

Motion Vector Refinement 기법을 이용한 MPEG2 Transcoder에 관한 연구

박석준*, 정태윤**, 신종인*, 박상희*
 *연세대학교 전기·컴퓨터 공학과, **삼성전자 중앙연구소

A Study on MPEG2 Transcoder using Motion Vector Refinement

Seok-Joon Park*, Tae-Yun Chung**, Joong-In Shin*, Sang-Hui Park*

*Dept. of Electrical&Computer Eng. Yonsei Univ. , **Corporate R&D Center Samsung Electror

Abstract - 디지털 TV의 동영상 표준인 MPEG2는 방대한 양의 디지털 데이터를 발생한다. 그러나 현재 사용하고 있는 디지털 저장 매체의 수용 능력에는 한계가 있으므로 저장을 위해 전송된 high bit rate의 MPEG2 bitstream을 더욱 낮은 bit rate의 bitstream으로 전환하는 transcoding 기법이 반드시 필요하다. 기존의 encoder와 decoder를 이용하여 구현 가능한 장점이 있는 cascade transcoder는 reencoding시 motion estimation에 많은 시간이 소요되므로, motion estimation 과정을 최소화하면서 optimal motion vector를 구할 수 있는 motion vector refinement 기법을 MPEG2 cascade transcoder에 적용하였다. 결과 처리 속도는 3-5배 향상되었고 화질은 기존의 T2 transcoder에 비해 평균 0.1dB 이상의 PSNR 향상이 있었다. 또한 1Mbps와 같은 low bit rate에서 더욱 큰 화질 향상이 있었다.

1. 서 론

인간의 정보 인식 과정에 있어서 시각의 비중이 매우 크고 이를 디지털 정보로 표현할 경우에 영상 정보의 양이 다른 정보량에 비하여 매우 방대해지기 때문에 이러한 영상 정보를 효율적으로 저장하거나 전송하기 위해서는 영상 정보의 부호화 및 복호화 기법이 필수적이다. 이에 최근 디지털 TV 및 DVD 비디오 영상 부호화의 표준으로 MPEG2가 채택되었다[1][2]. MPEG2는 SDTV에서는 3-15Mbps, HDTV에 15-30Mbps의 bit rate을 제공하므로 디지털 TV방송시 방대한 양의 디지털 데이터가 발생한다[1][2][3]. 예를 들어 15Mbps로 부호화된 2시간 분량의 영화를 방송하게 될 경우 발생한 전체 데이터 양은 15Mbps×2×3600sec/8bit=13.5GByte이다. 그러나 현재 디지털 저장 매체로 사용되고 있는 DVD RAM의 한 면에 수용할 수 있는 데이터양은 4.7GByte로 데이터를 저장하기 위해서는 15Mbps로 주어진 bitstream을 저장 매체의 수용 능력을 고려하여 더 낮은 bit rate로 다시 부호화하는 기술인 transcoding 기법이 필요하다.

Transcoding 기법에는 입력 부호화 MPEG2 bitstream을 가변장부호화하여 영상의 DCT계수를 얻어 다시 이를 requantization한 뒤 가변장부호화하는 T1 transcoding 기법과 T1에서 발생하는 drift error를 제거하기 위해 입력 bitstream에서 얻은 DCT계수를 IDCT하고 bitstream 내에서 추출한 motion vector로 motion compensation한 뒤 다시 DCT를 하는 drift corrector를 추가한 T2 transcoding 기법이 있다[4][5]. T1과 T2 transcoder는 requantization시 quantization noise에 의한 error를 발생하고 기존의 MPEG2 encoder와는 다른 quantization과 rate control를 하는 특수한 부호화기를 설계하여 전체 transcoding 과정을 하나의 칩으로 제작하여 제공한다. 이에 반해 MPEG2 decoder와 encoder를 cascade한 T3 transcoder는 구현이 쉽고 drift error도 제거되는 장점이 있다[4][6][7]. 또한 quantization noise

error도 motion estimation을 통해 optimal motion vector를 찾음으로써 해결한다. 그러나 encoder의 motion estimation은 연산량이 많아 전체 transcoding 과정에 소요되는 시간이 T1, T2에 비해 3-5배 이상 요구되는 단점 때문에 화상 형이 변화하는 특수한 경우에만 국한되어 사용되어 왔다[4].

본 연구에서는 cascade transcoder의 장점인 기존의 상용화된 MPEG2 decoder와 encoder를 사용하여 구현이 가능한 점을 살리고 문제점인 움직임 추정시 요구되는 많은 연산량을 줄여 가장 많이 사용되는 T2 transcoder와 소요되는 수행 시간을 거의 같은 수준으로 줄이면서 화질은 거의 동등하게 유지하기 위해 MPEG2 cascade transcoder에 motion vector refinement 기법을 사용하였다.

2. 본 론

2.1 Quantization noise error

그림 1은 cascade transcoder의 구조이다[6]. motion estimation 블록은 단순화를 위해 그림에서 생략하였다. Front encoder의 motion vector (Ix, Iy)와 transcoder내의 second encoder의 motion vector (Ox, Oy)는 각각 식(1)과 (3)에서 구해진다.

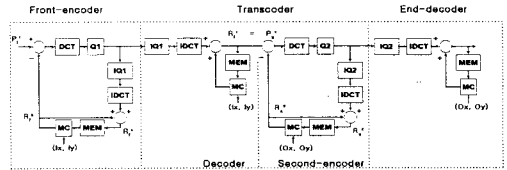


그림 1. cascade transcoder의 구조

$$(I_x, I_y) = \arg \min_{(m, n) \in S} SAD_f(m, n) \quad (1)$$

$$SAD_f(m, n) = \sum_i \sum_j |P_f^e(i, j) - R_f^e(i + m, j + n)| \quad (2)$$

$$(O_x, O_y) = \arg \min_{(m, n) \in S} SAD_s(m, n) \quad (3)$$

$$SAD_s(m, n) = \sum_i \sum_j |P_s^e(i, j) - R_s^e(i + m, j + n)| \quad (4)$$

여기서 S는 search range이고 m, n은 정합 블록의 수평 수직 변위이다. 그림 1에서 front-encoder에서 복원된 화상은 second-encoder의 입력 프레임과 같으므로 $R_f^e(i, j) = P_s^e(i, j)$ 이고 $R_s^e(i, j) = P_s^e(i, j)$ 이다. 그러므로 식(4)에 대입하여 정리하면 식(5)를 얻는다.

$$SAD_s(m, n) = \sum_i \sum_j |P_s^e(i, j) - R_s^e(i + m, j + n)| \\ = \sum_i \sum_j |P_f^e(i, j) - R_f^e(i + m, j + n)| \\ + \Delta_s^e(i, j) - \Delta_s^e(i + m, j + n)| \quad (5)$$

여기서 $\Delta_s^f = R_s^f(i, j) - P_s^f(i, j)$, $\Delta_s^b(i, j) = R_s^b(i, j) - P_s^b(i, j)$ 이다. 식 (5)에서, $P_s^f(i, j) - R_s^f(i + m, j + n)$ 과 (2)에서 (I_x, I_y) 를 얻기 위해 SAD를 계산할 때 사용한 항이다. $\Delta_s^f(i, j)$ 는 front encoder의 quantizer Q1에 의한 현 프레임의 복원 오차를 $\Delta_s^b(i, j)$ 는 second-encoder의 Q2에 의한 이전 프레임의 reconstruction error이다. 식 (5)로부터 front-encoder에서 얻은 (I_x, I_y) 와 second-encoder에서 얻은 새로운 motion vector (O_x, O_y) 가 같을 경우 (I_x, I_y) 는 optimized된 상태이므로 $\Delta_s^f(i, j) - \Delta_s^b(i + m, j + n)$ 을 무시할 수 있다. 그러나 일반적으로 언제나 이를 무시할 수 있는 상태를 보장되지 않기 때문에, front-encoder에서 얻은 (I_x, I_y) 가 non-optimal일 확률이 존재하여 quantization noise에 의한 reconstruction error가 발생한다[6][7].

2.2 Motion vector refinement 기법

새로운 motion estimation을 수행할 경우 최적의 움직임 벡터는 얻을 수 있으나 이는 높은 complexity 때문에 실제로 사용하는 과도한 수행 시간을 초래한다. 2.1 절에서 복원된 차영상의 error가 front encoder에서 추출한 (I_x, I_y) 와 optimal motion vector간의 편차를 발생하는 사실을 증명하였다. 이 경우 대부분의 macro block에서 편차는 작은 범위에서 발생하여 optimal vector는 추출한 (I_x, I_y) 와 근소한 위치에 있다. 그러므로 optimal motion vector는 full scale motion estimation을 사용하지 않고 선택된 작은 search range만을 탐색하여도 쉽게 찾을 수 있다[6][7]. Base motion vector (B_x, B_y) 를 입력 bitstream에서 추출한 motion vector로 정의하고 delta motion vector (D_x, D_y) 는 base motion vector의 위치와 근접한 새로운 search range S^R 내에서 estimation되어 식(6)에 의해 얻어진다.

$$(D_x, D_y) = \arg \min_{(m, n) \in S^R} SAD_R \quad (6)$$

$$SAD_R = \sum_i \sum_j |P_s^f(i, j) - R_s^f(i + B_x + m, j + B_y + n)|$$

새로운 search range S^R 은 full scale motion estimation의 search range S보다 매우 작은 값이다. 일반적으로 S는 ± 15 화소에 해당하고 S^R 은 ± 2 화소에 해당하며 이를 적용하면 full scale motion estimation을 사용한 결과에 상응하는 화질을 얻을 수 있다[6].

2.3 제안한 MPEG2 transcoder

그림 2는 제안한 MPEG2 transcoder의 구조이다. Side information을 decoder에서 추출한 뒤 동기화하여 기존의 MPEG2 encoder를 사용하여 시스템을 구성할 수 있다.

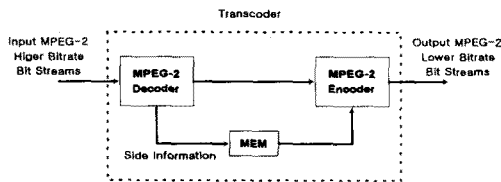


그림 2. 제안한 transcoder의 구조

Side information은 입력 bitstream에서 추출한 base motion vector와 quantization parameter인 mquant, macro block의 intra여부를 담고 있는 MB_type, motion prediction의 정보를 담고 있는 motion_type이다. 이 정보를 가지고 추출한 base motion vector가 optimized인지를 결정하여 그림 3의

순서도에 따라 adaptive motion vector refinement을 수행한다(6).

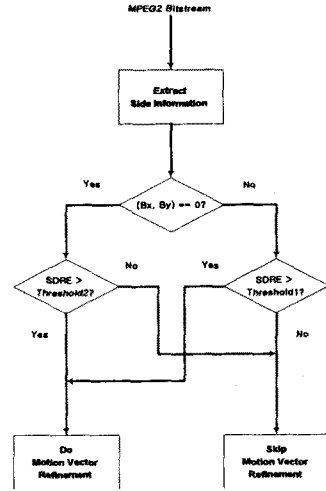


그림 3. Adaptive motion vector refinement의 순서

여기서 SDRE(sum of differential reconstruction)는 side information에서 추출한 정보로 결정하는데 문턱값보다 작을 경우 base motion vector가 optimize되었다고 판단한다. 제안한 transcoder에서는 SDRE를 macro block 단위로 적용시켰으며 식 (8)에 의해 구한다.

$$SDRE = \left| \frac{mquant_f^c}{mquant_s^p} \sum_i \sum_j |FRAME_{\Delta_s^p}(i + B_x, j + B_y)| \right| \quad (8)$$

여기서 mquant^c는 MPEG2 decoder로부터 추출한 현 macro block의 mquant이고 mquant^p는 이전 macro block의 mquant이다. FRAME_{Δ^s_p}는 motion_type이 MC_FRAME일 경우 식(5)의 Δ^s_p(i, j)이고, MC_FIELD일 경우 FIELD1_{Δ^s_p}(i, j) + FIELD2_{Δ^s_p}(i, j)이다. FIELD1_{Δ^s_p}(i, j)과 FIELD2_{Δ^s_p}(i, j)는 top_field일 경우 Δ^s_p(i, j)이고 bottom_field일 때 Δ^s_p(i, j+1)이다.

2.4 실험 및 결과

본 연구에서 실험 동영상은 CCIR601 형식의 Mobile & Calendar 135 프레임용 TM5[8]를 사용하여 15Mbps로 encoding한 MPEG2 bitstream을 사용하였다. Intra 주기 N은 15, P picture의 예측 간격 M은 3으로 설정하였다. 또한 Threshold1은 300, Threshold2는 500이며, 3Mbps, 2Mbps와 1Mbps로 transcoding하여 T3, T2 transcoder와 비교하였다.

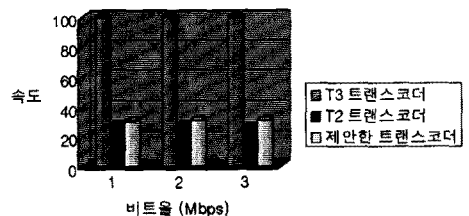


그림 4. 처리 속도 비교 그래프

그림 4는 처리 속도를 비교한 그래프다. T3의 수행 시간을 100으로 간주하고 나머지 transcoder의 수행 시간을 T3에 대한 비로 나타내었다.

제안한 transcoder는 cascade transcoder의 단점인 과도한 수행 시간 문제를 완전히 개선하였음을 알 수 있다. 평균 30.98로 수행 속도가 약 3.2배 향상하였다. 이로써 T2와 거의 같은 속도로 개선하였음을 확인하였다.

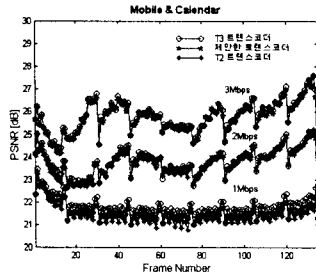


그림 5. 전체 프레임에 대한 PSNR 결과 그래프

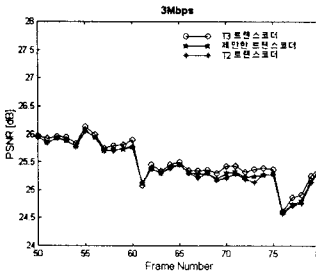


그림 6. 3Mbps의 PSNR 그래프

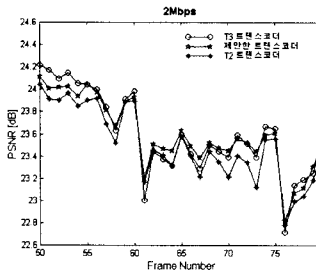


그림 7. 2Mbps의 PSNR 그래프

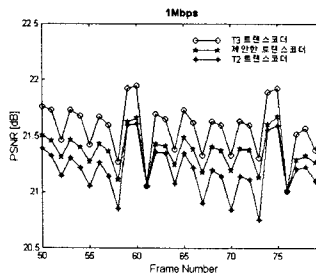


그림 8. 1Mbps의 PSNR 그래프

화질의 측면에서도 제안한 트랜스코더는 T2보다 1Mbps에서는 평균 0.1352dB 이상 향상을 보였다. 그

림 5는 전체 프레임에 대한 결과이고 그림 6부터 그림 8은 각 bit rate의 120-150 프레임의 결과를 보여준다.

Bit rate가 낮아질수록 즉 low bit rate에서 화질의 개선의 효과가 큰 것을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

본 연구에서는 기존의 MPEG2 decoder와 encoder를 이용하여 구현 가능한 cascade transcoder인 T3 transcoder의 문제점인 많은 연산량에 의한 처리 속도 문제를 개선하기 위해 motion vector refinement 기법을 적용한 MPEG2 transcoder를 제안하였다.

제안한 transcoder의 수행 속도는 cascade transcoder의 수행 속도를 완전히 개선하여 현재 가장 많이 사용되는 T2 transcoder와 같은 수준의 속도로 해결하여 실용화의 가능성을 확인하였다. 또한 복원된 영상의 화질에서도 전체적으로 T2 transcoder보다 높은 PSNR을 보였다. 그리고 low bit rate로 갈수록 PSNR의 차이가 크게 발생하여 T2 transcoder보다 뛰어난 화질을 얻기 때문에 보다 많은 저장을 위한 low bit rate transcoding의 응용에 적합하다.

(참 고 문 헌)

- [1] Vasudev Bhaskaran and Konstantinos Konstantinides, "Image and video compression standards", Kluwer Academy Publishers, 1995
- [2] Graham Jones, "Design and implementation of the ATSC demonstration of HDTV at NAB'97", SMPTE Journal, pp. 202-208, April 1999
- [3] P.N. Tudor, "Tutorial MPEG-2 video compression", IEE J Langham Thompson Prize Electronics & Communication Engineering Journal, December 1995
- [4] P.N. Tudor and O. H. Werner, "Real-Time transcoding of MPEG-2 video bit streams", International Broadcasting Convention, Amsterdam, pp.286-301, September 1997
- [5] G. Keesman et al, "Transcoding of MPEG bitstreams", Signal Processing Image Communication, Vol 8, pp481-500, 1996
- [6] Jeongnam Youn, Ming-Ting Sun, and Chia-Wen Lin, "Motion Vector Refinement for High-Performance Transcoding", IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 1, No. 1, pp.30-40, March 1999
- [7] Jeongnam Youn, Ming-Ting Sun, and Chia-Wen Lin, "Motion Estimation for High-Performance Transcoding", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 44, No. 3, pp.649-658, August 1998
- [8] ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11/93-400, MPEG2 Test Model 5, April. 1993