

UMTS 資料流類別在差別服務網路中之行為研究

Behavior Study of UMTS QoS Classes on DiffServ Networks

李俊瑩、李杰翰、連耀南

國立政治大學資訊科學系

台北市文山區指南路二段 64 號

s8842, s8839, lien@cs.nccu.edu.tw

摘要

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) 將資料流分為四類：交談式、串流式、互動式、背景式，每一種類別都有各自的特性。而 DiffServ 差別性服務則給予不同資料流的封包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 上模擬各種 UMTS 資料流服務以研究 DiffServ 所發揮的功效。實驗一比較不同資料流種類別在 Best-Effort 與在 DiffServ 兩種 QoS 機制中的效能與服務品質；實驗二觀察 DiffServ 對不同類型資料流之敏感度。實驗結果顯示，DiffServ 藉由壓抑低優先度的服務協助高優先度的服務以改善網路的整體服務品質。

關鍵字：服務品質，差別性服務網路

Abstract

UMTS defines four different types of traffic classes: conversational, streaming, interactive and background, each of them has specific characteristics. DiffServ can give packets various forwarding treatments according to different traffic classes to achieve the QoS goals. This study uses NS-2 simulator to study the behavior of all classes of traffic on DiffServ domain. Experiment 1 compares the performance of four traffic classes in the traditional Best-Efforts network and in the DiffServ network. Experiment 2 inspects the impact to the in DiffServ network when different type of traffic classes

gradually overloads. As a result, DiffServ indeed improves the network QoS level by depressing lower priority services to enhance higher priority 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。

本研究以 NS-2 網路模擬器[4, 5]設計不同的情境，進行兩個實驗。第一個實驗比較不同網路應用的資料流(traffic)在 DiffServ 與在 Best-Efforts QoS

機制下的效能與服務品質，目的是比較 DiffServ 及 BE QoS 機制的表現；第二個實驗觀察多種不同應用的資料流在 DiffServ 上保證轉送服務等級 (assured forward service class) 的品質表現，目的為研究 DiffServ 機制對各種資料流的敏感度。

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 [6]：交談式(conversational class)，串流式(streaming class)，互動式(interactive class)，背景式(background class)。

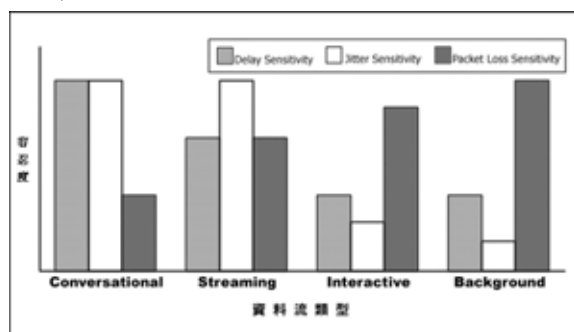


圖 1.1、各種資料流對三大品質指標之容忍度

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。

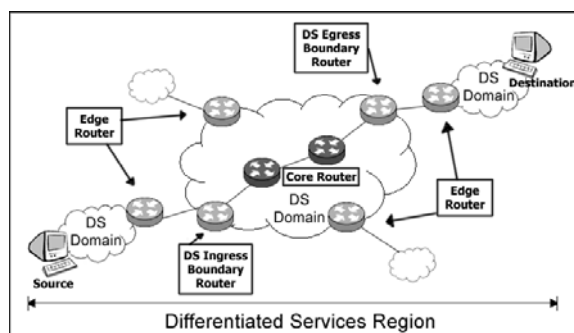


圖 1.2、DiffServ

IETF 提出了幾個關於轉送封包的服務等級：

- 快速轉送 (EF, Expedited Forwarding) [7]**：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。
- 保證轉送 (AF, Assured Forwarding) [8]**：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。
- 盡力轉送 (BE, Best-Effort Forwarding) [9]**：

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) [4,5]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，我們為每種資料流選擇一種網路應用來代表：

- 交談式：voice over IP
- 串流式：video on demand
- 互動式：telnet
- 背景式：FTP

除了特定資料流之外，實驗中還需模擬網路上的綜合資料流，代表所有資料流類型的綜合體。以下分別詳述之：

VoIP:

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：

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

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

如此，處於”on” state 的比率會是 $\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$ 。根據

ITU-T Recommendation P. 59[10]，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[11]，所以 R 設為 8 Kbps，且每個封包的 voice data 大小為 20 bytes。

VOD:

使用 CBR (constant bit rate)模擬 VOD，傳送速率設為 384 Kbps，每個封包的大小則為 210 bytes。

Telnet:

使用 NS-2 內建的 telnet traffic generator[4]產生流量，封包大小設為 1000 byte，傳送速率大約為 15.52 Kbps。

FTP:

使用 NS-2 內建的 FTP traffic generator[4]產生流量，封包大小設為 1000 byte，傳送速率大約為 3434.77 Kbps。

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 traffic。本研究是根據 NS-2 使用手冊[4]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 實驗一 (DiffServ vs. Best-Effort)

實驗一中，先加入一混有各種資料之基礎流量，其次將 UMTS 四種資料流逐一放入網路（實驗 1-1，1-2，1-3 及 1-4），調整基礎流量大小以模擬基礎流量之負載輕重，比較 DiffServ 及 BE 兩種 QoS 機制在各種負載輕重下，處理各資料流的效能。

網路環境

圖 2.1 顯示本實驗的網路架構，圖中的橢圓形為節點，方形為指派在節點上的 agent。src0、src1 與 n0 之間為頻寬 10 Mbps，延遲時間 2 ms 的雙工連結(duplex link)，n0 和 n1 間及 n1 和 dst 間的連結

則為頻寬 5 Mbps, 延遲時間 10 ms 的雙工連結。以 src0 為發送端指派一個基礎流量 agent 傳送資料給 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。在 src1 上則加入待實驗的資料流 var, 實驗中分別以不同的資料流取代 var 傳送資料給 dst 上的 sink agent, sink agent 則會依資料流之種類作出回應, 若為 TCP 則回以 ACK, 若為 UDP 則不回應。本實驗以這組網路拓模加上 BE 或 DiffServ (DiffServ 中有許多 QoS 的機制, 本實驗僅啟動優先權機制) QoS 機制模擬網路的運作。

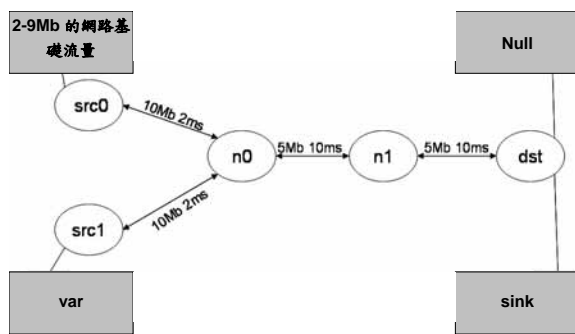


圖 2.1、實驗一網路拓模

首先令兩種網路環境的基礎流量分別為 2 到 9Mbps, var 不加任何流量, 觀察其延遲時間及封包遺失量做為我們的對照組。接著再將四種資料流逐一加入網路中取代 var, 每次就 DiffServ 跟 Best-Effort 兩種 QoS 機制進行模擬, 以基礎流量之大小做變因, 比較兩種 QoS 機制。我們調整 var 的優先權, 來引導 DiffServ 的運作。

最後, 我們觀察 src0 到 dst 及 src1 到 dst 的延遲時間及封包遺失量。本實驗中當 n0 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, 故 TCP 雖有重送機制, 但實驗仍需觀察其封包遺失量。

2.3 實驗二 (DiffServ vs. 資料流特性)

本實驗在所建立的網路環境上, 提高特定資料流量, 觀察 DiffServ 的表現。首先建立一個對照

組, 在選定的網路環境上適當搭配各類型服務, 使其都恰能符合 QoS 需求。其次, 設計若干個實驗組讓每種類型資料逐步增加流量 (如表 2.1), 觀察結果。

表 2.1、實驗二組別及變因

實驗組別	變動流量
實驗 2-1	VoIP
實驗 2-2	VOD
實驗 2-3	Telnet
實驗 2-4	FTP

網路環境

如圖 2.2, e1、core、e2 為一個 DiffServ 網域, e1 跟 e2 為邊境路由器, core 為核心路由器, s1、s2、s3 與 s4 為資料的發送端, dest 為資料的目的端。DiffServ 網域外的每條連結的頻寬為 10Mbps, DiffServ 網域內 core 到 e2 為 7Mbps, e1 到 core 為 1.5Mbps, 以 Weight Round Robin 法排程, s1, s2, s3, s4 的權數比例為 4:4:0.1:1.9, 代表 e1 到 core 的頻寬分配, 本實驗觀察目標是 e1 到 core 這一段。

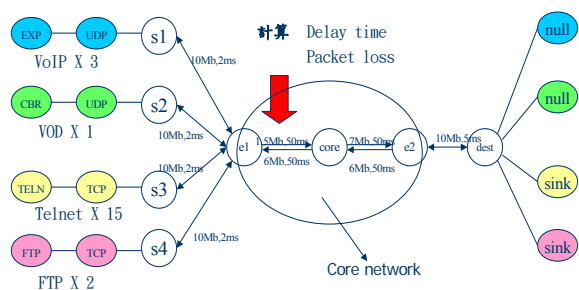


圖 2.2、實驗二網路環境

在對照組中, 設定三個 VoIP 自 s1 流入, 一個 VOD 自 s2 流入, 十五個 telnet 自 s3 流入, 兩個 FTP 自 s4 流入。觀察 e1 到 core 這一段 (封包進到邊境路由器) 的延遲時間跟封包遺失率。實驗組一到四則逐一選擇一種資料流慢慢增加其流量, 觀察延遲時間及封包遺失率。

要注意的是, 傳輸延遲時間在本實驗中, 不另外計算, 只計算 e1 點的佇列延遲時間。本實驗中當 n1 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率。

3. 實驗結果

3.1 實驗一 (DiffServ vs. Best-Effort)

對照組測試結果

圖 3.1 顯示基礎流量增加時延遲時間的變化。當基礎流量小於 5Mbps 的飽和點時，BE 網路跟 DiffServ 有相同的延遲時間，延遲時間也不會隨著流量增加而增加。當基礎流量超過 5Mbps 時，延遲時間便隨著網路流量增加而增加，且 DiffServ 的延遲時間增加得比 BE 網路稍快。圖 3.2 顯示對照組封包遺失量的情形，DiffServ 的封包遺失量大致上比 BE 網路稍多。

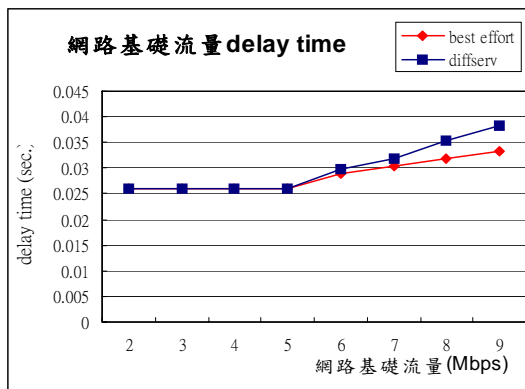


圖 3-1、對照組基礎流量之延遲時間

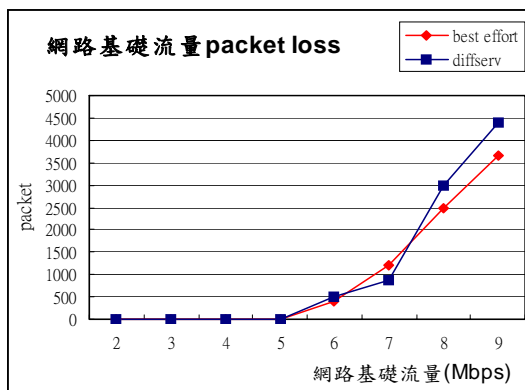


圖 3-2、對照組基礎流量之封包遺失量

實驗 1-1 (DiffServ 在交談式服務上的效能)：

由於一個 VoIP 資料流的速率只有 8 Kbps，頻寬充裕時可維持品質，當基礎流量接近上限 5Mbps

時，其品質才會惡化。由圖 3.3 可以看出飽和發生前，基礎流量的延遲時間可維持穩定，但一超過 5Mbps 飽和點，此延遲時間在 DiffServ 中，隨即開始增加得比 BE 網路快。圖 3.4 顯示基礎流量的封包遺失量在 DiffServ 及傳統 BE 網路差不多。

圖 3.5 顯示在飽和發生前，VoIP 資料流的延遲時間在兩種 QoS 機制中幾乎沒有增加，但一超過 5 Mbps 飽和點，VoIP 的延遲時間在 BE 網路中隨即開始線性增加，而在 DiffServ 中則沒有明顯的變化。圖 3.6 中則顯示 VoIP 資料流的封包遺失量。

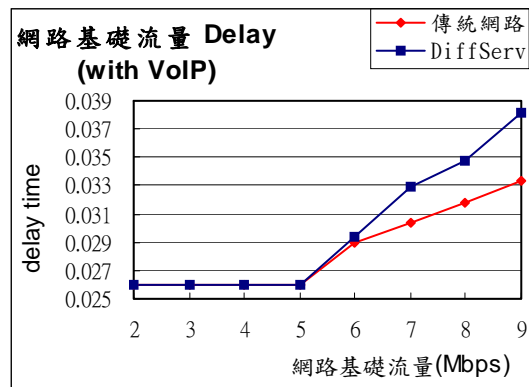


圖 3-3、實驗 1-1 中基礎流量之延遲時間

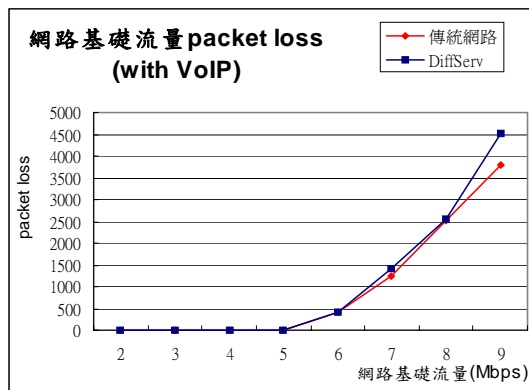


圖 3-4、實驗 1-1 中基礎流量之封包遺失量

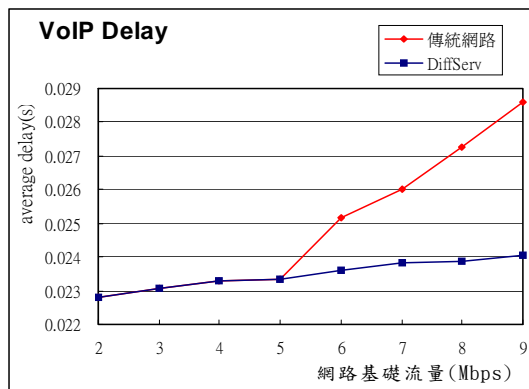


圖 3-5、實驗 1-1 中 VoIP 之延遲時間

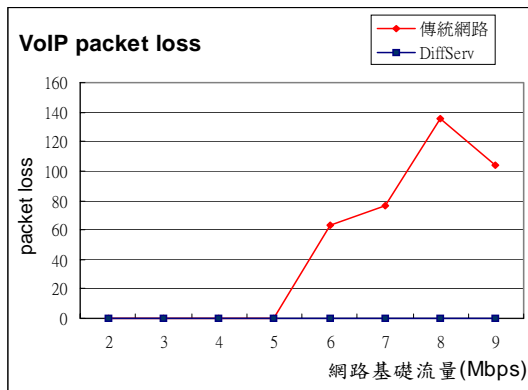


圖 3-6、實驗 1-1 中 VoIP 之封包遺失量

本實驗顯示 DiffServ 機制在大負載時壓抑基礎流量以協助 VoIP 服務。

實驗 1-2 (DiffServ 在串流式服務上的效能)：

由圖 3.7 顯示在飽和點大約發生在基礎流量 4 Mbps 時，在此之前，基礎流量的延遲時間在兩種網路中幾乎沒有增加，但一超過 4 Mbps，基礎流量的延遲時間在 DiffServ 中隨即開始增加，在 BE 網路中增加速度則較慢。圖 3-8 顯示基礎流量在兩種 QoS 機制的封包遺失量。基礎流量的封包遺失量在 DiffServ 中比在 BE 網路中多。

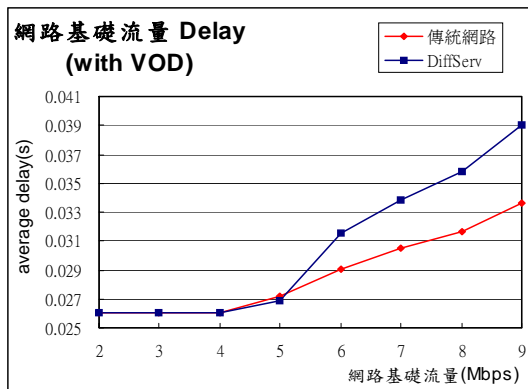


圖 3-7、實驗 1-2 中基礎流量之延遲時間

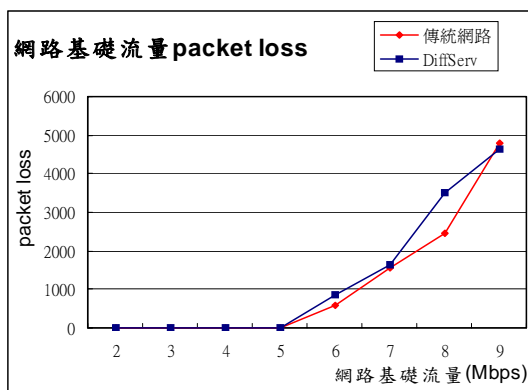


圖 3-8、實驗 1-2 中基礎流量之封包遺失量

圖 3-9 顯示 VOD 的延遲時間變化，在基礎流量未超過 4Mbps 時，VOD 的延遲時間只有相當少量增加，超過 4Mbps 後，VOD 的延遲時間在 DiffServ 中增加量仍然不多，但在 BE 網路中，則大幅增加。圖 3-10 中為 VOD 的封包遺失量，在 DiffServ 中 VOD 沒有遺失封包，但在 BE 網路中則有遺失封包。本實驗顯示 DiffServ 在大負載時壓抑基礎流量以協助 VOD 服務。

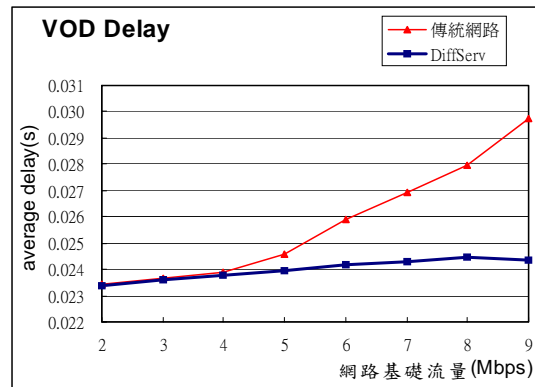


圖 3.9、實驗 1-2 中 VOD 之延遲時間

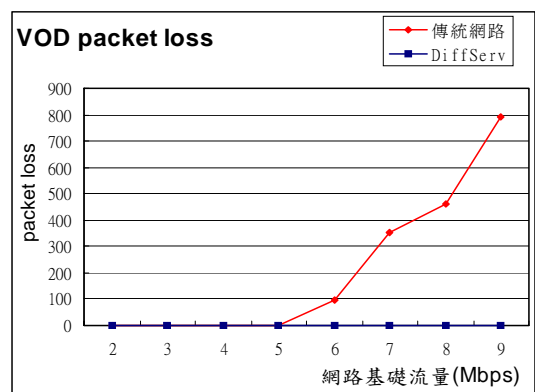


圖 3.10、實驗 1-2 中 VOD 之封包遺失

實驗 1-3 (DiffServ 在互動式服務上的效能)：

基礎流量達到 5 Mbps 前，從圖 3.11 中觀察到其延遲時間在兩種 QoS 機制中都沒有增減。在 5 Mbps 和 7 Mbps 之間，此延遲時間在兩種機制都有稍微增加，但差異不大。超過 7 Mbps 後 DiffServ 中的基礎流量延遲時間才增加的比較快。圖 3.12 列出了封包遺失量，基礎流量的封包遺失量在 DiffServ 中和在 BE 差不多。

圖 3.13 可以看出大約在基礎流量 5 Mbps 時，

BE 中 telnet 資料流的延遲時間才開始增加，而 DiffServ 中 telnet 的延遲時間則維持不變。在兩種 QoS 機制中，telnet 皆沒有遺失封包。

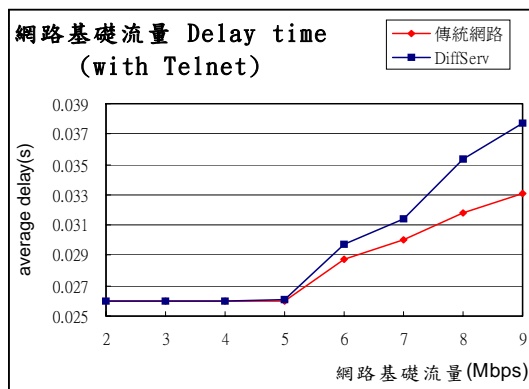


圖 3.11、實驗 1-3 中基礎流量之延遲時間

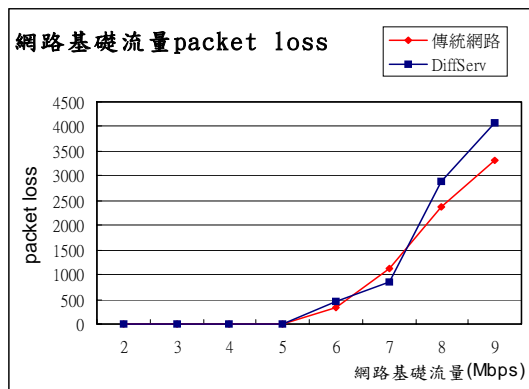


圖 3.12、實驗 1-3 中基礎流量之封包遺失量

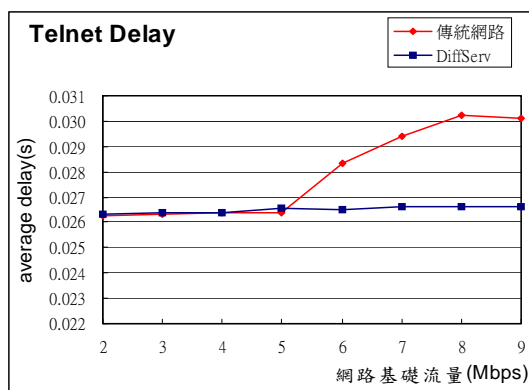


圖 3.13、實驗 1-3 中 telnet 之延遲時間

實驗 1-4 (DiffServ 在背景式服務上的效能):

圖 3.14 顯示，當基礎流量到達 5Mbps，其在 DiffServ 中的延遲時間較在 BE 中增加快。圖 3.15 顯示在兩種機制下基礎流量的封包遺失量差不多。

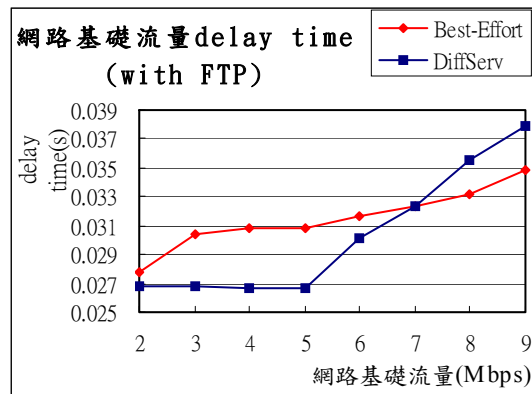


圖 3.14、實驗 1-4 中基礎流量之延遲時間

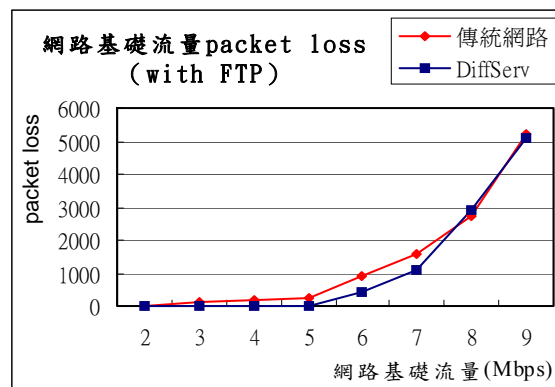


圖 3.15、實驗 1-4 中基礎流量之封包遺失量

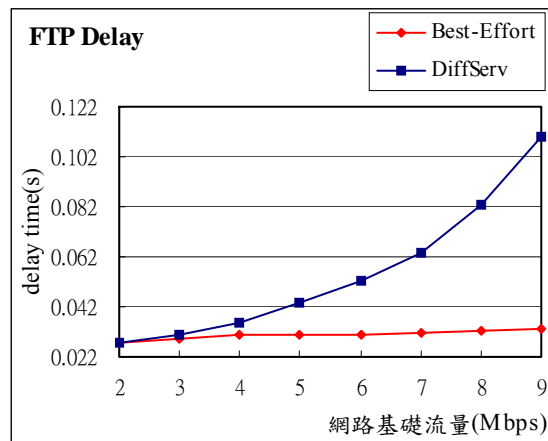


圖 3.16、實驗 1-4 中 FTP 之延遲時間

由圖 3.16 看出在 BE 中 FTP 資料流延遲時間跟基礎流量差不多(不超過 0.04 秒)，而在 DiffServ 中則一開始就增加，顯示 DiffServ 以較低的優先度處理 FTP 服務。由於背景式服務並不計較延遲時間，反而對封包遺失量較為重視，FTP 在每一個實驗組所遺失的封包皆微不足道。圖 3.17 顯示，BE 及 DiffServ 裡的 FTP throughput 會隨著基礎流量的傳送速率增加而隨之線性減少。圖 3.18 顯示基礎

流量的 throughput，在 BE 及 DiffServ 裡，throughput 隨著速率增加而合理的增加，顯示 DiffServ 可讓 FTP 不遺失封包，但犧牲其延遲時間及 throughput。

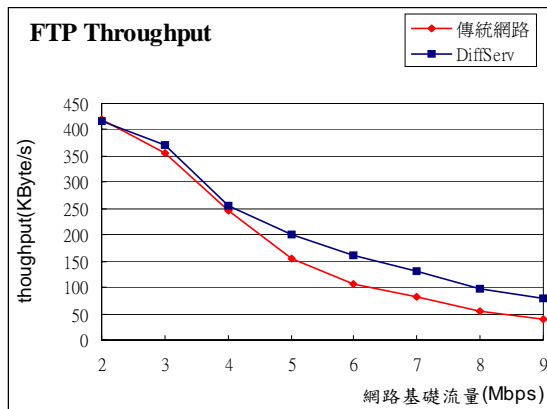


圖 3.17、實驗 1-4 中 FTP 之 Throughput

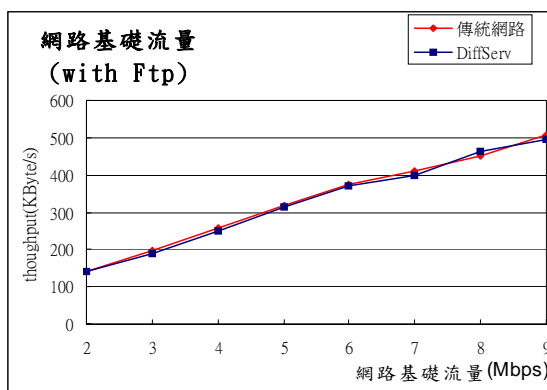


圖 3.18、實驗 1-4 中基礎流量之 Throughput

3.2 實驗二 (DiffServ vs. 資料流特性)

對照組

模擬結果如圖 3.19，每個資料流都沒有遺失封包，但有少許的延遲時間。

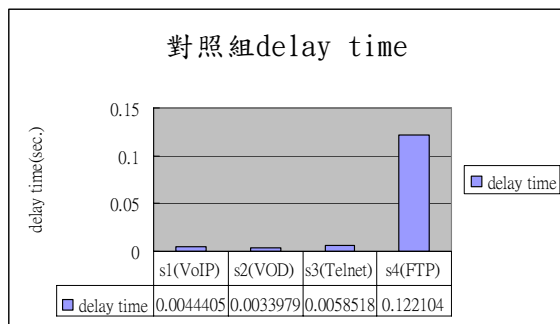


圖 3.19、對照組之延遲時間

實驗 2-1 (DiffServ 對交談式服務之敏感度)

實驗 2-1 的延遲時間及封包遺失率如圖 3.20、

3.21，當 VoIP 逐漸增加後，VoIP 的延遲時間及封包遺失率皆增加，當 VoIP 增加成為四個後，封包遺失率已超過三成。另外，每增加一個 VoIP，FTP 的延遲時間也隨著增加，但封包遺失率維持在零。最後，VOD 跟 telnet 比較不受 VoIP 影響，延遲時間及封包遺失率沒有太大的變化。

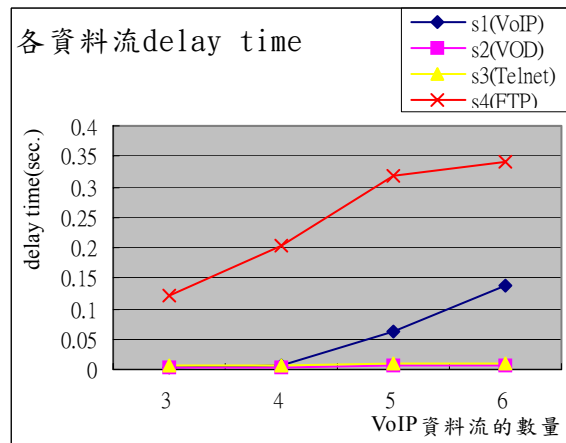


圖 3.20、變動 VoIP 對延遲時間之影響

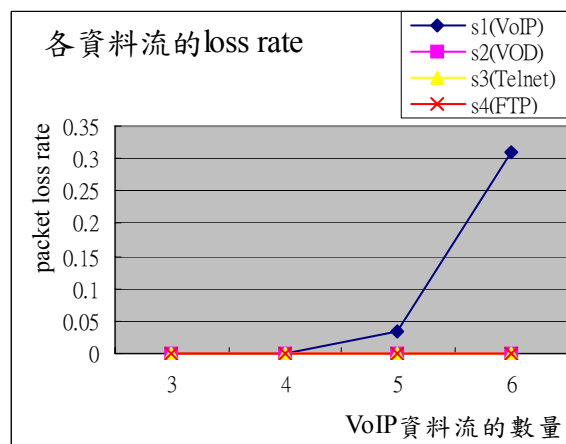


圖 3.21、變動 VoIP 對封包遺失率之影響

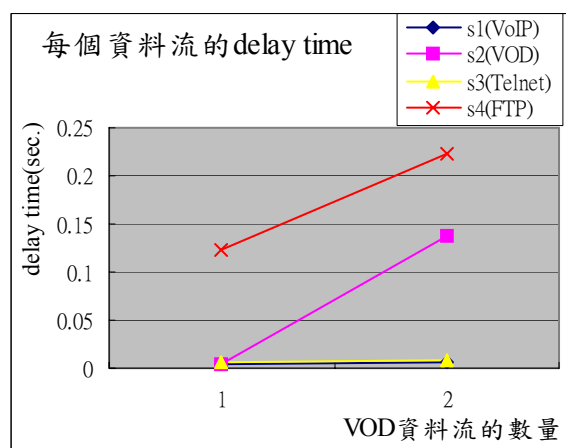


圖 3.22、變動 VOD 對延遲時間之影響

實驗 2-2 (DiffServ 對串流式服務之敏感度)

實驗 2-2 的延遲時間及封包遺失率如圖 3.22、3.23，VOD 之延遲時間及封包遺失率皆增加，當增加一個 VOD 後，其延遲時間增加到 0.14 秒，封包遺失率也上升超過 80%，幾乎癱瘓。FTP 延遲時間上升，封包遺失率則沒有影響。其他的資料流 (VOD 及 telnet) 之延遲時間沒有增加，封包遺失率也為零。

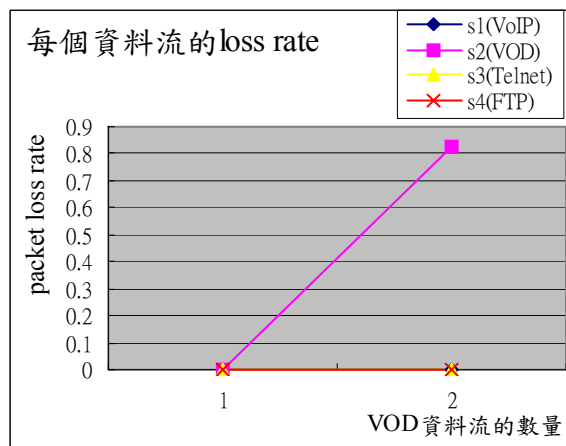


圖 3.23、變動 VOD 對封包遺失率之影響

實驗 2-3 (DiffServ 對動式服務之敏感度)

實驗 2-3 的封包遺失率皆為零，延遲時間則顯示於圖 3.24，FTP 的延遲時間上升，但 VOD、telnet 及 FTP 則幾乎不受影響。圖 3.25 則顯示 VoIP、VOD 及 telnet 的延遲時間，當 telnet 逐漸增加後，telnet 的延遲時間也慢慢小幅增加，但對 VoIP 及 VOD 都沒有影響。

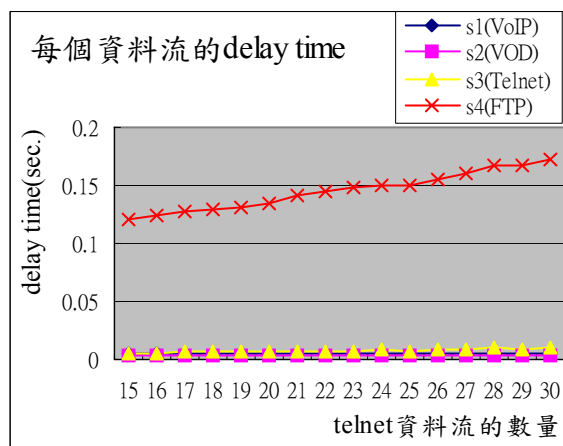


圖 3.24、變動 telnet 對延遲時間之影響

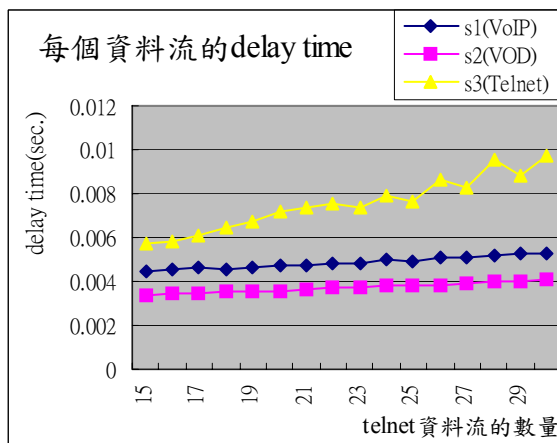


圖 3.25、變動 telnet 對延遲時間之影響

實驗 2-4 (DiffServ 對背景式服務之敏感度)

實驗 2-4 的延遲時間及封包遺失率如圖 3.26、3.27，FTP 的延遲時間大幅上升，封包遺失率也有上升，增加 8 個 FTP 之後，封包遺失率小於 0.3%，但延遲時間則超過 1 秒。VoIP、VOD 及 telnet 的延遲時間如圖 3.28，當 FTP 慢慢增加，對 VoIP、VOD 及 telnet 的延遲時間幾乎沒有影響。

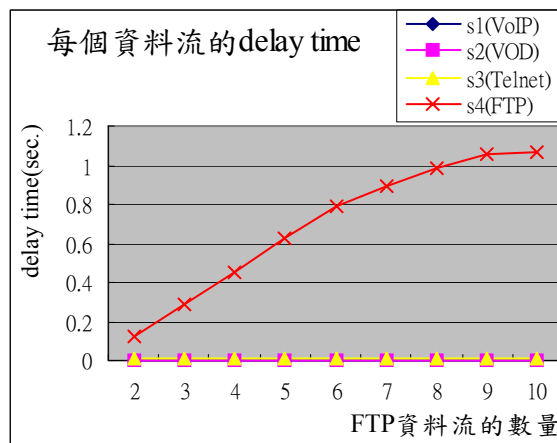


圖 3.26、變動 FTP 對延遲時間之影響

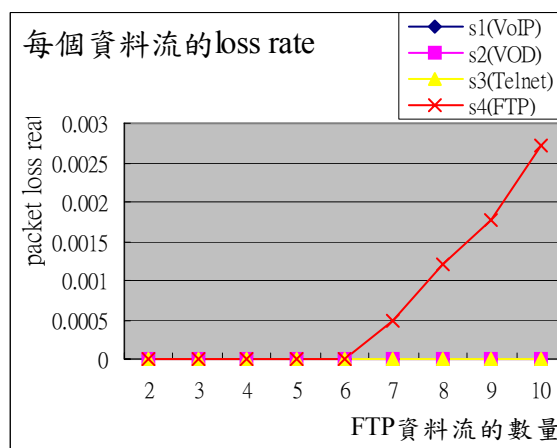


圖 3.27、變動 FTP 對封包遺失率之影響

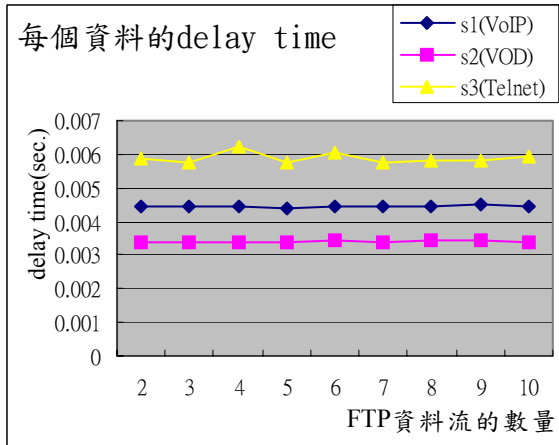


圖 3.28、變動 FTP 對延遲時間之影響

4. 結論及未來研究議題

4.1 結論

從實驗一的結果可以看出 DiffServ 的確可以有有效的提升網路 QoS。當增加流量時，基礎流量的品質會降低。顯示 DiffServ 在維持低優先度服務的品質下適度壓抑其優先度，以協助高優先度服務提高品質，如此可提高整體服務品質。

實驗二則有以下結論：

- 由於個類資料流有各自的分配頻寬，每一個類型的資料流增加僅會對自己造成影響。
- 每種類型的資料流增加，FTP 的延遲時間都會增加，顯示分配給 FTP 之頻寬會被其他服務搶走。
- 除了 FTP，其他三種資料流幾乎互相不受影響，顯示其頻寬獲得保證。
- 根據不同的資料流類型，增加的延遲時間或封包遺失率也不一樣。

由於 FTP 及 telnet 所佔頻寬在本實驗中較少，所以可以被 VoIP 及 VOD 兩種流量佔用的頻寬也不多。故 VoIP 及 VOD 流量太大時，只對自己造成較大的影響。

4.2 未來研究議題

本研究尚有以下待改進之處：

- 網路拓樸極為簡單，並不足以代表真實世界中的網路架構，但若加大拓樸的複雜度，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。
- 如何調整各項 QoS 機制以配合 DiffServ 以增加整體服務品質，則是非常重要的研究議題。

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] Fall, K., K. Varadhan, The ns Manual, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, April 2002.
- [5] Piedad, P., J. Ethridge, M. Baines, F. Shallwani, A Network Simulator Differentiated Services Implementation, Open IP, Nortel Networks, 2000.
- [6] 許瑜森, 王讚彬, QoS Challenges in Third Generation Mobile Networks, in: Proceedings of 2001 National Computer Symposium, December 2001.
- [7] Jacobson, V., K. Nichols, K. Poduri, An Expedited Forwarding PHB, RFC 2598, June 1999.
- [8] Heinanen, J., F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, Assured Forwarding PHB Group, RFC 2597, June 1999.
- [9] Clark, D., W. Fang, Explicit Allocation of Best Effort packet Delivery Service, IEEE/ACM Transactions on Networking, 6(4):364-373, August 1998.
- [10] International Telecommunication Union,

Artificial Conversational Speech, ITU-T
Recommendation P.59, March 1993.

- [11] International Telecommunication Union, 8 kbit/s
CS-ACELP speech coder, ITU-T
Recommendation G.729 Annex C, September
1998.