

# 使用假註冊預先建立路由方法以改善行動式 MPLS 網路換手續效之研究

## (Using Fake Registration to Pre-Establish Routing for Improving Handover Performance in Mobile MPLS Networks)

楊欣哲 (Shin-Jer Yang)、曾麟翔 (Lin-Shiang Tzeng)

東吳大學資訊管理學系

Email: sjyang@csim.scu.edu.tw; nms9509@csim.scu.edu.tw

**摘要**—多協定標籤交換 (MPLS)是以標籤交換的方式，為不同目的地的封包建立特定傳輸路徑，達到快速傳送目的。結合 Mobile IP 與 MPLS 網路可有效地支援行動用戶 (MN)，行動用戶換手 (handover) 時路徑重建時間的縮短，可減少通訊的中斷或延遲。而目前多數對於 MPLS 路徑中斷恢復方法，無法有效地支援快速移動中的行動用戶。另外，網路傳輸路徑並非隨時維持妥善，而造成維護成本的提高，或導致服務品質 (QoS) 降低。

因應行動用戶縮短換手時延的需求，本研究提出以假註冊方式達成預先建立標籤交換路徑的方法稱之為 PEFRR。在行動式 MPLS 網路中，當行動用戶移動至原無線網路服務臨界邊緣前，一旦偵測到另一個外部網路代理人 (FA) 時即進行「假註冊」，以預先建立一條標籤交換路徑 (LSP)，經由模擬結果證實，PEFRR 方法可縮短點對點的延遲 (end-to-end delay)，以及維持穩定的封包通過量 (throughput)。

**關鍵詞**—多協定標籤交換 (MPLS)、假註冊 (Fake Registration)、假註冊與預先建立路由方法 (PEFRR)

**Abstract**—Multi-Protocol Label Switching (MPLS) can setup a particular forwarding path to destination by label switching. It will speed up packets delivering. Shortening the time of LSP establishment for mobile nodes (MN) will fasten handover procedure and reduce latency. There are several ways used for rapid restoration of connectivity, but they can not support fast MN

efficiently. In addition, routing path is not always setup and maintained in stable situation. Generally, unstable routing path may have a higher maintenance cost and is unable to offer a QoS (Quality of Service) compared to the preferred path.

In this paper, we proposed a pre-established with fake registration routing scheme called PEFRR to reduce the handover latency for rapid moving of mobile nodes. In mobile MPLS networks, the "Fake Registration" process will be performed to pre-establish LSP when mobile nodes move to the coverage edge and detect the radio signal from new foreign agent (FA). When the MN determines to do a handover task to a new FA, it will reduce the time for movement detection, MN registration, and LSP establishment latency. The simulation results indicate that our proposed PEFRR can shorten end-to-end delay, and keep constant throughput.

**Keywords:** MPLS, Fake Registration, PEFRR (Pre-Established with Fake Registration Routing Scheme)

### 一、前言

隨著資訊科技的進步，網際網路朝向高頻寬、低傳輸延遲，以及支援行動用戶 (Mobile Node, MN) 發展，已經成為基本的需求及發展趨勢。Mobile IP 的運作會有下列幾個問題[10]：一

是通道建立方式，導致發生三角繞徑問題 (triangle routing)，二是在換手期間造成的封包遺失(packet loss)問題，三是因為移動期間的換手，可能因換手決策的設計不良，造成移動裝置與 Home Agent (HA)之間頻繁的註冊，使運作負載 (overhead)過大而造成封包遺失。

多協定標籤交換 (Multi Protocol Label Switching, MPLS)是一種介於 Layer 3 與 Layer 2 之間，具彈性及擴充性的 IP 交換技術，由核心網路中的標籤交換路由器 (Label Switch Router, LSR)，透過標籤發送協定 (Label Distribution Protocol, LDP)來交換標籤 (Label)，或者將接收到的 IP 封包加上一個標籤，LSR 依據這個標籤來決定封包的下一個傳送節點，而封包上舊的標籤將在新的 LSR 中被替換成另一個新的標籤，這個標籤交換 (Label Swapping)的方式，提供 MPLS 核心網路將不同目的地和特性的資料流，分別建立一條從來源端到目的地端的標籤交換路徑 (Label Switched Path, LSP)。因此，網路上原有的 IPv4 或 IPv6 路由協定可在不變動的架構下，與 MPLS 技術結合的通道，來承載資訊流 [4]。然而，在行動網路中運作勢必要克服換手 (handover) 及路徑重建等問題 [11,12]，這也將影響網路傳輸以及服務品質。

在現今無線網路的環境中，因應行動用戶 (MN)漫遊的需求，故在規劃基地台建置時，都會將無線電訊號涵蓋範圍重疊考量在內。MN 漫遊到另一個基地台涵蓋範圍的過程中，會依接收到的訊號強度 (Received Signal Strength, RSS)，以及換手預測演算法，做出最佳換手時機的換手決策。在這過程中，MN 只針對所接收到的訊號強度進行分析，除此之外，對於新連接點到資料傳送目的地端主機的路徑是否完備，以及目前傳送中的資料是否會因此造成封包遺失，卻無法有任何的保證。

由於 MPLS 中的 LSR 標籤表記憶空間有限，已經建立的 LSP 會因為標籤表的移除而消

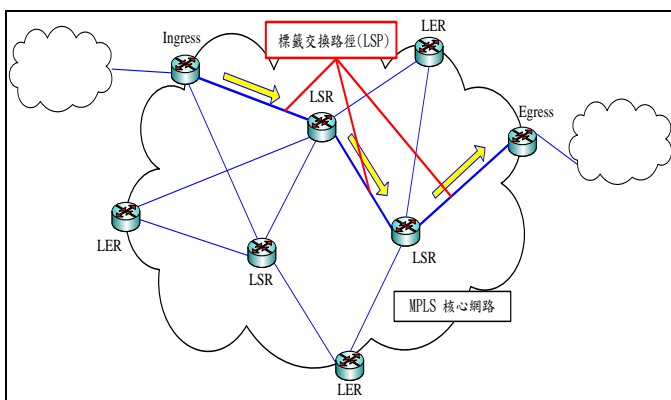
失。有些研究只著重於如何建立備用路徑，以提供主要路徑發生錯誤時替代傳送封包 [2]，但本研究在不變更 LSP 建立模式及未建立備用路徑的前提下，預先建立一條確實可用，MN 也可能會使用的 LSP，使得 LSP 建立時間縮短，而且也提高 LSR 的標籤表使用效率。建立 LSP 的方法有很多，有 Topology Based Control Driven [5]、Data Driven 等方法，不過，當 MN 與新的無線網路連接點完成連線後，從 MN 到 HA 的路徑，多半要花費額外的時間進行重建，以利通訊的對象 (CN, Corresponded Node)能將資料傳送到 MN，因為當 LSP 未使用時，路徑會因網路狀況的變化，如壅塞或實體線路損壞等造成連線失敗。在建立 Working Path 之外，IETF RFC 3469 提出 Pre-Established、Pre-Qualified 和 Establish-on-Demand 等三種建立 Recovery Path 的方法 [12]。但 MN 的移動或換手隨時會發生，在複雜而廣大的網路環境中，封包不一定經由曾經存在的 LSP 傳送，加上路徑需要時間重建或維護，故能在短時間內建立一條 LSP 才是影響傳輸效率的關鍵因素之一。但在換手程序中，對於 MN 換手前，直到執行換手程序之間的時間卻未能有效地運用。本研究提出在 Mobile IP 結合 MPLS 網路 (MMPLS)中，MN 自原提供服務之舊的外部網路代理人 (Foreign Agent, FA) 無線網路訊號涵蓋範圍，移動至臨界邊緣前，一旦偵測到另一個連接不同 LSR 新的 FA 時，即透過新的 FA 向 HA 進行「假註冊」 (Fake Registration)，透過此程序可預先建立一條自新的 FA 到 HA 的 LSP，有效地縮短 MN 換手後路徑建立的時間，並且建立一條確實可用的路徑，當 MN 移動到新的 FA 時，可簡化換手時所需的移動偵測、註冊、路徑建立等的作業及時延 (latency)，以及減少封包遺失。總之，於 MMPLS 網路中本研究利用「假註冊與預先建立路由方法」 (Pre-Established with Fake Registration Routing scheme, PEFRR)以預先建立一條 LSP，達到縮短 MN 換手後路徑建立的時間。

本論文章節內容結構如下：第一章敘述網際網路基本的需求和發展趨勢以及可能遇到的問題和解決方案。第二章為文獻探討並介紹與本文相關的研究，包括多協定標籤交換 (MPLS)、資源預留協定(RSVP)與標籤發送協定(LDP)以及最佳化行動 MPLS。第三章提出 PEFRR 並說明運作原理與設計其演算法。第四章則說明模擬實驗環境與程序，並作結果分析。第五章為結論並說明未來研究方向。

## 二、文獻探討與相關研究

### (一)多協定標籤交換 (MPLS)

在傳統 IP 網路的封包傳送方法中，路由器是以 longest prefix match 的方法將每一個封包的目的地 IP 位址與路由表(routing table)比對，當封包所要傳送的目的地 IP 位址相似時，可能都會從同一條路徑傳送出去，這條路徑可能是最短路徑，不過有時卻不是最佳路徑。然而，在 MPLS 網路中，網路管理人員可依網路流量，適時調整封包傳送路由，以保持路由的暢通。



圖一、MPLS 網路組成

為了加快封包傳送的速度，IETF (Internet Engineering Task Force)的 MPLS 制定小組(MPLS Working Group)發展出「多協定標籤交換」(MPLS)技術，其組成架構如圖一所示。MPLS 在網路層(network layer)整合 label swapping 機制，LSR 將封包在主幹網路上傳送路徑相同者標示成同一

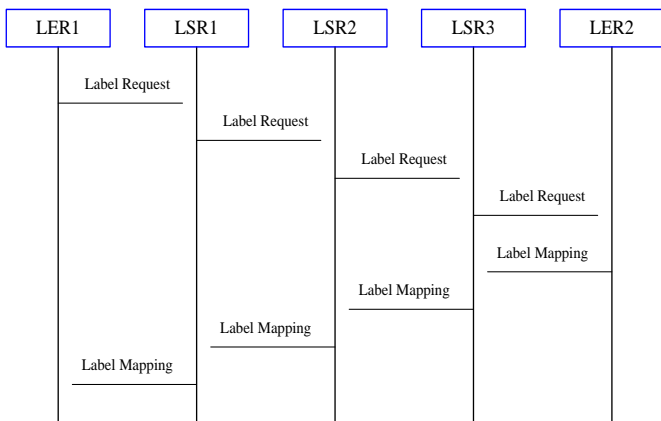
種標籤，即使封包的目的地不同，而這種標籤分類方式稱為 Forwarding Equivalence Class (FEC)。其方法是當某一個傳送到特定目的地節點的封包第一次進入到 MPLS 核心網路時，接收到封包的 LSR 會先完成 FEC 的設定，再將封包上的標籤置換後往下一個 LSR 傳送，依序到達最後一個 LSR 即完成一條 LSP 的建立，爾後每一個相同目的地的封包都可依照對應的 FEC，以相同的路徑傳送。當封包由一般 IP 網路進入 MPLS 網路時，邊界標籤交換路由器 (Label Edge Router, LER)會參照 FEC 的設定，將封包貼上適當的標籤 (即封裝成 label packet)，而且到達每一個 LSR 時，label packet 的標籤都會被置換再往下一個 LSR 傳送，直到 MPLS 核心網路的最後一個 LSR 才會將封包的標籤移除，再傳送回一般 IP 網路。總之 MPLS 不但提升核心網路(Core Network)中封包的傳送速度，並且能使得許多的應用，如：QoS、VPN、Load Balance 等更容易實作。

### (二)資源預留協定(RSVP)與標籤發送協定(LDP)

資源預留協定(Resource Reservation Protocol, RSVP) 是 IETF 所制訂的網路控制的標準，被設計於保留適當的資源以達到「服務品質」(QoS)的需求。其方法是預先保留網路資源，建立一條具有服務品質保證的路徑，使資訊流能在預期的品質要求下傳送，即使網路擁塞時，同樣能提供特定的資源。運作的方式是傳送端向接收端發出一個 Path Message，讓訊息經過的路由器記錄相關的路徑狀態 (path state)，以及知道該路徑的上游節點。當接收端收到這個要求建立路徑的訊息，且同意要建立路徑時，回應一個 Resv Message，沿著 Path Message 的反向路徑送達傳送端，即完成路徑建立。

標籤發送協定 (Label Distribution Protocol, LDP) 主要應用在 MPLS 核心網路裡，用以建立一條從邊界 LSR，經過內部 LSR，再到接近目的

端出口的邊界 LSR，其間所經過的 LSRs 組成的資料流路徑，這條路徑便是 LSP。LDP 之原理是兩個 LSR 之間以 UDP 通訊協定，將 Hello 訊息傳送給鄰近的 LSR，用來進行標籤交換以建立 LSP，其運作流程如圖二所示。因此，LDP 必須正確地傳送標籤，來確保標籤訊息在 MPLS 的核心網路中能正確循序傳送，從而建立一條相鄰 LSR 之間的訊息傳送通道。另外，LDP 並沒有支援 QoS，而且路徑的決定是由 LSR 以傳統的 IP 路徑選擇方式獲得，並非由系統管理者設定。但 LSR 仍可透過人為方式，進行各通訊埠的設定，其目的是可以操控並分散網路流量，避免因網路擁塞或中斷造成封包的遺失。



圖二、LDP 運作流程圖

### (三)最佳化行動 MPLS

OMMPLS (Optimized Mobile MPLS) 是一種整合 Mobile IPv6 與 MPLS 的方法[1,14]，目的是期望能同時完成註冊程序及 LSP 的建立，以減低換手時延(handover latency)及訊號冗餘(signaling redundancy)的問題。OMMPLS 是將 MPLS 的 IP 標頭 (Header) 整合到 MIPv6 的 Binding Update (BU) 以及 Binding Acknowledgement (BA) 訊息中，當這個訊息被用於註冊程序，則沿著註冊程序經過的網路節點都必須處理含有 MPLS IP Header 的封包，可以同時進行 LSR 的標籤交換程序，如此 LSP 可以被建立起來。另外，因為

OMMPLS 可與階層式行動 IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6) 進行整合，以限制 LSP 路徑重建的範圍，支援 MN 漫遊到其他網路服務區域時，快速並且簡化 LSP 路徑重建的程序。依其理論分析，MN 換手時延會小於 MMPLS。

在未來高頻寬、服務範圍廣的網路環境中，任二個基地台的無線網路服務訊號涵蓋的重疊範圍勢必越來越大，在 MN 進入某一基地台服務範圍時，確定換手至該基地台的機率也會增加，OMMPLS 的方法是在完成換手決策計算後，再進行註冊及路由建立程序，所以在等待換手的時間也同樣未能妥善運用。而本研究所提出的假註冊與預先建立路由方法 (Pre-Established with Fake Registration Routing scheme, PEFRR)，可節省 MPLS 進行註冊及路由建立程序之前等待換手的時間。

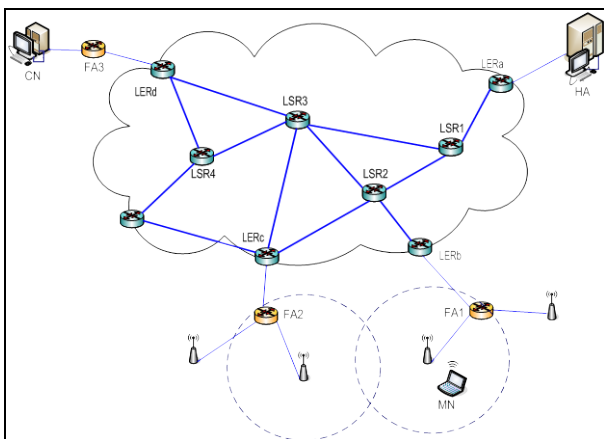
### 三、PEFRR 之設計原理與演算法

於 MPLS 的核心網路上(如圖三)，為因應 MN 的增加，對於通訊品質與傳輸效率的要求將日益嚴苛。近年對於行動式 MPLS 網路研究多數著重於路徑中斷恢復 (Fault Recovery) [6,13,16]，或者關注於以下三個區間的路徑維護、重建，或換手續效的提昇：一是 MN 與基地台 (Base Station) 之間的快速轉移；二是基地台與 FA 和 LSR 之間的最小路徑維護成本計算；三是 FA 與 HA 之間的路徑維護、重建等。然而，換手後路徑重建程序相當耗費網路資源，並且嚴重影響到網路服務品質，以及產生換手時延。

本研究提出的假註冊與預先建立路由方法 (Pre-Established with Fake Registration Routing scheme, PEFRR)，其預先建立路徑機制以及換手的程序，有下列二項運作流程：一是 MN (Mobile Node) 的假註冊及 LSP 預先建立程序，二是 MN 的換手註冊程序。主要是因為當 MN 從一個網路連接點服務範圍，移動到與另一個網路連接點接觸或進入重疊範圍時，並不一定會立即發生換手



(handover)事件，除非處在不得不採用「反應模式」換手程序環境下，因為多數MN 仍然採用「預測模式」換手程序，以減少封包的遺失。現行 MMPLS 環境下，MN 會依接收到的訊號強度，以及本身所具有的換手預測演算法，做出何時才是最佳換手時機的換手決策。在這過程中，一旦所接到的訊號強度低於所設定臨界值，便開始搜尋新的頻道以及無線網路連接點，並進行換手程序。但自 MN 移動到接觸新的無線網路連接點，直到完成與新無線網路連接點作認證程序的整個過程中的時間，卻也完全浪費在進行換手的決策上。因此，本研究提出 PEFRR 方法以妥善運用 MN 在等待下達換手決策前的時間，當接觸到新的 FA 的廣播訊息時，即進行假註冊及 LSP 預先建立程序，再下達換手決策後，再依換手註冊程序進行換手作業，期望增進換手的績效。



圖三、MPLS 的核心網路圖

### 3.1 PEFRR 之運作流程及換手程序

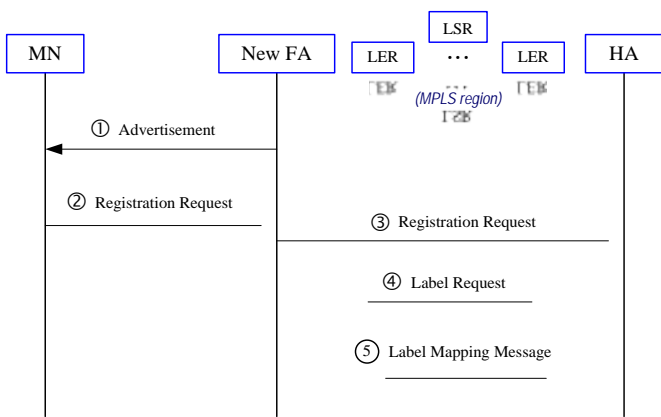
本節將說明關於 PEFRR 之運作流程及換手程序。

(一)MN 的假註冊及 LSP 預先建立程序如圖四，流程說明如下：

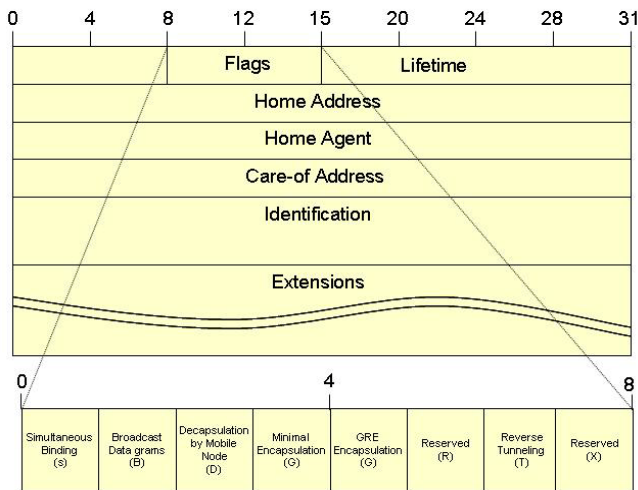
1. 在 MPLS 網路環境中，MN 是以收到 FA 的廣播訊息(Advertisement Message)，得知本身是在家網域(home domain)，或在外部網域(foreign domain)，若是接收到家網域 FA 的廣播訊息，則不會進行任何動作，但若同時接

收到外部網域 FA 的廣播訊息，則要開始進行預先建立路徑作業[8]。

2. 本階段並不進行註冊程序，但當新的 FA 提供一個 CoA (Care of Address)給 MN 時[9,15]，雖然運用不到，但為避免造成原功能大幅修改，所以 MN 會以此 CoA 向新的 FA 發送一個用於「假註冊」的註冊要求訊息(Registration Request Message, RREQ)，其格式如圖五所示，為使 HA 收到假註冊封包時不做任何處理，本階段修改 RREQ 封包，亦即將封包中的 Flag 第 8 個欄位內容修改為 1，再設定 HA 收到 Flag 第 8 欄為 1 的封包時，不會回傳註冊回覆訊息 (Registration Reply Message, RREP)給新的 FA。
3. 新的 FA 會將 MN 的假註冊要求封包傳送向 HA。當 IP 封包傳送到 MPLS 網路的入口端 LSR (Ingress LSR)時，便會依封包上的目的位址，查詢對應的下一個 LSR 的傳送埠口，並將封包加上標籤，封裝成 label packet 後，將封包往下游的 LSR 傳送。
4. 為完成 LSP 的建立，上游 LSR 會同時向下游 LSR 傳送一個 Label Request 訊息，這個程序會經過每一個往 HA 方向的 LSR，一直到出口端的 LSR。
5. 接收到 Label Request 訊息的下游 LSR，會回傳一個 LDP 對應訊息(Label Mapping Message)給上游 LSR，同時完成 LSR 的 FEC 設定，這就是 Label Swapping 程序，這個程序會持續到 IP 封包到達入口端 LSR (Ingress LSR)為止，此時一條 LSP 即完成建立。當出口端 LSR 收到假註冊封包時，會將封包上的標籤表頭移除，還原成 IP 封包，再往 HA 傳送[7]。但本階段並不進行註冊程序，故訊息即便到達 HA，HA 仍然會判讀 IP 封包內容後將封包移除，不會進行註冊作業，因為 FA 發送訊息後即不做任何處理，故不影響 FA 處理其他註冊作業的效能。



圖四、PEFRR 預先建立路徑機制運作流程圖

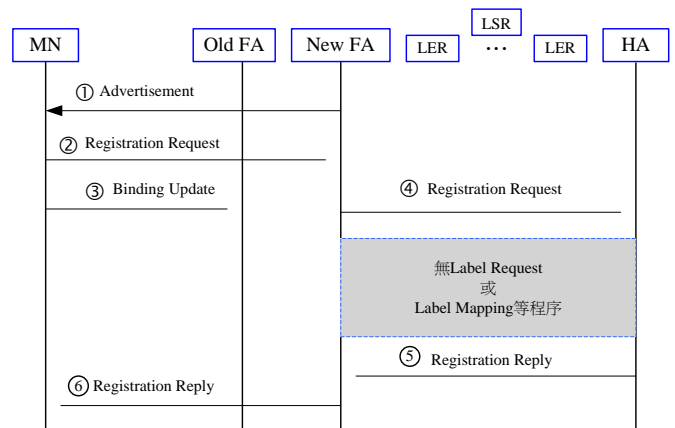


圖五、Mobile IP 註冊要求訊息格式

(二)MN 的換手註冊程序如圖六，流程說明如下：

1. 在 MPLS 網路環境中，FA 會定期傳送 advertisement，MN 是以收到此訊息，得知本身是在家網域，或在外部網域，並判別現在是處在哪一個 FA 服務範圍。
2. 當 MN 移動，若是處在同一網域 (在同一 FA 服務範圍內)時，則不會執行換手程序，但若 MN 移動到原 FA 服務範圍以外時，則觸發換手事件，此時 MN 會送一個註冊訊息給現在所處網域新的 FA。
3. 當 MN 換手時，仍會傳送 binding update message 給舊的 FA，並將新的 CoA 告知舊的 FA，這可以讓舊的 FA 與 MN 之間保持原有的通訊方法，其目的有助於減少封包遺失。

4. 新的 FA 會將 MN 傳送過來的註冊訊息向 HA 傳送。
5. 因為在「假註冊及 LSP 預先建立」程序中，MPLS 核心網路中的 LSR 已完成 label swapping，使得新的 FA 與 HA 之間的 LSP 建立完成，故在「換手註冊」程序階段，不需要再執行一次，這個程序的時間為零，然後，HA 會將 Registration Replay Message 傳向新的 FA。
6. 新的 FA 再將 Registration Replay Message 傳向 MN，完成換手及註冊程序。



圖六、PEFRR 方法的 MN 換手註冊流程圖

### 3.2 PEFRR 演算法設計

依據 PEFRR 方法之運作流程如 3.1 節所述，主要的程序及其演算法之虛擬碼設計如下：

1. Handover()：MN 執行 MIP 換手程序。
2. PEFRR\_Fake\_Reg()：進行 PEFRR 方法的假註冊程序。
3. RREQ\_MSG.FLAG()：設定註冊要求訊息 flag 內容的值。
4. Send\_To\_Next\_Hop()：將接收到的封包向下一個 hop 傳送。
5. Encapsulate\_IP\_in\_Label\_Packet()：將 IP 封包封裝成標籤封包。
6. Decapsulate\_Label\_Packet()：將標籤封包解封封裝成 IP 封包。

**Algorithm PEFRR()****BEGIN**

{

**Input:**

The Advertisement Message from FA delivers to MN

**Output:**

To setup LSP efficiently for improving handover latency

**Method:**

{

**ADV\_MSG**: Advertisement Message from FA**RREQ\_MSG**: Registration Request Message**LRREQ\_MSG**: Encapsulated Registration Request Message**Do** //Listening the Advertisement Message from FA.

{

**Switch** (**ADV\_MSG**)**Case** (in Home Domain):

//receive the Advertisement Message form original FA.

//do nothing.

**Case** (contact with the Foreign Domain):**IF** Ready\_to\_Handover

// Contact with the New FA, and lost the Old FA.

// According to the handover decision algorithm.

Execute **Handover()**;**Else**Execute **PEFRR\_Fake\_Reg()**;**Break**;} **While** (Receive the Advertisement packet)

}

**Sub PEFRR\_Fake\_Reg()**

{

Init **RREQ\_MSG**;Set **RREQ\_MSG.FLAG(8) = 1**; //Set RREQ's flag column8 = 1,  
// the HA will discard it.Send\_To\_Next\_Hop(**RREQ\_MSG**);**For** (**RREQ\_MSG**)

{

**IF** ( Node != LSR and Node != HA )Send\_RREQ\_To\_Next\_Hop(**RREQ\_MSG**);**ELSE IF** ( Node = Ingress\_LSR ) //入口 LSREncapsulate\_IP\_in\_Label\_Packet(**RREQ\_MSG**);

Perform\_Label\_Swapping;

Send\_To\_Next\_Hop(**LRREQ\_MSG**);**ELSE IF** ( Node = Egress\_LSR ) //出口 LSRDecapsulate\_Label\_Packet(**LRREQ\_MSG**);Send\_To\_Next\_Hop(**RREQ\_MSG**);

Return; //LSP had setup ready

**ELSE IF** (Node = LSR) //in MPLS Core NetworkDecapsulate\_Label\_Packet(**LRREQ\_MSG**);

Perform\_Label\_Swapping;

Encapsulate\_IP\_in\_Label\_Packet(**RREQ\_MSG**);Send\_To\_Next\_Hop(**LRREQ\_MSG**);**ELSE IF** (Node = HA and **RREQ\_MSG.FLAG(8) = 1**)Discard **RREQ\_MSG**;

}

**Loop**

} //END Sub PEFRR\_Fake\_Reg()

}

**END PEFRR**

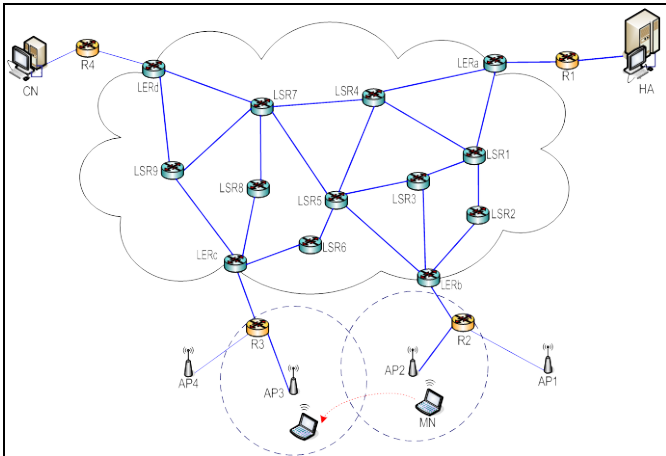
## 四、模擬實驗與結果分析

### 4.1 模擬實驗環境與程序

本研究所使用的網路模擬軟體為 NS-2 V2.29 版，以及 MPLS 模組 MNS V2.26 版。為模擬本研究提出的方法，模擬程式增加控制程序，以模擬 MN 可以透過新的 FA 向 HA 提出假註冊要求，並且在 HA 接收到假註冊封包時，會將該封包丟棄。模擬環境為一個無遮蔽物空間的 MPLS 核心網路，如圖七所示。其模擬環境架構有 13 個 LSR，其中 9 個在核心網路內的 LSR，分別為 LSR1 至 LSR9，以及 4 個標籤邊界路由器 (Label Edge Router, LER)，分別為 LERa 至 LERd。LERa 連接路由器 R1，延伸連接 HA，LERd 連接路由器 R4，延伸連接 CN，LERb 延伸連接路由器 R2，R2 連接 2 個無線基地台 (Access Point)，分別為 AP1 及 AP2，LERc 延伸連接路由器 R3，R3 連接 2 個無線基地台，分別為 AP3 及 AP4，MN 採用無線裝置與 AP2 連接。

PEFRR 主要是改善換手續效，故本模擬實驗不採用隨機移動模式，而是設定 MN 行進路徑，正向 AP3 方向前進，環境參數設定如表一 [3]，MN 行進速度預設為每秒 5 公尺。每一個 AP 的涵蓋範圍為 200 公尺，任二 AP 的重疊為 50 公尺，故 MN 在接觸到 AP3 無線電訊號，直到移出 AP2 涵蓋範圍，約有 10 秒時間。AP 區域廣播間隔為 2000 ms (2 秒)，MN 在接收到該訊息後，即會進行假註冊程序。實驗環境設定在

CN 正與 MN 通訊，並在傳送封包的過程中進行換手程序。為求增加模擬參考及對照，本實驗另以未經修改的 MPLS 結合 Mobile IP，即 MMPLS 進行模擬。



圖七、模擬環境架構圖

表一、模擬參數設定

名稱	參數	單位
MN 移動速度	5	m/s
LSR 與 Router 間傳輸延遲	10	ms
Router 與 AP 間傳輸延遲	10	ms
AP 無線電訊號涵蓋半徑	200	m
任二 AP 之無線電訊號重疊	50	m
LSR 與 LSR 間傳輸延遲	10	ms
LER Label POP 與 PUSH 時間	5	ms
Label 交換時間	15	ms
MN 回應註冊的時間	5	ms
MN 回應換手的時間	5	ms
HA 進行註冊處理的時間	15	ms
封包 Size	1000	bytes
MPLS 核心網路頻寬	10	Mbps
MPLS 外部網路頻寬	100	Mbps
FA 廣播間隔時間	2000	ms
模擬時間	11	Sec.

#### 4.2 模擬實驗結果與討論

本研究衡量的關鍵績效指標有二：一是點對點的延遲(End-to-End Delay)，二是封包通過量(Throughput)，模擬實驗結果及分析說明如下：

1. 點對點的延遲(End-to-End Delay): MN 尚未進

行換手程序前，MMPLS 方法與 PEFRR 方法的延遲時間幾乎毫無差異，然而，在第 9.35 秒時 Delay Time 出現較大的變化與差異，原因是 MN 開始進行換手程序，模擬實驗比較如圖八所示。表二是換手期間的模擬實驗數據，MN 在第 9.35 秒時開始進行換手程序，到第 9.398 秒結束，所經過的模擬時間為 0.048 秒，MMPLS 的總延遲時間為 410.76 ms(微秒)，而 PEFRR 的總延遲時間為 277.76 ms，PEFRR 方法的延遲時間較 MMPLS 的延遲時間大約減少 133 ms，節省 32.38% (節省的延遲時間 / MMPLS 的換手時延)。

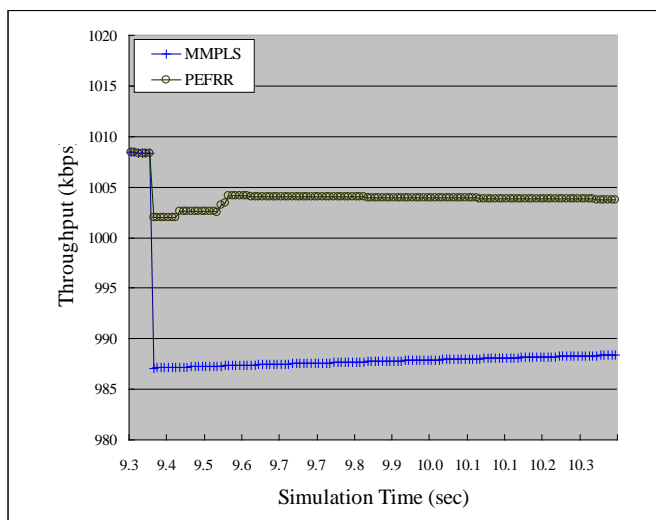
圖八、MN-CN 點對點的延遲比較圖

表二、模擬實驗延遲數據

模擬時間 \ 類別	Delay Time (Sec.)	
	MMPLS	PEFRR
9.35	58.68	39.68
9.358	58.68	39.68
9.366	58.68	39.68
9.374	58.68	39.68
9.382	58.68	39.68
9.39	58.68	39.68
9.398	58.68	39.68
<b>總換手時延</b>	<b>410.76</b>	<b>277.76</b>



2. 封包通過量(Throughput): CN 對 MN 進行封包傳遞的初始階段, 因為 LSP 頻寬充足, 所以 throughput 能維持在一個平均狀態, 在第 9.35 秒後 MN 開始進行換手程序, throughput 產生明顯的下降, 模擬實驗比較結果如圖九所示。表三為擷取換手前後二個時間點模擬實驗數據, 在第 9.34 秒尚未進行換手時, MMPLS 與 PEFRR 的 throughput 都在 1008.34 Kbps, 但在第 9.53 秒時量測到的 throughput, MMPLS 降到 987.1 Kbps, 下降幅度為 2.1%, 而 PEFRR 只降低到 1002.56 Kbps, 下降幅度為 0.6%。



圖九、封包通過量變化圖

表三、模擬實驗封包通過量數據

類別	Throughput (Kbps)	
	MMPLS	PEFRR
模擬時間		
9.34	1008.36	1008.36
9.53	987.1	1002.56
降低幅度	<b>2.1%</b>	<b>0.6%</b>

## 五、結論

由於行動用戶的增加, 而且對於通訊品質與傳輸效率的要求日益嚴苛, 使用 Mobile IP 通訊

協定的行動用戶, 在離開原無線網路服務範圍時, 便需要進行換手作業, 而在換手程序進行時會有短暫的連線中斷, 這期間會產生封包遺失, 使得封包通過量下降。而 MPLS 是一種具彈性及擴充性的 IP 交換技術, 只需要在 Layer 2 執行標籤辨識的動作, 透過對標籤的辨識、轉發, 加速了封包傳送的速度, 不過, MPLS 只建構於網路主幹 (backbone) 上。

整合 MPLS 在網路主幹上高速交換封包, 以及 Mobile IP (MIP) 支援行動用戶高速移動的特性, 讓行動用戶能自由的行動並維持高速的網路連線, 並能解決三角繞徑的問題, 同時傳輸延遲和封包處理時間也會明顯的降低。本研究提出假註冊與預先建立路徑的方法 (PEFRR), 讓行動用戶可預先完成 MPLS 網路中, 自 FA 到 HA 之間的路徑建立, 不必再等到無線網路訊號衰減到臨界值時, 再考慮換手以及路徑探索等問題。經由模擬實驗結果證明, 可縮短換手時延 32.38%, 並將新的 FA 探索及路徑建立(重建)的時延 (latency) 減為零, 而 PEFRR 的封包通過量 (throughput) 的降低幅度, 也比 MMPLS 的 2.1% 較小, 僅下降 0.6%。由實驗結果顯示, 本文提出的 PEFRR 方法比 MMPLS 有較好的換手續效。

雖然本研究的模擬實驗未將 background traffic、noise, 及影響網路績效的因素, 如多個行動用戶使用等情況納入, 但本研究並未更改 MMPLS 的系統架構, 所以這類造成網路不穩定的因素應不致於影響換手續效, 且可彈性的與其他研究所提出的方法整合, 如 HMPLS (Hierarchical Mobile MPLS)、MINHM (Mobile IP Network based on Hierarchical MPLS) 等, 應可改善並增進網路運作績效。

## 六、參考文獻

[1] 王勝靈, 黃建輝, 侯義斌, “基於 MPLS 的移動 IPv6 網路的無縫切換方案”, 西安交通大

- 學學報, 第 38 卷, 第 10 期, 2004 年 10 月, 頁 1043-1047。
- [2] 徐志偉, “在架構於網路處理器的 MPLS 路由器實現具快速繞路的資源預約協定”, 中正大學電機工程研究所碩士班, 2004 年。
- [3] 崔振隆, “MPLS 與 Mobile IP 整合環境下路徑最佳化之研究”, 靜宜大學資訊管理學系碩士班, 2004 年。
- [4] 黃燕忠, 簡承光, “以可選擇之 MPLS Label 提供 IPv6 跨校互連機制”, 中國文化大學資訊管理研究所, TANET 2007 臺灣網際網路研討會論文集(二), 2007 年。
- [5] 嚴中健, “標籤交換網路架構下 Mobile IP 之效能研究”, 國立中央大學電機工程研究所碩士班, 2002 年 6 月。
- [6] D. Awduche, J. Malcolm, J. Agogbua, M. O'Dell, J. McManus, “Requirements for Traffic Engineering Over MPLS”, RFC 2702, Sep. 1999.
- [7] Yen-Wen Chen, “Study of LSP Arrangement Schemes in Label Switch Networks”, *International Journal of Network Management*. Vol. 15, No. 6, Nov. 2005, pp. 421-431.
- [8] S. Fowler and S. Zeadally, “Fast Handover over Micro-MPLS-Based Wireless Networks”, *Proceedings of 11<sup>th</sup> IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC' 06)*, June 2006, pp. 181-186.
- [9] C. Perkins, Ed. “IP Mobility Support for IPv4”, Jan. 2002. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3220.txt>.
- [10] Charles E. Perkins, Kuang-Yeh Wang, “Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP”, *Proceedings of 4<sup>th</sup> IEEE Symposium on Computers and Communications, Egypt*, July 1999, pp. 340-346.
- [11] E. Rosen, A. Viswanathan, and R. Callon, “Multiprotocol Label Switching Architecture”, RFC 3031, Jan. 2001.
- [12] V. Ed. Sharma, F. Ed. Hellstrand, “Framework for Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Based Recovery”, RFC 3469, Feb. 2003.
- [13] G. Swallow, “MPLS Advantages for Traffic Engineering”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 37, No. 12, Dec. 1999, pp. 54-57.
- [14] Shengling Wang, Yong Cui, Sajal Das, Mingwei Xu, “Optimized Mobile MPLS”, *IEEE ICC Workshops 2008*, May 2008, pp. 441-445.
- [15] Q. Wu, T. Taylor, H. Deng, “MIP Extension for Ethernet Service Support”, March 3, 2009. <http://tools.ietf.org/html/draft-wu-mip4-ether-00>.
- [16] Xipeng Xiao, A. Hannan, B. Bailey, and L.M. Ni, “Traffic Engineering with MPLS in the Internet”, *IEEE Network*, Vol. 14, No. 2, March/April 2000, pp. 28-33.