

Improving SCTP Path Selection Performance for Asymmetric Network

針對非對稱網路環境進行 SCTP 選徑策略的效能改進

范揚文
朝陽科大資管系
講師
ywfan@cyut.edu.tw

詹志偉
朝陽科大資管系
研究生
s9814621@cyut.edu.tw

摘要

近年來網路的應用越來越多，如何快速有效的傳遞資料也變成廣泛討論的議題。

新一代之傳輸協定 SCTP 提供 Multi-homing 服務，使用者可以使用多條路徑來傳輸資料，能有效的提高資料傳輸的穩定性及效率。但當有多條路徑可以選擇時，如果能針對網路連接的特性，規劃出合宜的路徑切換策略，選擇最佳的傳輸路徑，將使得頻寬利用率能提高，讓資料傳輸獲得最大的效能。

本論文利用 SCTP Multi-homing 與路徑偵測機制的特性，及修改原來的路徑切換策略，提出一個新的路徑選擇與運作方法，讓路徑切換的反應時間更加快速，使資料能夠在較有利的路徑上傳輸，能有效提升網路傳輸效能。

關鍵詞： SCTP, ADSL, Multi-homing, Heartbeat

Abstract

More and more network applications become available recently, so the network transmission performance how to improve is that considering frequently. The new SCTP supports multi-homing services. The sending host can transmit data through multi paths, so raising the stable and efficient of data delivery. However, there are many available paths, as we can design the suitable strategy to choose the best performance path according to the network connection feature, the bandwidth utility will raise and we will get the optimized throughputs.

This paper is based on feature of SCTP, Multi-homing and Heartbeat testing mechanism, and designing a new path selection approach. Our proposal could efficiently reduce the problem of

SCTP to get fast response time, so the data is delivered on the faster path and the network performance is improved.

Key words: SCTP, ADSL, Multi-homing, Heartbeat

1. 簡介

近年來，網路與資訊產業衝擊了每個家庭，網際網路 (Internet) 的影響層面已經普及至人們的日常生活當中，這新興的傳播媒體不僅改變了人際互動的方式，也對生活型態帶來很大轉變；隨著各式多樣化服務的增加，在網路上所傳遞的資料量也較過去有著爆發性的成長，因此電信業者積極的建設新一代的高速傳輸網路，以因應寬頻服務與應用的時代來臨。

目前市場所提供的寬頻服務有數位用戶迴路 (Digital Subscriber Lines, DSL)、纜線數據機 (Cable Modem) 以及直播衛星 (Direct PC) 三種，其中又以由 DSL 技術所衍生的非對稱數位用戶迴路 (Asymmetric Digital Subscriber Lines, ADSL) [1] 的寬頻連接技術居多。進一步分析網路服務需求特性，對於一般的家庭使用者，資料的上傳 (Uplink) 與下載 (Download) 的傳輸比率，又以下載的比率佔了絕大部分，因此非對稱數位用戶迴路 (Asymmetric Digital Subscriber Lines) 技術自 1995 年由美國國家標準學會 (American National Standards Institute, ANSI) 通過，歷經國際電信聯盟 (International Telecommunication Union, ITU) 等組織延續發展，演進至今的 G.992.1 (G.dmt) 與 G.992.2 (G.lite) 已成為國際上最

普遍採用的標準，成為市場中採用的主流技術，其主要的特性是可以利用既有電話線做為傳輸介質，而不需重新進行網路的佈線，並針對網路的上傳與下載所使用頻寬，進行非對稱比例的分割，提供了下載及上傳之非對稱傳輸速率，使得網路的下載頻寬大於上傳的頻寬。

然而，非對稱數位用戶迴路不僅僅適用於一般的家庭網路使用者，因為其所需花費的建置與維護成本遠較於一般專線的成本低的特性，因此也適用於一般的中小型商業用戶內，企業可以藉由裝設多條的 ADSL 線路，合併其網路頻寬來達到企業所需的頻寬需求，而且如果是透過不同的 ISP(Internet Service Provider) 業者所提供之寬頻服務，也同時具備有線路備援的特性。

隨著網路的逐年演進，使得網路頻寬加大，速度提高，新一代的軟體與硬體設備推陳出新，使得先前制訂的通訊協定無法發揮效能，像是傳統的第四層網路通訊協定 Transmission Control Protocol(TCP)[9]，在目前的網路架構與發展的趨勢下，無法發揮其特性與最佳的網路效能，因此由網路工程組織 Internet Engineering Task Force(IETF)的信號傳輸工作組織(SIGTRAN Working Group) 在 2000 年提出一個新興的傳輸層協定，名為 Stream Control Transmission Protocol (SCTP)，針對 TCP 在資料傳輸效率與安全性的問題能夠有效的改善。

SCTP[3,5,11,12]是在 2000 年 10 月，由 IETF 的 Signaling Transport (SIGTRAN) 工作群組，正式制定 RFC 2960，成為新一代網際網路傳輸協定。SCTP 與 TCP、UDP (User Datagram Protocol) 同樣是架構於 OSI 網路七層模型中的傳輸層，因此可以同時適用於 IPv4 及 IPv6 兩種不同的 IP 協定，而 SCTP 主要的特性[10,11]，如：

(1)支援多數據流(Multi-streaming):可以選擇多條不同的路徑來同時傳送資料。

(2)區塊綁定(Chunk bundling):一個封包能夠同時包含多個 chunk。

(3)支援多宿(Multi-homing):端點可以擁有一個以上的 IP 位址。

(4)使用四手交握(Four-way handshaking)的方式建立連線。

由於 SCTP 具有如上四項特性，因此可以解決傳統 TCP 上的 Head-Of-Line(HOL) blocking 問題，以及防止阻斷攻擊(Denial of Service, DoS)等問題。同時 SCTP 還繼承了

TCP 壅塞控制、封包遺失重傳等多項特性，更具備有序、無序、部份有序等多重傳輸模式及其他更可靠強健的特性，因其同時擁有 TCP 與 UDP 的特性，並針對其缺點做一改善，儼然成為新一代網際網路傳輸協定。

此外，SCTP 還具有選擇回覆(Selective Acknowledgments, SACK) 的特性以及路徑偵測機制(Heartbeat)，SACK 特性主要是用來當接收端收到資料封包時作為確認接收與通知傳送端資料封包發生 gaps 的狀況，SACK chunks 會將沒收到的 TSN 值記錄回送到傳送端，要求資料重傳，而 Heartbeat 的機制則是：具有多條傳輸路徑的節點，週期性的對於閒置的路徑發送 Heartbeat 封包，詢問路徑的可用情況，Heartbeat 封包發送間隔預設為 30 秒，使用者可以依狀況自行定義。同時當 SCTP 節點發覺主要傳輸路徑中斷時，會自動將備用路徑改變成主要傳輸路徑[2]。

因此本論文以針對在同時具有多條非對稱的網路連接架構下，如何結合新一代的網路傳輸協定 SCTP，以達到更好的資料傳輸效能作為探討[8]。本論文的架構區分為五節，第二節介紹目前在網路路徑切換機制上的相關研究之文獻討論，第三節是介紹本論文所提出使用 SCTP 傳輸協定特性所做的路徑切換策略，第四節針對我們所提出的方法進行模擬實驗及效能分析，最後是本篇論文結論及未來的發展。

2. 相關文獻

因為 SCTP 協定提供之 Multi-homing 可靠傳輸機制，在眾多實驗數據中皆證明其優異的傳輸效能，尤其是在高遺失率的網路環境下。結合多條的傳輸路徑，使檔案傳輸的過程中，具備容錯能力(fault-tolerance)，能滿足使用者希望，快速將資料傳送完成，避免傳輸過程中斷；然而，如何在多條傳輸路徑之中，即時的選擇最佳的傳輸路徑進行資料的傳輸，以達到最高的傳輸效能，則是我們所要研究的目標。在此章節我們將針對標準的 SCTP 與幾位學者所提出的機制進行探討比較。

在標準的 RFC-2960[11]所定義的 SCTP 協定中，節點可以利用其 Multi-homing 的特性，達到在同一個關聯 (Association) 中可透過多個介面來同時擁有多個 IP address，其中一個路徑為主要路徑 (Primary path)，其他為備用路徑 (Backup path)，當主要傳輸路徑如果發生

中斷時，可以快速的將所要傳輸的資料，導向備用路徑來進行傳輸，而不需要再重新地建立連線，以達到傳輸過程的不中斷，來減少傳輸的延遲；但是其傳輸路徑切換的時機，依據標準的 SCTP 定義，只有當主要傳輸路徑發生中斷時，才會進行路徑的切換，並未考慮到如果主要傳輸路徑因網路壅塞所啟動的壅塞控制機制，此壅塞控制機制透過減少資料傳輸的速度，來降低網路的壅塞程度，雖然因此可以減緩網路的壅塞狀況，但是同時也會因傳輸速度的降低，造成傳輸時間的延長，導致網路傳輸效能降低問題。

因此，由 Shigeru Kashihara 與 Takashi Nishiyama[6]等學者提出利用計算傳輸路徑的瓶頸頻寬與傳輸延遲(Latency)時間來作為路徑選擇的條件，所使用的方法是利用 Kevin Lai 和 Mary Baker[7]學者在 2001 年所提出的測量瓶頸頻寬方式”The packet pair method”來取得各路徑的頻寬值，同時在備用路徑的頻寬計算中，為避免因 Heartbeat 封包容量過小，導致所測量得到的路徑頻寬(Bottleneck Bandwidth, BBW)值不準確，所以將 Heartbeat 封包大小進行修改自訂大小(60bytes)，使得所測量值能夠更為準確；而選擇的條件首先(1)以滿足需求頻寬為主要的選擇路徑依據，將滿足需求頻寬的路徑設定為主要傳輸路徑，而(2)當主要路徑與備用路徑同時滿足或不滿足於頻寬之需求時，會再利用目前所測得的路徑延遲時間(Round-Trip Time, RTT)與前一次所測得的路徑的延遲時間，經加權計算所得的平均延遲時間 (Smooth Round-Trip Time, SRTT) 和各路徑的頻寬大小當作選擇條件，當兩個條件任一滿足時就進行路徑的切換，藉以達到有效的選出最佳的傳輸路徑。

然而此方法的路徑切換條件中，當在主要路徑與備用路徑同時滿足或不滿足需求頻寬的情況下，只要備用路徑的頻寬與平均延遲時間優於主要路徑，兩個條件只要有一個條件成立就會進行路徑的切換，因此可能會造成不必要的路徑切換情況發生，產生不必要的切換延遲；而且此方法在做路徑延遲計算時，備用路徑需週期性的重複傳送兩個修改過較大的 Heartbeat 封包，來做路徑偵測與路徑頻寬計算，以取得客觀的路徑延遲時間，同樣會對整體網路將會產生額外的資源浪費(overhead)。

而 Junichi Funasaka[4]等學者為了改進了上述方法[6]中，可能造成的不必要換手情況的發生，因此修改了上述方法中的某些判斷條

件，以達到較佳的路徑切換策略；在此方法中同樣是以頻寬需求與傳輸延遲時間來作為衡量路徑選擇的依據，其設計與上述方法一樣在擁有二個可選擇之傳輸界面之 SCTP 機制下探討四個不同案例的路徑傳輸條件，但其修改了下列的判斷因素：當主要路徑與備用路徑同時滿足於頻寬之需求時，同樣是以路徑的延遲時間與路徑頻寬大小做為條件的比較參數，但是備用路徑的頻寬與延遲時間都必須同時優於主要路徑的狀況下，才進行路徑的切換，以避免不必要的路徑切換發生。然而此方法雖可以避免因不必要的路徑切換情況，所造成不必要的路徑切換延遲，進而選出一較佳之傳輸路徑，但並未詳細在針對如何取得需求頻寬的方式上做說明，並且在其做路徑延遲計算時，備用路徑同樣仍須傳送額外的封包 (或較大的 Heartbeat 封包)，才能取得路徑客觀的延遲時間，因此對整體網路仍會造成額外的資源浪費。

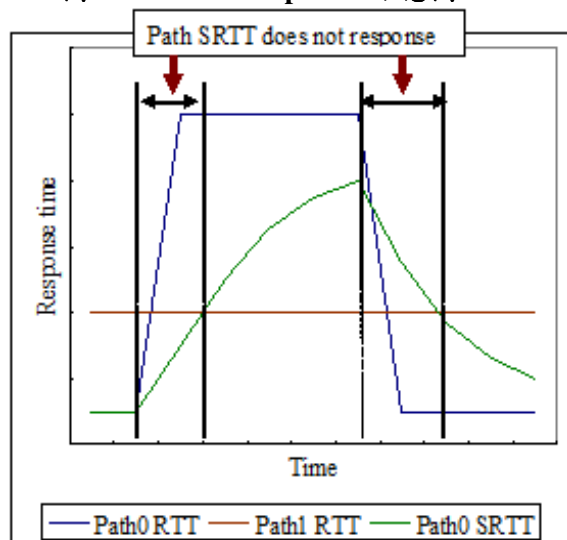
在上述的方法中，Heartbeat 路徑偵測封包的傳送，同樣是依照標準 SCTP 協定的傳送間隔(30 秒)，因此無法更快速的反應出路徑頻寬的變化情形；因此 Kevin H. Grace[15]及 Bo-Yi Ho[14] 等學者修改 Heartbeat 封包發送週期或頻寬偵測間隔，此方法利用 SCTP 協定中，原有的 Heartbeat 封包，而不需再額外的對 Heartbeat 封包格式修改，同時也能夠即時有效的進行路徑偵測與路徑切換的機制，達到網路傳輸效能的提昇。

此外，在路徑的選擇方法上，Andrew Kelly[16]及 Bo-Yi Ho [14]等學者提出的延遲取向轉換(Delay-Based Handoff)策略，希望能選出反應時間最低的路徑來傳送資料，因此去測量各個路徑的 RTT 或頻寬，再加以計算各個路徑的 SRTT(Smoothed Round Trip Time)或剩餘頻寬，計算公式如下：

$$SRTT' = SRTT*(1-\alpha) + RTT*\alpha, \alpha=1/8$$

SRTT 可視為是路徑 RTT 平均值的一種計算方式，依此值決定路徑反應時間的快慢，並選擇 SRTT 最低的路徑來傳送資料，來達到低反應時間的要求。這個方式基本上是想選擇最低反應時間的路徑來傳送，但是 SRTT 是一個平均值的計算方式，並不能完全即時的反應目前實際的路徑反應時間。

圖 1：SRTT Response 示意圖



如圖 1 所示，Path1 是一條反應時間相當穩定的路徑，其 SRTT 因而也持平在同一個值；而 Path0 的反應時間由低變高再落回低值。可以觀察到，即使 Path0 的反應時間一瞬間變高或一瞬間變低，其 SRTT 值的變化將必須經過一段時間才會趨近實際的反應時間。因而造成路徑的轉換判斷會不夠即時，無法完全達到選擇最低反應時間路徑的需求。

3. The proposed scheme

根據前一節的敘述，可以了解到需要有一種路徑轉換方式，既能夠即時的對路徑頻寬的變化作出反應，又要能避免頻寬短暫的變化可能造成的誤判。基於這樣的需求，本論文提出利用一段頻寬區間(bandwidth range)來做為比較門檻(threshold)的方式，再依比較的結果進行路徑的選擇。

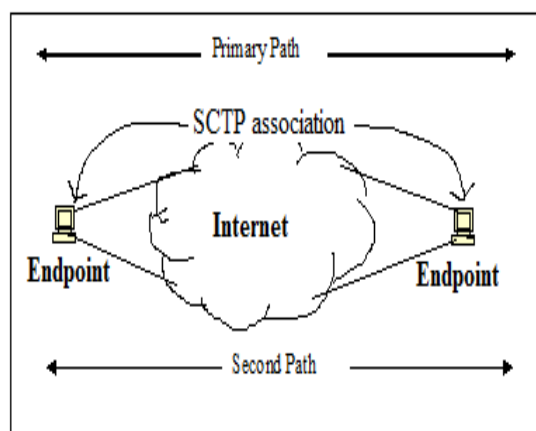
我們採用一個區間(Range)的方式來描述路徑的變化，能更合理的表示路徑的狀態。所使用的頻寬區間值，是藉由紀錄一段時間的路徑頻寬資訊，從中界定一個區間，這個區間以一個高值和一個低值來表現頻寬可能的變化範圍。本論文中，這個高值和低值是由最新的數次頻寬資訊中選取其最高值(Highest Bandwidth, 簡稱 HB)和最低值(Lowest Bandwidth, 簡稱 LB)來決定。

在用 HB/LB 區間表示出路徑的頻寬可能的變化範圍之後，便以此作路徑的選擇的依據，使用此頻寬區間值進行比較，可以更快速及正確反應各路徑頻寬的變化。

本系統之路徑切換的系統架構如圖 2 所

示：使用者雙方同時為支援 SCTP 傳輸協定之節點，且同時架設了多條 ADSL 線路，再有效

圖 2：系統架構圖



的利用 SCTP 傳輸協定中 Multi-homing 以及 Heartbeat 路徑偵測特性，讓傳送端能夠有效即時的利用 Heartbeat 封包對各路徑進行可用頻寬的偵測，而無須再額外傳送較大的封包進行路徑偵測，進而判斷傳輸路徑是否切換；當主要路徑可用頻寬減少時，能即時有效的得知並選擇出最佳的備用路徑進行切換傳送，使得傳送端能夠擁有最大的傳輸頻寬，以期得到最佳的檔案傳輸效能。

在標準的 SCTP 協定中，一開始建立連線時就將多條傳輸路徑綁在同一關聯中，剛開始除了會將資料透過主要路徑傳送外，備用路徑也傳送 Heartbeat 封包進行路徑偵測，但是傳統的 SCTP 定義中只有當主要路徑中斷才會進行路徑切換，不會再重新建立連線，為了加快對頻寬偵測的速度，因此依 Bo-Yi Ho[14]中所敘述進行 Heartbeat 封包發送週期與頻寬偵測間隔的修改，除此，我們針對 SCTP 在路徑切換策略的部分的進行了新的路徑選擇切換架構，使傳送端能對路徑的頻寬變化進行快速的反應，本系統運作的機制敘述如下：

(1) 資料傳送端點將週期性的利用固定的頻寬偵測間隔(Detect Interval)，進行主要傳輸路徑的頻寬偵測並計算主要傳輸路徑介面的剩餘可用上傳頻寬(remain Bandwidth)資訊，作為路徑選擇計算參數。

(2) 修改標準 SCTP 中用於偵測備用路徑的 Heartbeat 封包發送週期(30 秒傳送 1 次)，改為配合主要路徑的頻寬偵測間隔來發送，同時並計算各備用路徑介面的剩餘可用上傳頻寬，作為計算各路徑頻寬區間的依據；使得傳送端對於路徑頻寬的變化能更快速的反應。

(3) 藉由資料傳送端紀錄一段時間的路徑頻寬資訊後，可以界定一個頻寬區間，再利用此區間作為選擇最佳的傳送路徑的依據。

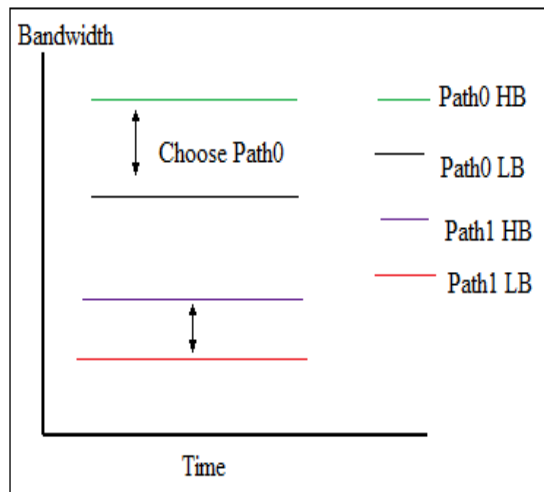
當 Path0 和 Path1 的 HB/LB 區間分布如圖 3 所示，可以看出 Path1 的區間完全低於 Path0 的區間，這就代表了 Path0 的傳送資料的速度儘管可能有變動，但都會比 Path1 還快，因此就選擇只使用 Path0 來傳輸，就可以得到最快的反應時間。

當 Path0 和 Path1 的 HB/LB 區間分布是互相重疊的，這代表著 Path0 的頻寬有可能高於 Path1 的頻寬，Path1 的頻寬也有可能高於 Path0 的頻寬。在這種情況下，並無法直接斷定使用哪一條路徑可以得到最快的反應時間，所以此時就採用並傳(simulcast)的方式，兩條路徑同時傳送資料。這樣一來無論是哪一條路徑的反應

用上傳頻寬進行偵測與計算其區間值，接著將所得到的各路徑區間值進行比對，如果主要路徑的區間值沒有小於其他備用路徑區間值時，則不進行主要傳輸路徑的切換，依照原本的傳輸路徑傳送；反之則進行主要傳輸路徑的切換，並設定頻寬值較大的路徑為新的主要傳輸路徑，同時將各傳輸介面的暫存資料清除；如果頻寬區間有重疊，則使用兩條路徑同時並傳，接著判斷是否資料傳輸還未完成，如尚未完成資料的傳輸，則依照新的主要傳輸路徑來進行資料的傳輸。

我們所提出的路徑切換選擇方法利用 SCTP 的 Multi-homing 特性及原本路徑偵測的機制，在主要傳輸路徑的頻寬降低時，能有效的即時偵測發覺並進行傳輸路徑的切換，不用再重新建立連線，以達到更有效率的資料傳輸效能。

圖 3：Path0 和 Path1 的 HB/LB 區間分布



時間較低，都能使用到最快速的路徑。

圖 4 為路徑切換判斷機制的流程，當 SCTP 關聯建立完成後，Server 端開始進行資料的傳送，同時並判斷是否為路徑偵測時間，如果未到達偵測時間，則 Server 端繼續進行資料的傳輸，並將透過各傳輸介面送出的資料封包大小分別進行加總暫存；如果到達路徑偵測時間，則 Server 端將對關聯中各傳輸路徑的剩餘可

圖 4：路徑切換判斷機制的流程

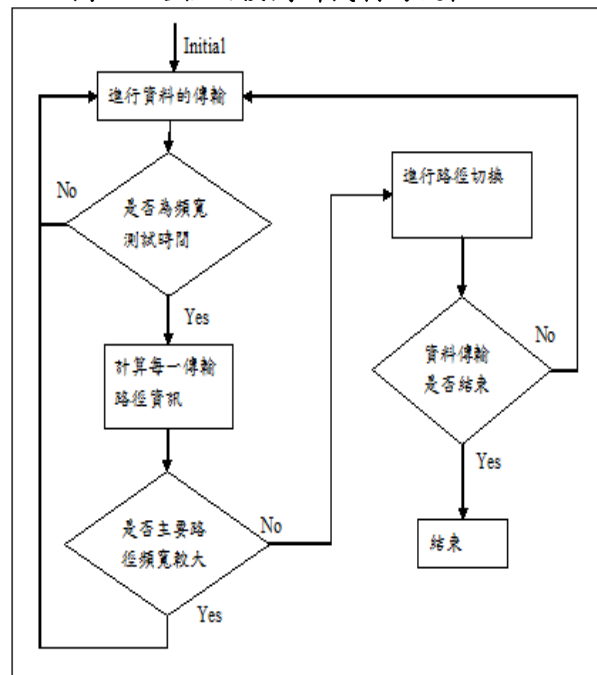
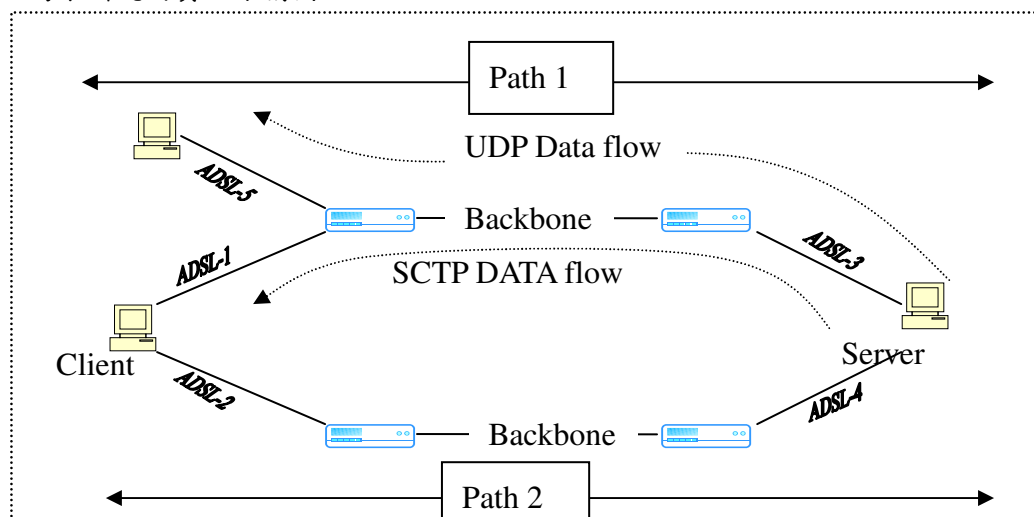


圖 5：為本研究的實驗架構圖



4. Performance Analysis

利用本論文所提出之方法建構網路環境，以雙方使用者同時架設了多條 ADSL 的網路環境中進行資料傳輸，來比較 FTP 檔案傳輸在 TCP 傳輸協定下、標準 SCTP 傳輸協定下、Delay-Based Handoff 傳輸協定下、與我們所提出的路徑切換機制間的效能差異；圖 5 為本研究的實驗架構圖，在圖 5 的實驗架構中，兩個端點使用者電腦(Client、Server)，皆支援 SCTP 傳輸協定，而到局端 (ISP) 的線路則分別擁有兩條不同傳輸頻寬的 ADSL 線路，兩局端之間則是透過網際網路提供業者(ISP)之骨幹線路(Backbone)進行連接，同時假設連接 ISP 業者間的骨幹網路頻寬相當大，不會產生傳輸的瓶頸。當 Client 與 Server 建立完連線後，資料便由 Server 端向 Client 端傳送 SCTP DATA flow 或 UDP Data flow。

我們使用網路模擬工具 Network Simulation Version 2 (NS-2) [13]在 Linux Fedora core 10 中進行模擬測試，Table 1 為詳細的實驗環境參數的描述，實驗 Client 端與 Server 端在同時擁有多條資料傳輸路徑的環境下，在資料傳輸過程中，當 Server 端的主要傳輸路徑(ADSL-3)的上傳頻寬遭受其他資料流(UDP flow)干擾或有其他使用者同時透過相同路徑從 Server 端下載資料的情況下，對於整體資料傳輸的影響。

Table 2 為針對不同模擬情境的參數之描述：在模擬情境 I 與模擬環境 II 的實驗中，是在比較當 Server 端所連接的各路徑的上傳頻

寬(Uplink bandwidth)大小相同與不同情境下，在主要傳輸路徑遭受到其他資料流干擾下的傳輸量變化與各傳輸路徑的可用頻寬變化，其中依據模擬情境 I 與模擬環境 II 的情境參數不同，將所得資料傳輸量變化結果分別描述於圖 6 與圖 8 中，各路徑的剩餘可用頻寬變化則分別描述於圖 7 與圖 9 中。

在圖 5 的實驗架構圖中，當資料傳輸從第一秒開始，並由主要傳輸路徑 Path1 傳送，到第五秒時，Path1 出現其他的干擾資料流，造成路徑可用頻寬的減小，而傳統的 SCTP 中，由於 Path1 的流量並未中斷，因此雖然可用頻寬降低但並未啟動路徑切換的機制，而我們所提出的路徑切換機制能夠即時的偵測到傳輸路徑的頻寬降低，並即時將資料改由備用路徑 Path2 進行傳送，進而提升資料傳輸效能，其傳輸量的變化比較結果顯示於在圖 6 與圖 8

Table 1 : The NS-2 experiment environment.

Operation system	Fedora core 10
Simulate software	NS-2 Ver. 2.29
Simulate time	40 Seconds
SCTP data flow start and stop time	1 second, 35 Seconds
UDP data flow start and stop time	5 Seconds, 15 Seconds
Backbone bandwidth	100 Mbits
ADSL-1 and ADSL-2 download bandwidth	8 Mbits
ADSL-5 bandwidth	5 Mbits

Table 2 : Experiment simulation scenarios.

Scenario I		
ADSL-3 bandwidth	Uplink	1 Mbits
ADSL-4 bandwidth	Uplink	1 Mbits
Bandwidth range statistic time		5 seconds
Delay-Based Handoff α value		0.7
Detect Interval		1 second
Scenario II		
ADSL-3 bandwidth	Uplink	1 Mbits
ADSL-4 bandwidth	Uplink	640 Kbits
Bandwidth range statistic time		5 seconds
Delay-Based Handoff α value		0.7
Detect Interval		1 second

中；各路徑的可用頻寬變化顯示於圖 7 與圖 9 中。

在圖 6 中，X 軸與 Y 軸分別代表模擬時間與傳輸量，可以明顯看出我們提出(proposed)的方法，效能最佳，反應最快；由於在第五秒時 primary path 因其他的干擾資料流產生造成可用頻寬減小，此時因為 primary path 的頻寬範圍與 second path 重疊，所以由兩條路徑並傳資料，到第十秒時，因為 second path 的頻寬範圍已大於 primary path，所以將資料只由 second path 傳輸，而到第十五秒時，雖然 primary path 上的干擾資料流結束，但由於此時 primary path 與 second path 的可用頻寬範圍重疊，因此並不會再進行路徑的切換動作；而在圖 7 中，X 軸與 Y 軸分別代表模擬時間與路徑的剩餘可用頻寬，分別顯示出在模擬環境 I 的情境下，Server 端所連接的路徑，在遭受其他的資料流干擾時，路徑剩餘可用的頻寬的變化情況。

而在圖 8 中，X 軸與 Y 軸分別代表模擬時間與傳輸量，也可以明顯看出我們提出(proposed)的方法，效能最佳，反應最快；同樣因第五秒時 primary path 的可用頻寬減小，此時因為 primary path 的頻寬範圍與 second path 重疊，所以由兩條路徑並傳資料，到第十秒時，因為 second path 的頻寬範圍已大於 primary path，所以將資料只由 second path 傳輸，而到第十五秒時，雖然 primary path 上的干擾資料流結束，但此時因為 primary path 的

圖 6：各種協定傳輸量的變化(Uplink 1M/1M)

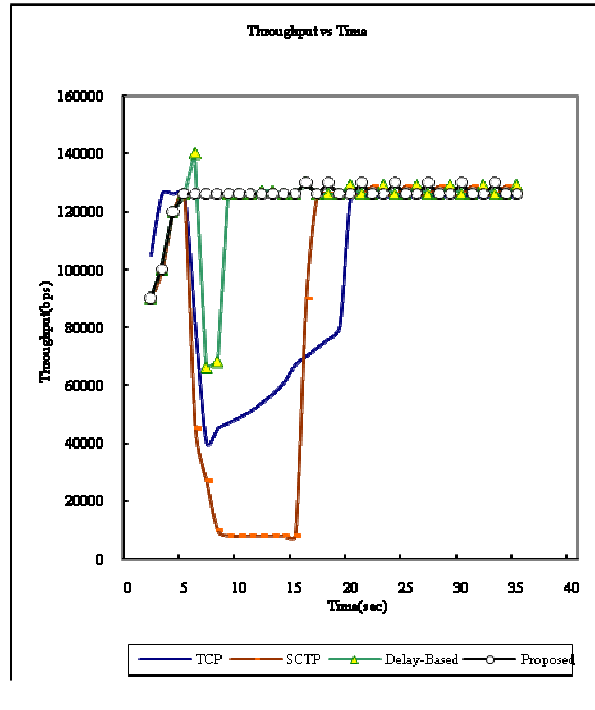
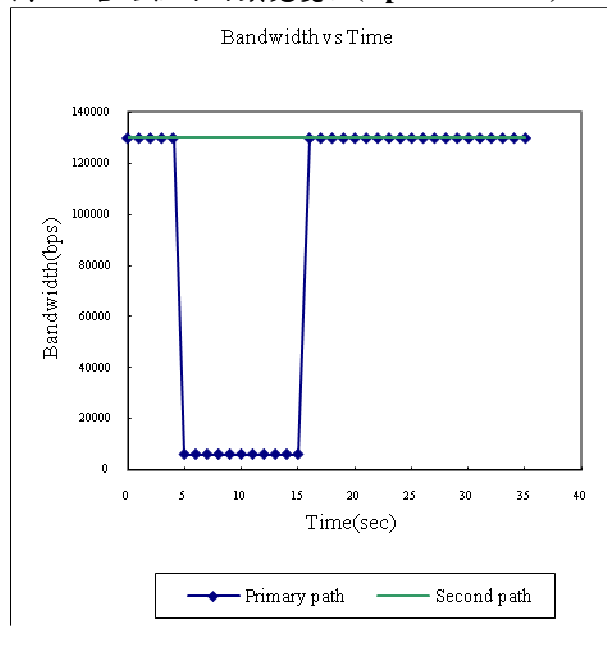


圖 7：各路徑可用頻寬變化(Uplink 1M/1M)



頻寬範圍與 second path 重疊，所以由兩條路徑並傳資料，到第二十秒時，此時由於 primary path 的可用頻寬範圍已變成比 second path 大，因此會再將資料改回只由 primary path 進行傳送；而在圖 9 中，X 軸與 Y 軸分別代表模擬時間與路徑的剩餘頻寬，分別顯示出在模擬環境 II 中，在 Server 端所連接之路徑，在遭受其他的資料流干擾時，路徑剩餘可用的頻寬的變化狀況。

圖 8：各種協定傳輸量的變化 (Uplink 1M/640K)

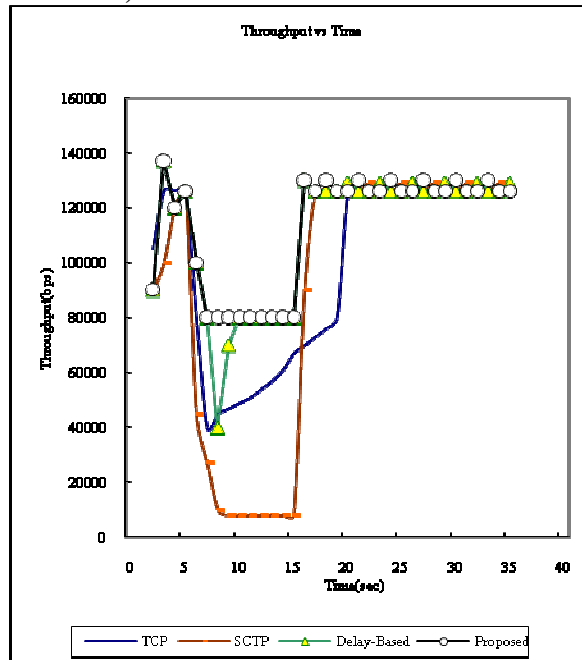
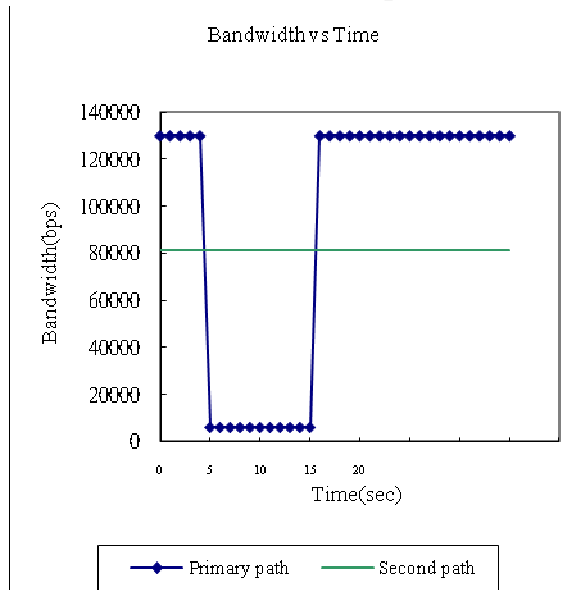


圖 9：各路徑可用頻寬變化(Uplink 1M/640K)



5. Conclusions

由於 SCTP multi-homing 的特性，可同時使用多個網路介面，使得在路徑切換時，不需要重新建立連線。不過，在標準 SCTP 中，對於連線狀態的探知是很緩慢的，需要經過幾次的資料遺失與重傳，才能知道連線是否已中斷，再進行路徑的切換，無法在路徑的可用頻

寬減低時，就進行路徑的切換，造成可能的傳輸效能降低。

基於 SCTP 的技術，目前也已經有相當多的改良方法，這些方法都有其應用適合的網路連線環境。本論文是提供使用者一個能在 ADSL 應用環境中，進行網路路徑快速轉換的策略。我們使用多個網路介面建立連線，搭配 SCTP Heartbeat 測試的機制，定期測量網路的頻寬，以即時取得各個網路速度的資訊，並藉此資訊來選擇最快速的網路路徑傳輸資料。且經由模擬證實，此方法能夠更快速的對於網路現況做出偵測與反應，並及時的進行傳輸路徑的切換，可以有效降低反應時間，及提高網路的傳輸量。

在 SCTP 運作的環境中，如果快速進行網路路徑切換，意謂著對網路壅塞 (Network Congestion) 的容忍性很低，如果在網路非常繁忙的環境中，很多主機同時切換路徑，是否會有碰撞的問題，將是未來研究進行的方向。

6. References

- [1] G. Bathrick, and F. Ly, "Definitions of Managed Objects for the ADSL Lines", IETF RFC 2662, August 1999.
- [2] A. Caro, P. Amer, and J. Iyengar, "Retransmission Policies with Transport Layer Multihoming", IEEE International Conference on Networks (ICON2003), pp.255-260, 2003.
- [3] A. Caro et al., "SCTP: A Proposed Standard for Robust Internet Data Transport", IEEE Computer, pp.56-63, 2003.
- [4] J. Funasaka, K. Ishida, H. Obata, and Y. Jutori, "A study on primary path switching strategy of SCTP", IEEE International Conference on Autonomous Decentralized Systems, pp.536-541, 2005.
- [5] A. Jungmaire, E. Rathgeb, and M. Tuxen, "On the use of SCTP in failover-scenarios," Proc. SCI 2002, pp.363-369, 2002.
- [6] S. Kashiara, T. Nishiyama, K. Iida, H. Koga, Y. Kadobayashi, and S. Yamaguchi, "Path selection using active measurement in multi-homed wireless networks", IEEE International Symposium on Applications and the Internet (SAINT2004), pp.273-276, 2004.
- [7] Kevin Lai and Mary Baker, "A Tool for Measuring Bottleneck Link Bandwidth", Proc. USENIX symposium on Internet Technology and Systems, March 2001.
- [8] Sourabh Ladha, Paul D. Amer, "Improving

Multiple File Transfers Using Sctp Multistreaming*,IEEE on International Conference Performance, Computing, and Communications ,2004.

- [9] J. Postel, "Transmission Control Protocol", IETF RFC 793, January 1980.
- [10] Fu. Shaojian and M. Atiquzzaman, "SCTP: state of the art in research, products, and technical challenges", IEEE Communications Magazine, Volume 42, pp. 64-76, 2004.
- [11] R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol", IETF RFC 2960, October 2000.
- [12] R. Stewart, and C. Metz," SCTP: new transport protocol for TCP/IP", IEEE Journal on Internet computing , Volume 5,pp.64-69, 2001.
- [13] The Network Simulator version 2 - ns-2
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [14]Bo-Yi Ho and Lin-Huang Chang, " Effective Path Selection using Sctp for Asymmetric Network", Proc. Of the Workshop on Wireless, Ad Hoc and Sensor Networks(WASN) 2006, Taiwan , Aug.10, 2006.
- [15]Kevin H. Grace, Dylan Pecelli, Jeffrey D. D'Amelia, " Improving Multi-homed Sctp Mobile Communication Performance ", 2006 MITRE Technical Papers, June 2006.
- [16]Andrew Kelly, Gabriel Muntean, Philip Perry and John Murphy, "Delay-Centric Handover in Sctp over WLAN", Transactions on Automatic Control and Computer Science, Vol.49, May 2004.