

Functional Experiments for SIP-VoIP on IPv6-based TWAREN

許蒼嶺 廖仁宏 邱仁鴻

電機工程學系

國立中山大學

sheu@ee.nsysu.edu.tw

摘要

我們在 TWAREN 的網路上針對 IPv6-SIP-VoIP 進行連線測試與效能量測。在中山大學校園網路的測試中，我們分別使用 IPv6 Address 以及 6to4 IPv6 Tunnel Address 的方式來進行實驗，由實驗結果我們得知使用 IPv6 Address 進行 SIP 連線所得到的大部份影音封包的 Jitter 較小，並且在實驗中接收到良好的影音效果。接著，我們直接使用 IPv6 Address 與成功大學透過兩校內的 CISCO 7609 路由器進行跨校 SIP 連線測試，由實驗結果我們發現雖然已使用 IPv6 Address 連線，但大部份影音封包的 Jitter 仍然不佳，但若將語音封包的 Jitter 值設定為 50ms 以及影像封包的 Jitter 值設定為 100ms 時，可接收到與中山校園網路測試時相近的 Packet Drop Ratio。

關鍵詞： TWAREN、IPv6、VoIP、SIP、Jitter、Packet Drop Ratio。

1. 前言

TWAREN (Taiwan Advanced Research & Education Networks) 為配合「六年國家發展計畫」，其中「國際創新研發基地計畫」之「全球學術網路—亞太中樞計畫」一環。目的主要為建置國際高標準、高品質之國家寬頻學術研究光纖網路，以作為學研界各種應用之網路平台；對內加速台灣國內知識交流，對外成為亞太教育與研發的資訊連結中心，提升台灣對歐美與亞太地區國際科技合作能量，加重台灣對全球高科技的影響力。在此我們針對 TWAREN 網路上的 IPv6-SIP-VoIP 網路進行測試，就其 SIP 連線功能進行實驗與效能量測，我們先以中山大學的校園為範圍，再進一步透過 TWAREN 骨幹網路的核心路由器，與成功大學的校園連線，我們觀察 VoIP 在使用 SIP-IPV6 的 Proxy 伺服器後，在 TWAREN 網路上產生的封包遺失率是否受到不同大小的 Delay 與 Jitter 運作影響，這些量測數據可以提供日後 TWAREN 網路實際運作之參考。

本論文分為五個章節，第一章是前言。第二章是 IPv6-SIP-VoIP 的相關背景。第三章是測試架構與步驟，第四章則是實驗結果與分析。最後第五章為我們的結論。

本篇論文是由「我國 IPv6 建置發展計畫基礎建設分項計畫—子計畫四：校園網路 IPv6-SIP-VoIP 之建置與推廣計畫（計畫編號：94C081）」所補助完成。

2. IPv6-SIP-VoIP 的相關背景說明

以下我們分別針對 IPv6、SIP、VoIP 作介紹與說明。

2.1 IPv6 簡介

IPv6 (Internet Protocol version 6) [1]是由 IETF 於 2001 年所提出的網際網路協定第六版，IPv6 可提供大量的 IP 地址，與 Internet 相聯的每台電腦均被賦予一個 IP 地址。因為 IPv4 僅能支持有限數量的 IP 地址，所以始終存在著某一天 Internet 電腦用戶數量有可能超過可用的 IP 地址數量這樣的憂慮，IPv6 因擁有大量的 IP 地址保留指令，所以上述憂慮不復存在。IPv6 許多其它的性能也作了新的改進，這其中包括安全性的提高、提供更好的 QoS 支援、有效率、具有階層結構的位址設定和路由基礎結構。目前大部分的網路仍然是 IPv4 網路，如果有兩個 IPv6 網路要互通，可能需要經過 IPv4 網路的连接，因此就需要使用 Tunnel 的技術。Tunnel 可分為三種方式：Automatic Tunneling[2]、Configured Tunneling[2]、6to4 Tunneling[3]。

2.2 SIP 簡介

SIP (Session Initiation Protocol)[4] 是一種應用層的網際網路多媒體通訊協定，可用於建立多方多媒體通訊(Multiparty Multimedia Communications)系統。近來 SIP 在網際網路電信(Internet Telephony)方面的應用也逐漸受到注意與討論。SIP 是使用一個類似於 Http Request/Response 的傳輸模式來建立連線，連線方式有兩種，一種為 SIP 的應用程式 (User Agent)透過 SIP Proxy 來代替使用者尋找對應的連線端並建立連線，另一種為 User Agent 直接使用 SIP 所定義的 URI(Uniform Resource Identifier)來建立 Peer to Peer 連線，如圖 2-1 所示。



圖 2-1 SIP Session 建立方式示意圖

其中 User Agent 可與 SIP Proxy 註冊一個使用者代碼(Alias Number)，而當要建立連線時，連線端可直接呼叫此號碼，再由 SIP Proxy 代為找尋使用者的網路位址，透過 Proxy 連線建立過程如圖 2-2 所示，圖中 Alice 想要建立一條與 Bob 的多媒體連線，首先 Alice 必須送出 SIP INVITE 給 Bob，而 Alice 的 SIP Proxy 收到 SIP INVITE 訊息後，會找尋 Bob 的註冊位址並且回應 100 Trying 給 Alice，告知 INVITE 訊息的成功接收，而當 Bob 的 SIP Proxy 收到給 Bob 的 SIP INVITE 訊息後，會找尋 Bob 的網路位置，並將 INVITE 訊息轉送給 Bob，同時回應 Trying 100，而當 Bob 收到 INVITE 訊息後，SIP Phone 會響起鈴聲並回應 180 Ringing 訊息給 Alice，而 Bob 接受連線後，會回應 200 OK 給 Alice 完成 SIP Session 的建立，當 Bob 想要結束 SIP Session 時會送出 BYE 訊息給 Alice，同時 Alice 將會回應 200 OK 代表正確收到 BYE 訊息並且結束 SIP Session。

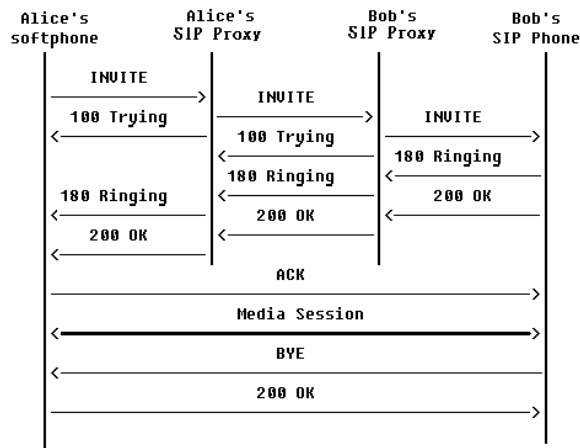


圖 2-2 透過 SIP Proxy 建立 SIP Session

如圖 2-3 所示，Alice 不透過 SIP Proxy 而直接送出 INVITE 訊息給 Bob，而 Bob 也直接傳送相對應的訊息給 Alice。

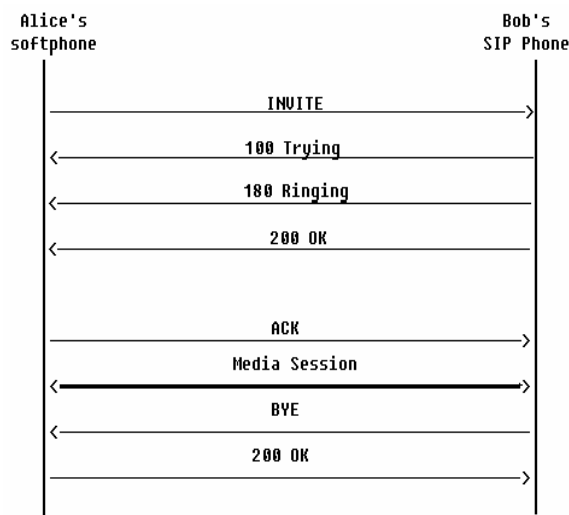


圖 2-3 直接建立 SIP Session

2.3 VoIP 簡介

VoIP(Voice over IP)網路電話，是將語音訊號壓縮成數據資料封包後，在 IP 網路基礎上傳送的語音服務，不使用傳統 PSTN(Public Switched Telephone Network)的電路交換式線路，如果一來可大量節省通話的費用，而為了要有更好的 VoIP 品質，則需要減少封包在網路上的延遲(Delay)和抖動(Jitter)。

3. 測試架構與步驟

我們針對 IPv6-SIP-VoIP 在 TWAREN 網路上的測試，設計了三種架構，分別說明如下。

3.1 SIP 經由 CISCO 7609

本測試架構目的在於測試 IPv6 的 6to4 address 是否可以與 IPv4 相容，並檢驗在中山大學校園中 IPv6 是否已經可以正常運作，圖 3-1 是此項測試的架構圖。

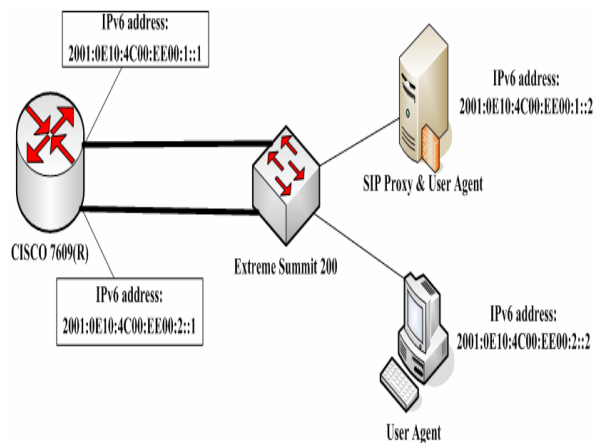


圖 3-1 SIP 經由 CISCO 7609 測試架構圖

如圖 3-1 所示我們先在中山大學校園網路中，使用 6to4 的 IPv6 address 測試兩個 User Agents 可成功經由 SIP Proxy 註冊後，使用 PCA Softphone[5] 來進行視訊與語音連線。接著，我們將 SIP Proxy 與 User Agents 的 IP 皆改為中山大學所分配到的 IPv6 address，並連接到 Extreme Summit 200 的 Switch 上，再測試在單純的 IPv6 環境下，SIP Proxy 與 User Agents 之間可正常的連線註冊，以及 User Agents 之間也可正常影音連線。最後，我們將 Extreme Summit 200 的兩個 uplink port 接上 CISCO 7609(R)，並利用 Extreme Summit 200 將兩個 User Agents 設置在不同的 subnet，讓 User Agents 透過 7609(R)來作 SIP 的連線。

3.2 SIP 經由中山校園的骨幹路由器

本測試架構的目的在於使用舊有的 IPv4 的架構上使用 6to4 的 IPv6 Tunnel Address 的方式，與完全使用 IPv6 Address 的不同架構上，進行 SIP 的連線測試，並量測相關數據作為觀察依據，圖 3-2 與圖 3-3 是本項測試的架構圖。

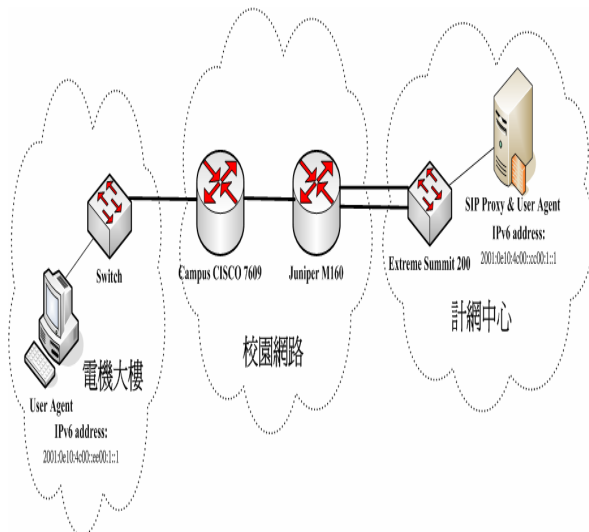


圖 3-2 中山校園測試架構圖(使用 6to4 Address)

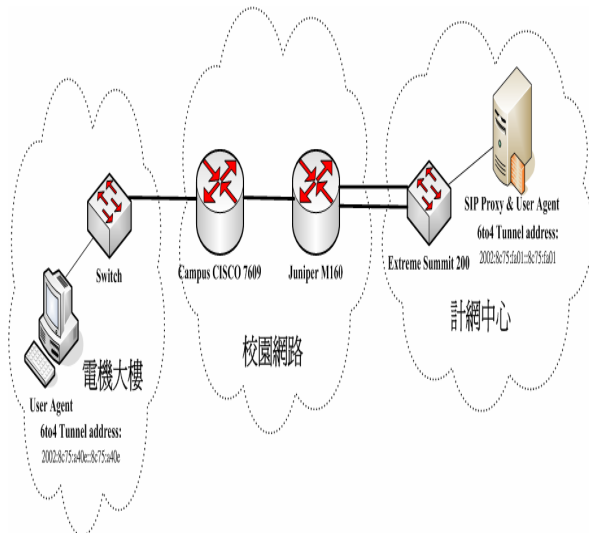


圖 3-3 校園測試架構圖(使用 IPv6 Address)

在圖 3-2 中，我們將 SIP Proxy & User Agent 透過 Extreme Summit 200 連結至中山大學校園骨幹核心路由器 Juniper M160，並透過 M160 與中山校園另一個骨幹路由器 Campus CISCO 7609 連接。我們放置一 User Agent 於連接 Campus CISCO 7609 的電機大樓網際網路實驗室中，再透過 IPv6 的 6to4 Tunnel 方式與位於計網中心的 Extreme Summit 200 下的 SIP Proxy & User Agent 來作 SIP 的連線測試，並量測數據。

在圖 3-3 中，此時我們將計網中心下的 SIP Proxy & User Agent 與電機大樓下的 User Agent 設定為 IPv6 Address 並完成骨幹路由器 Juniper M160 & Campus CISCO 7609 上的 IPv6 路由設定，並進行測試與量測數據。

3.3 SIP 經由 TWAREN 網路(跨校區)

本測試的目的在於藉由之前中山校園內部測試經驗，測試與成功大學計網中心的 SIP 設備連線。圖 3-4 是本項測試的架構圖。

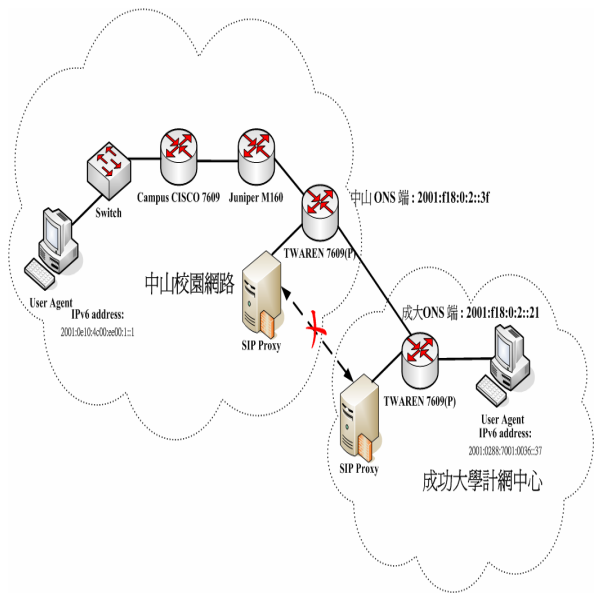


圖 3-4 兩校測試架構圖

在圖 3-4 中，我們將 User Agent 放置於中山大學校園內電機大樓並透過 switch 連接至中山大學骨幹路由器 Campus CISCO 7609，並且透過 Campus CISCO 7609 與中山校大學園核心骨幹路由器 Juniper M160 連接，再連結至中山大學校園內國網中心的 CISCO 7609 (Production)，再透過 ONS 上所切割出的 Optical Network 路徑，連結至位於成功大學計網中心的 TWAREN 7609 以及其下的 SIP User Agent 設備。

此次測試均使用包含 IPv6 Address 的 SIP URI : sip:200@[2001:288:7001:36::37]:5060 直接連線進行測試並量測數據。我們可由以下路由看出此次測試路徑：

```
C:\>tracert 2001:288:7001:36::37
Tracing route to 2001:288:7001:36::37 over a
maximum of 30 hops
 1 * * * Request timed out.
 2 <1ms <1 ms <1 ms 2001:e10:4c00:ffff:140:117:251:254
 3 4 ms 4 ms 4 ms 2001:f18:0:2::3f
 4 8 ms 7 ms 7 ms 2001:f18:0:2::21
 5 7 ms 7 ms 7 ms 2001:288:7001:36::37
Trace complete.
```

第一個路由器為 Campus 7609，因為沒有開啟 ICMPv6 的回應功能所以無法回應 tracert，而第二個 IP 位址為 2001:e10:4c00:ffff:140:117:251:254 是中山校園骨幹路由器 M160，第三個為 TWAREN 7609(P) 上 ONS 的 IP 位址 2001:f18:0:2::3f，第四個為成大 TWAREN 7609(P) 上 ONS 的 IP 位址 2001:f18:0:2::21，第五個為成大 User Agent 的 IP 位址 2001:288:7001:36::37。

4. 實驗結果與分析

我們使用 SIPv6 Analyzer[6]來量測第三節的測試架構，並且將所得到的數據做分析與討論。

4.1 SIPv6 Analyzer 介紹

SIPv6 Analyzer 為交通大學資訊工程系 PCS 實驗室所發展的 SIP 分析軟體，包含主要功能有：Packet Viewer、SIP Viewer、RTP Spy、Statistic。此工具可分析 User Agent 端接收到的 SIP 以及 RTP 封包，並且由這些 Offline 封包運算出 VoIP traffic 在固定的 Jitter 值下的 Packet Drop 值。使用介面如圖 4-1 所示。

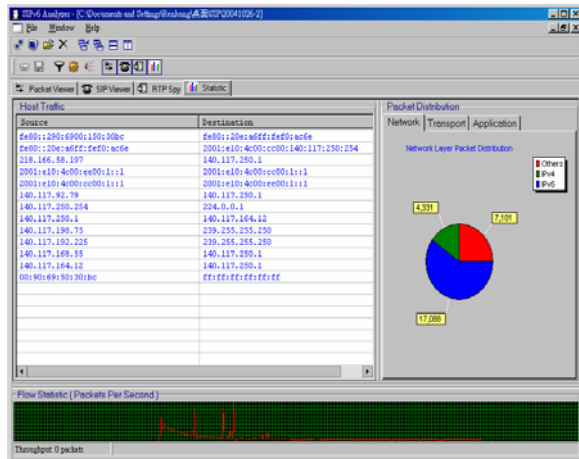


圖 4-1 SIPv6 Analyzer

4.2 SIP 經由 CISCO 7609

在測試架構圖 3-1 中，我們經過測試後，確認 SIP 設備與 TWAREN 骨幹路由器 CISCO 7609 間的 IPv6、SIP 的連線設定已可正常運作。

4.2 SIP 經由中山校園骨幹路由器

我們比較使用 6to4 Address(如圖 3-2 所示)與使用 IPv6 Address(如圖 3-3 所示)的不同測試架構下，封包丟棄比率(Packet Drop Rate)的差異。在 SIPv6 Analyzer 中，我們設定固定的 Jitter 值，若不滿足此 Jitter 的 Packets，即被丟棄。

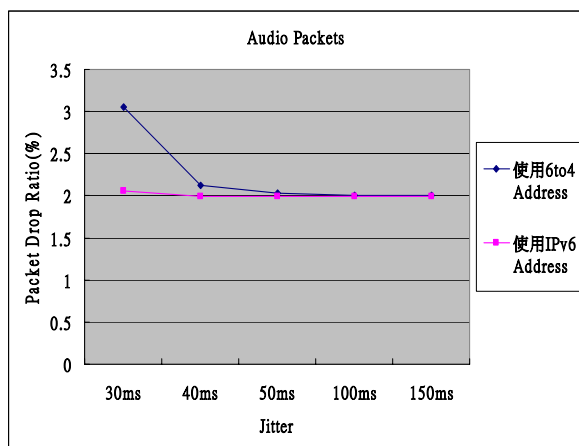


圖 4-2 不同 Voice Jitter 下的 Packet Drop Ratio

從圖 4-2 中的數據，我們可看出 Voice Packets 的 Jitter 在使用 6to4 Address 時，封包丟棄比率

在 Jitter 設定為 40ms 時，會降至 2.1%；而在使用 IPv6 Address 時，因 Packet 不需再經由 6to4 Address 的方式傳送，封包丟棄比率在 Jitter 設定為 30ms 時，可降到 2.0%。

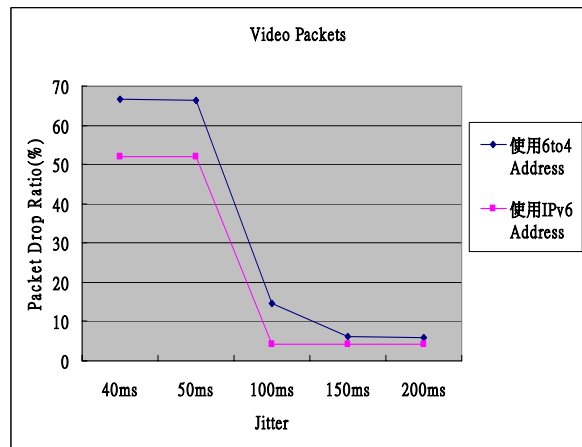


圖 4-3 不同 Video Jitter 下的 Packet Drop Ratio

從圖 4-3 中的數據，我們可看出 Video Packets 在使用 6to4 Address 時，在 Jitter 設定為 50ms 封包丟棄比率仍有 70%，直到 Jitter 設定為 150ms 時，封包丟棄比率才降至 6%，而在使用 IPv6 Address 時，在 Jitter 設定為 100ms 時，封包丟棄比率可降至 4%。

依據我們所獲得的數據，使用 6to4 Address 雖可讓 IPv6 相容於 IPv4 的環境下，但是卻比使用 IPv6 Address 產生較大的延遲。

4.2 SIP 經由 TWAREN 網路(跨校區)

在圖 3-4 的跨校測試架構中，中山大學的 SIP Proxy 無法與成功大學的 SIP Proxy 進行連線交換資料，所以我們使用 peer to peer 的方式進行與成功大學間 SIP 的連線，由以下圖 4-4 的 SIP Session 建立流程圖可看出與中山大學端的 User Agent 與成功大學端的 User Agent 成功連線

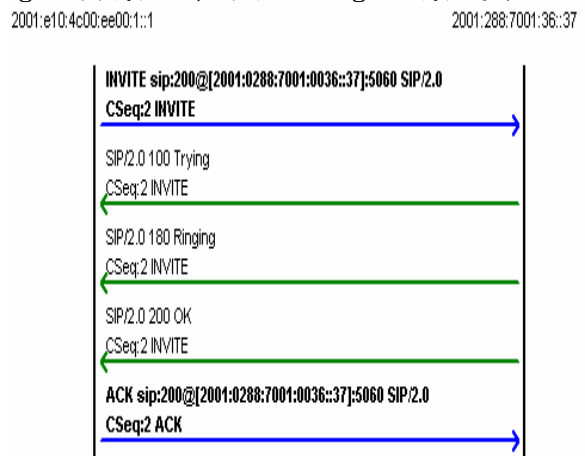


圖 4-4 跨校測試建立 SIP Session 的流程

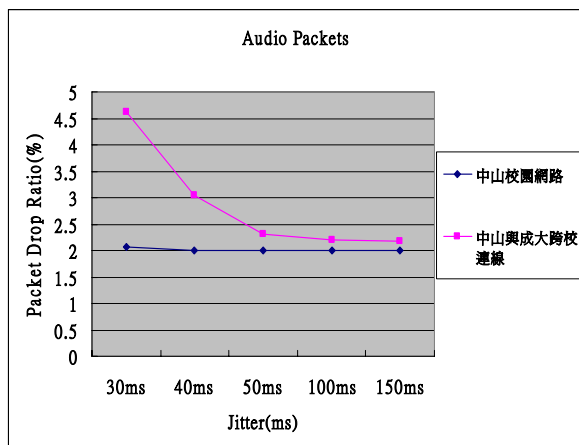


圖 4-5 跨校連線時的 Voice Packets 的 Drop Ratio 比較

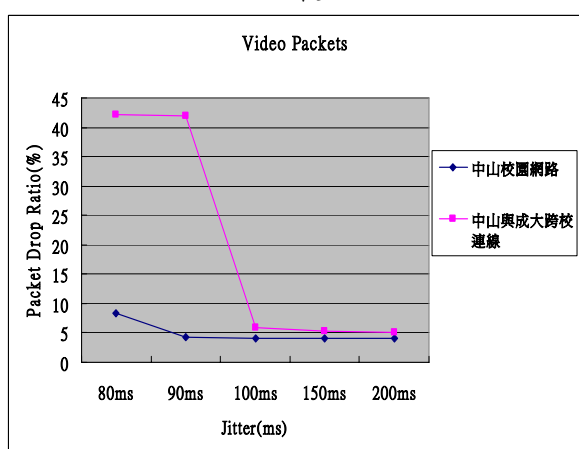


圖 4-6 跨校連線時的 Video Packets Drop Ratio 比較

在圖 4-5 與圖 4-6 中，我們統計了與成功大學跨校連線時的測試數據，並且與中山校園測試架構（如圖 3-3）的數據作比較。顯示在跨校測試時，無論 Voice 或 Video 的封包丟棄比率，都較中山大學校園網路測試時高，很顯然是因為跨校測試時經過比較多路由器造成較多的延遲。尤其跨校連線的 Video Packet 在設定 Jitter 為 80ms 時，已經有超過 42% 的封包丟棄率，且實際接收到的影音品質非常不好，幾乎無法正確辨別影像與聲音。

5. 結論

我們測試了 TWAREN CISCO Router7609(P)，SIP User Agent 與 SIP Proxy 可成功連線，接著我們測試經過了中山校園網路內的多個骨幹路由器的 SIP 連線測試，在 6to4 IPv6 Tunnel Address 以及 IPv6 Address 下均可正常運作，並且可得知透過 6to4 IPv6 Tunnel Address 雖然可使 IPv6 與 IPv4 網路相容，但語音封包在 Jitter 設定為 30ms 時，運算所得的 Packet Drop Ratio 比單純使用 IPv6 Address 時高了 1%，而

影像封包在 Jitter 為 100ms 時，比單純使用 IPv6 Address 時高了 10%，最後我們與成功大學進行跨校連線測試，並且與 SIP 經由中山校園骨幹路由器的實驗結果做比較，在同樣單純使用 IPv6 Address 的環境下，語音封包在 Jitter 設定為 30ms 時，Packet Drop Ratio 在跨校連線測試的結果比中山校園網路測試多了 2%，而在 Jitter 設定為 50ms 時，兩者的 Packet Drop Ratio 差距可降為 0.4%，而影像封包在 Jitter 設定為 80ms 時，Packet Drop Ratio 在跨校連線測試的結果比中山校園網路測試多了 34%，而在 Jitter 設定為 100ms 時，兩者的 Packet Drop Ratio 差距可降為 2%。

由測試結果我們可以發現，雖然在中山校園骨幹路由器上進行測試時，影音品質尚為良好，但在跨校測試時，影音訊號幾乎無法辨識，但我們在 TWAREN CISCO 7609(P) 上的介面上並無發現封包丟棄的記錄，所以我們推測封包延遲是發生在與成大之間的 TWAREN 網路連線，如果要改進 VoIP 連線品質，可能需從此方面著手。此外在跨校測試中，原本我們嘗試使用 SIP Proxy 的方式連線，但是因為中山大學與成功大學之間的 SIP Proxy 沒有辦法互相交換 User Agent 的註冊資料，所以無法達成這項測試，同時我們又嘗試讓成功大學的 User Agent 在中山大學的 SIP Proxy 註冊，但是也無法註冊成功，所以我們只能以完整的 SIP URI 來連線，因此 SIP Proxy 的跨校溝通與註冊是尚待解決的問題。

感謝

本論文的完成要感謝中山大學計網中心的陳宜昌先生的協助，與成功大學黃悅民教授及其研究生的協助建立 SIP 連線。

參考文獻

- [1] S. Deering and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, December 1998.
- [2] R. Gilligan and E. Nordmark, "Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers" RFC 2893, August 2000.
- [3] B. Carpenter and K. Moore, "Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds," RFC 3056, February 2001.
- [4] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol," RFC 3261, June 2002.
- [5] PCA Softphone
<http://service.enum.org.tw/>
- [6] SIPv6 Analyzer
http://pcs.csie.nctu.edu.tw/~yhsung/sipv6_analyzer