

## SCTP 與 TCP 於多重鏈路環境下資料傳輸效能比較之研究

張恬倪 傅振華 國防大學國防管理學院資訊所

### 摘 要

TCP/IP 通訊協定一個以連結為導向 (connection-oriented) 的封包傳輸服務做為各類型網際網路應用程式運作之基礎，同時 TCP/IP 通訊協定運作模式亦有需多的限制，然有鑑於網際網路應用對 TCP/IP 通訊協定的依賴與網際網路環境的變化，如何解決 TCP/IP 通訊協定運作的限制是一個重要議題。資料流控制傳輸協定 (Stream Control Transmission Protocol, SCTP) 具有多重資料流 (Multi-Streaming) 和多重定址 (Multi-Homing) 的功能，在多重鏈路網路環境下，是解決上述議題的可行性方案之一。本研究將針對多重鏈路網路環境中多重定址進行探究，並與 TCP 做比較，之後利用 ns2 來進行模擬實驗，並分析相關模擬資料，驗證 SCTP 通訊協定於多重鏈路網路環境中的運作效能，並提出研究結論。

**關鍵詞：**SCTP、TCP、多重鏈路、多重資料流、多重定址

# **A Comparison on SCTP and TCP Data Transmission Performance in a Multiple Links Network**

Tien-Ni Chang, Chen-Hua Fu, Institute of National Defense Information, National Defense  
Management College, National Defense University

## **ABSTRACT**

TCP/IP is a connection-oriented protocol to support all Internet application operation. However, there are many restrictions on the TCP protocol. Due to the importance of TCP protocol and variations of Internet links, it is an important issue to solve the restrictions of the TCP protocol. Stream Control Transmission Protocol (SCTP) owns the features of Multi-Streaming and Multi-Homing; it would be one possible solution to solve the above issue in a multiple links network. This study would focus on a discussion about Multi-Homing of SCTP in a multiple links network. Moreover, there is performance comparison between TCP and SCTP. Ns2 network simulator would be a simulation platform to simulate operations of TCP and SCTP in this study. After analyzing the collected simulation data, a summary would be proposed in this study.

**Keyword** : SCTP, TCP, Multiple links, Multi-Streaming, Multi-Homing

## 1. 前言

網際網路發展之初，即有網路分層運作的概念出現，網路不同層都有不同的網路運作協定與其負責的工作，而網路分層工作最大的好處即是每一層要修改時，並不需要牽涉到其他網路層的協定，目前被廣泛使用的網際網路即採用亦採取此一架構，藉由 TCP/IP 通訊協定負責整個網際網路的運作。TCP 位於網路分層架構的第四層，也就是傳輸層（transportation layer），它提供了一個可靠以連結為導向（connection-oriented）的服務給許多網際網路應用程式[2]。

TCP 雖然提供連接導向、可靠性的傳輸服務，但其本身的功能亦限制它的靈活與彈性，為了克服因 TCP 的種種限制，並兼顧 TCP/IP 網路上層應用運作的相容性，於是提出 SCTP（Stream Control Transmission Protocol）通訊協定，期望能夠藉由 SCTP 通訊協定的運作，逐步取代 TCP；SCTP 的產生原本是設計用在多重鏈路的網路上，如公眾交換電話網路（Public Switched Telephone Network, PSTN）上的訊號傳遞，但 SCTP 不只運用在訊號的傳遞上，許多的應用程式也適用，因為吸收許多 TCP 的優點，如壅塞控制（Congestion Control），錯誤偵測（Error Detection），及重傳機制（Retransmission）等功能；此外，SCTP 更進一步的又多加了幾個新的功能，而這些功能在 TCP 上是無法運作的，最主要的兩個功能是多重資料流（Multi-Streaming）和多重定址（Multi-Homing），可說是 TCP 的升級版。

本研究主要係針對在多重鏈路的網路環境之下，探討 SCTP 和 TCP 通訊協定的運作效能，利用 ns2 網路模擬軟體做為研究模擬載台，並透過一個簡化的多鏈路網路拓撲進行相關模擬，藉由模擬數據之收集與分析，比較 SCTP 和 TCP 通訊協定於多重鏈路環境下的運作效能，並提出研究結論。

## 2. TCP 與多重鏈路簡介

### 2.1. TCP 概述

目前傳輸控制協定（Transmission Control Protocol, TCP）仍是主流，在一般 TCP 的連線中並不是實體的連線，而是軟體設計出來的，由兩端的 TCP 軟體模組互相交換訊息模擬一條連線，故稱為虛擬連線（virtual cconnection）[4]。TCP 視 IP 為連線兩端的 packet 傳遞系統，IP 視 TCP 訊息為被傳送的資料。中間的網際網路為能接收傳送訊息，且不會更改或解讀的通訊系統。

SCTP 和 TCP 相似，都是具有可靠性（reliable）的傳輸協定，但 TCP 有許多的限制，這些限制包括：[5, 8]

- 一、TCP 以強制的方式用 byte 來作排序的可靠傳輸，但並不是所有的應用程式都需要排序及可靠性，所以 TCP 的此項機制可能會造成不必要的延遲。
- 二、多重定址具有高可用性（High-Availability），但 TCP 並不支援，所以像 SS7 訊號傳輸就無法使用 TCP 而改用 SCTP 來作為傳輸的協定。
- 三、TCP 對阻斷式服務（Denial-of-Service, DOS），如 SYN 攻擊，沒有抵抗性。

## 2.2.多重鏈路運用於 PSTN

在 PSTN 中，是以 SS7 (Signaling System No.7) 協定來傳遞訊號，其架構如圖 1 所示：

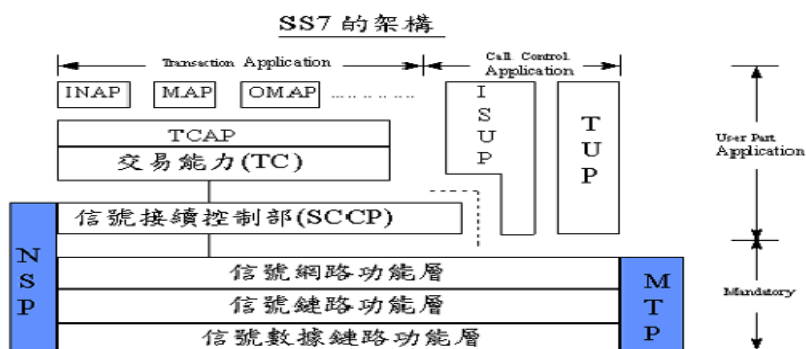


圖 1 SS7 架構圖[1]

SS7 的第一層為信號數據鏈路層 (Signalling Data Link Level) 又稱為實體層 (Physical Level)，它定義信號鏈路之實體、電氣與功能特性，以提供實體鏈路收送 SS7 信號。第二層稱為信號鏈路層 (Signalling Link Level)，它負責確保 SS7 信號訊息在實體層上收送的可靠度。第三層稱為信號網路層 (Signalling Network Level)，主要功能為信號訊息處分及信號網路管理。以上三層合稱為訊息轉送部 (Message Transfer Part, MTP)。信號數據鏈路包含一雙向之傳輸鏈路 (Transmission Link)，以及傳輸鏈路與第二層間之通信介面，以提供兩信號點間信號傳送之一全雙工 (Full Duplex) 之實體通道。傳輸鏈路是由傳輸速率相同且方向相反之兩個傳輸通道組成，因此用於網際網路的 TCP 並不適用於此，必需要支援多重鏈路的協定才可適用，而 SCTP 則是設計來支援此種情形的協定。

## 3. SCTP 簡介

### 3.1. SCTP 定義與架構

二十年來，TCP 提供可靠性的應用服務，但隨著 IP 網路的多元化，漸漸地 TCP 應用出現了許多的限制。因此，IETF 內的訊號傳輸工作組 (Signaling Transport, SIGTRAN) 提出一種用於 IP 網路上傳輸公眾交換電話網路 (Public Switched Telephone Network, PSTN) 訊號訊息，即通常所說的 SS7 over IP，並將 SCTP 標準定義於 RFC2960 內。目前 IETF 將 SCTP 傳輸層協定作為主要研究目的，與 TCP 和 UDP 共築於 IP 層上，SCTP 是一種應用層數據分組傳輸通訊協定，可在 UDP 或 IP 層提供可靠服務。SCTP 處於 SCTP 使用者應用層與 IP 網路層間，且每一個端點 (endpoint) 有多個 IP 位址。如圖 2 所示：

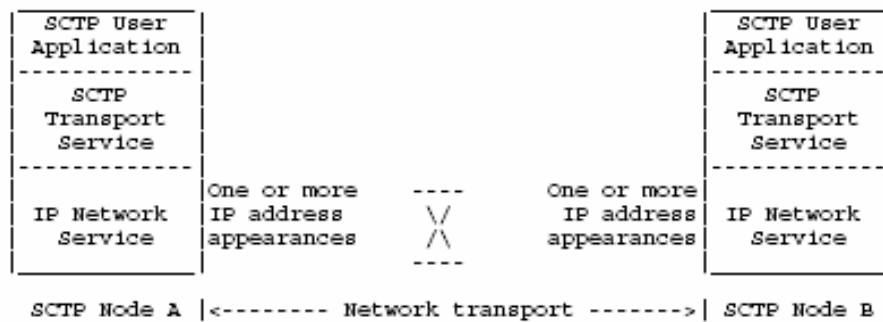


圖 2 Sctp 架構圖[10]

### 3.2. 多重資料流

在 TCP 中，針對 stream 有嚴格的排序限制，所以導致主要的缺點——佇列頭的阻斷（head-of-the-queue blocking），一旦一個 stream 中的 message 發生錯誤或遺失時，其他的有序 stream 並不能繞過或越過，因此造成無法順利傳遞。所以多重資料流的特徵是將使用者的資料經由多個 Sctp streams 作傳輸。這些 streams 是獨立地作有序傳遞。當其中一個 stream 的 message 遺失時，Sctp 即可重送或是高優先權（high-priority）的 messages 可以繞過，所以並不影響其他的 streams。經由多重資料流的動作，Sctp 排除了原本在 TCP 中不必要的阻斷。圖 3 說明多重資料流的運作機制：[6,7, 9]

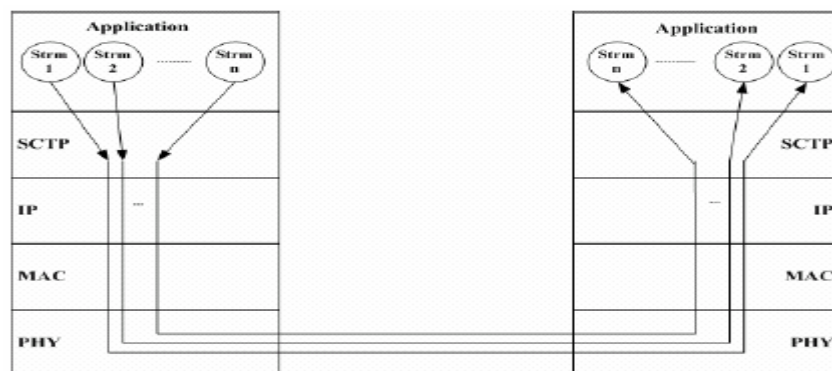


圖 3 Sctp 多重資料流的特性

### 3.3. 多重定址

多重定址的特性使 Sctp endpoints 支援多個 IP 的位址，並保護 association 免於網路有問題時停止運作。在 association 啟始時，Sctp endpoints 會交換彼此 IP 位址的清單。

在啟始時，IP 位址清單中的其中一個會被指定為主要的 IP 位址，假如主要的位址一再地丟棄 chunks，所有的 chunks 將被傳送到其他的可替代位址進行保留，直到主要位址的連結重新建立。在 TCP 中有單一定址（single-homed）的功能，但如果核心網路發生問題而觸發 TCP session 的遺失，因此多重定址是改善 TCP 單一定址缺點的一大進步。多重定址的主要運作模式，如圖 4 所示：[6,7,9]

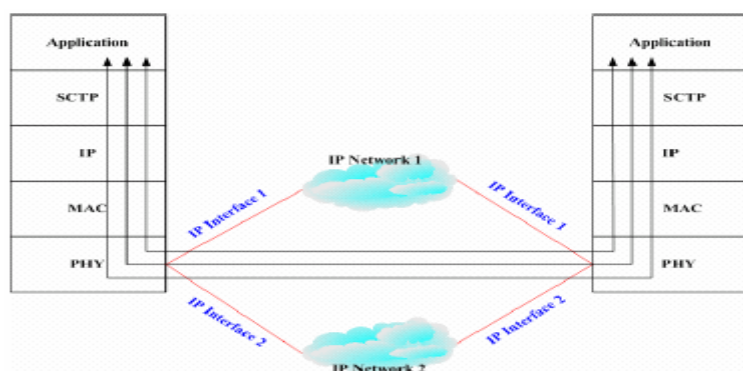


圖 4 SCTP 多重定址的特性

### 3.3. SCTP 與 TCP 之比較

2000 年，IETF 的 SIGTRAN 發布了 SCTP，命名為 RFC2960，使得 SCTP 正式成國際標準，該通訊協定針對 IP 網路上 TCP 的缺點進行修改和補充，是對 TCP 協定的一種替代，但也同持支持 TCP 協定及更高層次上的協定，表 1 為 SCTP、TCP 比較：[11]

表1 SCTP、TCP比較[11]

Services/Feature	SCTP	TCP
Connection-oriented	yes	yes
Full duplex	yes	yes
Reliable data transfer	yes	yes
Partial-reliable data transfer	optional	no
Ordered data delivery	yes	yes
Unordered data delivery	yes	no
Flow control	yes	yes
Congestion control	yes	yes
ECN capable	yes	yes
Selective ACKs	yes	optional
Preservation of message boundaries	yes	no
Path MTU discovery	yes	yes
Application PDU fragmentation	yes	yes
Application PDU bundling	yes	yes
Multi-Streaming	yes	no
Multi-Homing	yes	no
Protection against SYN flooding attacks	yes	no
Allows half-closed connections	no	yes
Reachability check	yes	yes
Pseudo-header for checksum	no(uses vtags)	yes
Time wait state	for vtags	for 4-tuple

## 4. SCTP 與 TCP 比較模擬

### 4.1. ns2 模擬工具簡介

ns2 是一套物件導向的網路模擬器，由 UC Berkeley 所開發完成。它能模擬真實網路系統的架構和特性，在網路架構的方面，有模擬路由器（router）、鏈路（link）、網路的節點（end point）等；網路特性的方面有封包延遲（packet delay）或封包的丟棄（packet drop）等模擬[3]。

ns2 是由 C++ 和 OTcl 做為開發的語言，簡言之，ns2 就是一個 OTcl 的腳本解譯器（script interpreter），它把使用者所寫好的腳本進行解讀後，產生出模擬的結果，進而對結果進行分析，或者是透過 NAM 工具程式把模擬的過程視覺化呈現出來，以對模擬的情境有更深入的瞭解。

### 4.2. 實驗設計

本實驗模擬採用 ns2（2.26 版本）並外掛 SCTP patch[12]，作者使用最簡單的網路拓模來研究 SCTP 多重定址的功能，基本的設定為每一鏈路具有 0.5Mbps 的頻寬，200ms 的傳遞延遲時間，採 DropTail 的佇列管理方式，而在 SCTP 連線上的應用程式為 FTP 和 CBR，其基本的網路拓模如下圖 5 所示：

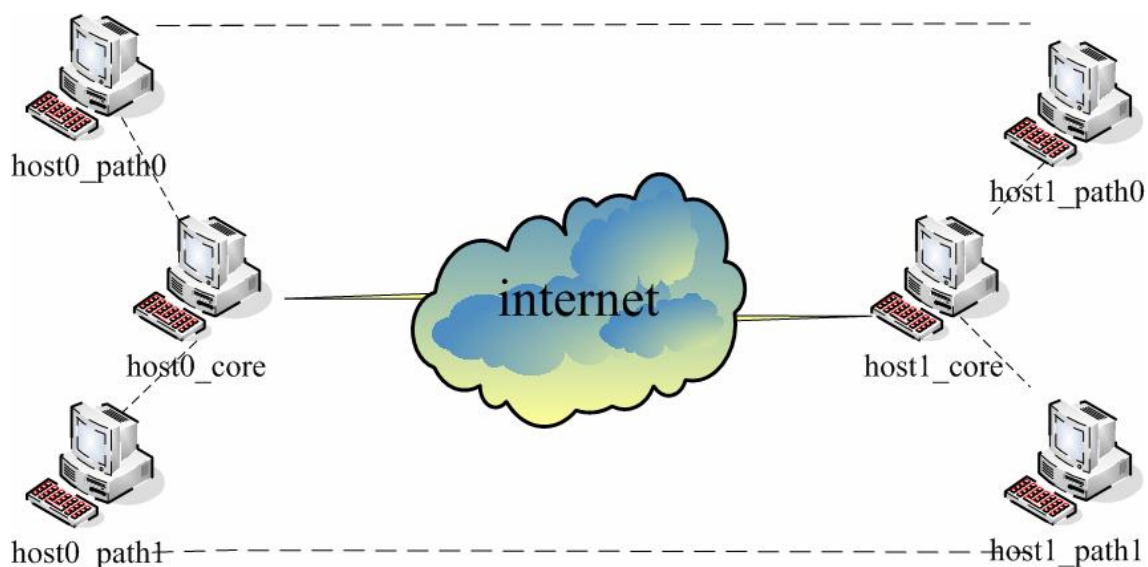


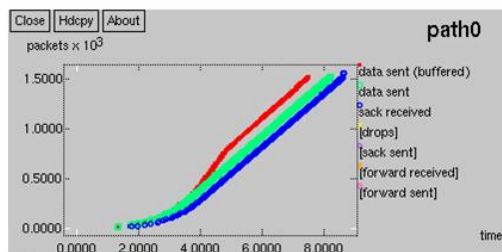
圖 5 SCTP 與 TCP 網路拓模

### 4.2. 模擬結果

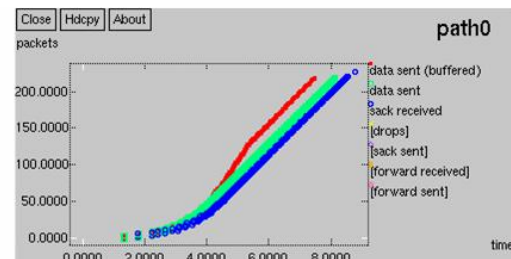
圖 6 中，path0 是封包主要的傳輸路徑，而 path1 是備用的。在 ns2 中，原本是不支援多重定址的功能，所以必需要下載 SCTP patch 來達到模擬的目的。由於 ns2 模擬結果會提供大量的輸出數據，因此作在此不予列出，而是利用圖形來表示其模擬的結果，作者也將針對圖形作說明及比較。



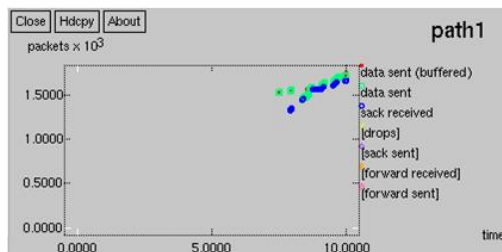
由圖 6 的 (a1)(b1) 顯示幾乎所有的封包都經由 path0 傳輸，而大約在 8.5 秒時此通路產生無法傳遞資料的情形，因此啟用 path1 備用的傳輸通道。所以，當 path0 在約 8.5 秒無法順利傳送封包時，path1 則立刻接手未完成的工作，直到 path0 能繼續傳送封包為止。(a3) 是結合 (a1)(a2) 而成的，且 (b3) 是結合 (b1)(b2)，模擬結果顯示 SCTP 多重定址這項特性使得網路的通路能保持靈活性。



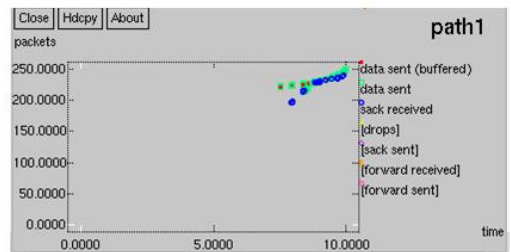
(a1)CBR封包在SCTP path0中傳輸情形



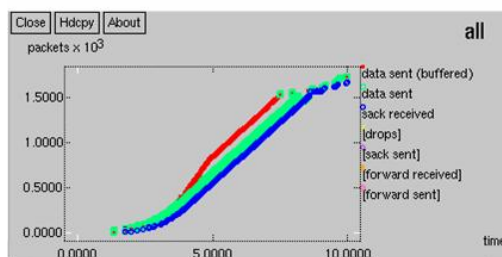
(b1)FTP封包在SCTP path0中傳輸情形



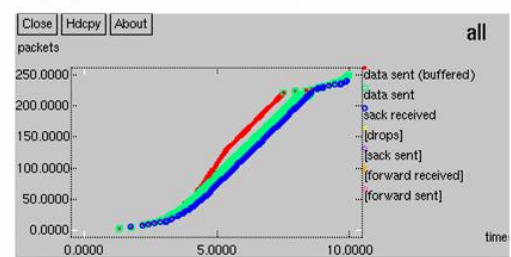
(a2)CBR封包在SCTP path1中傳輸情形



(b2)FTP封包在SCTP path1中傳輸情形



(a3)CBR封包在SCTP中所有傳輸情形

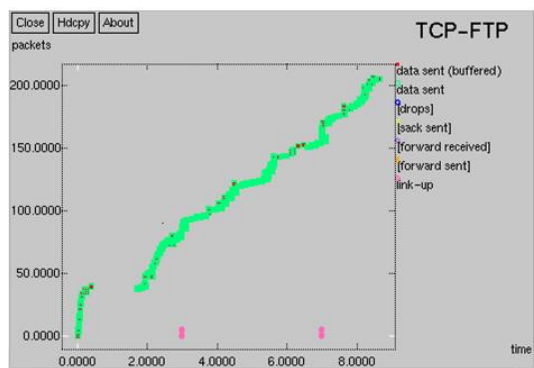


(b3)FTP封包在SCTP中所有傳輸情形

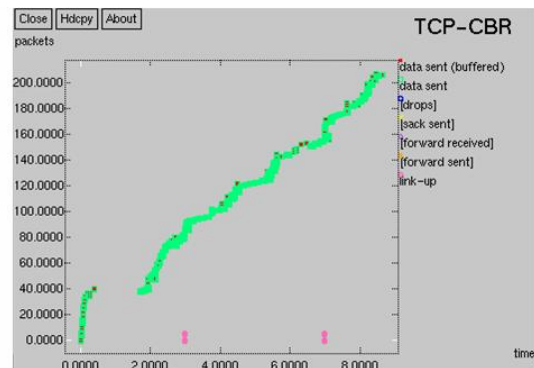
圖 6 SCTP 多重定址模擬結果

圖 7 中則顯示 TCP 在傳輸過程中，封包遺失的情形，同樣的我們也在 TCP 上執行 CBR 和 FTP 的應用程式，由模擬結果可看出，約在 1 秒至 2 秒之間，TCP 的封包無法傳遞，有可能造成封包的遺失，導致整個資料不完整，而且 TCP 並不支援多重定址的功能，所以並沒有上述圖 7 的替代位址，這是一大缺點。





(a)CBR封包在TCP中傳輸情形



(b)FTP封包在TCP中傳輸情形

圖 7 TCP 單一定址模擬結果

#### 4. 結論

SCTP 近年來廣為各界研究，因為它不但擷取了 TCP 的優點，而且更發展出自己的特色，雖然原先用意在於傳遞 PSTN 的訊號，但因其定義運用的範圍相當廣泛，遂成為通訊協定中未來的一股新興勢力。本研究針對 SCTP 的多重定址特性與 TCP 進行比較，得知 SCTP 的多重定址功能確實能發揮其在資料傳輸上的功能，而且目前也有許多運用於其他方面的應用，例如：衛星傳輸以及資訊戰；未來如何有效利用 SCTP 通訊協定於多重鏈路網路環境下支援各類型網際網路應用之運作，為一值得持續探究之議題。

## 參考文獻

### 中文部分

1. 中華電信，專有名詞篇/固網/平台篇/SS7 的架構【線上資料】，來源：  
<http://www.cht.com.tw/CompanyCat.php?CatID=350>
2. 洪國祥，「無線傳輸控制協定交握情況之解決對策」，國立臺灣大學電信工程學研究所碩士學位論文，民國 91 年 6 月。
3. 柯志亨等著，計算機網路實驗—以NS2 模擬工具實作，學貫行銷，台北，民國 94 年。
4. 袁國軍，「網路流量量測與分析之研究—以戰場網路 TCP 應用壅塞控制效能為例」，國防大學國防資訊所碩士學位論文，民國 94 年 6 月。
5. 蔡尚志，「以SCTP協定於封包交換網路傳輸信號之討論與分析」，電腦與通訊，第 97 期，第 12-18 頁，民國 90 年 9 月。
6. 謝嵩淮，「應用 Mobile SCTP 與 Mobile IP 於 WCDMA/WLAN 垂直 Handover 之設計」，國立臺灣大學資訊工程學所碩士學位論文，民國 93 年 1 月。

### 英文部分

7. Caro, A.L., Jr. et al, "SCTP: A Proposed Standard for Robust Internet Data Transport," IEEE Comp., Vol. 36, No. 11, pp. 56-63, Nov. 2003.
8. Fu, S. and Atiquzzaman, M., "SCTP : State of the Art in Research, Products, and Technical Challenges", IEEE Communication Magazine, Vol.42, No.4, pp.64-76, April 2004
9. Fu, S., Atiquzzaman, M. and Ivancic, W., "SCTP over Satellite Networks", IEEE 18<sup>th</sup> Annual Wksp. Comp. Commun., Dana Point, CA, pp.112-116, October 2003
10. Stewart, R. and Xie, Q et. Al., "Stream Control Transmission Protocol", IETF RFC2960, 2000.
11. Stewart, R and Amer, P.D., "Why is SCTP needed given TCP and UDP are widely available?", Internet Society, June, 2004.
12. "SCTP patch of ns2 simulator", <http://pel.cis.udel.edu>