

資料流在差別服務網路中之資源侵奪行為

Interclass Resource Infringement in DiffServ Networks

李俊瑩

國立政治大學資訊科學系

s8842@cs.nccu.edu.tw

連耀南

國立政治大學資訊科學系

lien@cs.nccu.edu.tw

摘要

DiffServ 差別性服務對不同特性資料流的封包給予不同的處理方法以提供 QoS 服務。本研究藉由 NS-2 模擬器在 DiffServ 上模擬 UMTS 資料流中即時性服務與非即時性服務，以研究在 DiffServ Domain 下，不同優先等級的資料流之間的資源侵奪特性。

我們以較高等級之 VoIP 與較低等級之 Pareto 資料流在不同流量比例下研究彼此之資源侵奪行為。實驗結果顯示，在 DiffServ 中較高等級之服務(VoIP) 對非即時性服務之資源侵奪隨著流量比例之不同而有顯著之影響。當 VoIP 所佔比例較小時，其有較大之資源侵奪機會而能維持 QoS 而不致大幅影響較低等級之非即時性服務的效能。

關鍵字：服務品質，差別性服務網路

Abstract

DiffServ QoS mechanism gives packets various forwarding treatments according to different traffic classes to achieve the QoS goals. This research uses NS-2 simulator to study the resource infringement behavior between higher class services (e.g. VoIP) and lower services under DiffServ domain. Experiments show that resource infringement behavior is highly dependent on the ratio of higher and lower class services. When the higher class service (VoIP) occupies only a small portion of the traffic, it has a bigger

opportunity to infringe the resources of lower class services without incurring a significant performance impact to the lower class services.

Key words: QoS, DiffServ

1. 前言

通訊與資訊科技的大幅進步，電信自由化帶來的激烈競爭，以及網際網路的蓬勃發展，刺激大量多媒體網路資訊的流通，為了因應此種趨勢，網路提供者已趨向合併數據及電信網路朝單一的 All-IP 網路方向發展，原本由 circuit switching 網路提供的服務將會被轉換成 IP 封包，由 All-IP 網路傳送。為了保證時效性服務在 All-IP 網路上的品質，網路服務品質(QoS)已成為 All-IP 網路的主要研究議題[1, 2]。因為不同的網路應用各有不同的特性與需求；對於那些比較不注重傳輸延遲時間的應用，像是 e-mail、FTP 等，增加網路頻寬或許就已足夠應付需求，但是對於那些具有互動特性 (interactive)、重視傳輸延遲時間的應用，像 VoIP，除了增加網路頻寬外，All-IP 網路必須提供服務品質保證才能獲得網路營運者的支持。IETF 組織提出以類別等級區分服務品質的差別性服務網路 (Differentiated Service, DiffServ) [3]，依據資料特性及服務等級需求將封包分為數個等級，提供給各個等級適當的服務品質。

我們在先前之研究中[4]發現在 DiffServ Domain 中，高等級服務確實會侵奪低等級服務之資源，以獲得較高品質。本論文旨在研

究不同等級服務在不同流量比例下之資源侵奪行為，供 QoS 設計者調整網路資源之參考。研究中以 NS-2 網路模擬器[5, 6]設計不同的情境，進行實驗。本實驗將即時性及非即時性資料流加入 DiffServ 觀察即時性資料與非即時性資料之間的資源侵奪特性。

1.1 相關研究及技術

1.1.1 UMTS 資料流分類

All-IP 網路受限於分封交換原有的特性，有三大問題待解決：延遲時間(delay time)、抖動(jitter)、封包遺失(packet loss)。DiffServ 針對不同的資料流類別給予不同的服務品質。UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)系統將網路上風行的應用依時效與品質需求概略分為四大類[7]：交談式(conversational class)，串流式(streaming class)，互動式(interactive class)，背景式(background class)。

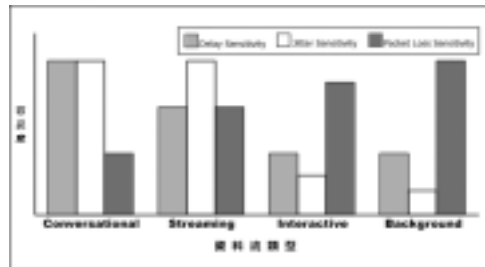


圖 1.1、各種資料流對三大品質指標之容忍度

交談式主要用來支援人類雙向溝通，根據人類感官之經驗歸納，此種服務對延遲時間與抖動相當敏感，使用者在延遲時間超過 300ms 時，就難以忍受其通話品質。但對於封包遺失則較可忍受，例如網路電話、視訊會議等。串流式則要求持續穩定的封包送達，因此對抖動相當敏感，但對延遲時間的容忍度則稍高於交談式，在傳送影音資料時，對封包遺失也稍可忍受。互動式多為資料通信(data communication)，對於延遲時間比前面兩樣類別容忍度更高，但是難以法忍

受封包遺失，如網頁瀏覽、遠端登入(telnet)等。背景式跟互動式同屬資料通信，所以也難以忍受封包遺失，但是多可以忍受較長之延遲時間，如電子郵件、檔案傳輸(FTP)等。圖 1.1 顯示各種類別對每個品質指標的容忍度。

1.1.2 DiffServ 簡介

為了依照每一資料流的需求特性給予不同的服務品質保證，IETF 組織提出了差別性服務 (Differentiated Services, DiffServ) QoS 機制。當封包進入邊境路由器時，邊境路由器便將封包分類，並標上類別碼(DSCP, DiffServ Code Point)，當封包進入核心網路時，核心路由器依照其類別進行相對應服務等級的排程，以提供承諾的服務品質。

圖 1.2 為一個典型的 DiffServ 架構，當發送端 (Source) 的 DiffServ 網域要發送封包到目的端 (Destination) 時，途中到達另一個 DiffServ 網域，當要進入口節點 (Ingress) 時，封包便被進行分類，進入核心網路後，便依照類別碼給予對應之服務，再從出口節點 (Egress) 送往目的端。



圖 1.2、DiffServ

IETF 提出了幾個關於轉送封包的服務等級：

1. 快速轉送 (EF, Expedited Forwarding)

[8]：此類的封包擁有最高的轉送優先權，保證延遲時間(delay time)，通常用來傳遞重要訊息，例如路由器上的信號等。此種服務等級只有一個類別碼，就是所謂的

Guaranteed Service.

2. 保證轉送 (AF, Assured Forwarding) [9] :

這個服務等級比 EF 低一點，但比 BE 高。

AF 又細分為四個等級，每個等級又分成三個不同的封包丟棄優先順序，若遇到網路擁塞現象，則依其優先順序丟棄封包。

3. 盡力轉送 (BE, Best-Effort Forwarding) [10] :

即為傳統 IP 網路上所使用的 BE 封包轉送機制，封包一律排隊，頻寬夠時就繼續送，不夠時就隨機丟棄封包。如果沒有設轉送規則時，封包之等級預設為 BE。原有的 IP Precedence 仍被保留，將封包分為八個等級。

1.1.3 NS-2

NS-2 (Network Simulator Version 2) [5,6] 是一個用來提供網路相關研究的物件導向模擬器，可提供完整、趨於真實的網路模擬環境，是個具有擴充性、可程式化事件驅動模擬引擎、支援各種網路通訊協定與路由排程演算法的網路模擬器。發展至今，已經是一個很成熟的網路模擬環境。

2. 實驗設計

2.1 Traffic Workload Modeling

在實驗中，我們為各種資料流選擇一種網路應用來代表：

- 即時性服務：voice over IP
- 非即時性服務：基礎流量

以下分別詳述之：

VoIP:

為了模擬即時性的資料流，本實驗選擇 VoIP 來代表即時性服務。人造的交談對話可以用一個 on/off Markov process 來做模型，活動期和靜止期分別以 $1/\beta$ 和 $1/\alpha$ 的平均間格時間做指數分配，指數變數 X 有以下的密度函數：

$$f_X(x) = \begin{cases} ae^{-ax} & x > 0; a > 0 \\ 0 & otherwise \end{cases}, \text{ where}$$

$$E[X]=1/a \text{ and } var[X]=1/a^2$$

如此，處於”on” state 的比率會是 $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ 。根據 ITU-T Recommendation P. 59 [11]，本研究將 $1/\beta$ 和 $1/\alpha$ 分別設為 1.004 秒和 1.587 秒。

處於”on” state (活動期)時會傳送固定速率 R 的資料，”off” state (靜止期)時則不傳送資料。這裡模擬的 VoIP codec 是使用 ITU-T G.729 CS-ACELP [12]，所以 R 設為 8 Kbps，且每個封包的 voice data 大小為 64 bytes。

基礎流量:

用來做對照的基礎流量是拿來模擬除了實驗觀察目標外的網路上其他非即時性的資料流。本研究是根據 NS-2 使用手冊 [6] 的建議以 Pareto on/off 分配來做模型，Pareto 密度函數為：

$$f(x) = \frac{ab^a}{x^{a+1}} \quad \text{for } x \geq b, \quad a \text{ 為}$$

shape parameter 在這裡設為 1.5， b 為 scale parameter 則設為 5 ms。

2.2 實驗設計:傳統網路 VS. DiffServ

本實驗中，先加入一混有各種資料之基礎流量來做為非即時性資料，其次將 VoIP 放入網路中，調整基礎流量大小以模擬基礎流量之負載輕重，比較 DiffServ 及傳統網路兩種機制在各種負載輕重下，即時性資料對非即時性資料的侵奪情況。

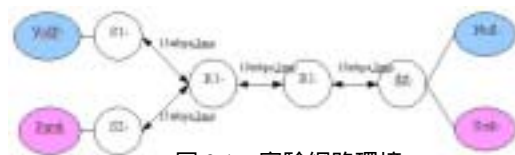


圖 2.1、實驗網路環境

網路環境

圖 2.1 顯示本實驗的網路架構，圖中圓形為節點，橢圓形為在節點上的 agent。S1、S2 與 R1 間的頻寬為 15Mbps，延遲時間為 2ms 的雙工連結 (duplex link)，R1 和 R2 間的連結為頻寬 10Mbps，延遲時間 2ms 的雙工連結，R2 和 dst 間的連結則為頻寬 15Mbps，延遲時間 2ms 的雙工連結。以 S1 為發送端模擬即時性服務，發送資料給 dst 上的 null agent，在這裡 null agent 只做單純的資料接收，並不做任何 (如流量控制等) 回應。以 Pareto 模擬非即時性資料流的發送端 S2，發送資料給 dst 上的 sink agent，sink agent 則會回以 ACK。上面的網路設計刻意將 R1 及 R2 間之連結設計成上限為 10 mbps 之瓶頸。

首先在這組網路拓樸加上傳統網路或 DiffServ QoS 機制模擬網路的運作，接著分別令基礎流量為 1、3、5、7、9 mbps (實驗一到五)，每一組實驗中再加入 1、3、5、7、9 mbps 的 VoIP，最後觀察 S1 及 S2 到 dst 的時間延遲及封包遺失量。在本實驗中，當 R1 的佇列已滿，接下來的封包就會被丟棄或被通知重送，並計算為封包遺失，但實驗仍需觀察其封包遺失量。

以上設計之目的在變化基礎流量與瓶頸頻寬之比例由小至大，藉以研究各種資源侵奪空間比例對 VoIP 之品質所能提供之助益。

表 2.1、實驗組別及變因

實驗組別	基礎流量與瓶頸頻寬之比例
實驗一	1(mbps) : 10(mbps)
實驗二	3(mbps) : 10(mbps)
實驗三	5(mbps) : 10(mbps)
實驗四	7(mbps) : 10(mbps)
實驗五	9(mbps) : 10(mbps)

3. 實驗結果

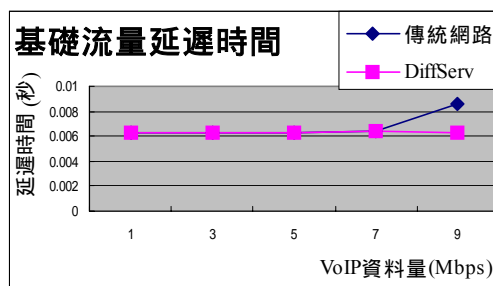


圖 3.1、實驗一基礎流量之延遲時間

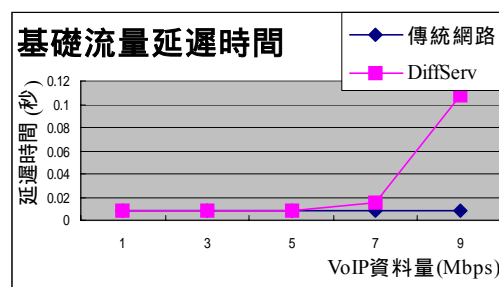


圖 3.2、實驗二基礎流量之延遲時間

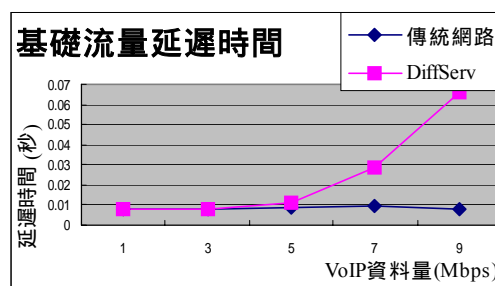


圖 3.3、實驗三基礎流量之延遲時間

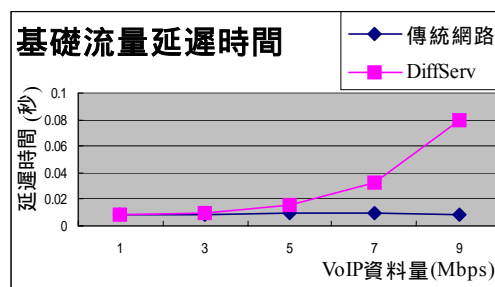


圖 3.4、實驗四基礎流量之延遲時間

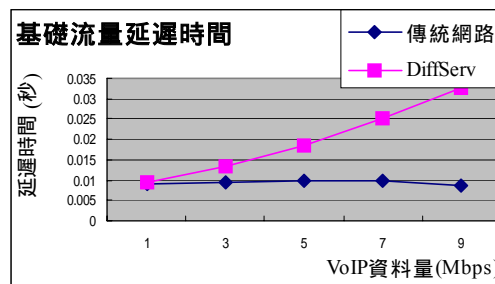


圖 3.5、實驗五基礎流量之延遲時間

圖 3.1-3.5 分別顯示基礎流量為 1、3、5、7、9 mbps 時，在不同 VoIP 流量時的延遲時間。由圖顯示當基礎流量在 1 mbps 時，兩種網路提供的服務差不多；基礎流量在 3 mbps 以上，傳統網路提供給基礎流量的延遲時間服務比 DiffServ 好。

圖 3.6-3.10 分別顯示基礎流量為 1、3、5、7、9 mbps 時，在不同 VoIP 流量時的封包遺失量。觀察圖 3.6-3.10，似乎看不出流量比例對基礎流量的影響，留待後文綜合觀察。

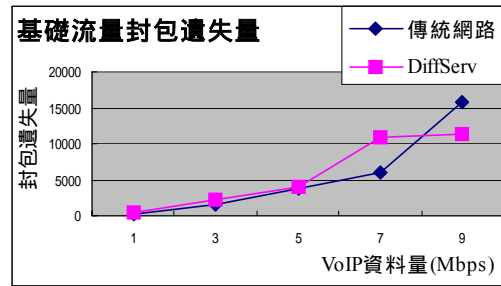


圖 3.10、實驗五基礎流量之封包遺失量

圖 3.11-3.12 顯示 VoIP 在實驗一到五的延遲時間，由圖可觀察到在傳統網路 VoIP 隨著本身的流量增加而增加延遲時間，但是在 DiffServ 網路延遲時間則幾乎沒有增加。顯示 VoIP 在 DiffServ 中品質的確受到保證。

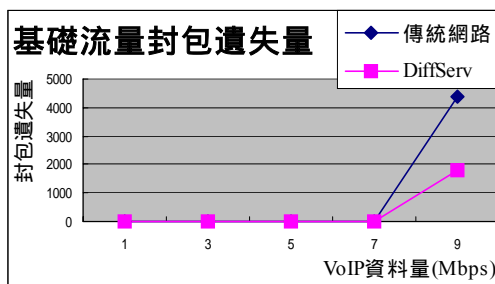


圖 3.6、實驗一基礎流量之封包遺失量

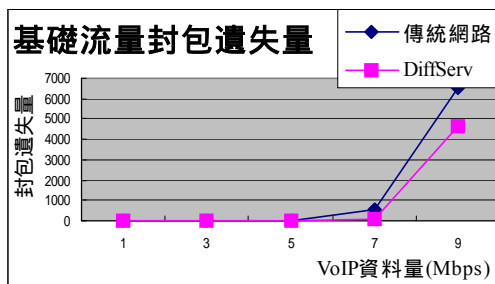


圖 3.7、實驗二基礎流量之封包遺失量

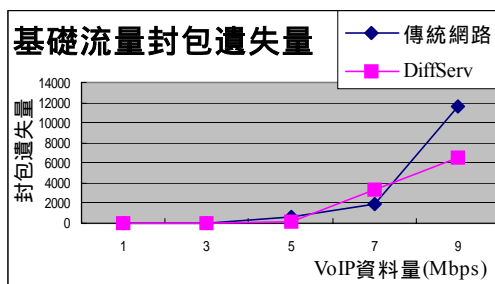


圖 3.8、實驗三基礎流量之封包遺失量

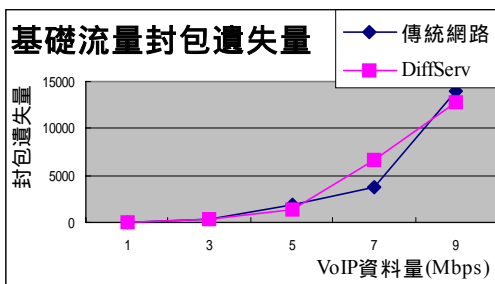


圖 3.9、實驗四基礎流量之封包遺失量

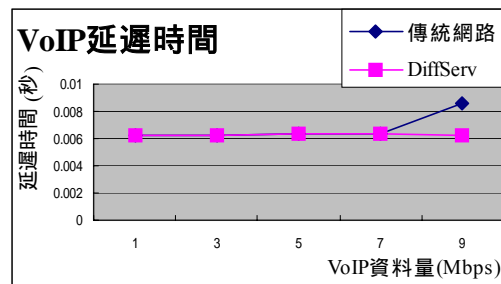


圖 3.11、實驗一 VoIP 之延遲時間

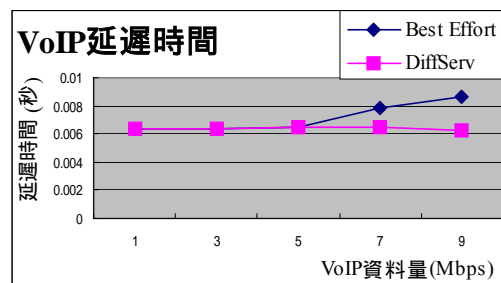


圖 3.12、實驗二 VoIP 之延遲時間

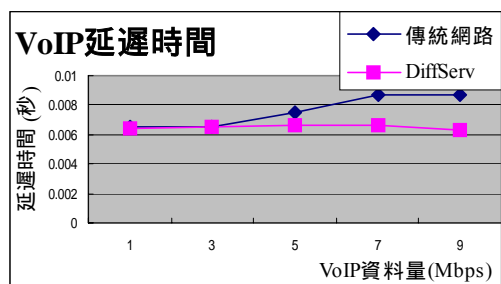


圖 3.13、實驗三 VoIP 之延遲時間

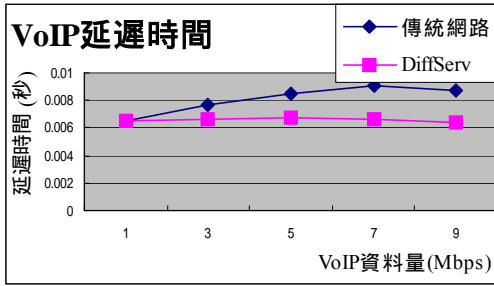


圖 3.14、實驗四 VoIP 之延遲時間

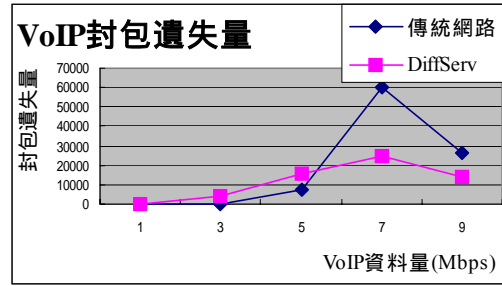


圖 3.18、實驗三 VoIP 之封包遺失量

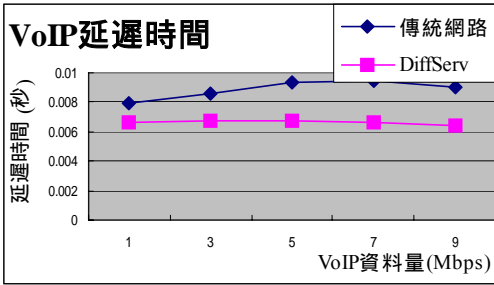


圖 3.15、實驗五 VoIP 之延遲時間

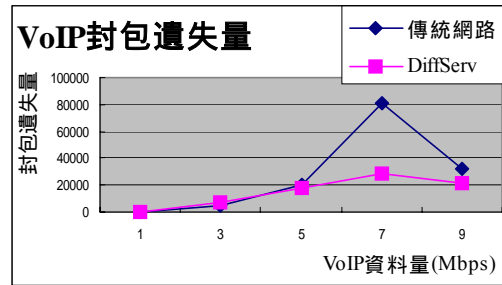


圖 3.19、實驗四 VoIP 之封包遺失量

圖 3.16-3.20 顯示 VoIP 在實驗一到五的封包遺失量，實驗一與實驗二 VoIP 在傳統網路的封包遺失狀況皆比其在 DiffServ 佳，實驗三到五則是 DiffServ 的表現漸漸較傳統網路好，顯示在 DiffServ 中基礎流量所佔比例越大，VoIP 越有空間侵奪低優先度資料流之資源。

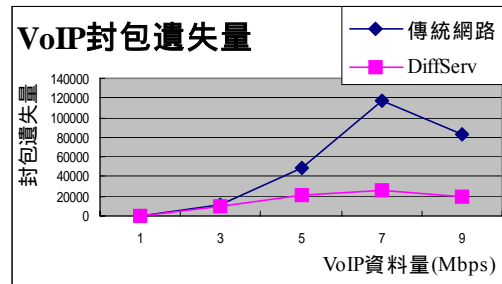


圖 3.20、實驗五 VoIP 之封包遺失量

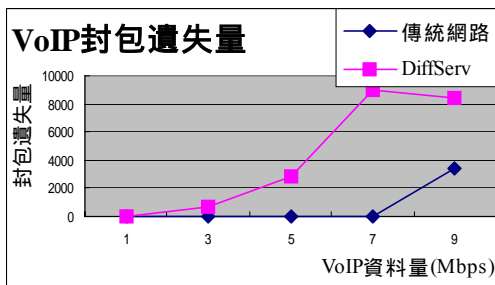


圖 3.16、實驗一 VoIP 之封包遺失量

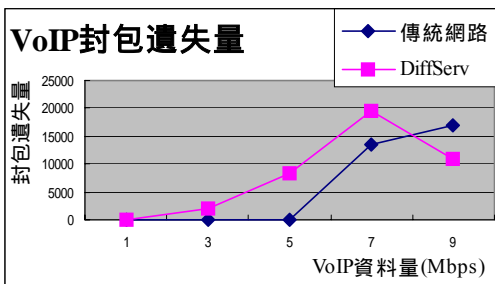


圖 3.17、實驗二 VoIP 之封包遺失量

綜合觀察

為了觀察各種資料流在 DiffServ 中受影響的情況，我們定義兩個指標。

Parameter List	
T	delay time reduction by DiffServ
L	packet loss reduction by DiffServ

- T ：傳統網路中之延遲時間減掉 DiffServ 網路中之延遲時間(秒)
- L ：在傳統網路中之封包遺失率減掉在 DiffServ 網路中封包遺失率(kbps)

圖 3.21-3.25 是觀察在不同的 VoIP/基礎流量比例下，DiffServ 所提供的資源侵奪空

間及 QoS 保證。圖 3.21 為 VoIP 之 T (在傳統網路及 DiffServ 之延遲時間差), 當基礎流量所佔頻寬比例越大時, 可侵奪資源的空間也越大, 也就越能保證 VoIP 延遲時間。

圖 3.22 為 VoIP 之 L (在傳統網路及 DiffServ 的封包遺失差), 當基礎流量比例越大時 VoIP 封包遺失量方面的表現也越好。

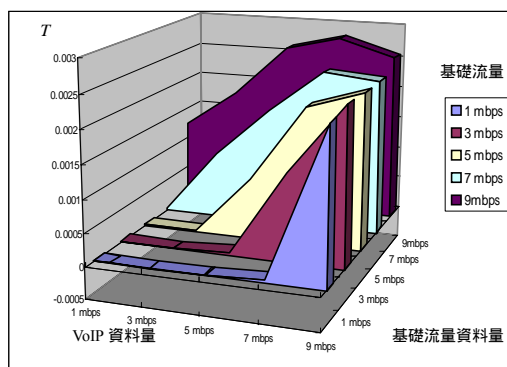


圖 3.21、VoIP 在兩種網路之延遲時間差

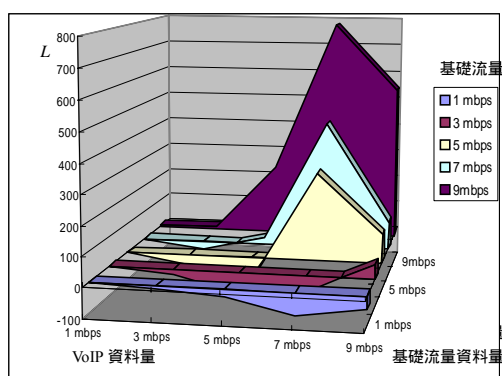


圖 3.22、VoIP 在兩種網路之封包遺失量差

接下來觀察基礎流量受影響的程度。圖 3.23、3.24 為基礎流量之 T 及 L , 在 DiffServ 機制下, 當基礎流量之資源被 VoIP 侵奪時, 其效能會較傳統網路差, 從圖 3.23、3.24 中 T 及 L 都有負值出現可知。當基礎流量佔瓶頸頻寬之 10% (1 mbps) 時, VoIP 與基礎流量總合未超過瓶頸頻寬, 故 VoIP 不需侵奪基礎流量之頻寬。當基礎流量超過 3 mbps 時, VoIP 對基礎流量開始產生影響 (T 及 L 出現負值), 當基礎流量越大, 越有空間讓 VoIP 所侵奪, 故基礎流量之 T 及 L 之絕對值逐漸減少 (效能損失逐漸減少)。

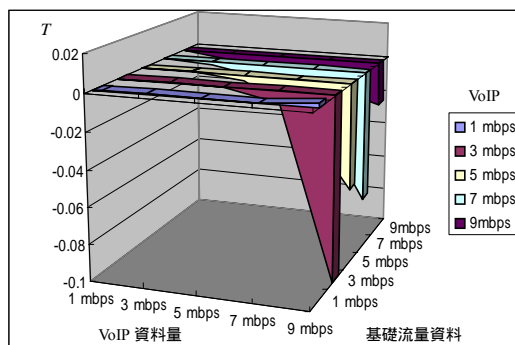


圖 3.23、基礎流量在兩種網路之延遲時間差

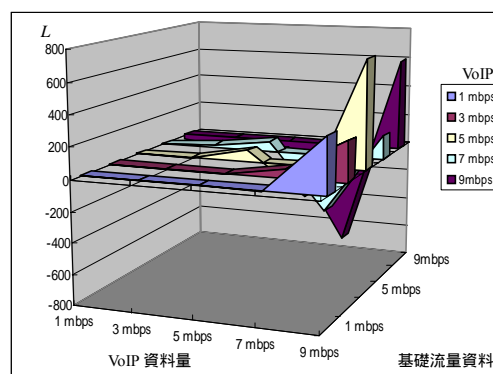


圖 3.24、基礎流量在兩種網路之封包遺失差

4. 結論及未來研究議題

4.1 結論

在 DiffServ 中, 當基礎流量所佔流量比例較大時, 較有空間提供 VoIP 侵奪, 若基礎流量所佔流量比例較小時, 對 VoIP 之助益也較小, 顯示在 DiffServ 中較高等級之即時性服務對非即時性服務之資源侵奪行為會隨著兩者所佔之流量比例而有所不同而有顯著之影響。當 VoIP 所佔比例較小時, 其有較大之資源侵奪機會而能維持 QoS 不致大幅影響較低等級之非即時性服務的效能。

4.2 未來研究議題

本研究尚有以下待改進之處:

- 網路拓模極為簡單, 並不足以代表真實世界中的網路架構, 但若加大拓模的複雜度, 實驗中的變因, 以及需要觀察的項目也會大幅增加, 實驗也會更複雜。

- 資料流不是真實產生的，實驗中的資料流都是用一些數學 model 所模擬產生的，與真實網路應用仍有差距。

參考資料

- [1] Xiao, X., L. -M. Ni, Internet QoS: A Big Picture, IEEE Network, 13(2):8-18, March-April 1999.
- [2] Miras, D., Network QoS Needs of Advanced Internet Applications, Internet2 - QoS Working Group, November 2002.
- [3] Blake, S, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, An Architecture for Differentiated Services, RFC 2475, December 1998.
- [4] 李俊瑩, 李杰翰, 連耀南, Behavior Study of UMTS QoS Classes on DiffServ Networks, 2003 Symposium on Digital Life and Internet Technologies
- [5] Fall, K., K. Varadhan, The ns Manual, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, April 2002.
- [6] Piedad, P., J. Ethridge, M. Baines, F. Shallwani, A Network Simulator Differentiated Services Implementation, Open IP, Nortel Networks, 2000.
- [7] 許瑜森, 王讚彬, QoS Challenges in Third Generation Mobile Networks, in: Proceedings of 2001 National Computer Symposium, December 2001.
- [8] Jacobson, V., K. Nichols, K. Poduri, An Expedited Forwarding PHB, RFC 2598, June 1999.
- [9] Heinanen, J., F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, Assured Forwarding PHB Group, RFC 2597, June 1999.
- [10] Clark, D., W. Fang, Explicit Allocation of Best Effort packet Delivery Service, IEEE/ACM Transactions on Networking, 6(4):364-373, August 1998.
- [11] International Telecommunication Union, Artificial Conversational Speech, ITU-T Recommendation P.59, March 1993.
- [12] International Telecommunication Union, 8 kbit/s CS-ACELP speech coder, ITU-T Recommendation G.729 Annex C, September 1998.