

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫二：無線網路串流視訊之抗錯與錯誤補償技術研究

(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2219-E-009-017-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學電子工程學系及電子研究所

計畫主持人：王聖智

計畫參與人員：陳宜賢 任慈澄 蔣宗翰 姚文翰 蔡孟修

報告類型：完整報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 5 月 26 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

使用分頻訊號處理之高速行動多媒體傳收器系統研究與設計
子計畫二:無線網路串流視訊之抗錯與錯誤補償技術研究(1/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 94-2219-E-009-017-

執行期間：94年8月1日至95年7月31日

計畫主持人：王聖智

共同主持人：

計畫參與人員：陳宜賢 任慈澄 蔣宗翰 姚文翰 蔡孟修

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：交通大學電子工程系

中華民國 95 年 5 月 31 日

使用分頻訊號處理之高速行動多媒體傳收器系統研究與設計

子計畫二:無線網路串流視訊之抗錯與錯誤補償技術研究(1/3)

計畫編號：NSC -94-2219-E-009-017-

執行期限：94年8月1日至95年7月31日

主持人：王聖智 (交通大學電子工程系教授)

計畫參與人員：陳宜賢 任慈澄 蔣宗翰 姚文翰 蔡孟修 (交通大學電子所研究生)

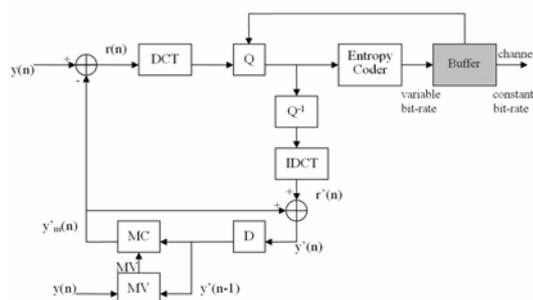
一. 中文摘要

在無線傳輸的過程中，通道的特性往往經常改變，若是在編碼的過程中無法有效掌握碼率的控制，往往會產生不必要的編碼錯誤及降低編碼的品質。在這次的進度報告當中，我們先針對影像編碼之中碼率的控制加以研究，藉由適當的控制，使得編碼出最適合通道狀態的編碼結果。在本次研究當中我們討論的架構建立在 H.264/AVC 影像編碼標準上，將針對其 R-D 模型加以討論，主要利用 MAD、QP 與編碼數的關係去改變原先的模型，實驗證實能有效的改善傳輸時 buffer 的狀態，更進一步能對影像品質加強，而得到較佳的編碼結果。可以有效避免因為碼率控制不當所造成的編碼瑕疵。

關鍵詞：H.264/AVC、碼率控制、R-D 模型。

In this project, we proposed some modifications over the rate control techniques in H.264 video compression. According to the adaptable control, we can better encode the video to fit the channel requirement. So far, we have discussed the R-D model of the H.264/AVC video standard. Based on the relation among MAD, QP and the encoded bits, we try to modify the original R-D model. The experiments had shown that based on the new model we may better estimate the coding buffer and thus reduce some apparent coding artifacts.

Keywords：H.264/AVC、Rate Control、R-D model



圖一. Rate Control 在影像編碼架構圖

二. 進度報告

(1) 背景

現今通訊系統的發達，使得及時視訊傳輸的重要性變的更加重要，而龐大的視訊資料在有限的頻寬下傳送，必須仰賴高效率的壓縮技術，目前較廣泛被研究與應用的壓縮技術，是由 JVT(Joint Video Team)組織所制定出的 H.264/AVC(Advance Video Coding)影像壓縮標準，它提供了比先前所有壓縮標準更高的壓縮效率，特別在高壓縮率的應用，因此在無線通訊上的應用，使用 H.264/AVC 可以提供相當好的壓縮效果。

而在通訊的傳輸上，通道將會影響影像的壓縮品質，低頻寬所可以傳送的資料較少，因此影像品質會較差，而在高頻寬則能傳送較佳的影像品質。在影像的編碼端提供了一個機制，可以依照頻寬的特性調整影像的壓縮率，進而提供最適合當時頻寬的壓縮品質，這個機制稱之為碼率控制(Rate Control)。在圖一中，當資料做完 Entropy Coding 後，會先送到 encoder 的 buffer 等待送入 channel，太多的資

料量會使得 buffer overflow，而太少的資料量則會造成使用的效率過低，因此我們往往藉由控制壓縮時的量化係數 (Quantization Parameter) 去達到最佳的使用效率，這個過程就是所謂的 Rate Control。在過去的影像壓縮標準都已經制定出適合的 Rate Control Model，例如：MPEG-2 的 TM5[1]、H.263 的 TMN8[2] 和 MPEG-4 的 VM-18[3]。而在 H.264/AVC 標準當中，目前也提供了一套 Rate Control 的機制在 Joint Model(JM)[4]之中。而我們演算法的架構將會建立在此 Joint Model 上面。

(2) 架構

2.1 Joint Model 中 Rate Control 的架構

在 JM 的 Rate Control 的架構當中主要分為三個階段。1.GOP(Group of pictures)層級，2.Pictures 層級，3.Basic Unit 層級。在 GOP 層級當中會計算此 GOP 總共應該編碼出的資料量，例如：如果頻寬為 64Kbits，每秒傳送 15 張畫面，一個 GOP 大小為 30 張時，則一個 GOP 內可使用的資料大小則為 128Kbits，而在此層級會控制使得壓縮出來的資料量不會超出原本預期的大小。另外，在此層級也會決定每個 GOP 第一張畫面的 QP 值。而在 Picture 層級，將會決定出每張畫面的 QP 值，主要會分成 Stored 跟 Non-stored 畫面，在 Stored 畫面會利用當時 buffer 的狀況跟這個 GOP 剩下可用的資料量來決定出這張畫面的 QP，數學式可以表示成：

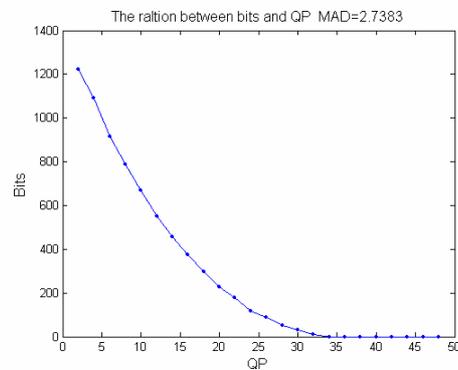
$$\begin{aligned} \hat{T}_i(j) &= \frac{R_i(j)}{f} + \gamma \times (S_i(j) - V_i(j)) \quad \gamma = 0.5 \\ \hat{T}_i(j) &= \frac{W_{p,i}(j-1) \times B_i(j)}{W_{p,i}(j-1) \times N_{p,r} + W_{b,i}(j-1) \times N_{b,r}} \\ T_i(j) &= \beta \times \hat{T}_i(j) + (1 - \beta) \times \tilde{T}_i(j) \quad \beta = 0.5 \end{aligned} \quad (1)$$

在這邊，T 代表要用來編碼的 Target Bits，而 R 代表通道每秒可傳送的資料量，f 則是每秒須送幾張畫面，S 是預期 buffer 飽滿的程度，而 V 是當時 buffer 飽滿的程度，B 代表當時

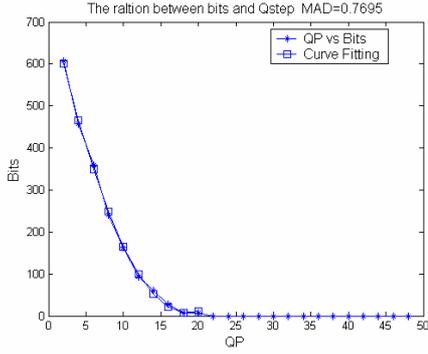
GOP 內剩下可以用的 bits 數，W 代表畫面的複雜度，而 N 則是畫面的數量。當決定好 Target Bits 後，則需要一個 model 來預測要用多大的 QP 才能達到此 Target Bits，在 JM 裡面所使用的是之前在 MPEG-4 當中被提出來使用的 quadratic Rate-Distortion model[5]，數學式如下：

$$T_i(j) = c_1 \times \frac{\tilde{\sigma}_i(j)}{Q_{step,i}(j)} + c_2 \times \frac{\tilde{\sigma}_i(j)}{Q_{step,i}^2(j)} - m_{h,i}(j) \quad (2)$$

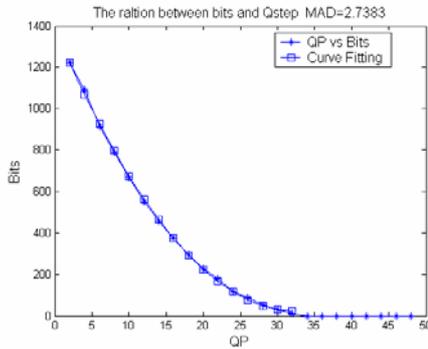
在這裡 σ 表示做完運動補償後兩張畫面的 MAD(Mean of Absolute Difference) 值，而 m 表示 header bits 的大小，T 則是之前已經求得的 Target Bits，經由這個式子可以求得出 Quantization Step size(Q_{step}) 的值，最後經由簡單的轉換就可以得到 QP 值。而在 Basic Unit 層級當中，將會更進一步決定每個 Basic Unit 的 QP 值。首先說明 Basic Unit 的定義，Basic Unit 是由一張畫面中連續的幾個 macroblock 組成的單位，假設今天使用 Basic Unit 的大小為 11 個 macroblock，則整張畫面將會被分成數個 Basic Unit，以 QCIF 影像(176x144)為例，共有 99 個 macroblock，將會被分成 9 個 Basic Unit，所以在此層級當中將會決定出每個 Basic Unit 的 QP 值。如果 Basic Unit 的大小愈小，則愈能夠滿足一張畫面 Target Bits 的值。上面簡單的介紹完在 JM 裡面所提供的 Rate Control 後，本研究將會針對裡面的架構作調整，進而希望能得到更佳的控制。



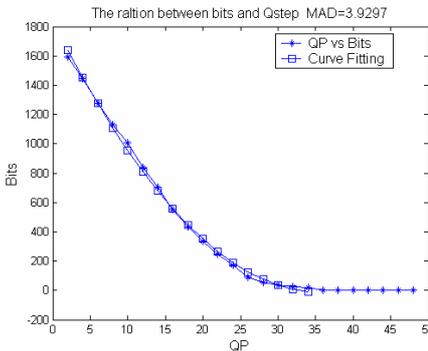
圖二. 固定 MAD 時，QP 跟 Bits 的關係



圖三. $MAD=0.7695$ ， QP 跟 $Bits$ 的關係



圖四. $MAD=2.7383$ ， QP 跟 $Bits$ 的關係



圖五. $MAD=3.9297$ ， QP 跟 $Bits$ 的關係

2.2 Rate-Distortion model

在上面已經介紹過目前在 JM 裡面所使用的 quadratic R-D model，而在最近的研究裡面有其他人提出不同的 R-D model[6][7][8]，而我們將會先分析 QP 、 MAD 跟壓縮出資料量 ($Bits$) 關係，在圖二當我們固定 MAD 之後，可以發現 QP 跟 $Bits$ 之間可以用二階的多項式來描述，因此接下來我們利用二階多項式針對不同的 MAD 值作實驗，觀察是否皆能符合此特性，圖三、四、五各代表當 MAD 等於 0.7695、

2.7383 和 3.9297 時的結果，各可以代表小中大的 MAD 值。而二階的多項式可以表示如下：

$$Bits = a \times QP^2 + b \times QP + c \quad (3)$$

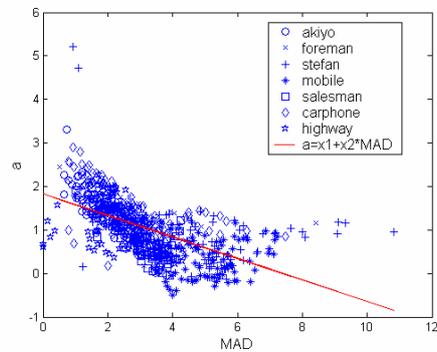
在這裡 a 、 b 、 c 代表此多項式的係數，我們用最小平方差可以求得此係數，因此不同的 MAD 可以得到不同的係數。

接下來我們利用大量的數據去觀察這些係數和 MAD 的關係。圖六是針對不同的影像與不同的 MAD 值所得到 a 跟 MAD 的關係圖，在這邊我們用簡單的一維線性來描述此關係；圖七則是 b 跟 MAD 的關係圖，可以明顯的發現 b 跟 MAD 並沒有明顯的關係存在，所以係數我們假設維持不變，最後圖八則是 c 與 MAD 的關係圖，在此可以發現有很重要的關係存在，經過不同的數學式實驗，最後發現使用下面式子得到的誤差最小，而且對整體式子簡化最有幫助：

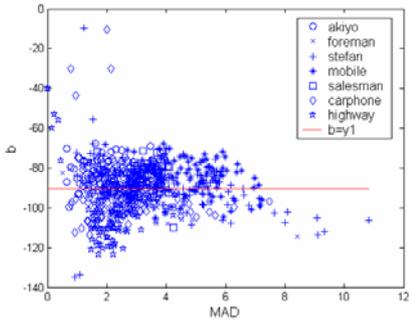
$$c = z_1 \times MAD + z_2 \times \sqrt{MAD} \quad (4)$$

接下來可以將上面得到的關係，將原本的式子 (3) 改寫如下：

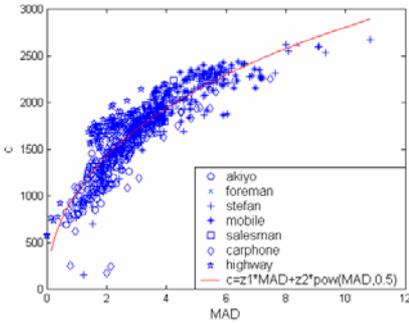
$$\begin{aligned} Bits &= a \times QP^2 + b \times QP + c \\ &= (x_1 + x_2 \times MAD) \times QP^2 + y_1 \times QP \\ &\quad + z_1 \times MAD + z_2 \times \sqrt{MAD} \\ &= k_1 \times MAD \times QP^2 + k_2 \times MAD + \\ &\quad k_3 \times QP^2 + k_4 \times \sqrt{MAD} + k_5 \times QP \\ &= k_1 \times A^2 B^2 + k_2 \times A^2 + k_3 \times B^2 + k_4 \times A + k_5 \times B \\ A &= \sqrt{MAD} \quad B = QP \end{aligned} \quad (5)$$



圖六. a 與 MAD 之間的關係



圖七. b 與 MAD 之間的關係

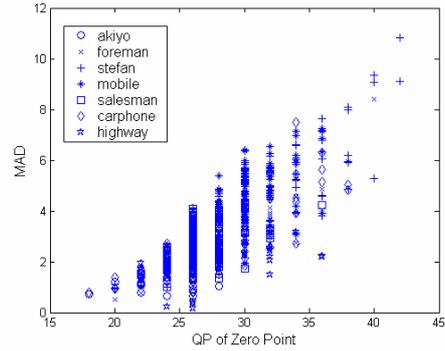


圖八. c 與 MAD 之間的關係

而在上面的式子裡面只適用在 non-zero 的壓縮結果，因為當 QP 值超過某個值時，編碼出來的量都會是零，從圖三到五可以看得出來，當 QP 超過某個值後壓縮出的 Bits 數都會是零，在這邊我們稱此 QP 為 Zero Point，而圖九是 Zero Point 與 MAD 的關係，由圖可以發現 Zero Point 與 MAD 值呈現正比關係，也就是說愈大的 MAD 值需要愈大的 QP 才會編碼為零，所以可以利用此線性關係針對式子(5)加以限制，改寫如下：

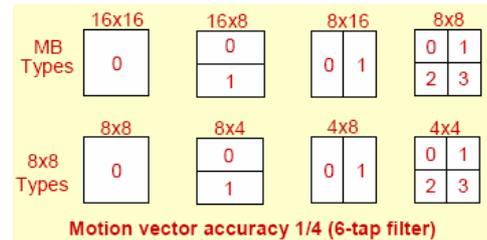
$$Bits = k_1 \times MAD \times QP'^2 + k_2 \times MAD + k_3 \times QP'^2 + k_4 \times \sqrt{MAD} + k_5 \times QP' \quad (6)$$

$$QP' = \begin{cases} QP' & QP' \leq \frac{MAD - h_1}{h_2} \times \sigma \\ QP' - 1 & QP' > \frac{MAD - h_1}{h_2} \times \sigma \end{cases}$$



圖九. Zero Point 與 MAD 關係圖

上面我們已經建立出了壓縮資料量跟 MAD 與 QP 之間的關係，在這邊的壓縮資料指的是做完 DCT 轉換、量化一直到 Entropy Coding 後的資料，尚未包含 Header Bits，而在 Rate Control 決定的 Target Bits 是兩者一起包含的數量，所以接下來我們將針對 Header Bits 的特性作一些分析。



圖十. Macroblock 種類，使用於移動補償[9]

2.3 Header Bits 分析

首先說明在 H.264/AVC 的 Inter Prediction 提供有多種的 Macroblock Mode，能夠針對不同的影像內容找到最適合的 mode，進而能增加 inter prediction 的效能。圖九就是 Macroblock Mode 的種類，愈大的愈適合使用在影像細節較少的部分，而愈小的 block size 則適合在較複雜的部分。而不同的 Macroblock Mode 所需儲存的 Header Bits 也有不同，圖十一針對 16x16、16x8、8x16 和 8x8 四種形式的 Header Bits 跟 MAD 的比較，在這邊可以發現 16x16 的 Header Bits 比其他三種來的低，而且跟 MAD 大小沒有關係，而 16x8 跟 8x16 兩種形式的 Header Bits 大小相當接近，而且也跟

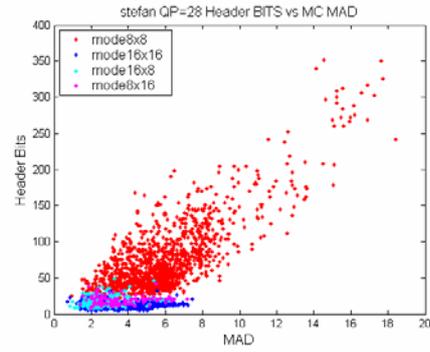
表一. P-slice 的 Macroblock Header Bits 成分

| 成分 | 說明 |
|---------------------------|-------------|
| Macroblock skip run | 記錄是否為 skip |
| Macroblock type | 記錄為何種 mce |
| Motion vector | 記錄移動向量資訊 |
| CBP(Coded Block Patterns) | 記錄被編碼為零的資料 |
| Delta QP | 記錄跟前者 QP 的差 |

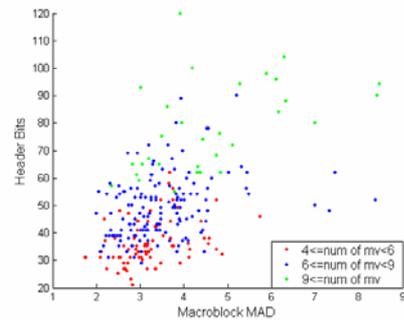
MAD 大小關係不明顯，但是在 8x8 的 macroblock mode，可以發現 Header Bits 數量與 MAD 呈現正比的關係，要說明這個原因首先要先分析 Header Bits 的組成成分。由表一可以發現，因為 16x16 只需要存一個移動向量，而 16x8 跟 8x16 需要存兩個移動向量，所以後面的 Header Bits 平均來看會比前者來的高，而在 8x8mode 裡面因為可以更細分為四種 8x8 的 types，所以需要儲存的移動向量差異較大，從四個到十六都有，而我們更進一步觀察造成 Header Bits 差異是否是因為移動向量的差別，根據圖十二我們可以了解切的愈細的 block 需要存愈多的移動向量，而所產生的 Bits 數也會愈多，另一方面愈大的 MAD 也愈容易切成較細 block mode，所以在這邊可以將 8x8mode 的 Header Bits 用一階線性的數學式來描述此關係：

$$Hbits_{8 \times 8} = a \times MAD + b \quad (7)$$

而其他的三種 Macroblock Mode 的 Header Bits 則用平均值來代表即可，因此我們將原來 JM 裡的 R-D model(2)改用上面的 model，接下來作實驗觀察最後得到的結果。



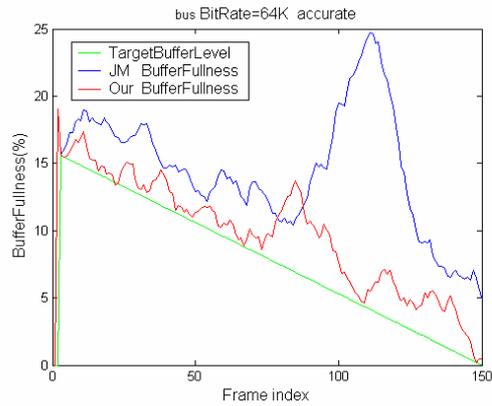
圖十一. Header Bits 與 MAD 之間關係



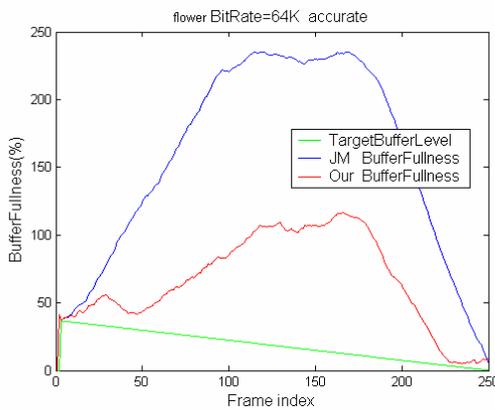
圖十二. 8x8mode 中，不同數目的移動向量和 Header Bits 與 MAD 之間關係

(3) 實驗結果

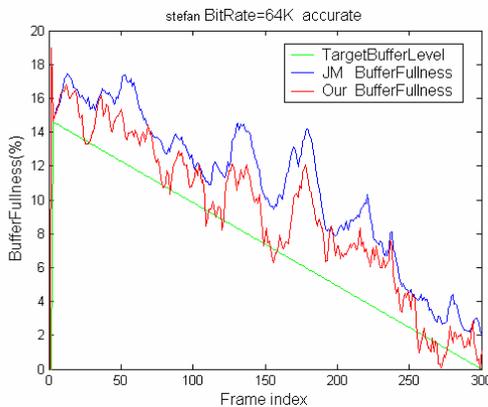
我們將我們的 model 跟原本 JM 的 model 作比較，首先設定 Basic Unit 的大小為一個 macroblock，畫面的大小使用 QCIF，Profile 設定在 baseline profile，Frame Rate 設定為 30f/sec，Buffer 大小設定為頻寬的 0.5 倍，GOP 大小為所有的畫面數，也就是只有第一張為 I-frame，而 RDO(Rat Distortion Optimization) 為開啟。在這邊我們選擇的影像為 Bus、Flower 和 Stefan，頻寬為 64Kb。圖十三為 buffer 額滿的情形，在這邊我們先忽略當 buffer 額滿而造成的畫面遺失的問題，Target Buffer Level 是指預期希望 buffer 的位置，而使用我們的 model 跟 JM 原本的比較，可以發現改變 R-D model 後，對於 buffer 更能有效率的控制，也能比較少發生畫面遺失的問題，而這是因為改變 R-D model 後對於符合



(a) Bus sequence



(b) Flower sequence



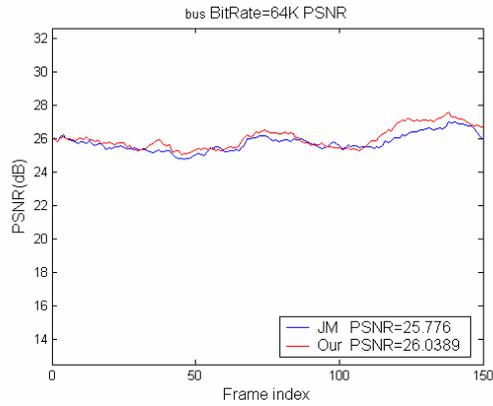
(c) Stefan sequence

圖十三. Rate Control 過程 Buffer 的狀態

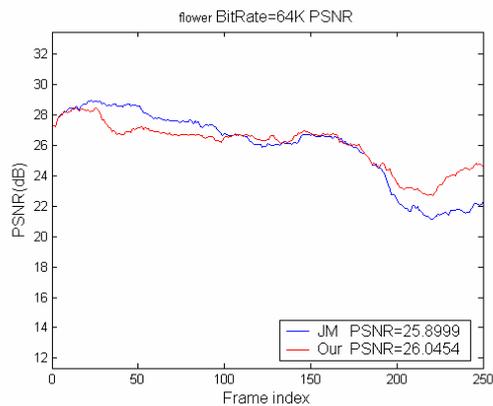
Target Bits 的誤差有相當的減少，在表 2 我們定義誤差為實際編碼出來的數量跟預期編碼數量的平均絕對差值，改善比較是計算改善量對於原本 JM 誤差的比值，可以發現都有不小的改善，接下來將針對每張畫面的 PSNR 作比較。經過 model 精確度的改善，可以發現對於畫面的品質並沒有造成不好的影響，反

表二. R-D model 預測精確度比較

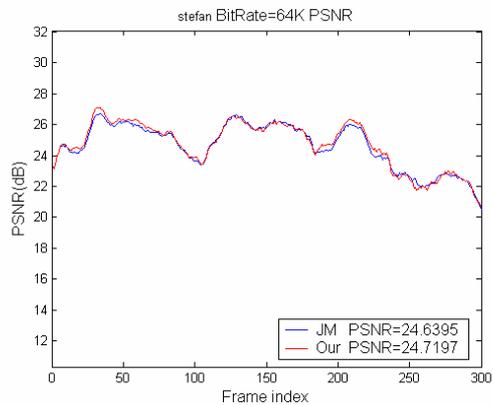
| Sequence | JM | Our | Improvement |
|----------|--------|--------|-------------|
| Bus | 569.7 | 193.7 | 0.66 |
| Flower | 1185.9 | 995.2 | 0.16 |
| Stefan | 245.2 | 163.28 | 0.33 |



(a) Bus sequence



(b) Flower sequence



(c) Stefan sequence

圖十四. PSNR 的比較

而對於 GOP 最後面的幾張影像，因為 buffer 有效的控

制，使得畫面品質有不小的提升，而對於整體 PSNR 看來也都能有不錯個改善，最後我們比較此改善對於實際視覺影像上的改進，圖十五到十七是其實際壓縮出來的影像，可以很明顯的觀察出來改善的結果，特別是像 Bus 跟 Stefan 在地上的線段，還有 Flower 右半邊花的



(a) JM



(b) Proposed approach

圖十五. Bus 第 145 張畫面



(a) JM



(b) Proposed approach

圖十六. Flower 第 220 張畫面
部分，這是因為當編碼到畫面的一半時，不精確的 model 很容易就將這張畫面所分配到的

Target Bits 用完，而造成剩下 Basic Unit 會使用過大的 QP 來減少編碼出過多的資料數，所以對於畫面中後面的 Basic Unit 我們能效果不錯的改善。



(a) JM



(b) Proposed approach

圖十七. Stefan 第 50 張畫面

(4) 結論

在這篇報告當中，我們針對 H.264/AVC Rate Control 的 R-D Model 分析，然後我們根據實驗觀察出 MAD、QP 跟 Bits 之間的特性，而設計出 R-D Model，能有效的利用在影像的傳輸上，不但能安全的控制 buffer 的狀態，更能對於影像品質有明顯而重要的影響，分析完 R-D Model 的特性，更進一步的我們需要去討論如何決定 Target Bits，不論是以畫面為單位還是 Macrobblock 為單位，決定不同的 Target Bits 也會影像畫面的品質，而這是下一步需要去研究的部分。

(5) 參考文獻

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, *Test Model 5*, 1993.
- [2] ITU-T/SG15, *Video Codec Test Model*, TMN8,

Portland, June 1997.

- [3] MPEG-4 Video Verification Model V18.0, Coding of Moving Pictures and Audio N3908, ISO/IEC, JTC1/SC29/WG11, Jan. 2001.
- [4] Z. Li et al., "Adaptive Basic Unit Layer Rate Control for JVT," JVT-G012, 7th Meeting: Pattaya, Thailand, March 2003.
- [5] H. J. Lee and T. H. Chiang and Y.-Q. Zhang, "Scalable rate control for MPEG-4 video," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, pp. 878-894, 2000.
- [6] Thung-Hiung Tsai and Jin-Jang Leou, "A Rate Control scheme for H.264 Video Transmission." IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 2004.
- [7] Satoshi Miyaji, Yasuhiro Takishima and Yoshinori Hatori, "A Novel Rate Control Method for H.264 Video Coding." IEEE ICIP vol. 2, 11-14 Sept. 2005
- [8] Siwei Ma and Wen Gao, "Rate-Distortion Analysis for H.264/AVC Video Coding and its Application to Rate Control." IEEE Trans. on Circuits and Syst. For Video Technol., vol.15, No.12, Dec. 2005
- [9] Thomas Wiegand, Gary J. Sullivan, Gisle Bjontegaard, and Ajay Luthra, "Overview of the H.264/AVC Video Coding Standard," IEEE Trans. on Circuits. Syst. Video Technol., vol.13, No.7, July 2003