

國立交通大學
資訊科學與工程研究所
碩士論文

交遞機制對跨網域交遞延遲之影響分析

Effects of Handover Schemes on the Latencies
of Inter-network Handovers

研究生：陳志豪

指導教授：曾建超 教授

中華民國九十五年六月

交遞機制對跨網域交遞延遲之影響分析

Effects of Handover Schemes on the Latencies of Inter-network
Handovers

研究生：陳志豪

Student: Zhi-Hao Chen

指導教授：曾建超

Advisor: Chien-Chao Tseng

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 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

交遞機制對跨網域交遞延遲之影響分析

研究生：陳志豪

指導教授：曾建超

國立交通大學資訊學院資訊科學與工程研究所

摘 要

在無線網際網路環境之下，行動主機會由舊的無線基地台(Access Point, AP)交遞至另一新無線基地台，而這些 AP 可能會存在於不同的存取路由(Access Router, AR)下。因此行動主機在交遞時需要進行新 AP 的認證(authentication)、關聯(association)，甚至於需要更換不同的 AR。這些動作需要時間，造成使用者在使用各種應用程式存取網際網路訊息時有明顯的停滯的情況發生，尤其是在使用 video/audio 串流(streaming)類軟體(比如：skype)時甚至可能產生中斷。

對於跨網域交遞的問題，已經有不少的學者提出如何減少延遲的理論及方法，包含針對 layer 2、layer 3 以及 application layer 各階層或跨階層的解決方法。我們首先將依據現實網路與地理環境，去測量這些快速交遞機制所花費的時間。再比較這些方法分別省去那些延遲，並判斷這些方法是否合適。

在測量的過程中，我們採用不同晶片的無線網路卡作測量，還有多種不同廠商的無線存取點。將各網路層所造成的延遲用這些不同的設備作測量並且將這些結果加以平均。在測量過程中，不同的作業系統間有些差異存在，甚至造成測量時的限制，我們也將一併提出，並加以解決。

魚與熊掌不可兼得，所以最後我們會給予無線行動使用者適當的建議，這建議包括了：當行動節點處與某種網路環境之下或是當使用者正在使用某種應用程式，此時用什麼樣的交遞機制是比較合適的。再者建議對於網路管理者到底該如何配置整個無線網路的環境，使一般的行動使用者能更快速交遞並且滿意的使用整個無線網路的環境。任何一種交遞機制都有其優點，但也有其缺點，有何優缺點我們也會在最後的分析與評估中提出。

Effects of Handover Schemes on the Latencies of Inter-network Handovers

Student : Zhi-Hao Chen

Advisor : Dr. Chien-Chao Tseng

Institute of Computer Science and Engineering
College of Computer Science
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In wireless networks, a mobile user may roam (or so called handoff) from one access point (AP) to another one. These APs may attach to different access routers (ARs). During handoff, a mobile user needs to authenticate and associate with the new AP and switch ARs, if a different AR is involved. This handoff procedure takes time and may cause network connection of Internet applications deferred or even broken, especially for those video/audio streaming applications, such as Voice over IP and Video on Demand.

Many researches have proposed fast handoff mechanisms that can reduce handoff delays at link-layer, network-layer, application-layer, or combination of them. In this thesis, we will first apply those handoff mechanisms on our testbed and measure the actually handoff delays to analyze the effects of those mechanisms.

In our measurement, we use several wireless LAN cards with different chips and various APs of different vendors. We measure latencies in each network layers and compute the average latency caused by each layer. Moreover, we encounter some interesting constraints that are imposed by different operating systems. These constraints may limit the handoff performance. Therefore, we also provide solutions to eliminate these constraints.

It is always difficult to get everything done at a time. There are tradeoffs for every handover scheme. First, we discuss the strength and weakness for various handover schemes. Finally, some suggestions will be given for the mobile node as well as the network operator. We suggest what handover schemes would be appropriate for mobile nodes using some specific application or under some specific environments. Moreover, we also recommend the network manager about how to configure the whole wireless network environment so that they can provide mobile users with a faster and more satisfied wireless environment.



誌謝

本論文能順利完成，首先要感謝我的指導教授—曾建超博士，在過去兩年對於我的論文題目構思、內容撰寫及口試期間給予細心的指導與啟發。感謝我的論文口試委員：曹孝櫟博士、王讚彬博士與嚴力行博士，感謝他們細心地審查我的論文，並提供寶貴的參考意見，使我的論文更加完善。感謝張弘鑫學長，在我的論文構思期間與我討論並給予意見與啟發，讓我得以完成此論文。我還要特別感謝交大資工無線網際網路實驗室的學長姐、同學以及學弟妹們，在我兩年的碩士生涯中給予我支持與鼓勵，讓我過得非常充實，謝謝你們。

我要感謝我的父母、家人，在我有困難、煩惱的時候，給予我精神上與實質上的幫助，謝謝你們。

還要感謝我的高中同學們，由於他們都早已取得碩士學位，所以不論在生活或是對於撰寫論文的心態上都給了我很多過來人的建議。

特別感謝陪我走過交大生活六個寒暑的女朋友，不論是研究所入學考或是碩士論文都是她陪在我身邊鼓勵著我，沒有她時時刻刻在我身邊耳提面命與加油打氣，我無法完成碩士論文這個艱鉅的任務。

謹將此成果獻給我的摯愛 ” 簡啟雯 ”

目 錄

目錄.....	i
圖目錄.....	v
表目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目標.....	2
1.3 章節簡介.....	3
第二章 背景與相關論文研究.....	5
2.1 無線網路相關背景.....	5
2.1.1 IEEE802.11 無線網路簡介.....	5
2.1.2 無線網路漫遊簡介.....	6
2.2 DHCP 相關介紹.....	8
2.2.1 DHCP 協定.....	8
2.2.2 The IPv4 Subnet Selection Option for DHCP.....	10
2.2.3 Relay Agent Information Option.....	10
2.3 Mobile IP 相關介紹.....	12
2.3.1 Mobile IP 概念.....	12
2.3.2 Co-located CoA.....	13
2.3.3 Foreign-Agent CoA.....	13
第三章 各種快速交遞機制的設計.....	15
3.1 基本跨網域交遞動作流程.....	15
3.2 Data link layer handover scheme.....	19
3.2.1 Pre-probe.....	19
3.2.2 IAPP.....	20
3.2.3 Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks.....	20
3.2.4 A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless.....	21
3.3 Network layer handover scheme.....	21
3.3.1 Move detection.....	21
3.3.2 DHCP address pre-configuration scheme and handover.....	22
3.3.3 Mobile IP Foreign-Agent address configuration scheme and handover.....	23
3.3.4 Data Delivery.....	23
3.3.4.1 Mobile IP tunnel.....	23

3.3.4.2 Bicasting.....	24
3.3.4.3 Agent Forwarding.....	24
3.3.5 Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks	25
3.3.6 Mobile SCTP	25
3.4 Application layer handover scheme.....	26
3.4.1 VoIP software: Kphone	26
3.5 Cross layer handover scheme.....	27
3.5.1 Mobile IP	27
3.5.2 Layer 2 trigger	27
第四章 交遞機制延遲的測量結果.....	29
4.1 Experiment environment	29
4.1.1 Measure tools.....	29
4.1.1.1 gettimeofday	29
4.1.1.2 Ethereal	29
4.1.2 Linux Fedora Core 5, kernel Linux-2.6.16 constraint.....	30
4.2 Data link layer handover latencies	30
4.2.1 Original Wireless LAN handover latencies.....	30
4.2.2 pre-probe	33
4.2.3 IAPP	33
4.2.4 Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks.....	33
4.2.5 A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless.....	34
4.3 Network layer handover latencies.....	34
4.3.1 Original Network layer handover latencies.....	34
4.3.1.1 Move detection	34
4.3.1.2 Address configuration.....	35
4.3.2 DHCP address pre-configuration scheme.....	37
4.3.3 Mobile IP address pre-configuration scheme	37
4.3.4 Data delivery.....	38
4.3.4.1 Mobile IP tunnel	38
4.3.4.2 Bicasting.....	39
4.3.4.3 Agent Forwarding.....	39
4.3.5 Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks	40
4.3.6 Mobile SCTP	40
4.4 Application layer handover latencies	40
4.4.1 VoIP software: Kphone	40
4.5 Cross layer handover scheme.....	42



圖 目 錄

Figure 1- 1 跨網域交遞示意圖	2
Figure 2- 1 無線隨意網路模式(左)及具基礎建設網路模式(右)	5
Figure 2- 2 無線網路漫遊與網路七層架構之對應	6
Figure 2- 3 使用主動探察與新無線基地台建立連線之訊息交換	7
Figure 2- 4 DHCP message flow	9
Figure 2- 5 DHCP Server and Relay Agent.....	11
Figure 2- 6 Mobile IP 架構	12
Figure 2- 7 Co-located CoA registration.....	13
Figure 2- 8 Foreign-Agent CoA registration.....	14
Figure 3-1 Probe Procedure	16
Figure 3-2 Handover latencies	19
Figure 3-3 Architecture for a hierarchical wireless network	25
Figure 4 - 1 time of layer 2 handover	32
Figure 4 - 2 DHCP latencies	35
Figure 4 - 3 FA-CoA latencies	36
Figure 4 - 4 Mobile tunnel latency.....	38
Figure 4 - 5 Kphone handover latency.....	41
Figure 4 - 6 CCL handover latency	42
Figure 5- 1 mobile node speed with signal decay	50
Figure 5- 2 Latencies of over all handover	53



表 目 錄

Table 2- 1 DHCP Message IP address.....	9
Table 2- 2 Subnet Selection Option Frame	10
Table 2- 3 Relay Agent Information Option Frame	10
Table 2- 4 DHCP and Agent cooperation.....	11
Table 4-1 Handover time of different WLAN cards	31
Table 4- 2 time of AP handover	32
Table 5 - 1 Data layer handover Scheme comparison	45
Table 5 - 2 Network layer schemes comparisons.....	47
Table 5 - 3 cross layer schemes comparison.....	49
Table 5 - 4 Resource Location Server Option.....	51





第一章 緒論

1.1 研究動機

由於無線網際網路的蓬勃發展[1]，越來越多使用者會帶著可藉由無線網際網路連上網路的隨身裝置。不管是筆記型電腦、個人數位助理甚至是現在逐漸開始主導手機市場的智慧型手機。因為更多的使用者就算不在桌上型電腦前，也會想要可以隨時接收e-mail或是維持Microsoft MSN的登入狀態，以保持與他人有即時的溝通管道。還有更方便的網際網路電話，目前Skype這套網際網路電話的使用者不斷的增加，就是因為它擁有優秀的通話品質，再加上使用者最在乎的免收費特性。若能維持與網際網路的連結並且保持登入狀態，這可以使這個免費的應用軟體取代目前仍算高價的手機通話服務。

另外隨著無線網際網路技術的發展，許多原先建構在有線環境的服務也逐漸的轉移到無線環境中發展。而其中以各種即時性的應用為民眾最希冀之服務。也因為這些原因而使得在各公共場合大多數都有提供無線網際網路連線的服務。比如各辦公大樓、政府機關、學校、機場...等多處皆可方便使用者隨時隨地的藉由無線網際網路的連線取得所需的網路相關資源，並且執行各種使用者所需的網路應用程式。更甚者一般咖啡廳、速食店，都要打著提供無線網際網路的服務來吸引顧客上門消費。

而無線網際網路目前較為大多數人所使用的機制為 **infrastructure mode**，也就是經由 **Access Point** 來提供使用者連上網際網路。因為 **Access Point** 的訊號傳輸物理限制使得 **Access Point** 有著涵蓋範圍的限制，一般的 **Access Point** 在空曠完全沒有遮蔽物的情況之下可以達到 80~90 公尺的半徑涵蓋範圍。但是大多數的情況底下，建築物的遮蔽與隔擋會使得 **Access Point** 的涵蓋範圍變的相當小。在這種環境底下，使用者若是用個人數位助理、或是智慧型手機等可以隨身攜帶的小型裝置，有可能會隨著時間而移動位置。移動位置所造成的後果就是離開 **Access Point** 的涵蓋範圍，對於這個問題的解決辦法就是將整個要提供服務的環境用多個 **Access Point** 相互交錯的涵蓋整個服務範圍。這麼一來就會引起在無線網際網路環境底下需要做 **handover** 的衍生問題。

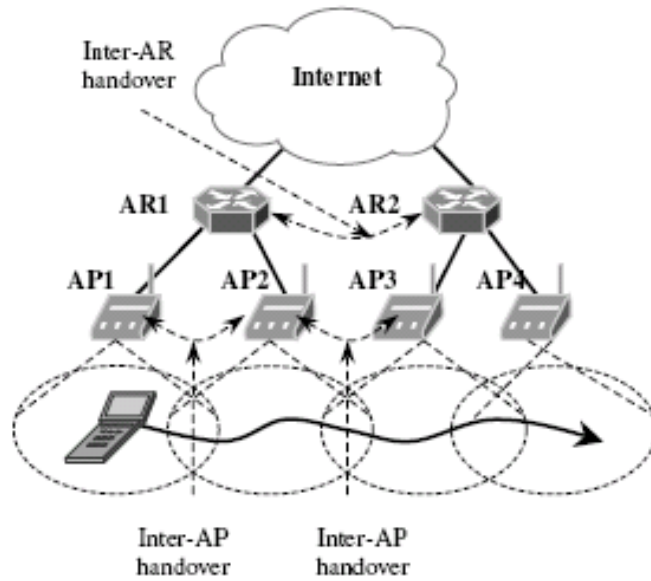


Figure 1- 1 跨網域交遞示意圖

Handover 的動作除了切換不同的 Access Point 會造成延遲之外，還會因為跨網域的交遞(Inter-AR handoff)(Figure 1-1)會造成網路連線服務的延遲甚至於中斷。這多種跨網域交遞的機制所提供的優缺點我們也要去深入的了解，最後針對不同的連線模式與環境系統狀況給使用者應該使用什麼交遞機制的建議。

1.2 研究目標

針對上述的過程所引發的問題，我們將依據實際的測量以及配合無線網路的物理性質。測量出跨網域交遞的延遲時間，探討實際測量多種加速交遞方法比沒有利用這些加速交遞的機制縮短了多少延遲時間，並且比較這些跨網域交遞延遲所額外付出的努力與所得到的縮短延遲回報。

Handover 的問題主要可以分為三個部份：

- A. Layer 2 也就是 Link layer 的部份，使用者需從一個舊的 Access Point 連線換成連接上新的 Access Point。

- B. Layer 3, Network layer 的部份為大多數的 router 設計及網路管理者皆習慣將一個 subnet 定義使用 255 的不同的 IP 位址。這麼一來也就限制了同個 subnet 底下的使用者數量。這種情況會造成不同的 Access Point 有可能隸屬於不同的 subnet router 的管轄範圍，也就是說需要將使用者原本連線的舊 IP 換成新的 subnet 底下的新 IP。
- C. Layer 7, Application layer 的部份，最後當使用者要連上無線網際網路就是因為他正在使用的應用程式是需要無線的自由並且連上網際網路的。而絕大部分的應用程式當切換 IP 之後必須要從新建立新的連線或是註冊新的 IP 位址。

綜合以上 handover 的三個部份，每個部份皆有其相對應的 latencies。這些 latencies 會造成使用者在使用各種應用程式存取網際網路訊息時有明顯的停滯的情況發生。尤其是在使用 video, audio stream (比如：skype) 的時候會有中斷的感覺。目前針對這個無線網際網路跨網域交遞的問題，已經有不少的學者提出如何減少在跨網域交遞之間所造成的延遲的理論。在這些方法中包括了三部份的解決方案，但是這些解決方案所花的 effort 是否真的有其必要與是否有得到相對應的成果。

1.3 章節簡介



關於本論文的章節簡介如下：

第一章：緒論

描述本論文的研究動機，以及本論文想要達到的目標。

第二章：背景與相關論文研究

簡介本論文的相關研究背景，包括了無線網路的漫遊流程、DHCP 以及 Mobile IP 這兩種機制的相關內容。

第三章：各種快速交遞機制的設計

細談各種快速交遞機制的設計，包括了 data link layer、internet protocol layer、application layer 以及 cross layer 各階層的快速跨網域交遞機制。

第四章：交遞機制延遲的測量結果

根據實際的無線網路環境與作業系統，架設環境並且設計出各種交遞機制的測量方法，測量出跨網域交遞機制中每一細節的延遲時間。

第五章：分析與評估

提供了分析與評估，比較各種交遞機制的優缺點，研究各機制所花的努力與效應的關係，並且給予使用者與網路管理者如何增進跨網域交遞速度的建議。

第六章：結論與未來工作

最後我們將本論文所研究的結果做個結論，並且提出未來繼續研究的方向。



第二章 背景與相關論文研究

2.1 無線網路相關背景

無線網路的發展不啻是網際網路進入一個新的紀元的開始，更多的應用針對無線網路蓬勃的發展下面我們就針對無線網路的相關背景作簡單的介紹。

2.1.1 IEEE802.11 無線網路簡介

IEEE802.11 是目前無線網路所遵照的標準，在此標準之下規範了無線網路的實體層 (Physical Layer)、媒介存取控制層(Media Access Control)這兩層的運作方式。也因為 IEEE802.11 的無線電頻率訂於 ISM(Industrial Scientific Medical)，所以在架設無線網路的環境並不需要跟政府機關申請。也因為這樣現在的無線網路環境在低成本與高便利性的考量上已經普遍的存在於生活週遭。

再 IEEE802.11 無線網路的協定中定義了兩種網路傳輸的環境模式：無線隨意網路模式(Ad-Hoc mode)、具基礎建設網路模式(Infrastructure mode)(Figure 2-1)。無線隨意網路模式主要為無線網路節點之間的互相溝通，而不是對外連上網際網路。由於這種模式比較不適用於一般使用者的使用需求，所以目前較多普遍的是具基礎建設網路模式。而具基礎建設網路模式主要是藉由無線存取點(Access Point)，一般作法是使用者藉由無線存取點的媒介將資料送到無線存取點再送到有線網際網路上。這篇論文也將在具基礎建設網路模式的環境下進行探討。

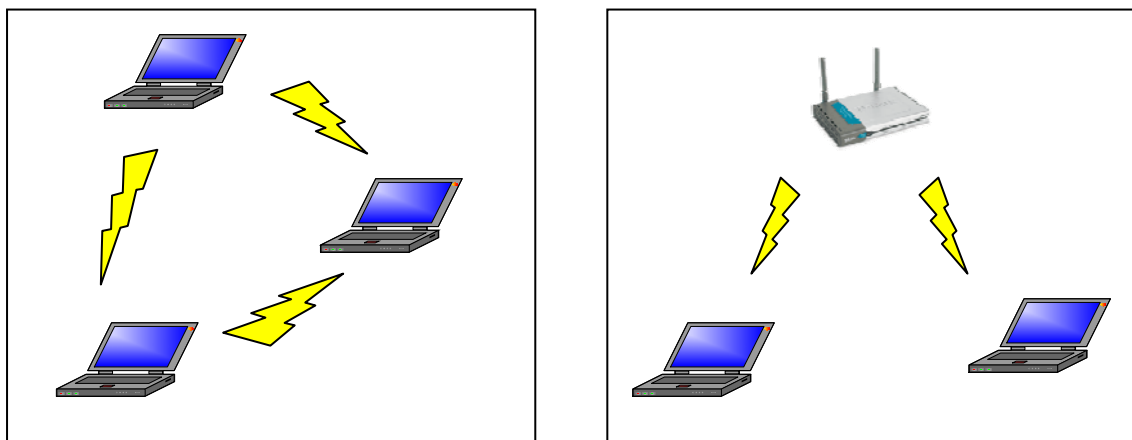


Figure 2- 1無線隨意網路模式(左)及具基礎建設網路模式(右)

2.1.2 無線網路漫遊簡介

整個無線網路漫遊可以根據 OSI 網路七層架構分別討論(Figure 2-2)，除了第一層 physical Layer 及第六層 Presentation Layer 與漫遊無關外，其餘的每層都有其相對應的流程與動作。

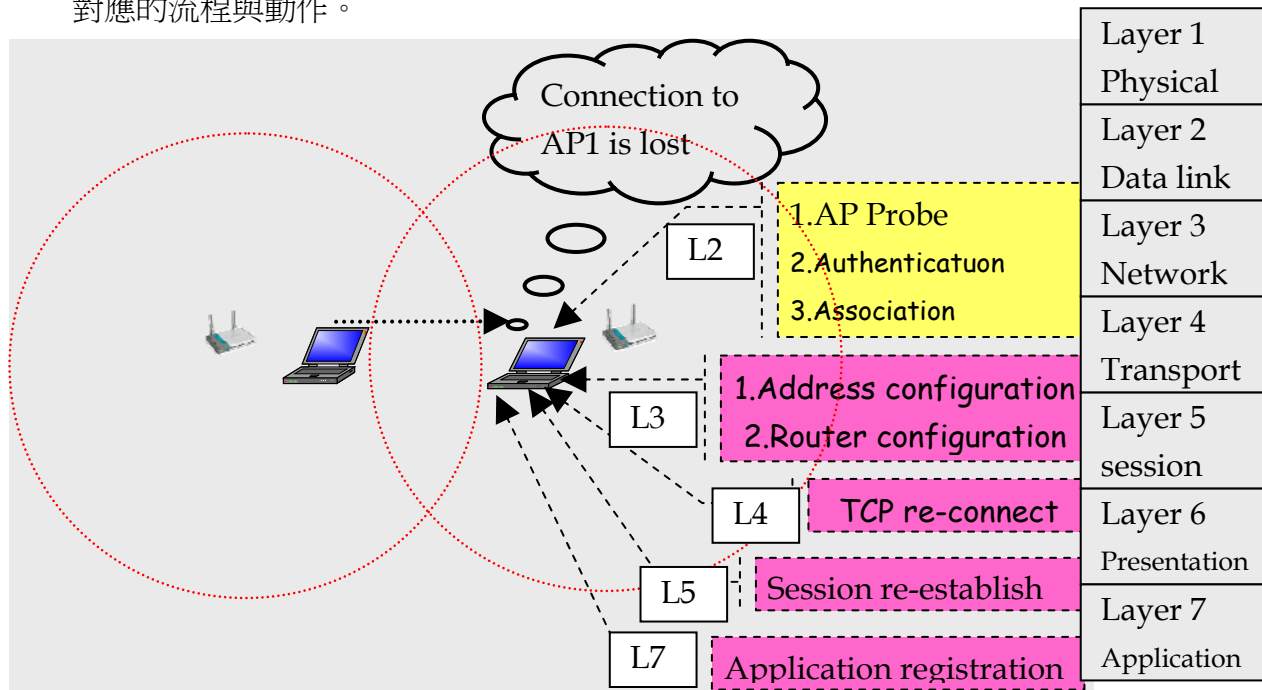
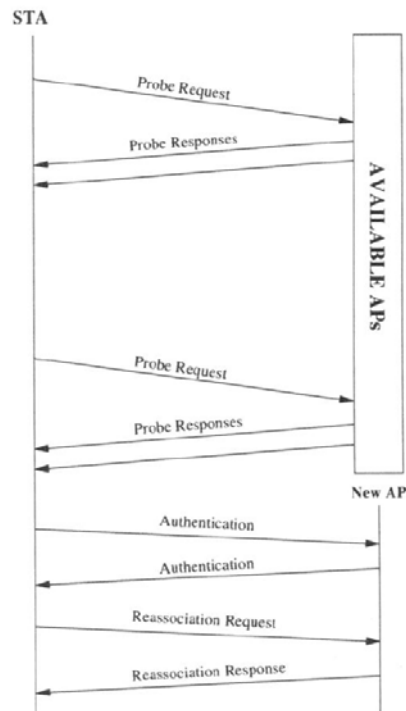


Figure 2- 2 無線網路漫遊與網路七層架構之對應

其中資料連結層(Layer 2: Data Link)漫遊牽涉了以下的動作：移動用戶端的裝置要先與新的基地台建立無線網路連線，這個探查可以分為兩種不同的模式，主動探查、被動探查。主動探查的方式為使用者自行發出探查要求(Probe Request)來取得鄰近無線存取點的資訊(Figure 2-3)。被動探查則為無線存取點會定時發出信標(Beacon)，使用者在根據此信標來判定附近的無線存取點的資訊。

這資訊包含了無線存取點的網路卡號(hardware address)、名稱(essid)、頻道(channel)以及無線訊號的強度(signal strength)、傳輸的位元率(bit rate)等資訊。經過一個 IEEE802.11 中預設的等待時間後，依據這些收集來的附近無線存取點 Probe Responds 再挑選訊號強度合適或是有其他考量所指定的某一無線存取點。針對此無線存取點發出身分認證訊息(Authentication)，收到確認後再發出連結要求(Association Request)，等收到連結回應(Association Response)成功後行動節點(Mobile Node, MN)會取得一個連結識別碼(Association ID, AID)，根據此識別碼無線存取點就可以用來分辨出行動節點的聯結，而行動節點就可以使用這無線存取點的資源了。



Messages exchanged during handover procedure.

Figure 2- 3使用主動探察與新無線基地台建立連線之訊息交換

接下來為網路層(Layer 3: Network layer)，這邊牽涉的漫遊動作主要是要判斷剛才換的無線存取點與原先的無線存取點是否在同個網域中。判斷的方法並沒有特定的協定，只能靠使用者自行的檢測與驗證。一般如果換無線存取點後無法連結上原先的路由器(router)，就可以判定是在不同的網域底下。

如果是在同個網域的話，那漫遊的動作也就到此為止算完成了。後面不用再做其他的動作，行動節點可以繼續剛剛未更換無線存取點之前的所有連線與動作。

如果判斷出在不同的網域的話，那就得需要更換網路層中用來辨識每個節點的 IP。也就是需要在新的網域中搜尋新的路由器(router)，並且取得新的網路 IP 資源。如何利用 DHCP Server 取得這些新的資源或是利用或是 Mobile IP FA CoA 來繼續未漫遊前的網路連線，在後面我們會有詳細的描述。

而傳輸層(Layer 4: Transport)包含了連線所使用的機制，UDP、RTP 或是 TCP。在 UDP、RTP 的連線底下漫遊並不會受到影響。因為 UDP、RTP 並不管自己本身的 IP 位址。但是由於 TCP 的協定中定義了 TCP 連線所認的標籤為“Sender IP, Sender PORT, Receiver IP, Receiver PORT”，這四點缺一不可。所以如果原先有建立 TCP 連線的話，更換 IP 後就必須從先建立連線。這個必須更換 IP 的問題可以經由 Mobile IP FA CoA 來解決，使得連線並不需要更換 IP 也就不需要重新建立 TCP 連線。一樣的我們將如何解決留在後面介紹 Mobile IP 時會詳細解釋。

會議層(Layer 5: Session Layer)中需要向原先正在進行連線傳輸的對應節點提出重新建立會議的要求。不論是利用 TCP 來達成的 FTP 連線或試用 RTP 所做的 VoIP 連線都必須重新建立會議，才能再恢復交遞之前的連線，繼續剛剛尚未交遞前的連線工作。

展示層(Layer 6: Presentation Layer)，因為一般展示層所指的就是將資料加密的過程。所以當應用程式有使用到加密的演算法的，比如說正在瀏覽有加密的網頁，在跨網域交遞更換網路位址的這種情況之下展示層就需要重新建立連線。

最後的應用層(Layer 7: Application Layer)完全取決於應用程式的實作方式，舉例來說 Microsoft MSN 或是 VoIP 就必須要向個別的伺服器回報位置的改變。這樣才能讓其他使用者根據伺服器的 IP 位址記錄找到你。

以上這些漫遊的過程都會造成時間上的延遲以及網路連線的停滯，而其中又以網路電話以及網路視訊的中斷及延遲最讓使用者造成明顯的不便，這對使用者而言是不想要承受的困擾。

2.2 DHCP 相關介紹



2.2.1 DHCP 協定

DHCP(Dynamic Host Configuration Protocol)原先是定義在 RFC 2132 的機制。會制定 DHCP 的原因是因為考量到某些使用者，並不是固定整天 24 小時都會使用到網路資源。在這種情況下當使用者需要網路位址用來連上網際網路的時候，我們經由 DHCP Server 給予一個目前無人使用的網路位址。使用者就可以經由這個網路位址連結上網際網路。也就是說我們可以更有效的控管網路位址的使用，避免了造成浪費。

使用者利用與 DHCP Server(假定網路位址為：1.1.1.1)的訊息交換達到獲得網路位址的目的(Figure 2-4)，使用者發出 DHCP Discover 的封包是以(Source: 0.0.0.0, Destination: 255.255.255.255)為此封包的網路位址內容。當同個網域的 DHCP Server 收到這廣播的封包，依據本身所控管的網路位址中挑選一個(假定為：1.1.1.2)給送出這封包的使用者。DHCP Offer 封包網路位址內容為(Source: 1.1.1.1, Destination: 1.1.1.2)，使用者根據這封包裡面的硬體位址來判定這麼 Offer 是要給自己的。

如果拿到多份 Offers 就挑選其中之一，對那個提供 Offer 的 Server 發出 Request，這個 DHCP Request 封包網路位址內容為((Source: 0.0.0.0, Destination: 255.255.255.255)。主要是因為還沒有確認 Server 回 Ack 所以使用者不能用這個 Offer 內含的網路位址來當自己的網路位址送出封包。DHCP Server 是根據這封包裡面的包含” option: Server Identifier = 1.1.1.1” 來判定這個封包的確是使用者針對網路位址 1.1.1.1 的 Server 所發出的要求。最後 Server 回覆的 Ack 除了” option DHCP Message Type” 不同於 Offer 其餘的欄位都是一模一樣的。

	Discover	Offer	Request	Ack
Source	0.0.0.0	1.1.1.1	0.0.0.0	1.1.1.1
Destination	255.255.255.255	1.1.1.2	255.255.255.255	1.1.1.2

Table 2- 1 DHCP Message IP address

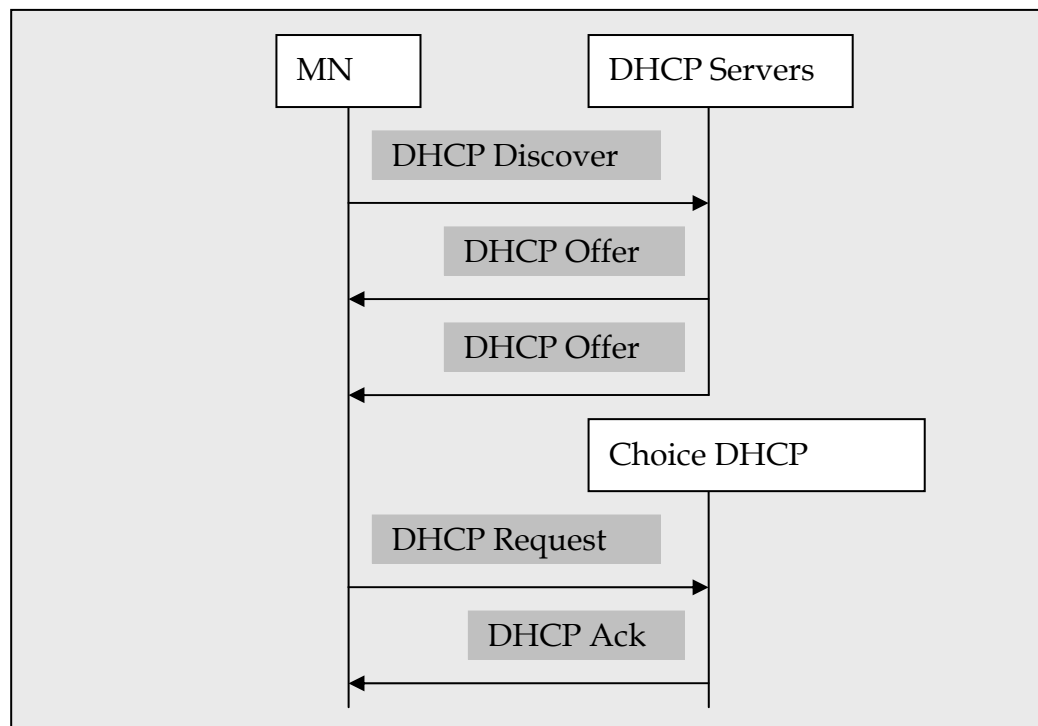


Figure 2- 4 DHCP message flow

DHCP 協定規範了相當多的內容，另外還有一個 options 的欄位可以放任何 DHCP Server 想提供的網路資源。比如說 options 裡面可以包含這個網域的路由器網路位址、子網路遮罩甚至是 Mobile Agent 的網路位址。

2.2.2 The IPv4 Subnet Selection Option for DHCP

在 RFC 3011: The IPv4 Subnet Selection Option for DHCP 中又替 DHCP options 多增加了一項新的 option，也就是” Subnet selection option” (SSO)。這個 option 顧名思義就是讓使用者在發出 DHCP Discover 的時候可以自己選擇想要的 Subnet。雖然訂定這個 RFC 的動機不是爲了無線網路的漫遊，而是爲了同時控管多個網域的網路位址資源。我們可以利用這個新增的 option 來要求非目前正在使用的網域下的網路位址，唯一限制是這個網域的網路位址必須也在此 DHCP Server 的控管之下。在無線網路漫遊的情況之下，我們就可以要求不是使用者目前所處的網域的網路位址資源。Table 2-2 標示了 Subnet selection option 的欄位，Code 爲 option 的代碼，Length 爲後面包含內容的長度，IPv4 Address 爲 32 位元的網域前綴(subnet prefix)。

Code	Length	IPv4 Address			
118	4	A1	A2	A3	A4

Table 2- 2 Subnet Selection Option Frame

2.2.3 Relay Agent Information Option

在 RFC 3046: Relay Agent Information Option 所增加的 option 也是針對 DHCP 的不足所補強的。在這個 RFC 中所提出的新 Option 是讓原本多個不同的網域，可以用同一個 DHCP Server 控管所有網域的網路位址。在各個網域中只要加上 DHCP relay agent 就可以將每個網域裡使用者所廣播的 DHCP Discover 轉送給多個網域中唯一的 DHCP Server。Relay Agent 將所在地的網域內所有的 DHCP Discover、DHCP Request 封包用 unicast 直接轉送給控管 Agent 這網域網路位址的 DHCP Server，並且再封包中多加了一個 Relay Agent Information option 欄位 (Table 2-3)。DHCP Agent 對同網域的使用者就跟 DHCP Server 一樣提供網路位址，使用者不會去察覺 Agent 與 Server 的不同點。

Code	Length	Agent Information Field			
82	4	A1	A2	A3	A4

Table 2- 3 Relay Agent Information Option Frame

以下面 Figure 2-5 與 Table2-4 解釋 Server 與 Agent 如何提供網路位址，假設 DHCP Server A 控管了 1.1.1.x 以及 1.1.2.x 的網域底下的網路位址，DHCP Server C 控管了 1.1.3.x 底下的網路位址。

DHCP Agent 可以設定轉送給不同的 Server，也就是說 DHCP Agent 會根據 SSO 不同網域的網路位址要求轉送給不同的 DHCP Server。

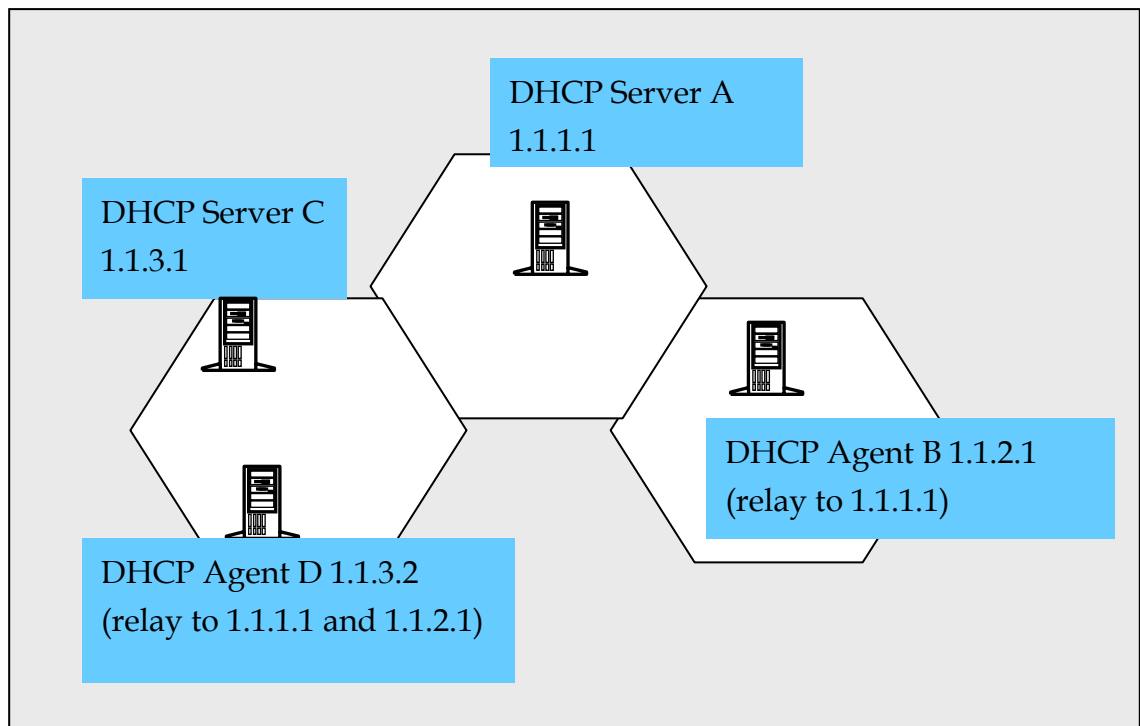


Figure 2- 5 DHCP Server and Relay Agent

目前使用者所在網域	DHCP Discover 有無包含 SSO	Server, Agent 相對應動作
1.1.1.x	No	Server A 提供網路位址
1.1.1.x	Yes, SSO = 1.1.2.x	Server A 提供網路位址
1.1.1.x	Yes, SSO = 1.1.3.x	沒有回應
1.1.2.x	No	Agent B 轉送給 Server A Server A 提供網路位址
1.1.2.x	Yes, SSO = 1.1.1.x	Agent B 轉送給 Server A Server A 提供網路位址
1.1.2.x	Yes, SSO = 1.1.3.x	Agent B 轉送給 Server A Server A 不會回應
1.1.3.x	No	Server C 提供網路位址
1.1.3.x	Yes, SSO = 1.1.1.x	Agent D 轉送給 Server A Server A 提供網路位址
1.1.3.x	Yes, SSO = 1.1.2.x	Agent D 轉送給 Agent B Agent B 轉送給 Server A Server A 提供網路位址

Table 2- 4 DHCP and Agent cooperation

2.3 Mobile IP 相關介紹

2.3.1 Mobile IP 概念

在無線網路漫遊的環境下 Mobile IP 所支援的是能夠正確的繞送資料給正在無線網路環境底下做漫遊的行動節點。這個技術是由 IETF(Internet Engineering Task Force)所提出來的，目前已經有多種實作版本。基本的概念是當行動節點在家網域(Home subnet)的時候是由行動節點自己以家網路位址(Home IP)收送對外的封包。當行動節點離開家網域，並且到達一個新的網域後，行動節點會以另一個相對應的網路位址(CoA: care of address)向 Home Agent 做註冊。Home Agent 就會記錄行動節點目前的位址並且代替行動節點接收所有外部網路要傳給行動節點家網路位址的封包。然後用 IP-in-IP 的機制將這個封包原封不動的傳送給擁有新網路位址的行動節點。

行動節點也可以將封包送回 Home Agent，要求 Home Agent 用行動節點的家網路位址傳送封包給外部的對應節點(Correspondent node, CN)。這樣一來不管行動節點移動到什麼地方，換了什麼新的網路位址。當其他對應節點要送封包給行動節點，這些封包都不會掉失。

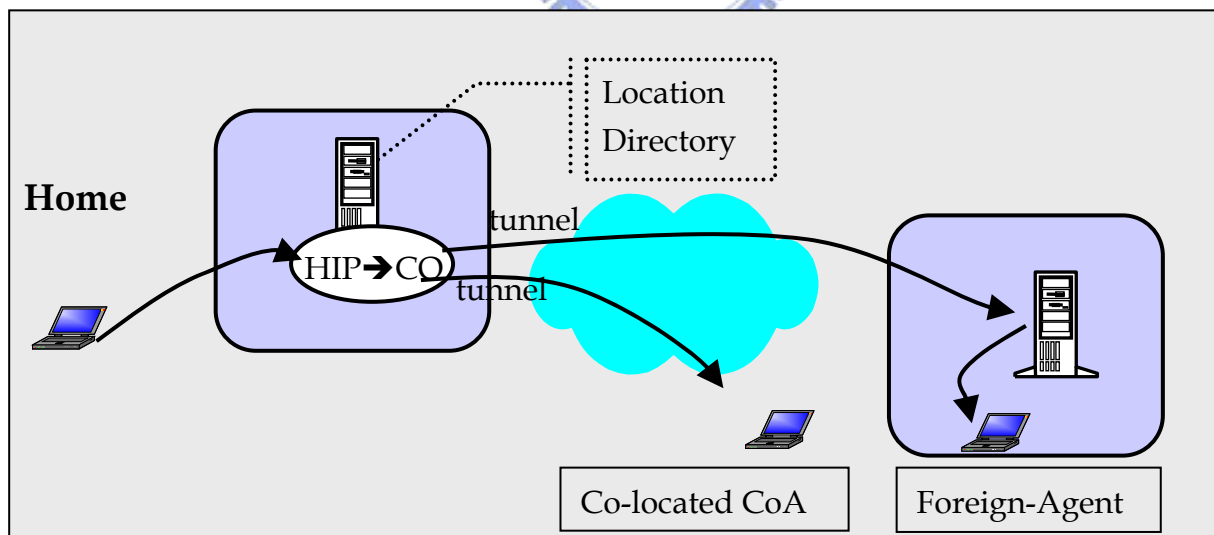


Figure 2- 6 Mobile IP 架構

當行動節點移動到一個新的網域，行動節點可以發出 Agent Solicitation 來搜尋有沒有 Mobility(Foreign) Agent 的存在。當有 Mobility Agent 存在的話，Mobility Agent 就會回覆 Agent Advertisement 給行動節點。行動節點也可以選擇等待，因為 Mobility 會定期的廣播 Agent Advertisement。行動節點可以根據這個定期廣播的 Agent Advertisement 來判斷目前的網路位址是位於 Home Network 或是 Foreign Network。

2.3.2 Co-located CoA

當行動節點離開家網路後到達新的網域可以經由原先就已設定好的新網路位址或是利用 DHCP 的機制取得新的網路位址。將這新網路位址當作 Co-located CoA 向 Home Agent 做註冊的動作，Home Agent 就會經由 IP-in-IP tunnel 將封包準確的傳送給擁有新網路位址的行動節點。

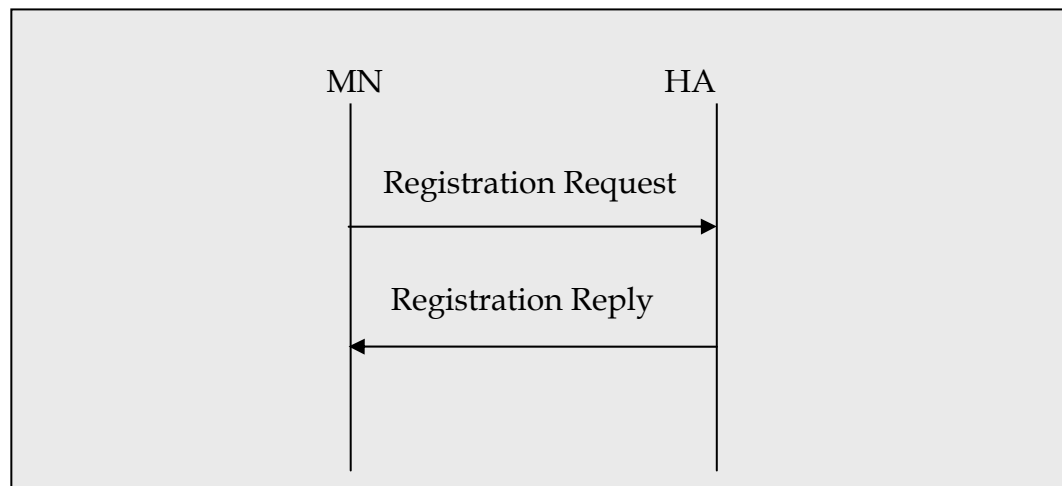


Figure 2- 7 Co-located CoA registrations

2.3.3 Foreign-Agent CoA

Figure2-8 不論行動節點移動轉移了幾個不同的網域，原先的網域是不是有 cFA(current Foreign Agent)，當行動節點到達新網域後。若是新網域有 Foreign Agent，行動節點也可以利用這個 Foreign Agent 做轉送的動作。用原本的家網路位址跟 Foreign Agent 做註冊，Foreign Agent 會自行去跟 Home Agent 做註冊的動作。這時候就是利用 Foreign Agent 的網路位址當作行動節點的新位址回去跟 Home Agent 做註冊，也就是所謂的 Foreign-Agent CoA。

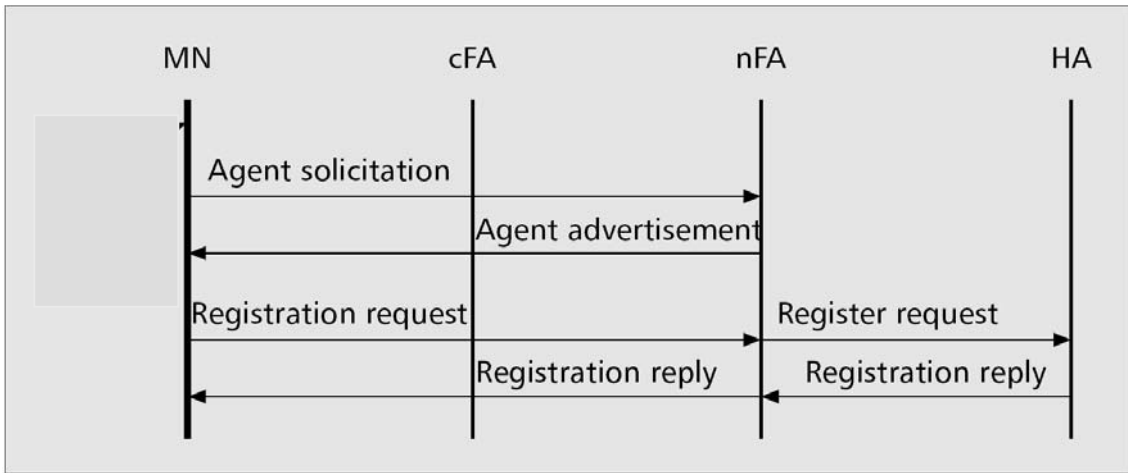


Figure 2- 8 Foreign-Agent CoA registrations



第三章 各種快速交遞機制的設計

一般的無線漫遊所造成的延遲，是我們所不願意等待的延遲。有很多學者提出相對應的解決方案。這些方案與架構對跨網域 Handover 所造成的延遲都有或多或少的改善。底下的章節我們將逐步的分析探討，到底哪些延遲是可以利用哪些好的方法去改善，或是在某特定的環境下我們並不需要這些架構與解決辦法。在無線網路漫遊中做跨網域交遞的確有相當多必須考量的延遲，而這些延遲可以依據網路分層來分開探討。

3.1 基本跨網域交遞動作流程

我們首先回歸到原始的無線網路漫遊的環境，也就是沒有添加任何減少交遞延遲的機制。一步步解釋在做跨網域交遞的時程中，作業系統與網卡是做了哪些事情。

A. Association Detection :

跨網域交遞的過程是首先發生在無線網卡對原本連結上的無線存取點，已經開始有封包掉失的現象出現。這時候無線網卡會繼續執行工作，等到掉失的封包超過一個額度，無線網卡就會判定已經失去連結。這在不同廠商的網卡中實作的方式也不同，取決於硬體設計與韌體的撰寫方式。

B. Probe :

這時候使用者會對無線網卡下 `probe` 的指令，以找到目前可以連結的連線。這在不統廠商不同的 `driver` 下也有不同的延遲時間。

首先我們先以Figure 3-1 Probe Procedure說明整個probe的時間延遲是如何產生，當MN決定要做probe的時候，首先要將無線網卡目前頻道的資料存起來，換上欲Probe的新頻道的資料，也就是所謂的channel switch (CS)。接著發出probe request，等候channel A中所有AP的response。當在minimal channel time (MinT) 的期間有收到response的話就會再等到maximal channel time (MaxT) 的時間結束才更換下個頻道的probe，會這樣設計的主要原因是因為若是MinT中有無線存取點回應，就表示有可能還會有其他無線存取點存在這channel中，所以要等到MaxT後才認定完成probe。

在完成了 channel A 的 probe 後我們再做 CS 到 channel B，在 channel B probe 這情況下 MinT 都沒有無線存取點回應 response，我們就認定在此 channel 內沒有無線存取點存在，所以結束 probe 並且繼續下一個 channel C 的 probe。

其中 probe 要等待的 MinT 與 MaxT 都有可能造成 wasted，因為等待的時間並沒有其他的無線存取點回應。

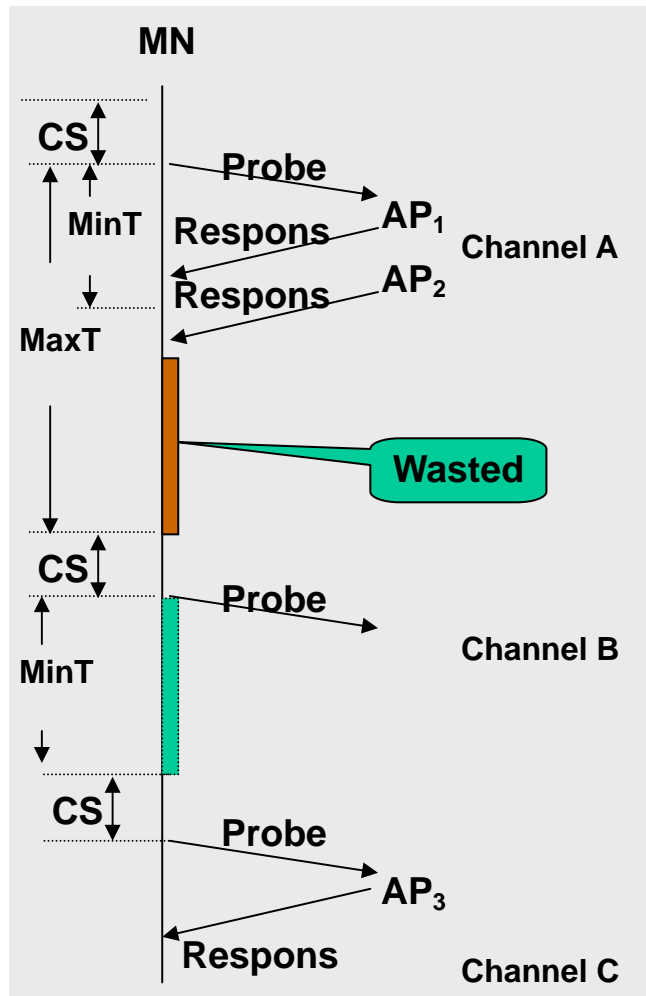


Figure 3-1 Probe Procedure

C. Authentication、association：

當找到訊號穩定的無線存取點，使用者就可以發出 authentication request 等待 authentication response，接著再發出 association request 並且等候 association response 的指令。

Probe、Authentication、Association三個動作都完成即代表完成了layer 2 handover，可參照 Figure 3-1。

D. Move Detection

做完 layer 2 的 handover，接下來使用者必須要開始驗證是不是有換網域。行動節點會嘗試著繼續將封包送給舊網域路由器，當新無線存取點收到這個封包後，無線存取點並不會認得不同網域路由器的 MAC 位址，所以如果新無線存取點與行動節點原本的路由器是不同網域，這個封包就會被丟掉。

這時被丟棄的封包並不會有任何的機制讓行動節點發覺封包因為不同網域被丟棄了，行動節點只會繼續不斷的丟出封包，而新無線存取點則不斷的把封包丟掉。

所以要做 move detection 可以用 ping 試試看能不能將封包繼續送往剛剛的路由器，如果不行表示已經換了新網域。如果可以繼續收送，表示是同網域的交遞，整個交遞的過程到此就算完成了。

或者利用 Mobile IP 的 FA 機制，當行動節點收到不同的 Agent Advertisement 後，就可以依據此 Advertisement 來斷定已經跨過不同的網域。並且完成 move detection 的動作。這部份的延遲會依據網路管理自行定義的 Advertisement period 所形成。

E. Address configuration :

由於換了新的網域，我們就必須要重新取得新網域的網路位址。

甲、可以利用 DHCP 機制，使用者發出 DHCP Discover 去搜尋這個新網域有沒有 DHCP Server。如果有 DHCP Offer 回應就按照 DHCP 的程序發出 DHCP Request，等收到 DHCP Ack 就可以讓作業系統設定行動節點的網路位址、路由器位址等資訊。

乙、也可以利用 Mobile IP Foreign-Agent 的機制，使用者發出 Agent Solicitation，如果有 Agent Advertisement 的回應。就可以按照 Mobile IP 的機制先發出 Registration Request，等 Registration Reply 回來就可以繼續收送封包。利用 Mobile IP Foreign-Agent 的機制不用更改系統中的網路位址與路由器位址。因為 Foreign-Agent 會幫行動節點在這個網域收送封包，行動節點利用與 Foreign-Agent 之間的 tunnel 就可以繼續正常的收送封包。

F. Transport layer session re-build

做完上面的流程，行動節點已經可以正常的接收與傳送封包。但是如果在交遞之前已經有應用程式正在使用網路連線做工作，要考量的是在 Address configuration 所取得的新網路位址，是利用 DHCP 或是利用 Mobile IP Foreign-Agent 所得的網路位址，交遞後的狀況分成幾種情況說明：

甲、如果是利用 Mobile IP Foreign Agent 所取得的網路位址，那可以繼續正常的做網路連線的工作。因為 Home Agent 會幫你將封包轉到 Foreign Agent，而 Foreign Agent 會把封包送給妳。

乙、如果是利用 DHCP 機制所取得的網路位址，那就要分下面兩種情況考量。

- i. UDP 連線程式，應用程式若是使用 UDP。那應用程式並不會在乎有沒有更換無線存取點、網路位址、路由器位址，一樣可以正常的送出封包。如果這個應用程式之前是與另外一個網路上的相對應節點正在作連線溝通(例如：VoIP)，這麼一來得通知相對應節點要更新行動節點的新網路位址。換句話說也就是要通知有可能送封包給行動節點的相對應節點，才能收到其他相對應節點要送給行動節點的封包。
- ii. TCP 連線程式，應用程式如果是用 TCP。更換網路位址後，之前所有的 TCP 連線都要重建。因為 TCP 連線程式是以網路位址為標籤，更換新的網路位址就無法與之前的連線同標籤。

G. Application re-registration

最後如果使用者有使用需要通知伺服器，行動節點所在的網路位址的應用程式(例如 Microsoft MSN、SIP Proxy)。更換新的網路位址後就必須要重新註冊，或是更新伺服器所記錄的行動節點網路位址。

根據上述所有的latencies，我們以下面的 Figure 3-2 表示。

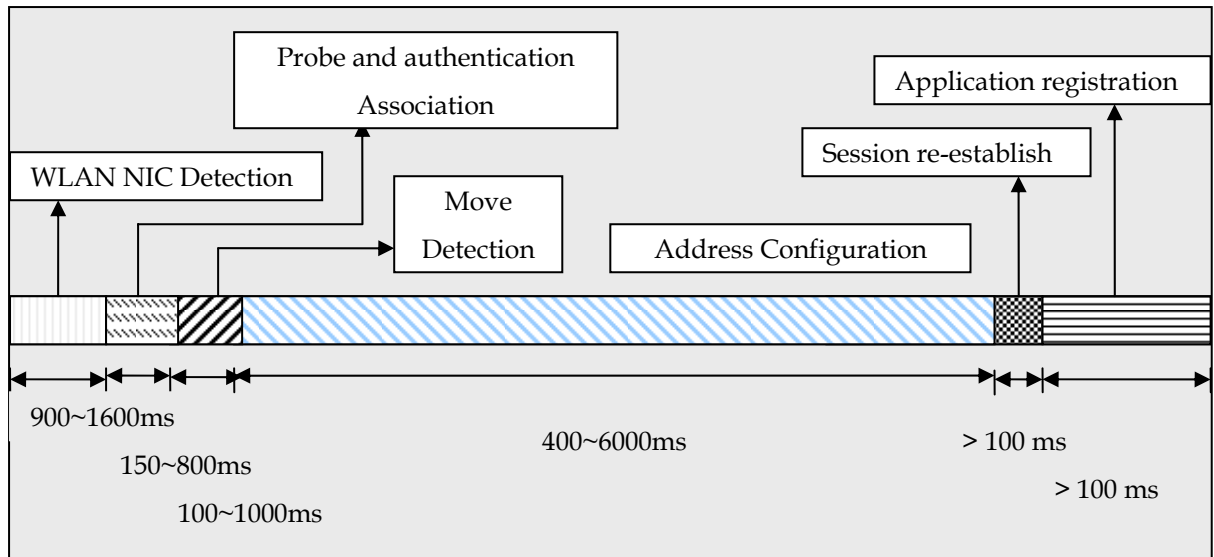


Figure 3-2 Handover latencies

3.2 Data link layer handover scheme

Data link layer 主要是行動節點與無線存取點的同步連結，當更換新的無線存取點可以用下面的機制來減少更換無線存取點所帶來的延遲(不能傳輸資料封包到網際網路的時間)。



3.2.1 Pre-probe

由於probe新的無線存取點會花費相當多的時間，所以大多數的論文皆提出要預先做probe的動作。在這裡我們參照[2]的作法是將無線網卡在收送封包中間把無線網卡切換到其他的頻道發出probe request，如果有收到probe response就等到maximal channel time或是等到minimal channel time都還沒有AP回應就停止等待，並且切換回原先的頻道繼續收送封包。

由於掃描是必須花費時間，並且會佔據了資料收送的機會。所以根據不同的策略可以一次 probe 一個頻道或是一次 probe 多個指定頻道，這裡的策略都不建議一次掃描 802.11 所制定的 11 個頻道，因為這樣會造成大量的交遞延遲。

3.2.2 IAPP

IEEE 802.11f標準[3]，即IAPP(Inter-Access Point Protocol)協議，該標準規定了爲了實現行動節點在同一網域上多無線存取點之間的漫遊功能，無線存取點之間進行通信和交換交遞相關資訊的協定。802.11f標準規定了由行動節點、多個無線存取點、DS(Distribution Service)、AC以及RADIUS伺服器組成的系統來實現行動節點在同一個ESS下不同無線存取點之間的交遞功能。當由於無線網路連結掉失時行動節點需要交遞時，在與新無線存取點進行正常通信前，必須與新無線存取點進行 authentication和association。讓使用者在切換無線存取點時，可以讓新的AP與舊的AP交換使用者的連線資料，以便於維持原有的連線，而不會導致連線中斷，影響使用者無線網路傳輸。

IAPP 協議是一個應用在 IP 層之上的協議，爲了保證無線存取點之間安全通信，支援 IAPP 協議的無線存取點應當向 RADIUS 伺服器進行註冊，建立無線存取點之間的安全通信連接。無線存取點與RADIUS之間的交互資訊包括無線存取點的BSS ID到網路位址之間的映射，RADIUS向無線存取點發送密鑰以保證無線存取點之間的安全通信。當行動節點需要交遞時，需向新無線存取點發出 association 或者 re-association，無線存取點應與 RADIUS 伺服器進行訊息交換，RADIUS 伺服器會向無線存取點發送相應的密鑰。

由於每次行動節點交遞時無線存取點都需要與 RADIUS 伺服器進行消息交換，因此發生交遞的延遲比較長。爲此 802.11 委員會成立了 TGr 工作組進行 FBT(Fast BSS Transition，快速切換)的研究，目的是爲了研究實現支援時延敏感業務的快速切換技術，也就是後來的 802.11r。

3.2.3 Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks

在[4]這方法是行動節點根據一個內存無線存取點實際地理位置與BSSID的location server，以及附近無線存取點的訊號強度大小判定出行動節點的移動方向，利用了機率與三角函數定位法，去預測無線節點可能靠近的下一個無線存取點。

3.2.4 A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless

[5]這方法讓AP擁有兩個Antenna，然後第二個Antenna永遠都在做passive probe看附近的MN訊號傳輸的強弱。當AP2收集了這些訊號強弱的資訊後，傳給MN目前正連結的無線存取點。如果目前連結的無線存取點AP1發現與MN的連線強度遠低於AP2所送過來的資訊。AP1 trigger 整個Handover的流程，首先AP1會幫MN跟AP2做Authentication，然後AP1 trigger MN請他自己去跟AP2做Association。最後AP1會把在MN與AP2做Association期間所收到的packet buffer經由AP2再送給MN。這個方法主要是要避免在Link Layer底下往往要花費很長的一段時間，無線網卡才會確切的判斷出目前的連線已經斷了。

上述的策略省去了行動節點還要在收送封包之中切換頻道去 probe。不過她們的方法得利用兩個 antenna 的無線存取點，這樣才能做到一邊掃瞄行動節點的訊號強度一邊收送封包。也有相對的機制提出行動節點安裝兩個 antenna 一個收送封包一個 probe，概念是一樣的。都是利用多增加另一個硬體設備支援來省去做 probe 的時間。

3.3 Network layer handover scheme

Network layer 主要為管理網路位址的部份，我們可以用下面的各種機制說明如何加快跨網域交遞在 Network layer 部分的速度。

3.3.1 Move detection

所謂的 move detection 就是行動節點在完成無線存取點交遞後，要檢測是否換了新的網域。當行動節點完成了 layer 2 的交遞後，如果沒有任何的機制幫助做 move detection 將會造成相當大量的延遲。在 Linux 中作業系統不會幫你做這個 detection 的動作，一切都得要依靠使用者自行測試，也就是說使用者要自己下 command，那這延遲就會非常長，因為使用者下 command 的速度是以秒計的。

在Move detection的部份，[5]同時也提出其中一種作法，是將無線存取點的網域資訊放在Probe Response中。這麼一來只要收到Probe Response後，行動節點就可以知道這個無線存取點的網域是什麼。只要將這個無線存取點的網域跟行動節點目前的網域做比對，就知道需不需要繼續做跨網域交遞的動作。也就是說layer 3 的move detection在layer 2 就可以預先解決。但是這個前提是廠商提供的無線存取點要支援將網域資訊放入Probe Response，並不是一般網路管理者可以自行達到的功能。

另一種作法是用一個location association server[6]，記錄每一個無線存取點的網路卡硬體位址(Media Access Control address, Mac)與無線存取點的網域資訊對應。因為一般佈建無線存取點後是不會輕易移動的，這種情況下就可以毫無問題的利用location association server的資訊來做到move detection。當行動節點決定要換新無線存取點之前，先利用原本的網路連線與location association server溝通以取得新無線存取點的網域資訊，就可以知道是否有跨網域。這個方法的限制是在於無線節點必須知道這個所謂的location association server的網路位址，才能跟這server要無線節點自己所需的資訊。

3.3.2 DHCP address pre-configuration scheme and handover

當行動節點跨網域的 handover 發生時，可以利用目前最大多數網域都有支援的 DHCP server 來取得新的網路位址。要加快這個 address configuration 的步驟，唯一的辦法是要先去跟 DHCP server 要的下個網域的網路位址。因為 DHCP Discover 與 DHCP Offer 兩個訊息中 DHCP server 會等段時間才發 Offer 出來，其中有個原因就是可以避免 DoS 的攻擊。如果我們直接就跨網域交遞到新的網域才發出 DHCP Discover，要等候一段不算短的時間才能完成整個 address configuration 的動作，詳細的時間測量會在下一章提出。

在前面背景介紹 DHCP 機制時有提到，DHCP Relay Agent 與 Subnet Selection Option。我們可以利用這兩個有趣的東西做到跨網域交遞前的 pre-address configuration。但是前提有兩個，第一是已經有無線存取點 Mac 與其所在網域的對應資訊，第二是網路管理者必須架設 DHCP Relay Agent，且 Relay Agent 知道去哪找相對應網域的 DHCP server。

無線節點就在尚未做 layer 2 交遞動作之前，先在自己的網域下發出 DHCP Discover。不論是用目前的網路位址送 unicast 給 DHCP Relay Agent，或是直接用 0.0.0.0 當 source 網路位址發出 255.255.255.255 的廣播封包，DHCP Relay Agent 都會收起來。

當 DHCP Relay Agent 發現這個 DHCP Discover 所要求的 SSO(Subnet Selection Option)是其他網域，DHCP Relay Agent 就會負責將這個 DHCP Discover 轉到管理無線節點所要求之網域的 DHCP server。Relay Agent 轉送給 DHCP server 是利用 unicast 直接送給另一網域的 DHCP server，而 DHCP server 也是利用 unicast 直接回報給 DHCP Relay Agent。

當 DHCP Relay Agent 送回 DHCP Offer 給行動節點，行動節點就可以根據這個 Offer 去發出 DHCP Request，等收到 DHCP Ack 就完成了 address pre-configuration。

3.3.3 Mobile IP Foreign-Agent address configuration scheme and handover

當行動節點跨網域的handover發生時，也可以利用Mobile IP Foreign-Agent address來取得對外新的網路位址(系統的網路位址並沒有改變)。利用[6]中所提的 Foreign-Agent做address configuration，一樣是利用location association server獲得相對應網域的Mobile Agent網路位址。在已知Mobile Agent網路位址的情況下，可以先發Proxy Agent Solicitation給cFA(current Foreign Agent)，cFA會轉送給 nFA(next Foreign Agent)，nFA會回傳Proxy Agent Advertisement給cFA，這樣行動節點就可以先獲得Proxy Agent Advertisement。或者也可以在location association server就存有Proxy Agent Advertisement這些資訊，這樣甚至連 Solicitation都不用發了。

當行動節點一決定要做跨網域交遞，可以一邊發出 Pre-RegistrationRequest 給 nFA。這個 Pre-Registration Request 是由 cFA 接收後轉送給 nFA，nFA 再依照一般 Mobile IP 註冊的機制回去跟 HA 註冊。等 HA 的 Registration Reply 回傳給 nFA 就算完成了 address pre-configuration。

3.3.4 Data Delivery

3.3.4.1 Mobile IP tunnel

利用 Mobile IP tunnel 的機制，可以達到 transport layer handover 完全不用重建的效果。但是這還是有個限制，也就是當行動節點在網路中漫遊就得都用 FA-CoA。因為如果用 co-CoA 的機制，行動節點對外的連線就不會用 Home IP，而是直接用 co-CoA 與對應節點建立連線，如此一來當行動節點再次的跨網域交遞後，且更換新的 co-CoA 後而使得原先的 TCP 連線就會中斷。

3.3.4.2 Bicasting

在 Mobile IP 中有提及 bicasting 的機制，這個機制主要的方法就是在行動節點決定要跨網域交遞時，回去跟 HA 註冊的 Pre-RegistrationRequest 裡面有一欄位用來通知 HA 將接下來收到要給行動節點的封包，複製一份同時傳送到行動節點目前的網路位址跟下個預期的網路位址。這樣可以讓連線的 session 在完成 layer2 及 layer 3 handover 且做完 ARP(address resolution protocol)後，馬上可以收到封包。也就是說 Transport layer session re-build 的部份延遲時間為 0ms，不用付出額外的 latency。

3.3.4.3 Agent Forwarding

Agent Forwarding的概念是出自[7]，行動節點作Bicasting的缺點是由於無法跟HA同步化。只能靠註冊訊息的來回告知Bicasting的時間，也就是說當HA收到Bicasting的要求後，發Registration Reply給行動節點後，馬上朝Bicasting所要求的兩個網路位址轉送相同的封包。等行動節點收到Registration Reply後，才能開始Layer 2 與 Layer 3 的跨網域交遞。當HA的網路位址離行動節點目前的網路位址好幾個路由器的話，這個從HA到行動節點的round trip time有可能很長，這麼一來就浪費了Registration Reply傳回給行動節點這段時間中HA送給新網路位址的資料封包。

改用 Agent Forwarding 的話，是請行動節點同網域中的 Agent 幫行動節點接收 HA 送過來要給行動節點的封包，再轉送到行動節點新的網路位址。由於行動節點跟這個 Agent 是同個網域底下，所以這個 Forwarding Request 與 Forwarding Reply 可以很快的送達目的地。當行動節點收到 Forwarding Reply 後開始做 Layer 2 與 Layer 3 的跨網域交遞，這時候 Agent 已經幫我們送資料封包到行動節點的新網域，在行動節點作完跨網域交遞以及 ARP 後馬上可以收到這些資料封包。行動節點在完成跨網域交遞後可以再回去跟 HA 做 location update 的動作，請 HA 將之後的封包送給行動節點新的網路位址。等行動節點收到 location update 的 Reply，再發 Forwarding ending 給舊網域的 Agent。這樣就可以做到與 Bicasting 相同的功能，因為做 bicasting 時行動節點與 HA 的 round trip time 會影響 HA bicasting 要做多久，萬一 HA 到行動節點中間 round trip time 很長(可能 200ms 以上)的話就造成大量浪費網路頻寬。

3.3.5 Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks

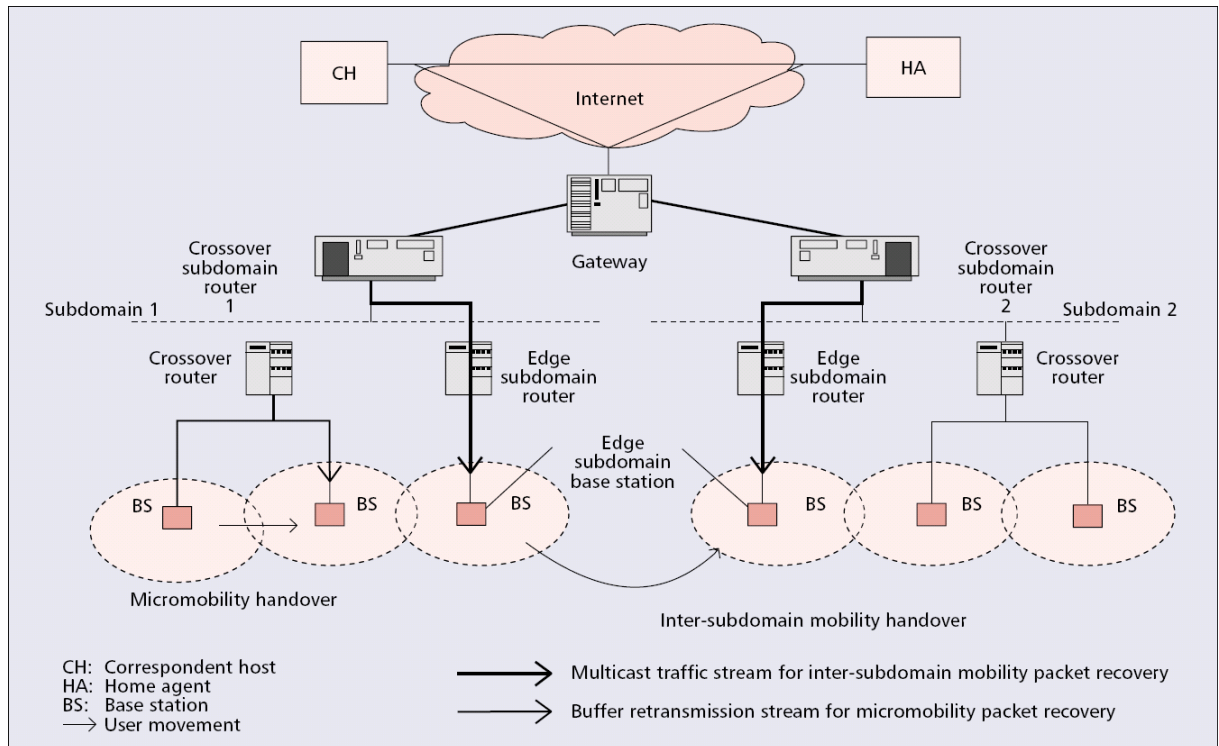


Figure 3-3 Architecture for a hierarchical wireless network

[8]此方法運用階層化網路(Hierarchical topology)將網路分為網域(Domain)，次網域(sub-domain)，交界路由器(Cross-router)和基地台(AP)四層(Figure 3-3)。當MN進入到domain後，會得到一個IP，MN在此domain內都使用這IP。當MN在基地台層移動時，舊的AP會將封包重傳至新的AP，再轉到MN。若是在sub-domain移動，封包在網域層會被multicast到所有sub-domain層路由器，再轉到新的基地台。此法中由於IP不須改變所以省去了註冊程序，但是封包經過大量的multicast傳送，會增加相當可觀的額外網路流量。

3.3.6 Mobile SCTP

[9]中提出一個解決延遲的方案，可利用Stream Control Transmission Protocol[10]以及ADDIP extensions[11]支援節點的移動。當使用SCTP ADDIP extensions，行動節點可以要求對應節點增加一個行動節點所指定的新網路位址、改變主要的網路位址、或者刪除以後不會再用到的網路位址。

同時在行動節點用兩個硬體無線網路卡，一個無線網路卡可以設定一個網路位址，第二張無線網卡先作完 layer 2, layer 3 的 handover。這個架構可以做到非常快速的 handover，因為整個 handover 流程只要更改路由表，告知行動節點的系統往外送的封包一律改由第二張無線網卡出去。

3.4 Application layer handover scheme

Application layer 的程式開發之時如果可以注意到 handover 所造成的影響，將行動節點跨網域交遞後 application layer 的程式可以用不同的 scheme 來加速 application 部分恢復到尚未跨網域交遞前的狀態，用以減少跨網域交遞的時間，相信會對整個跨網域交遞有更多正面的幫助。

下面 3.4.1 我們說明 Kphone 在跨網域交遞後更換網路位址如何減少重新恢復通話的延遲。

3.4.1 VoIP software: Kphone

一般的 VoIP software 都是用 RTP(Real-Time Transport Protocol)，做聲音封包的傳輸。而 RTP 是傳承自 UDP 資料傳輸的運作模式。當行動節點因為跨網域交地後更換網路位址，並不會影響行動節點傳送聲音封包給對應節點。對應節點由於是根據本身的 Port 在收封包，所以對應節點端的 VoIP 應用程式依舊可以順利的收到行動節點更換網路位址後所送抵的聲音封包。

但在行動節點跨網域交遞且更換了網路位址之後，對應節點就只會不斷的傳送聲音封包給行動節點舊的網路位址。要傳送重建 session 的訊息(如 SIP 內用 RE-INVITE)來告知對應節點說行動節點的網路位址已更改，需要重新建立對話 session。這個需要額外花上重建 session 的訊息傳遞延遲時間。

在 Kphone 的軟體實作中，利用了另一種聰明的方法。Kphone 使用了 RTP 裡面的 SSRC 欄位，SSRC 是一個 32 位元的隨機數字，主要是用來確認 RTP session 的唯一性。對應節點依據 socket 函數裡面所回傳的來源網路位址，針對每個封包都做確認行動節點網路位址的動作。再利用 SSRC 這個欄位，來確認行動節點的身分。行動節點更換網路位址後所送給對應節點的聲音封包裡的 SSRC 並不會改變，但是網路位址卻會不同，對應節點就將行動節點新的網路位址當作目標位址，而不是用一開始建立 session 所記錄的行動節點網路位址。

在 Kphone 這種動作下，能夠讓重建 session 訊息所花的傳輸延遲時間消失。等於是在行動節點跨網域交遞後所傳給對應節點的第一個封包不單是聲音封包，也包含了更改行動節點先前建立 session 時所用的網路位址，這麼一來行動節點與對應節點馬上可以收到彼此的聲音封包。不需要發重建 session 的訊息，也就減少了 Application 在跨網域交遞底下的延遲。

3.5 Cross layer handover scheme

Cross layer 主要是溝通上下層之間的交遞進度，當下層完成交遞可以馬上通知上層的交遞機制馬上開始動作的話，我們就可以省去大量的交遞延遲時間。

3.5.1 Mobile IP

利用 Mobile IP 做跨網域交遞的過程，由於 Mobile IP 包括了 layer 3 的 address configuration 交遞以及 Mobile IP tunnel，使得 transport layer 的 TCP session 連線不需要重新建立，所以 Mobile IP 的機制也屬於 cross layer 的部份。在第四章的測量中我們會將 Mobile IP 各部份的延遲測量放在各自對應的 layer 中。

3.5.2 Layer 2 trigger

這機制是利用 layer 3 與 application layer 註冊 layer 2 handover 完成事件通知的要求，利用 layer 2 trigger，當 layer 2 handover 做完後就送出訊息以通知 Layer 3 或是 Application Layer。這麼一來當 layer 2 handover 發生的時候，Layer 3 與 Application Layer 就可以獲知這個訊息，並且馬上開始 handover 的動作。

否則 layer 3 與 Application layer 只能在發現無法正常的收送封包後，再去檢查目前的網路連線狀態並且開始做相對應的 handover 動作。在跨網域交遞中若是有了 layer 2 trigger 後可以省卻相當多的交遞延遲。



第四章 交遞機制延遲的測量結果

4.1 Experiment environment

- A. 本篇論文所選用的作業系統是 Linux Fedora Core 5，kernel 2.6.16。無線網路卡用的是 Z-com 公司所出的 XI-325，這張無線網路卡所使用的晶片是 Prism 2。無線存取點用的是 Z-com 公司出的 X-1000。
- B. 整個環境的網路是建置於國立交通大學資訊工程系所佈建的網路環境，包括了 140.113.17.0/24、140.113.24.0/24、140.113.215.0/24、140.113.216.0/24 這幾個網域。
- C. 至於地理環境則是在國立交通大學工程三館六樓的實驗室 638 與六樓的走廊，以及交大圖書館五樓。

4.1.1 Measure tools

4.1.1.1 gettimeofday

這是 C 語言的函式：`gettimeofday(struct timeval *tv, struct timezone *tz)`，這個函式可以精準到 micro seconds 的精確度。而且 `gettimeofday` 這個函式本身的呼叫執行延遲，在我們的測量下得出低於 1ms 的延遲。

我們在程式中將欲測量的程式區間夾在 `gettimeofday(tv1, NULL)`與 `gettimeofday(tv2, NULL)`中間，再將 `tv2-tv1`，就可以得到這些程式中所指定的動作花了多少時間。

4.1.1.2 Ethereal

這是 Linux 上所發展的一個 network protocol analyzer，可以讓我們監控無線網路中的訊息，這個 analyzer 會提供每一個訊息被 analyzer 所擷取的時間點，這個時間可以精確到 micro seconds 的精確度。

在測量時將無線網卡設定為 monitor mode 並且指定 channel 後，我們可以得到所有在這個 channel 中所傳送的訊息。不管是 layer 2 的 probe、authentication、association message 或是其他在無線網路環境中傳送的所有封包(ICMP、TCP、UDP、DHCP Discover...etc)，都可以藉由 ethereal 擷取到訊息內容以及訊息所發送的時間點。

4.1.2 Linux Fedora Core 5, kernel Linux-2.6.16 constraint

在這個系統裡面實地測試時我們發現在切換過 IP 以及 router 之後會有一段一秒鐘的時間點發不出任何的封包，造成這段時間內無法做 ARP 的動作。這麼一來新 router 會不知道 MN 的 MAC，也就造成了新 router 不會發出任何送給 MN 新 IP 的封包。這種情況下就算我們有預先做 IP pre-configuration 跟 location update 通知 home agent，home agent 所送給新 IP 的封包也會因為 router 不知道 MN 的 MAC 而丟棄。

這一秒鐘經過我們仔細的研究 Linux 的 TCP/IP protocol stack、ARP 的機制以及整個無線網卡更換 IP 的流程後發現問題其實是發生在管理網路卡的機制上面。在這個作業系統內部將網路卡的更換 IP 的動作視為網路卡中斷後再啓用。

而在管理網路卡的程式碼中

(/usr/src/kernels/linux-2.6.16/net/core/link_watch.c)有提及爲了避免撰寫錯誤的 driver 不斷的將網路卡 carry on、carry off 而造成 message storm，特別將網路卡中斷再啓動的動作限制在一秒鐘最多一次。也就是說將網路卡的 interface queue 在切換 IP 的一秒鐘內會被 Lock 住，不准任何程式將封包送進 interface queue (無論是自己 kernel 要詢問 router MAC 所發出的 ARP request 封包，或是接收外部 router 要詢問 MN MAC 的 ARP request)。

對於這個系統實做上所引起的 Latency，必須是要考量的重點。因爲就算所提出的理論多麼完美，多麼快速的做完 handover。但要實際的應用在這個最新版的 Linux kernel 中，省下的時間也因爲還要再多等一秒而變成沒有效果，這一秒會造成使用者很明顯的感覺有延遲的情況。

我們將 kernel 中這管理網路卡的機制重新編寫爲利用 counter 變數去限制一秒內最多切換十次 IP，超過十次的切換才將 interface queue 鎖起來。這麼做的設計考量是在於如果我們將這 Lock 的 1 秒鐘改成 100ms，那這樣還是會造成整個網路停滯 100ms 的延遲。而依據我們的設計方法當 MN 切換完 IP 馬上可以發出 ARP 封包去詢問 router 的 MAC，亦馬上可以收到 router 詢問的 ARP request。

4.2 Data link layer handover latencies

4.2.1 Original Wireless LAN handover latencies

在目前的 Data link layer handover 所花費的時間主要有三個部份：

- A. 第一就是察覺行動節點與無線存取器之間的連線已經不敷使用，這部份的時間根據[12]可以得到不同的網卡所花費的Detection時間也會不同。但是最快也要902ms網卡才能判定已經失去連結 (Table 4-1 Handover time of different WLAN cards)。
- B. 第二個部份就是無線網路卡開始做掃描的動作，Table 4-1 Handover time of different WLAN cards所測量的時間應該只是特定頻道，而不是全部的 11 個頻道。因為根據 802.11 所制定的標準在每個頻道最少需要等待minimal channel time，但 11*(minimal channel time)再加上無線網路卡需要執行 channel switch，掃描全部頻道的延遲是會大於 288ms的。

在我們自己的 probe 測量中，本篇論文是採用姜宜榮同學論文中所提供的 API。這個 API 是依據 prism 2 的 host AP 韌體所改寫的，API 所提供的功能就是讓程式撰寫者可以在呼叫 API 後得到指定 channel 中的 probe 結果，詳細的內容可以參照本實驗室姜宜榮同學的論文。在我們的測量裡面利用將宜榮同學所提供的 API，並且將此 API 前後夾上 gettimeofday 的函式，可以得到掃描一個頻道需要花費 65ms，如果一次掃描 11 個頻道至少需要 700ms。

- C. 第三個部份也就是做authentication與association的時間。在Table 4-1 Handover time of different WLAN cards的execution中作者有提及他們只有計算association的時間，並沒有加入authentication的時間。

	D-Link	Spectrum	Zoom Air	Orinoco
Detection	1630 ms	1292 ms	902 ms	1016 ms
Search	288 ms	98 ms	263 ms	87 ms
Execution	2 ms	3 ms	2 ms	1 ms
Total	1920 ms	1393 ms	1167 ms	1104 ms

Table 4-1 Handover time of different WLAN cards

在我們的測量中這裡利用了 Linux ethereal 來測量這兩個部份的時間。首先將無線網路卡 A 設定為 monitor mode，再設定無線網路卡 A 想要監控的頻道。這時候就可以監聽同一頻道下無線網路卡 B 所發出的 authentication Request 與 association Request，亦可以收到無線存取點所回應之 authentication Response 與 association Response。在 ethereal 這套軟體中有提供記錄每個 message 的時間點欄位，我們就依據這個時間欄位判斷延遲時間。

在我們的測量中如果authentication使用WEP key，那麼更換無線存取點所花費的時間根據ethereal所擷取的訊息是需要平均 70ms。這個時間包含了z-com 這家公司所開發的無線網路卡 (prism2 晶片) firmware所花費的reset的延遲，當無線網路卡更換不同ESSID的無線存取點，就必須將firmware中的static configuration重新填寫，也就是說firmware要停止在啟動。這個reset的時間大約需要 50ms，也就造成了比較長的layer 2 交遞延遲。另外不同品牌的無線存取點也會有相當大的延遲差異，如 Table 4- 2。最後整個layer 2 的交遞延遲時間可參考 Figure 4 - 1 time of layer 2 handover。

AP vendor	3comEuro	D-Link	Z-Com
Authentication	1 ms	1 ms	33 ms
Association	1 ms	1 ms	61 ms

Table 4- 2 time of AP handover

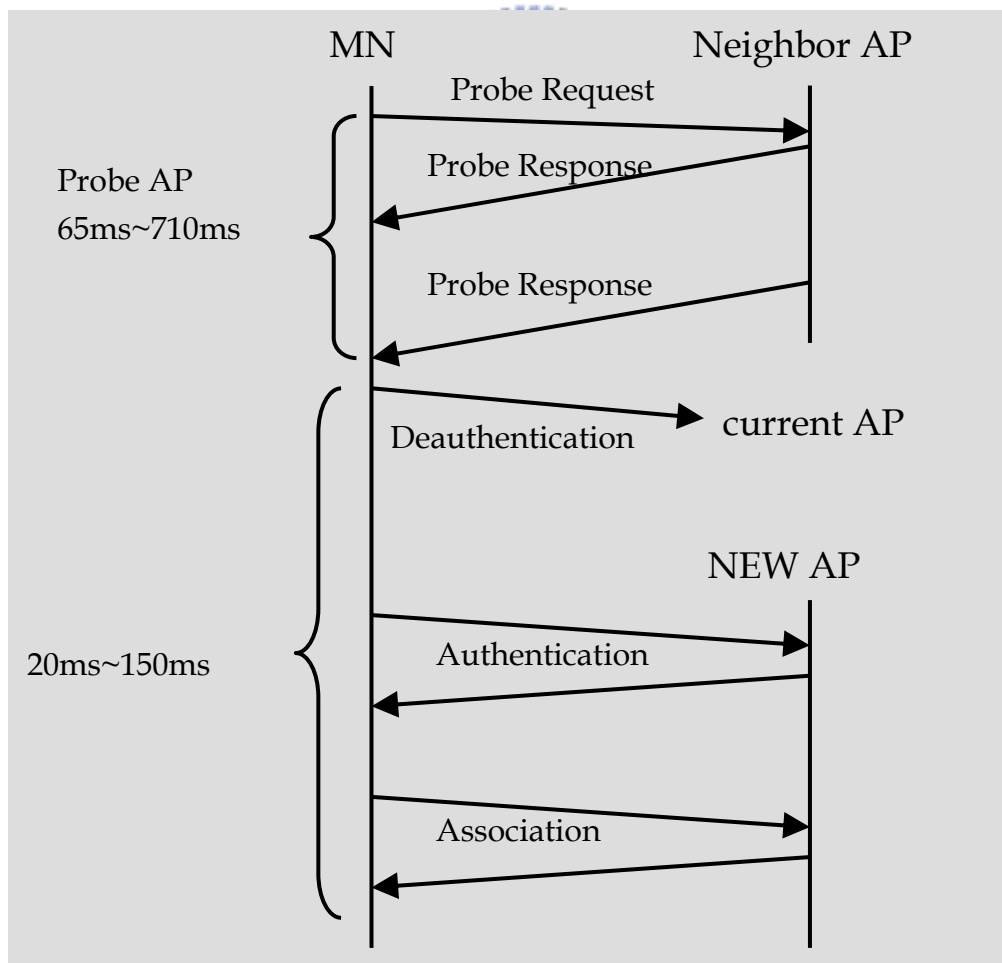


Figure 4 - 1 time of layer 2 handover

下面就根據 section 3-1 所說明的減少 layer 2 handover latencies 的機制來測量這些機制所減少的 handover latencies：

4.2.2 pre-probe

利用 4.2.1 所提的 probe API 可以指定特定的頻道做掃描動作，每一個頻道掃描所需花費的時間趨近於 65ms，這 65ms 指的是不能作收送原本網路連線封包的時間。

這 probe 的時間是無法消除的，就算在我們決定 handover 之前先作了 pre-probe 也無法消除這 65ms 的時間。但是卻可以將這 65ms 分散到 handover 之前的時間，讓使用者在使用 video (audio) streaming 的應用程式時察覺不出來。讓我們真正在做 handover 動作的時候少去這個動作與延遲。

在這 65ms 中若是無線存取點發出 UDP 封包要傳送給行動節點，則要根據無線存取點的 re-transmission 次數和 re-transmission time 的大小來決定無線存取點保留封包的時間是否能跨過這 65ms 中行動節點不能收送的時間而將封包送達行動節點。

4.2.3 IAPP

在這 IAPP 的環境中，由於需要支援 IAPP 的 AP，但是本實驗室還沒有這類型的 AP。所以在測量方面我們是依據此機制的原理做評估，並非真正用支援 IAPP 的 AP 所架設的環境來測量。

IAPP 配合 RADIUS server 所提供的機制是可預先做 authentication 這麼一來在做 handover 動作時就省去了這段的时间。這對整個 layer 2 handover 所縮減的時間就等於 70ms 的時間。

4.2.4 Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks

這篇論文所提供的是預先猜測下一個無線存取點，也就是說不依靠 probe 附近無線存取點的訊號強度大小來決定。

在我們的測量中發現在較為空曠的環境底下，比如說交大圖書館五樓，這個機制所預測的 AP 的確是相當準確，也就是說行動節點可以憑藉此預測的 AP 順利的連結上網際網路。在我們的測量中每次預測的無線存取點都是正確的，所以真正可以省去 probe 的時間，而不僅僅是將 probe 的時間移到 handover 之前，也就是消除了 probe 每個頻道得花 65ms 的延遲。

但是若在有轉角、有門板或是有其他的隔檔物存在的話，比如說交大工三 638 實驗室內以及外面走廊，不同的環境這用定位系統所預測的 AP 就會有不同的機率是無法順利連結的。由於這機率牽扯到建築物的環境，所以太過複雜超過本篇論文所探討的目標。

4.2.5 A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless

這個方法提供的是將 probe 的動作經由 AP 上的第二支 antenna 的支援來解決，在測量中我們沒有去買這樣的 AP，所以我們以另一種針對交遞延遲而言是等價的測量方式。也就是在行動節點上裝第二張無線網路卡來代替 AP 的第二支 antenna。

我們將 AP 第二支 antenna 不斷檢查附近行動節點訊號強度的動作，改變成無線存取點用第二張無線網路卡不斷的檢查附近 AP 的訊號強度。而論文中所提出的 AP1 與 AP2 交換比對彼此所收集的行動節點訊號強度，則等價於行動節點收集了這些資料自行比對。至於論文中提到的由 AP2 做 trigger handover 的動作，與行動節點 trigger handover 對所造成的交遞延遲而言差別在於：AP2 與 AP1 先幫行動節點作好了行動節點對 AP2 的 authentication 動作。

因為對第一張無線網路卡而言在 handover 前後都不需要做 probe，所以這麼一來我們利用 ethereal 所測出的數據也和上個機制一樣真正的省去那 65ms 的掃描延遲時間。並且在 handover 過程中再少掉 authentication 的延遲時間 4ms。

4.3 Network layer handover latencies

4.3.1 Original Network layer handover latencies

Layer 3 的交遞延遲分成了三個部份：move detection、address configuration、data delivery。底下我們個別的描述在這些動作中所花的延遲時間：

4.3.1.1 Move detection

當使用者確認了 layer 2 handover 已經完成，可以試著發出要給對應節點的封包或是利用 ping 來找是否還可連結上之前的舊路由器。如果無法連結，就表示已經跨網域了。這個用 ping 檢測的方法是等 1 second time out 後才判定已經無法連結上舊路由器，這是一般行動節點在執行 move detection 時主要用的方法。

4.3.1.2 Address configuration

4.3.1.2.1 DHCP

我們利用ethereal來測量行動節點收送DHCP message的時間點 (Figure 4 - 2)。

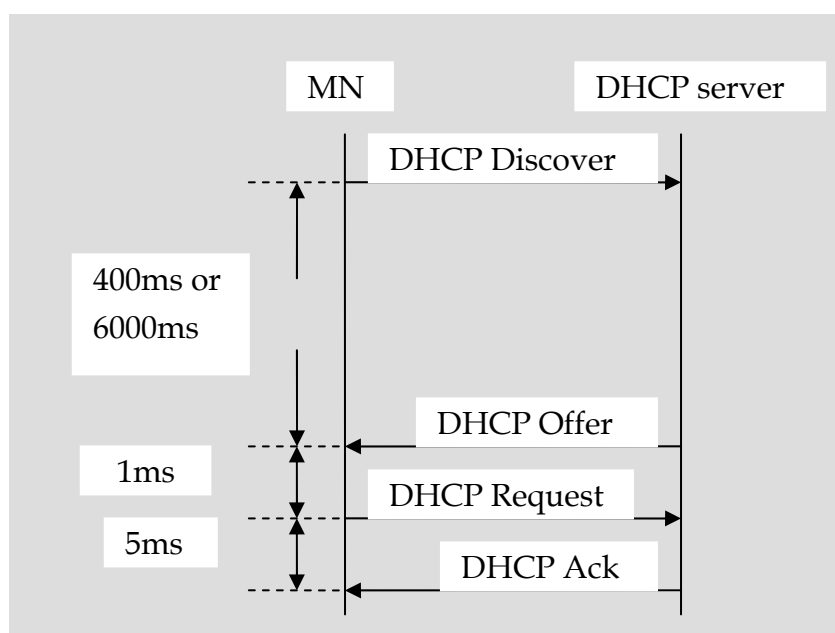


Figure 4 - 2 DHCP latencies

在測量中發現當行動節點發出 DHCP Discover 後需要 400ms or 5000ms 才會收到 DHCP Offer，有兩個值的原因是因爲：

DHCP server 要先檢查這個行動節點是否以前有來申請過網路位址，如果在 DHCP server 中有行動節點的 DHCP lease 紀錄，測量中所測到的平均爲 400ms。如果沒有這行動節點的 lease 紀錄，平均需要 5000ms 後行動節點才可以拿到 DHCP Offer。

另外會需要 400ms 的延遲才發出 DHCP Offer，有兩個原因：

- A. DHCP server 可以藉由這個延遲避免 DoS 的攻擊。
- B. DHCP server 需要利用 ARP 先詢問要給予行動節點的網路位址是否有人正在使用，這個 ARP 需要等 time out 後都沒人回應才可以確認沒有人正在用這個要給行動節點的網路位址。

根據以上這些原因才會造成不能一收到 DHCP Discover 後馬上給予 DHCP Offer。但當行動節點收到 DHCP Offer 後馬上可以發出 DHCP Request，在 DHCP Request 與 DHCP Ack 中間的延遲時間只要 5ms。

4.3.1.2.2 Mobile IP

在 Mobile IP 中有兩種 address configuration 的方法 (Figure 4 - 3)。這裡我們一樣利用 ethereal 測量訊息交換所造成的延遲時間。

A. co-CoA

在 co-CoA 的機制底下，一般是利用了 DHCP 機制取得網路位址。所以這部份的延遲與 DHCP 的延遲是相同的。

B. FA-CoA

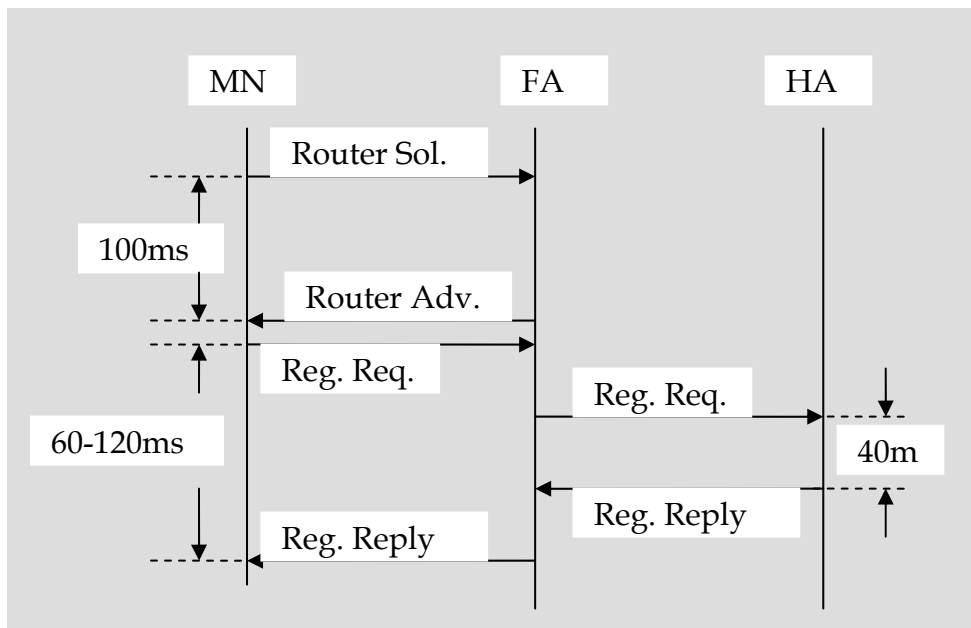


Figure 4 - 3 FA-CoA latencies

在 FA-CoA 機制底下，從行動節點發出 Router Solicitation 到收到 Agent Advertisement 平均為 100ms 的延遲，這 100ms 的原因是因為 FA 會增加一個任意的 delay 才去回應 Solicitation。

緊接著行動節點發出 Registration Request 一直到收到 Registration Reply 要 60ms-120ms 的延遲時間。在 HA 收到 request 到發出 reply 之間大約 15ms，這 15ms 其中包括了 HA 需要作 Gratuitous ARP 的時間，以及 HA 系統內部的設定，。除了 HA 外還有 FA 系統內部爲了幫行動節點建立 tunnel 的設定延遲時間，大約要花 20ms。

而行動節點送出 request 到收到 reply 這個延遲時間會有兩個值的原因是因為根據行動節點與 HA 之間的網路位址距離而有不同的延遲，因爲 round trip time 會佔了很大的影響。測量中 HA 位於 140.113.216.x；

- A. 60ms 是在行動節點位於 140.113.215.x 的測量結果，
- B. 120ms 是行動節點位於 61.231.122.x 中華電信的網域底下所測量出來的。

4.3.2 DHCP address pre-configuration scheme

根據 3.3.2所提及的架構，我們可以預先得到address configuration所需的所有資訊，所以在layer 3 handover執行的時候只要依據這些資訊更改系統的網路位址與系統的路由表。

我們利用 Linux 所提供的 system call：ioctl()來變更網路位址與路由表。在 ioctl 的程式碼前後用 C 函數 gettimeofday()比對呼叫 ioctl()前後的時間差，也就是測量出更換網路位址與更換路由表的延遲時間，這兩件事情在 Linux 作業系統中只要 1~2ms 就可以完成。

行動節點要發出封包給對應節點，還需要用 ARP 以獲得新網域中路由器的 MAC address，我們用 ethereal 測量出發出 ARP 與收到 ARP 回應之間平均需要 3ms。

4.3.3 Mobile IP address pre-configuration scheme

根據 3.3.3所提，利用location association server的機制，預先跟nFA發出router Solicitation，加上這pre-configuration的方法量的 60ms比起沒加此方法的 160ms 的確少了個 100ms的advertisement時間。

也就是說 0中所測量的時間只剩下發出Registration Request，等FA幫忙轉送回 HA，再由HA發出Registration Reply送回FA轉給行動節點這段延遲時間，就是 60ms~120ms。

4.3.4 Data delivery

4.3.4.1 Mobile IP tunnel

當行動節點收到 Registration Reply 後，封包卻沒有馬上跟著轉送過來，行動節點還要苦苦的等候 HA 將封包轉送，因為在我們的測量中 HA 到行動節點之間的 tunnel 會花費 1.5 seconds 才把封包交到行動節點手上。與前面所提的封包馬上轉送機制有很大的差距。

經過我們仔細的研究發現會造成這個原因主要是因為HA在轉送封包的時候是利用多開一個virtual network interface: TUNL0 做tunnel的介面。這個虛擬的介面一樣會受到我們在 4.1.2中所提的網路卡管理機制所限制。所以當我們將HA的kernel依照 4.1.2的方法一樣重編之後，這個問題就順利的解決了。

利用重編的Kernel重新測量，利用ethereal抓取HA上的封包，得到的結果是當HA發出Registration Reply之後再延遲 50ms就轉送出給行動節點的封包，這段 50ms的延遲時間是Mobile IP HA建立tunnel的時間 (Figure 4 - 4 Mobile IP tunnel latency)。

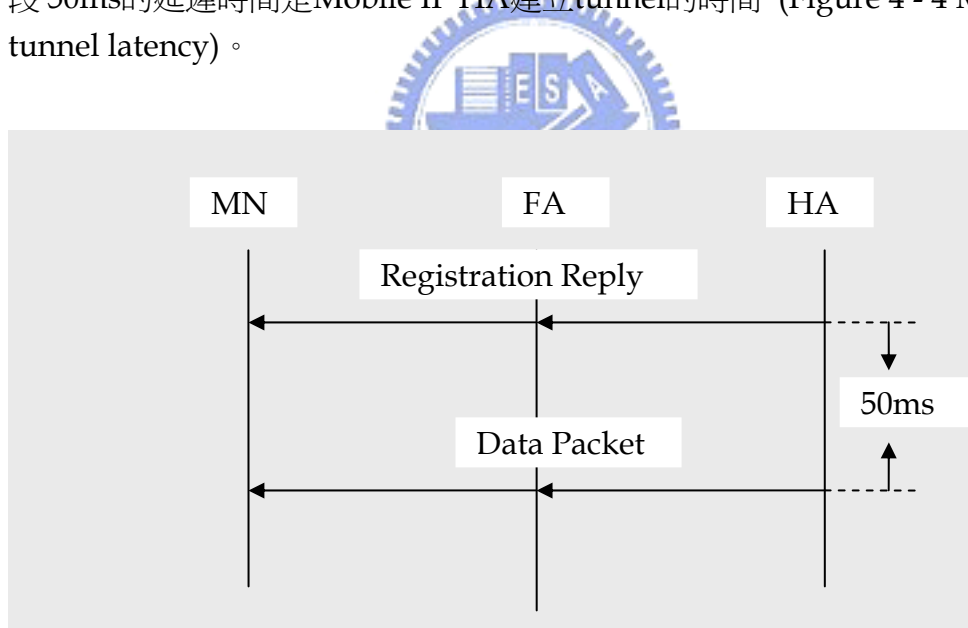


Figure 4 - 4 Mobile IP tunnel latency

4.3.4.2 Bicastig

目前網路上的多種 Mobile IP open source 程式都沒有支援 Bicastig 機制，所以我們自己額外寫了一個 Bicastig 機制，這個機制主要是由行動節點通知 Bicastig Agent 作 bicastig，將封包複製一份多送到行動節的新的網路位址，來測量來檢測 Bicastig 能減少多少延遲。

我們利用 ethereal 來記錄封包在行動節點端收到的時間點，測量的結果發現有沒有利用 Bicastig 的機制所省下的延遲時間等同於行動節點與 Bicastig Agent 的 round trip time。也就是說如果行動節點在做 layer2, layer 3 handover 前沒有做 bicastig，那就得等完成 layer 2, layer 3 handover 後行動節點再通知對應節點新的網路位址，當對應節點收到這個通知後馬上將封包改送往行動節點的新網路位址，所以做 bicastig 可以省下這個通知的過程在 handover 中造成的 latency，也就等同於對應節點與行動節點之間的 round trip time。

4.3.4.3 Agent Forwarding

Agent Forwarding 的測量方法就是將 Bicastig Agent 放在與行動節點舊網路位址一樣的網域下。所以除了將 Bicastig Agent 放在 140.113.215.x 變成 Forwarding Agent 且取消轉送舊網路位址的動作，只轉送到行動節點新網路位址。行動節點、對應節點的網路位址都與測量 bicastig 機制時一樣。

當我們用 ethereal 測量封包送達行動節點的時間點，我們得到的結果與對這個機制的預期是一樣的，若是用 Agent Forwarding 比起 bicastig 的優點是，通知 forwarding agent 並等 agent ack 為 2 ms，而通知 Bicastig Agent 做 bicastig 並等 agent ack，在 4.3.4.2 節中的 bicastig 機制則測量出 62 ms。

也就是交遞延遲的時間上可以比 bicastig 更快進入 layer 2, layer 3 handover，這個加快的時間等同於行動節點與 Bicastig Agent 之間的 round trip time。加快進入 handover 表示 bicastig 機制中浪費的頻寬變少：

頻寬資源的節省 = (行動節點與 Bicastig Agent 的 round trip time) * (行動節點每毫秒發出的位元數)

4.3.5 Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks

在這個機制的測量方面，我們利用了自己寫的小程式模擬路由器的動作，我們自行定義了封包的內容，將網路位址的資料放在封包裡面，這麼一來就可以依據封包的內容轉送到不同的地方。

在測量時間方面也是利用 `ethereal` 抓取封包收到的時間點，可以發現這個方法只花了 270 ms (`probe 3 channels + authentication + association = layer 2 handover` 的時間)，就可以恢復正常的網路連線。

4.3.6 Mobile SCTP

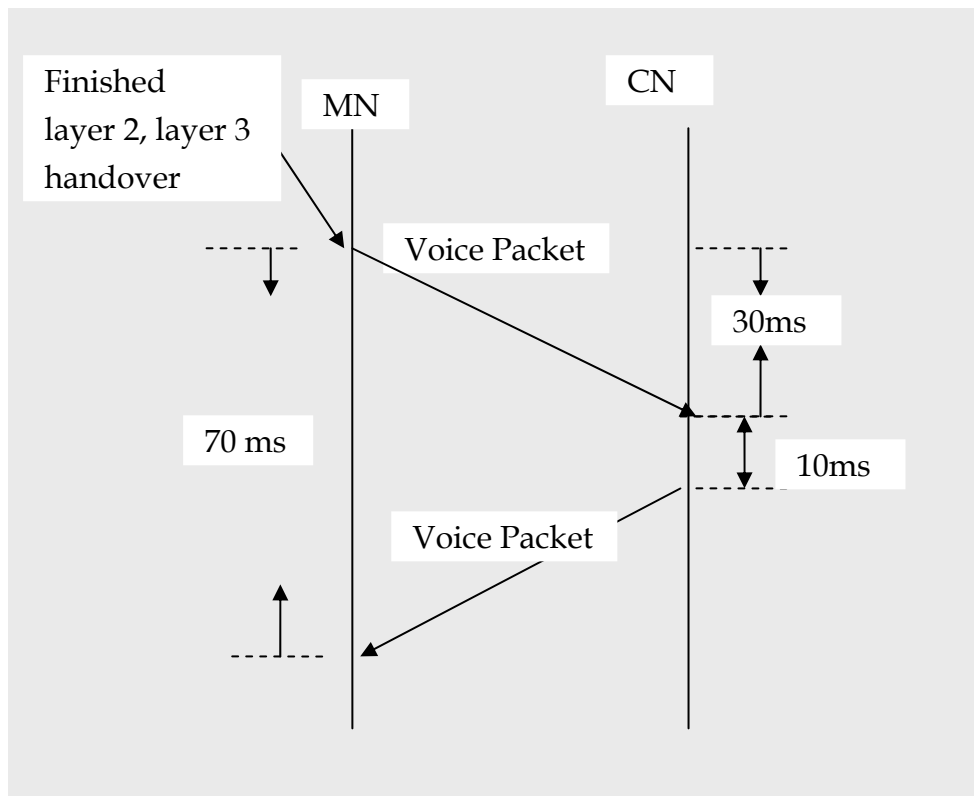
在我們的測量中是在程式裡呼叫了 Linux system call : `system()`，來更改路由表中的 `default route` 的介面為第二張網路卡，然後用 `gettimeofday()`來記錄呼叫前後的時間點用以測量這個機制的時間。我們得到的結果是在這種機制底下花不到 1ms 就可以完成。再程式碼中更改 `default route` 的下一行我們用 UDP socket 送一個 UDP 封包，這個封包可以順利的藉由新的 `default route` 送到網路上。也就是說在 1ms 內我們已經完成了 handover。

4.4 Application layer handover latencies

4.4.1 VoIP software: Kphone

在 Kphone 應用方面，我們利用 `ethereal` 抓取聲音封包到達行動節點的時間點，行動節點與對應節點皆位於 140.113.x.x 的網路環境下(`round trip time(RTT) = 1ms`)，測量當 `layer 2,layer 3 handover` 完成之後，行動節點發出第一個給對應節點的封包與對應節點發出第一個聲音封包給對應節點之間的延遲時間，這個延遲的時間平均為 13ms。也就是說在這 13ms 之後雙方就可以互相聽到彼此的聲音。

若是對應節點位於中華電信的 61.231.122.x 網域底下(`round trip time = 60ms`)，對應節點收到的第一個聲音封包的延遲為 30ms(`RTT` 的一半)，而行動節點收到第一個聲音封包的延遲時間平均為 70ms。



而我們另外測量 CCL phone(對應節點一樣位於中華電信的網域底下)在底層 handover 結束後，從行動節點重新發 re-invite 等收到 200 OK 的時候，還要在回一個 ACK 給對應節點。所以行動節點收到第一個聲音封包的延遲時間平均為 150ms，對應節點收到的第一個聲音封包的延遲為 115ms(RTT 的 1.5 倍)。

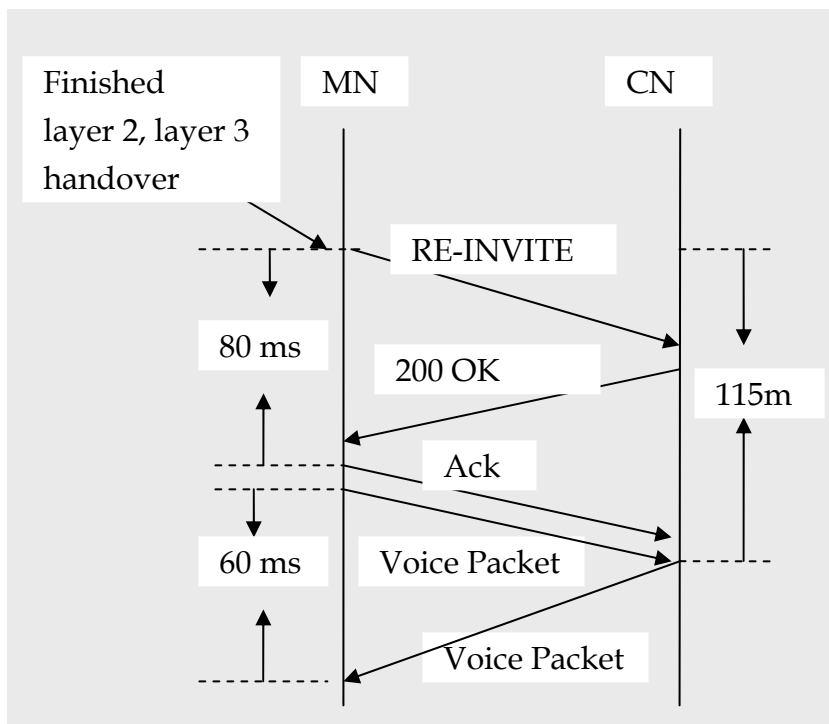


Figure 4 - 6 CCL handover latency

4.5 Cross layer handover scheme



4.5.1 Layer 2 trigger

Trigger 主要節省的時間是再於每一層之間的溝通，在 Linux 作業系統中如果沒有 layer 2 trigger，等 layer 2 handover 結束後使用者得自行下指令開始 layer 3 handover。

所以這個機制所省下來的時間在於，當結束 layer 2 handover 後到使用者開始下指令開始 layer 3 handover 上所需花的時間，至於這個測量的時間我們是利用碼表測量，因為要測試的是系統印出 layer 2 handover 結束的訊息在螢幕上後一直到輸入完成 layer 3 handover 的指令所花的時間，這邊測出來的時間就是取決於使用者打字下命令的速度，1~2seconds 不等。

第五章 分析與評估

5.1 Effort and effect of different Handover schemes

每個 layer 爲了達到上述的目的多用了哪些硬體資源，多用了那些系統、程式來支援所要達到的目的。所得到的減少 latencies effect 又有多少，本論文利用這個章節做詳盡的分析與比較。

5.1.1 Data link layer

再前面我們提及了四種加快 Data link layer handover 的機制，我們利用下面這節將四種機制做個優缺點的說明，並且加以比較。

5.1.1.1 Pre-probe

首先我們要談的 pre-probe 機制，這裡所做出的 effort 是需要撰寫可以呼叫韌體函數的 API，讓作業系統或是使用者經由在 handover 發生之前呼叫 probe API 就可以先做到 pre-probe 的動作。這個 API 的提供可以由無線網路卡廠商的韌體撰寫者編寫，以利於使用者使用。由於無線網路卡的韌體本身必定要用到 probe 的函式，所以如果由廠商提供這個 API 的話可以說是輕而易舉。

另外在時間方面所付出的 effort 爲 handover 之前要花費每一個頻道 65ms 的延遲時間，也就是說會造成在 handover 之前有少量的封包會被遺棄，所以這 pre-probe 的間隔與次數不能太頻繁(只要不要太頻繁，使用者不會察覺這 65ms 的中斷)。當 handover threshold 定的不適當的時候也有可能造成 pre-probe 機制不斷的做 probe，但是這些 probe 所獲得的無線存取點卻又不一定真的會與其 association，造成了額外的負擔。

這機制的 effect 就是可以在 handover 發生之時少掉 probe 這個動作，不論是 pre-probe 1 個頻道或是 11 個頻道全部都 pre-probe 過，也就是省掉了 65ms-700ms 的交遞延遲。

5.1.1.2 IAPP

這 IAPP 所花的 effort 就得多花很多力氣，最主要的是需要支援 IAPP 的無線存取點，這部份的 effort 是必須由硬體廠商所付出。另外網路管理者需要架設 RADIUS server 以達到 IAPP 協定的功能。最後行動節點的作業系統或是控制交遞機制的程式也要 implement IAPP 協定。

IAPP 所得到的 effect 除了就是如前述 4.2.3 所提，可以先做 authentication 省去 25~50ms 的 layer 2 交遞時間。還有在舊的無線存取點的封包會在行動節點開始執行 layer 2 handover 的時候將封包轉送給新的無線存取點，這麼一來封包就不會有掉失的情況發生。

5.1.1.3 Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks

這篇論文所花的 effort 除了要 implement 一個 location server 用以紀錄各無線存取點的地理位址以及無線存取點的資料外。另外還需要藉助 GPS、sensor network、或是其他的定位系統其中之一，這些定位系統不只是需要硬體的支援，也需要軟體程式的互動。另外還得 Implement 定位的演算法。

根據 4.2.4 所提的問題，我們先不論本機制預測成功的機率。在這篇論文的機制底下我們所得到的 effect 就是可以省去交遞時所花的 probe 時間。

5.1.1.4 A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless

這個機制需要藉助無線存取點擁有兩支 antenna 的硬體 effort，另外無線存取點還必須支援可以 trigger handover 的機制。

這機制的 effect 倒是可以完成 layer 2 handover 而不需要 probe 的延遲時間。

5.1.2 Schemes comparisons

根據前四小節所討論的每種機制的 effort 與 effect，我們在這一節中將四種機制的優缺點同時列出作比較：

	優點	缺點
Pre-Probe	最符合現有通用的無線網路環境與架構，無線網路管理者不需要做任何更動	靠 signal threshold 判定何時開始做 Pre-probe，需要作多次 probe，造成 handover 之前會有多次因為 pre-probe 而無法傳輸資料的中斷
IAPP	可以讓封包完全不會掉失	需要更動整個無線環境的架構，包括支援 IAPP 的無線存取點、額外架設 RADIUS server
Location-based	完全省去 probe 的動作與時間延遲	需要定位系統的支援，此機制無法在複雜的建築結構下勝任
new AP Module	對正在傳輸的無線網路卡而言，完全省去 probe 的動作與時間延遲	需要兩支天線的無線存取點，需要無線存取點支援 trigger 動作

Table 5 - 1 Data layer handover Scheme comparison

5.1.3 Network layer

在這部分我們比較兩種預先設置網路位址的機制與四種封包轉送的機制，跟上一節一樣在最後面我們會比較優缺點。

5.1.3.1 DHCP address pre-configuration scheme

這邊利用 DHCP 機制做 address pre-configuration 需要的 effort 是需要設置一個 location association server 提供無線存取點的 MAC 資訊，另外將 DHCP relay agent 這個原本 DHCP 就有支援的 daemon 執行起來。另外 DHCP server 可以說是目前最通行的 address configuration 機制，對於網路管理者而言並不需要額外的負擔。同時行動節點必須要有 DHCP client 的支援。

所得到的 effect 就是可以同時省去 layer 3 move detection、address configuration 的時間。

5.1.3.2 Mobile IP address pre-configuration scheme

這機制需要的 effort 就是架設 Mobile IP 的網路環境，不管是 Agent 或是行動節點都得安裝使用 Mobile IP，還有需要 location association server 來提供 Mobile Agent 的網路位址或是直接提供 Mobile Agent 的 advertisement。

這機制所得到的 effect 與 5.1.2.1 一樣都是省去相同的延遲時間：layer 3 move detection、address configuration。

5.1.3.3 Data delivery

5.1.3.3.1 Mobile IP tunnel

除了 kernel 的那個問題之外，Mobile IP tunnel 是原本 Mobile IP 的精華所在，只要有架設 Mobile IP 的環境，就不用再花其他的 effort。

Effect：如果有 TCP session，就可以不用重新建立這個 TCP socket session。這建立 socket session 的延遲就是 TCP 的 3 way handshake，也就是 1.5 倍的 round trip time，依據行動節點與對應節點所處網域的網路距離不同，可為 5ms~100ms 不等。

5.1.3.3.2 Bicastig

這個 effort 主要是需要實作一個 agent 做 bicastig 的動作，同時這個 agent 的動作也可以由對應節點自己執行，對應節點一樣可以根據行動節點的要求將封包複製一份傳往不同的網路位址。

可以得到的 effect，就是完成 layer 2, layer 3 handover 後馬上可以接到封包。而不會在 location update 的傳送延遲(一個 round trip time)時收不到封包。



5.1.3.3.3 Agent Forwarding

這個 effort 是必須實作一個 agent 代收行動節點的封包，再轉送到行動節點的新網路位址。

Effect 包括了可以做到跟 bicastig 機制一樣的功能外，還可以減少 bicastig 機制中所帶來的大量浪費頻寬的問題。

5.1.3.3.4 Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks

這個機制需要除了需要有路由器支援將封包 multicast，還需要無線存取點支援轉送封包的動作(等同於 IAPP)。光是這兩點所花的 effort 就相當大了，因為等同於要從硬體改變現行的架構。

再者這個方法所浪費的頻寬也是相當驚人的，如果一個行動節點在 802.11b 的機制下用 FTP 抓他所需要的資料，可達到 11Mbytes/secs，這樣每多傳送到一個 sub-domain 下就多浪費 11Mbytes/secs 的頻寬。

可以得到的 effect 為不用作 layer 3 handover，可以省下不少延遲時間。

5.1.3.3.5 Mobile SCTP

要利用這個協定所花的 effort 自然是要 Implement 這個協定，另外還需要有第二張無線網路卡硬體的支援。

不過這機制所得到的 effect 倒是相當誘人的，可以將 lay2, layer 3 handover 延遲降低到 1ms 底下。

5.1.3.4 Schemes comparisons

	優點	缺點
Mobile IP tunnel	完全做到封包的轉移，並且不需要網路管理者與行動節點付出額外的 effort	1. 每個網域都要有 Mobile IP 的機制，以提供行動節點作跨網域交遞。 2. 每次跨網域交遞爲了要達到 tunnel 的轉送要額外付出與 FA、HA 註冊的時間。
Bicasting	行動節點在更換新網路位址後更快的收到對應節點的封包	TCP session 的 3 way handshake 讓 bicasting 機制無法預先建立新網路位址的連線，也就是說 TCP 做不到 Bicasting
Agent Forwarding	除了有 bicasting 的優點外，還要多加了比 bicasting 少浪費頻寬的優點	除了 Bicasting 有的缺點 agent forwarding 也有外，還要再加上每個網域都要有架設 forward agent
Mechanisms and hierarchical topology	Layer 3 handover 在整個 domain 底下是完全不需要執行的	路由器支援 multicast、IAPP 都是目前不流行的架構，網路管理者要重新佈建網路環境
Mobile SCTP	整個 layer 2, layer 3 的 handover 在本論文中提出比較的 schemes 中是最快的	需要兩張無線網路卡，對使用者而言是額外的金錢負擔

Table 5 - 2 Network layer schemes comparisons

5.1.4 Application layer

5.1.4.1 VoIP software: Kphone

一個好的機制最主要的 effort 我想是在於設計的過程，至於其他的 effort 就是需要 implement 這個機制，對使用者或是對網路管理者而言完全不需要任何額外的 effort 或是操作，Kphone 就可以自己完成 application layer 的 handover。

對 Kphone 而言，由於有了 SSRC 的支援，在 handover 的過程中最令人欣賞的不只是不需要發 re-invite，還有這個 application 不需要管底層什麼時候開始 handover 什麼時候結束 handover。因為這個 application 不斷發出的聲音封包並不理會底層是否已經失去網路連線，所以當網路一恢復連線，行動節點端所發的封包馬上往對應節點發送，並且在 10ms 內重新取得與對應節點之間的對話。

可以得到的 effect 除了減少 re-invite 重建 session 的 round trip time 延遲時間外，因為可以不用管底層何時完成了 handover 動作，所以也減去了要與底層溝通的程式編寫。

5.1.5 利用 Cross layer handover

由於本節所提的兩種 cross layer handover 是跨不同層的，所以我們不直接比較，但是一樣在後面會列出優缺點。

5.1.5.1 Mobile IP

由於 Mobile IP 整套機制提供了多層的 handover 機制，在 effort 方面需要網路管理者與行動節點都裝設 Mobile IP 的機制，其餘的都交給 Mobile IP 就可以了。

至於 effect 則是可以讓 layer 3 handover、data delivery 都由 Mobile IP 代勞，還有 Application 在 FA-CoA 的情況下，由於不更換網路位址所以也不需要做任何 handover 的動作。

5.1.5.2 Layer 2 trigger

這 effort 就是要編寫程式將 layer 2 發生的 Handover 動作即時的通知上層，由於作業系統目前都尚未支援，所以不管是寫在作業系統中或是寫一隻 daemon 利用 API 來監控 layer 2 handover 的流程，都是需要使用者自行 implement。有下面兩種作法：

- A. 可以用一隻 daemon 掌控整個 handover 的動作，不管是 layer 2, layer 3 都由這隻 daemon 主導。
- B. 或是利用作業系統將 layer 2 handover 的動作發生與否設定 flag，再由 layer 3 的部分去 polling。

可以得到的 effect 就是讓 layer 3、Data delivery 的動作甚至 application layer 可以即時開始 handover 的動作。

5.1.5.3 Schemes comparisons

	優點	缺點
Mobile IP	使用者與網路管理者並不需要自行開發新的程式架構，只需要安裝現有的 open source 就可以	對網路管理者而言，每個網域都要架設 FA 是一個額外的負擔，要行動節點有迫切的需要 Mobile IP 所提供的服務，才有可能推動這套機制
Layer 2 trigger	可以讓各層之間不會有隔閡，並且更快速的完成整個 handover 的動作。	需要使用者自行開發，可以將 layer 2 trigger 實做在 kernel 中，或是另外寫一隻 daemon 來控制 layer 2, layer 3 的 handover 動作。

Table 5 - 3 cross layer schemes comparison

5.2 行動節點移動速度與無線訊號衰減的關係

這節主要是要探討在行動節點面臨交遞動作之前，有多少時間可以做跨網域交遞的準備。

我們將行動節點的移動速度分為三種速度，walking、fast walking and running。在 walking 的兩種情況所不同的是在於測量起點不同。四條曲線除了衰減斜率不同，我們可以看出都有一段是訊號比較沒有衰減的時間。這段時間也就是在走廊移動而沒有其他遮蔽物的情況，在後面那段快速衰減的原因就是因為轉過一個走廊的轉角，使得訊號快速的衰減。

一般在 -75dbm 的情況下，行動節點與無線存取點就會開始掉失封包。所以根據下圖我們要定出一個 first signal threshold 為開始做 handover 的準備，並且在訊號強度衰減到 -75 之前指定 second signal threshold 為開始做 layer 2 handover 的時間點。

可以發現最快的跑步速度由 -65dbm 到 -75dbm 還有 2 秒鐘的時間，也就是說我們就算將 first threshold 定在 -65dbm 而開始做 handover 的準備而還有 2 秒可以完成 handover 的動作。但是這種 first threshold 對於慢速移動的行動節點而言可能會浪費了這些預先保留的資源，因為慢速移動的行動節點並不一定會繼續往預先保留資源的網域前進。

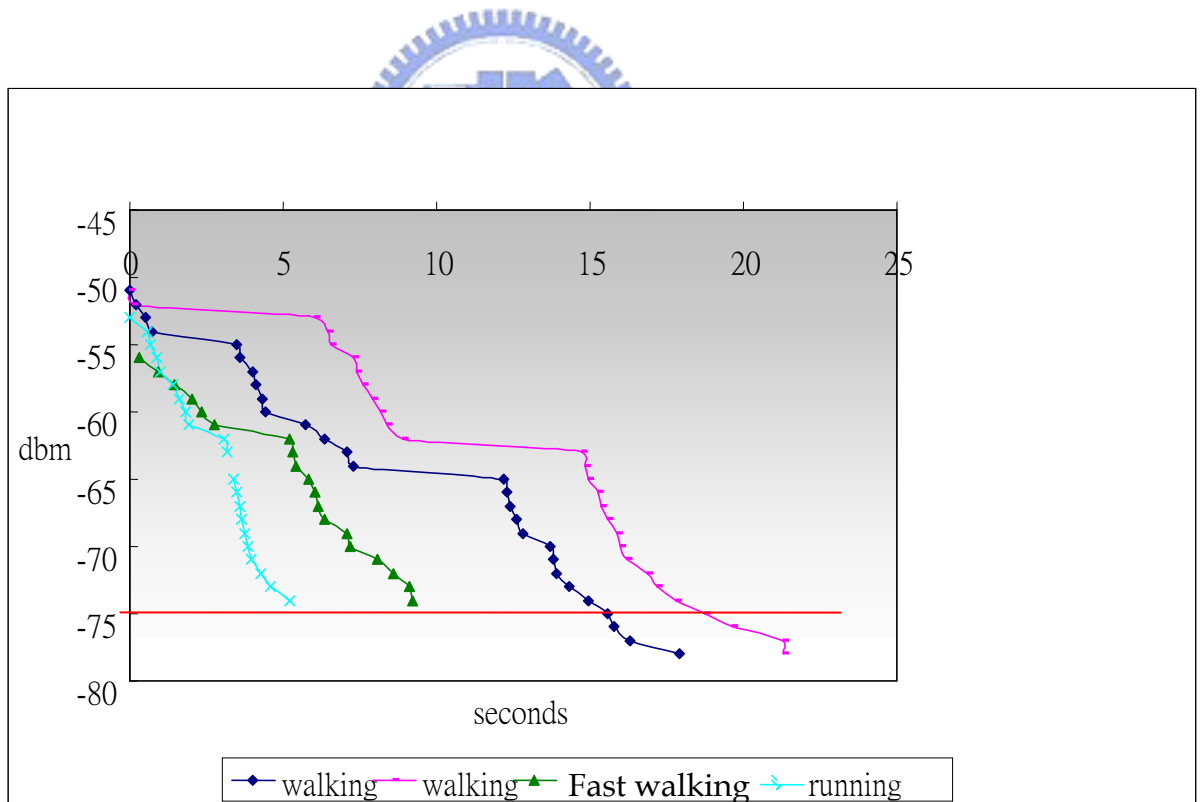


Figure 5- 1 mobile node speed with signal decay

5.3 跨網域交遞機制的建議

在跨網域交遞之下，本論文經過探討覺得以下這些是必要解決的 *latencies*。也是最符合系統實際狀況與經濟效益的。

5.3.1 Probe

因為 *probe* 每個頻道需要 65ms，且有可能得 *probe* 全部 11 個頻道才知道要換哪個無線連結點。所以這邊我們最好做 *pre-probe* 的動作，至於 *pre-probe* 的機制有好幾種，這就得靠使用者自行去取捨。這邊我們提出兩種比較符合現實狀況與實際應用的機制：

- A. 多買一張無線網路卡，使無線網路卡 A 持續收送封包，用無線網路卡 B 做 *probe* 的動作，這樣就完全不會有 *probe* 的延遲時間。
- B. 利用韌體編寫出的 API，也就是前面我們所提到姜宜榮同學論文所提供的 API，在收送封包之時切換到 *probe mode* 花 65ms 來掃描一個頻道。再將 11 個頻道分散開來，讓使用者感覺不到。。

5.3.2 DHCP Move detection

我們可以利用 DHCP options 的欄位克服上述的問題，在 DHCP Server 的 options 欄位已經有定義好 Resource Location Server Option (Table 5 - 4)

Code	Length	Address 1				Address n			
11	4n	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4

Table 5 - 4 Resource Location Server Option

如果無線節點利用 DHCP 取得網路位址，我們就可以順便將此 *location association server* 的網路位址傳給無線節點。當無線節點到達一個新的環境地點，通常就是利用 DHCP 要網路位址。等無線節點利用 DHCP 機制設定好網路位址並解可以連結上網際網路，就可以自行去跟 *location association server* 要這個環境中網路管理者佈建的所有無線存取點 Mac 與網域的對應資訊。

5.3.3 Address configuration

這邊不管是利用 DHCP 或是 Mobile IP FA-CoA 都要花上不少的時間，所以我們建議這個動作最好在 layer 2 handover 發生之前先做。利用前面章節說明的機制就可以先做 address pre-configuration 的機制。

5.3.4 Layer 2 trigger

做 Layer 2 trigger 是必然的，不然使用者或是作業系統都無法即時的在 Layer 2 handover 後馬上接著做 layer 3 handover。

比較簡單的作法是利用一隻 daemon 執行 layer 2, layer 3 handover，也就因為用同一隻 daemon 免除了程式間互相傳輸訊號的困擾。

5.3.5 對行動節點與網路管理者的建議

由於快速的跨網域交遞必須要整個網路環境的建設配合行動節點自主的動作，所以本篇論文經過分析與評估後對於行動節點與網路管理者有以下的建議。

5.3.5.1 建議一

最快速的交遞莫過於多買一張無線網路卡，利用 Mobile SCTP 的機制，這樣不管網路管理者是怎麼設置整個無線網路環境，都可以非常快速的完成整個跨網域交遞的動作。但是這對絕大多數的使用者而言是不切實際的，比較可行的辦法是以後硬體廠商都願意提高成本將無線網路卡設計為兩塊無線網路晶片配合兩支天線。

另外這個建議對於行動節點的電力負擔也勢必需要考量的，因為兩張無線網路卡同時工作的話，勢必會造成行動節點的電力消耗速度加快。要不要花費電力來完成非常快速的完成跨網域交遞，這就是行動節點自己必須取捨的地方。

5.3.5.2 建議二

所以我對行動使用者的建議為利用一隻 daemon 隨時監控無線網路的訊號強度，一但發現衰減的比率很快，就要在比 first threshold 更強的訊號強度之前的開始做 handover 的準備。

首先就是 Pre-probe 的動作，每 300ms 作一次 probe，並且先 probe 頻道 1、6、11，如果都沒有找到訊號強度夠高的無線存取點在開始 probe 其他的頻道。這裡大概有九成的比率是可以在 1、6、11 頻道中找到合適的無線存取點。

在做 probe 的時候網路管理者必須讓行動節點知道無線存取點的網域跟 MAC 的對應關係，最簡單的作法就是寫個 location server 並且當行動節點第一次進入你管理的網路環境時就將所有網路管理者所管的無線存取點的資訊傳給行動節點。

當有這些資訊後，可以有兩種選擇：

- A. 網路管理者必須架設 DHCP server 以及 DHCP relay agent，而行動節點根據這些資料開始做 DHCP address pre-configuration，如前面 3.3.2 所提的流程，可以順利的拿到新網域的各种資訊。並且隨時監控目前連線的無線訊號強度等到 second threshold 來臨，當訊號強度低於 second threshold 馬上開始做 authentication、association、以及設定新網路位址、新存取路由。這個選擇的延遲(行動節點無法收到封包)加起來必須花 70ms，也就是說甚至比我們去 probe 所花的時間更少，但是行動節點已經可以使用新的無線網路連線連上網際網路了 (Figure 5- 2)。

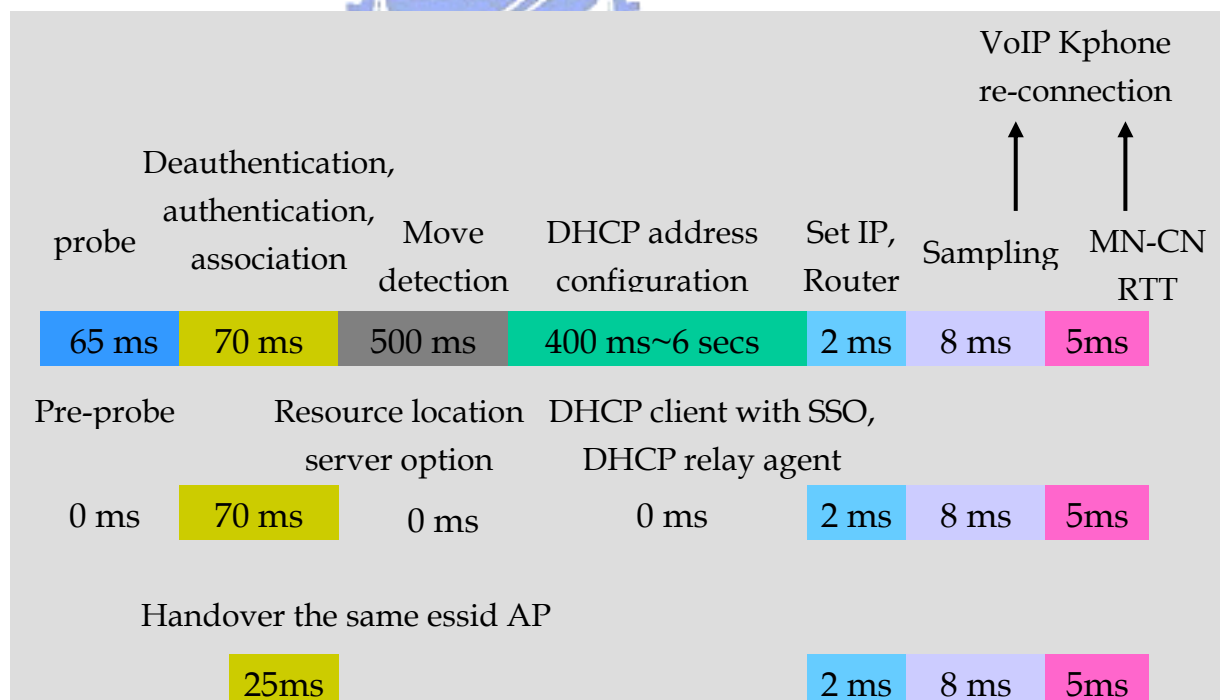


Figure 5- 2 Latencies of over all handover

- B. 網路管理者必須架設 Mobile IP，行動節點也必須配合使用 Mobile IP FA-CoA 隨時監控目前連線的無線訊號強度等到 second threshold 來臨，當訊號強度低於 second threshold 馬上開始做 authentication、association，接著馬上發出 agent Solicitation。

等收到 agent advertisement 後再馬上發 RegistrationRequest，並等待 Registration Reply 與封包一同到達。這個選擇的延遲(行動節點無法收到封包)平均為 280ms (layer 2: 70ms, waiting advertisement: 100ms, waiting Reply: 60ms, Mobile IP HA tunnel 50ms)。

以上兩種選擇各有其優缺點，A 方法可以快速的達到跨網域交遞的動作，比較適合在乎 video (audio) streaming 品質的使用者使用，但是用了方法 A 會造成 TCP 的 session 中斷必須要重新連結 TCP socket。

B 方法在使用者正在用 video (audio) 的情況下，比較敏感的使用者會覺得有瞬間的中斷感。但是一但完成後可以繼續使用剛剛所有的應用程式，而不需要重新連結 TCP 連線、重新登入 MSN、重新進入加密的網頁等等重新連結的動作。

5.3.5.2.1 縮短 solicitation 與 advertisement 之間的 delay

由於原本的 FA 收到 agent Solicitation 後會多等待一個 random delay 後才回行動節點 agent advertisement，這段時間 100~140ms 不等。為了減輕這個負擔，我們將 FA 裡面的 delay 移除，讓 FA 接收到 agent Solicitation 後馬上可以回行動節點 agent advertisement，這樣一來這段延遲時間就降到只有 15ms。

所以 B 方法可以再降低到只剩下 195ms(layer 2: 70ms, waiting advertisement: 15ms, waiting Registration Reply: 60ms, Mobile IP HA tunnel 50ms)的跨網域交遞延遲。

依據 5.2所提出的實驗數據，除了running之外，從-50dbm開始在喪失連線之前最少還有 8 秒鐘可以做handover的預先準備，而我們所提出的兩種(DHCP、Mobile IP address pre-configuration)都不需要花到這麼久的時間，所以可以順利的完成跨網域交遞的動作。以上的兩個辦法都是可行的方法，但是這還有賴網路管理者與使用者互相配合，才能達到這些結果。

另外當 **running** 的情況產生的時候，唯一克服的辦法只有一進入新網域就取得所有鄰近網域的網路位址資源，換句話說 **first threshold** 不能從-50dbm 開始，而要從每次進入新網域就當作 **first threshold** 已經發生，但這需要預先佔用更多的網路資源，所以這點也是網路管理者與行動節點必須取捨的部份。





第六章 結論與未來工作

6.1 結論

本論文研究的結果即在於目前眾多的跨網域交遞機制對跨網域交遞延遲的影響，首先我們將每一種機制的動作流程詳細的介紹，接著再測量出每一種交遞機制的實際延遲時間，最後分析每一種交遞機制的 **tradeoff**，當使用者在使用無線網路時可以用不同的系統做交遞以滿足不同的需求。

再多種機制中可以發現系統與實作的考量，是相當重要的。我們看到了有些機制可以達到完美的結果，但是並不是只有理論就可以，因為我們發現到這些完美的機制所要付出的 **effort** 都是相當大的。再者我們還要考量現有的無線網路佈建環境、作業系統、使用者習慣、網路管理者的設計等等這些因素都缺一不可。

依我們研究的結果看來，5.3.5.1的建議是最快的方法，但是卻不是最好的方法，因為需要額外的硬體支援。如果想做到跨網域交遞後行動節點各種連線都不希望中斷，就可以用我們最後所建議的Mobile IP快速handover機制，這機制的延遲時間195ms除了尚且不足提供完美的即時streaming應用之外，對其他的應用程式而言都是已經夠快夠好了。況且這機制並不需要額外加重網路管理者或是行動使用者的負擔，只要網路管理者架設Mobile IP環境，行動使用者只要存在一隻daemon程式可以監控無線網路訊號強度並且主導handover的時機，就可以做到我們所建議的機制。

使用pre-probe來省去probe的延遲時間(平均為400 ms)。DHCP Resource location server option 可以幫助行動節點省去 move detection 的跨網域延遲時間(平均為500 ms)。利用 DHCP relay agent 與 DHCP 的 Options 可以加快跨網域的交遞。DHCP relay agent 加上 Subnet Select Option 可以使行動節點作 address pre-configuration。這樣可以省去一般 DHCP 要求網路位址所花的延遲(平均為3 seconds)。利用這些技術可以讓我們的跨網域交遞延遲減少至40 ms。

每個使用者或是網路管理者都有自己的選擇權，可以根據我們所提的 **effort** 與 **effect** 去決定要怎麼架設整個網路環境、或是怎麼做跨網域交遞。根據本篇論文所提出的 **tradeoff** 去選用符合需要的跨網域交遞的機制。

在設計一套跨網域交遞理論或是機制之前，我們的論文研究結果，也能為給予相當多的建議及參考。讓設計者可以知道各方面所必須注意及考量之處，並能認清楚問題的本質與研究的價值。我們實地測量出各種不同機制的跨網域交遞縮短延遲效應，這可以使研究跨網域交遞延遲的學者在研究的方向上更加正確，以期能制定出更有實際應用價值的架構。經過我們的論文研究，我相信在設計一套系統或是機制之前，要先認清楚問題的本質與研究的價值。我想我們的價值在於實地測量出各種不同機制的跨網域交遞縮短延遲效應，這可以使其他有心研究跨網域交遞延遲的學者在研究的方向上更加正確。再研究跨網域交遞之前可以先參考本篇論文所討論的機制，並且再制定有實際應用價值的架構。

6.2 未來工作

本論文最後所建議的 Mobile IP 做跨網域交遞，是根據現行的架構與網路管理者的最小負擔來達到使用者最大的滿足。目前測得的最短交遞延遲為 195ms，這能符合大部份使用者的要求。

未來我們希望能再將 Mobile IP 的跨網域交遞延遲再減少。在 195ms 中，registration 佔了約 60ms 左右，這絕大多數的延遲時間，相信可以再減低。也就是說我們必須修改 Mobile IP 中 HA 收到 registration 之後的動作，以期讓 HA 可以更快的回應 Reply。或者是在行動節點尚未跨網域交遞之前請新網域的 FA 幫行動節點先行回 HA 註冊，由於跟 HA 註冊後，封包會立即由 HA 轉送到新的網域，行動節點如何在恰當的時間由舊無線存取點交遞到新無線存取點，以期收到 HA 轉送到新網域的封包，這之間的同步化是我們未來研究的方向。

目前在開放給一般使用者使用的網域中，大約有九成都是使用 DHCP 的機制。我們希望能找出一種方法，讓網路管理者花費最少的 effort，卻能讓使用者享有快速的跨網域交遞。所以在 DHCP 的方面，我們要想辦法讓 TCP 的連線不會因為更換新網路位址而中斷。在使用 co-CoA 的 Mobile IP 時，因為不是使用家網路位址，跨網域仍造成 IP 改變，這也是我們未來研究的方向。

參 考 文 獻

- [1] IEEE 802.11 WG, Part 11, "IEEE Std 802.11-1999: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specification," 1999.
- [2] Nicolas Montavont, Thomas Noel, "**Anticipated Handover over IEEE 802.11 Networks**," IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing (WiMob'05), August 2005
- [3] IETF SEAMOBLY WG. "IAPP enables seamless, authenticated fast handoff between 802.11 Access Points" 2003
- [4] Chien-Chao Tseng, Kuang-Hui Chi, Ming-Deng Hsieh, and Hung-Hsing Chang, "**Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks**," IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 9, NO. 4, APRIL 2005
- [5] Thavisak MANODHAM et al., "**A Seamless Handoff Scheme with new AP Module for Wireless LANs Support VoIP**," Symposium on Applications and the Internet, 2005.
- [6] Chien-Chao Tseng, Li-Hsing Yen, Hung-Hsin Chang and Kai-Cheng Hsu, "**Topology-Aided Cross-Layer Fast Handoff Designs for IEEE 802.11/Mobile IP Environments**," IEEE Communications Magazine, December 2005
- [7] P Nikander, J Ylitalo, J Wall, "**Integrating Security, Mobility, and Multi-homing in a HIP Way**," Distributed Systems Security Symposium (NDSS'03), 2003
- [8] A. Stephane, A.Mihailovic, and A.H. Aghvami, "**Mechanisms and hierarchical topology for fast handover in wireless IP networks**," IEEE Communications SOC Magazine, NOV 2000, pp112-115
- [9] M. Riege and M. Tuexen, "**Mobile SCTP**," Internet draft, <draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-02.txt>, Feb. 2003.
- [10] L. Ong and J. Yoakum, "**An Introduction to the Stream Control Transmission Protocol (SCTP)**," IETF RFC 3286, May 2002.

- [11] Stewart, R., "**Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address Reconfiguration**", draft-ietfsvwg-addip-sctp-05, May 2002.
- [12] A. Mishra et al., "**An Empirical Analysis of the IEEE 802.11 MAC Layer Handoff Process**," ACM SIGCOMM Computer Communications Review, Vol. 33, No. 2, April 2003.
- [13] Ha Duong, Arek Dadej, Steven Gordon, "**Proactive Context Transfer and Forced Handover in IEEE 802.11 Wireless LAN Based Access Networks**," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, July 2005.
- [14] S. Eunsoo, W. Hung-yu, C. Yusun, and R.D. Gitlin, "**Low latency handoff for wireless IP QoS with Neighbor Casting**," Intl. Conf. On Communications (ICC'02), April 2002

