

私立東海大學資訊工程研究所

碩士論文

指導教授：朱延平

部分可靠傳輸控制協定於多媒體網路之研究

The Study on Partial Reliable TCP in Multimedia Networks



研究生：吳建德

中華民國九十九年七月

中文摘要

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.

致謝

2010 年的 5 月，夏日的微風帶來第一聲的蟬鳴，飄落在校園間小徑的是晨曦中的鳳凰花；再不久，空氣裡開始迴盪著七里香的味道，兩年的碩士生活即將畫上句點，在這個過程中需要感謝的人實在太多了。

感謝我的指導教授 朱延平教授，教授給我最深刻的印象是充滿喜樂的生活哲學，與學生相處更是令人覺得溫馨，有時候是一盒小點心，有時候是端午的粽子，有時候是一句小小的鼓勵...。教授帶給我衝擊，不僅是學術研究方面的，而是重新對自己的瞭解與反省。感謝我的博班學長郭昭佑，昭佑學長在總是不遺餘力的為東海的實驗室付出，是我們學習的楷模，在碩士生活間每當對實驗有疑問、指導專題生帶領 meeting 與這篇論文的產出等等，昭佑學長總是適時的給予協助。感謝奇宏學長與鑫一學長以及已經畢業的志銘學長，碩一、碩二的期間，總是有學長的協助，我們一起完成多個計畫，分享了生活上、工作上的經驗，一直到現在還是收到很多的關心與鼓勵；感謝三位學弟：張正、聖凱與和璵的協助，加速論文的完成。

感謝我的家人，對於我的選擇給予全部的愛與寬容，沒有家人堅強的後盾，碩士班的學業無法這麼順利的完成，讓我與你們分享這喜悅的一刻。

目次

中文摘要.....	I
Abstract.....	II
致謝.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	VIII
第一章 前言	1
第二章 文獻探討	4
第一節 串流介紹.....	4
第二節 視訊多媒體壓縮與傳輸議題	8
第三節 TCP 與 UDP 通訊協定	10
第四節 Basic Partial Reliable TCP.....	15
第五節 連線異常中止問題	18
第三章 CWY Partial Reliable TCP	20
第一節 CWY Partial Reliable TCP	20
第二節 CWY PR-TCP 與 Basic PR-TCP 的比較	22
第四章 模擬實驗與分析	24
第一節 模擬環境.....	24
第二節 Basic PR-TCP 連線異常中止問題.....	26
第三節 效能與傳輸品質比較	28

第四節 背景干擾實驗.....	33
第五章 結論與建議.....	37
參考文獻.....	39

圖目錄

圖 2-1 影音串流架構	6
圖 2-2 Frame 編號	10
圖 2-3 Slow Start.....	11
圖 2-4 Basic PR-TCP 的 state diagram	17
圖 3-1 CWY PR-TCP 整體流程圖	21
圖 4-1 EvalVid 架構圖	25
圖 4-2 拓樸環境	26
圖 4-3 UDP 與 Basic PR-TCP 封包傳送時間圖.....	27
圖 4-4 PSNR 值比較	27
圖 4-5 網路拓樸	28
圖 4-6 封包接收與丟棄數比較圖	29
圖 4-7 原始畫面(foreman)	30
圖 4-8 PSNR 值比較	30
圖 4-9 使用 UDP 傳輸影像	31
圖 4-10 Basic PR-TCP 傳送影像結果.....	31
圖 4-11 CWY PR-TCP 傳送影像結果.....	32
圖 4-12 網路拓樸	33
圖 4-13 封包 Drop 數的比較圖	35

圖 4-14 Good Throughput 比較圖35

圖 4-15 PSNR 的比較圖36

表目錄

表 2-1 TCP 與 UDP 比較表	13
表 2-2 不同保護等級遺失處理機制	16
表 2-3 封包順序	18
表 2-4 接收端保護等級	18
表 3- 1 CWY PR-TCP 封包遺失處理機制	20
表 3- 2 Basic PR-TCP 與 CWY PR-TCP 之比較表	23
表 4- 1 環境參數	26
表 4-2 環境參數	28
表 4-3 環境參數	33

第一章 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，網站設計者藉由各式各樣的數位內容，提供使用者多元的互動環境，帶來更佳的使用者經驗(user experience)，例如：知名的影音平台 YouTube，即是一個 Web2.0 的影音分享的平台，提供使用者分享生活影片與商品廣告的服務。近年來有線與無線寬頻通訊技術與相關設備的發展，如 ADSL、3G 等技術的成熟，各式應用軟體的盛行，顯示網路傳輸通訊技術與多媒體之間的重要性。

多媒體串流讓使用者可在一邊下載的情況下，一邊觀看影音資料，在影音串流的傳輸時，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[14]、MPEG[9]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[8]，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)，網路能把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，封包發生遺失的機率提高，傳輸品質則可能降到使用者無法接受的程度。

在影像傳輸上，MPEG(Moving Picture Expert Group)是國際性的組織，定義的 MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 為目前最普遍的壓縮技術之一。大致而言，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(參看第二章第五節)，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[3][15])模擬實際網路環境，並以 EvalVid[6]多媒體品質評估工具進行封包丟棄數、PSNR、有效接收封包數方面分析，比較 Basic PR-TCP 與 CWY PR-TCP 的結果，並得到 CWY PR-TCP 效能上有較佳的表現，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。

第二章 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，需盡可能的在一定的時間內，將封包即時送達接收端。本章節首先對串流技術與檔案壓縮技術進行研究，了解多媒體網路的架構與特性；再對多媒體網路的傳輸議題，探討現行網路傳輸機制如：TCP、UDP，以找出最佳的傳輸方式，提升多媒體網路服務品質。

第一節 串流介紹

因應網際網路時代的趨勢，目前知名的軟硬體公司都不斷在尋找更有效率的網際網路媒體傳輸方法，並推出相關的串流產品，如：Microsoft(Windows Media Player)、RealNetworks(RealPlayer)與 Apple(Quicktime)。串流(streaming)是一種將影音資料，如聲音、視訊、動畫等多媒體，於網路上連續傳送的傳輸方式，不同於傳統觀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(client)只需預先下載到部分影音資料即可開始播放，不僅節省了使用者在等

待下載的時間，也可以達到即時的效果且不佔硬碟空間，常見的串流的應用如：視訊會議、線上教學、隨選視訊、與即時線上轉播。

影音串流的運作包含：Video Producer、Video Server、Web Server、Internet 與用戶端(Client)五大部分，影音串流架構如圖 2-1 所示。Video Producer 是多媒體的來源，將硬體裝置所拍攝到的影像資料壓縮成能在網路上傳送的大小，是決定串流傳輸效果好壞的因素之一。所得到的串流影音資料放至 Video Server，Video Server 負責提供串流的建立、管理與傳輸的服務，Web Server 將特定的 port 指定給 Video Server 後，影音資料串流隨即送出，且利用相關的通訊協定，如 UDP 等方式，與用戶端 (Client) 端建立串流傳輸，用戶端則透過媒體播放器 (media player)接收影音封包，進行解壓縮及播放的動作，如此一來，用戶端只需於遠端連結 Web Server，即可觀看影音串流。

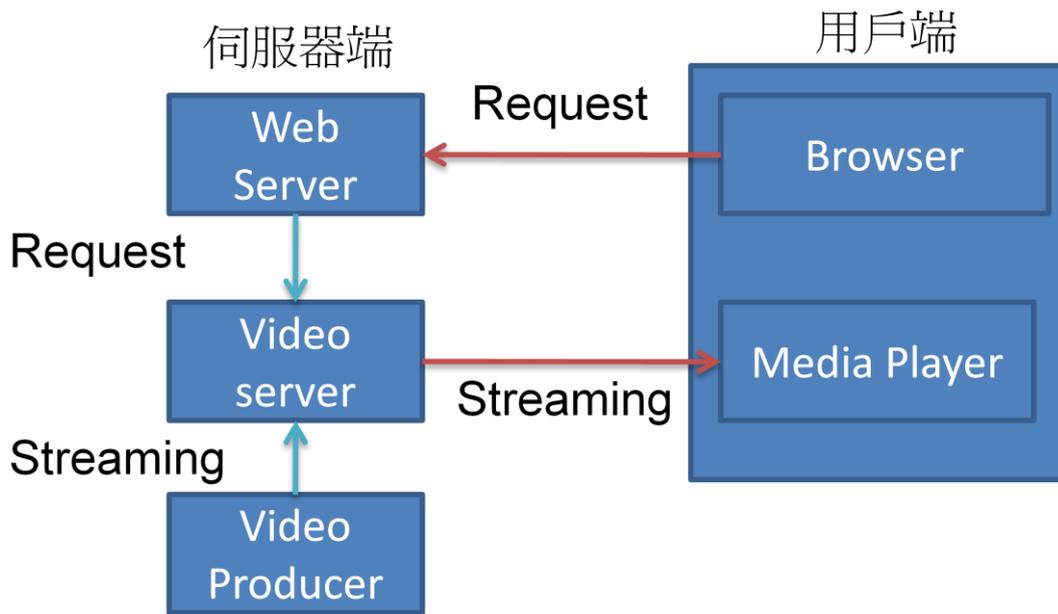


圖 2-1 影音串流架構

國內的電信服務廠商中，以中華電信提出的「互動式多媒體隨選服務」(Multimedia On Demand, MOD) 最具代表性。MOD 使用現有的市內電話線路和 ADSL 或光纖到府等技術，提供用戶透過電視螢幕或電腦享受高速上網和互動式多媒體服務，如：電視、遊戲、音樂、網路、電影、遠距教學、視訊會議、隨選視訊 (Video On Demand, VOD)、電子商務等服務。MOD 使用 ATM 寬頻網路架構，每個頻道使用 3 至 4 Mbps 的頻寬，透過訊號的壓縮和解壓縮，提供 DVD 等級的影視服務[2]，中華電信 MOD 的系統架構可分為網路通訊協定及其網路元件和視訊伺服器 (Video Server)。MOD 提供的功能模組則可區分為：視訊伺服系統 (Video Servers)、視訊服務管理系統 (Video Server Manager)、入口伺服系統 (MOD Portal)、應用服務伺服系統

(Application Servers)、MOD 系統服務管理元件(Service Management System, SMS)、數位媒體安全系統(Digital Rights Management, DRM)

[2]，分別提供數位內容的管理分配、網路管理與監控等功能。

第二節 視訊多媒體壓縮與傳輸議題

由前一章節得知，影音串流傳輸時必須先將多媒體資料進行壓縮，以提升傳輸效率。以一張解析度 200 章節得知的彩色影像為例，其中含有 40,000 個像素(pixel)，每個像素由紅(R)、藍(B)、綠(G)三原色組成，每個顏色又需要 8 個位元(bit)記錄 256 個色階，共 24bits，因此需要約 0.12Mbytes 的容量記錄原始的影像。視訊是由一張張連續的影像組成的，通常一段視訊每秒包含 24 至 30 張影像，若在網路傳輸上述影像組成的視訊資料，其每秒的資料量至少為 0.12Mbytes 上述影像組成的視訊資料，其每秒的，資料量大幅提升，更何況目前高解析度(High Definition)畫質的影像，所需要的儲存容量更加龐大，傳輸的時間延長，因此多媒體的資料壓縮是很重要的議題。

視訊序列由畫面(Frame)組成，連續的 Frame 之間有很大的相似度，在此稱之為時間重複(temporal redundancy)，而在同一張畫面中，相鄰的像素值比較接近的特性，稱之為空間重複(spatial redundancy)，影像壓縮的目的就是要將相似重複的資訊去除，在人眼無法察覺失真的情況下，將視訊等多媒體資料有效的儲存，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-4 等多個標準。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，經過壓縮後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。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。

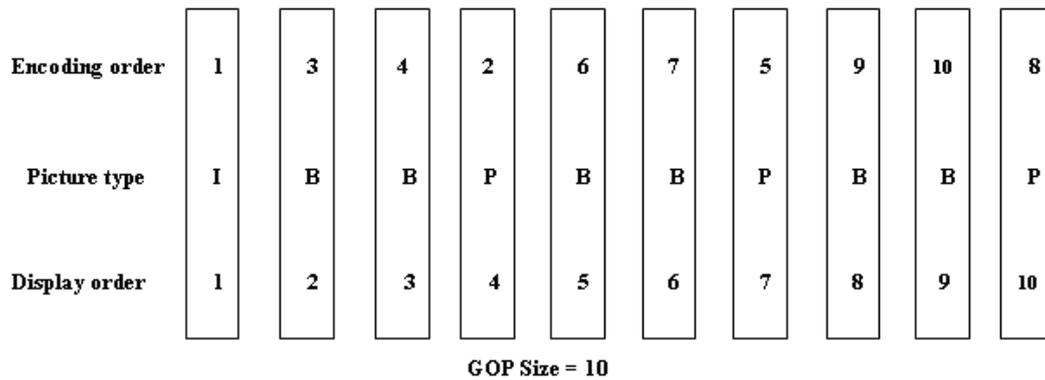


圖 2-2 Frame 編號

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，在一些影音串流服務上，更有時效性(timing)的問題，過期的封包視為無效的封包，造成頻寬資源的浪費，在以上的限制下，選定適合的傳輸層協定是相當重要的，在第三節探討傳輸層兩個重要的通訊協定 TCP 與 UDP。

第三節 TCP 與 UDP 通訊協定

TCP(Transmission Control Protocol[11])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[5] [8]：

(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)。

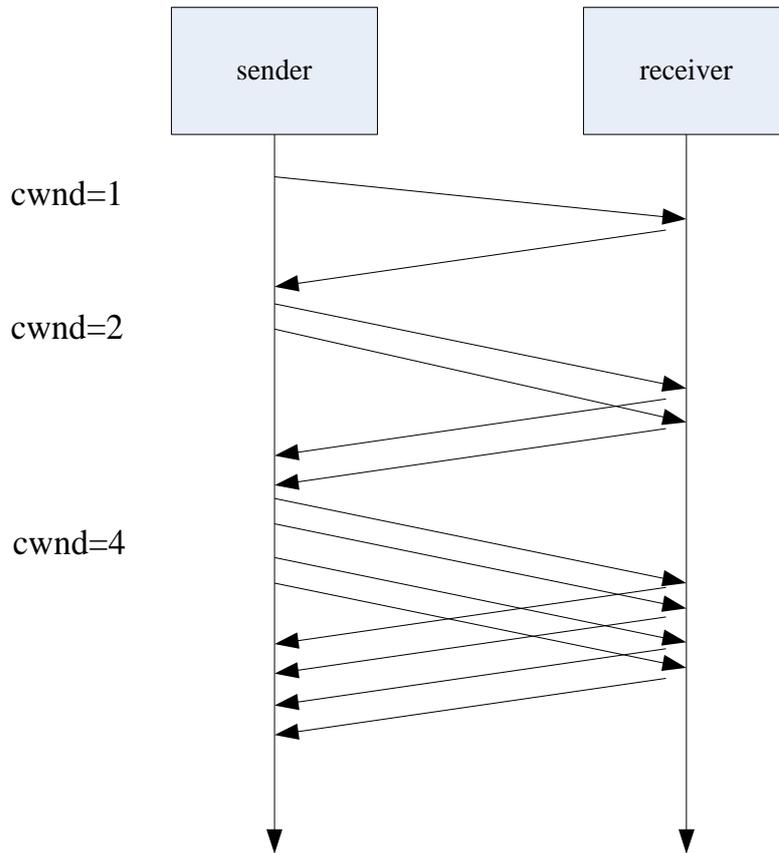


圖 2-3 Slow Start

(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 $\left\lfloor \frac{1}{cwnd} \right\rfloor$ [3]。

(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 的壅塞控制與重傳封包等機制能增加封包到達接收端的成功率，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。

UDP (User Datagram Protocol [10])，為非連接導向 (connectionless oriented [8])，資料傳輸前不會建立傳送端到接收端的連線，也不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 有更佳的表現。由於 UDP 缺乏可靠性，因此選擇使用 UDP 傳輸的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。

表 2-1 TCP 與 UDP 比較表

通訊協定 服務項目	TCP	UDP
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	不重傳過期的封包，缺乏可靠性
其他	具壅塞控制、流量控制	無
應用	E-mail、檔案傳輸、HTTP Streaming	網路電話、RTP Streaming

在現行的串流技術中，有一類的技術是利用標準的網頁伺服器 (Web server) 將多媒體資料送到使用者的播放器上播放。因為標準的網頁伺服器使用 HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) 通訊協定，此種方式又稱為 HTTP Streaming，其傳輸層使用 TCP 通訊協定，一旦發生傳輸資料遺失時會要求重傳，再者 TCP 壅塞控制機制調整傳輸速度，造成的延遲抖動 (jitter)，也影響網路服務品質。另一類的串流技術 RTP Streaming 則是直接將多媒體資料送到使用者的播放器上播放，使用 RTP (Real Time Protocol) 通訊協定，其傳輸層使用 UDP (User Data Protocol)。UDP 在資料遞送方面，比 TCP 快速且有效率，可避免延遲

現象，但由於UDP缺乏可靠性傳輸的機制，常因為過多的資料遺失，降低網路服務品質。以中華電信的 MOD系統為例，大部分的服務都是採用定時發送封包給用戶，不需經過確認是否有收到封包或是遺失，只要定時傳送封包即可，因此大部分的服務都是走UDP協定[4]。只有需要確認的部分才是走TCP協定[4]，例如播放控制指令的暫停、快轉、倒退等。

然而，一旦網路資源不足而發生壅塞情形時，封包遺失將影響多媒體網路傳輸品質，在第二節中得知，影音串流壓縮編碼的過程裡，不同的 Frame 具有不同的重要性，其中 I-Frame 的重要性比 P-Frame 與 B-Frame 還高，在現行的研究中，Basic Partial Reliable TCP[1]使用選擇性重傳的機制，可依照應用程式的需求對重要的封包(如: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，下一小節介紹 Basic Partial Reliable TCP 的相關研究。

第四節 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 是有生命週期的重要封包，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。Basic PR-TCP 可避免網路資源的浪費，並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	<pre> if (RL!=0){ retransmit ; RL --; }; </pre>	Wait until message is received
Registered	retransmit	wait

Basic PR-TCP 的壅塞控制分為三個狀態：Slow Start(SS)、Congestion Avoidance(CA) 與 Fast Selective Retransmit and Fast Recovery(FF)。在 SS 狀態時 $cwnd < ssthresh$ ， $cwnd$ 大小以加倍的方式增加速率，直到遺失的產生；當 $cwnd \geq ssthresh$ ，進入 CA 狀態，執行 $cwnd$ 線性成長的機制；當封包遺失時，進入 FF 狀態，降低傳送速度，重傳指定的封包。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
    ELSE
      IF Pt=Certified THEN
        cwnd=Newcwnd+1;
        IF RL=0 THEN
          transmission stop;
        ELSE
          RL--,
          retransmit packet
        ELSE
          retransmit lost packet;
      ELSE
        update cwnd;
        remove ack;
        transmit next packet;
    END ACKarrival
  
```

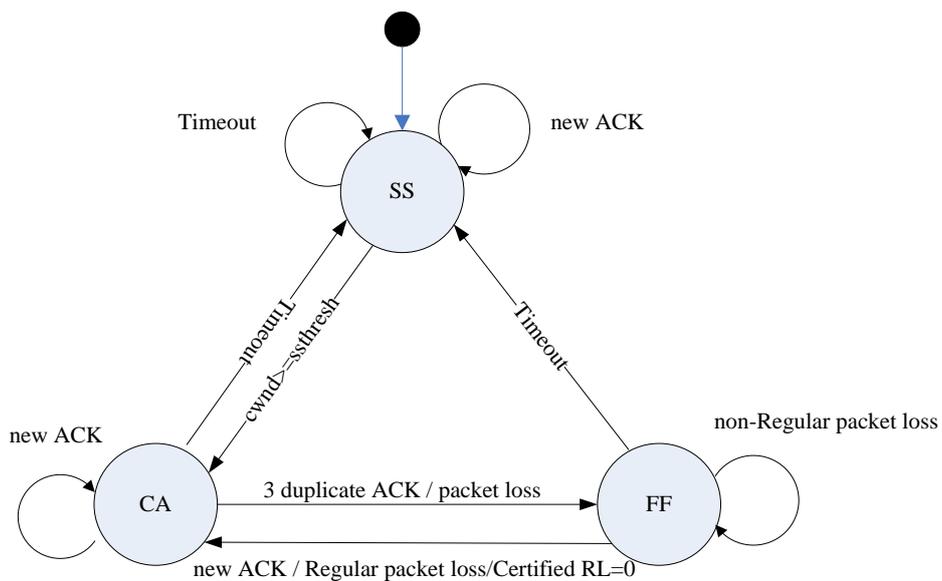


圖 2-4 Basic PR-TCP 的 state diagram

第五節 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	x (a)	x	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。

第三章 CWY 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。

第一節 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

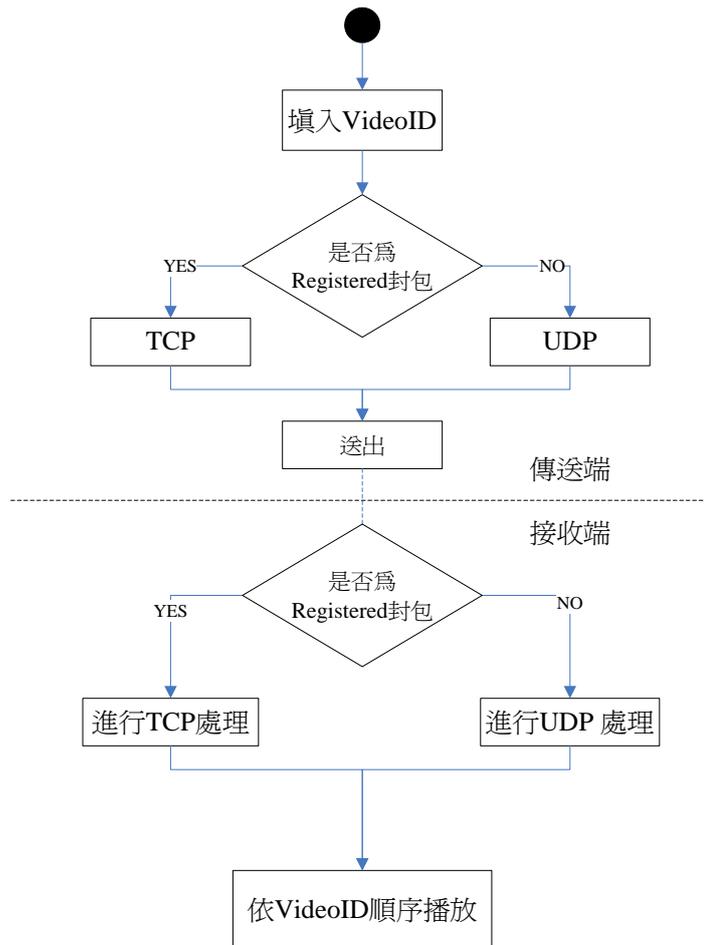


圖 3-1 CWY PR-TCP 整體流程圖

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。

第二節 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
接收端是否需要得知 前後封包的保護等級	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

第四章 模擬實驗與分析

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。

第一節 模擬環境

本研究使用 NS2(Network Simulator 2)[3][15]與 EvalVid[6][7][13] 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。

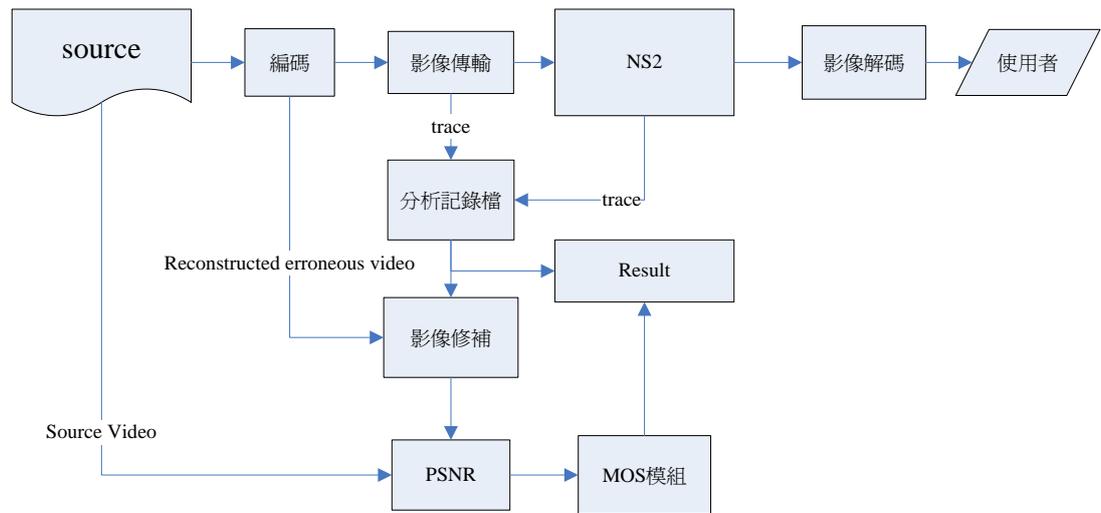


圖 4-1 EvalVid 架構圖

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

第二節 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 為網路拓樸;表 4-1 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。

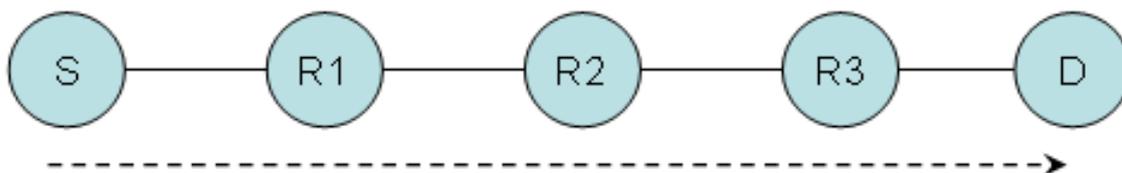


圖 4-2 拓樸環境

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

原始影片 foreman 應傳送 659 個封包,由圖 4-3 發現,在 0.6 至 1 秒間,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,如圖 4-4 所示,因為連線異常中止問題,Basic PR-TCP 的 PSNR 為 15,比使用 UDP

連線時的 PSNR34.8 降低 50%。

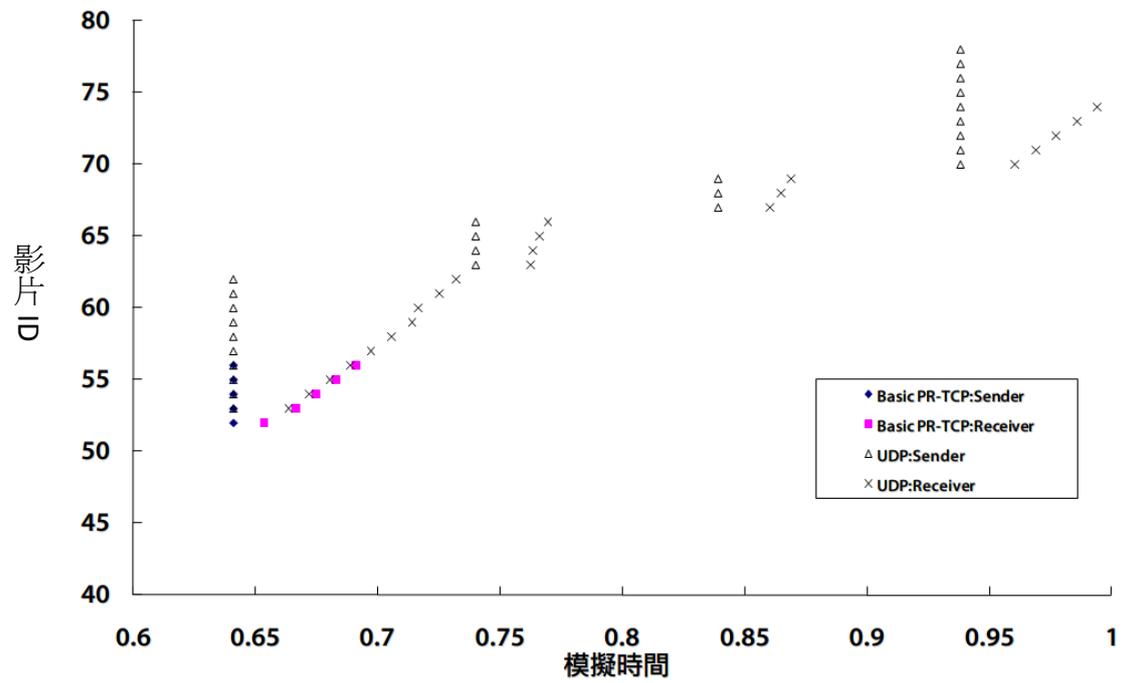


圖 4-3 UDP 與 Basic PR-TCP 封包傳送時間圖

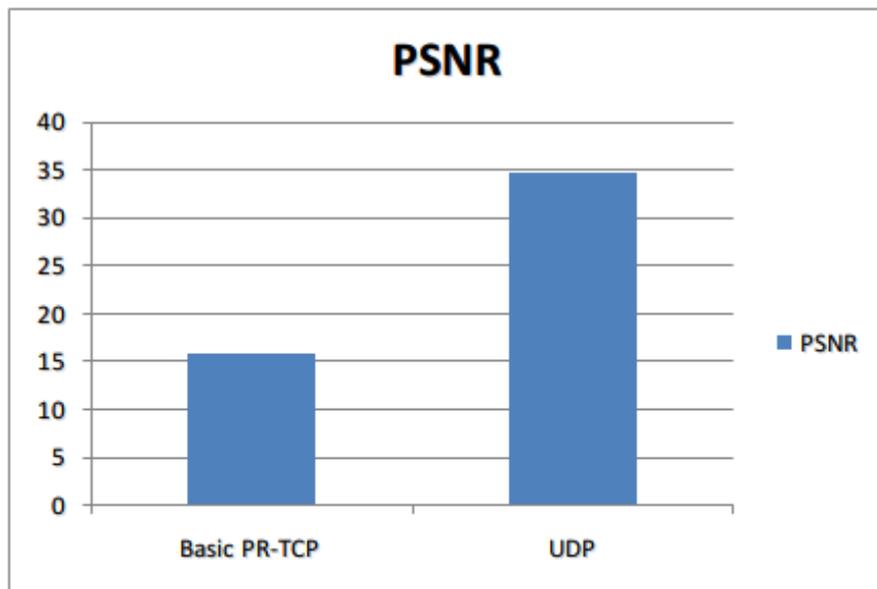


圖 4-4 PSNR 值比較

第三節 效能與傳輸品質比較

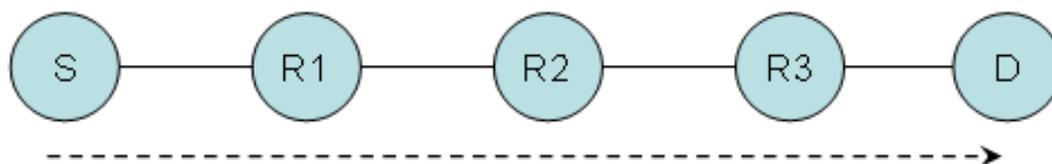


圖 4-5 網路拓樸

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 為此實驗的網路拓樸與環境參數。

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 CWY PR-TCP 皆成功傳輸了 657 個封包，CWY PR-TCP 解決了連線異常中止的問題，接收了 591 個封包，遠高於 UDP(405 個封包)；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务品質。

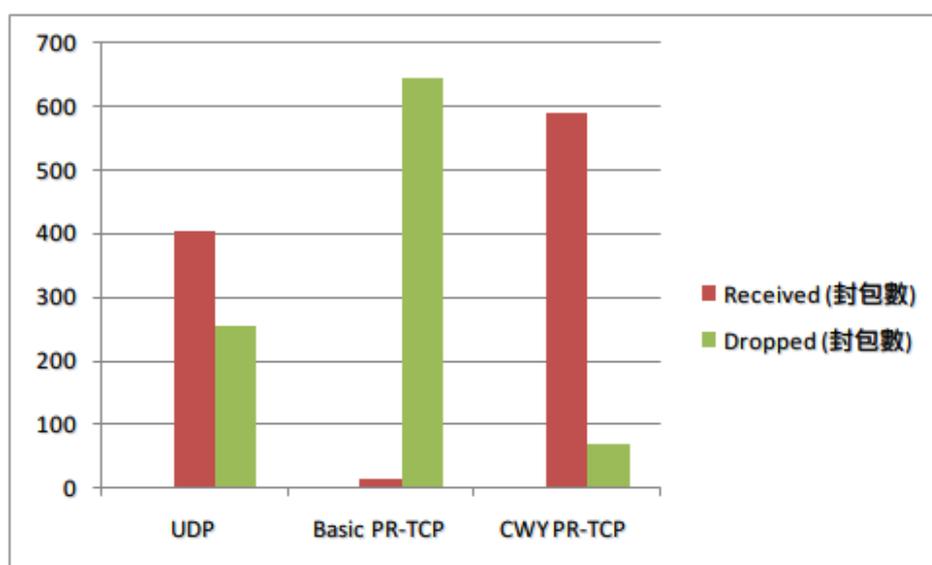


圖 4-6 封包接收與丟棄數比較圖



圖 4-7 原始畫面(foreman)

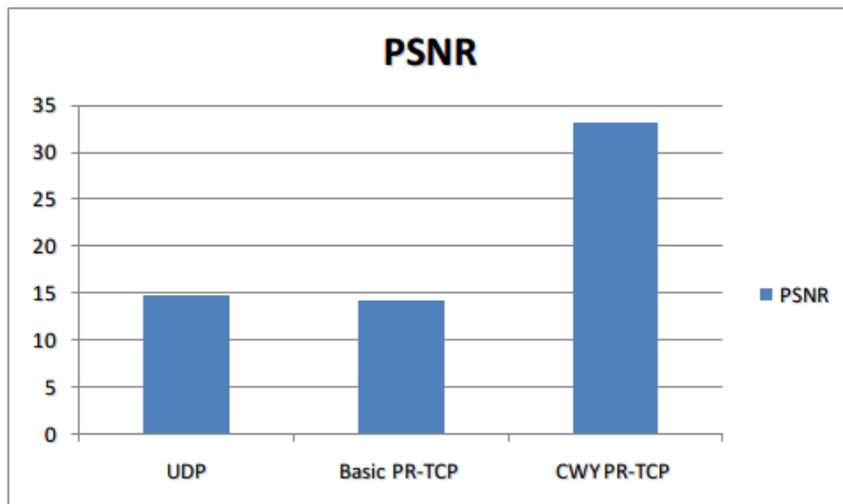


圖 4-8 PSNR 值比較

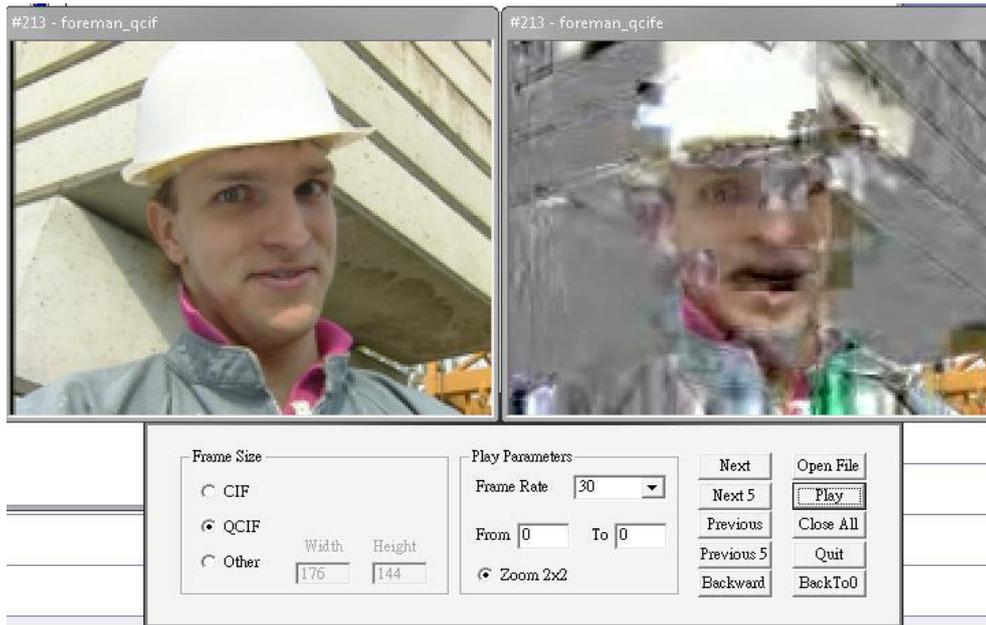


圖 4-9 使用 UDP 傳輸影像

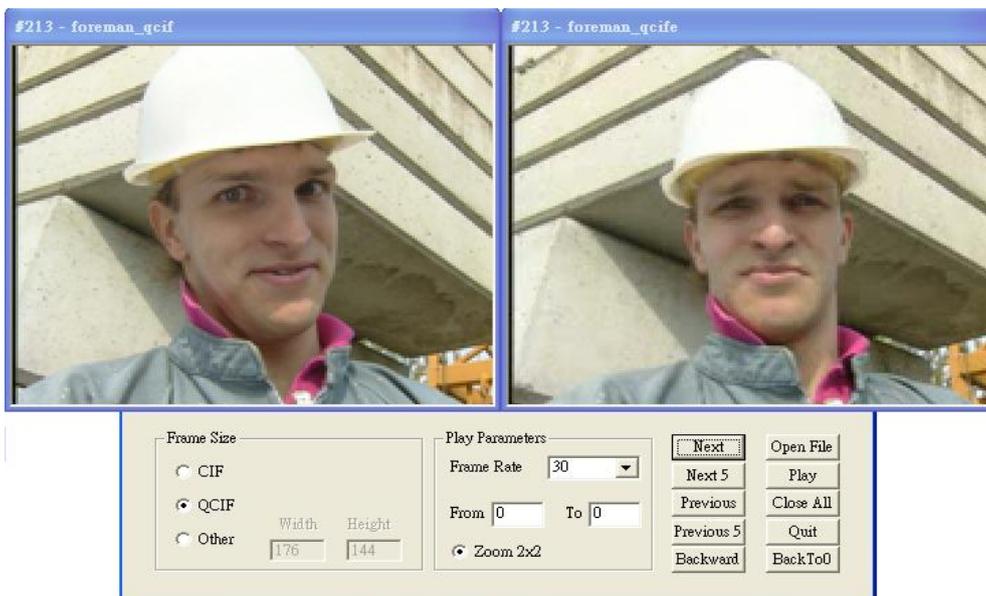


圖 4-10 Basic PR-TCP 傳送影像結果

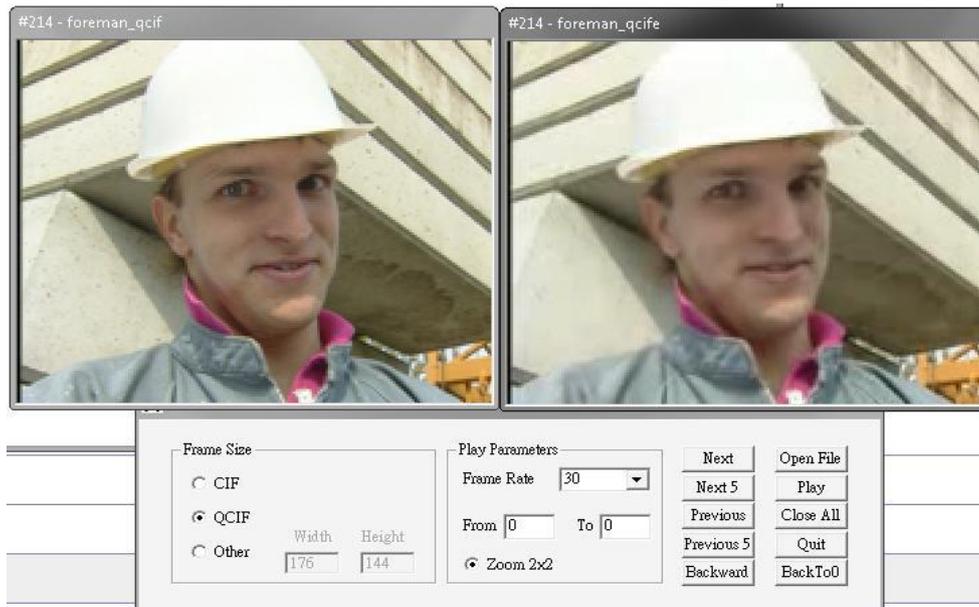


圖 4-11 CWY PR-TCP 傳送影像結果

第四節 背景干擾實驗

本實驗目的為測試 Basic PR-TCP、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。

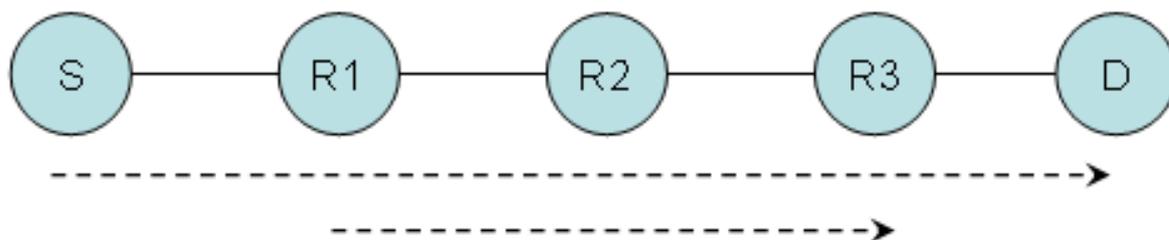


圖 4-12 網路拓樸

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。

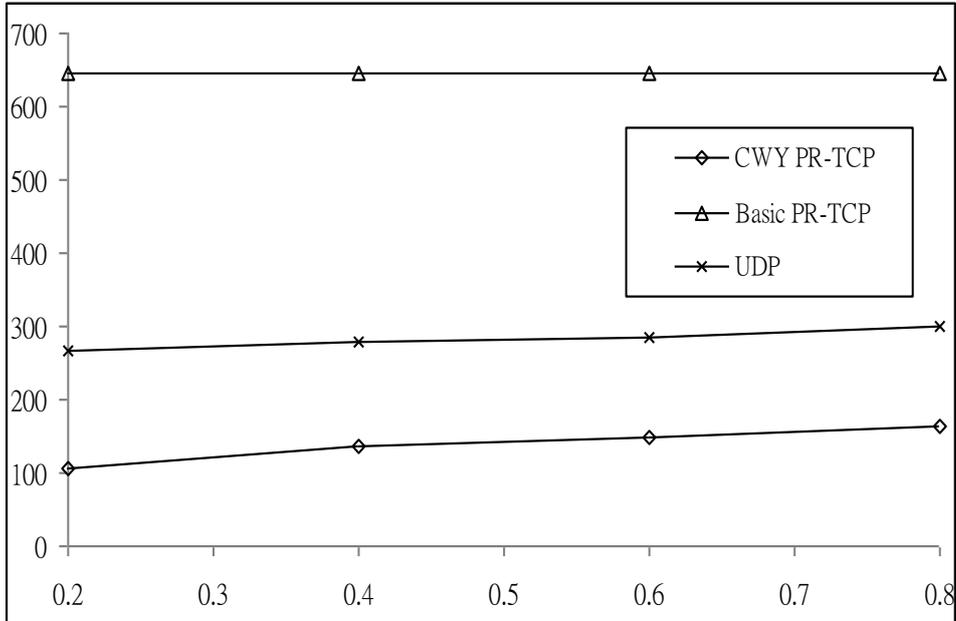


圖 4-13 封包 Drop 數的比較圖(X：Burst Mbps、Y：封包數)

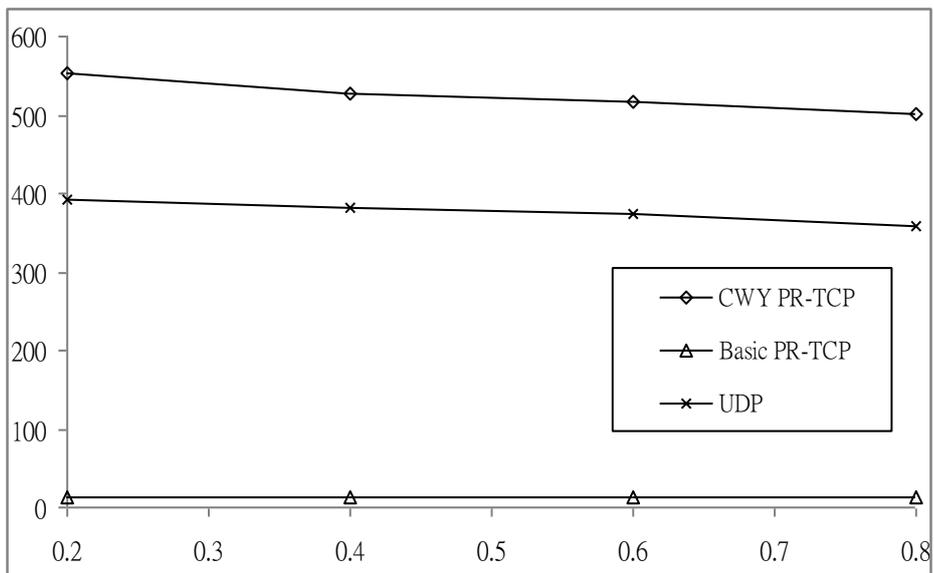


圖 4-14 Good Throughput 比較圖(X：Burst Mbps、Y：封包數)

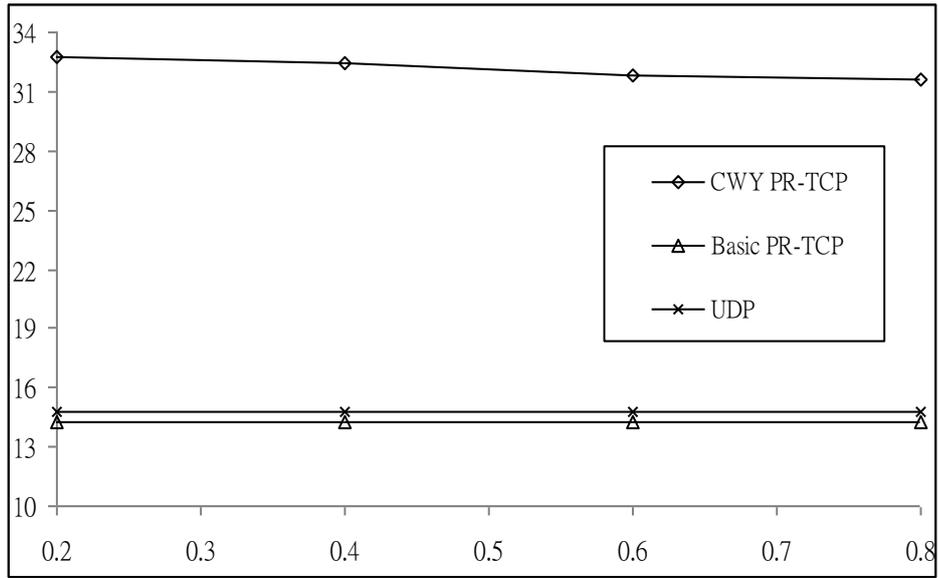


圖 4-15 PSNR 的比較圖 (X : Burst Mbps、Y : PSNR 值)

第五章 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。

TCP 原是基於有線網路的環境設計的，在有線網路的環境下，位元錯誤率(bit error rate, BER)可視為忽略，而壅塞控制是影響網路效能的主要因素[12]，然而目前網路環境已進步到無線網路與有線網路混合的異質型架構(heterogeneous network)，使用影音應用的服務也更加普遍，原始的 TCP/IP 架構面臨新的挑戰，TCP 的效能勢必會受到影響。因此未來研究上，建議朝向無線網路環境發展，觀察在不同的網

路環境，TCP 效能的變化，或朝向不同的 TCP 版本下，壅塞控制對整體網路效能的影響。並對實驗中的環境參數如：GOP 中各種畫面的比例問題、佇列大小、頻寬等因素建立數學模型，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] 周素素，”改善中華電信 MOD 之網路效能”，中興大學資訊科學系碩士論文，2004。
- [3] 柯志亨等，計算機網路實驗，學貫行銷股份有限公司，2007。
- [4] 孫雅玟等，網路媒體資訊與 OSI 七層應用--以 MOD 示範，來源：
<http://life.iiitc.ncu.edu.tw/xms/content/show.php?id=9623>，上網日期：
2010/07/18。
- [5] Allman, M., Paxson, V. and Stevens, W., ”TCP Congestion Control,” IETF RFC 2581, April 1999.
- [6] 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
- [7] 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.
- [8] Kurose, J.F. and Ross, K.W. Computer Networking, 3th ed., Addison-Wesley Longman, 2005.

- [9] MPEG Home Page, retrieved: <http://www.chiariglione.org/mpeg/>, date : 2009/12/23.
- [10]Postel, J., “User Datagram Protocol,” IETF RFC 768, 1981.
- [11]Postel, J., “Transmission Control Protocol,” IETF RFC 793, 1981.
- [12]Tian, Y., Xu, K., and Ansari, N. “TCP in Wireless Environments: Problems and Solutions” IEEE Radio Communications, Vol. 43 Issue 3, pp. 27-32, March 2005.
- [13]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.
- [14]”Telecommunication Standardization Sector(ITU-T), ” retrieved from: <http://www.itu.int/ITU-T/>, date : 2009/11/08.
- [15]”The Network Simulator,” retrieved from : <http://www.isi.edu/nsnam/ns>, date: 2009/11/08.