

# 為 WLAN 中視訊串流傳輸而設計之

## 通道品質感知錯誤控制機制

作者一：童曉儒

服務單位：國立屏東科技大學  
資訊管理系

e-mail: srtong@mail.npust.edu.tw

作者二：余遠澤

服務單位：國立屏東科技大學  
資訊管理系

e-mail: yuyt@kmu.edu.tw

作者三：吳啟鴻

服務單位：高雄醫學大學  
醫療資訊管理學系

e-mail : m9456004@mail.npust.edu.tw

作者四：任慶

服務單位：國立屏東科技大學  
資訊管理系

e-mail : m9556018@mail.npust.edu.tw

### 摘要

在 WLAN 具有容易發生錯誤的特性，因此造成高封包遺失率。許多研究指出如此高封包遺失率會阻礙傳輸協定，如 TCP 或 UDP，無法針對像 video 這一類資料量大且具有即時性的資料提供有效的傳輸服務。針對此一問題，本論文提出了一個 ARQ-based 的錯誤控制機制。其分成兩部份，分別是 window-based ARQ 控制機與 channel - quality - aware (CQA) rate adaptation 機制。Window-based ARQ 控制機制是當封包遺失量超過 window 內允許遺失的數量時，會執行重傳策略。另一方面，CQA rate adaptation 機制是 sender 端會根據 receiver 端回報的 buffer 存量狀態來限制 sender 端傳送 frame 的種類。經模擬實驗證實，我們提出的機制非常適合 WLAN 下的 video 傳輸，它能迅速反應網路的狀態變動，有效避免 congestion 的發生，且能減輕重傳的控制負擔，並且維持平穩的視訊播

放品質。

**關鍵字：**無線視訊串流協定、ARQ 協定、錯誤控制、速率調適。

### 第1章 緒論

近年來由於使用網路人口指數型的成長，資料流量也隨之增加，資料型態的提供也從簡單的文字、圖片，演進為多元化的多媒體，如聲音、影片等。依資料的傳輸的型態來看，又分為即時性( real-time)(如電話、隨選視訊 (VOD)、 視訊會議(video conference)等)、半即時性 (semi-real time)(如股票行情)和非即時性( nonreal-time)(如網頁瀏覽、電子郵件等)等三種方式，由於使用者(或稱客戶端，client )對頻寬的需求增加，在有限的頻寬下，網路的壅塞情形也日趨嚴重。

視訊串流(video stream)在網路上的應用已日趨重要，但因其對頻寬的需求大，且

屬即時性資料，僅容許極小的延遲，在網路傳輸上往往造成不少的困擾。以一部播放 90 分鐘的 MPEG-1 影片資料來說，約需 900MB 的空間容量，通常在網路上提供視訊伺服器(video server)以串流(stream)的技術，讓使用者不必將整部影片下載完成後再播放，而是利用緩衝區空間(buffer)，存入近期收到的 stream，提供「邊收邊放」的機制；為達此一目的，網路需提供 1.5Mbit/sec 的傳輸頻寬，如果頻寬不足便會造成客戶端影片播放不順暢，甚至於會產生串流的遺失或中斷，造成播放時的停格或出現空白等問題，因此在網路上傳送視訊媒體的技術，一直為學術界、業界研究的重點課題。

網路根據傳輸的範圍，分為廣域網路(Wide Area Network, WAN)、區域網路(Local Area Network, LAN)。最近在 LAN 中由於無線技術的提升，開始使用無線傳輸的方式連結，稱為無線網路(Wireless LAN, WLAN)，WLAN 目前連結的架構有基礎架構模式(Infrastructure mode)與無基礎架構(Mobile Ad-Hoc mode)模式兩大類，如圖 1-1。

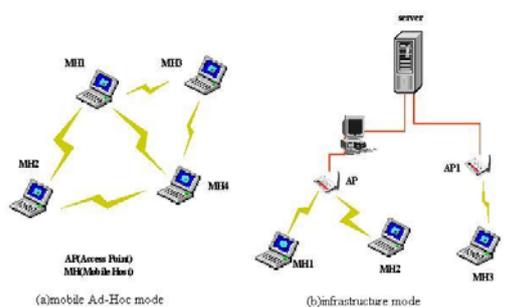


圖 1-1 無線區域網路傳輸架構

Infrastructure mode 也就是無線裝置間互相溝通要先透過一個基地台(稱 access point, AP)，AP 與有線網路間的介面。Mobile Ad-Hoc mode 是指無線裝置間可直接傳

輸，而不需經過基地台。而本篇論文的探討重點是放在 Infrastructure mode 上，server 位在有線端透過 Internet 傳送 video 到 AP，AP 再藉由無線傳遞的方式傳送 video 到無線裝置。因 WLAN 環境中無線電波容易受到週遭地形與環境的影響，造成無線電波訊號品質降低，進而導致無線網路的傳輸衰減(fading)造成的頻寬不穩定、高位元錯誤率(bit error rate)及高封包遺失率(packet loss rate)，當 AP 傳送視訊串流資料給 MH 時，資料容易遺失。因此本論文之重點是在 WLAN 的環境下 video stream 的傳輸的特性，設計一套錯誤控制機制藉以提升 video stream 傳輸的效率。

想在無線網路環境下傳輸 video stream，面臨最大挑戰為相對於有線環境，WLAN 有較高封包遺失機率(packet loss rates)。在 WLAN 中有兩個主要的 packet loss 的來源，一為通道品質(channel quality)變動，另一為網路壅塞(congestion)。channel quality 會隨著時間地點變動，因為傳輸信號會受到遮罩效應(shadowing)，以及多重路徑(multi-path)、路徑衰減(path loss)、信號干擾(signal noise) 等因素造成 high bit-error rate，進而引起 high packet loss rate。而 congestion 是因為網路資料過多導致網路節點無法及時地將封包送出，造成資料累積在 buffer 中形成了 overflow 的現象，導致資料遺失。High packet loss rate 會嚴重造成視訊品質的下降，為了改善這個問題許多研究提出錯誤回復(error recovery)機制 [3][6]。常用的方法有錯誤更正(Forward Error Correction, FEC)的機制與自動要求重傳(Automatic Repeat Request, ARQ)機制。FEC 的方法是用附加的修正碼在修正範圍內對錯誤進行修復，ARQ 則是針對錯誤要求重新傳送，這兩種機制都可以降低 packet loss

rate。

目前網路上常用的傳輸協定是 TCP 與 UDP，使用這些協定傳送 video stream 最大的好處是在於原有網路中的主機並不需要做任何修改，行動主機即可直接地與網際網路上其他的主機溝通。TCP/IP 的設計以達成傳送資料的可靠性(reliable)為前提，會因為網路傳輸的狀況隨之調整傳送的速率以及要求重送遺失封包，但無線網路的高錯誤率會被 TCP 誤認為是網路壅塞(congestion loss)，因此啟動 slow start 的機制，也就是傳送端會降低傳送資料封包的速度，並且必須等待一段時間之後才能回復正常的傳送速率，因此造成影片播放延遲(delay)的現象。因此許多研究指出 TCP 在 WLAN 下效能不佳[10][12][13][14]。另外，UDP 通訊協定對於資料傳送的方法是傳後不理，所有傳送的資料僅傳送一次，並不管網路的因素造成 packet loss 的狀況，因此資料傳送是不具可靠性(unreliable)，僅能滿足 video stream 的即時性，但接收端的視訊品質全有賴於傳輸通道的品質，當傳輸通道的品質變差時，造成嚴重 packet loss rate，導致不佳的視訊品質。此外一般傳送 UDP 時，傳送端不會主動偵測到網路的狀況，因此盲目的傳送會造成 congestion 而容易影響到其他正常的封包。因此不論是 TCP 或 UDP，要在 WLAN 環境下傳送 video stream，都不盡理想。

再者 video 在傳送以前一般要先做影像壓縮(Video Compression)的處理，以減少傳輸的資料量以 MPEG-1 壓縮[15]為例，由於資料經壓縮後會產生 I-frame、P-frame、B-frame 三種資料，因其解壓縮的相互參考方式所以具有不同的重要性。因此，當傳輸的過程中遺失不同重要性的資料，會造成不

同損害程度的視訊品質。如當遺失 I-frame 時，會使得視訊品質損害最大。當遺失 B-frame 時，對於視訊品質的損害最小。video stream 的傳輸一方面需要大量頻寬支援；另一方面因為資料的特性，允許部分封包遺失，但封包遺失的程度不能過多，否則視訊將會無法辨別。以一個理想的流量控制而言，當網路頻寬足夠且順暢的時候，能夠傳送所有 video 的資料。然而當網路狀況不佳時，能依據可用的頻寬降低 video stream 的速率，以避免網路擁擠的發生。此外當封包遺失時，會配合網路頻寬的狀況請求重傳。當網路壅塞時，只允許重傳重要的封包，當網路頻寬充裕時，盡可能的讓所有遺失的資料重傳。如此的做法會有三個優點，第一、因為會挑選重要的 loss packet 要求重傳，並不是所有 loss packet 都重傳，重傳的數量會大幅減少，因此重傳的要求都能夠快速的回應。第二、可以針對網路狀態做速率調整，因此可避免 congestion 的發生。第三重傳的封包都以重要性高的資料為優先，因此重傳的資料能提升視訊播放的品質，即可在視訊品質與頻寬節省去取得適度的平衡點。

我們提出了 Aware Error Control 機制來提升 video stream 的傳輸效果。基本概念是根據網路品質選擇傳送的資料種類，當網路壅塞的時候只選擇重要資料進行重傳，而當網路狀態頗佳時，允許儘可能的重傳所有遺失的資料。本機制分成兩部分，首先在 receiver buffer 中使用具有容錯特性的 window-based ARQ 機制決定是否需要重送，即當發覺資料遺失時，決定是否發出 ARQ 訊號的機制，基本概念為希望在某一定的封包接收範圍內，最多只能允許某一程度的資料遺失，當超過這一程度的資料遺失後，就會啟動 ARQ 的機制，要求重送遺失

之封包；其次我們提出 rate adaptation 的機制調整傳送速率，基本的概念是以目前 receiver buffer 的存量作為判斷網路狀態的根據，當 buffer 存量少時，代表網路狀況擁擠，因此希望只針對重要性高的遺失資料進行重傳。當 buffer 存量多時，代表網路狀況寬鬆，因此可以不論重要性與否只要遺失就可要求重傳。此外 receiver 端在決定發出 ARQ 的同時，根據 buffer 的存量來判斷此 ARQ 的要求是否能達到效益。如果 buffer 的存量過少，即使 sender 端重送也不能達到對播放品質應有之效益，所以會放棄發出該封包的 ARQ 要求。利用 window-based ARQ 可以允許一定程度的 packet loss，挑選出遺失的封包，向 sender 端要求重送，並且同時告知 buffer 的存量，作為 rate adaptation 的依據。當網路壅塞時，Sender 會限制傳送重要性高的資料，當網路狀況頗佳時，會允許不論重要性，盡量補足遺失的封包。因此可以達到三個特點：

1. 提供封包容錯，減少 retransmission 數量。
2. 速率調整，避免因 retransmission 造成 congestion 的惡性循環。
3. 根據資料重要性來設定封包傳送的優先順序，提升視訊解壓縮品質。

我們透過模擬實驗評估本論文所提出機制的效能。結果顯示在輕微的 packet loss rate 的環境下，與最簡單的 ARQ 機制比較下，播放品質略優於最簡單的 ARQ 機制；但在較差通道品質的環境下，我們所提的機制能有效對 packet loss 做補足的效果，以達到更好的播放效能。當在具有高 congestion 的環境之下，我們提的機制，能有效的配合頻寬的大小調整速率，不會影響其他正常的封包，並選擇重要資料優先傳送，以保持播放品質的平穩。當在具有高 congestion 與較差通道品質的網路環境下，因能有效的配合

頻寬的大小調整速率，設定重要資料具有高的傳送優先權外，而且 error recovery 效果顯著優於採用最簡單的 ARQ 機制，能更有效的取得穩定的播放品質。

## 第2章 問題定義與研究方法

在本章節中，針對先前所探討的問題，我們提出在 WLAN 環境下傳輸 video 資料的 Channel-Quality-Aware (CQA) error control。

### 2.1 問題定義

假設有一 WLAN 架構，如圖 2-1。sender 透過 Internet 與 AP 連結，AP 透過無線傳輸技術連向 receiver，而 sender 端到 receiver 端的傳輸方法是 unicast 方式，sender 與 receiver 都有一塊 buffer 能存資料片段。假設當使用者發出欲欣賞影片之要求，發出之要求會透過 AP 向 sender 提出要求。sender 將壓縮過後的 stream 以 unicast 的方式傳至與 client 相接續之 AP，AP 同樣再以 unicast 轉送給 client。Sender 在傳送資料的同時，會備份最近送出之資料在 sender buffer 中以供重傳之需。Client 會將接收到的資料暫存至 buffer，透過本論文提出的 Channel-Quality-Aware(CQA) Error Control 機制進行流量控制，運作示意圖如圖 2-2。此機制分成兩部分，分別是 window-based ARQ 機制與 CQA rate adaptation 機制。window-based ARQ 機制決定遺失封包是否需要重傳，當 packet loss rate 尚在可接受的門檻時，縱然封包有遺失也可忽略，當 packet loss rate 高於可接受的門檻時，receiver 端可向 sender 端提出 ARQ 要求(稍後在 2.2 節詳細說明)。CQA rate adaptation 機制收到 ARQ 要求的同時，會根據 ARQ 中所攜帶的 receiver buffer 存量狀況資訊判斷 WLAN 的網路狀況，進而調整傳送速

率，並選擇性重送部份遺失資料(稍後於 2.3 節詳細說明)，資料傳送的優先順序取決於 frame type，重要的 frame(如 I-frame 與 P-frame)有較高的傳送優先權，如此可以減輕 WLAN 的負擔，降低 congestion 的發生機率，提升重要封包到達的機率，在播放品質與資料重傳的數量上達到一個適切平衡點，確保影片播放品質。以下兩章節分別針對在 window-based ARQ 機制與 CQA rate adaptation 機制作詳細說明。

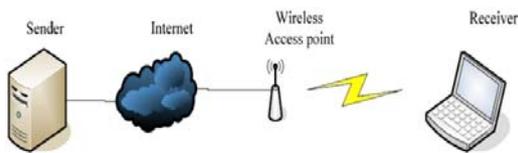


圖 2-1 行動式環境下 video stream 的 unicast 傳輸架構圖

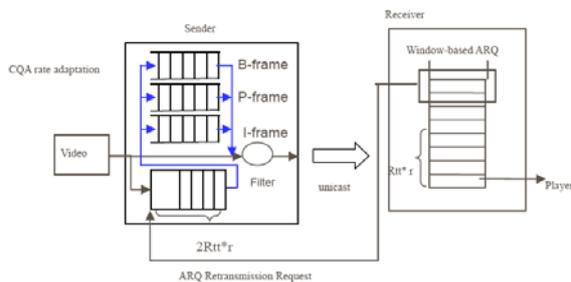


圖 2-2 CQA error control 運作圖

## 2.2 Window-based ARQ 機制

首先定義  $W$  為 window 內能容納的 packet 個數。 $L$  是在 windows 內所允許遺失的 packet 個數。 $N(t)$  是在時間  $t$  為止，receiver 所收到的最後一個 packet id。window-based ARQ 的規則是在最近所收到的  $W$  個 packet 中，其間的遺失 packet 數量不能多於  $L$  個封包。否則會針對最近的連續遺失封包進行 ARQ 重傳要求，以下我們用圖 2-3 舉例說明，假設  $W$  為 5、 $L$  為 2，即 window 可容納 5 個 packet，且允許 2 個 packet 遺失，如圖 2-3(a)，receiver 端目前接收到 packet id

為 20，window 包含了 packet 20 在內往前 5 個封包，即 packet id 為 13、14、16、17、20，而 packet id 15、18、19 皆 loss 的狀態。因此在 window 內有 3 個 packet loss 發生，超出  $L=2$  的容許範圍，所以要求重送最近的連續 packet loss，即重送 packet id 為 18 與 19 的封包。又如圖 2-3(b)，假設 receiver 端目前接收到 packet id 為 20，window 包含了 packet 20 在內往前 5 個封包，即 packet id 為 13、14、17、18、20，而 packet id 15、16、19 皆為 loss 的狀態。因此在 window 內有 3 個 packet loss 發生，超出  $L=2$  的容許範圍，所以要求重送最近的 packet loss，即重送 packet id 為 19 的封包。上述的 window-based ARQ 的決策過程，我們整理如圖 2-4 所示，其中的 CQA rate adaptation 將在下一節討論。

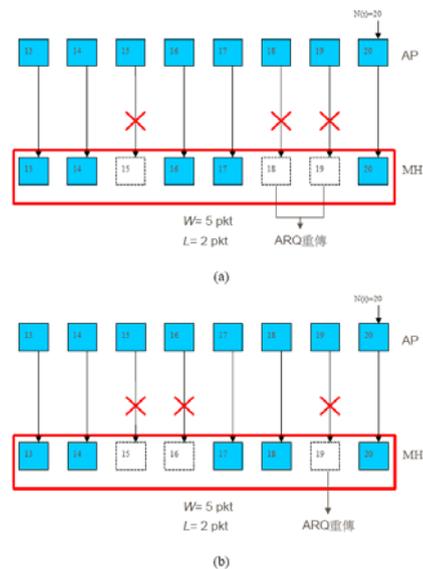


圖 2-3 Window-based ARQ 範例運作示意圖

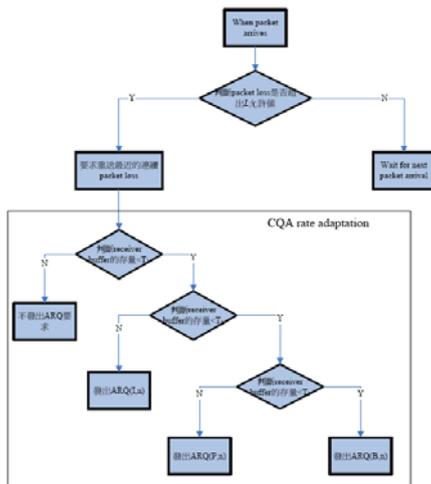


圖 2-4 Receiver 端window-based ARQ control 決策流程圖

### 2.3 CQA rate adaptation 機制

CQA rate adaptation 的控制包含 sender 端與 receiver 端。receiver 端必須回報根據 receiver buffer 存量判定網路狀況的訊息，而 sender 端會根據 receiver 端的回報訊息設定傳送的速率。我們假設 ARQ 的訊息格式為 ARQ(F,n) 訊息，此處 n 是代表 receiver 端要求重送之 loss packet id。而 F 是代表網路狀況判斷值，其可能值為 "I"、"P"、"B" 三種，當 F="I" 時，代表通知 sender 只允許傳送 I-frame 封包。當 F="P" 時，代表 sender 只允許傳送 I-frame 與 P-frame 封包。當 F="B" 時，代表 sender 允許傳送 I-frame、P-frame 與 B-frame 封包。首先我們先說明 receiver 端 CQA rate adaptation 如何根據 buffer 存量的門檻設定 ARQ 的 F 值。

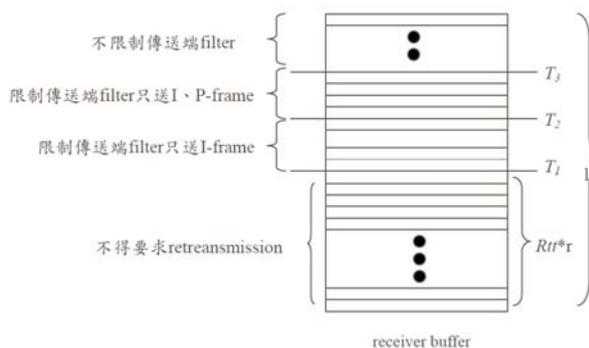


圖2-5 Receiver buffer 存量門檻示意圖

如圖 2-5 所示，我們假設 C 為目前接收端資料存量， $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  分別是 buffer 存量的門檻值。首先我們令  $T_1=Rtt*r$  (此處 Rtt 代表著「網路傳送的往返時間(Round Trip Time)」，r 代表 video stream 的 packet rate，如果遺失的封包位在  $T_1$  以下，則表示如果向 sender 端要求傳送遺失的封包，當 receiver 端接收時也超過該封包應該解壓縮的時機，所以會達不到重送該封包應達到的效果，並且可能提高 WLAN 網路的 congestion 發生機會，所以不予理會。接著當  $T_1 \leq C < T_2$  時，代表目前接收端資料存量較為吃緊，因此判定 WLAN 的網路狀況較差，通知 sender 僅傳送 I-frame 封包，故此

receiver 針對前述 window-based ARQ 所偵測到的遺失封包，個別發出 ARQ(I,n)。當  $T_2 \leq C < T_3$  時，代表目前 receiver 資料存量較為充足，因此判定 WLAN 網路狀況略佳，允許 sender 傳送 I-frame 與 P-frame 的封包，故此 receiver 對遺失封包個別發出 ARQ(P,n)。當  $T_3 \leq C$  時，代表目前 receiver 資料存量相當充足，因此判斷 WLAN 網路狀況頗佳，允許 sender 傳送 I-frame、P-frame 與 B-frame 封包，故此 receiver 對遺失封包發出 ARQ(B,n)。上述的 receiver 端 CQA rate adaptation 的決策過程，請參閱圖 2-4 中的 CQA rate adaptation 部分，至於  $T_2$  與  $T_3$  的值該如何決定與實際經驗中解碼後畫面品質有關，這個議題值得進一步探討，而在此我們經由實驗測得當 buffer size 為  $1.5Rtt*r$  時， $T_2 = T_1 + \frac{1}{6} Rtt*r$ ， $T_3 = T_2 + \frac{1}{6} Rtt*r$ ，即可以獲致不錯的效果。上述的重傳決策過程，我們整理如圖 2-7(a) 所示。

接下來我們說明 sender 端 CQA rate adaptation 的運作，sender 端根據 ARQ 所攜

帶的  $n$  與  $F$  值，搜尋重送之封包與設定 sender 端的 filter 限制傳送資料的種類。其運作請參考圖 2-6，當 sender 端沒有收到任何 ARQ 時，video 資料會直接通過 filter 傳送出去，在傳送的同時資料會備分至 retransmission buffer 中，其大小我們設定成  $2Rtt$ ，以供重傳之需。(因為從資料傳送到 receiver，發現遺失而發出 ARQ 到 sender 收到 ARQ 要求至少要 1 個  $Rtt$  時間，另外加上 receiver 端可能的處理延遲所以為了安全起見，retransmission buffer 的大小設定為  $2Rtt*r$ )。一但接收到了 ARQ 要求，會根據 ARQ 中所攜帶的  $n$  值搜尋 retransmission buffer 中是否有 packet id 為  $n$  的封包存在，若不存在則忽略此要求；假若存在，則從 buffer 中取出，並依據該封包所屬的種類放入相對應的 frame type buffer 中。同時 sender 依據 ARQ 訊息中的  $F$  值，設定 filter 限制傳送資料的種類，filter 依照此限制過濾封包然後傳送，進行速率調整，如此可避免因 retransmission 造成 congestion 的惡性循環，以提升視訊解壓縮品質。舉例來說假設目前 sender 端收到一個 ARQ(P,19)，sender 端會在 buffer 中搜尋 packet id 19 的封包，假設 packet id 19 的封包為 P-frame，因此該封包會被放入 P-frame 的 buffer 中，接著 filter 會設定優先傳送 I-frame buffer 的資料，然後是 P-frame buffer 的資料，而 B-frame buffer 不予理會。上述的 sender 端 CQA rate adaptation 決策過程，我們整理如圖 2-7(b)所示。

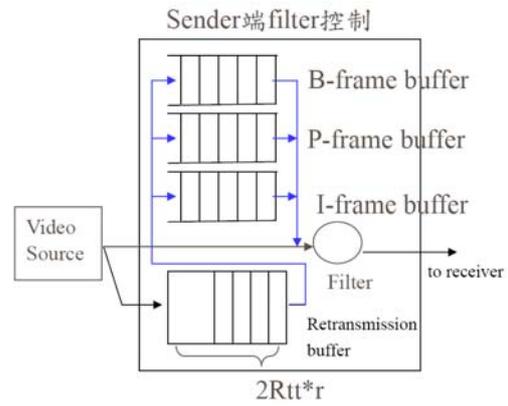
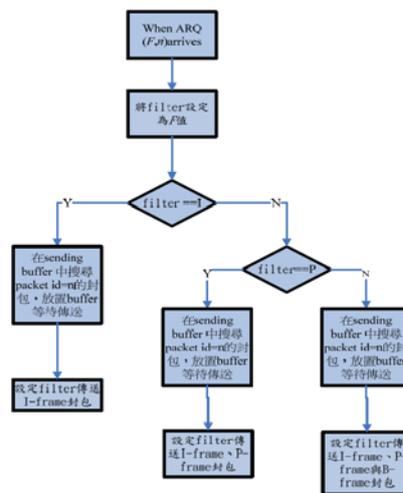
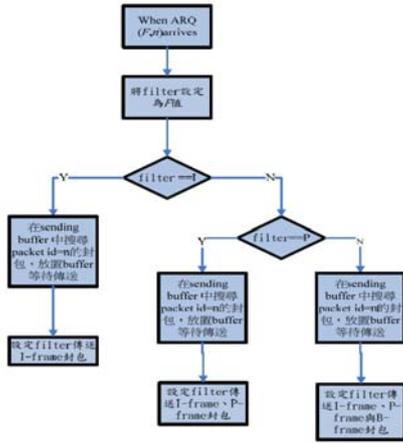


圖2-6 Sender 端CQA rate adaptation 的運作示意圖

根據以上說明，本文採用 window-based ARQ 在 receiver 端的 buffer 中掃描暫存的 packet。根據接收到的封包去判斷是否有封包遺失，由 receiver 將目前所測得的資料遺失狀況、buffer 大小等資料回報給 sender 端，sender 使用 CQA rate adaptation 機制，依 ARQ 的訊息，重送要求之封包，並且依照優先順序調整資料傳送量以適應目前網路狀況，省掉不重要的重傳，以避免 congestion 的惡性循環，進而提升播放品質。



(a) 重傳決策示意圖



(b) filter 傳送決策示意圖

圖 2-7 Sender 端 CQA rate adaptation 決策示意圖

### 第3章 模擬實驗評估與分析

在本章節中我們對本論文所提出 CQA error control 的方法以模擬方式進行評估,以瞭解此方法對不同的錯誤環境下的修正能力。

#### 3.1 模擬環境與假設

模擬的工具主要是在 Cygwin 的環境下執行 NS2 以進行模擬,本實驗的視訊品質評估標準是採用 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio, 峰值訊號雜音比)。模擬劇本設定如圖 3-1,我們假設在一個無線區域網路中,傳送一部大小為 2.6MB 的 MPEG1 的 video, video stream 由傳送端以 unicast 的方式透過 Internet 傳送至 AP,再由 AP 透過無線網路傳送至接受端,其中 video stream 以 1.5Mbps 傳送,其封包大小為 1 Kbytes, receiver 也以相同速度消耗封包。從 sender 到 AP 的網路頻寬設定為 10Mbps,傳送延遲為 10ms, AP 內配置一個 transmission buffer,而從 AP 到 receiver 之

間的無線環境採用 802.11b 的通訊協定,頻寬設定為 2Mbps。在先前的一些研究[5]中指出,利用隨機的方式產生錯誤(其中包含了 uniform 及 burst error 的狀況),能夠反映出實際網發生錯誤的現象,因此在本研究中錯誤發生的分布也將採用隨機的方式產生。在模擬中接收端將不考慮移動換手(handoff)的問題,在傳送端同時產生兩條干擾,以模擬實際頻寬共享的網路環境,第一條干擾流為使用 TCP 傳輸 ftp 資料,封包大小為 1.5Kbytes, data rate 為 512kbps;另一條為使用 UDP 傳輸,封包大小為 1.5Kbytes, data rate 為 256kbps。在稍後模擬中,我們將調整 AP buffer 的大小與錯誤率來模擬不同的網路狀況,以上模擬的環境中所定義的有關參數整理如表 3-1 所示。

表 3-1 模擬環境參數設定

參數設定	數值
影片編碼	Mpeg 1
影片格式	CIF
Frame 數量	300
影片大小	2,611,760 Bytes
模擬時間	20 秒
隨機錯誤機率	10% 與 30%
Buffer 大小	50 與 25

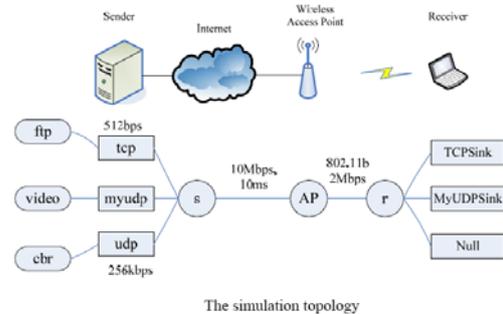


圖 3-1 模擬環境示意圖

#### 3.2 實驗設計

由於封包遺失可能歸咎於網路壅塞或傳送錯誤，因此我們希望能分析以下不同的網路狀況對於效能的影響：(1)觀察在網路壅塞與錯誤發生都屬輕微的環境下，對於效能的影響。(2)觀察在具有嚴重網路壅塞的環境下，對於效能的影響。(3)觀察在具有高傳送錯誤發生機率的環境下，對於效能的影響。(4)觀察在具有嚴重網路壅塞與高傳送錯誤發生機率的環境下，對於效能的影響。我們觀察的效能指標為封包重傳的次數與最後視訊所呈現的 PSNR 值，藉以評估重傳對 PSNR 的改善效率。為了比較效能的好壞，我們同時模擬 3 種 model。

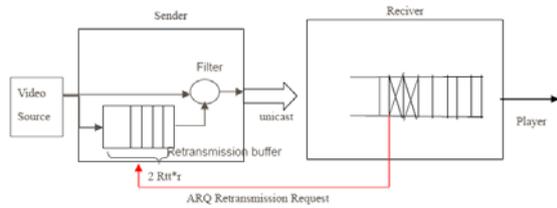


圖3-2 Model 1 運作示意圖

首先 model 1 採用最簡單的 ARQ，其運作方式如圖 3-2 所示，在接收端只要發現 packet loss，就發出 ARQ 的要求。傳送端一旦收到 ARQ，會在 retransmission buffer 中搜尋是否還有接收端所指定的封包，如果存在則優先重送。

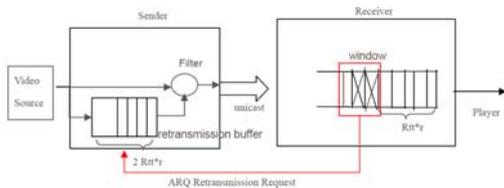


圖3-3 Model 2 運作示意圖

接著 model 2 的運作如圖 3-3 所示，它在 receiver 端採用我們所提出之 window-based ARQ，來進行 ARQ 重傳，但不考慮 frame type，基本上它可以視為 CQA

error control，僅考慮單一 frame type 的簡化版。最後為 model 3，就是我們所提出之 ARQ error control 機制，除了 window-based ARQ 機制外，所採用的 CQA error control 機制是根據 ARQ 所挾帶的訊息，得知 receiver buffer 的存量狀況，然後針對 frame 的重要性，調整 frame 傳送的順序，例如 I-frame 比 P-frame 優先傳送，P-frame 比 B-frame 優先傳送，藉此能在網路狀況嚴苛時，確保重要封包能到達。

### 3.3 實驗一:輕微封包遺失環境

在此實驗中，我們假設網路壅塞與錯誤發生都屬輕微的環境下傳輸 videos tream，AP buffer 設定為 50 與錯誤機率設定為 10%，以上的數據會使得網路具有較小的 packet loss rate，使得較多封包可以成功的傳送。

首先我們比較 model 1 與 model 2 之差異，圖 3-4 表示傳送 video stream 過程中的 P S N R 變化情況，曲線 video\_Ap50\_Loss10\_model 1"代表 model 1，曲線"video\_Ap50\_Loss10\_model 2"代表 model 2，同時我們也加入了完全沒有使用 ARQ 的曲線(video\_Ap50\_Loss10)作為效能改進的參考。首先觀察無 ARQ 的曲線，在網路狀況好時，效能很好，可是在 frame 75 時，由於兩條干擾流加入，使得效能開始下降。觀察 model 1 的曲線，由於要求重送所有遺失的封包，增加 sender 傳送封包的數量。如此的傳送數量有可能會超過網路所能提供的傳輸量，造成與正常封包相互競爭，進而造成更嚴重的 congestion 惡性競爭，所以視訊品質時好時壞。frame 222 以後的部分效能甚至會出現低於無 ARQ 的曲線；而經過 model 2 處理過後的線，雖然受到干擾

流的干擾，但因為 window-based ARQ，有限制 receiver 的封包存量的播放時間必須要大於 Rtt 才能發出 ARQ，使得 ARQ 次數減少，降低發生 congestion 惡性競爭的機會，因此視訊品質效能明顯改善，可以看到從 frame 155 至 frame 300，model 2 能有效維持平穩之視訊品質。

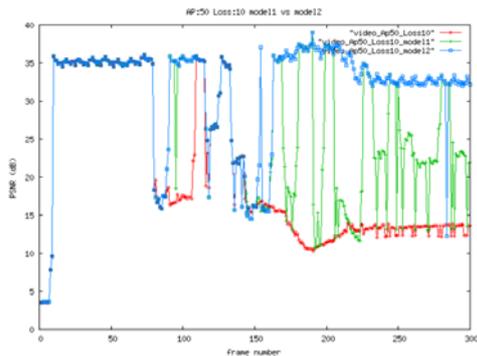


圖3-4 實驗一model 1 與model 2 PSNR 變化比較圖

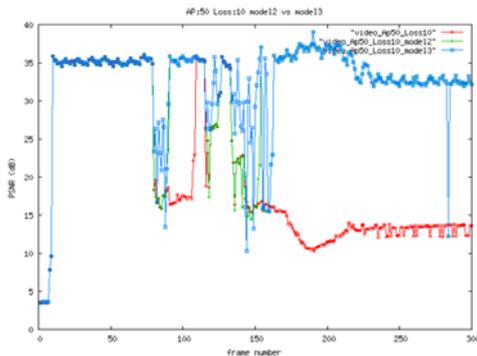


圖 3-5 實驗一model 2 與model 3 PSNR 變化比較圖

如圖 3 - 5 所示，曲線"video\_Ap50\_Loss10\_model 3"代表 model 3，可以看到 model 3 略有改善。因為它提供 CQA rate adaptation，在 frame 139 到 145 之間能提昇視訊品質。但與 model 2 差異不大。我們將實驗一中各 model 的傳輸成本與播放品質整理如表 3-2 所示。

表3-2 實驗一中各機制比較表

	發出 ARQ 次數	實際 ARQ 補回	Packet loss(個)	Avg PSNR
No control	0	0	238	20.346240
Model 1	231	82	154	22.270339
Model 2	220	161	90	26.560798
Model 3	203	182	69	27.485067

注意到 model 1 發出最多 ARQ，卻造成較差的 PSNR，這是因為過多的重送可能會造成 congestion 的惡性競爭，反之觀察 model 3 發出少量 ARQ 且實際有補回的封包最多，使得 PSNR 效果最好。注意到 model 2 與 model 3 相比，實際補回的封包數量只相差 21 個，但回傳的封包都是重要性高的封包，所以效能較好。此外因為網路負擔輕且 packet loss rate 不高，因此 model 3 的 rate adaptation 之效能並不明顯，所以與 mode 2 的效果相差不多。

### 3.4 實驗二:嚴重網路壅塞的環境

在此實驗當中，我們假設是在具有嚴重網路壅塞的環境下傳輸 video stream，AP buffer 設定為 25 與錯誤機率設定為 10%，以上的參數設定會使得資料在 AP buffer 產生 congestion，而形成 buffer overflow 的現象。

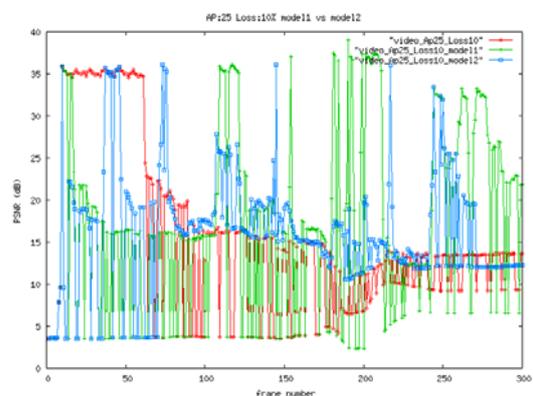


圖 3-6 實驗二model 1 與model 2 PSNR 變化比較圖

首先我們比較 model 1 與 model 2 之差異，圖 3-6 表示傳送 video stream 過程中的 PSNR 變化情況，曲線"video\_Ap25\_Loss10\_model 1"代表 model 1，曲線"video\_Ap25\_Loss10\_model 2"代表 model 2，同時我們也加入了完全沒有使用 ARQ 的曲線(video\_Ap25\_Loss10)作為效能改進的參考。首先，注意到沒有經過 ARQ 處理的曲線，在傳輸環境是擁塞的狀況下，在 frame 70 的時間點，兩條干擾流加入，更加重 congestion 的程度，所以視訊品質不佳。再者觀察 model 1 的曲線，由於大量封包的遺失，使得大量發出 ARQ，加重網路的傳輸量，造成更嚴重的 congestion 惡性競爭，使得正確封包遺失的機率更大，所以觀察 frame 185 以後之 PSNR，有些 frame 的效能會比沒有使用 ARQ 的效能更差；反之觀察採用 model 2 處理過後的曲線，因為其限制要求 ARQ 的門檻，使得 ARQ 次數減少，降低發生 congestion 惡性競爭的機率，但網路擁塞的狀況還是存在，仍有封包遺失的狀況發生，如果遺失的是重要性封包，就容易造成視訊品質變差。跟沒有使用 ARQ 的曲線相比，雖然品質有些許提升，但效能時好時壞，無法提供平穩的視訊品質。

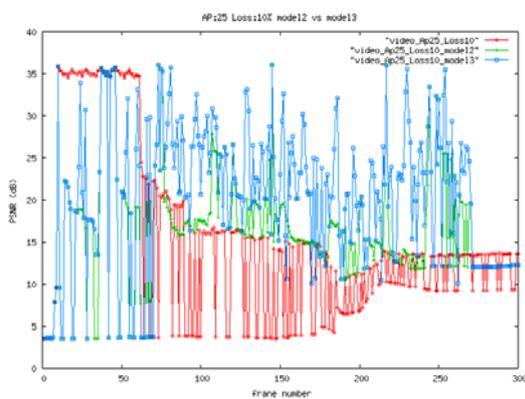


圖 3-7 實驗二model 2 與model 3 PSNR 變化比較圖

在圖 3 - 7 所示，曲線"video\_Ap25\_Loss10\_model 3"代表model 3，當處於嚴重的擁塞的網路環境中，面對干擾流的狀況，比較經由model 2 與model 3 處理過後的曲線。因為model 3除了限制要求ARQ的門檻值= $R_{tt}$ ，使得ARQ次數減少，避免加重congestion惡性競爭外，CQA rate adaptation機制會根據網路狀態調整資料傳送的優先順序以確保如I-frame、P-frame等重要封包到達receiver端，因此可以有效提升播放品質，注意特別是在frame 80至frame 110之間與frame 160至frame 250之間，model 3能有效提昇視訊品質，提供平穩且高效能的視訊品質。我們將實驗二中各model的傳輸成本與播放品質整理如表3-3所示。

表3-3 實驗二中各機制比較表

	發出 ARQ 次數	實際 ARQ 補回	Packet loss(個)	Avg PSNR
No control	0	0	266	15.585868
Model 1	330	229	177	16.371737
Model 2	279	197	175	17.101959
Model 3	253	157	173	19.101959

Model 1 因為網路發生嚴重的congestion，造成大量的 packet loss，為此 model 1 會大量的傳送 ARQ，企圖補足遺失的封包。但此舉動不但對於視訊品質沒有助益，反而會加重 congestion 惡性競爭，加重封包的遺失狀況。而在 model 2 中由於 window-based ARQ 有效減少發出無效能的 ARQ，降低 congestion 的程度，減少封包遺失，提昇視訊品質。最後 model 3 除了 window-based ARQ 機制外，並且藉由 rate adaptation 機制將重要的 I-frame、P-frame 優先送至接收端，因此提升每個 frame 的視訊品質，因此即使 model 3 實際補回的數量較少，但卻能有效提供平穩的視訊品質。

### 3.5 實驗三:高傳送錯誤發生率的環

## 境

在此實驗中，我們假設是在具有高傳送錯誤發生機率的傳輸環境下傳送 video stream，AP buffer 設定為 50 與錯誤分布設定為 30%，以上的參數設定會使得封包遺失主要發生在無線網路的高傳送錯誤發生率，而非網路壅塞造成。

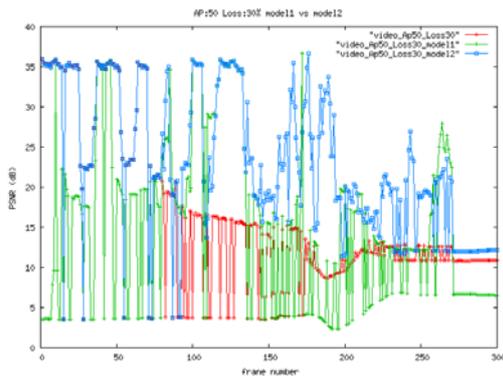


圖 3-8 實驗三model 1 與model 2 PSNR 變化比較圖

首先我們比較 model 1 與 model 2 之差異，如圖 3-8 所示傳送 video stream 過程中的 PSNR 變化情況，曲線"video\_Ap50\_Loss30\_model 1"代表 model 1，曲線"video\_Ap50\_Loss30\_model 2"代表 model 2，同時我們也加入了完全沒有使用 ARQ 的曲線(video\_Ap50\_Loss30)作為效能改進的參考。首先，觀察沒有使用 ARQ 的曲線，由於網路的高錯誤率，並且在 frame 70 的時間點，兩條干擾流加入，更加重 congestion 的程度，造成視訊品質的不佳。觀察 model 1 的曲線，由於網路的高錯誤率而發生大量的封包遺失，會隨即發出大量的 ARQ 要求，增加發生 congestion 的可能機率，造成更嚴重的封包遺失，在 frame 180 至 frame 300，部份的 frame 的品質反而比沒要求 ARQ 的更差；觀察採用 model 2 處理過後的曲線，因為其限制要求 ARQ 的門

檻值=Rtt，使得 ARQ 次數減少，避免 congestion 惡性競爭，雖然 model 2 能提升因為網路壅塞而降低的影片品質，但部份封包仍會因為高錯誤發生率而沒到達 receiver 端，使得視訊品質不穩定。

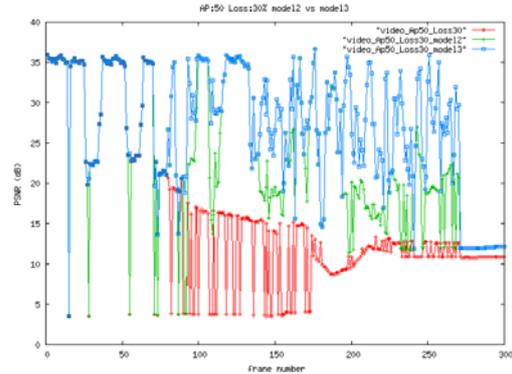


圖 3-9 實驗三model 2 與model 3 PSNR 變化比較圖

如圖 3-9 所示，曲線"video\_Ap50\_Loss30\_model 3"代表 model 3，比較經過 model 2 與 model 3 處理過後的曲線，model 3 除了限制要求 ARQ 的門檻值=Rtt，使得 ARQ 次數減少，避免造成 congestion 惡性競爭，並且使用 ACQ rate adaptation 機制，先確保重要性高的封包優先傳送至 receiver 端。雖然網路的封包錯誤機率高，造成封包遺失，播放品質穩定度受到影響，但跟 model 2 的效能相比，在 frame 100 至 frame 275 之間仍能有效提升視訊品質。我們將實驗三中各 model 的傳輸成本與播放品質整理如表 3-4 所示。

表 3-4 實驗三中各機制比較表

	發出 ARQ 次數	實際 ARQ 補回	Packet loss(個)	Avg PSNR
No control	0	0	308	16.018217
Model 1	499	342	194	16.867289
Model 2	273	246	153	18.559756
Model 3	267	195	90	22.091373

Model 1 發出了最多 ARQ，但因為網路的遺失機率高，再加上造成 congestion 的機率增加，雖有封包回補，仍會遺失，視訊品質效果最差。model 2 的 window-based ARQ 機制有限制 ARQ 的數量，降低發生 congestion 的機率，但對視訊品質的效果仍是不理想。model 3 發出了最少 ARQ，再加上 rate adaptation 機制會選擇重要封包優先傳送，所以在高網路遺失率的環境下，視訊品質是最佳的。

與實驗二相比，可以清楚的觀察到，如果封包遺失是網路壅塞所造成的，我們所提出的機制，與 model 1 相比，平均 PSNR 的數值可以提升 3 個單位。而當封包遺失是網路的高傳送錯誤率所造成時，我們提出的機制，與 model 1 相比，平均 PSNR 的數值可以提升 4.2 個單位。

### 3.6 實驗四：嚴重封包遺失環境

在此實驗中，我們假設在網路壅塞與錯誤發生都屬嚴重的環境下傳送 videos tream，AP buffer 設定為 25 與錯誤機率設定為 30%，以上的參數設定會產生 high transmission error 與 congestion 的問題造成更大量的封包遺失。

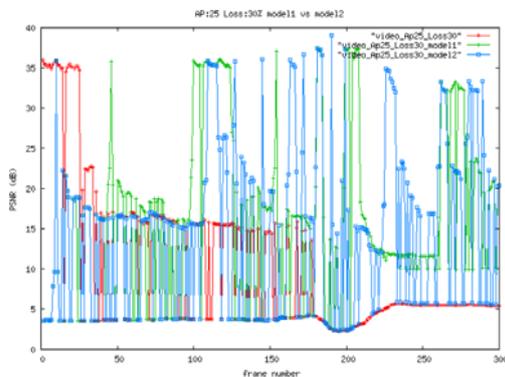


圖 3-10 實驗四Model 1 與Model 2 PSNR 變化比較圖

首先我們比較 model 1 與 model 2 之差異，圖 3-10 表示傳送 video stream 過程中的 P S N R 變化情況，曲線"video\_Ap25\_Loss30\_model 1"代表 model 1，曲線"video\_Ap25\_Loss30\_model 2"代表 model 2，同時我們也加入了完全沒有使用 ARQ 的曲線(video\_Ap25\_Loss30)作為效能改進的參考。首先，觀察沒有 ARQ 的曲線，由於嚴苛的網路環境，在 frame 70 的時間點，兩條干擾流加入，使得網路發生 congestion 發生的機會加大，又加上高的傳送錯誤率，造成效能非常的差。觀察 model 1 的曲線，由於大量的封包遺失，ARQ 的數量也隨之增加，如此只會增加 congestion 的惡性競爭，不但不能提升視訊品質，反而造成更嚴重的 packet loss；反之 model 2 因為其 window-based ARQ 限制 ARQ 的門檻值=Rtt，使得 ARQ 次數減少，避免 congestion 的惡性競爭。但網路的高錯誤率成封包遺失的關係，造成與 model 1 相比效能沒有明顯提升。

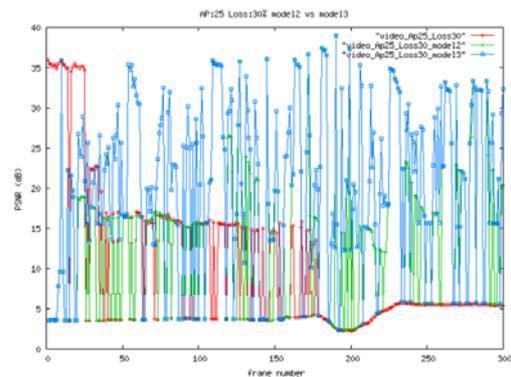


圖 3-11 實驗四Model 2 與Model 3 效果比較圖

如圖 3-11 所示，曲線"video\_Ap25\_Loss30\_model 3"代表 model 3，注意 model 3 在經過嚴苛的環境下除了使用 window-based ARQ 限制要求 ARQ 的門檻，使得 ARQ 次數減少，避免 congestion

的惡性競爭外，並且採用 rate adaptation 的方式優先傳送重要性高的封包到 receiver，並且降低傳送速率。跟 model 2 的效能相比，可以觀察到 model 3 的許多重要的 I-frame 與 P-frame 都能達到相當高的視訊品質。我們將實驗四中各 model 的傳輸成本與播放品質整理如表 3-5 所示。

表 3-5 實驗四中各機制比較表

	發出 ARQ 次數	實際 ARQ 補回	Packet loss(個)	Avg PSNR
No control	0	0	336	10.358180
Model 1	837	194	209	13.782552
Model 2	636	303	202	16.308252
Model 3	609	287	102	20.821265

因為嚴重的網路遺失環境中，model 1 會大量要求 ARQ，企圖補足遺失的封包，但實際補回的封包非常少，因此不但對於視訊品質沒有任何助益，還加重 congestion 的惡性循環。model 2 因為 window-based ARQ 會限制發出 ARQ 的門檻值，減少發出無法達到效能的 ARQ，提高實際補回 ARQ 的數量。model 3 發出了最少 ARQ，雖然實際補回的封包數量沒有比 model 2 多，但因為補回的資料大多為 I-frame、P-frame 等重要封包，使得播放品質能維持在一個較佳的狀態。

根據以上四項實驗，我們可以清楚的發現，如果封包遺失是網路壅塞所造成的，window-based ARQ 機制能有效改善 congestion 的問題，在實驗二中與 model 1 相比，model 2 與 model 3 分別能將 PSNR

值能從 15 提升到 17 與 19。如果封包遺失是網路的高傳送錯誤率所造成的，CQA rate adaptation 機制能改善提升傳送錯誤所降低的視訊品質，在實驗三中與 model 2 相比，model 3 能將平均 PSNR 值能從 18 提升到 22。當網路是嚴重的封包遺失環境下，結合 window-based ARQ 機制與 CQA rate adaptation 機制能有效提升視訊品質，在實驗四中與 model 2 相比，model 3 能將平均 PSNR 值能從 16 提升到 20。綜合以上討論可以說明在嚴苛的 WLAN 環境下傳輸 video，經過我們所提出之 Channel-Quality-Aware Error Control Mechanism，能有效提升視訊播放品質。

#### 第4章 結論與未來方向

在傳統的視訊串流傳輸中，大多是使用 ARQ 去補足 packet loss，以降低 packet loss 對視訊播放品質所造成的影響，但 ARQ 具有對網路系統有較大負擔的缺點，如果網路環境是容易造成 packet loss 的狀況下，使用 ARQ 來補足遺失的資料，有可能造成更嚴重的 congestion，不但不能提升視訊品質，反而會更加重 packet loss 的狀況，透過本研究提出的「channel-quality-aware Error Control Mechanism」來接收視訊資料，能有效的解決資料因網路的封包遺失所造成的資料不完整。

總結而論，window-based ARQ 機制與 CQA rate adaptation 機制具有以下特點：在 receiver 端提供封包容錯，減少 retransmission 數量。並在 sender 端進行速率調整，避免因 retransmission 造成 congestion 的惡性循環，此外以優先順序將封包進行傳送，以提升視訊解壓縮品質。

本研究提出的機制在模擬時，封包是採用固定的封包大小在傳送。而 Yavuz[14]所

提出的 variable packet 的方法指出，封包的大小與網路頻寬的利用有直接關係，利用網路狀態的即時回應，改變要傳送封包的大小，以適應目前的網路頻寬。因此未來我們可考慮加入此機制。再者 FEC 機制能修補部份封包內容不完整的狀況，對修補短暫的 error burst 十分有效，因此我們未來可能考慮在不造成過重的網路負擔下適度地加入 FEC，以提昇資料的正確性與影片的品質。

### 參考文獻

- [1] Bakshi, B.S., Krishna, P., Pradhan, D.K., and Vaidya, N.H., "Performance of TCP over Wireless Networks," In *17th Intl. Conf. on Distributed Computing Systems*, Baltimore, 1997.
- [2] Balakrishnan H., "A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links," *IEEE/ACM Trans. Net.*, 1997.
- [3] Curran, K. and Parr, G., "A framework for the transmission of streaming media to mobile devices", *International Journal of Network Management Int. J. Network Mgmt*; 12: 41 – 59, 2002.
- [4] Haratcherev, I., Taal, J., Langendoen, K., Legendijk, R., and Sips, H., "Delft University of Technology, Optimized Video Streaming over 802.11 by Cross-Layer Signaling," *IEEE Communications Magazine*, 2006.
- [5] Itaya N. and Kasahara S., "Dynamic Parameter Adjustment for Available-Bandwidth Estimation of TCP in Wired-Wireless Networks," *Comp. Commun.*, 2003.
- [6] Klaue, J., Rathke, B., and Wolisz, A., "EvalVid – A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation", In *Proc. of the 13<sup>th</sup> International Conformance Evaluation*, Urbana, Illinois, USA, 2003.
- [7] Ma, Y., Yu, Y., Lu, G.-H., and Zhang, Z.L., "Improving Wireless Link Delivery Ratio Classification with Packet SNR," In *IEEE Electro Information Technology (EIT 2005)*, Lincoln, Nebraska, 2004.
- [8] Majumdar, A., Sachs, D.G. and Yeung, M.M., "Multicast and Unicast REAL-Time Video Streaming Over Wireless LANs", in *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, 2002
- [9] Perkins, C., "Best Current Practice", RFC 3366, Network Working Group, 2002.
- [10] Postel, J.B., "Transmission Control Protocol", RFC 793, 1981.
- [11] Shaar, M.V.D. and Radha, H., "A Hybrid Temporal –SNR Fine-Granular Scalability for Internet Video," in *IEEE transactions on circuits and systems for video technology*, 2001
- [12] Twu, K. C., Tseng, C. C., and Wang, T. P., "Design and Implementation of Mobile TCP on the Internet with Wireless LANs," In *Proceedings of National Computer Symposium R.O.C.*, 1997.
- [13] Yang, F., Zhang, Q., Zhu, W., and Zhnag, Y.-Q., "End-to-end TCP-friendly streaming protocol and bit allocation for scalable video over wireless Internet", in *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, 22(4):777-790. 2003.
- [14] Yavuz M. and Khafizov F., "TCP over Wireless Links with Variable Bandwidth", *IEEE VTC*, 2002.
- [15] Ziviani, A., Wolfinger, B.E., Rezende, J.F., Duarte, O.C.M.B., and Fdida, S., "Joint Adoption of Qos Schemes for MPEG Streams," *Multimedia Tools and Applications*, Kluwer Academic Publisher ISSN:1380-7501, 26(1):59-80, 2004.