

# 在 WLAN 中支援視訊群播之錯誤復原機制

## Error-Resilient Transmission Support for Multicasting

### Video in WLAN

童曉儒

國立屏東科技大學

strong@mail.npust.edu.tw

陳哲民

國立屏東科技大學

M9456006@mail.npust.edu.tw

余遠澤

高雄醫學大學

yuyt@kmu.edu.tw

黃宇庠

國立屏東科技大學

M9556014@mail.npust.edu.tw

### 摘要

在無線的網路環境中，無線電波容易遭受到多重路徑的干擾而產生錯誤，因此如何在無線網路中為視訊群播提供有效的錯誤回復是非常重要的議題。在群播的環境中，一般而言，錯誤發生時不適合使用重傳的機制來進行修復；而是使用來源端的錯誤更正機制，其原理是使用額外附加的更正碼來修正錯誤(例如 FEC)，當錯誤發生時，接收端就可以利用接收到的資料來修復錯誤，當短暫的 error 發生時，FEC 可用來修補資料，但若是遭遇到 long burst error 時，FEC 的錯誤修復效果仍然相當有限。

因此本篇文章提出 RMD 的機制，主要是將視訊串流編碼成許多獨立的子串流，並針對重要的影格重複在其它的子串流中傳送，並且每個子串流傳送時會以時間差的方式在不同的群播頻道中傳送，藉以抵抗錯誤，提高更正率。透過實驗模擬結果顯示出 RMD 機制相較於其它的錯誤回復機制的確能夠降低 long burst error 對視訊串流所造成負面的影響，並且有效的提升影片播放品質。

**關鍵詞：**多重路徑、群播、video streaming、MDC

### Abstract

A wireless local area network (WLAN) is error-prone because the radio signal is easily

interfered by the multi-path fading effect.

Provision efficient error recovery is important for video multicast in a WLAN. Instead of relying on client's retransmission, the source-based error correction mechanisms are commonly employed for multicast where the source manipulates the data by adding some extra correction information (e.g., FEC) and the client recovers the errors from the received data. However, in the presence of long burst errors, the effect of recovery becomes limited for videos. This paper presents a replicated multiple descriptor scheme (RMD) where a video stream is encoded into several independent sub-streams and some important video frames in a sub-stream are also replicated in some other sub-streams. Sub-streams are transmitted over different multicast channels by employing some time-offsets. The simulation results reveal that RMD shows great help in immunizing the video stream from long burst errors and achieving an improved visual quality, compared with other schemes.

Keywords: multi-path fading, multicast, video streaming, MDC.

## 1. 緒論

隨著網路技術的日益蓬勃發展與資訊爆炸的現代，資訊應用多元化使得全球吹起了一股網路風暴，硬體設備升級、線路頻寬加大，軟體壓縮、播放技術也不斷地在進步，新的分散式應用環境與程式也不斷的浮現，也使得目前在 Internet 上豐富多樣的資訊服務能容易、迅速的傳送至行動用戶端。

且為了因應行動式線上影音傳輸服務的熱潮，多媒體視訊串流技術成為各方學者所關注的議題，因此可預計的未來使用手持式行動設備擷取動態影片將會是主要的殺手應用服務之一。

但因無線網路的傳輸環境與有線網路的傳輸環境存在著相當大的差異性，最主要的原因是無線電波容易受到週遭地形與環境的影響，而形成多重路徑 (multi-path)、路徑衰減(path loss)、屏蔽效應(shadowing)等的干擾，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)、動態功率及頻寬(dynamic power and bandwidth)造成的頻寬不穩定性、高位元錯誤率(bit error rate)及封包遺失率(packet loss rate)，因此當網路擷取點(access point/AP)傳送視訊串流資料給行動用戶(mobile host/MH)時，資料容易遺失，在播放影片時造成播放的不流暢，影響視訊品質[3] [13]，因此如何提升無線網路資料接收的正確率，就成為影響視訊播放效果好壞的重要關鍵。

因為無線電波容易受地形與環境的影響，使得不同的地點出現不同品質的訊號，並且訊號以許多不同路徑先後到達接收端，形成了 multi-path fading，而這些干擾會以多種的形式來影響訊號，導致嚴重的影響訊號傳輸品質，大大地增加無線網路傳輸的複雜度。

為了降低multiple path fading所帶來的影響，通常是利用路徑分集(path diversity)的方式來傳送資料，而一般的作法則是利用多重描述編碼[1] [5] (Multiple Description Coding/MDC)來傳送視訊資料。

在視訊服務提供上，一般常用的作法是以群播(multicast)的方式傳送資料大量的用戶端時，而不同於單點廣播(unicast)的傳輸方式，群播的伺服器只需要發送一份資料到群播的網路位址，因此所有發出相同要求的用戶端能夠到群播位址中接收共享同一份資料，減少網路頻寬及網路位址的使用，更是能大大的提高傳輸效率。

由於無線網路環境訊號容易受到干擾，封包遺失經常發生，若是遺失關鍵影格(如 I frame 或 P frame)則在影片解碼時，則會造成畫面的破損或無

法進行解碼，嚴重的影響影片播放的品質，所以為了提高無線網路資料接收的正確率，必須額外使用錯誤控制(error control)的機制，一般主要可以分成以接收端 (receiver-based)為主[14] 及以傳送端 (sender-based)為主[12] 的 error control，前面的兩種的錯誤控制(error control)的機制來講都必須由某一端主動發起錯誤修復要求，在先前的一些研究中指出，可以利用錯誤更正[4] [12] (Forward Error Correction/FEC)的機制來達成自行修復錯誤的動作。

本研究將特別針對無線網路環境的特點，設計一套無線視訊錯誤控制機制(wireless video error control mechanism)，特別是在群播的無線網路環境下，當發生burst error時，能夠提供不錯的影片播放品質，本研究稱之為「Replicated Multiple Description, RMD」。

本文架構如下：第二章：探討相關文獻，主要針對目前在無線網路環境下提供視訊群播時，所會面臨到的問題及目前解決方法。第三章：本章節主要探討本研究中面臨到的問題，並且定義相關的系統參數及本研究的限制，設計出文中之系統架構。第四章：模擬實驗評估與分析，比較本文所提出的RMD機制與其它的機制error recovery的能力。第五章：根據本研究結果提出結論及未來可延伸之研究方法。

## 2. 文獻探討

此章節主要將探討有關 multicast 在無線網路環境架構中，在傳送視訊串流資料時，往往因為無線訊號遭受到干擾而使資料產生錯誤，進而造成在播放時不順暢，降低影片的品質，因此需要額外使用 error control 機制來降低傳輸時錯誤發生的數量。

先前學者提出了許多 error control 的機制，其中包括了 channel-based、sender-based、receiver-based 的 error control 的機制。

### 2.1 Channel-based error control

在無線通訊的環境中，fading channel 主要是由於 multi-path 傳播的現象所造成的，其對通訊品質會造成相當大的影響，因此，一般都是使用 diversity 技術來抵抗 fading channel 現象，而所謂的 diversity 就是將相同的訊號重複地傳送在多個獨立的 fading channel 上，訊號同時受到衰減的機率就會大大降低，以達到分集增益(Diversity Gain)，而 diversity 主要有三種典型的技術，分別是 Time Diversity[2] [10]、Frequency Diversity[11] [15]、Path Diversity。

### 2.1.1 Path diversity

在 fading channel 的傳輸環境中，path diversity 為一種實際又有效的方法，在傳送訊號時，將資料在不同的路徑上傳送，每個路徑彼此間互相獨立，因此同時間遭受到干擾的機率變小，在實際的運用上通常在傳送與接收兩端都會使用多單元天線架構，亦稱之多輸入多輸出系統[6] [8] (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)。

### 2.1.2 Multiple Description Coding

在 path diversity 系統架構中，經常使用多重路徑傳送(Multiple Path Transport/MPT)作為傳送的方式，在無線通訊系統中可以用來增加連線能力及資料傳輸的可靠度，一般大多使用多重描述編碼[1] [3] (Multiple Description Coding/MDC)技術來將資料分別在不同的路徑上傳送，以降低無線訊號 multi-path fading 所造成的影響。其示意如下圖 2-1

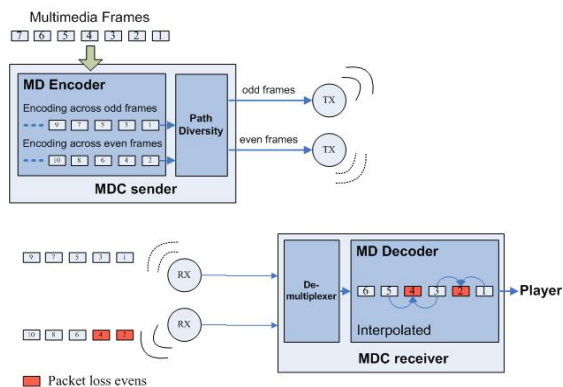


圖 2-1 MDC 傳送/接收示意圖

雖然 MDC 可以有效的抵抗 multi-path fading 所造成的干擾，但在研究[5] 中指出，MDC 若是在單一頻率上傳送資料，效率並不好，因為單一頻率上若遭受到干擾時，其所有路徑上的資料都會受到破壞，MDC 就不能用其它的 descriptors 上的資料來彼此修復，因此其 error control 的效果並不理想。

## 2.2 Receiver-based error control

在 receiver-based error control 中，主要以 ARQ[9] [14] 為主，又稱迴受性 error control，在這個機制中，當 MH 偵測到接收資料有錯誤後，MH 會送出一個 Acknowledgement 訊息給傳送端，要求將發生錯誤的資料重新傳送一次，雖然 ARQ 可以提供良好的 error recovery 能力，但是因為重傳的成本過高，並且因為視訊串流資料特性的不同，使得有些資料發生錯誤時，error recovery 的迫切性也跟著有所不同，若錯誤發生時，都要求重傳的話，可能會導致視訊串流資料在進行解碼時超過它的解碼時限，即使重傳資料正確地被接收也必須丟棄該封包

在錯誤發生頻繁的無線網路中，ARQ 可能會造成嚴重的 feedback implosion 的現象，導致傳送端的癱瘓，並且在 multicast 的網路環境中，是不適合採用 ARQ 的 error control 機制，因此最好的方式是採用錯誤能夠自行修復的機制，而不需要仰賴 MH 的 acknowledgment。

## 2.3 Sender-based error control

在 multicast 的網路環境中，為了避免 feedback implosion 的問題，通常都是使用 sender-based error control 的機制，一般來說大多是使用 FEC 來對錯誤進行修復，它是目前在通訊上被廣泛使用來偵測錯誤及更正錯誤的一項技術，其概念是由傳送端產生多餘資料(redundant data)，傳輸時連同原始資料一起傳送出去，當 MH 接收時會先進行錯誤的偵測判斷資料是否遭受破壞。若發生資料錯誤時則可以

由 redundant data 對錯誤的資料進行修復，這種機制的優點是(1)資料可以連續傳送，不需回覆封包；(2)適用於單向性通訊(如 multicast 網路環境)；(3)接收端不需儲存大量的資料。

由上面所敘述我們可以知道在無線網路中要提供 multicast 服務的話，不適合採用 receiver-based error control，因為在 multicast 的環境中，若錯誤發生頻繁時會造成大量的 feedback implosion 影響網路傳輸效能。因此最好採用錯誤自行修復的方法，也就是 sender-based error control(例 FEC)來進行錯誤的修補。

而且由於視訊串流資料中有不同影格之分，其重要性也不相同，因此當錯誤發生時，並不須要所有資料都正確地接收，

因此我們提出 RMD 機制，其基本的概念是利用 MD 的原理，將視訊串流分成數道子串流，每個子串流透過獨立 multicast channel 傳送，並且會將部份關鍵的 backup frame(如 I frame)利用 time shift 的方式加到別的 descriptor 中，使得頻道跟頻道之間有著相互回復的功能，並且能夠抵抗 burst error 的發生，當發生封包遺失或錯誤時，接收端則會去檢查其他的 descriptor 中是否有正確的 backup frame，如果有則進行修補的動作，然後再將資料進行解碼，送到播放器播放，如此可達到修補的目的。

### 3. 研究方法

在無線網路環境下提供 multicast 視訊串流服務發生錯誤時，並不能仰賴 MH 的 acknowledgement 來做為錯誤控制機制，一般來說都是使用 FEC 機制來做錯誤的修補機制，但當網路發生 burst error 時，FEC 機制效果並不好，因此在這方面仍然還有改善的空間。

#### 3.1 Replicated Multiple Description

圖 3-1 為本研究的系統架構圖，主要是利用 MDC 的運作概念，將影片資料獨立編碼後，產生不同的 descriptor 串流，再透過視訊串流資料的特

性，我們將把關鍵影格(如 I Frame、P Frame)備份，我們稱之為備份影格(backup frame)，並且將 backup frame 穿插在不同的 descriptor 上在不同的路徑上傳送，當接收端接到來自各個不同 multicast channel 的影片資料時，如果發生封包遺失或錯誤時，接收端則會去檢查其他的 descriptor 中是否有正確的 backup frame，如果有則進行修補的動作，然後再將資料進行解碼，送到播放器播放，如此可達到修補的目的。

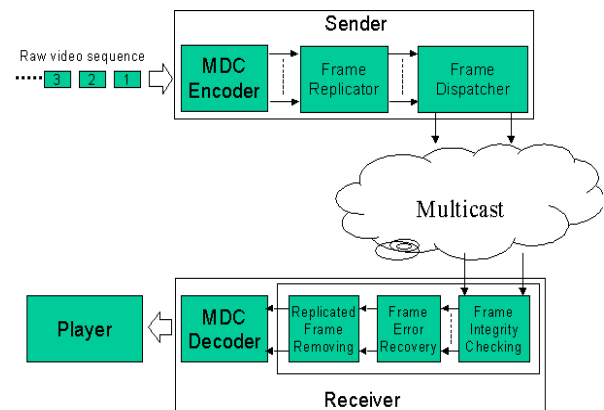


圖 3-1 RMD 系統架構

此外我們假設網路環境為無線區域網路，而這個無線區域網路中有一影片提供者，並且此提供者是使用群播方式來傳送影片資料給無線區域網路中的其它使用者，並且是以單一頻率傳送資料，如圖 3-2 所示，當發生 burst error 時，網路上經由相同頻率傳送的所有頻道上的資料都會同時受到干擾。

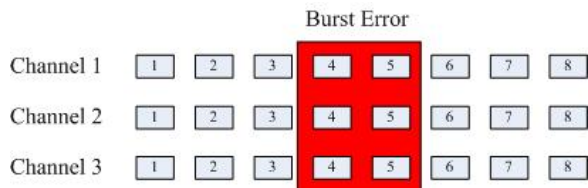


圖 3-2 未使用 time shifting 之 burst error 示意圖

在本研究也提出一個時間差(time shifting)的觀念，將不同頻道上資料的傳送時程給錯開來，當網路發生 burst error 時，如圖 3-3 所示，將可以把錯誤分散在各子串流的不同區域之中，降低 burst error 對整體的影響。

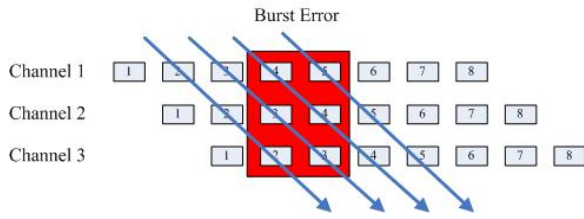


圖 3-3 使用 time shifting 之 burst error 示意圖

以圖 3-3 為例，在 Channel 1 上的資料 4、5 和 Channel 2 上的資料 3、4 及 Channel 3 中的資料 2、3 都遭受到 burst error 影響造成破壞，但我們可以利用 time shifting 方式從其它的頻道中將損壞的資料給修復回來達到資料修復的效果。

故此在 RMD 系統中，我們定義了二個系統參數  $b$  與  $s$ ， $b$  為每個 descriptor 中關鍵影格所備份的數量， $s$  為每個 descriptor 之間 backup frame time shifting 位移的數量。

### 3.1.1 RMD Sender

在傳送端方面，主要由 MDC Encoder、Frame Replicator 及 Frame Dispatcher 這三個模組所構成的，主要會將來源的視訊串流資料分成不同的子串流，並產生 backup frame 依照 time shifting 值安插在不同的路徑上傳送。

- MD Encoder 模組

其主要的功用為將來源的視訊串流資料分成不同的 descriptor，然後獨立進行影片編碼壓縮。

- Frame Replicator 模組

其主要的功用為分析 MD Encoder 模組編碼後所產生的影片，將關鍵的 Frame type，依照所給定的  $b$  參數，產生 backup frame。

- Frame Dispatcher 模組

其主要的功用為將 Frame Replicator 模組中產生的 backup frame，依照所給定的 Time shifting( $s$ )參數決定在 descriptor 之間要 time shifting 多少的量。

### 3.1.2 RMD Receiver

在接收端方面，主要由 Frame Integrity Checking、Frame Error Recovery、Replicated Frame Removing 及 MD decoder 這四個模組所構成的，主要會將 MH 接收到來自不同 multicast channel 的資料，分析其錯誤發生的狀況，進行 frame-based 的錯誤復原，以加強影片的播放品質。

- Frame Integrity Checking 模組

其主要的功用為接收 MH 從下層送上來的 descriptor 資料，並且針對 key frame 的完整性做檢查。

- Frame Error Recovery 模組

其主要的功用為針對有遭受到損壞的 key frame 或遺失的 key frame 進行修復的動作，會先檢查參考其他 descriptor 中的 backup frame 是否完整正確，如果有則進行修補的動作。

- Replicated Frame Removing 模組

其主要的功用為錯誤修復後，將 descriptor 中多餘無用的 backup frame 移除，還原成原始的 descriptor。

- MD decoder

其主要的功用為將還原的 descriptor，分別進行解碼，然後合併成原來的視訊串流資料，然後送至 player 播放。

### 3.2 Frame Replicate

影片在經過 MD 編碼後，會產生不同子串流，而不同的子串流會經由 Frame Replicator 這個模組依據所給的參數  $b$  去產生 backup frame，產生完之後接下來會將這個子串流送至 Frame Dispatcher 這個模組，依照所給定的參數  $s$  去決定要位移多少的量，以下我們將舉例當  $b = 3$  時，Frame Replicate 運作說明

圖 3-4 為 Frame Replicator 模組運作示意圖，當 backup frame 參數設定為 3 時，意思即從每個 descriptor 中取出的關鍵影格(I Frame)，產生三個重複的影格，並且將它安插在別的 descriptor 中。



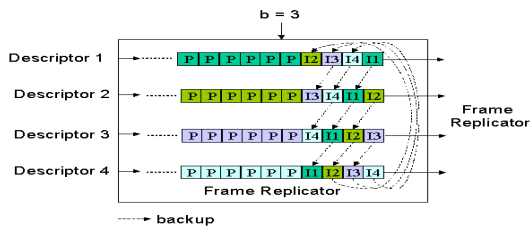


圖 3-4 frame replicate 運作示意圖

在 RMD 機制中， $s$  的參數值會依據影片編碼的圖像組(Group of Pictures/GOP)而有所限制， $s$  的參數是和 backup frame 數目有關，當  $b$  的數目愈大時，為了避免 backup frame 在 GOP 內形成循環， $s$  參數就不能設定太大，圖 3-5 為 Frame Dispatcher 模組運作示意圖，當 backup frame 經由 Frame Replicator 模組產生後，隨即被送到 Frame Dispatcher 模組，當位移參數設定為 2 時，意思是從下一個 descriptor 中必須往後位移 3 個 frame time 的地方穿插 backup frame，也就是說當發生 burst error 時，並不會一次影響到所有的 descriptor 中的 backup frame 資料，而造成而嚴重的損害。

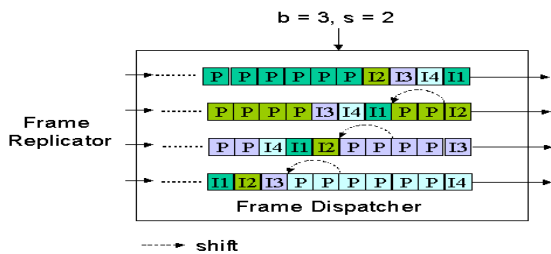


圖 3-5 frame dispatcher 運作示意圖

### 3.3 Frame Recovery

當資料經由 Replicated Multiple Description 編碼後傳送到網路中，可能因為干擾而造成封包的遺失，那要如何將遺失的封包重建回來，以下我們將利用圖 3-6 說明 Frame Recovery 的流程

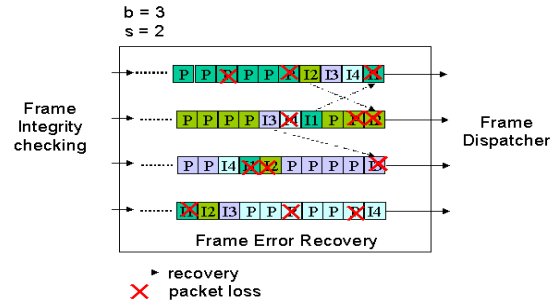


圖 3-6 frame recovery 運作示意圖

當接收端收到來自不同的 descriptor 所傳來的資料後，會先經由 frame integrity checking 這個模組去檢察關鍵影格是否有遺失或不完整，若發現有不完整或遺失時，就會到其它的 descriptor 中去找尋完整正確的關鍵備份影格，如果找到則進行修補動作，然後再將資料進行解碼，送到播放器播放，如此以達到修補的目的。

## 4. 模擬實驗評估與效能分析

在完成前面的實驗架構後，在本章要比較 SD(Single Descriptor)、MD(Multiple Descriptor)、SD with FEC、MD with FEC 及本論文所提出的 RMD(Replicated Multiple Description)機制在發生不同程度的錯誤後，對封包修復能力與傳輸成本進行評估比較。

我們假設在一個無線區域網路，video stream 由傳送端以不同機制 multicast 方式傳送至 MH 端，在模擬中 MH 將不會有任何移動產生換手(handoff)的行為，在先前的一些研究[12]中指出，利用隨機的方式產生錯誤能夠反映出實際網發生錯誤的現象如圖 4-1，所以本實驗由 Java 程式依照 packet loss rate 隨機產生錯誤，在影像評估方面，是採用 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) 去測量視訊串流的品質。

此外本實驗評估是以平均主觀評分[12] (Mean Opinion Score, MOS)為做評估方式，均主觀評分是一種評鑑數位影像品質的主指標。這個評分的範圍是從 1 分(最差)到 5 分(最好)。在本研究實驗中是將所測得 PSNR 值轉換成相對應的 MOS 評分。

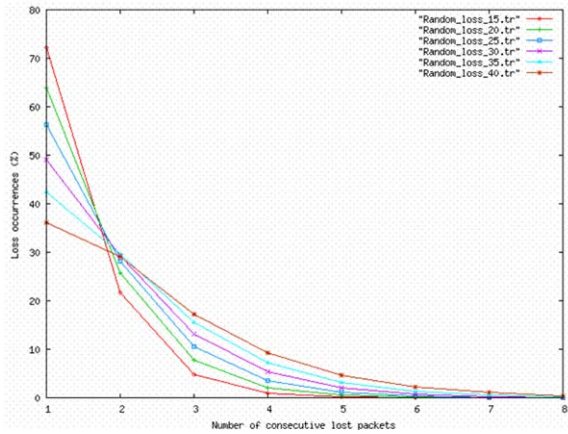


圖 4-1 random loss rate 錯誤分佈表

表 4-1 PSNR 轉換成 MOS 對應表

PSNR[dB]	MOS
>37	5 (Excellent)
31-37	4 (Good)
25-31	3 (Fair)
20-25	2 (Poor)
<20	1 (Bad)

#### 4.1 實驗設計

在本研究中設計了三個主要的實驗

##### (1) Packet Loss Rate 之影響

我們將使用隨機的方式產生 packet loss，再觀察各種機制在不同程度的 packet loss rate 下，其傳輸的影片品質(MOS 評估值)有何影響。表 4-2 為實驗中相關的模擬參數設定

表 4-2 各機制參數設定

參數	數值
FEC	RS (255, 159)
SD	FPS = 30
MD	4 Descriptors FPS = 7.5
RMD	2 backup frames 0 shift
模擬次數	30

由圖 4-2 中可以看出當網路發生較輕微(packet loss rate 小於 0.1 的情況)的錯誤時，使用 FEC 機制的組合所得到的 MOS 評估值較高，當 packet rate 慢慢升高的時候，本研究所提出的 RMD 方法可以利

用其他 descriptor 中的 backup frame 資料來修復錯誤或遺失的影格，因此可以提升影片播放的品質。

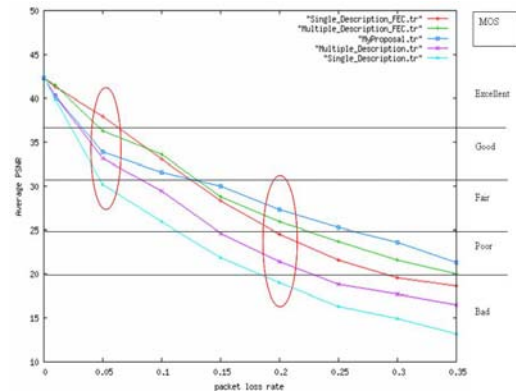


圖 4-2 不同 packet loss rate 下各機制視訊串流 MOS 之平均值

由實驗中我們可以將所發生的 packet loss rate 分成三大部份，分別是小於 0.1 我們稱之為 light error，就是在這個範圍內，搭配使用 FEC 機制可以提供良好的 error recovery 能力。在介於 0.1 到 0.2 之間，我們稱之為 middle error，一旦 packet loss rate 大於 0.2 時，我們稱之為 heavy error，也就是在這個範圍內，隨著 packet loss rate 的增加，發生連續封包遺失的機率也跟著增加，所以 FEC 機制的 error recovery 能力也會就隨著 packet loss rate 增加而降低。

我們將這實驗的結果整理歸納成表 4-3，並且依照不同錯誤發生的程度，將各種機制按照 MOS 評估值作排序，當網路發生 light error 時，我們可以發現搭配使用 FEC 的機制(SD with FEC and MD with FEC)可以有良好的錯誤更正效果，而當網路發生 heavy error 時，錯誤的影響範圍已經大於 FEC 能力範圍，因此無法成功的修復錯誤，造成播放品質的降低。

表 4-3 各機制 Error Recovery 結果整理

Rating	Light Error		Heavy Error	
	Scheme	PSNR(dB) Packet loss rate=0.05	Scheme	PSNR(dB) Packet loss rate=0.2
1	SD with FEC	37.91	RMD ( $b=2, s=0$ )	27.28
2	MD with FEC	36.27	MD with FEC	25.92
3	RMD	33.87	SD with FEC	24.50
4	MD	32.67	MD	21.38
5	SD	30.19	SD	18.98

## (2) $b$ 與 $s$ 參數之影響

在這個實驗中，我們試著調整不同的  $s$  參數值，來觀察當網路發生 heavy error 時，不同程度位移 backup frame 情況下，對 RMD 的 error recovery 效果是否有影響，我們可以從圖 4-3 中發現，當網路上發生 burst error 時，由於每個 descriptor 中的 backup frame 都會同時遭受到 burst error 的影響，因此當關鍵影格發生錯誤時，並沒有辦法在其它的 descriptor 中找到正確可用的 backup frame 來修復關鍵影格。

接下來我們將參數設為  $b=3$ ，從圖 4-4 發現，當網路發生 heavy error 時，使用的  $s$  (time shift) 值越大，RMD 機制 error recovery 效果越好，影片播放品質有明顯的改善。因為當  $s$  參數設愈大時，backup frame 不容易同時發生錯誤，當然，當我們使用 time shift 的方式將 backup frame 給錯開來傳送時，在接收時，若錯誤發生關鍵影格時，必須要等待至少一個正確的 backup frame 接收完畢，才能進行 error recovery 動作。

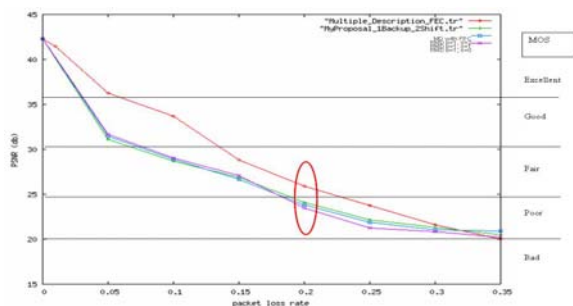


圖 4-3 當  $b=1$ ，RMD 在不同  $s$  參數下 PSNR(MOS) 平均值

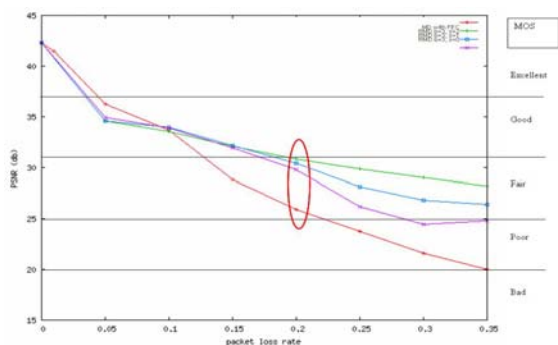


圖 4-4 當  $b=3$ ，RMD 在不同  $s$  參數下 PSNR(MOS) 平均值

雖然我們增加 backup frame 跟 time shift 可以獲得較好的播放品質，但因為  $s$ 、 $b$  參數也受限於

descriptors 跟 GOP 的大小，並不能無限的增加，並且我們也了解增加這兩個參數時必須要忍受它所帶來延遲的代價。

## (3) 傳輸成本比較

在這個實驗中，我們主要比較 MD with FEC 機制的傳輸成本跟 RMD 不同  $b$  參數所須要的傳輸成本，我們整理出下表 4-4 各種參數之編碼比。

我們可以由表 4-4 中，我們可以發現網路發生 heavy error 時，我們使用二倍的 backup frame，其編碼比比使用 FEC 機制來的低，就已經可以明顯提升 error recovery 的效果。

當我們設定為三倍 backup frame 時，使用 RMD 機制雖然比使用 FEC 機制的編碼比略高一點，但 MOS 評估值卻比使用 FEC 提升了近一個等級(從 Fair 到 Good)，因此在可以接受的影片編碼大小範圍內，RMD 可以提供更佳的 error recovery 能力，提高影片播放品質。

表 4-4 Reed Solomon 及 RMD 不同參數之編碼比

Reed Solomon	編碼後大小-(Bytes)	編碼比	PSNR(dB) Packet loss rate=0.2
RS (255, 159)	4,229,395	1.5949	25.92
RMD	編碼後大小-(Bytes)	編碼比	
1 backup frames	3,168,493	1.19486	24.02
2 backup frames	3,786,910	1.42807	28.63
3 backup frames	4,405,327	1.66128	30.91

## 5. 結論

本研究提出 RMD 機制來傳送視訊串流，雖然在發生 light error 時影片播放品質改善並不大，但當網路發生 heavy error 時，的確能夠有效改善影片播放的品質。這是因為我們將關鍵影格以 backup frame 的方式，在不同的 descriptor 中作備份，同時，也利用了 time shifting 的概念，能夠有效的錯開因為 burst error 所造成的錯誤影響，有效提高 error recovery 的能力；另外，在傳輸成本上，我們相對於 MD with FEC 機制的比較，在傳輸成本相當之下，能夠提供更佳的 error recovery 能力。

因此，我們可以知道在發生輕微的錯誤時，搭配使用 FEC 機制是可以獲得較佳的播放效果，但若是發生 long burst error 時，使用 RMD 機制將可



以獲得比搭配使用 FEC 機制更佳的 error recovery 能力，提升影片播放的品質。

在 RMD 研究過程中發現，傳統 FEC 機制因為不能有效的抑制 long burst error 所造成的影響，因此，在未來的研究方面，建議可以使用 FEC 機制針對不同的 frame type 進行編碼，並以 interleaving 方式將資料錯開來傳送，藉以達到更好的錯誤更正率。

## 6. 參考文獻

- [1] Apostolopoulos J.G., "On Multiple Description Streaming with Content Delivery Networks," Proc. IEEE INFOCOM, pp.1736-1745, Jun. 2002
- [2] Besson O. and Stoica P., "Channel and frequency offsets estimation in MIMO time-selective channels," Proceedings of Sensor Array and Multichannel Signal Processing, pp.135-139, Aug. 2002.
- [3] Draper S.C. and Trott M.D., "Costs and Benefits of Fading for Streaming Media over Wireless," IEEE Network, pp.28-33, Mar. Apr. 2006.
- [4] Faraj P., Leibrich J. and Rosenkranz W., "Coding gain of basic FEC block-codes in the presence of ASE noise", Transparent Optical Networks, 2003. Proceedings of 2003 5th International Conference 2, vol.2 pp.80-83, Jun. 29-Jul 3. 2003.
- [5] Frank H.P, Basak C., Ramjee P., Marcos K., "Overhead and Quality Measurements for Multiple Description Coding for Video Services", 2004.
- [6] Foschini G. J. and Gans M. J., "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas," Wireless Personal Commun., 6(3), pp.311-335, Mar. 1998.
- [7] Karande S.S., Radha H., "Hybrid Erasure-Error Protocols for Wireless Video", 2(9) pp. 307-319, Feb. 2007.
- [8] Loyka Sergey L., "Channel Capacity of MIMO Architecture Using the Exponential Correlation Matrix," IEEE communications letter, 5(9), Sep. 2001.
- [9] Majumdar A., Sachs D.G., Kozintsev I., Ramchandran K., and Yeung M., "Multicast and Unicast Real-Time Video Streaming over Wireless LANs," IEEE Transactions on CSVT, 12, pp.524-534, Jun. 2002.
- [10] Ma X. and Giannakis G. B., "Maximum-diversity transmissions over time-selective wireless channels," Proceedings of Wireless Communications and Networking Conference, 1, pp.497-501, Mar. 2002.
- [11] Ma X., Yang L. and Giannakis G. B., "Optimal Training for MIMO Frequency-Selective Fading Channels", IEEE Transactions on Wireless Communications, 4(2), pp.453-466, Mar. 2005.
- [12] Pheanis D.C. and Chua T.K., "QoS evaluation of sender-based loss-recovery techniques for VoIP", IEEE Network, 20(6), pp.14-22, Nov.-Dec. 2006.
- [13] Pahlavan K. and Krishnamurthy P., "Principles of Wireless Networks," Prentice Hall Upper Saddle River, 2002.
- [14] Zorzi M., Rao R.R. and Milstein L.B., "ARQ error control for fading mobile radio channels", Vehicular Technology, IEEE Transactions, 46(2), pp.445-455, May. 1997.
- [15] Zhou S. and Giannakis G. B., "Single-carrier space-time block-coded transmissions over frequency-selective fading channels," IEEE Transactions on Information Theory, 49(1), pp.164-179, Jan. 2003.