

동영상 변환부호화기를 위한 모션벡터 재추출 및 정제 기법에 관한 연구

박강서, 윤규섭, 박상희
연세대학교 전기·컴퓨터공학과

Motion vector resampling and refinement technique for digital video transcoder

Kang-Seo Park, Kyu-Seop Yoon, Sang-Hui Park
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Yonsei University

Abstract - 변화 부호화는 기존에 부호화 되어있는 영상의 비트율을 더 낮은 비트율의 영상으로 재 부호화하거나, 다른 부호화 표준으로 재 부호화 하는 기법이다. 변환 부호화기의 설계에서 가장 중요시되는 문제는 화질 향상과 부호화 속도의 향상이다. 변환 부호화기의 많은 응용분야에서 실시간 변환을 필요로 하기 때문에 변환 속도를 향상시키면서 화질을 높이는 방법이 연구되어 왔다. 비트율 변환비가 매우 클 때이나 표준화 방법의 목적 영상 사이즈가 다를 때엔 비트율의 변환과 함께 영상의 크기를 함께 변환(1/2)해 주어야할 필요가 있다. 본 논문에서는 이러한 경우에 적합한 변환 부호화기법을 제안한다. 우선 영상의 크기를 다운스케일링 해 준후, 기존 영상의 움직임 벡터들로부터 AWW기법을 이용해 1차 추정 벡터를 추출하여 속도를 향상시키고, 1차 추출 벡터 부근의 한정된 영역으로부터 움직임 벡터 추정과정을 거쳐 최종 추정 벡터를 정제하여 화질을 향상시킨다. 실험 결과 기존의 재 부호화 기법에 비해 속도가 향상됨을 확인할 수 있었으며, AWW 기법에 비해 연산량은 조금 많이나 정제 과정을 통하여 약 1dB 정도의 화질 향상이 있음을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

동영상의 디지털화가 확산되면서 미리 부호화되어 있는 영상을 유·무선 통신망을 통해 전송하거나 디지털 저장 매체에 저장하게 되는 경우가 많아졌다[1][2]. 이러한 경우 통신 채널의 상태나 저장 매체의 용량에 따라 기존에 부호화된 동영상의 비트율을 변화시키는 변환 부호화를 사용하게 된다. 특히 미리 부호화 되어 있는 비트율과 목적 비트율의 차이가 매우 큰 경우나 수신단의 해상도에 한계가 있는 경우에는 비트율을 변환하기 전 영상의 크기를 먼저 다운샘플링 하게 된다[3]. 기존의 중속 변환 부호화 방법에서는 미리 부호화 되어 있는 정보를 완전히 복호화 한 후 다시 부호화 하는 과정을 거치게 된다. 이러한 경우 기존의 정보를 전혀 사용하지 않고 새로운 부호화 과정을 다시 거치게 되므로 변환 부호화에 사용되는 시간이 매우 길어진다는 단점이 있다. 부호화에서 사용되는 시간의 상당 부분은 움직임 벡터 추정과정에서 소모된다. 이러한 시간적 손실을 보상하기 위해 나온 방법이 모션 벡터 재사용 기법으로, 이 방법은 기존의 부호화 되어 있는 영상의 모션벡터를 그대로 이용하여 재부호화 시에 움직임 추정과정에서 걸리는 시간을 감소시키는 방법이다[4]. 그러나, 영상의 크기를 변화시킨 후 비트율을 변화시키는 경우에는 입력 영상의 모션 벡터와 출력 영상의 모션 벡터의 수가 달라지게 되므로 모션 벡터 재사용 기법을 직접 적용하는 것이 불가능하다. 그러나, 영상의 크기가 달라지게 되더라도 미리 부호화된 영상에 존재하는 매크로 블록의 모션벡터와 다운 샘플링된 영상에서 이 매크로 블록에 상응하는 위치에서의 모션벡터는 서로 상관관

계를 갖게 된다. 이러한 관계를 이용하여 영상의 크기를 $1/2^n$ ($n=1,2,3,\dots$)으로 다운 샘플링 하는 경우 사용할 수 있는 적응 모션벡터 재추출 기법인 AWW(aligned-to-worst weighting) 방법이다. 이 방법은 1Mbps보다 낮은 비트율에서는 좋은 효율을 보이지만, 그보다 높은 비트율에서는 좋은 성능을 발휘하지 못한다. 본 논문에서는 AWW 기법을 이용하여 출력 영상의 모션 벡터를 추정된 후, HAVS(horizontal and vertical search) 기법을 적용하여 1차로 추정된 모션 벡터를 정제하여 1/2 다운 스케일링이 적용되는 변환 부호화기에서 화질을 향상시키는 방법을 제안한다.

2. 제안된 변환 부호화기

본 논문에서 제안하는 변환 부호화기의 구조는 그림 1에 나타나 있다.

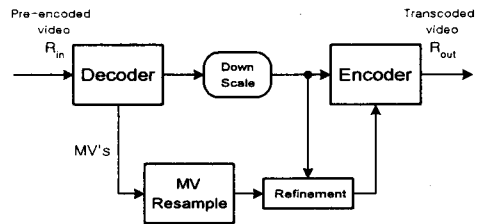


그림 1 제안하는 변환 부호화기

그림 1에서 입력 신호는 R_{in} 으로 미리 부호화되어 있는 시퀀스이며 출력은 $1/2$ 로 크기가 축소되고, R_{out} 으로 비트율이 변환된 시퀀스이다. 변환 부호화기는 미리 부호화된 비트열에서 움직임 벡터 정보를 읽어 들어 AWW기법을 이용하여 축소 영상에서의 움직임 벡터를 1차로 추정하게 된다. 이렇게 추정된 움직임 벡터는 HAVS 기법을 이용하여 정제되게 되고, 이렇게 구해진 최종 움직임 벡터를 이용하여 변환 부호화의 출력단에 있는 부호화기를 이용해 변환된 시퀀스를 출력하게 된다.

3. AWW 움직임 벡터 재추출 기법

3.1 1/2 축소 영상에서의 움직임 벡터

어떤 영상의 크기를 $1/2$ 로 줄여주게 되면, 기존 영상의 4개의 매크로 블록이 하나의 매크로 블록을 나타내게 된다. 이와 마찬가지로 각각의 매크로 블록에 할당되어 있는 4개의 움직임 벡터도 하나의 벡터로 나타내어진다. 기존의 4개의 16×16 매크로 블록의 움직임 벡터들과 다운 스케일링 후에 그 위치에 할당된 움직임 벡터의 관계를 나타낸 것이 그림 2이다. (a)의 그림처럼 네 개의 매크로 블록의 움직임이 잘 정

떨어져 있는 경우에는 네 개의 움직임 벡터 중 임의의 벡터를 선택하여도 축소된 영상의 움직임을 잘 나타낼 수 있다. 그러나, 일반적인 영상의 경우 영상에서의 움직임이 항상 한 방향으로 정렬되어 있는 것은 아니다. (b)의 그림처럼 네 개의 움직임 벡터가 일정한 방향을 나타내지 않고 서로 다른 방향을 나타내는 경우가 많다. 이러한 경우 네 개의 벡터로부터 축소된 영상에서의 한 개의 움직임 벡터를 추정하는 것은 쉽지 않다.

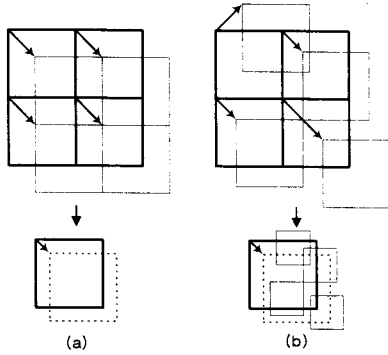


그림 2 1/2 축소 영상에서 움직임 벡터 추정

3.2 움직임 벡터 재추출

기존 영상의 네 개의 움직임 벡터로부터 축소 영상에서의 움직임 벡터를 추정하는 가장 간단한 방법은 기존의 네 개의 움직임 벡터의 평균을 구하여 이를 반으로 나누어 주는 것이다. 이는 네 개의 움직임 벡터에 동일한 가중치를 주는 것으로 고려할 수 있으며, 이러한 방법은 기존의 움직임 벡터가 한 방향으로 잘 정렬되어 있는 경우에는 매우 효과적으로 사용될 수 있다. 그러나 그림 2의 (b)와 같이 움직임 벡터들이 한 방향으로 정렬되어 있지 않은 경우에는 이 결과가 실제 축소영상에서의 움직임 벡터를 잘 나타내지 못한다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 식(1)에서와 같이 네 개의 벡터에 적절한 가중치를 주어 축소영상의 움직임 벡터를 추정해야 할 필요가 있다.

$$\overline{mv'} = \frac{1}{2} \frac{\sum_{i=1}^4 \overline{mv}_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^4 A_i} \quad (1)$$

\overline{mv}_i 는 기존의 영상에서의 벡터를 나타내며, A_i 는 각각의 벡터에 대한 가중치, $\overline{mv'}$ 는 이 가중치와 \overline{mv}_i 를 이용하여 축소된 영상에서 추정된 움직임 벡터를 나타낸다.

가중치 값을 선정할 때에는 일반적으로 현재 추정하고자 하는 축소된 영상의 매크로 블록 위치에 해당하는 원래 영상의 매크로 블록 네 개의 공간 활동도를 고려한다.

가중치를 선정하는 대표적 방법은 ABW(aligned-to-best weight) 기법과 AWW(aligned-to-worst weight) 기법이 있다. ABW 기법은 네 개의 매크로 블록에서 예측 오차가 적게 발생한 매크로 블록에 해당하는 움직임 벡터일수록 가중치를 크게 주어 축소 영상에서의 추정 움직임 벡터를 구하는 기법이며, AWW 기법은 이와는 반대로 가중치를 주어 움직임 벡터를 추정하는 기법이다.

일반적으로 자연 영상에서 움직임 벡터의 예측오차가 크게 나타나는 경우는 물체의 경계부분이 포함되는 경우이다[5]. 그런데, 일반적으로 물체의 움직임은 물체의 경계

부분의 움직임과 상관관계가 많다. 또한 경계를 포함한 부분은 그 주변영역과 상관관계가 적다. 반면 물체의 경계를 포함하지 않는 단순한 영역에서는 움직임 벡터의 예측오차가 이를 포함하는 영역에 비해 상대적으로 적게 나타난다. 그리고, 이런 영역은 주변영역과 상관관계가 커서 움직임 벡터가 최적의 상태를 벗어나더라도 오차가 그리 커지지는 않는다. 따라서, 일반적으로 예측 오차가 큰 매크로 블록에 움직임 벡터에 대한 가중치를 더 크게 주는 AWW 기법이 축소 영상에서의 추정 움직임 벡터에 의한 오차를 적게 만들어주게 된다[3].

가중치를 계산하기 위한 블록 활동도를 계산하는 방법은 여러 가지가 있으나 본 논문에서는 계산량을 줄이고, 비트열상의 정보를 수정없이 사용하기 위해 식 (2)에서와 같이 DCT계수를 이용한다.

$$A_i = \sum_{j=0}^3 \sum_{k=1}^{63} d(b_j(k)) \quad (2)$$

$$d(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ if } x=0 \\ 1 & , \text{ otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$b_j(k)$ 는 미리 부호화된 영상의 비트열상에서 구한 값으로 예측영상과 원영상과의 차영상을 구한후 DCT 변환하여 양자화를 마친 계수이다. j 는 동일 매크로 블록 상에 존재하는 네 개의 8x8 블록의 나타낸다.

3. 움직임 벡터의 정제

AWW기법을 이용하여 추정된 축소영상에서의 움직임 벡터는 최적의 벡터에 접근은 하지만 차이가 발생하게 된다. 영상의 크기가 작고, 비트율이 낮은 경우(1 Mbps 이하)에는 이 오차가 화질에 끼치는 영향이 매우 적다[4]. 그러나, 영상의 크기가 크고 비트율이 올라가게 될수록 이러한 오차가 커지고 이에 따라 화질도 나빠지게 된다. 따라서 이를 보정해 주기 위해 움직임 벡터의 정제 과정이 필요하게 된다. 그림 3은 움직임 벡터 정제에 사용되는 HAVS 기법의 적용 예를 나타낸다[4].

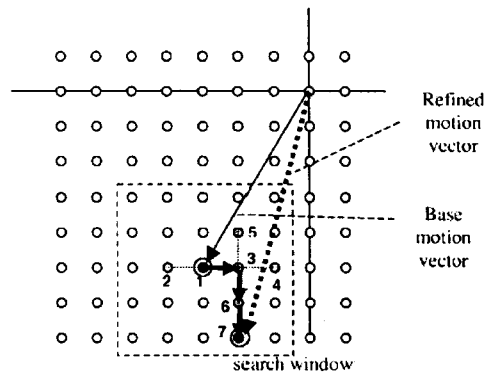


그림 3 HAVS기법의 적용 예

HAVS기법은 정제 영역으로 매우 작은 영역을 설정하여 국부 최소값으로 인한 오류의 확률을 줄인 후, 앞서 추정된 움직임 벡터를 좀더 정확하게 정제하게 된다. 이 방법에서는 우선 처음 추정된 움직임 벡터를 기저 벡터로 설정하고, 이 벡터가 가리키는 위치로부터 횡방향으로 한 화소씩 움직이며 추정오차가 작아지는 방향으로 진행하여 추정 오차가 최소가 되는 위치를 구하고, 그 위치에서부터 종방향으로 추정 오차가 최소가 되는 위치를 구해 최종 정제 벡터로 선정하게 된다. 이는 H.263에

서 사용되도록 제안된 기법으로 MPEG에서 사용할 경우 정제 영역의 조정과 반화소 움직임 보상의 포함이 필요하다.

4. 실험 및 결론

4.1 실험 조건

실험에 사용한 영상은 ITU-R 601(704×480) 포맷의 mobile & calendar, football, bus 영상 150 프레임이며, TM5를 이용해 부호화하였다. 15개의 프레임으로 GOP를 구성하였으며, I와 P 영상만을 이용하였다. 초기 비트율(그림 1의 R_{in})은 5Mbps로 하였으며, 변환 후의 영상은 SIF(352×240) 포맷에 1.15Mbps의 비트율을 나타내도록 하였다.

4.2 실험 결과

bus 영상에 대해 AWW기법을 이용해 추정한 움직임 벡터와 중속 변환 부호화기를 이용해 구한 최적의 움직임 벡터와의 오차의 히스토그램이 그림 4에 나타나 있다. 가로축은 횡방향 벡터의 오차×2를 나타내며, 세로축은 빈도수를 나타낸다. 대부분의 상당수의 벡터가 2~3정도의 오차 범위내에서 추정됨을 볼 수 있다.

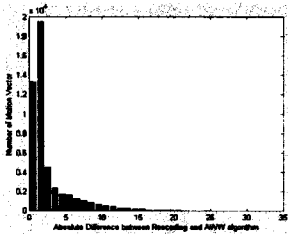


그림 4 오차벡터의 히스토그램

실험 대상 영상의 각 프레임에 대한 부호화 결과 PSNR 차이가 그림 5에 나타나 있다. 이는 중속 변환 부호화기를 이용해 완전히 다시 부호화한 영상과 AWW 기법, 본 논문에서 제안한 기법과의 PSNR차이를 나타낸 것이다. +표시된 것이 AWW기법의 결과이며, 직선은 제안한 기법과의 PSNR 차이이다.

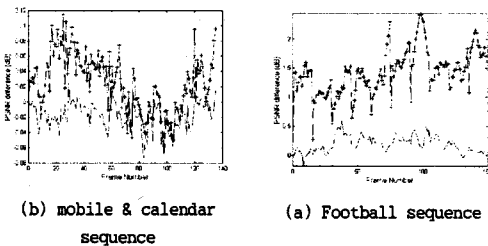


그림 5 PSNR차이 그래프

표 2 변환 부호화 방법에 따른 평균 PSNR

부호화 영상	재 부호화	AWW	제안한 기법
Bus	22.69	22.66	22.67
Mobile & Calendar	26.77	24.63	25.58
Football	26.98	25.55	26.79

실험 대상인 세 영상의 150에 대한 전체 평균 PSNR이 표 1에 나타나 있다.

5. 결론

본 논문에서는 변환부호화시에 영상 크기의 축소가 함께 이루어지는 경우에 적합한 변환부호화 기법을 제안하였다. 본 기법에서는 AWW기법을 이용하여 기존의 부호화된 영상으로부터 1차 움직임 벡터를 추정하고 한정된 영역에서 1차 추정벡터를 정제하여 영상의 화질을 향상시키고자 하였다. 실험 결과 기존의 재 부호화 기법에 비해 속도가 향상됨을 확인할 수 있었으며, AWW 기법에 비해 연산량은 조금 많았으나 정제 과정을 통하여 약 1dB 정도의 화질 향상이 있음을 확인할 수 있었다.

(참고 문헌)

- [1] Susie J. Wee, John G. Apostolopoulos, Nick Fearnster, "Field-to-frame transcoding with spatial and temporal downsampling," Proceedings of ICIP 99, vol. 4, pp. 271-275, 1999
- [2] Pedro A. A. Assuncao and Mohammed Ghanbari, "A frequency-domain video transcoder for dynamic bit-rate reduction of MPEG-2 bit stream," IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol. 8, no. 8, pp. 953-967, 1998
- [3] Bo Shen, Ishwar K. Sethi, and Bhaskaran Vasudev, "Adaptive motion-vector resampling for compressed video downscaling," IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, vol 9, no. 6, pp. 929-936, 1999
- [4] Jeongnam Youn, Ming-Ting Sun, and Chia-Wen Lin, "Motion vector refinement for high-performance transcoding," IEEE Transactions on multimedia, vol. 1, no. 1, pp. 30-40, 1999
- [5] F. Dufaux and F. Moscheni, "Motion estimation techniques for digital TV: A review and a new contribution," Proceedings of IEEE, vol. 83, no. 6, pp. 858-876, 1995