

部分可靠傳輸控制協定於多媒體網路之研究

吳建德

東海大學資訊工程學系
研究所碩士生

g97350060@thu.edu.tw

陳張正

東海大學資訊工程學系
大學部

s952849@thu.edu.tw

郭昭佑

中興大學資訊科學學系
研究所博士生

phd9305@cs.nchu.edu.tw

朱延平

東海大學資訊工程學系
教授

ypchu@thu.edu.tw

摘要

多媒體網路傳輸環境下，應用程式的服務品質(QoS)是很重要的議題，本研究在一個基於影音串流的環境，使用選擇性重傳的機制進行傳輸，Basic Partial Reliable TCP(Basic PR-TCP)在傳輸影音封包時，配合應用程式需求重傳重要的封包(I-Frame)，然而當網路環境壅塞造成封包連續遺失的情形時，將導致連線異常中止，為解決此問題，本研究對 Basic PR-TCP 進行改良，提出 ChenWengYang Partial Reliable TCP 並使用網路模擬器進行實驗，ChenWengYang Partial Reliable TCP 解決了連線異常中止的問題，並增進多媒體網路的服務品質與效能。

關鍵詞：多媒體網路、服務品質、選擇性封包重傳、連線異常中止問題。

Abstract

Multimedia Networking has become more and more popular and there are so many applications such as streaming video (YouTube), internet telephony in our daily life. Quality of Service is a challenging issue for the multimedia applications to provide users a better experience. Basic Partial Reliable TCP is an elastic transmission schema that a sender can retransmit important packet for example, the I-Frame in a video stream. However Basic Partial Reliable TCP causes a serious problem during transmission that is “infinity waiting problem”. In this paper, we provide

ChenWengYang Partial Reliable TCP to improve the performance of Basic Partial Reliable TCP. The simulation results are quite satisfactory and prove that ChenWengYang Partial Reliable TCP a better transmission schema in multimedia applications.

Keywords: multimedia networks, quality of service, partial reliable TCP, infinity waiting problem.

1. 前言

隨著資訊科技的快速成長，使用影音、動畫、視訊等相關多媒體資訊已經成為現今的主流，提供多元的網路使用者經驗(user experience)，例如 Google 的 YouTube 是一個讓使用者分享影音的平台。

多媒體串流讓使用者在不需等待的情況下，觀看影音資料，在影音串流的運作中，通常為多媒體資料進行壓縮編碼處理，以符合網路頻寬和設備的限制，常見的壓縮標準如 H.263[11]、MPEG[7]等。

網路應用程式的特性不同，需要提供的傳輸服務也不相同，一般而言，網路應用程式可根據資料可靠性(reliable)、頻寬(bandwidth)、時效(timing)與安全性(security)加以分類，在使用多媒體影音串流(video streaming)的服務時，可以容忍少許的資料遺失，對資料的可靠性需求較低，但在頻寬使用上有 10kbps 至 5Mbps 的需求，目前現行網路 TCP/IP stack 其傳輸控制協定(Transmission Control Protocol,

TCP)、使用者資料段協定(User Datagram Protocol, UDP)提供盡全力服務(best effort service),網路會盡可能的將資料段從傳送端送往接收端,但卻無法提供時效與可靠性的保證。網路多媒體影音串流傳輸時使用 TCP 雖可保證完整送達,但遇上要求時效性的即時影音時(如視訊電話),重傳過期的封包是無意義的;若使用 UDP 的封包傳送資料,雖然有利於整體傳送速率,但由於缺少壅塞控制的機制,傳輸品質則可能降到使用者無法接受的程度。因此,提供多媒體網路較佳的服務品質是本研究的目標。

MPEG 壓縮標準為目前最普遍的壓縮技術之一,MPEG 由連續的畫面(Frame)組成,分為 I-Frame(Intraframe)、P-Frame(Unidirectional Prediction Frame)與 B-Frame(Bi-directional Prediction Frame),其中,I-Frame 是每個畫面群組的第一張,為 P-Frame 與 B-Frame 的參考,若要提升傳輸品質,則須確保 I-Frame 確實到達接收端,在目前的研究中,Partial-Reliable TCP(PR-TCP)[1]是為選擇性保證送達的機制,可以確保重要性較高的封包送達,又不會重傳遺失的不重要封包以節省網路頻寬的消耗,並降低接收端的平均等待時間,然而此方法在 Basic PR-TCP 模式時,存在「連線異常中止問題」。當 Basic PR-TCP 連續遺失三個(或以上)的 Regular 封包時,連線會發生異常中止問題(參看 2.5 節),造成後續封包的傳輸停頓。為解決此問題,本研究提出「ChenWengYang Partial Reliable TCP(CWY PR-TCP)」以解決此問題。

本研究使用網路模擬工具 NS2(Network Simulator 2[2][12])模擬實際網路環境,並以 EvalVid[5]多媒體品質評估工具進行封包分析,比較 Basic PR-TCP 與 CWY PR-TCP 的結果,並得到 CWY PR-TCP 有較佳的表現,且沒有「連線異常中止問題」。

本研究在第二章介紹影音串流與傳輸層

通訊協定等相關研究;第三章為本研究提出的 CWY Partial Reliable TCP;第四章為實驗模擬,使用 NS2 與 EvalVid 工具進行分析;第五章為結論與未來研究方向。

2. 文獻探討

寬頻應用發展迅速,多媒體網路的服務品質要求越來越高,以影音串流應用為例,在傳輸時受到頻寬與檔案壓縮處理等因素,造成播放的影片有畫面不流暢、解析度不佳等問題,而在多媒體傳輸過程中,又易受到封包遺失或延遲的問題影響服務品質。綜合以上,若要提升多媒體傳輸品質,需使封包即時送達接收端,因此本章節首先對影音串流技術與檔案壓縮技術進行研究,以了解多媒體網路的特性;為了確保網路上的封包到達接收端,對現行網路傳輸機制如:TCP、UDP 等進行探討,以找出更佳的傳輸方式,提升多媒體網路服務品質。

2.1 影音串流技術

影音串流(Video Streaming)是一種經由網路來播放影音檔案的技術,不同於傳統收看網路影音資料必須下載至用戶設備後才可播放,串流技術讓用戶端只需預先下載到部分影音資料即可開始播放,大量節省了使用者在等待下載的時間,視訊會議、線上教學、即時線上轉播等都為影音串流的應用。影音串流的運作包含五大部份:Video Producer、Video Server、Web Server、Internet 與 Client,其運作流程如圖 2-1 所示。Video Producer 將硬體裝置所拍攝到的影像資料進行影像處理,並將所得串流影音資料放至 Video Server,由 Web Server 將特定的 port 指定給 Video Server,把影音資料串流送出,且利用 UDP 通訊協定,透過 Internet 與 Client 端建立串流傳輸,如此一來,Client 只需於遠端連結 Web Server,即可觀看拍攝之影像。

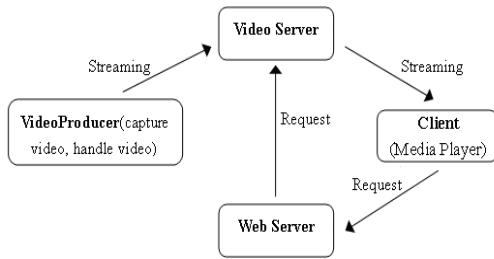


圖 2-1：影音串流架構

2.2 視訊多媒體壓縮與傳輸議題

一段視訊序列由 Frame 組成，而連續的 Frame 之間有很大的相似度，影像壓縮的目的就是要將相似重複的資訊去除，以增加傳輸效率，在現行的壓縮編碼技術中，MPEG 為最普遍的視訊壓縮的標準之一，至今已制定了 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-3、MPEG-4 等多個標準。在進行 MPEG 編碼時產出三種不同類型的 Frame：I-Frame、P-Frame、B-Frame。I-Frame 是每個畫面群組(Group of Pictures, GOP)的第一張，經過適度地壓縮，作為隨後畫面群組裡 P-Frame 與 B-Frame 的參考。P-Frame 在解碼時，會到參考前面較早被播放的 I-Frame 或 P-Frame；B-Frame 在解碼時，則使用前面及後面兩個方向參考畫面的資料。由於 P-Frame 與 B-Frame 皆參考前後畫面且以動態補償方式預測編碼，其壓縮效率有較高的表現。

MPEG 的影像可以被解構為以 GOP 為單位做編碼的動作，如圖 2-2 所示，GOP 的大小為 10 表示為(10,3)，10 為前一個 I-Frame 到下一個 I-Frame 的畫面數，3 為 I-Frame 到 P-Frame 的畫面數。而不同的 Frame 對畫面品質有不同程度的影響，I-Frame 是從原影像壓縮之後得來的影像，P-Frame 則參考前面的 P-Frame 或 I-Frame 來組成自己的畫面，B-Frame 則透過前後參考 P-Frame 或 I-Frame 的影像來構成自己的畫面，影音串流在播放與傳送的順序是不一樣的[1]，從圖 2.2 可以看到播放順序為 I、B、

B、P、B、B、P、B、B、P，而傳送順序其實為 I、P、B、B、P、B、B、P、B、B，在傳送時若能讓屬於 I-Frame 的封包全數到達，使 I-Frame 的完全解碼，此解碼對往後 P-Frame、B-Frame 的參考相當重要，也可因此提昇整體畫面的品質。

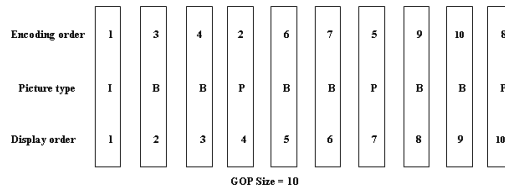


圖 2-2：Frame 編號

然而，現今網際網路的 IP 協定提供盡全力(best effort)服務，並不保證傳輸的封包能確實到達接收端且影音串流在傳輸過程中允許有限度的封包遺失，在以上的限制下，選定適合的傳輸層協定是相當重要的，在 2.3 節探討傳輸層兩個重要的通訊協定 TCP 與 UDP。

2.3 TCP 與 UDP 通訊協定

TCP(Transmission Control Protocol[9])提供了連接導向服務(connection oriented)、可靠性服務、流量控制(flow control)和壅塞控制(congestion control)等機制。TCP 藉由壅塞控制以決定傳送到網路上的資料量，避免封包在網路傳輸時發生遺失，同時這也是影響 TCP 效能的最大因素。TCP 壅塞控制經過改良，歷經幾種不同的版本如：Tahoe、Reno、New Reno 與 Vegas 等，但其基本的控制機制可分為四個階段[3] [6]：

- (1) Slow Start：由於 TCP 傳送端無法得知網路資源的使用情形，因此新建立的 TCP 連線需逐步的增加資料發送量，以壅塞視窗(congestion window, cwnd)為單位，每收到一個接收端的確認訊息，cwnd 值加一(如圖 2-3)，在 slow start 的階段，cwnd 呈現指數成長以快速找到適當的發送速率，並以封包發生遺失時的 cwnd 為門檻值(slow start

threshold, ssthresh)。

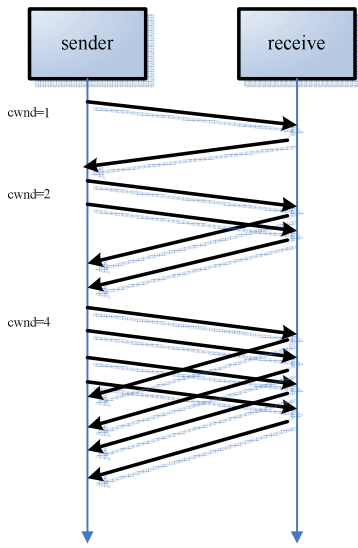


圖 2-3：Slow Start

(2) Congestion Avoidance: 當 cwnd 值大於門檻值(ssthresh)時，進入 Congestion Avoidance 的階段，此時傳送端每收到一個確認訊息

時，cwnd 呈現線性成長，每次增加 $\lfloor 1/cwnd \rfloor$ 。

(3) Fast Recovery: 當收到該筆資料重複的三次確認訊息(duplicate ACK)時，不進入 Slow Start，而進入 Congestion Avoidance 的狀態，此時門檻值(ssthresh)與 cwnd 均降為封包遺失時 cwnd 值的一半。

(4) Timeout: 當傳送端送出封包後，若在一定的時間內沒有收到接收端的回應，則認為此封包遺失，網路呈現壅塞狀態，cwnd 值降為 1，重新進入 slow start 狀態，重新設定 ssthresh 為發生封包遺失時 cwnd 的一半，即為 cwnd/2。

透過 TCP 的壅塞控制與可靠性服務等機制能確保封包到達接收端，對於需要可靠性服務的應用程式如：Email、檔案傳輸等，TCP 提供相當的便利性並自我調整傳輸的流量以適應網路環境；但對於需要低頻寬與即時性的影音串流服務，UDP 更為適合。

UDP(User Datagram Protocol[6])，為非連接導向(connectionless oriented[8])，因此資料傳

輸前不會建立傳送端到接收端的連線，不會檢查資料是否無誤送達接收端，也不保證資料能確實到達目的地，在傳送資料的速度上比 TCP 有更好的表現。由於 UDP 缺乏可靠性，因此使用 UDP 應用程式必須能容忍一定數量的封包遺失，例如：影音串流、網路電話等，表 2.1 為 TCP 與 UDP 兩個通訊協定的比較。

然而在 2.2 節提到影音串流傳輸過程裡，不同的畫面具有不同的重要性，其中 I-Frame 的重要性比 P-Frame 與 B-Frame 還高，Basic Partial Reliable TCP[1]使用選擇性重傳的機制，依照應用程式的需求對 I-Frame 提供遞送服務的保證，以達到節省網路資源消耗並提升服務品質的目標，2.4 節介紹 Basic Partial Reliable TCP 的方法。

表 2-1：TCP 與 UDP 比較表

通訊協定	TCP	UDP
服務項目		
連線服務	連接導向	非連接導向
可靠性服務	確保傳送的資料無誤的到達接收端，具可靠性	不保證資料能夠安全的送達，缺乏可靠性
其他	具壅塞控制、流量控制	無
應用程式	E-mail、檔案傳輸、Web	網路電話、影音串流等服務

2.4 Basic Partial Reliable TCP

Basic Partial Reliable TCP(以下簡稱 Basic PR-TCP[1])提供了選擇性的遞送保證，運作於傳送與接收兩端。Basic PR-TCP 定義了三種封包的保護等級(protection class)，分別為 Regular、Certified、Registered，其中 Regular 為一般性的封包，不提供遞送保證；Certified 是有生命期的重要封包，僅在生命週期內提供遞送保證，若逾時則不提供保證；Registered

是重要的封包，提供遞送保證。Basic PR-TCP 將保護等級記錄於封包的標頭(header)，因此在標頭新增三個欄位：Pt (Packet Type)記錄封包的保護等級；Bpt (Before Packet Type)記錄前一個封包的保護等級；Npt (Next Packet Type)記錄下一個封包的保護等級，並使用 Packet Life Control Scheme 與 Selective Retransmission Scheme 作為控制封包重傳的機制。Basic PR-TCP 依照應用程式指示，將封包的保護等級填入標頭的欄位中，維護一個封包生命期限 (Retransmission Limit, RL)，Certified class 的封包設定為非零值，Registered 及 Regular class 則設定為 null。讓封包在一定的時間內重傳，避免網路資源的浪費，又根據不同的保護等級在傳輸端與接收端增加封包遺失處理機制如表 2-2 所示。

表 2-2：不同保護等級遺失處理機制

保護等級	傳送端	接收端
Regular	do not retransmit	do not wait
Certified	if (RL!=0){ retransmit ; RL --; };	wait until message is received
Registered	retransmit	wait

Basic PR-TCP 的壅塞控制分為三個狀態：Slow Start、Congestion Avoidance 與 Fast Selective Retransmit and Fast Recovery。SS 為 Slow Start：在 $cwnd < ssthresh$ 時，連結建立後， $cwnd$ 大小以加倍的方式增加速率，直到遺失的產生。CA 為 Congestion Avoidance：在 $cwnd \geq ssthresh$ ，執行 $cwnd$ 線性成長的機制。FF 為 Fast Selective Retransmit and Fast Recovery：當封包遺失時，降低傳送速度，且只重傳指定封包。Basic PR-TCP 壅塞控制機制在 FF 階段若是非 Regular 的封包遺失時， $cwnd$ 值會減半再以線性方式成長，這是與 TCP 不同的地方。藉由 Basic PR-TCP 的壅塞控制，可有效的根據網

路的狀況調節傳送速度，不致加重網路壅塞狀況，Basic PR-TCP 的 state diagram 可參照圖 2-4，並以虛擬碼表示如下：

```

BEGIN Procedure of ACKarrival
IF packet loss THEN
    Newcwnd=(1/2)*cwnd
    IF Pt=Regular THEN
        cwnd=Newcwnd+1
    ENDIF
    ELSE
        IF Pt=Certified THEN
            cwnd=Newcwnd+1;
            IF RL=0 THEN
                transmission stop;
            ENDIF
            ELSE RL-- , retransmit packet;
        ELSE retransmit packet;
    ELSE update cwnd;
    remove ack;
    transmit next packet;
ENDIF
END ACKarrival
    
```

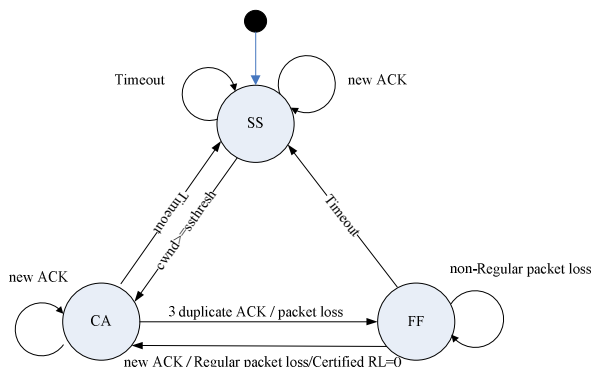


圖 2-4：Basic PR-TCP 的 state diagram

2.5 連線異常中止問題

Basic PR-TCP 提供具彈性的封包重傳機制，當網路負載低時 Basic PR-TCP 能增進網路的效能並提升傳輸品質；然而，一旦網路負載升高造成封包遺失率過高時，將發生連線異常

中止的現象，隨後的封包無法收到。本研究將此現象稱為連線異常中止問題，以下對此問題的發生原因進行分析：

表 2-3：封包順序

封包編號	1	2	3	4	5
保護等級	r	a	a	a	r

表 2-4：接收端保護等級

封包編號	1	2	3	4	5
保護等級	r	a	x	a	r

假設傳送端現有 5 個封包等待傳輸，其保護等級如表 2-3 所示 (r 代表為保護等級為 Registered；a 代表 Regular)。在傳輸過程中，以上封包因網路壅塞發生遺失，由於第 1 與第 5 個封包保護等級為 Registered，在等待回應時間內未收到接收端的確認訊息，故自動重傳；而第 2、3、4 個封包為 Regular，並無重傳的機制。接收端由第 1 個封包標頭裡的 Npt 可以推算出第 2 個封包是 Regular，由第 5 個封包標頭裡的 Bpt 可以推出第 4 個封包是 Regular，如此一來接收端中得到的保護等級訊息如表 2-4 所示(x 代表未知的保護等級)。

由表 2-5 發現由於第 3 個封包保護等級為 Regular 並無重傳機制，且又因第 2、4 個封包不重傳，故第 3 個封包也無法從第 2 個封包的 Npt、第 4 個封包的 Bpt 得知其等級。因此，接收端永不可能知道第 3 個封包的等級，接收端的視窗(window)左端停在第 3 個封包，無法前進。換言之，每當遇上連續三個(或以上)的 Regular 封包遺失，連線將發生異常中止，導致停頓的現象降低網路服務品質，此連線異常中止現象可參照第四章實驗一。

3. ChenWengYang Partial Reliable TCP

本研究基於影音串流傳輸的環境下，對 Basic PR-TCP 的連線異常中止問題提出解決方法，即是 ChenWengYang Partial Reliable TCP。

3.1 CWY Partial Reliable TCP

CWY Partial Reliable TCP(以下簡稱 CWY PR-TCP)基於 Basic PR-TCP 架構做修改，可以解決連線異常中止問題。CWY PR-TCP 定義兩種封包保護等級:Regular 與 Registered。Regular 是一般性的封包，不提供遞送保證，而 Registered 是重要的封包，提供遞送保證(參考表 3-1)，並於封包標頭中新增欄位 VideoID，用以紀錄 Frame 的編號，提供給接收端參考封包順序。

表 3-1：CWY PR-TCP 封包遺失處理機制

保護等級	傳送端	接收端
Regular	不使用重傳機制	不等待
Registered	使用重傳機制	等待接收正確的封包

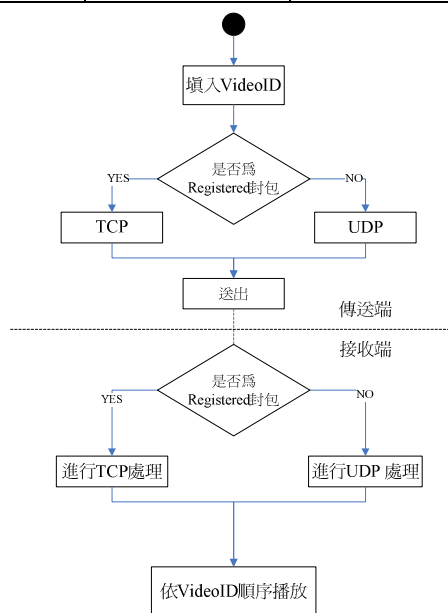


圖 3-1：CWY PR-TCP 整體流程圖

CWY PR-TCP 之流程圖如圖 3-1 所示，當傳送端由上層收到影音封包時，首先依照 Frame 順序將 VideoID 填入封包標頭欄位，接著檢查封包的保護等級，若保護等級是 Registered，則以 TCP 方式傳送；若為 Regular，則以 UDP 方式傳送，其中只有 Register 封包採用壅塞控制機制。當接收端接收到封包後，首先根據封包的保護等級進行壅塞控制與封包

遺失處理機制，再將封包以 VideoID 順序於接收端播放。

3.2 CWY PR-TCP 與 Basic PR-TCP 的比較

在 Basic PR-TCP 中，所有的封包均使用 sequence number 作編號，當發生連線異常中止問題時，接收端無法判斷當前封包的保護等級且無法接收到該 sequence number 的封包導致視窗停止滑動，網路連線停頓。CWY PR-TCP 以「混合 TCP 與 UDP」方式，Registered 封包選擇使用 TCP 傳輸，有 sequence number；Regular 選擇使用 UDP 傳輸，沒有 sequence number；在接收依據上 CWY PR-TCP 使用自定義的 VideoID，接收端依據 VideoID 順序播放影片，逾時的封包則自動忽略，此項機制與 Basic PR-TCP 相比，一旦遇上連續三個(或以上)封包遺失時，CWY PR-TCP 的接收端不需得知封包保護等級，因此不會有連線異常中止問題。Basic PR-TCP 與 CWY PR-TCP 兩者差異的比較如表 3-2 所示。

表 3-2: Basic PR-TCP 與 CWY PR-TCP 之比較表

項目 \ 傳輸方法	Basic PR-TCP	CWY PR-TCP
傳輸方式	TCP	TCP 與 UDP
接收端接收依據	sequence number	VideoID
接收端是否需要紀錄保護等級	需要	不需要
連續 3 個以上 Regular 封包遺失	無法偵測 Regular 封包遺失	可自動忽略 Regular 封包遺失

4. 實驗結果

本章節對 Basic PR-TCP 的連線異常中止問題進行模擬並與 CWY PR-TCP 做比較，觀察網路效能服務品質的影響。

4.1 模擬環境

本研究使用 NS2(Network Simulator 2)[2][12]與 EvalVid[4][5][10]模擬傳輸影音串流的環境，以觀察網路服務的品質。NS2 是一套用來模擬網路運作的軟體。內建了現行網際網路通訊協定(TCP、UDP 等)環境，可依據需要的網路狀況，製作各種拓撲，並設定相關參數提供使用者進行分析。EvalVid 則為一套多媒體評估工具，並以視覺化的方式提供使用者比較影像傳輸品質之優劣。其架構如圖 4-1 所示，影像原始資料格式為 YUV，首先使用 EvalVid 轉碼工具將其轉成 MP4 格式後執行影像分析程式(mp4trace)，將 MP4 每一個 Frame 的相關資訊擷取出來，生成 traffic trace 檔。traffic trace 檔紀錄了影像中所有 Frame 的播放時間、大小與順序。NS2 匯入該檔案並進行網路模擬後，會生成傳送端與接收端的 traffic trace files，紀錄了兩端影音封包傳送與接收時的封包 ID、大小與時間。

影像修補模組將 traffic trace files 與傳送端、接收端的 traffic trace files 比對，重建 MP4 影片，此影片為網路模擬下生成的結果。影像修補模組將影片轉回 YUV 格式後，對照原影片與重建影片，便可分析獲得重建影片的 PSNR 值；本實驗使用的模擬影片為 foreman¹。

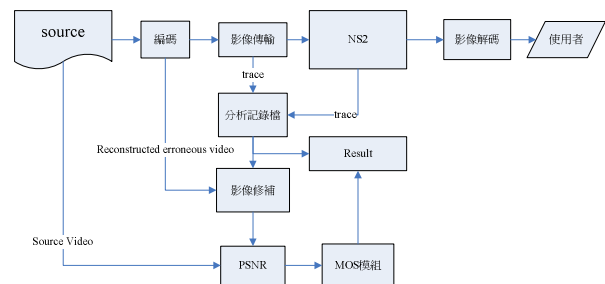


圖 4-1: EvalVid 架構圖

4.2 Basic PR-TCP 連線異常中止問題

使用 Basic PR-TCP 或 UDP 於一網路壅塞環境下進行模擬實驗(圖 4-2 為網路拓撲;表 4-1

¹來源 <http://trace.eas.asu.edu/yuv/index.html>

為環境參數)，觀察連線異常中止問題的影響，其中 UDP 為對照組。

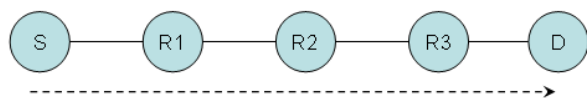


圖 4-2：拓模環境

表 4-1：環境參數

傳輸通訊協定	UDP、Basic PR-TCP
傳輸頻寬設定	S-R1、R3-D： 10Mbps, Delay 1ms Queue: 10
Bottleneck	R1-R2-R3： 5Mbps, Delay 1ms Queue: 10
封包等級設定	I-Frame 為 Registered，其他為 Regular

由圖 4-3 發現原始影片 foreman 應傳送 659 個封包，由於 Frame 36-38 遺失，Basic PR-TCP 連線中止傳送，而此三個封包的保護等級為 Regular。在 PSNR 值表現方面，因為連線異常中止問題，Basic PR-TCP PSNR 為 15 比使用 UDP 連線時的 PSNR 為 34.8 降低 50%，如圖 4-4 所示，為了更清楚的顯示實驗結果，在此將圖 4-3 的 X 軸設定在在 0.6 至 1 秒間。

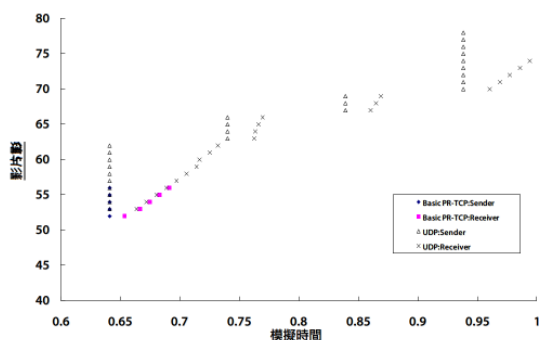


圖 4-3：UDP 與 Basic PR-TCP 封包傳送時間圖

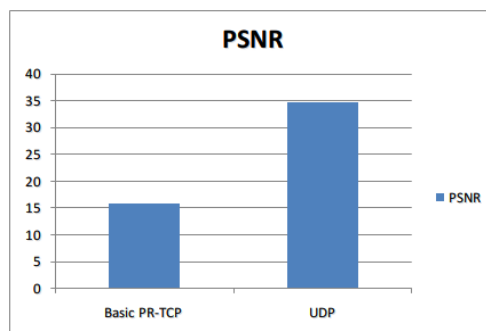


圖 4-4：PSNR 值比較

4.3 效能與傳輸品質比較

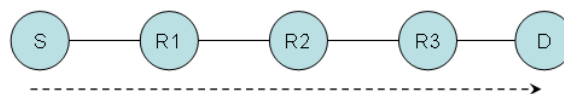


圖 4-5：網路拓模

表 4-2：環境參數

傳輸通訊協定	UDP、Basic PR-TCP、CWY PR-TCP
傳輸頻寬設定	S-R1、R3-D： 10Mbps, Delay 1ms Queue: 3
Bottleneck	R1-R2-R3： 5Mbps, Delay 1ms Queue: 3
封包等級設定	I-Frame 為 Registered，其餘為 Regular

此實驗使用 Basic PR-TCP、UDP 或 CWY PR-TCP 架構模擬影音串流傳輸，其目標有二個：(1) 觀察連線異常中止問題；(2) 比較 CWY PR-TCP 與 PR-TCP 的傳輸品質。圖 4-5 與表 4-2 為此實驗的網路拓模與環境參數。

由圖 4-6 的實驗結果得知 Basic PR-TCP 因為連線異常中止問題，只收到 22 個封包；UDP 與 CWYPR-TCP 皆成功接收到了 657 個封包，CWY PR-TCP 解決了連線異常中止的問題，且在封包接收數目上表現較佳；圖 4-7 為沒有使用網路傳輸的原始畫面，由圖 4-8、4-9、4-10、4-11 所示，CWY PR-TCP 在 PSNR 值與畫質有較佳的表現；其中，圖 4-10 中 Basic

PR-TCP 因為連線異常中止問題，造成畫面停格，在此次實驗，CWY PR-TCP 提供多媒體網路較佳的服務品質。

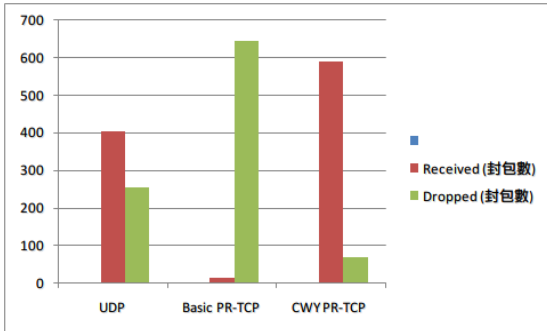


圖 4-6：封包接收與丟棄數比較圖

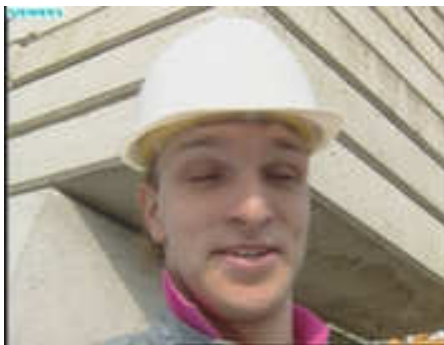


圖 4-7：原始畫面(foreman)

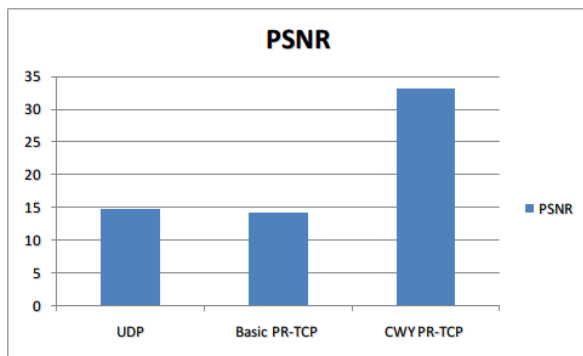


圖 4-8：PSNR 值比較

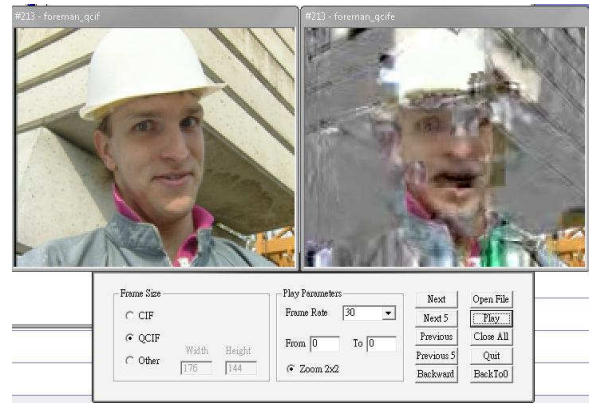


圖 4-9：使用 UDP 傳輸影像

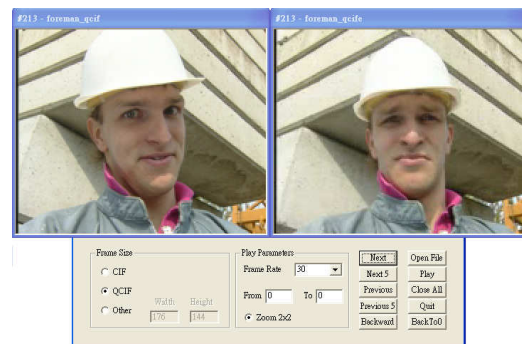


圖 4-10：Basic PR-TCP 傳送影像結果

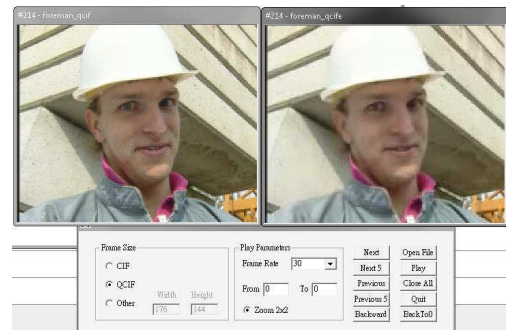


圖 4-11：CWY PR-TCP 傳送影像結果

4.4 背景干擾實驗

本實驗目的為測試 Basic PR-TCP 或 UDP 或 CWY PR-TCP 在不同背景傳輸量的干擾下，其傳輸效能之差異；UDP 與 Basic PR-TCP 為對照組，網路拓樸與環境參數如圖 4-12 與表 4-3 所示。

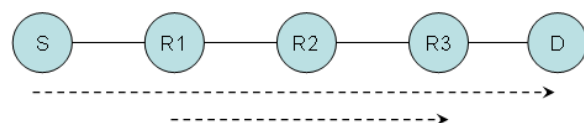


圖 4-12：網路拓樸

表 4-3：環境參數

傳輸通訊協定	UDP、 Basic PR-TCP、 CWY PR-TCP
傳輸頻寬設定	S-R1、R3-D： 10Mbps, Delay 1ms Queue: 3
Bottleneck	R1-R2-R3： 1Mbps, Delay 1ms Queue: 3
封包等級設定	I-Frame 為 Registered 其他為 Regular
背景傳輸干擾	R1-R2-R3： 200、400、600、800kbps

在測試環境中 Bottleneck 從 5Mbps 改為 1Mbps，在 Router(R1~R3)之間，追加背景傳輸干擾因素 (Burst Traffic)。R1~R3 的背景傳輸干擾分別為 200Kbps、400Kbps、600Kbps、800Kbps (為 Bottleneck 的 20%~80%)。

本研究由封包丟棄數、Good throughput 與 PSNR 評估網路效能。在本實驗中，逾時的封包與網路中遺失的封包皆在封包丟棄(drop)的定義範圍內，當背景傳輸干擾從 20% 提升至 80% 時，在封包丟棄數目上，CWY PR-TCP 皆低於使用 UDP 與 Basic PR-TCP 的傳輸方式；其中 Basic PR-TCP 更因連線異常中止問題，造成封包遺失率遠高於 UDP 與 CWY PR-TCP，如圖 4-13 所示。

Good throughput 在此定義為正確傳輸的影音封包，不包含重複傳輸的部分，由圖 4-14 所示，使用 CWY PR-TCP 接收的封包數比 UDP 方式至少增加 40%；而 Basic PR-TCP，因為連線異常中止的問題，有效封包傳送數目相較於 UDP 與 CWY PR-TCP 為低。

本實驗 PSNR 使用 Evalvid 內建的評估工具，CWY PR-TCP 彈性的封包保證遞送服務，確保 I-Frame 到達接收端，大幅提升影音串流畫面的品質，PSNR 值均維持在 31 以上，而

UDP 通訊協定不提供封包遞送保證，並受到背景干擾因素影響，PSNR 值為 14；Basic PR TCP 雖然提供封包保證到達服務，但因為封包連線異常中止問題，PSNR 亦為 14 左右，遠低於 CWY PR-TCP 的傳輸方式，如圖 4-15 顯示。綜合以上，CWY PR-TCP 在背景傳輸干擾環境下，可提供多媒體網路較佳的服務品質。

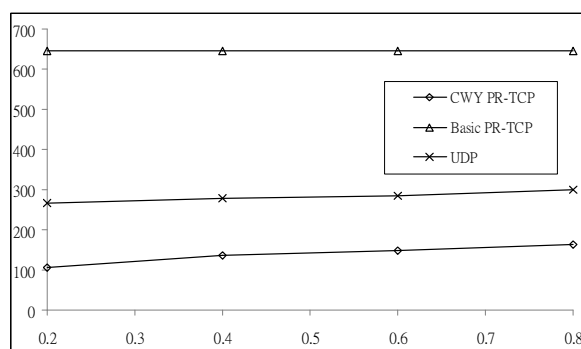


圖 4-13：封包 Drop 數的比較圖
(X：Burst Mbps、Y：封包數)

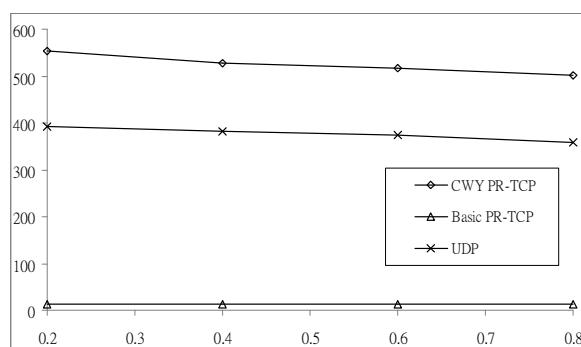


圖 4-14：Good Throughput 比較圖
(X：Burst Mbps、Y：封包數)

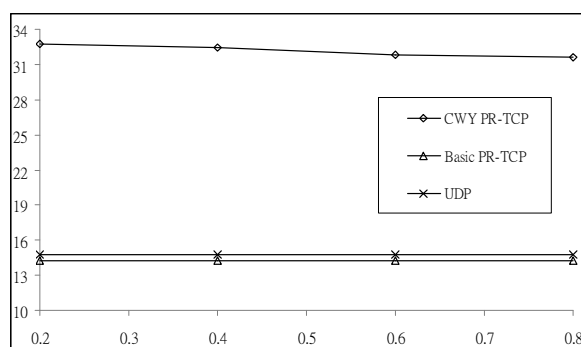


圖 4-15：PSNR 的比較圖
(X：Burst Mbps、Y：PSNR 值)

5. 結論與建議

本研究以影音串流環境為例，探討如何提升多媒體網路較佳的服務品質。現行的傳輸層通訊方法中，Basic PR-TCP 提供具有彈性的選擇性重傳機制，將封包分成了不同的保護等級，以確保重要的封包保證送達；然而，Basic PR-TCP 存在連線中止異常問題，當有連續三個(或以上)的 Regular 封包遺失時，連線會發生異常，造成後續封包的傳輸停頓。本研究為了解決此問題提出了「CWY PR-TCP」。

CWY PR-TCP 以選擇性重傳的方式，對重要的封包進行保護，確保重要的封包如 I-Frame 到達接收端，大幅提升多媒體網路應用的服務品質；在 CWY PR-TCP 架構上，與 Basic PR-TCP 相比減少了額外的封包標頭欄位，只使用了 VideoID 進行影音封包的編號，降低處理封包時的 overhead，也增進傳輸的效能，使得觀看影音串流時不再受到連線異常中止問題的影響，而出現畫面停頓的狀況。

在未來研究中，由於 TCP 的壅塞控制是影響網路效能的重要因素，又本研究的模擬環境皆為有線網路，綜合以上，未來可朝無線環境發展，觀察在不同的網路拓樸與路徑演算法的選擇對其效能的影響，或對於其壅塞控制進行改善，以得到更佳的多媒體網路服務品質。

參考文獻

- [1] 吳明翰，"選擇性保證封包到達之通訊協定設計"，*政治大學資訊科學系碩士論文*，2007。
- [2] 柯志亨等，*計算機網路實驗*，學貫行銷股份有限公司，2007。
- [3] Allman, M., Paxson, V. and Stevens, W., "TCP Congestion Control," *IETF RFC 2581*, April 1999.
- [4] Ke, Chih-Heng, "How to evaluate MPEG video transmission using the NS2

simulator?" , retrieved from :

http://hpds.ee.ncku.edu.tw/~smallko/ns2/Evalvid_in_NS2.html, date : 2009/11/08

- [5] Klaue, J., Rathke, B. and Wolisz, A., "EvalVid - A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation," *Proc. of the 13th International Conference on Modeling Techniques and Tools for Computer Performance Evaluation*, pp. 255-272, Sep. 2003.
- [6] Kurose, J.F. and Ross, K.W. *Computer Networking*, 3th ed., Addison-Wesley Longman, 2005.
- [7] MPEG Home Page, retrieved from <http://www.chiariglione.org/mpeg/>, date : 2009/12/23。
- [8] Postel, J., "User Datagram Protocol," *IETF RFC 768*, 1981.
- [9] Postel, J., "Transmission Control Protocol," *IETF RFC 793*, 1981.
- [10] Yu, C.Y., Ke, C.H., Shieh, C.K. and Chilamkurti, N., "MyEvalvid-NT - A Simulation Tool-set for Video Transmission and Quality Evaluation," *TENCON 2006*, pp. 1-4, Nov. 2006.
- [11] "Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)", retrieved from : <http://www.itu.int/ITU-T/>, date : 2009/11/08.
- [12] "The Network Simulator", retrieved from : <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, date: 2009/11/08.