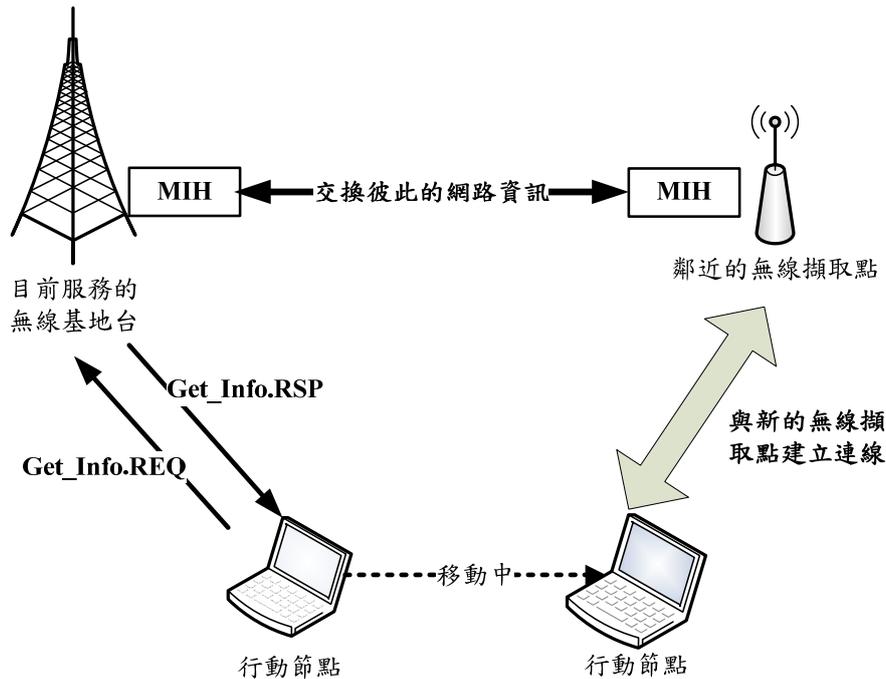


圖 4.1 利用媒介獨立換手機制溝通彼此網路資訊

圖 4.2 是行動節點透過 MIH Get Information 訊息與目前服務基地台取得資訊的流程細節，藉由共通的 MIH 要求和回覆訊息(REQ/RSP)來完成資訊交換。由即將離線事件來觸發的垂直換手程序開始，行動節點發送給目前服務基地台的取得資訊要求的訊息(MIH get\_information.REQ)，當目前服務基地台收到後，會填入已知的鄰近網路資訊，利用取得資訊回覆的訊息(MIH get\_information.RSP)回應給行動節點。當行動節點收到後，初步得知周圍網路媒介的資訊後，可以縮短搜尋和連結上新網路的時間。

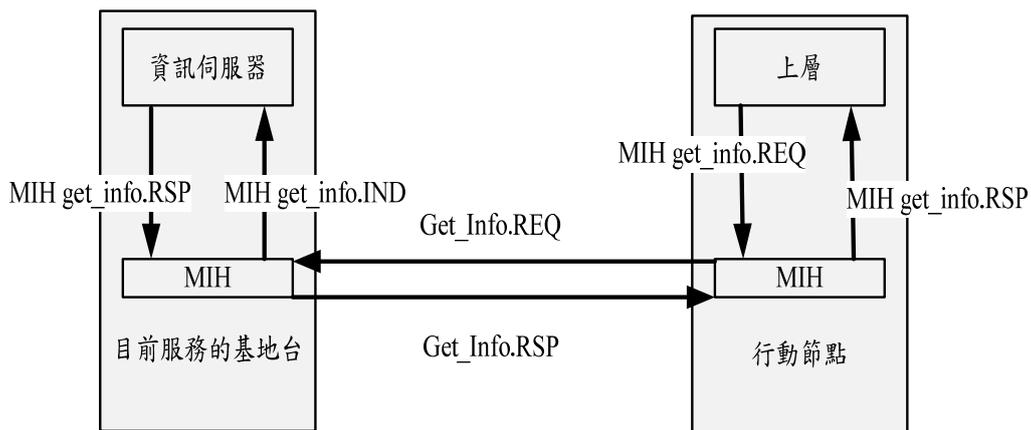


圖 4.2 行動節點跟服務基地台取得資訊的流程

MIH Get Information 訊息可再進一步發展，加入更多關於連線的資訊，例如 IP 位址可以用來幫助進行快速的 MIPv6 換手，加入網路支援的服務資訊；例如 QoS 等級支援，可以輔助行動節點選擇出比較適合自己需求的服務網路。



## 第五章 模擬結果及討論

在本章節中，我們將模擬行動節點在 Wi-Fi 跟 WiMAX 異質無線網路環境中的移動情況，並且分析在異質網路間換手的延遲時間，藉由模擬結果來比較沒有支援媒介獨立換手機制與有支援媒介獨立換手機制、以及有加上快速連結方法這三者之間換手的差異。在 5.1 節中，介紹我們所使用的模擬工具和套件模組，5.2 節中介紹模擬實驗的環境設定參數，接著 5.3 節，我們定義換手時間的開始和停止，計算整體換手延遲時間，最後 5.4 節中則是會呈現模擬實驗的結果。

### 5.1 模擬工具介紹

在本論文中，我們在 NS-2 上進行模擬實驗，將利用美國國家標準與技術局 (The National Institute of Standards and Technology, NIST)[20] 所開發的 WiMAX 模組(2006 年 10 月的版本)和支援移動能力的套件(2007 年 1 月的版本)，來模擬在 Wi-Fi 和 WiMAX 共構之異質無線網路環境中的垂直換手。支援移動能力的套件是根據 IEEE 802.21 第三版草稿裡的定義所制訂，目前內容僅定義出媒介獨立換手機制相關溝通訊息的簡單格式。除此之外，配合 Mobile IPv6 來支援第三層網路的移動換手。



### 5.2 模擬環境設定

在模擬環境中，共有四台基地台，每一個基地台各自形成一個網域。其中兩台為 Wi-Fi 的無線擷取點，傳輸半徑的範圍為 100 公尺，以 IEEE 802.11b 的網路傳輸速率 11Mbps 為依據，設定無線擷取點發送的信標間隔(Beacon Intervals)為 0.1 秒。另外兩台是 WiMAX 的基地台，其傳輸半徑設為 1000 公尺，設定基地台傳送 DCD、UCD 的間隔為 0.25 秒。這些基地台同時也扮演本地端網路代理者和外地網路代理者的角色，來處理第三層換手時需要變更 IP 位址的工作。

行動節點設定為具有兩張網路介面卡(Wi-Fi 與 WiMAX)的節點，以每秒 2 公尺等速度在網路中移動前進，除此之外，將設立一個對應節點負責來傳送資料給行動節點，對應節點和基地台或無線擷取點之間藉由後端網路與路由器相連接，對應節點送給行動節點的資料會透過此路由器轉送給目前服務行動節點的基地台(或無線擷取點)，再由基地台(或無線擷取點)送給行動節點。設定對應節點到路由器彼此之間的雙向連線(Duplex-Link)，網路頻寬為 100Mbps，延遲時間(Propagation Delay)是 30ms，基地台(或無線擷取點)與路由器之間的雙向連線，

網路頻寬為 100Mbps，延遲時間是 15ms。每個節點的佇列都是採用丟棄尾端 (Drop Tail)方式運作。

資料流的設定，採用使用者資料流的通訊協定(User Datagram Protocol，UDP)，傳送的封包大小為 120 bytes，使用固定的位元速率(Constant Bit Rate，CBR)，以 48kbps 的速率來傳送資料，總傳輸時間為 140 秒。將隨機的 100 筆數據資料取其平均值作為我們的模擬數據結果。

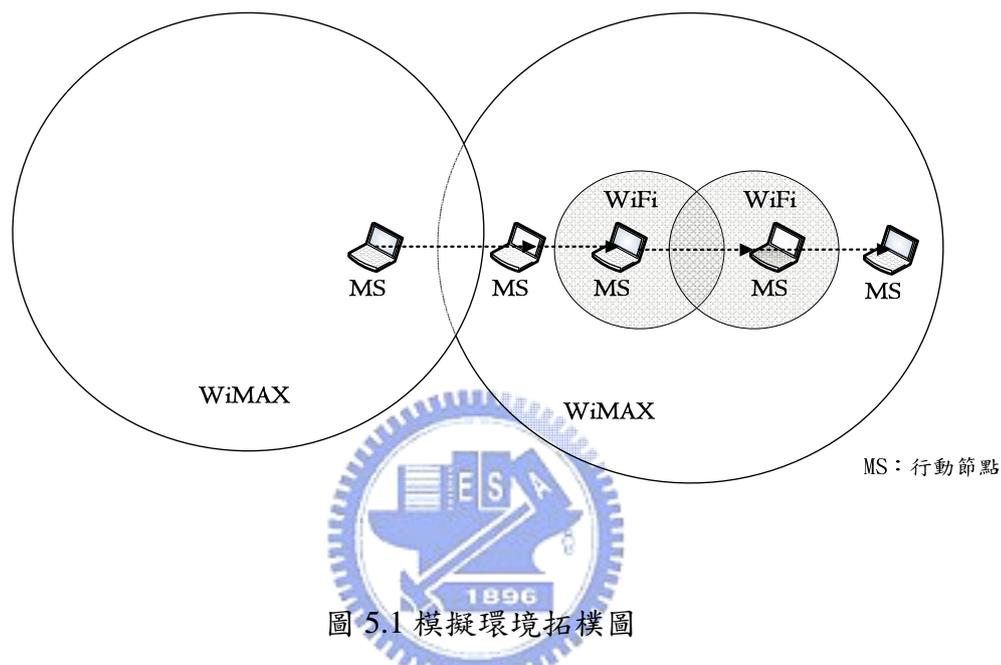


圖 5.1 模擬環境拓樸圖

模擬一開始時，行動節點會隨機等待一段時間才開始等速移動，當行動節點橫跨網域到另一個新的網域時，由於遠離了原本使用網路的基地台(或無線擷取點)，所以收到訊號的強度會逐漸衰弱，便會觸發換手的進行，如圖 5.1 所示可知行動節點在此模擬環境下，總共會經歷四次的換手，兩次同質網路的換手和兩次異質網路的換手。因此我們會針對 WiMAX 同質網路下的換手、Wi-Fi 同質網路下的換手、從 Wi-Fi 網路換手到 WiMAX 網路以及從 WiMAX 網路換手到 Wi-Fi 網路，這四種模擬情境來分析討論沒有支援媒介獨立換手機制和支援媒介獨立換手機制的換手延遲時間，及封包掉落情形。在異質網路下的換手，再加上我們提出的快速連結方法，藉以驗證是否可以降低異質網路下換手時間的延遲。

### 5.3 定義換手時間的開始與結束

接下來，在 5.3.1 和 5.3.2 小節中，我們會定義換手時間的延遲，利用 WiMAX 網路下的換手例子來敘述。

### 5.3.1 沒有支援媒介獨立換手機制

圖 5.2 顯示一個沒有支援媒介獨立換手機制，在 `lost_dl_map` 的計時器過期後，行動節點對目前服務基地台送出了掃瞄的要求，但是，由於與基地台的連線已經中斷，無法順利地取得掃瞄的回覆，因此，行動節點必須要重新掃瞄網路，進行建立網路的程序。建立網路程序如下所示：

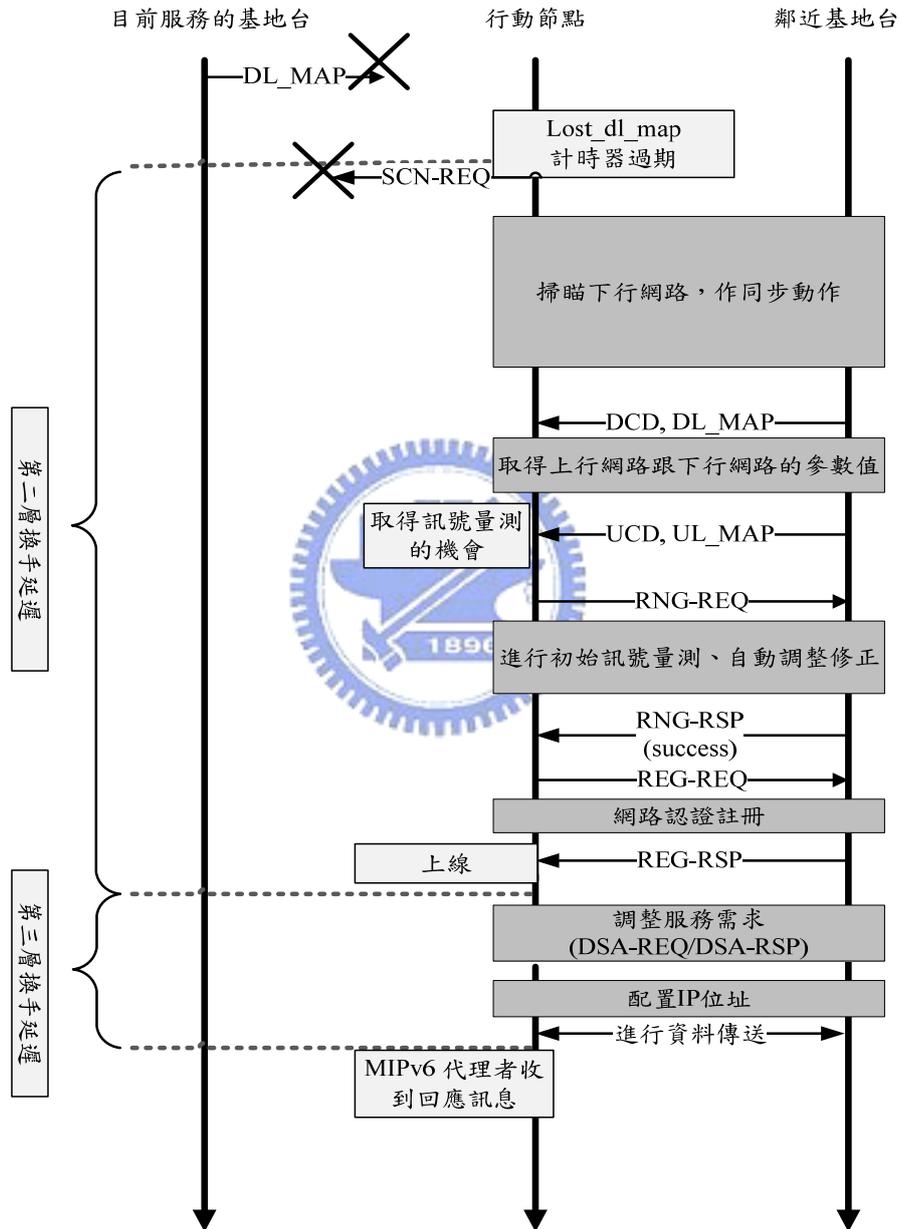


圖 5.2 沒有支援媒介獨立換手機制的 WiMAX 換手流程

1. 換手時間的開始：連線中斷的時間點。在 WiMAX 網路中，與無線基地台的連線中斷，是指在超過 0.6 秒後，都沒有收到 DL\_MAP 的封包，就判斷為與基地台的連線中斷，0.6 秒為 lost\_dl\_map 的計時值。而在 Wi-Fi 網路中的連線中斷，則是當超過三次都沒有收到由無線擷取點每隔 0.1 秒會發送的信標訊息，換句話說，在超過 0.3 秒後，沒有收到信標訊息，判斷與無線擷取點的連線中斷
2. 連線建立成功：當行動節點與基地台(或無線擷取點)連結上第二層網路並且註冊完成的時間點。
3. 換手的結束：當 MIPv6 的代理者收到回應(ACK)訊息的時間點。

### 5.3.2 支援媒介獨立換手機制

圖 5.3 表示支援媒介獨立換手機制的換手，透過即將離線事件的觸發，預先偵測到訊號的衰弱，行動節點對目前服務基地台送出掃瞄的要求，取得掃瞄回覆後，必須重新掃瞄網路，再進行建立網路的程序，每個步驟如下。

1. 換手時間的開始：由於有媒介獨立換手機制的支援，所以我們可以透過即將離線事件來觸發換手的開始，當事件中夾帶的可信度高於 80%，需要開始掃瞄網路。在 WiMAX 網路的掃瞄過程中，仍然可以穿插著正常資料傳輸的運作。因此，換手時間的開始應定義在掃瞄完成後，藉由媒介獨立命令服務下達換手連線發起指令的時間點，此時不能執行資料傳送的工作，以這時間點為換手時間的開始。
2. 連線建立成功：當行動節點與基地台(或無線擷取點)連結上第二層網路並且註冊完成的時間點，收到上線事件。
3. 換手的結束：當第三層 MIPv6 的代理者收到回應訊息的時間點。

根據以上可知整體換手時間計算是從開始換手的時間點，直到行動節點收到回應訊息的時間點為止；第二層換手時間計算是從開始換手的時間點，直到第二層網路連線註冊完成為止；第三層換手時間則是整體換手的時間扣掉第二層換手的時間。

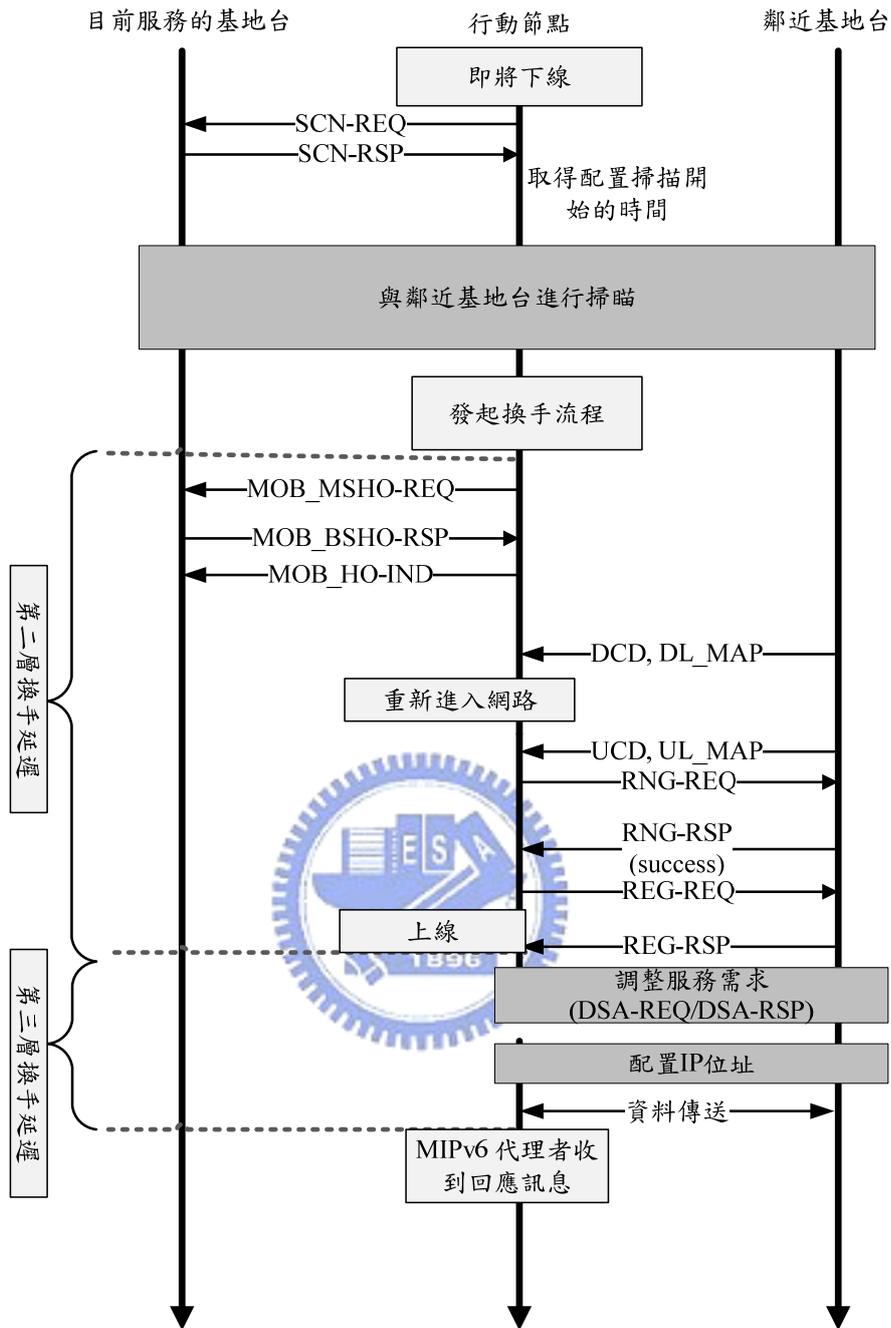


圖 5.3 支援媒介獨立換手機制的 WiMAX 換手流程

## 5.4 模擬結果

### 5.4.1 整體換手延遲時間分析

圖 5.4 為整體換手延遲時間的分析圖，No\_MIH\_support 表示沒有支援媒介獨立換手機制的換手，MIH\_support 表示具有支援媒介獨立換手機制的換手。根據實驗結果顯示，在 WiMAX 同質網路下的換手，沒有支援媒介獨立換手機制的整個換手延遲時間需要 1.113 秒，而支援媒介獨立換手機制的換手延遲時間僅需 0.442 秒，比沒有支援媒介獨立換手機制減少了 0.671 秒，這是因為支援媒介獨立換手機制是藉由即將離線事件的通知，來進行預先觸發的換手，可以保證行動節點順利地完成掃描網路的工作，藉此來縮短重新進入網路的時間；在異質網路下的換手，以 Wi-Fi 換手到 WiMAX 網路為例，支援媒介獨立換手機制的換手延遲時間為 1.123 秒，較沒有支援媒介獨立換手機制的換手延遲時間快 0.314 秒，因此我們可知利用即將離線事件通知所進行的預先觸發的換手，同樣地也可有效地改善在異質網路下的換手延遲時間。

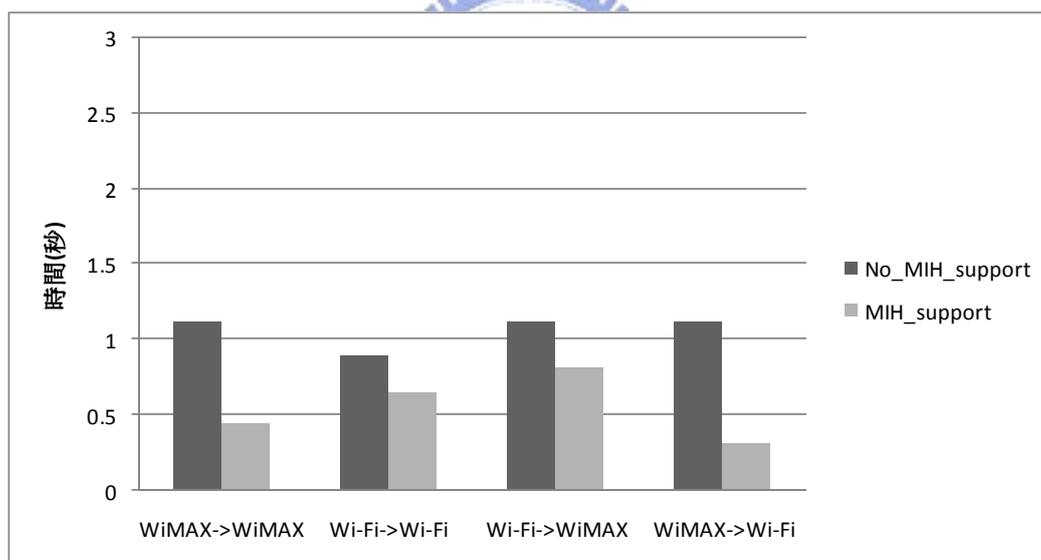


圖 5.4 整體換手延遲時間分析

圖 5.5 為針對第二層換手的延遲時間比較，可知媒介獨立換手機制主要是針對第二層的換手程序作改良，利用即將離線事件的通知，來預先偵測即將發生的連線中斷，以便提早開始第二層換手的運作，縮短第二層換手的延遲時間。

觀察實驗結果，發現在同質網路換手下，WiMAX 的換手會比 Wi-Fi 的換手延遲時間更短，這是因為在 802.16e 規格中，定義了行動節點支援移動性能力的換手流程，因此，配合上支援媒介獨立換手機制的即將離線事件通知，來保證行

動節點送出掃描的要求一定會得到回覆，進而保證 802.16e 的換手程序可以正常運作，所以會有很明顯地效能改進。此外，發現在異質網路換手下由 Wi-Fi 換手到 WiMAX 所改善的比例較 WiMAX 換手到 Wi-Fi 小，這是因為切換到不同網路媒介所需要花的時間不一樣，因此由 Wi-Fi 換到 WiMAX 網路的第二層換手延遲時間會較長。

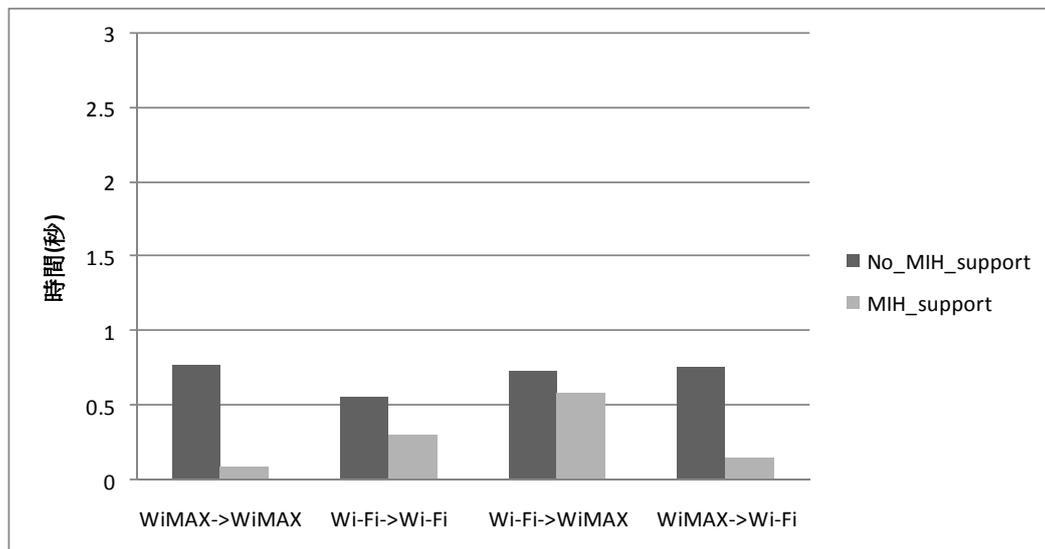


圖 5.5 第二層換手延遲時間分析

#### 5.4.2 支援快速連結方法

圖 5.6 為三種換手機制：沒有支援媒介獨立換手機制、有支援媒介獨立換手機制以及支援媒介獨立換手機制再加上快速連結網路方法(Fast\_association)的整體換手延遲時間分析。由實驗結果可知，加入快速連結網路方法所改善的垂直換手延遲時間，在 Wi-Fi (WiMAX)換手到 WiMAX (Wi-Fi)為 0.633 (0.101)秒，較沒有支援媒介獨立換手機制以及有支援媒介獨立換手機制所花費的時間少，這是因為快速連結網路方法藉由 MIH Get Information 訊息來幫助行動節點取得鄰近周圍的網路資訊，進而縮短進入新的網路延遲時間，因此可知 MIH Get Information 訊息的確可以改善異質網路下的換手延遲。

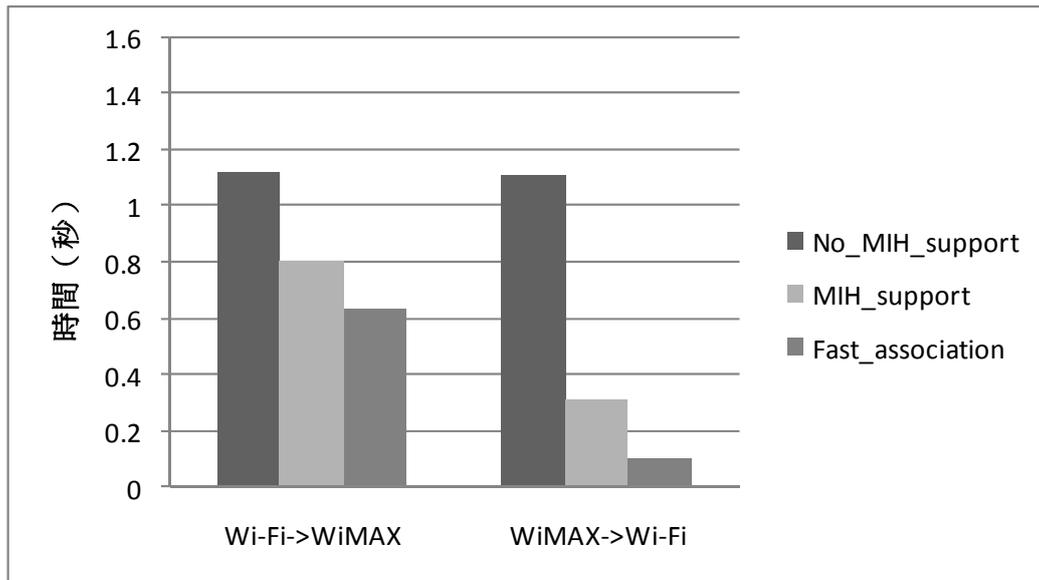


圖 5.6 三種換手機制的整體換手延遲時間分析

### 5.4.3 封包遺失情形

表 5.1 顯示在換手過程中資料封包遺失率。有支援媒介獨立換手機制的換手，其封包遺失率下降許多，尤其是從 WiMAX 網路切換到 Wi-Fi 網路的垂直換手的模擬，因為媒介獨立換手機制的支援，進而保證不會有封包的遺失。除此之外，支援快速連結網路方法下的異質網路換手，封包遺失率也明顯地降低。

表 5.1 換手過程中的封包遺失率(傳輸時間內共收到封包 7000 個)

模擬環境 換手方法	WiMAX->WiMAX	Wi-Fi->Wi-Fi	Wi-Fi->WiMAX	WiMAX->Wi-Fi
No_MIH_support	0.792%	0.602%	1.442%	0.793%
MIH_support	0.258%	0.474%	0.233%	0%
Fast_association			0.029%	0%

## 第六章 結論

本論文根據 IEEE 802.21 草稿中提出的媒介獨立換手機制，我們討論在同質性網路和異質性網路下的換手程序，並加入媒介獨立換手機制的支援，來改善換手的延遲時間，透過即將離線事件預先偵測即將斷線的可能性，提早開始換手流程，我們也提出增加 MIH Get Information 訊息的支援，讓異質性網路上的垂直換手，可以更快速建立新網路的連線。

透過 NS2 模擬的結果驗證出，媒介獨立換手機制的支援明顯地降低換手延遲的時間，並且能夠降低封包的遺失率，藉由媒介獨立換手機制的支援，幫助協調、管理不同介面的運作。在 WiMAX 網路切換到 Wi-Fi 網路上的換手實驗結果顯示沒有封包的遺失，所以幾乎達到無接縫的換手。

未來，在 IEEE 802.21 的標準制訂完成後，還可以將其他不同網路媒介一起加入討論，相信對於行動節點在各種不同網路環境中的換手研究必會有所助益。



## 參考文獻

- [1] IEEE 802 Working group. [Online] <http://www.ieee802.org/>
- [2] IEEE Std 802.16-2004<sup>TM</sup>, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oct 2004.
- [3] IEEE Std 802.16e-2005<sup>TM</sup>, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks - Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems, Feb 2006.
- [4] IEEE P802.21<sup>TM</sup> /D00.05, Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area networks: Media Independent handover Services, Jan 2006.
- [5] IEEE P802.21<sup>TM</sup> /D01.00, Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area networks: Media Independent handover Services, Mar 2006.
- [6] M. G. Williams, "Directions in Media Independent Handover," *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Transactions Fundamentals*, vol. E88-A (7), pp. 1772-1776, July 2005.
- [7] The Network Simulator-Ns2. [Online] <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [8] P. Bellavista, M. Clinque, D. Controneo, L. Fuschini, "Integrated Support for handoff Management and Context Awareness in Heterogeneous Wireless Networks," *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing*, Grenoble, France, vol. 115, pp. 1-8, Nov 2005.
- [9] F. Cacace and L. Vollero, "Managing Mobility and Adaptation in Upcoming 802.21- Enabled Devices," *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Workshop on Wireless Mobile Applications and Services on WLAN Hotspots*, Los Angeles, CA, USA , pp. 1-10, Sep 2006.
- [10] N. Jordan, A. Poropatich, and J. Fabini, " Mobility Adaptation Layer Framework for Heterogeneous Wireless Networks Based on Mobile IPv6," *Proceeding of the 4<sup>th</sup> International Conference on Networking*, Reunion, Island, vol. 3421, pp. 496-503, Mar 2005.

- [11] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," *RFC 3344 Internet Engineering Task Force*, Aug 2002.
- [12] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobile Support in IPv6," *RFC 3775 Internet Engineering Task Force*, Jun 2004.
- [13] F. Siddliqi and S. Zeadally, "Mobility management across hybrid wireless networks: trend and challenges," *Computer Communications*, vol. 29, pp. 1363-1385, May 2006.
- [14] E. Natalizio, A. Scicchitano, and S. Marano, "Mobility Anchor Point Selection Based on User Mobility in HMIPv6 Integrated with Fast Handover Mechanism," *Proceeding of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, New Orleans, LA, USA, vol. 3, pp. 1434-1439, May 2005.
- [15] R. Novak, "Proxy MAP for intra-domain route optimization in hierarchical mobile IP," *The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Transactions on Communications*, vol. E89-B(2) pp. 472-481, Feb 2006.
- [16] M. Frikha, and L. Maalej, "Micro mobility in the IP networks," *Telecommunication Systems*, vol. 31, pp. 337-352, Apr 2006.
- [17] H.Soliman, C. Castellucia, K. Elmalki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6)," *RFC 4140 Internet Engineering Task Force*, Aug 2005.
- [18] R. Koodli, "Fast handovers for Mobile IPv6," *RFC 4068 Internet Engineering Task Force*, Jul, 2005.
- [19] M.H. Habaebi, "Macro/micro-mobility fast Handover in hierarchical mobile IPv6," *Computer Communications*, vol. 29, pp. 611-617, May 2006.
- [20] The National Institute of Standards and Technology (NIST). [Online] [http://www.antd.nist.gov/seamlessandsecure/doc.html](http://wwwantd.nist.gov/seamlessandsecure/doc.html)