

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 數位用戶迴路上網路電話與代理伺服器服務設計(I)

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC89 - 2218 - E - 002 - 081

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：廖婉君博士 國立台灣大學電機工程學系

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學電機工程學系

中 華 民 國 九 十 年 八 月 一 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

## 數位用戶迴路上網路電話與代理伺服器服務之設計(I)

### Voice over IP (VoIP) and Web proxy over xDSL (I)

計劃編號：NSC89-2218-E-002-081

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：廖婉君博士 國立台灣大學電機工程學系

計畫參與人員：謝鎮宇、簡清輝、高長榮、呂持康、賴俊如

國立台灣大學電機工程學系

#### 一、摘要

本計畫是總計劃「多媒體與多重服務之數位用戶迴路通訊系統」下之子計畫四「數位用戶迴路上網路電話與代理伺服器服務之設計」之第一年計畫。

本計畫以網路協定設計分析及服務軟體設計為主，在總計畫的整合下，以設計數位用戶迴路通訊系統網路上之網路電話服務及網路伺服器的通訊協定為主要課題。

由於數位用戶迴路的「非對稱頻寬」特性，對於目前已存在的協定及相關的各項服務應用，有效能上的不良影響。因此，第一年中我們首先建構測試平台，並研究非對稱數位用戶迴路的頻寬特性對於網際網路傳輸層協定(TCP)所帶來的影響。目前雖有方法改善頻寬非對稱網路上TCP的效能，但無法獲得最大的頻寬使用率。因此我們設計提出了一個新的協定-TCP Formosa，可以在「非對稱網路」上得到最大的頻寬利用。此外我們也利用模擬軟體-ns2，驗證所提出的TCP Formosa，無論在頻寬使用率、公平性及錯誤修正上都有較佳的表現。

本計劃成果已發表於 IEEE ICC 2001 (International Conference on Communications 2001)。

**關鍵詞：**數位用戶迴路、網路電話、代理伺服器、TCP Formosa

#### Abstract

As a sub-project of the joint project entitled "xDSL Multimedia Multi-service Communications System," this project, named "Voice over IP (VoIP) and Web Proxy over xDSL," attempts to design both VoIP and Web proxy services over xDSL developed by the other sub-projects in a three-year span. The asymmetric transmission feature of xDSL creates many new problems for existing Internet protocols and causes many challenges for multimedia services to be widely deployed

In the first year, we have set up a test-bed using a commercial xDSL for our system in the Internet Research Lab. of the Electrical Engineering Department at National Taiwan University. After investigating the asymmetric characteristic of transmission in xDSL, we proposed a TCP variation named 'Formosa TCP' as a transport layer protocol to achieve better performance in the environment of asymmetric broadband access network like xDSL. We also conducted simulations using ns2 to evaluate the performance of our protocol with other protocols.

The preliminary results of this project have been published on the proc. IEEE ICC 2001.

**Keywords :** ADSL, Internet Telephony  
Proxy service, TCP Formosa

#### 二、研究動機與目的

設計數位用戶迴路上網路電話與網路代理伺服器，可以提供使用者更便宜且快

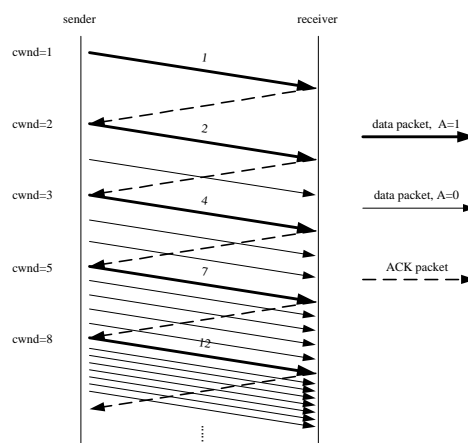
速的寬頻接取網路各項服務（如：WWW）與多媒體相關服務發展環境，並增加「多媒體多服務通訊系統」的實用性。

但在目前的研究中，並沒有針對非對稱網路下的效能分析，去作調整 web caching 的機制、對 abort 的 request 的處理、及對動態產生的網頁及 cookie 的 cache policy 等的研究。此外，在多媒體網路通訊協定中，相關之網路協定研究如：HTTP over xDSL 與 HTTP over TCP，也必需研究如何針對上下行頻寬不對稱的特性，來增進「代理伺服器」(Web-proxy) 與整體網路的效能。以方便進一步在 ADSL 的測試平台上進行實作與效能研究改善。

因此本年度計畫針對改善 TCP 在數位用戶迴路的效能為出發點。由於 TCP 具有 ACK-clock 的特性，故在 ACK 封包傳輸之路徑上任何變化都會大大影響 TCP 的傳輸效能，這種問題在非對稱網路上會更形嚴重。有人提出針對舊有的網路協定 TCP Reno 在 Asymmetric Bandwidth Network 提出修正的版本，並提出了 ACK Congestion Control (ACC)及 ACK Filtering (AF)等機制，但這些機制都需要對傳輸路徑上的 gateway 做改良，並且在效能上不能達到最佳輸出。

因此我們針對所架設的平台量測的特性，設計了一個新的協定-TCP Formosa。一般的 TCP 在傳輸時有 slow start, congestion avoidance 及 loss recovery 三個重要的機制。TCP Formosa 針對數位用戶迴路的非對稱性頻寬特性，提出「an ACK per window」、「new acknowledgement scheme」、「new congestion avoidance」、「NACK」等機制來改善效能(throughput)，公平性(fairness)，及錯誤回復(error recovery)。此外，TCP Formosa 不需要對 gateways 作修改，只需要 end-to-end 的 TCP 軟體作修改即可，也大大的加強了其可行性。

### 三、 結果及討論



圖一、 Congestion window growth

圖一顯示 TCP Formosa 如何利用「an ACK per window」機制來控制 congestion window 的增長，TCP Formosa 於 slow start 的狀態時，congestion window 是以 Fibonacci 數列成長，並且發送端為了平緩網路的交通，會把所可以傳送的封包數目在一個 round trip time 內平緩地送出。

由於收端對於一個 congestion window 的封包量只要送出一個封包，因此 Formosa TCP 大大地降低了反向路徑上由 ACK 產生的交通流量，並減少發生擁塞的機會，圖一解釋了這個機制。黑色的粗線是送端要求 ACK 的封包，虛線的是收端回來的 ACK 封包，對於其他的實線，收端不會回應。當收端開始查覺封包停留時間變長，就視為網路開始發生擁塞。

當網路出現擁塞時，此時「收端」在下一個 ACK 封包就會告知「送端」擁塞訊息。這可利用每一個封包所帶的時間戳記(timestamp)來完成。擁塞訊息使得「送端」進入 congestion avoidance phase。此時，congestion window 會以乘幕的方式縮小 congestion window size，減少網路交通流量；「送端」之後每收到一個 ACK 封包，送端的 congestion window 只會增加一，遵守 Addictive Increase Multiplicative Decrease (AIMD) 的穩定原則，這使得 TCP Formosa 在每一個不同的連結分享同一路徑時，可以在頻寬上提供很好的公平性。

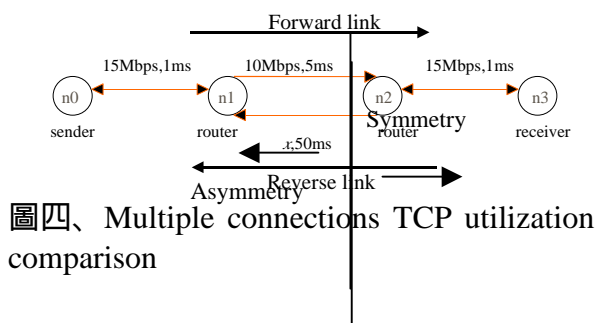
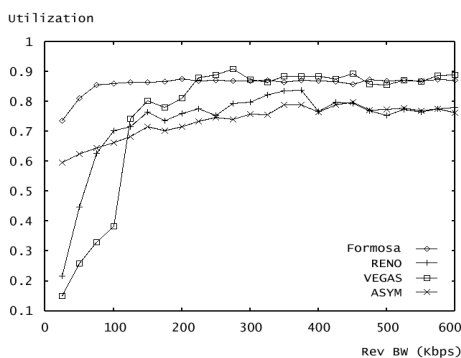
- 圖二 SACK 與 NACK 的比較圖
- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| (2) (2,-,-)          | (7) (7,3,1)     |
| (4) (4,-,2,-)        | (8) (8,4-6,2,-) |
| (5) (4-5,2,-)        | (9) (8-9,4-6,2) |
| (6) (4-6,2,-)        | (10) (11,7,3)   |
| (8) (8,4-6,2,-)      |                 |
| (9) (8-9,4-6,2)      |                 |
| (11) (11,8-9,4-6)    |                 |
| (12) (11-12,8-9,4-6) |                 |

圖二為比較使用 SACK 與 NACK 來做錯誤回復(error recovery)時的所需封包的差異。在圖二中，共送出了 12 個封包其中封包 1、3、7、10 掉了，本計畫所提出的 TCP Formosa 使用 NACK 方式來做錯誤回復的動作，只需用 4 個 NACK 封包就可完成。相較於傳統的 TCP 使用 SACK 機制，卻需要 8 個封包。TCP Formosa 在反向連結(reverse link)上節省了相當多的頻寬，而反向連結的有限頻寬正是非對稱性的網路中的瓶頸，所以 TCP Formosa 可以在數位用戶回路上達到很高的效能。

我們使用 ns2 來進行模擬驗證，圖三為我們使用的模擬網路拓樸，在順向連結(forward link)上的頻寬=10Mbps，網路延遲=5ms;在反向連結(reverse link)上網路延遲=50ms，頻寬變化  $r=20\text{Kbps} \sim 600\text{Kbps}$ 。資料封包=1 Kbytes，ACK 封包=40 Bytes，Queue length limit=10 packets。在(1)式中，我們也定義了非對稱比例  $r$ ，對應頻寬的變化， $r=20 \sim 4$ 。

$$\text{asymmetry ratio } r = \frac{\text{ACK Tx time}}{\text{Data Tx time}} \quad (1)$$

圖三、模擬網路拓樸



圖四、Multiple connections TCP utilization comparison

我們在(2)式中定義多個連結的順向連結使用效能(forward link utilization)，其中  $U_i$  定義為第  $i$  個連結的使用效能。

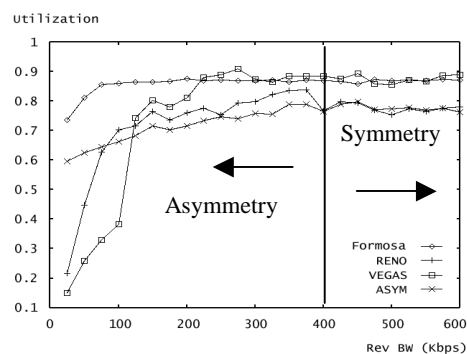
$$U = \frac{\sum U_i}{\text{Max. achievable network throughput}} \quad (2)$$

圖四中，橫軸為反向連結的網路頻寬，縱軸代表使用效能。圖左方部分為非對稱性網路，右方為對稱性網路，我們可以清楚看到本計畫所提出的 TCP Formosa 在非對稱性網路環境下具有最佳的效能，而且在對稱性網路上也具有相當好效能。這是由於 TCP Formosa 使用「an ACK per window」機制及 NACK 機制，大大減少在反向連結上的交通量，所以頻寬非對稱性不會對它的效率有明顯的影響。

我們在(3)式中也定義了各個連結的公平性(fairness)。其中  $N$  代表所有進行的連結(connections)數目。

$$\text{Fairness} = \frac{(\sum U_i)^2}{N * \sum U_i^2} \quad (3)$$

TCP Formosa 在進行 congestion avoidance 的機制時，因為使用量測順向延遲變化(forward delay variation)的方法機制，而非利用量測封包的漏失，來作為偵測擁塞的方法，並且使用 AIMD 的方式。因此在圖五中，TCP Formosa 不論在對稱性網路或非對稱性網路，公平性始終保持在很靠近 1，相較於其他的協定而言，很適用數位用戶迴路的系統。



圖五、各種 TCP 之公平性比較

此外，TCP Formosa 中也使用了 SA (Sender Adaptation)，送端在送一個以上的封包時，會在一個 RTT 時間上以平均速率送出，所以可以避免突發流量(burst transmission)，這也使得網路擁塞的機會大大的降低。

本年度計畫針對改善 TCP 在數位用戶迴路的效能，設計了一個新的協定-TCP Formosa。針對所架設的平台量測的特性，TCP Formosa 針對數位用戶迴路的非對稱性頻寬特性，提出「an ACK per window」、「new acknowledgement scheme」、「new congestion avoidance」、「NACK」等機制來改善效能(throughput)，公平性(fairness)，及錯誤回復(error recovery)，並以模擬驗證其正確性與有效性。TCP Formosa 不需要對 gateways 作修改，只需要 end-to-end 的 TCP 軟體作修改即可，其可行性也大大提高。

#### 四、 計劃結果自評

本子計劃「數位用戶迴路上網路電話與代理伺服器服務之設計」，以設計數位用戶迴路上網路電話與網路代理伺服器為目標。並與其他子計畫共同合作以完成總計畫「多媒體多服務通訊系統」。

本年度中針對改善 TCP 在數位用戶迴路的效能為出發點，所設計之 TCP Formosa 針對數位用戶迴路的非對稱性頻寬特性，確實改善了 TCP over xDSL 的效能與公平性。本計畫提出的 TCP Formosa 只需要 end-to-end 的 TCP 軟體作修改即可，因此其可行性也大大提高。

本子計劃本年度的成果有：

- (1) 研究非對稱性頻寬對 TCP 的影響
- (2) 提出新協定 TCP Formosa
- (3) 模擬分析 TCP Formosa 效能
- (4) 研究設計 TCP Formosa 實作軟體

本計劃初步成果已發表於 IEEE ICC 2001 (International Conference on Communications 2001)。

未來我們將繼續完成實作的軟體，並且利用已架設 xDSL 實驗網路，作實際傳輸測試，並結合下二年度的成果，完成 VoIP 與 web proxy over xDSL 的計畫目標。並與其他計畫整合，進行實地測試。

#### 五、 參考文獻

- [1] Wanjiun Liao and Yi-Der Li, "TCP Formosa: New Congestion Avoidance and Control for TCP", *IEEE ICC 2001*, pp.1824-pp1827
- [2] V. Jacobson, "Congestion Avoidance and Control", *Proc. ACM SIGCOMM '88*, August 1988
- [3] D.Chiu and R. Jain, "Analysis of the Increase and Decrease Algorithms for Congestion Avoidance in Computer Networks", *Computer Networks and ISDN Systems*, Vol. 1, pp.1-14, 1989
- [4] C. Parsa and J.J.G-L, "Improving Congestion Control over Internet with Heterogeneous Media", *Proc. IEEE ICNP '99*, pp213-221
- [5] H.Balalkrishnan, V.N.Padmanabhan, and R.H. Katz, "The Effects of Asymmetry on TCP Performance," *Proc. ACM MobiCom '97*
- [7] V. Jacobson, R. Braden, and D. Borman, "TCP Extensions for High Performance," *IETF RFC 1323*, May 1992