以SIP為基礎之802.16e快速換手機制

李永台，陳端哲，王筱婷，潘世穎，陳志成
資策會網多所
國立清華大學資訊工程學系
lyt@nmi.iii.org.tw
{brad, violet, deeplove, jcchen}@wire.cs.nthu.edu.tw

摘要

語音、影像等多媒體的即時應用已成為無線通訊技術重要的一環，為了確保即時連線的傳輸品質，讓使用者在換手（handoff）過程中也感受不出明顯的資料延遲，本論文針對 IEEE 802.16 無線網路的環境，提出一套快速換手（Fast Handoff）機制，來達成此目標。此機制透過跨層之設計，以 SIP（Session Initiation Protocol）為基礎，巧妙地結合 SIP、IP 層和 802.16 MAC 層的訊息傳送，當使用者於移動中跨越不同的 IP 網域時，MAC 層的換手流程能及時偵測出，並提早進行新的 IP 位址取得和建立新的 SIP 資料連線。透過上述的方法，使用者於 802.16 環境下移動，將可有效縮短換手時所遭遇的延遲，使及時應用的傳輸更為快速可靠。

一、前言

近年來，IEEE 802.16 無線都會型區域網路（Wireless Metropolitan Area Network）技術[1]，在 Intel 公司極力推展之下，快速地發展，此標準已成為下一代無線通訊網路重要的一部分。擁有比無線區域網路（Wireless Local Area Network）更遠傳輸距離和更高傳輸速度能力的 IEEE 802.16 技術，原先為設計來取代 ADSL 有線網路的建置，讓偏遠地區網路佈建的成本得以減低。此外，802.16 技術支援 QoS（Quality of Service）頻寬管理保證，使得即時語音和影像的多媒體服務，可輕易地在此環境下應用。另一方面，隨著移動性（Mobility）已成為無線傳輸重要的需求之一，IEEE 在 2005 年底完成 802.16e [2]標準，其為 802.16 技術提供了具移動性的功能，使用者可利用 802.16e 當作傳輸媒介，於無線網路環境下高速移動，並享受高傳輸速度的網路服務，因此，預期未來更多的無線通訊應用將得以實現。

然而，為了提供即時多媒體應用有效率的無線傳輸，負載資料的封包，其傳送之延遲時間和遺失機率必須降低，使用者才得以獲得高品質的服務保證。在 802.16 無線網路的環境下，移動中的使用者在資料連線過程，經常需要從目前服務的基地台（Serving BS）換手到新的基地台（Target BS），此時，換手過程中所產生的延遲時間，將大大影響資料傳送的效率。因此，若能加速換手流程的進行，資料封包傳送的效能會獲得改善。本論文即針對此問題，在 802.16 環境中，提出一套快速換手機制。

一般而言，換手流程依序由各層獨立完成。在 802.16 網路環境中，當移動使用者（Mobile Station，MS）偵測到 Serving BS 訊號薄弱，無法進行正常的資料傳輸，或 Serving BS 頻寬不足，無法繼續提供使用者所需的服務時，MS 的 MAC 層和 PHY 層會透過各種管理機制，與目前和附近的基地台溝通，開始尋找新的目的基地台，讓 MS 得以換手到合適的基地台，繼續享受網路端提供的服務，這一連串的流程，MS 由原先的基地台換手至目的基地台，改變其所連線的頻道至目的頻道，為 MAC 層所控制管理完成的。此外，由於現有的網路服務大多架設在網際網路通訊協定（Internet Protocol，簡稱 IP）上，802.16 的標準也指出可使用 IP 作為第三層的通訊協定，ALL-IP 網路已然形成。因此，可預期未來，802.16 將以 IP 作為其上層封包路由的標準機制。在此環境下，當 MS 進行完 MAC 層的換手流程後，假若原先的基地台和目的基地台位於不同的 IP 網域，緊接著，IP 層也必須進行一連串的換手訊息交換，讓 MS 的 IP 位置訊息得以更新，遠端的 CN （Correspondent Node）才能繼續與 MS 進行資料傳送。由此可知，MAC 層和 IP 層的換手管理，是獨立運作，各自負責不同的功能。

然而，目前 IETF 為 IP 層換手管理所制定的標準 Mobile IP 機制 [7]，雖然提供了一有效的行動管理方式。但綜合 MAC 層和 IP 層的換手流程，依然會產生極大的換手延遲時間，這在下一節中會作更詳細的描述。因此，目前的換手流程對於即時的多媒體應用服務而言，將造成不利的影響。假若能利用跨層的設計，在 MAC 層換手的流程中就預先偵測出 MS 將換手至另一個屬於不同 IP 網域的基地台，此時 MS 可以先進行 IP 層以上的換手訊息交換，以降低整體換手流程所造成的延遲時間。

SIP [3] [15]是一個簡單且擁有強大擴充能力的通訊協定，利用 SIP 來建立多媒體連線，已成為目前各種即時應用服務經常採納的標準[8][9]。所以本論文所設計的快速換手機制將以 SIP 為基礎，建構於 IP 網路中。在換手的過程，透過跨層合作，使得 802.16 MAC 層、IP 層和 SIP 機制三者巧妙結合，在適當的時間點，利用

訊息的交換，促使不同層間的換手管理巧妙運作，以縮短換手延遲時間。這些機制如何運作會在後面作詳細描述。

二、相關研究

快速換手機制在現今的網際網路（Internet）中是一項重要且關鍵的議題。不管在任何一種無線網路環境下，都會遭遇此項挑戰。Mobile IP 為現今最廣泛使用的行動管理機制，若 MN 在換手過程中跨越不同 IP 網域，使用標準 Mobile IP 的機制，產生的換手延遲包括新 CoA（ New Care of Address）取得的時間、Movement Detection 時間和進行 Binding Update 時間等，其總共的延遲時間過長，不利於各種網路傳輸應用。因此，在 2005 年七月 IETF 所完成制定的 RFC 4068 [4]，即是針對此問題，以 Mobile IP 行動管理機制為基礎，提出一套快速換手機制。我們這裡先簡稱為 Mobile IP 快速換手機制。這套機制可適用於各種網路底層連結的環境，不管 MAC 層技術為何，利用定義的 IP 層訊息交換，皆可利用跨層設計的概念，完成快速換手的目標。如圖 1 所示。

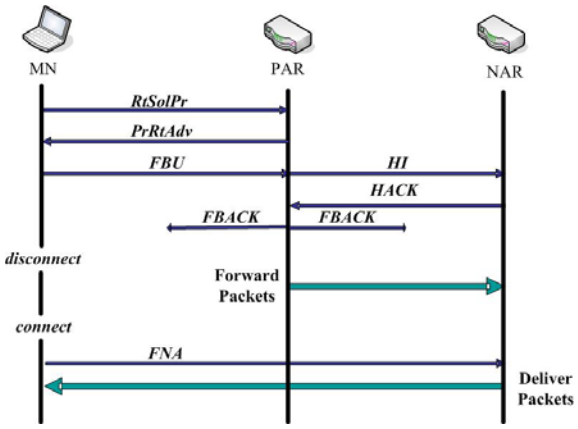

圖 1 Mobile IP 快速換手機制流程

另一方面，針對 802.16e 的網路環境，IETF 也提出對於此系統，整合 Mobile IP 快速換手機制的 draft [5]。如圖 2 所示，以下我們將簡述整個訊息流程。

在此 802.16e 網路環境下，Serving BS 台會每隔一段時間廣播 MOB_NBR_ADV 給 MS。MOB_NBR_ADV 負載著附近基地台的各種資訊，包括 channel 頻率、底層 channel 相關參數和網路服務能力等，這是 802.16e 標準所定義的。而 MS 接著會根據自己目前的條件，決定是否有更換基地台的需要。如果確定要換手，MS 會要求開始掃描由之前收到 MOB_NBR_ADV 所提供的 Target BS 名單，並從中選出 MS 適合換手的 Target BS 移動，另外 MS 也可把此掃描結果回傳給 Serving BS。以供其往後對於所服務的 MS 作換手時之參考。掃描完後，MS 會送出 RtSolPr（Router Solicitation for Proxy) 去尋找出附近的 ARs（Access Routers）。而之後 MS 會收到來自 ARs 的 PrRtAdv （Proxy Router Advertisement），這兩個訊息屬於第三層的訊息交換，我們可由圖 1 和圖 2 比較得知其他訊息為屬於 802.16e 標準第二層所定義的訊息或 Mobile IP 快速換手所定義的第三層訊息。而在 PrRtAdv 這個訊息裡會包含 ARs 的資訊以及在它網域下的 BS 的資訊，這些資訊為 ARs （Access Routers）透過後端網路所交換得到的。MS 使用 Mobile IP 快速換手機制，在未實際換手到新網域而依舊連結於目前服務的網域時，Serving BS 經由和新網域 Target BS 的訊息溝通，可以取得 Target BS 的 IP prefix 資訊，RtSolPr 和 PrRtAdv 的訊息傳送即為達到此目的，MS 可以得知各個可能換手過去的 Target BS 其 IP 資訊，以便快速偵測和判斷本身是否已準備進入一個新的 IP 網域。

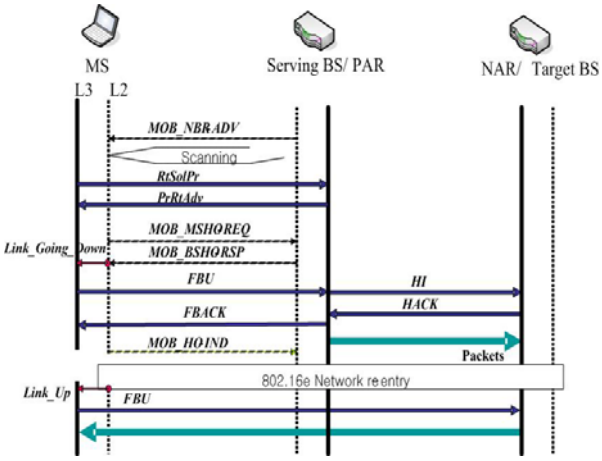

圖 2 Mobile IP 整合 802.16e 快速換手機制流程

接著 MS 透過發出 MOB_MSHO-REQ 去請求 Serving BS 是否可做換手。如果 Serving BS 在收到此請求並接受此換手服務，Serving BS 會回覆 MOB_MSHO-RSP 以作確認的動作，此兩個訊息會溝通 Serving BS 建議的 Target BS，在此例子中，換手是由 MS 所起始的，802.16e 另外也定義換手可由 Serving BS 端起始。我們在圖 2 僅描述由 MS 起始的流程。緊接著在 MS 第二層確定換手的 Target BS 後，但尚未實際換手到 Target BS 時，MS 會先送出 FBU （Fast Binding Update） 給 PAR （Previous Access），通知 PAR 要開始進行換手服務，而 PAR 在收到這個訊息後，會發出一個 HI（Handover Initiate）給 NAR (New Access Router)，來通知 NAR 此 MS 將要開始初始化第三層的換手。最後，只要 NAR 收到此 PAR 的通知後，會回傳 HACK （Handover Acknowledge）給 PAR。而 HACK 這個訊息裡會包含了 NAR 是否接受這個換手。如果 NAR 接受這個換手，同時會再分派一個新的 CoA 給 MS，並且把此 New CoA 寫進 HACK 裡。PAR 收到 HACK 後，會回傳 FBACK （Fast Binding Acknowledgment）給 MS，MS 便可事先確定得到 New CoA。此外，以上的訊息動作，

另一目的為 NAR 在 MS 第二層換手斷線的過程中，要求 PAR 將從 Correspondent Node（CN）接所收到的封包暫存起來，並接著轉傳到 NAR，以確保封包不會遺失。MS 收到 FBACK 後，會發出 MOB_HO_IND 來告訴 Serving BS ，此時 MS 已經確定要離開並準備第二層的換手。之後 MS 會做 802.16 network re-entry 的步驟進行，直到 MS 收到 target BS 所傳來的 REG-REP，整個第二層的換手就完成。最後 MS 只要再送出一個 FBU(Fast Binding Update)給 NAR，整個第三層的換手亦完成。

上述的方法為依據 Mobile IP 於 802.16e 環境下的快速換手機制，本論文所提出以 SIP 為基礎的方法，將於下一節中詳細描述。

三、以 SIP 為基礎之快速換手機制

本論文針對 802.16e 的標準，以 SIP 為基礎，提出了一套跨層的快速換手機制，利用 802.16e MAC 層、IP 層和 SIP 通訊協定，巧妙地解決了 MS 換手時，其時間過長對網路服務品質所帶來的影響。

根據 802.16e 標準，圖 3 為傳統 802.16e 網路環境中，MS 的 SIP 服務應用在跨越不同 IP 網域，其標準的訊息流程。當 MS 需進行換手動作時，由 MAC 層先開始進行，待 MS 選擇到適當的 Target BS，並進行完標準的 802.16e MAC 層換手流程後，IP 層以上換手相關的訊息溝通才能進行。此時，MS 的 IP 網域有無更換、MS 新 IP 的取得和 SIP 服務進行 re-INVITE 的連線重建動作才等，接著才開始進行。然而，這一連串的換手動作，由 MAC 層先進行完成以至 SIP 連線建立成功，MS 和 Serving BS 與 Target BS 間訊息交換所產生的延遲時間很大，這對於即時多媒體的網路應用影響深鉅。因此，本論文針對此問題，提出了一套快速換手機制。

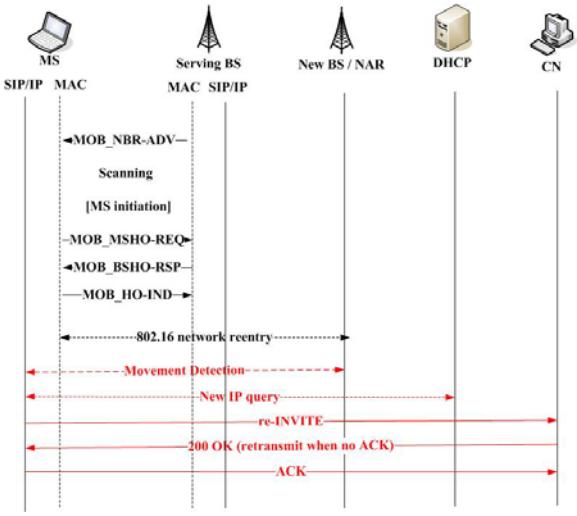

圖 3 傳統 SIP 與 802.16e 換手機制流程

圖 4 為所設計的 SIP 跨層換手流程圖，以下將詳細描述其進行的過程與原理。

802.16e 的換手程序，會根據不同環境與不同狀況，可由 MS 或是 BS 來起始，但其換手一開始的準備動作，是相同的。這些準備動作包括，MS 接收 MOB_NBR_ADV 獲得附近 BS 參數訊息和掃描附近 BS 以作換手參考等。接下來的步驟才根據由 MS 起始或 Serving BS 起始，有稍微的不同。以下的介紹，本論文將選擇由 MS 初始化的方法來描述。首先 Serving BS 每隔一段時間就會廣播它的 MOB_NBR_ADV 給 MS。此訊息會提供 MS 一些周圍 BS 的資料，例如鄰近 BS 的 channel 頻率等，這些 BS 亦即為 Serving BS 建議 MS 可能移動到的 BS 列表。而 MS 會根據自己目前的條件，例如 CINR（Carrier-to-interference plus noise ratio）太低或（RSSI(Received signal strength）平均值太低，或是 Serveing BS 無法繼續提供所需的 QoS 等，去決定是否需要更換 BS。如果確定要換手，MS 就會根據之前 Serving BS 所提供，並去進行掃描的 BS 名單，選出其比較可能換手過去的 Target BS。此時，MS 會送出 MOB_MSHO-REQ 去請求 Serving BS 是否可做換手。如果 MS 收到來自 Serving BS 所回覆的 MOB_MSHO-RSP 訊息中，其表示接受此換手請求，則會開始進行換手的動作。而之後，MS 會發出 MOB_HO_IND 來告訴 Serving BS 他已經確定要離開並進入其他的 BS。

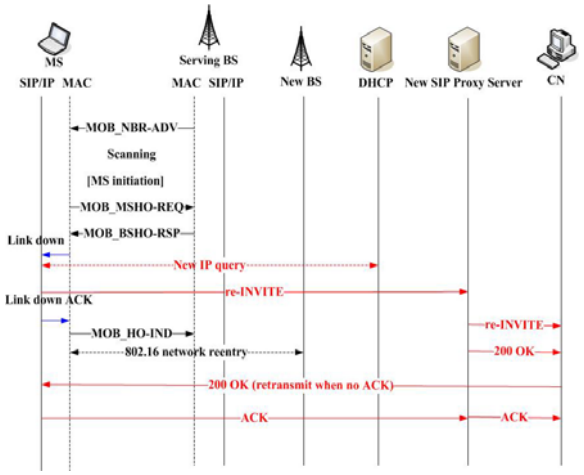

圖 4 SIP 整合 802.16e 快速換手機制流程

在本論文，我們對 MOB_NBR_ADV 的訊息做了一部分的修正。由於我們希望達到快速換手的功能，所以本論文會對 MOB_NBR_ADV 所提供的 BS 列表，加入每個 BS 現在的 IP 位址，而只要 MS 有收到這個訊息，就會連同 BS 的其他資料一起儲存。所以當 MS 決定要開始換手時，MS 只要從儲存的 BS 資料去找出其欲連線的 Target BS IP，與目前服務的 IP 網域之 IP prefix 做比對，查看 MS 是否在接下來的換手動作後會跨越不同的 IP 網域。假設 MS 依然在相同的 IP 網域下，其 IP 層以上的換手流程就不需要進行，SIP 連線也不需重建。若 MS 將換手到另外一個 IP 網域下，MS 的 MAC 層會通知其

IP 層必須開始準備快速換手的動作，由於此時 MS 可事先得知其在換手後所在的 IP 網域 prefix，與傳統方法比較，可省下 MS 為了 Movement Detection 所多花的時間。

在傳統的換手流程裡，要先完成第二層 MAC 的換手之後，才會去要新的 IP，再來作第 IP 層的換手。但在本論文的方法中，我們把 IP 層以上的換手跟第二層的換手作在一起，也就說是 IP 層以上無須等待第二層的換手完成，即可事先去要相對應的 IP 位址。所以透過這個流程，可減少換手所造成的延遲。圖 4 顯示了其跟 DHCP 取得新 IP 位址的時間點。與其接著 IP 層以上 SIP 訊息交換的詳細時間點。我們可清楚地看出，re-INVITE 進行傳送的時間點在第二層送出 MOB_HO_IND 之前，因此 SIP 訊息的流程可與第二層的換手訊息交換同步進行，而無須像傳統方式一樣依序完成，因此可大大減少整體換手所產生的延遲時間。

當 MS 獲得新的 IP 位址後，即會依照一般的 SIP 流程發出 re-INVITE 通知 CN 其已經更換 IP 位址。在此論文中，我們也做了修改。由於 MS 在發出 re-INVITE 給 CN 後，CN 會回一個 200 OK 給 MS，而在這個訊息傳遞會造成兩個問題。第一個問題是當 CN 回傳 200 OK 給 MS，但此時 MS 可能還在處理換手，尚未完全移動至 Target BS，因此這個 200 OK 訊息就會遺失。第二個問題是因為 MS 跟 CN 可能距離很遙遠，而換手時，MS 要等待 CN 所回傳的 200 OK 後才可有所動作，若 CN 必須再重傳 200 OK，這將造成相當大的延遲。為了防止這兩個問題發生，我們新增加了一個 SIP proxy server，此 server 為負責來接收這個 200 OK。也就是說，我們在 MS 與 CN 間新增一個 proxy server，此 proxy server 會把 MS 所發出的 re-INVITE 轉傳給 CN，且代替 MS 接收 CN 所傳來的 200 OK，接著再轉傳這個訊息給 MS，並且只要當 MS 沒有回傳 ACK 給 proxy server，proxy server 就會重傳 200 OK 給 MS，直到有收到 MS 的 ACK 為止，而也由於這個 SIP proxy server 與 MS 位於同一個網域內，所以他的重傳時間相較之下，也比較短，所以不會造成太大的延遲或是負載。而當 SIP proxy server 收到 MS 的 ACK 後，就會把此訊息轉傳給 CN，CN 確定收到後，整個換手完整結束。SIP 連線建立完成，MS 與 CN 又回到正常的資料傳送階段。由此可見，本論文所提出的 SIP 跨層訊息交換技術，大大減低了換手時間。

四、實作架構

如圖 5 所示，其為本論文行動管理實作系統主要之模組功能架構。本論文所提出之快速換手機制主要實作於 Mobility Management Subsystem 上。此外，為了完整呈現高品質的影像服務，應用層配合合作團隊的雙核心系統，其採用 H.264 視訊解碼軟體與 PAC 平台來呈現效能，此為 Decoding Subsystem 最主要的功能。另外，802.16e Simulation Subsystem 為本系統合作團隊所開發之模擬環境，本論文應用其 MAC 層與實體層功能，以實作出結合 SIP 與 802.16e 的快速換手機制。

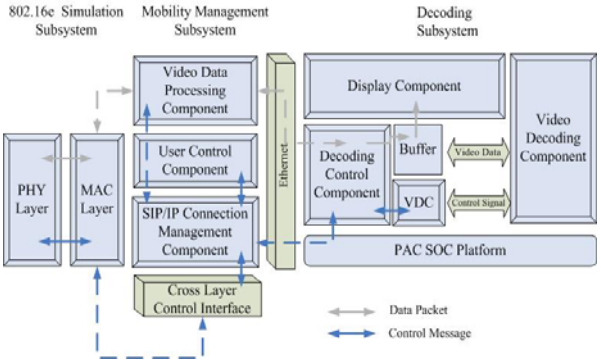

圖 5 實作模組功能架構

由於本系統以 SIP 通訊協定來實作，並以 Mobile IP 來做對照比較，所以需要 SIP 以及 Mobile IP 的軟體套件。在 SIP 開發軟體方面，本論文選擇 OSIP、EXOSIP 此二軟體套件。另外在處理 H.264 傳來的視訊流方面，本論文選用了 ORTP library 來支援 RTP [6]的轉送。因此，論文的開發環境中，共需要以下套件，OSIP、EXOSIP、 Mobile IP 和 ORTP 等開發軟體，其作業系統為 Linux OS 2.4 版本以上並支援 gcc compiler 等開發軟體套件，另外還須配合 MAC 層與實體層的 DSP 訊號處理模擬環境之開發系統。

以下介紹細部介紹 Mobility Management Subsystem 各元件功能。

1 SIP/IP Connection Management Component：

此模組主要的功能有兩項，一為無縫快速換手機制；二為配合 User Control Component 之連線重置處理。

在無縫快速換手機制方面，以 SIP 為基礎來管理使用者的行動機制，並採取跨層的方式，透過下層 802.16e MAC 層規約，當使用者跨越不同網域換手，MAC 層在確定換手至另一個位於不同網域的 BS 時，利用 Cross Layer Control Interface 先通知此模組進行 IP 位址的取得及建立 SIP 連線的訊息傳送（如 re-INVITE 訊息）。一旦 MAC 層完成真正的第二層換手動作，SIP 換手流程也接著完成，如此可以減少整體換手所花費的延遲時間。此模組必需與 MAC 層溝通合作，利用控制的訊息交換，告知彼此在快速換手流程中，於何一時間點必須執行何種動作。在換手機制一旦完成後，此模組必須通知 Video Data Processing Component 開始準備進行現有連線之轉換行為，以因應 IP 轉換之需求，並配合尋求最佳之轉換時機點以達到犧牲最少的代價為目標。

在配合 User Control Component 之連線重置處理方面。此模組必須配合使用者需求，當使用者下達指令，如需進行連線方面的變化，如

連線開始、連線終止或連線暫停等狀態時，此模組須通知 Decoding Subsystem 的 Decoding Control Component 進行相對應之連線處理。並且建立彼此間之資料傳送機制，此將透過 socket 在 Ethernet 上來進行實作。

2 User Control Component：

此模組最主要功能為接受使用者之簡單控制需求，使用者可實作開始連線，結束連線與暫停等三個指令，以控制 MS 端的行為。當使用者下達指令時，連線狀態若發生變化，須通知 SIP/IP Connection Management Component 以便其做相對應之連線處理。

3 Video Data Processing Component：

此模組主要之功能為因應所建立之連線的資料流傳送處理。此模組收到視 SIP/IP Connection Management Component 的連線建立通知後，會跟 MAC 層互相溝通，以建立 MAC 層中 Service Flow 與其 MAC 層 Connection 的對應。傳送視訊串流資料時，此模組扮演應用層與 MAC 間的橋樑，將 MAC 層傳送上來的封包，作處理後，以視訊串流資料的格式送出給 Decoding Subsystem。依據 IP/IP Connection Management Component 的指示於最佳之時機點切換連線，此包含舊連線之移除與新連線之建立等。

如下圖 6 所示，為本系統之網路環境架構，包含內部網路（Home Network）與外部網路（Foreign Network）等兩部分，每個網路各有一 BS 端和 SIP Proxy Server 端，配合本論文提出的方法進行實作，另外還有一 MS 和 CN 作為視訊串流傳輸的端點。

本系統效能展現的流程如圖 6 所示，MS 先於 Home Network 播放位於 CN 上 Video Streaming Server 所傳送的資料，緊接著利用快速換手機制，移動至 Foreign Network，並繼續 Video Streaming 的播放。本實作系統將證明在換手流程中，本論文所提出的方法，會大幅減低其延遲時間。

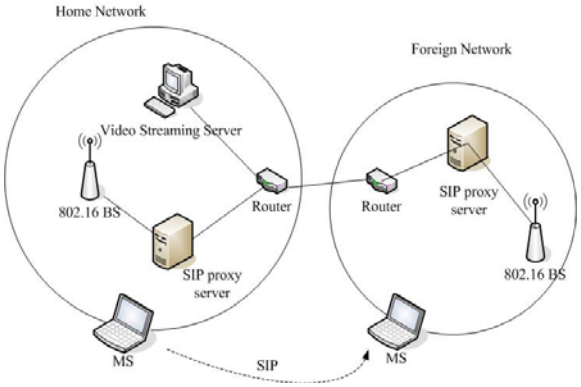

圖 6 SIP 快速換手展示系統

圖 7 則細部表示 Video Streaming Server 與 MS 端之間的通訊協定堆疊（Protocol Stack）。CN 上的 Video Streaming Server 主要是使用定點式（Fixed）的建構，透過路由器（Router）與 802.16e 基地台將資料流傳送至 MS 端，其中的連線建立訊息利用 SIP 來處理，而資料鏈結則使用 RTP 的協定來實作。在換手機制處理上希望能達到快速、穿透化（Transparent）。

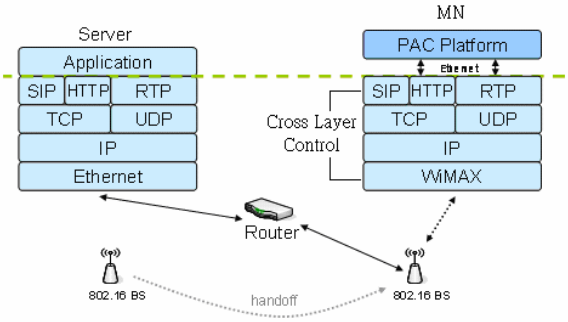

圖 7 SIP 快速換手展示系統

另外，根據下圖 8，針對目前 Mobile IP 的快速換手機制，本論文另外實作一套系統，來與 SIP 的快速換手系統作比較，以驗證本論文提出的機制。此系統也分成 Home Network 與 Foreign Network 兩部分為測試環境，MS 如上述 SIP 的架構一樣，模擬從兩個網路進行換手動作。

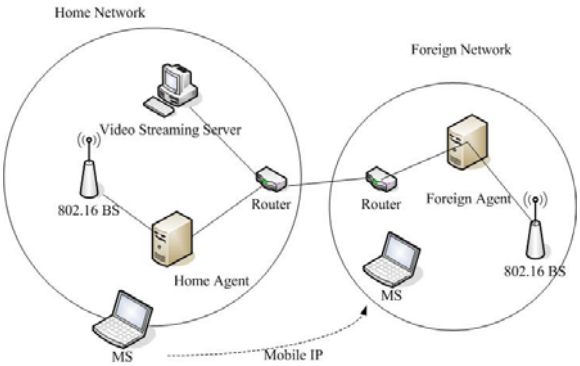

圖 8 Mobile IP 快速換手對照系統

五、結論

無線網路與傳統有線網路最大的差異在於提供使用者移動的能力，802.16e 標準所提供之傳輸範圍廣、頻寬高的功能為下一代行動通訊網路非常重要的一環。目前在此網路環境下，一套快速換手機制，讓使用者在不同 IP 網域間任意移動的同時，也能享有快速、穩定的傳輸品質，是迫切需要的。而隨著多媒體應用與即時影音服務的發展，更需要低延遲時間的換手機制。本論文提出了以 SIP 為基礎在 802.16e 環境下的快速換手機制，提供使用者移動中通訊連線的品質維持，最佳化了 MS 在換手時所遭

遇的延遲。此方法，可成功降低換手延遲時間。同時，也是第一個將 SIP 機制運用在 802.16e 的快速換手設計上。

另外，本論文的系統實作設計已成功完成。此機制可以輕易實作於 802.16e 標準上，僅需對原來環境作稍微修改，因此可容易地將本論文所提出之架構實作於既有的 802.16e 網路環境。相信在不久的將來，802.16e 的網路環境一旦普及，許多應用可建立在本論文所設計的架構上，為使用者提供一優質的網路環境。

六、致謝

本研究承蒙中華民國資訊工業策進會 802.16g Network Management 計劃（95-EC-17-A-99-R1-0461）支持，特此致謝。

七、參考文獻

[1] IEEE Standard 802.16-2004, October 1, 2004
[2] IEEE Standard 802.16e, February 28, 2006
[3] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, “SIP: Session Initiation Protocol”, RFC 2543, March 1999
[4] Koodli, R., "Fast Handovers for Mobile IPv6", RFC 4068, July, 2005.
[5] IETF draft “Mobile IPv6 Fast Handovers over IEEE 802.16e Networks” Heejin Jang, Junghoon Jee, Youn-Hee Han, Soohong Daniel Park, Jaesun Cha, February 27, 2006
[6] RFC 1889 “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications” H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, January 1996
[7] RFC 2002 “IP Mobility Support” C. Perkins, Editor, October 1996
[8] Wooseong Kim,.“Link Layer Assisted Mobility Support Using SIP for Real-time Multimedia Communications” ,MobiWac October 2004
[9] Ashutosh Dutta,."Optimized Fast-Handoff Schemes for Application Layer Mobility Management”, ACM SIGMOBILE Jan 2003
[10] Wooseong Kim,.“Fast-handoff schemes for application layer mobility management” ,MobiWac October 2004
[11] Dutta, A,.“Link Layer Assisted Mobility Support Using SIP for Real-time Multimedia Communications” , Indoor and Mobile Radio Communications 2004
[12] Li-Hsing Yen,.“Topology-aided cross-layer fast handoff designs for IEEE 802.11/mobile IP environments” ,IEEE Dec. 2005
[13] Ranjeeth Kumar A,.“MSIP: A protocol for efficient handoffs of real-time multimedia sessions in mobile wireless scenarios” ,IWDC 2004
[14] Kin K. Leung,."Mobility Support for IEEE 802.16d Wireless Networks", IEEE WCNC 2005
[15] Henning Schulzrinne,."Application-Layer Mobility Using SIP", ACM WoWMoM'99 Aug 1999