

SCTP-Based VoIP System in Campus Network

陳雍穆、賴明彥、張少榛、林紹捷、鍾添曜

Department of Computer Science and Engineering

Yuan Ze University

{s929405, s937416, s912264, s912364}@mail.yzu.edu.tw,

csdchung@saturn.yzu.edu.tw

中文摘要

隨著無線網路發展，語音通訊亦可藉由無線區域網路(WLAN)來傳輸。近年來 VoIP 軟體如雨後春筍般的出現，但多以 TCP 或 UDP 協定實做，存在 AP 切換以及異質性網路間換手(Handoff) 的問題。由 IETF 新制定的 SCTP 擁有克服 Session 中斷問題的特性，能夠有效的解決換手問題。而 IEEE 802.21 新制定異質性網路間換手時，通訊協定各層間溝通的規範。本研究在校園網路內，實做一個以 SCTP 與 802.21 為通訊基礎的 VoIP 系統，並評估在校園等級的無線區域網路環境下，該系統能達到的效能，以及面臨的問題。

中文關鍵字: 802.21, MIH, SCTP, SIP, VoIP

ABSTRACT

This work designs and implements a SCTP-based VoIP system in a campus network. The multi-homing capability and dynamic address configuration extension of SCTP are applied in the VoIP system to decrease handover delay and improve throughput performance. Also, IEEE 802.21 specifies 802 media access-independent mechanisms to optimize handoffs between heterogeneous 802 systems and between 802 systems and cellular systems. The proposed VoIP system combines SCTP and 802.21 MIH (Media Independent Handover) function to improve the performance of handoff in a campus network.

Keyword: Heterogeneous network handoff, IEEE 802.21, SCTP, SIP, VoIP

1. 導論

然而，無線網路的涵蓋範圍，相對的比公眾陸地移動網路(Public Land Mobile Network; PLMN)小，行動裝置在無線網路中，需經常地在各個接取點(Access Point; AP)中換手。此狀況對

於語音通話的服務上，會嚴重的影響通話品質。本研究主要使用 SCTP 之 Multi-homing 特性與 IEEE 802.21 異質性網路換手通訊標準，在校園內建制一個 VoIP 系統，使得 MN 在 WLAN 間，能無礙的進行切換。

2. 相關研究

在行動網路中，為了達到無礙式換手，有許多網路換手的方式被提出：SCTP-based[1]-[10]、Mobile IP-based[11]-[30]、HIP-based[32]-[34]及 SIP-based[35]-[44]。而在換手過程中，使用者的認證與授權[13][43]，影響換手時間的延遲。為了達到異質性網路中的無礙式換手，IEEE 更提出 802.21 的異質性網路換手通訊標準[45][46]。以下將分別介紹現有的換手機制、AAA 與 802.21 通訊標準。

2.1. SCTP-based Handoff

IETF Signaling Transport (IETF SIGTRAN) working group 定訂 Stream Control Transmission Protocol (SCTP)的標準[1]-[4]。其目的為了使電信控制訊號(SS7)，能在 IP 網路上傳輸。SCTP 具有以下特性：

- A. Multi-homing: SCTP 中一個連線稱為一組關聯(association)。Multi-homing 的特性，就是兩個 MN 可使用多個 IP，與對方建立一個關聯。在這關聯裡，存在多個通訊路徑，傳輸時只會使用一條主路徑(primary path)，其他的通訊路徑則為備用路徑(backup path)。當主路徑發生問題而中斷時，可以馬上利用備用路徑，繼續傳送資料，藉以提供高度可靠性(high availability)。
- B. 動態位址變更: SCTP 延伸協定中定義一個 ASCONF 封包[4]，用以將本地端的位址變動，通知給目的端，讓目的端重新設定本地端可用位址。利用這個封包，使 MN 在存取的不同的接取網路而 IP 位址有改變時，可動態地改變本地端的位址，使連線不會中斷。

目前學者利用 SCTP 來達成垂直換手(Vertical Handoff)的方式有 mSCTP[5]和 cSCTP[6]。mSCTP 提出垂直換手的流程，但並沒

*The authors would like to thank the National Science Council, Taiwan, R.O.C. and BCM Communication Co., Ltd for financially supporting this research under Contract No. 94-2815-C-155-020-E and No. RD930396.

有提出垂直換手中 MN 的架構。cSCTP 則提出 MN 應有的架構。如圖 1 所示，MN 主要會有三個元件，第一為 Host Agent Component，幫助 MN 可以進入或離開 Access Router(AR)。第二個元件為 cSCTP Component。MN 和 Correspondent Node 都有此元件，用以資料傳輸使用；同時該元件亦擁有 Dynamic Address Reconfiguration 的功能。第三個元件為 SIP User Agent Component，主要為位置管理(location management)，用來記錄 MN 的位置。

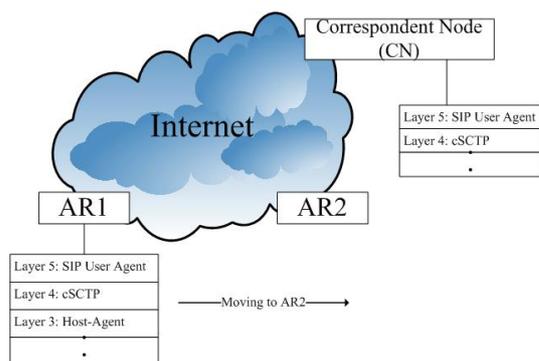


圖 1. Cellular SCTP operation

SCTP 提供 Partial Reliability 模式(簡稱 PR-SCTP)。SCTP 未啟動 PR 模式時，運作如同 TCP 一樣提供可靠的傳輸服務。PR-SCTP 模式下，則提供一個部份可靠的傳輸服務。在傳送封包時，PR-SCTP 指定此一封包的生命時間(Lifetime)，若在時間內無法將封包成功傳送，PR-SCTP 便會放棄該封包的傳送，並以 FORWARD-TSN 封包通知遠端略過此一封包。

SCTP 在實做中提供 Nagle-like 演算法 [7][50]。SCTP 中一個資料區塊稱為一個 chunk，一個封包中可以有一至多個 chunk。Nagle-like 演算法會合併數個將要送出的 chunk 成為一個封包，以減少網路資源消耗在 header 上，並降低封包傳送的頻率，提高傳輸效率。

2.2. Mobile IP-based Handoff

Mobile IP (MIP)是在無線行動網路中，使用 VoIP 的網路層(Network Layer)解決方案。雖然 MIP 並不直接與 VoIP 應用程式相關連，但 MIP 可以提供在行動通訊中實現 VoIP。

IETF 在 RFC3344 中 [14]，定義行動節點 (Mobile Node, MN)、本籍代理(Home Agent, HA)和外籍代理(Foreign Agent, FA)。MN 是一個會更換網路接取點(point of attachment)的主機或是路由器，通常是指行動終端裝置。在 MIP 的環境中，存在兩個行動代理人(Mobility Agent)，HA 存在於 MN 的本籍網路中(Home Network)，FA 存在於 MN 所拜訪的外籍網路(Foreign Network)。在 Mobile IP 下，當一個 MN 準備移動到一個新的外籍代理(New FA, nFA)服務範圍時，

會取得一個新的 Care-of Address(CoA)，並繼續維持原本的網路連線。整個換手的過程中，應用層並不會知道網路層的 IP 已經經過轉換的程序，而繼續使用原本的 IP 位址。MIP 的運作流程如下：

- 第一步：Mobility Agent(即 HA/FA)會定期發送廣告封包(Agent Advertisement)，此廣告封包是延伸 ICMP 的 Router Advertisement 再加上 CoA 的資訊。
- 第二步：MN 根據收到的廣告封包訊息，可判斷自己是在 Foreign Network 還是在 Home Network。
- 第三步：若 MN 是在 Home Network，則維持原本的 IP 路由機制；否則的話，MN 根據收到的廣告封包可以取得一個 CoA。
- 第四步：MN 透過 FA 向 HA 進行註冊，將 MN 的 Home Address 和 CoA 的關係記錄在 HA，再加上一個記錄的維持時間(lifetime)。
- 第五步：之後若有通訊節點(Correspondent Node, CN)欲和 MN 進行通訊，會將資料送往 MN 的 Home Address。此時所有送往 MN 節點的封包都會被 HA 所攔截，並根據 MN 註冊的記錄，將封包透過通道(tunnel)送往服務 MN 的 FA 節點。
- 第六步：當 FA 收到被 tunnel 起來的封包，會進行 de-tunnel，再把封包轉送給 MN。
- 第七步：若是 MN 欲送資料給其它節點，則把 FA 當成一般的 Router，直接對其它節點進行傳送。

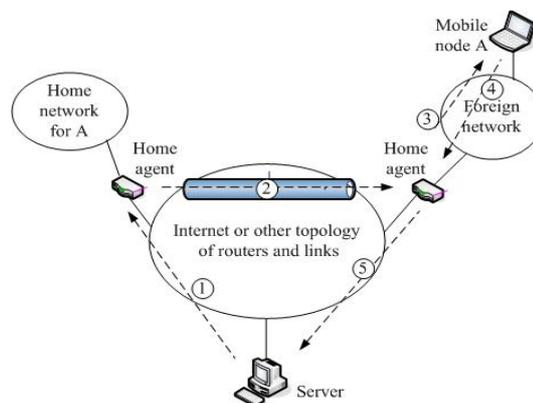


圖 2. Mobile IP 運作過程

在 MIP 中，原本是 MN 和 CN 二個節點之間的資料傳輸，卻得經過 HA 將封包攔截後，tunnel 導向給 FA，最後才送到 MN 節點。這部分將會形成一個三角式繞送(Triangular Routing)，對於即時性的網路服務，會增加不必要的延遲時間(delay)。圖 2 表示 Mobile IP 的運作過程。

但使用 MIP 對於 VoIP 而言，所產生的延遲仍然過大，如 Triangular Routing 造成封包傳送延遲，換手過程的等待時間(Latency)，以及封包遺失。

對於一個行動裝置而言，進行換手的程序可以分為二個層次。第一個層次是 OSI 第二層(Data Link Layer)的換手。當一個行動裝置進入 nFA 的服務範圍時，必須先取得該 nFA 所提供的一個頻道(Channel)，才能使用該無線網路的服務。第二個層次是第三層(Network Layer)的換手，為 MN 取得一個 CoA 並完成註冊的程序。但是，MN 完成第二層的換手後，才進行第三層的換手程序，將產生較長的內在延遲(built-in delay)。論文[30]提出當 MN 偵測到可能需要換手時，就進行第三層的換手。在第二層進行換手之前，先行讓 MN、舊的 FA(oFA)、HA 以及 nFA 進行第三層的換手程序註冊。當確定要由 oFA 切換到 nFA 時，就可以馬上透過 nFA 繼續通訊。

雖然[30]能縮短內在延遲時間，但 MN 卻會因偵測到即將離開 oFA 的服務範圍，立即進行第三層的註冊，但 MN 的移動速度與方向不定，造成 MN 並不是真正要進入 nFA 服務範圍內，就切換到 nFA 的系統中而過渡佔用網路位址(IP Address)。

MIP 雖為 3G 系統[51][52]所選定的換手標準，但在網路層實行換手則需 ISP 等的介入，涉及 AAA、計費策略與 VPN Gateway 等複雜設定，又擁有路徑選擇最佳化(Route Optimization)的 IPv6 尚未全面佈建於網路中(TANet)，故本實驗系統實作於傳輸層協定- SCTP 上。

2.3. SIP-based Handoff

SIP 是在無線行動網路中，使用 VoIP 的應用層解決方案。SIP 可由 UDP、TCP、SCTP[42]傳輸。SIP 可以提供四種 Mobility 的模式[38]: Personal Mobility、Service Mobility、Session Mobility、Terminal Mobility。Personal Mobility 提供一個邏輯位址，對應(mapping)到擁有不同裝置的單一使用者。方法上使用 SIP Forking Proxies，使一個位址對應到不同的終端設備，也可以讓不同的位址對應到同一個終端設備。

Service Mobility 提供當行動裝置更換、移動或改變使用的 ISP 時，允許使用者維持原本的服務資訊內容，例如網路儲存設備所儲存通訊錄。

Session Mobility 提供當通訊的使用者更換裝置時，允許使用者維持原本的 Session。透過 Third-party Call Control[36] 和 Call Transfer 兩種方法，使舊的通訊裝置通知新的通訊裝置與對話者執行換手，雙方用 SIP 建立新的 Session。

Terminal Mobility 提供當終端設備移動跨越不同的 IP 子網路時，可以維持連線。在考慮終端設備移動狀態，分有三種維持 Session 的機制 Pre-Call、Mid-Call 和 Recover from network partitions。Pre-Call 是指 MN 在通話前執行換

手，維持 Session。換手期間，MN 取得新的 CoA 後，會向 Home Registrar 重新註冊。當 CN 要和 MN 通話時，透過 Redirect Server 取得 MN 的最新的 CoA，直接向 MN 發起 INVITE。Mid-Call 指 MN 在通話期間執行換手。在通話期間有換手的發生時，MN 會直接向 CN 重新發佈 INVITE 的動作。此時，包含 SDP 和新 CoA 的 INVITE 不經過任何的中繼的 SIP Proxy，但會產生一個 One-Way delay (MN 發 INVITE 給 CN 告知換了新的 IP 位址的傳輸延遲)。當發出的請求在一段時間內都沒有回應，就要啟動重新發送的機制。而在更久的時間內都沒回應，代表對方已經失去連繫，此時就要重新執行重新連建立線程序。

為了達到快速換手，MN 在開始與 CN 連線時，發給 CN 的 IP 位址不是 MN 的 CoA，而是 SIP Proxy 或是在 Proxy 裡的 RTP Translator[54]位址。當有換手發生時，Proxy 會改寫 SDP 的位址，而 RTP Translator 也會將封包攔截並且導到 MN 的正確位址。

在本實驗系統實作中，本團隊使用 SER[49]為 SIP Proxy，主要處理 User Location 記錄與查詢機制。

2.4. AAA (Authentication & Authorization & Accounting)

網路中各類資源的使用，需要由認證、授權和計費管理。在確認用戶身份後，根據用戶身份的不同，系統可以授予客用相應的權限。最後，在用戶使用系統資源時，統計用戶對資源的使用情況，據此向客戶收取相應的費用。在本實驗系統實作中，本團隊使用 FreeRADIUS[53]提供 AAA 服務。

2.5. 802.21 (Media Independent Handover, MIH)

IEEE 802.21[45][46]標準的發展目的，主要是提供異質性網路的換手最佳化。802.21 定義 MIH 中介層與其通訊協定，使 Layer 2 及其以下通訊協定的網路資訊，可以告知 Layer 3 及其上層的通訊協定，Layer 3 及其上層的通訊協定，可下達命令給 Layer 2 及其以下通訊協定，使 MN 在異質網路環境下的換手能達到最佳化[47][48]。MIH 運作概念如圖 3 所示。

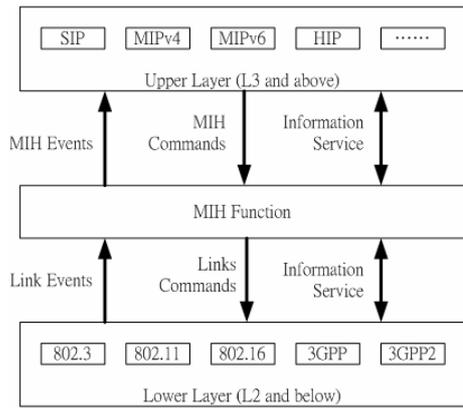


圖 3· MIH Function and Key Services [45]

當 MN 漸漸遠離 Base Station(BS)服務範例，其通訊訊號變弱時，MN 需要切換到其他訊號較強的 BS。另一方面，對於不移動的使用者，換手的需求發生在使用者欲強制切換頻道，以改變頻寬及改善傳輸速度時。802.21 定義了數種事件進行觸發，使得當下層通訊協定或網路有所變動時，用來通知上層通訊協定進行換手。部分函式如表 1 所示。

當事件觸發通知上層通訊協定後，網路選擇元件(Network Selector / Handover Policy Control Function)收集下層之網路資訊(例如：連線品質)，並經過演算法的評估(例如：換手策略等)，實行換手。

表 1、Link layer triggers

鏈結層 觸發	描述
Link_up	L2 產生改變，無論是 MAC 層或 PHY 層。
Link_down	連線中斷無法再傳遞封包。
Link_Parameters_Change	當連線的品質低於一個臨界值，通知換手決策單元有 Handoff 的準備。
Link_Going_Down	L2 連線將在一段時間後斷線。但後續未收到 link_down 訊號，則撤銷此通知。
Link_Detected	發現一個新的接取網路 AP 的訊號(根據 beacon 或是主動偵測)。
MIH Configure	傳送上層協定對下層協定所設定的控制參數
MIH_Network_Address_Information	取得 Network Address 相關參數，包括新的 IP Address。

3. 系統環境與架構

本研究所提出的系統適合運作在一般校園的環境下。如圖 4 所示，在系統的佈建上，SER 伺服器用以進行註冊與使用者定位(Location)的工作。在 SIP 伺服器後設定 FreeRADIUS 伺服器，為此系統進行 AAA 作業。透過這兩台 Server 的相互配合，系統能夠有效的管理使用者。

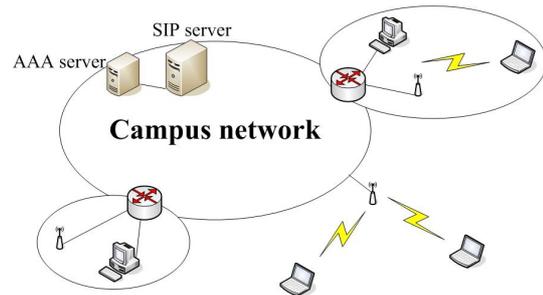


圖 4· Sctp-based VoIP 系統的校園環境

校園內佈建有數個 AP，其無線訊號能涵蓋整個校園。要在校園的每個角落，都能提供通話服務的需求下，表示必須要在校園內隨意移動，並且進行通話而不斷線。為了達到此目的，本研究提出以 Sctp 為 Handoff 主要控制單元，MIH 為網路資訊收集之輔助單元的 VoIP 系統。

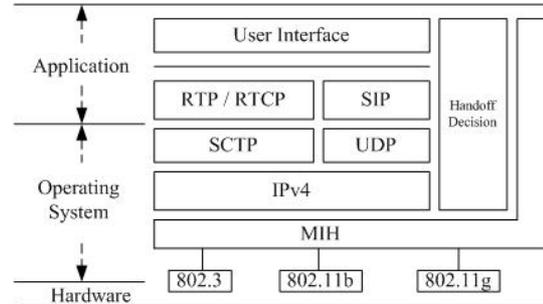


圖 5· 軟體系統架構

本研究所提出的系統軟體架構如圖 5 所示，由上到下共可分為五層。以下將逐一介紹各層之主要功能及其相互之關係。

A. 應用層

應用層包括 User Interface(使用者介面)、RTP/RTCP 與 SIP。使用者介面為系統與使用者溝通之介面，負責輸入各項通訊所需之資訊。RTP/RTCP 為傳輸控制模組，負責將語音封包以 RTP/RTCP 封裝，並在其表頭(Header)加入封包傳輸的控制參數。SIP 的 User Agent，負責發送與接收 SIP 之訊息。在系統啟始時，此模組會建立對外接收之通道，並進行 SIP 註冊，提供目前可供連絡之位址資訊。並於收到相關通話邀請、中斷、或通話相關資訊時進行通知與處理。

B. 傳輸層

傳輸層包括層 SCTP 與 UDP。SCTP 為語音資料傳輸之主要通道，運用其 multi-homing 的特性，讓系統能在無線與有線網路間切換而不中斷。UDP 用於傳遞 SIP 之控制訊息與回應。雖然 SIP 可透過 SCTP 傳輸[42]，但本實驗平台尚未將 SIP 移植至 SCTP 上。

C. 網路層

在目前的實作上，採用了普及率較高之 IPv4 來進行實作，使其能夠適用於更多的網路環境上。

D. Middleware - MIH

MIH 函式組位於 2、3 層中間，負責收集下層資訊，並依照網路資訊及設備狀態，提供事件觸發之功能。事件處發通知上層其底層網路有狀態變動，以便上層應用程式進行判斷與處理。

E. 媒體存取層

系統的通訊媒介使用 802.3(Ethernet)、802.11b/g 無線網路做為通訊之管道。

4. 系統設計與實作

本章節將說明系統實作主要的兩個部份：SIP 及 SCTP，將其主要功能及運作步驟提出並做說明，最後會提出實作所測得的數據並加以討論。

4.1. SIP 之註冊以及通話溝通流程

在此系統的架構下，SIP server 與 AAA server 之間根據 RFC 3702[43] 實行，系統的通話註冊流程，如圖 6 所示。

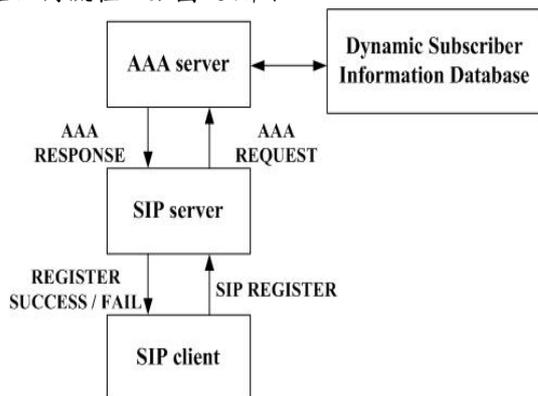


圖 6 · SIP Server 與 AAA Server 之註冊合作溝通流程

語音通話系統的使用者(SIP client)登入時必須向 SIP server 送出 REGISTER 訊息，此訊息包含 SIP client 的認證資訊。SIP server 收到 REGISTER 訊息時，會向 AAA Server 提出 AAA REQUEST 將收到的 client 認證資訊送出做查詢。SIP server 收到 AAA RESPONSE 之後，若為成功，便將使用者紀錄在 SIP server 中，並且送出 REGISTER SUCCESS 給 client；若為失敗，則送出 REGISTER FAIL 給 client。

註冊完成後，使用者撥打電話送出 INVITE 訊息至 SIP server，經過 AAA Server 認證後，便參照訊息內容導向已註冊的欲通話對象，同時送出 Accounting 訊息給 AAA server。當通話對象接受來電，則送出 200 ok 訊息，透過 SIP server 導向撥打電話的使用者。使用者回應後，即可進行通話。通話結束時，SIP server 會收到使用者送出的 bye 訊息，並且通知 AAA server 使

用者已斷線，如圖 7。

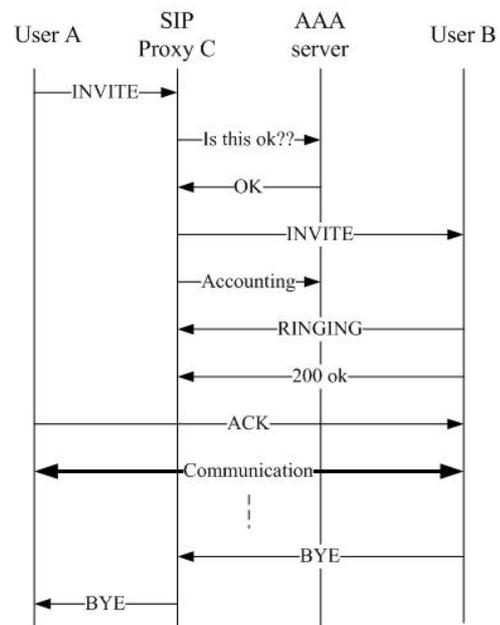


圖 7 · 語音漫遊通話之 SIP 訊息溝通流程

4.2. Handover 流程

MIH 中介層會在網路狀態不良，無法繼續正常傳輸資料時，以事件觸發通知上層通訊協定。網路選擇元件透過處理這些觸發，配合 SCTP 的 Multi-homing 與動態位址變更的特性，可以達到在通話中無礙地切換 AP 之目的。

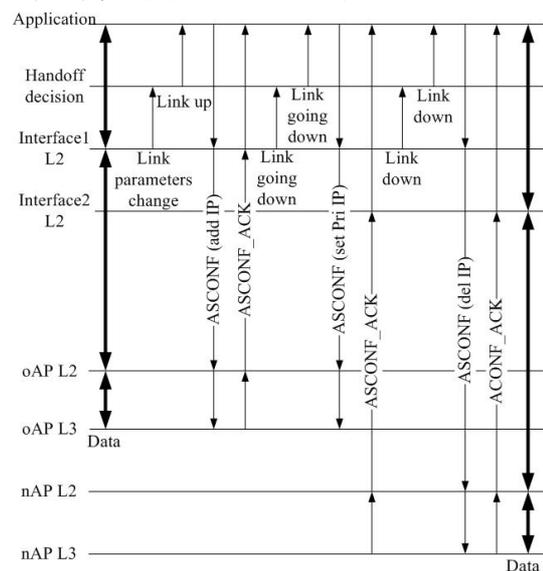


圖 8 · Handoff procedure

本系統在換手開始之前，已將 Interface2 啟動連上 AP，並取得 IP Address。換手的流程如圖 8 所示，當 MIH 測得信號強度減弱至設定的臨界值，向 Handoff Decision (網路選擇元件；HD) 模組發出 Link Parameter Change 之事件。HD 收到此事件時，便傳送 Link Up 給應用程式，通知

應用層呼叫 SCTP ASCONF(add IP)函式，將新 IP 位址加入 Association 中。當原本 AP 的信號下降至預期斷訊前一秒時，MIH 會再發出 Link going down 事件給應用程式。此時代表原有路徑隨時會中斷，應用層便呼叫 ASCONF(set primary IP)設定新的介面路徑為主要路徑，並透過此一路徑收送資料。最後，在 Link 層連線正式中斷，MIH 會發出 Link Down 之事件，應用程式便再呼叫 ASCONF(del IP)訊息移除原有 IP 位址，告知對方此一連線已無法使用。

5. 實驗與討論

5.1. 測試環境

我們的實驗主要是要測試此 SCTP-based VoIP 軟體的 handoff delay 以及 Success Responce Time (SRT)。實驗環境如圖 9 所示，此網路包含了兩個 LANs、一個 WAN 以及 802.11b/g APs，由一台 NB 扮演移動性的使用者以及兩台桌上型 PC 扮演固定地點使用者，一台 SIP server 以及一台 AAA server 連上網路扮演使用者資訊管理者。本論文測試的電腦設備如表 2 所示。

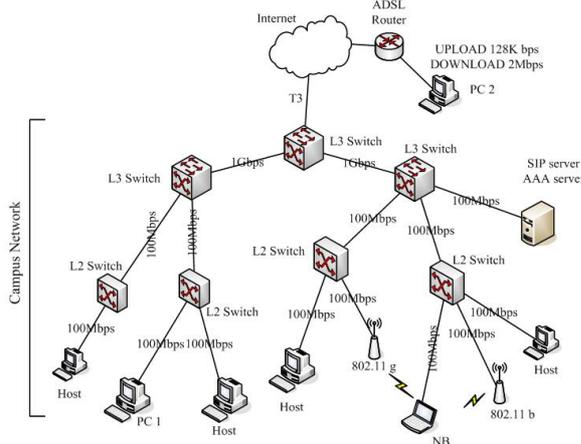


圖 9. 測試環境圖

5.2. 測試項目

本實驗的測試項目共分為二大類：語音封包的 SRT 與 Handoff delay。語音封包之 SRT 是指本地端 SCTP 層向目的端送出封包開始計時，直到成功收到目的端之回應為止。Handoff delay 是從舊的 Interface(old IP)收到的最後一個封包，切換至新的 Interface(new IP)後，收到的第一個封包之間所需要的時間。

以下列出詳細的測試項目：

- 在 WAN 環境下以 SCTP 部份可靠模式以不同 Packet life time 做傳輸的 Success Responce Time、Forward 封包數量以及封包重送次數
- 在 Campus Network 以及 WAN 環境下以不同合併方法的語音封包之 Success Responce

表 2. 測試設備

桌上型電腦 PC 1	
CPU	AMD Athlon(tm) 700MHz
Memory	128MB
NIC	Realtec(RTL-8139/8139c/8139c+)
桌上型電腦 PC 2	
CPU	AMD Athlon (tm)700MHz
Memory	256MB
NIC	Realtec(RTL-8139/8139c/8139c+)
筆記型電腦 NB	
CPU	Intel(R) Pentium(R)M 1.5GHz CPU
Memory	760MB
Wireless NIC	Intel (PRO/Wireless Lan2100 3B Mini PCI Adapter) (onboard)
	Corega (WLCB-54GT) (PC card)
	3com (3CRWE154G72) (PC card)
Wire NIC	Broadcom (NetXtreme BCM5788 Gigabit Ethernet) (onboard / eth1)
	Abcom Systems Inc(21x4xDEC-Tulip comptible 10/100) (PC card / eth2)

Time

- Application combine data chunk
 - No combination
 - SCTP combine data chunk
- C. 不同網路環境之間的換手延遲
- 802.11b / 802.11g
 - 802.11b / 802.11b
 - 802.11b / Ethernet

第一項測量中，VoIP 軟體以多執行續進行收、播、錄、送四項語音工作，不包含語音資料的處理(GSM 6.10 Codec 編碼)。傳送封包的 chunk 大小同一般語音封包為 33bytes，傳送速率根據 Brady 的 VBR 模型[55]，ON-OFF 時間為指數分佈，平均值為 1 與 1.5 秒。VoIP 軟體的 Success Responce Time 數據，取用約一萬個語音封包（通話時間約十五分鐘）之平均延遲時間。

SCTP 支援 Nagle-like 演算法[7][50]。在第二項實驗中，測試語音封包之 Success Responce Time 時，有分為封包不合併、應用程式合併封包（四組語音資料併為一個封包）以及 SCTP 合併資料塊三種方法的比較。

第三項是測量使用 SCTP 進行換手時，所造成封包傳送之延遲時間。由於在不同網路狀況以及使用的設備不同的情況下，換手所會造成的影響也會不同。因此實驗又分為從有線網路切換到有線網路，與有線網路切換到無線網路。並切換不同的網路卡裝置。

5.3. 測試結果

在 WAN 的環境下，因為傳輸經過的節點數目較多(8 個)，以及頻寬較小(ADSL 2M/128k bps)，所以平均傳輸延遲較大，以 partial reliable mode 傳送的 SRT 約為 60ms。若 Packet Life Time 夠長，在 timeout 之前傳送端收到四

次 ACK 通知未收到某個封包，此時即認為此封包遺失並重新傳送。Packet Lift Time 越小 SCTP 判斷封包遺失而發送 Forward 封包可能性越大。

表 3· 語音封包以不同 Packet Lift Time 傳送之 Success Response Time、Forward 封包數量以及封包重送次數

PLT	Sender	FOR	reT	SRT
400	ADSL	0	13	0.058769 ms
	Tanet	0	0	0.061019 ms
300	ADSL	11	0	0.059196 ms
	Tanet	1	0	0.059816 ms
200	ADSL	13	0	0.058961 ms
	Tanet	6	0	0.059583 ms
100	ADSL	9	0	0.058977 ms
	Tanet	4	0	0.058825 ms
60	ADSL	13	0	0.058616 ms
	Tanet	1	0	0.058474 ms

*PLT for Packet Life Time

*FOR for number of Forward packet

*reT for number of retransmission

*SRT for Success Response Time

WAN 環境下語音封包之 Success Response Time、Forward 封包數量以及封包重送數量如表 3 所示。No combination (N) 模式及 Application combine (A)，傳輸延遲較 SCTP combine (S) 模式小。由於透過 SCTP 的封包合併，封包會存在 SCTP 的佇列中(queue)等待合併，而產生較大的延遲，以不同封包合併方式傳送語音封包的 SRT 如表 4 所示。

表 4· 使用不同合併方法傳送語音封包之 Success Response Time

Combine Method	SRT
Campus network	
Application combination	4.60 ms
SCTP combination	18.37 ms
No combination	4.02 ms
WAN	
Application combination	61.09 ms
SCTP combination	78.55 ms
No combination	55.36 ms

在換手部份，經由多次的實驗，發現使用不同網路裝置在三種不同網路之間做換手，對於換手延遲並不會有太大的影響，但是換手到速度較慢的網路(802.11b)時封包遺失率較高。更重要的是以 SCTP 做換手並不會影響通話的品質。在 Linux 預設的網路卡驅動程式環境中，在不同的網路設備組合下，最佳的換手延遲大約限制在 90 ms，如

表 5 所示。

在封包遺失率較大的無線網路上，即使 SCTP 已使用 SACK，封包重傳及等待重傳的時間，仍然

會對傳輸速率造成影響。另一方面 SCTP 的負擔(Overhead)較高，包括 SCTP 本身封包表頭(Header)較大、功能複雜而造成多餘的處理間。

表 5· 換手延遲實驗結果

Local Network	Target Network	Handoff Delay
Handoff Delay		
802.11 b	802.11 g	84.8 ms
802.11 g	802.11 b	174.0 ms
802.11 b	802.11 b	178.0 ms
Ethernet	802.11 b	92.6 ms
802.11 b	Ethernet	79.0 ms

*802.11g to 802.11b 以及 802.11b to 802.11b 在換手時都遺失一個封包

6. 結論與未來工作

一般校園內，無線區域網路佈建完善，使得接收到的無線訊號夠穩定，且其所提供的頻寬也足夠。本研究目的在設計一個 VoIP 通話系統，在校園網路中能維持通話品質，並能順利的在各種接取網路中換手運作。本通話系統使用 SCTP 以及 IEEE 802.21 通訊協定。SCTP 主要解決資料傳輸時，切換存取網路所造成的 Session 變動問題。運用 Multi-homing 以及動態位址變更，可達到不中斷通訊而切換存取 AP。在通訊協定之間的溝通，利用 IEEE 802.21 的事件觸發，透過 MIH 取得下層網路資訊，交給上層換手決策單元評估。換手決策單元由演算法與換手策略評估，決定換手時機。

本論文完成 SCTP 無礙換手的 MIH 協定程序設計，並實作部份系統於 802.11b 和 802.3 乙太網路構成的校園網路中測試。

由於 SCTP 與 802.21 發展尚未完成，仍有許多地方需要探討與改進，例如 802.21 中對 SCTP 的換手訊號，仍未定義到其通訊協定欄位中。本研究團隊未來的研究工作，將著重在搭配 802.21 之換手決策演算法的改進，使異質性網路之間的順暢切換，通話品質能夠提升。在系統實測部份，考慮通話一方不是在 WLAN 中，未來將增加其他的接取網路如 GSM/GPRS、UMTS/GPRS 等的測試。

參考文獻

- [1]. R. Stewart et al., "Stream Control Transmission Protocol", *IETF RFC 2960*, Oct. 2000
- [2]. J. Stone, R. Stewart and D. Otis, "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Checksum Change", *IETF RFC 3309*, Sept. 2002
- [3]. R. Stewart et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Partial Reliability Extension", *IETF RFC 3758*, May 2004
- [4]. R. Stewart et al., "Stream Control Transmission Protocol (SCTP) Dynamic Address

- Reconfiguration”, *IETF Internet-Draft, draft-ietf-tsvwg-addip-sctp-12.txt*, June. 2005
- [5]. S. J. Koh and Q. Xie, “Mobile SCTP (mSCTP) for Internet Mobility”, *IETF Internet Draft, draft-sjkoh-msctp-01.txt*, Mar. 2005
- [6]. I. Aydin, W. Seok, and C.-C. Shen, “Cellular SCTP: A Transport-Layer Approach to Internet Mobility”, in *Proc. of Intl. Conf. on Computer Communications and Networks, 2003. (ICCCN 2003)*, pp. 285-290, Oct. 2003
- [7]. R. Stewart et al, “Sockets API Extensions for Stream Control Transmission Protocol (SCTP)”, *IETF Internet Draft, draft-ietf-tsvwg-sctpsocket-11.txt*, Sept. 2005
- [8]. S. J. Koh, M. J. Chang, M. Lee, “mSCTP for soft handover in transport layer”, *IEEE Commun. Letters*, vol. 8, no. 3, Mar. 2004
- [9]. F. L. Ma et al., “A new method to support UMTS/WLAN vertical handover using SCTP”, *IEEE Wireless Comm.*, Vol. 11, No. 4, pp. 44-51, Aug. 2004
- [10]. A. Peddemors, H. Zandbelt, and M. Bargh, “A mechanism for host mobility management supporting application awareness”, in *Proc. ACM MobiSys '04*, pp. 231-244, 2004
- [11]. P. Bhagwat, C. Perkins, and S. Tripathi, “Network layer mobility: an architecture and survey”, *IEEE Personal Comm.*, Vol. 3, No. 3, pp. 54-64, June 1996
- [12]. C. E. Perkins, “Mobile IP”, *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 35, No. 5, pp. 84-99, May 1997
- [13]. C. E. Perkins, “Mobile IP joins forces with AAA”, *IEEE Personal Comm.*, Vol. 7, No. 4, pp. 59-61, Aug. 2000
- [14]. C. Perkins, “IP Mobility Support for IPv4”, *IETF RFC 3344*, August 2002
- [15]. C. E. Perkins, “Mobile IP”, *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 40, No. 5, pp. 66-82, May. 2002
- [16]. I. F. Akyildiz, J. Xie, and S. Mohanty, “A survey of mobility management in next-generation all-IP-based wireless systems”, *IEEE Wireless Comm.*, Vol. 11, No. 4, pp. 16-28, Aug. 2004
- [17]. W. Ma and Y. Fang, “Dynamic hierarchical mobility management strategy for mobile IP networks”, *IEEE J. Sel. Areas in Comm.*, Vol. 22, No. 4, pp. 664-676, May 2004
- [18]. D. Saha et. al, “Mobility support in IP: a survey of related protocols”, *IEEE Network*, Vol. 18, No. 6, pp. 34-40, Nov.-Dec. 2004
- [19]. A.-E.M. Taha, H. S. Hassanein, and H. T. Mouftah, “Extensions for Internet QoS paradigms to mobile IP: a survey”, *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 43, No. 5, pp. 132-139, May 2005
- [20]. N. Shenoy, R. Montalvo, “A framework for seamless roaming across cellular and wireless local area networks”, *IEEE Wireless Comm.*, Vol. 12, No. 3, pp. 50-57, June 2005
- [21]. D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, “Mobility IPv6”, *IETF RFC 3775*, June 2004
- [22]. H. Soliman et al., “Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HNIPv6)”, *RFC 4140*, August 2005
- [23]. A. Grilo, P. Estrela, and M. Nunes, “terminal independent mobility for IP (TIMIP)”, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 39, no. 12, pp.34-41, Dec 2001
- [24]. A. T. Campbell et al., “Comparison of IP Micromobility Protocols”, *IEEE Commun.*, vol. 9, no. 1, pp.72-82, Feb. 2002
- [25]. R. Ramjee et al., “HAWAII: a domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks”, *IEEE/ACM Trans. Netw.*, vol. 10, no. 3, pp. 396-410, June 2002
- [26]. S. Das, A. Misra, and P. Agrawal, “TeleMIP: telecommunications enhanced mobile IP architecture for fast intradomain mobility,” *IEEE Pers. Commun.*, vol. 7, no. 4, pp. 50–58, Aug. 2002
- [27]. A. T. Campbell et al., “Design, implementation, and evaluation of cellular IP”, *IEEE Pers. Commun.*, vol. 7, no. 4, pp. 42–49, Aug. 2002
- [28]. H. C. Chao and C. Y. Huang, “Micro-mobility mechanism for smooth handoffs in an integrated ad-hoc and cellular IPv6 network under highspeed movement,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 52, no. 6, pp. 1576–1593, Nov. 2003
- [29]. S. Sharma, N. Zhu; T. C. Chiueh, “Low-latency mobile IP handoff for infrastructure-mode wireless LANs,” *IEEE J. Sel. Areas in Commun.*, vol. 22, no. 4, pp. 643–652, May 2004
- [30]. K. E. Malki, “Low Latency Handoffs in Mobile IPv4”, *IETF Internet Draft, draft-ietf-mobileip-lowlatency-handoffs-v4-11.txt*, Oct. 2005
- [31]. H. Fathi, R. Prasad, and S. Chakraborty, “Mobility management for VoIP in 3G systems: evaluation of low-latency handoff schemes,” *IEEE Wireless Commun.*, vol. 12, no. 2, pp. 96–104, Apr. 2005
- [32]. R. Moskowitz and P. Nikander, “Host Identity Protocol Architecture,” *IETF Internet Draft, draft-ietf-hip-arch-03*, Aug. 2005
- [33]. R. Moskowitz, P. Nikander, and T. Henderson, “Host Identity Protocol,” *IETF Internet Draft, draft-ietf-hip-base-03*, June 2005
- [34]. S. Schutz, et al., “Protocol enhancements for intermittently connected hosts,” *ACM SIGCOMM Comput. Commun. Review*, vol. 35, no. 3, pp. 5–18, July 2005
- [35]. T. T. Kwon, M. Gerla, and S. Das, “Mobility management for VoIP service: Mobile IP vs. SIP”, *IEEE Wireless Comm.*, Vol. 9, No. 5, pp. 66-75, Oct. 2002
- [36]. J. Rosenberg et al, “Best Current Practices for Third Party Call Control (3pcc) in the Session Initiation Protocol (SIP)”, *IETF RFC 3725*, April 2004
- [37]. H. Schulzrinne and J. Rosenberg, “The Session Initiation Protocol: Internet-centric signaling”, *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 38, No. 10, pp. 134-141, Oct. 2000
- [38]. H. Schulzrinne and E. Wedlund, “Application-Layer Mobility Using SIP”, *ACM Mobile*

- Computing and Commun. Review*, Vol. 1, No. 2, pp. 1-9, 2001
- [39]. G. Camarillo, R. Kantola, and H. Schulzrinne, "Evaluation of transport protocols for the session initiation protocol", *IEEE Network*, Vol. 17, No. 5, pp. 40-46, Sept.-Oct. 2003
- [40]. N. Banerjee, "Analysis of SIP-based mobility management in 4G wireless networks", *Comput. Commun.*, vol. 27, no. 8, pp. 697-707, May 2004.
- [41]. W. Wu et al., "SIP-based vertical handoff between WWANs and WLANs", *IEEE Wireless Comm.*, Vol. 12, No. 3, pp. 66-72, June 2005
- [42]. J. Rosenberg, H. Schulzrinne, and G. Camarillo, "The Stream Control Transmission Protocol (SCTP) as a Transport for the Session Initiation Protocol (SIP)", *IETF RFC 4168*, Oct 2005
- [43]. J. Loughney and G. Camarillo, "Authentication, Authorization, and Accounting Requirements for the Session Initiation Protocol (SIP)", *IETF RFC 3702*, Feb. 2004
- [44]. S. M. Faccin, P. Lalwaney, and B. Patil, "IP multimedia services: analysis of mobile IP and SIP interactions in 3G networks", *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 42, No. 1, pp. 113-120, Jan. 2004
- [45]. IEEE 802.21 Working Group, "Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services", *IEEE P802.21/D00.01*, http://www.ieee802.org/21/july05_meeting_doc s/P802-21-D00-01.pdf, July 2005
- [46]. M. G. Williams, "Directions in Media Independent Handover," *IEICE Trans. Fundamentals.*, vol.E88-A, no. 7, pp.1772-1776, July 2005
- [47]. L. Dimopoulou, G. Leoleis, I. O. Venieris, "Fast handover support in a WLAN environment: challenges and perspectives", *IEEE Network*, vol. 19, no. 3, pp. 14-20, May-June 2005
- [48]. N. Montavont and T. Noel, "Seamless Handover Optimization Based on L2 Triggers Information," *J. Internet Technol. (JIT)*, vol. 6, no. 3, 2005
- [49]. A. Pelinescu et al., "SIP Express Router (SER)", <http://www.iptel.org/ser/>
- [50]. J. Nagle, "Congestion Control in IP/TCP Internetworks", *IETF RFC 896*, Jan. 1984
- [51]. The 3rd Generation Partnership Project (3GPP), <http://www.3gpp.org/>
- [52]. The Third Generation Partnership Project 2 (3GPP2), <http://www.3gpp2.org/>
- [53]. FreeRADIUS Server Project, <http://www.freeradius.org/>
- [54]. H. Schulzrinne et al., "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," *IETF RFC 1889*, Jan. 1996
- [55]. P. Brady, "A Model for Generating On-Off Speech Patterns in Two-Way Conversation", *Bell Syst. Tech. J.*, Vol. 48, No. 7, pp. 2245-2272, Sept. 1969.