

움직임벡터의 분포와 적응적인 탐색 패턴 및 매칭기준을 이용한 유사 무손실 고속 움직임 예측 알고리즘

박성모[†], 유태경^{**}, 정용재^{***}, 문광석^{****}, 김종남^{*****}

요 약

본 논문에서는 비디오 부호화에서 움직임 추정을 위한 고속 알고리즘을 제안한다. 기존의 고속 움직임 예측 방법들은 프레임에 따라 예측화질이 현저히 떨어지는 문제점을 가지고 있으며, 전영역 탐색기반의 항상 방법들은 계산량 감축이 높지 않은 문제점을 지니고 있다. 본 논문에서는 전영역 탐색기반의 방법에 비하여 예측화질은 거의 같게 유지하면서 불필요한 계산량을 현저히 줄이는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 움직임 벡터의 확률분포와 적응적인 탐색 패턴 및 적응적인 블록매칭기준을 이용한다. 움직임 벡터의 확률분포에 따라 탐색패턴을 달리하며, 블록매칭 기준의 비교값을 다르게 함으로써 예측화질을 유지하면서 계산량만 효율적으로 감축할 수 있다. 제안한 알고리즘은 기존의 전영역 탐색 기반인 H.264 PDE 고속 알고리즘과 비교하여 예측 화질의 저하가 0~0.02dB이며, 소요된 계산량은 20%~30%정도이다. 제안한 알고리즘은 MPEG-2 및 MPEG-4 AVC를 이용하는 실시간 비디오 압축 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

Quasi-Lossless Fast Motion Estimation Algorithm using Distribution of Motion Vector and Adaptive Search Pattern and Matching Criterion

Seong-Mo Park[†], Tae-Kyung Ryu^{**}, Yong-Jae Jung^{***}, Kwang-Seok Moon^{****}, Jong-Nam Kim^{*****}

ABSTRACT

In this paper, we propose a fast motion estimation algorithm for video encoding. Conventional fast motion estimation algorithms have a serious problem of low prediction quality in some frames. However, full search based fast algorithms have low computational reduction ratio. In the paper, we propose an algorithm that significantly reduces unnecessary computations, while keeping prediction quality almost similar to that of the full search. The proposed algorithm uses distribution probability of motion vectors and adaptive search patterns and block matching criteria. By taking different search patterns and error criteria of block matching according to distribution probability of motion vectors, we can reduce only unnecessary computations efficiently. Our algorithm takes only 20~30% in computational amount and has decreased prediction quality about 0~0.02dB compared with the fast full search of the H.264 reference software. Our algorithm will be useful to real-time video coding applications using MPEG-2 or MPEG-4 AVC standards.

Key words: Motion Estimation(움직임 추정), Full search(전역 탐색), Quasi-lossless(유사 무손실), Partial distortion elimination(부분 에러 제거), Adaptive search pattern(적용 탐색 패턴)

※ 교신저자(Corresponding Author): 김종남 주소: 부산광역시 남구 대연 3동 599-1 부경대학교 대연캠퍼스 컴퓨터공학과(608-737), 전화: 051-629-6259 팩스: 051-629-6259

E-mail: jongnam@pknu.ac.kr

접수일: 2009년 9월 2일, 수정일: 2010년 1월 20일

완료일: 2010년 4월 12일

[†] 부경대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정 재학

(E-mail: ps222222@hanmail.net)

^{**} 동서대학교 영상콘텐츠학과 BK21 계약교수

(E-mail: tkryu@gdsu.dongseo.ac.kr)

^{***} (주)에임즈 연구원

(E-mail: yongjae@pknu.ac.kr)

^{****} 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

(E-mail: moonks@pknu.ac.kr)

^{*****} 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

※ 본 연구는 한국산업기술진흥원 지역혁신인력양성사업과 중소기업청 산학공동기술연구사업에 의하여 지원받았습니다.

1. 서 론

영상 및 비디오 압축은 자료의 양을 축소하여, 보다 효과적으로 저장하고 전송할 수 있게 한다. 일반적으로 영상의 중복성은 시간적 중복성, 공간적 중복성, 통계적 중복성을 가지는데, 시간에 따라 변화하는 동영상 시퀀스는 시간 상관계수가 공간 상관계수보다 훨씬 큰 경향이 있다. 이 때문에 공간 상관성을 이용하는 프레임내의 부호화기술에 추가하여 프레임간의 높은 시간 상관성을 이용함으로써 프레임간의 시간적 중복성을 감소시켜 비디오 데이터의 압축 효율을 증가시키는 기술을 사용한다. 시간적 중복성을 줄이는 핵심 기술이 비디오 압축에서 움직임 추정(motion estimation)이며, 이는 시간적 중복성을 줄이기 위해 이전 프레임을 이용하여 현재 프레임과 가장 유사한 영역을 찾는 것이다. 가장 유사한 변위 벡터를 움직임 벡터(motion vector)라고 하며, 움직임 벡터를 이용하여 유사한 현재 프레임을 구성하는 것을 움직임 보상이라 한다. 특히 블록 기반의 움직임 예측 방법은 계산량 대비 예측화질이 우수하여 H.261, H.263, MPEG-1, MPEG-2 MPEG-4/AVC(advanced video coding)등의 동영상 압축 표준에 널리 사용되고 있다[1,2]. 블록 매칭 방법은 좋은 예측 성능, 작은 계산 로드, 그리고 작은 움직임 파라미터 정보 등에 기인한다. 블록 기반 움직임 예측 방법에서 가장 대표적인 전영역 탐색 방법은 주어진 탐색 영역에서 최소의 매칭 에러를 갖는 후보 지점을 찾는 것이다. 이 탐색 방법은 간단하고 쉬운 하드웨어 구현 때문에 비디오 데이터 부호화에서 널리 사용되어져 왔다[1,2]. 동영상 압축 표준들의 부호화 과정은 움직임 추정, 움직임 보상, DCT(discrete cosine transform), 양자화, 엔트로피 부호화 등으로 구성되는데 움직임 추정은 ± 128 의 탐색영역을 가지는 HDTV의 경우에 전체 부호화 계산량의 90%이상을 차지한다. 전영역 탐색 방법의 방대한 계산량은 실시간 부호화 응용 분야에서 심각하고도 중요한 문제점으로 남겨져 왔다. 이러한 전영역 탐색방법의 계산량을 줄이기 위해 많은 고속 알고리즘들이 연구되어져 왔는데, 이들 고속 알고리즘들은 크게 두 그룹으로 나누어 질 수 있다. 하나는 전역 탐색 방식에 비해 예측 화질의 손실을 갖는 것이고, 다른 하나는 예측 화질의 손실을 갖지 않는 방식이다[2,3]. 본 논문에서

이에 대한 정의를 한다면 전자는 손실 움직임예측이라 하고, 후자는 무손실 움직임예측이라 한다. 전자는 다음의 세부 그룹으로 다시 나누어 질 수 있다. 단일모달에러표현 가정기법, 계층적탐색, 낮은 비트 해상도, 가변 탐색법, 문턱치에 의한 중간 멈춤기법, 간소화된 에러 비교 방법등이 이에 포함된다[2-8]. 그리고 후자의 무손실 움직임 예측 기법에는 기준 블록과 후보 블록의 블록합을 이용한 후보 제거 알고리즘(successive elimination algorithm-SEA) 및 그 응용[9,10], 그리고 부분 매칭 에러값을 이용한 후보 제거(partial distortion elimination-PDE) 알고리즘 및 그 응용 등이 있다[3,11-13]. 그러나 손실 움직임 예측 방법들은 계산량 감축은 많지만 예측 화질이 영상에 따라 심각하게 저하되는 문제점을 지니고 있다. 반면, 무손실 움직임 예측 방법의 문제점은 예측 화질은 전 영역 탐색방법과 같지만 계산량의 감축이 많지 않다는 것이다. 본 논문에서는 예측화질은 무손실 예측 방법과 거의 같으면서 방대한 계산량을 현저히 줄이는 새로운 움직임 예측 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 움직임벡터의 분포 확률을 이용하여 적응적인 탐색 방법을 취할 것이다. 그리고 블록 매칭 에러에 따라 적응적인 매칭 기준을 설정하여 불필요한 계산을 효율적으로 제거할 것이다. 실험을 통하여 확인한 바, 제안하는 방법은 현재 H.264의 공개 기준 소프트웨어에 포함된 고속 무손실 움직임 예측 방법의 20%~30%의 계산량을 차지하며 0~0.02dB의 무시해도 무방한 수준의 예측화질차이를 얻었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문의 관련 연구로서 기존의 고속 움직임 추정 알고리즘을 소개할 것이다. 3장에서는 본 논문의 제안 알고리즘을 소개할 것이다. 그리고 4장에서는, 본 논문의 알고리즘 검증에 위한 실험 결과 및 분석이 기술될 것이다. 마지막 5장에서 결론으로 마무리를 할 것이다.

2. 기존의 고속 움직임 예측 알고리즘들

2.1 전역탐색(Full Search) 알고리즘

전역 탐색방법은 탐색영역 내 모든 후보 블록들을 체크한 후 매칭 에러가 가장 작은 후보블록을 해당 블록의 최종 움직임벡터로 결정한다. 매칭에러를 측정하는 많은 방법들이 제안되었고 이들 가운데 절대 오차의 합(SAD: sum of absolute difference)이 가장

많이 쓰인다. 움직임 예측 화질이 좋은 반면 탐색영역이 커질 경우 방대한 계산량이 심각한 문제점이 될 수 있다. $N \times N$ 의 크기를 갖는 매크로 블록(macro block-MB)에서 $SAD(x, y)$ 는 식(1)과 같다.

$$SAD(x, y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N |f_t(i, j) - f_{t-1}(i+x, j+y)| \quad (1)$$

식 (1)에서, $f_t(i, j)$ 는 t 시간의 매칭블록 (i, j) 에서 픽셀값을 나타내고, $f_{t-1}(i+x, j+y)$ 는 $t-1$ 시간의 $(i+x, j+y)$ 에서 화소값을 나타낸다.

2.2 손실 고속 움직임 예측 알고리즘

전영역 탐색의 문제점인 방대한 계산량을 줄이기 위하여 수많은 고속 움직임 예측 알고리즘들이 연구되었다. 그 중에서도 전 영역 탐색 방식에 비하여 예측화질의 저하가 있는 손실 고속 움직임 예측알고리즘이 거의 대부분을 차지한다. 이들을 적부분는 개념 별로 분류를 해 보면 다음과 같이 구분할 수 있다. 우선 단일모달에러표면가정 (UESA: Unimodal Error Surface Assumption)에 기반한 고속 알고리즘들이다. 여기에는 Logarithmic Search, TSS (Three Step Search), NTSS (New TSS), Four Step Search, ESA (Efficient Search Algorithm), FESA (Fast ESA), DS (Diamond Search), HEXBS (HEXgon Base Search)등의 널리 알려진 알고리즘들을 예로 들 수 있다[2-4]. 이들 방법들엔, 이들 후보 지점들을 단일 모달 에러 표면 가정에 의하여 줄임으로서 속도를 대폭 개선하였으나, 이의 가정이 실제 비디오에서는 적용이 잘 안될 경우가 많이 발생하며, 이때 심각한 예측 화질 저하가 발생한다. 계층적탐색 기법도 우수한 계산 감축방법으로 평가 받고 있다. 이 방법은 원 영상에서 낮은 해상도 영상 생성하고, 제일 낮은 해상도에서부터 움직임 예측을 시작하여 움직임 벡터를 구한다. 그 벡터를 다음 해상도에 맞추어 확대 시킨 후 그 지점을 중심으로 움직임 벡터를 수정한다. 이 방법은 계산 감축에 비하여 예측화질이 우수하여 많은 응용분야에서 활용되고 있으나, 해상도 레벨이 높으면 화질 저하가 심해지는 문제점을 가지고 있다[5]. 낮은 비트 해상도 기법은 원래의 비트해상도에서 낮은 비트 해상도로 영상을 변환하여 움직임 예측을 하는 것인데 주로 하드웨어 구현을 위하여 활용되는 방식이며 예측화질저하가

심한 방법군에 속한다[6]. 가변 탐색기법은 이전에 구한 움직임 벡터를 기반으로 탐색영역을 가변으로 조절함으로써 탐색점의 갯수를 줄이고 이를 통하여 계산 감축을 얻는 방법이다. 움직임의 불연속이 있을 경우에 화질 저하가 많이 발생하는 문제점을 가지고 있다[7]. 문턱치에 의한 중간 멈춤기법은 설정된 문턱치에 비교하여 계산되는 매칭에러의 크기가 작다면 그 지점을 움직임벡터로 하고 탐색을 중간에 종료하는 방법이다. 이 방법은 문턱치의 설정에 따라 화질 차이가 많이 발생 될 수 있는 방법이다[7]. 간소화된 에러 비교방법은 MAD (Mean of Absolute) 또는 MSE (Mean Square Error) 대신에 더 간소화된 블록 유사도 측정기준을 사용함으로써 계산을 감축하는 방법인데, 계산 감축대비 예측화질 성능이 낮은 방법으로 평가 받고 있다[8].

2.3 무손실 움직임 예측 알고리즘

기존의 전역 탐색방법과 비교하여 예측화질의 손실이 발생하지 않는 무손실 방법으로 대표적인 방법으로는 연속 제거 알고리즘 (SEA: Successive Elimination Algorithm)계열과 부분 오차 제거(PDE: Partial Distortion Elimination) 계열 알고리즘이 있다. 전자는 후보 지점의 블록합을 고속으로 계산하여 그 블록합이 특정 기준을 만족하지 못하면 그 지점은 MAD 계산에서 제거함으로써 계산감축을 얻는 방법이다[9,10]. 후자인 PDE알고리즘은 하나의 블록의 부분 매칭 에러를 가지고 최소 에러와 비교함으로써 불필요한 계산을 줄이는 것이다. 즉, 매칭 에러의 중간 합이 그때까지의 최소 에러보다 크다면 나머지 계산을 할 필요가 없다는 것이다. 식 (2)와 (3)은 일반적인 PDE에서 사용되는 SAD값의 행별 부분비교를 나타낸 것이다. 여기서 $APSAD_k$ 는 매칭블록에서 K 행까지의 누적 부분 SAD 이다.

$$APSAD_k = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N |f_t(i, j) - f_{t-1}(i+x, j+y)|, \quad (2)$$

where $k=1, 2, \dots, N$

$$APSAD_k \leq SAD_{\min}, \quad (3)$$

where $k=1, 2, \dots, N$

앞에서 언급했듯이, $k < N$ 일 때 부분 매칭 에러 합이 그때까지의 최소 에러보다 크다면 $k+1$ 부터 N 까지의 행에 대한 매칭 에러 계산을 무시하고 다음

후보점으로 옮겨갈 수 있기 때문에 그 만큼의 계산량 절감을 얻을 수 있다. PDE 방법은 대부분의 다른 고속 탐색 방법과 결합하여 사용할 수 있다 [3,10-12]. 무손실 움직임 예측방법은 손실 예측방법에 비하여 예측화질은 뛰어나지만, 계산량감소가 낮은 문제점이 있다. 또한 손실 예측방법은 계산량 감소는 뛰어나지만 예측화질은 영상에 따라 심하게 저하되는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 유사 무손실 움직임 예측방법 이라는 새로운 용어를 정의한다. 이는 예측화질 저하는 있지만 그 저하가 무손실 방법에 비하여 0.1dB 이내이기 때문에 무시할 수 있는 수준이며, 계산량 감축은 손실 방법과 견줄 수 있는 방법을 의미하며, 본 논문에서는 이를 위한 알고리즘을 제안한다.

3. 제안한 움직임 추정 알고리즘

전술한 바와 같이, 본 논문의 제안 알고리즘은 예측화질에 있어서는 무손실 움직임 예측방법과 거의 같으면서 계산량 감축은 손실 예측방법과 비슷한 성능을 얻는 방법이다. 본 논문의 핵심은 움직임 벡터의 확률 분포에 따라 후보점 탐색 패턴을 다르게 하여 효율적인 계산량 감축을 하며, 움직임 벡터의 확률 분포 및 주변 후보점의 에러 크기에 따라 블록 매칭 에러 기준을 다르게 하여 예측화질을 높임과 동시에 계산량을 감축하는 것이다. 일반적인 비디오 시퀀스의 움직임벡터의 통계를 보면 움직임벡터의 확률 분포는 (0,0)을 기준으로 라플라스 분포를 이루고 있다[1-2]. 즉, 대부분의 움직임 벡터들이 (0,0) 부근에 위치하며, 기준점에서 멀어질수록 움직임 벡터의 분포가 급격히 감소하는 것이다. 본 논문에서는 이러한 움직임 벡터의 확률 분포를 이용하여 그림에서 보는바와 같이 (a)에서 (e)까지 다섯단계의 영역을 설정하고 이에 따라 탐색패턴을 변경할 것이다. 우선 움직임 벡터가 가장 많이 분포하는 (a)영역은 H.264의 고속 무손실 예측 알고리즘으로 사용되는 PDE 알고리즘을 이용하여 블록 매칭 에러를 계산한다. 전술한 바와 같이, (a) 영역은 움직임 벡터의 라플라스 분포형태로 부터 높은 움직임 벡터 분포 확률로 인하여 가장 중요한 영역으로 지정된다. (a)영역의 부분 탐색 영역을 PSR1이라 할 때 PSR1내의 모든 후보점에 대해서는 완전 무손실 예측 알고리즘을 이

용하여 가장 정밀하게 탐색을 할 것이다. (b)영역은 움직임 벡터의 분포에 있어 (a)영역 다음으로 많이 분포하고 있기 때문에 움직임 벡터가 발생할 확률이 (a)영역 다음으로 높다고 할 수 있다. 따라서 중요도의 관점에서 (a)영역 그 다음으로 중요한 영역으로서, (a)영역처럼 모든 탐색점의 블록 매칭 에러를 구한다. (b)영역의 부분 탐색영역을 PSR2라고 할 때 PSR2내의 후보지점들은 모두 탐색하는 대신 매칭 에러 기준을 (a)영역과는 다른 기준을 사용한다. 여기서 사용하는 매칭에러기준은 식 (4)와 같이 정의할 수 있다. 식 (4)에서 기호 *와 /는 곱셈과 나눗셈을 각각 의미한다.

$$APSA D_k \leq (k^*x/N)*SAD_{min}, \quad (4)$$

where $k = 1, 2, \dots, N$

매칭블록에서 k 행까지의 블록매칭에러를 $APSA D_k$ 라고 할 때, 기존의 PDE 방법은 $APSA D_k$ 를 현재 지점까지의 최소에러와 비교하여 대소 여부에 따라 블록내의 나머지 계산을 계속하거나 중단하였다. 그러나 이러한 매칭기준을 식 (4)처럼 변경을 한다면 불필요한 계산을 더 효율적으로 줄일 수 있다. 블록매칭에러가 균일하다면, $APSA D_k$ 의 매칭에러는 x 스케일 변수를 사용할 필요가 없으며, 이때는 $(k*SADmin)/N$ 과 비교를 해야 한다. 그러나 실제 대비해야 한다. x 스케일 변수를 두지 않는다면 계산량 매칭측은 더 얻을 수 있지만, 실제 매칭에러의 불균일 분포로 인하여 중간에 블록매칭에제 영상에서는 블록매칭에러의 분포는 균일하지 않고 그 분포를 계산을 하지 않고서는 알 수 없는 상황이다. 이러한 사실 때문에 x 스케일 변수를 두어 블록매칭에러의 불균일 분포를 계산을 멈추지 말아야 할 후보지점에 대해 계산을 멈추려 게로 인하여 실제 최소 움직임 벡터의 찾지 못할 확률이 아주 높다. x값을 키운다. 그러나 실제를 정확하게 찾고, 효율소요되는 계산량은 더 많아진다. (b)영역은 움직임 벡터의 분포상 두 번째로 중요한 영역이기 때문에 x값을 xI이라는 설정된 값으로 지정한다. (c)영역은 움직임벡터의 분포 확률이 낮기 때문에 (a), (b)영역과는 달리 한 화소씩 건너뛰어 탐색하며, 식 (3)의 매칭에러기준을 결정하는데 있어, x값을 낮은 단계인 x2 값으로 설정하여 중간 멈춤을 결정한다. (c)영역에서 새로운 최소 매칭 에러의 발생 유무에 따라, 그 다음 탐색 영역이 (d)영역 또는 (e)영역으로 결정된다.

(d)영역은 (c)영역에서 새로운 최소 매칭 에러가 발생하지 않은 경우인데, 이럴 경우는 주위의 인접 최소 에러가 발생할 확률도 아주 희박하다. 따라서 이 영역은 추가적인 계산을 하지 않고 불가능한 후보 지점이라 판단하여 블록매칭에러를 계산하지 않는 것이다. (e)영역은 (c)영역에서 새로운 최소 매칭 에러가 발생한 경우인데, 이러한 경우는 인접한 주변에서 새로운 최소 에러 발생 확률이 아주 높은 경우이다. 따라서 인접 8연결방향에 대해 매치에러 계산을 실시하며, 매칭 에러 기준도 아주 정밀한 검색을 할 수 있도록 x 스케일 변수값을 키워서 x_3 이라는 값으로 스케일 값을 설정한다. 각 영역의 중요도를 x 스케일값인 x_1, x_2, x_3 로 나타내었으며, 이를 이용하여 계산량과 움직임 예측 정밀도를 효율적으로 제어할 수 있다. 이들 값의 대소 관계는 실험적으로 x_1 과 x_3 이 x_2 보다 큰 값을 가지며, x_1 과 x_3 은 거의 비슷한 값을 가질 때 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이들 값에 대한 구체적인 수치는 실험 결과에서 제시된다. 제안하는 방법은 통계적인 움직임벡터의 확률분포에 따라 탐색 패턴과 매칭에러기준을 다르게 함으로써 예측화질저하를 최소화하면서 계산감축은 극대화 하였다. 제안하는 방법은 다해상도, 서브샘플링방식등 기존의 고속 움직임 예측 방법들에게 추가적으로 적용할 수 있으며, 이때 계산량도 그 만큼 더 감축될 것이다.

4. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능을 비교하기 위해, "foreman", "car phone", "trevor", "akio", "grandmother"의 비디오 시퀀스를 가지고 실험을 하였다. 이들 시퀀스에서, "foreman" 과 "car phone"은 다른 시퀀스에 비해 비교적 큰 움직임을 가지고 있다. 한편 "akio", "grandmother"는 이전비해 시퀀스보다 비교적 작은 움직임을 갖는다. "trevor" 시퀀스는 이들 해 부류의 중간 정도 움직임을 갖는 것이라고 할 수 있다. 매칭 블록의 크기는 16×16 이며, 탐색 영역의 범위는 ± 15 화소로 설정하였다. 프레임의 크기 정보로서 QCIF (176×144)를 사용하였다. 실험 결과는 계산량 감축과 예측화질 평가를 위하여 평균 연산량과 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로 나타내었으며, 계산량 감축은 기존의

전영역 탐색방법의 계산량을 100%로 두고 이의 상대적 비율로 나타내었다. 그림 1에서 (a), (b)영역의 부분 탐색영역인 PSR1, PSR2는 각각 $\pm 1, \pm 5$ 로 설정하였으며, (b), (c), (e)영역에서 식(3)에 사용될 스케일 상수 x_1, x_2, x_3 은 각각 3, 1, 3으로 설정하였다. 이들 설정값은 정확성 및 계산량을 고려하여 실험적으로 얻은 수치들이다. 본 논문의 제안방법은 전영역 탐색 방법과 예측화질을 비교하였을 경우 예측화질 저하가 무시할 수 있는 수준을 목표로 하고 있으며, 따라서 비교 대상 방법들도 이에 준하는 방법들을 선택하였다. 기준이 되는 전 영역 알고리즘 (FS), H.264에서 사용되는 PDE 알고리즘 (PDE H264) [12], 복잡도 기반의 고속 PDE 방법 (PDE Complex) [3], Hadamard 변환을 이용한 고속 PDE 방법 (PDE HD)[13], 그리고 다해상도 기법 (MRME) 방법 [2, 7] 들과 제안알고리즘의 결과를 비교하였다. 기존의 고속 움직임 예측 방식인 다해상도(multiresolution) 방법도 실험을 하였는데, 이는 제안 방법이 기존의 다해상도 방법과 결합 가능성 및 많은 계산량 감축을 보이기 위함이다. 여기서 다해상도 계층은 두 계층으로 나누었다. 그림 2와 그림 3은 "foreman"과 "car phone" 영상 시퀀스에서 프레임별로 다양한 방법들의 소요된 계산량을 나타내고 있다.그림에서 가로축은 프레임수를 나타내고, 세로축은 전영역 탐색의 계산량을 100%라고 할 때 계산감축 비율을 나타내며 [%]의 단위를 갖는다. 하다마드 변환을 이용한 고속

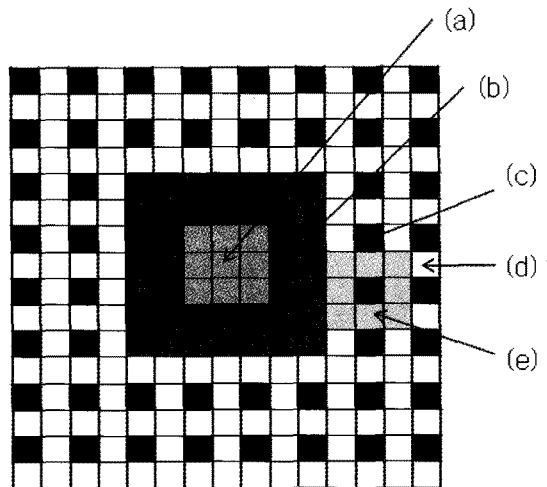


그림 1. 적응적인 탐색 패턴 및 매칭 기준 변경을 위한 영역 구분

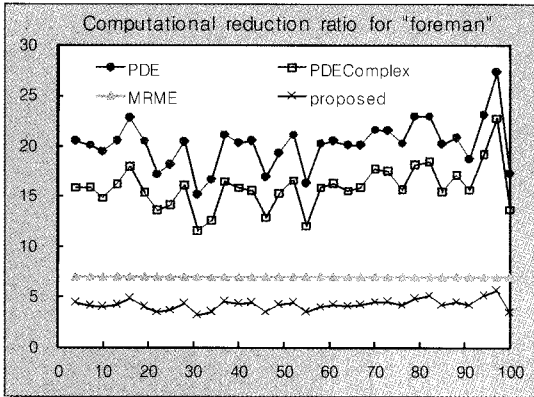


그림 2. "Foreman" 영상에서 프레임별 계산량

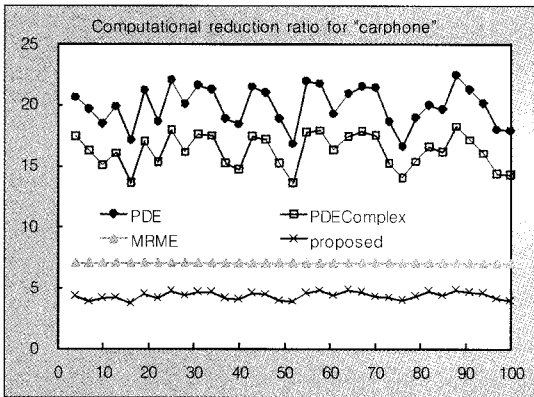


그림 3. "Carphone" 영상에서 프레임별 계산량

PDE 방법은 복잡도 기반의 고속 PDE 방법 (PDE Complex) 방법에 비하여 계산 감축 성능이 낮기 때문에 그림에서는 제외하였다. 그림에서 보듯이 제안된 방법의 연산량이 전영역 탐색 계산량과 비교할 때 5%이하를 차지함을 알 수 있다. 또한, MRME 방법은 고정된 계산량을 가지며, 나머지 방법들은 가변 계산량을 가짐을 알 수 있다. MRME 방법은 고정된 탐색 패턴을 사용하기 때문에 멀티 해상도 레벨만 결정된다면 이론적으로 고정된 계산량을 유추할 수 있다. 제안 방법은 두 계층 MRME 방법보다도 더 많은 계산량 감축을 얻고 있음을 알 수 있다. 세 계층 이상에서는 MRME 방법의 계산량이 더 적을 것으로 예상하며, 이때 예측화질은 더욱 저하될 것이다. 물론 MRME 방법과도 제안 알고리즘은 결합하여 사용될 수 있는데, 제안 알고리즘을 결합한다면 MRME 및 제안된 방법의 결과에 비하여 더욱 많은 연산 감축 효과를 얻을 것이다.

표 1과 2는 각 방법에 대하여 각 비디오 시퀀스별로 평균 연산량 감축과 예측화질 결과를 정량적으로 나타내었다. 표 1에서 보는바와 같이 전영역 탐색 방식에 비하여 제안 방법은 2.6 ~ 4.6%의 계산량을 차지한다. H.264에서 사용중인 PDE 방법과 비교하면 이를 기준으로 20%~30%의 계산량을 차지하며, 복잡도 기반의 PDE 방법과 비교하면 26%~36%의 계

표 1. 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 계산량 (단위: %)

	foreman	carphone	trevor	akiyo	grandma
FS	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
PDE H.264	20.1	19.5	15.1	8.6	19.5
PDE Comp.	15.8	16.2	12.8	7.3	16.5
PDE HT	15.9	16.3	12.9	7.7	17.2
MRME	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Proposed	4.2	4.4	3.7	2.6	4.6

표 2. 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 예측화질 (단위: dB)

	foreman	carphone	trevor	akiyo	grandma
FS	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
PDE	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
PDE Comp.	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
PDE HD	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
MRME	31.47	33.67	33.84	44.14	43.44
Proposed	32.56	34.03	34.08	44.14	43.44

산량을 차지한다. 많은 계산량 감축에도 불구하고 표 2를 본다면 예측화질은 거의 전영역 탐색과 같은 수준으로 볼 수 있다. 일반적으로 PSNR의 차이가 0.5dB 이하이면 두 영상의 시각적 차이를 무시할 수 있다고 하는데, 표 2에서 보면 무손실 예측방법과 제안 방법과의 PSNR차이가 0.02dB이하이다. 제안한 방법은 두 단계의 MRME 방법보다 더 적은 계산량을 차지하며, 제안 방법을 MRME 방식에 적용한다면 1% 미만의 계산량으로 움직임 예측이 가능하다는 것을 의미한다. 물론 이 경우에는 예측화질이 MRME 방식과 거의 유사할 것이다.

제안방법에서는 움직임 벡터의 확률분포에 따라 탐색패턴을 달리하며, 블록매칭 기준의 비교값을 다르게 함으로써 예측화질을 유지하면서 계산량만 효율적으로 감축하는 방법을 제시하였으며, 실험 결과에서 제안 방법의 우수성을 보였다. 제안 방법의 중요한 특징은 움직임 벡터의 분포 확률에 따라 각 영역을 설정하고 탐색 패턴을 다르게 하는 적응적인 탐색을 수행하는 것이다. 움직임 벡터 존재 확률이 높은 영역은 정밀하게, 낮은 영역은 덜 정밀하게 탐색을 하도록 설계하였다. 또한 부분 매칭 에러를 구하여 이전의 에러와 비교함에 있어서, 식 (4)의 x 스케일 값을 이용하여 탐색영역의 중요도에 따라 비교 대상의 에러 크기를 적응적으로 조정하였다. 덜 중요한 영역에서는 가능한 계산량을 많이 줄이며, 중요한 영역에서는 정밀한 탐색 및 에러 비교를 수행함으로써 계산량 감축과 예측화질에 있어서 우수한 성능을 보이고 있다.

전반적으로 제안 방법이 기존의 전영역 탐색 및 고속 전영역 방법에 비하여 현저히 많은 연산량 감축을 보이고 있다. 반면 예측 화질의 차이는 전영역 탐색 방법과 비교하여 거의 같은 수준을 유지하고 있음으로써 우수한 성능을 보여준다.

5. 결 론

본 논문에서는 비디오 부호화에서 핵심 모듈로서 움직임 추정을 위한 고속 알고리즘을 제안하였다. 예측화질은 기존의 전영역 탐색방식인 무손실 움직임예측방법과 비슷한 성능을 가지면서 계산량은 손실 움직임예측 방법과 견줄 수 있는 유사 무손실 움직임 예측 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방법은

움직임 벡터의 확률분포에 따라 적응적인 탐색 패턴과 적응적인 블록매칭기준을 이용하였다. 제안한 알고리즘은 H.264에서 사용하는 PDE 고속 알고리즘과 비교하여 예측 화질의 저하가 0.02dB 이하이며, 계산량은 20%~30%정도이다. 전영역 탐색 방법의 연산량과 비교할 때 2.6~4.6% 정도의 계산량 감축을 얻었다. 제안한 알고리즘은 MPEG-2 및 MPEG-4 AVC과도 호환이 되며, 이를 이용하는 실시간 비디오 압축 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] F. Dufaus and F. Moscheni, "Motion estimation techniques for digital TV: A review and a new contribution," *Proceedings. IEEE*, Vol. 83, pp. 858-876, Jun. 1995.
- [2] J.N. Kim, "A study on fast block matching algorithm of motion estimation for video compression," Ph.D. Thesis of GIST, 2001.
- [3] J.N. Kim, S.C. Byun, Y.H. Kim, and B.H. Ahn, "Fast full search motion estimation algorithm using early detection of impossible candidate vectors," *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol.50, pp. 2355-2365, Sep. 2002.
- [4] C. Zhu, X. Lin, and L. P. Chau, "Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.12, No.5, pp. 349-355, May 2002.
- [5] J. Wei and Z.N. Li, "An enhancement to MRMC scheme in video compression," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.7, pp. 564-568, Jun. 1997.
- [6] S.S. Lee and S.I. Chae, "New motion estimation algorithm using adaptively quantized low bit-resolution image and its VLSI architecture for MPEG2 video encoding," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.8, pp. 734-743, Oct. 1998.
- [7] Y.Q. Shi and X. Xia, "A thresholding multi-resolution block matching algorithm," *IEEE*

- Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.7, pp. 437-440, Feb. 1997.
- [8] M.J. Chen, L.G. Chen, T.D. Chiueh, and Y.P. Lee, "A new block-matching criterion for motion estimation and its implementation," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.5, pp. 231-236, Jun. 1995.
- [9] W. Li and E. Salari, "Successive elimination algorithm for motion estimation," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.4, pp. 105-107, Jan. 1995.
- [10] X.Q. Gao, C.J. Duanmu, and C.R. Zou, "A multilevel successive elimination algorithm for block matching motion estimation," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.9, pp. 501-504, Mar. 2000.
- [11] C.H. Cheung and L.M. Po, "Adjustable partial distortion search algorithm for fast block motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. for Video Technol.*, Vol.13, pp. 100-110, Jan. 2003.
- [12] Joint Video Team(JVT) reference software version 16.0 [Online]. Available: http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/
- [13] S. Jin and H. Lee, "Fast partial distortion elimination algorithm based on hadamard probability model," *IEE Electron. Letters*, Vol.44, No.1, pp. 17-19, Jan. 2008.



박 성 모

2006년 2월 신라대학교 컴퓨터공학과 석사
 2007년 3월~현재 부경대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사 과정 재학
 관심분야: 비디오 압축, 워터마킹, 영상처리, 객체인식



유 태 경

1997년 8월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2000년 2월 부경대학교 전자공학과 석사(공학석사)
 2008년 2월 부경대학교 전자공학과 박사(공학박사)
 2010년 3월~ 현재 : 동서대학교 영상콘텐츠학과 BK21 계약교수

관심분야: 영상신호처리, 멀티미디어 보안 등



정 용 재

1999년 2월 부경대학교 전자공학과 학사(공학사)
 2002년 2월 부경대학교 전자공학과 석사(공학석사)
 2009년 9월 부경대학교 전자공학과 박사(공학박사)
 2009년 10월~현재 (주)에임즈 연구원

관심분야: 워터마킹, 영상 처리 등



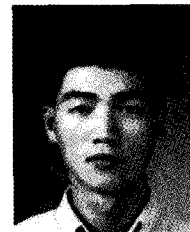
문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1988년 1월~12월 일본 동경대학교 학부 연구원

1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수

1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리 등



김 종 남

1995년 2월 금오공과대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업(공학석사)
 2001년 8월 광주과학기술원 기전공학과 졸업(공학박사)

2001년 8월~2004년 2월 KBS 기술연구소 선임연구원
 2004년 4월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 부교수

2003년 3월~현재 (주)홈캐스트 사외이사

관심분야: 영상신호처리, 멀티미디어 보안 등