

계산량 제어가 가능한 문턱치 기반 고속 움직임 예측 알고리즘

김종남*

부경대학교 IT융합응용공학과

Fast Motion Estimation Algorithm Based on Thresholds with Controllable Computation

Jong-Nam Kim *

Dept. of IT Convergence & Applications Engineering, Pukyong National University

요 약 비디오 압축을 위한 움직임 예측의 전 영역 탐색 및 무손실 방법의 많은 계산량은 고속 움직임 예측 알고리즘 개발을 이끌어 왔다. 여전히 계산량과 예측 화질의 적절한 제어가 필요하며, 본 논문에서는 전 영역 탐색 기반의 방법과 비교하여 예측 화질은 거의 유지하면서 효율적으로 계산량을 줄이고, 동시에 화질과 연산량 제어가 가능한 고속 움직임 예측 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 부분 블록에러합과 각 단계별 최소 에러 위치 변동의 문턱치들을 이용하여, 각 후보 지점에 대하여 부분 블록 에러 합을 계산하고, 이를 일련의 문턱치들 적용하여 불가능한 후보들을 조기에 제거하고, 각 단계별 최소 에러 지점의 최적 후보의 불변동 횟수를 비교 판단하여 고속의 움직임 예측을 구현하며, 문턱치를 조절하여 화질과 연산량을 쉽게 제어한다. 제안하는 알고리즘은 단독으로 사용할 뿐만 아니라 기존의 고속 알고리즘들과 결합하여 사용해도 예측 화질 대비 우수한 연산량 감소를 얻을 수 있으며, 실험 결과에서 이를 검증한다.

• 주제어 : 움직임 예측, 최적 후보, 비디오 부호화, 블록 매칭, 계산량 제어

Abstract Tremendous computation of full search or lossless motion estimation algorithms for video coding has led development of many fast motion estimation algorithms. We still need proper control of computation and prediction quality. In the paper, we suggest an algorithm that reduces computation effectively and controls computational amount and prediction quality, while keeping prediction quality as almost the same as that of the full search. The proposed algorithm uses multiple thresholds for partial block sum and times of counting unchanged minimum position for each step. It also calculates the partial block matching error, removes impossible candidates early, implements fast motion estimation by comparing times of keeping the position of minimum error for each step, and controls prediction quality and computation easily by adjusting the thresholds. The proposed algorithm can be combined with conventional fast motion estimation algorithms as well as by itself, further reduce computation while keeping the prediction quality as almost same as the algorithms, and prove it in the experimental results.

• Key Words : Motion estimation, Optimal candidate, Video encoding, Block matching, Controllable computation

Received 26 June 2019, Revised 29 June 2019, Accepted 30 June 2019

* Corresponding Author Jong-Nam Kim, Dept. of IT Convergence & Applications Engineering, Pukyong National University, 45, Yongso-ro, Nam-gu, Busan, Korea. jongnam@pknu.ac.kr

I. 서론

비디오 압축은 비디오 데이터에 내재된 시간적 중복성을 제거하기 위한 움직임 예측부에서 가장 많은 계산량을 소요한다. 블록 기반 움직임 예측 방법에서 기본적인 방법이 전 영역 탐색(FS: full search)이다. 이는 주어진 탐색 영역에서 모든 후보점에 대하여 모든 매칭 에러(matching error)를 계산 후에 최소의 매칭 에러를 갖는 위치를 찾는 것이며, 그 위치가 움직임 벡터이다. 전 영역 탐색 방법은 알고리즘 구조가 간단하여 구현하기가 쉬운 반면, 그에 필요한 계산량이 많은 문제점 때문에 이를 해결하기 위해 방대한 연구들이 진행되어 왔다.

많은 고속 움직임 예측방법들을 크게 두 그룹으로 나누어 볼 수 있으며, 하나는 전 영역 탐색 방법에 비해 예측 화질 저하를 갖는 손실 예측 방법, 다른 하나는 예측 화질 저하가 없는 무손실 예측 방식으로 명명할 수 있다. 손실 움직임 예측 방법을 구체적으로 몇 가지 개념으로 나누어 보면, TSS(Three Step Search), NTSS(New Three Step Search), DS(Diamond Search), HXS(Hexagonal Search) 등을 포함하는 단일 모드 에러 표면 가정(UESA: unimodal error surface assumption) 기법, 다해상도 영상을 이용하는 계층적 탐색(Multi-resolution motion estimation), 비트의 개수를 줄인 낮은 비트 해상도, 탐색 영역의 크기를 변경하는 가변 탐색 영역 기법, 특정한 조건에서 탐색을 중단하는 문턱치에 의한 중간 멈춤 기법, 간소화된 에러 비교 방법 등이 이에 포함된다[1-8]. 그리고 전 영역 탐색 방법에 비하여 예측 화질의 저하가 없는 무손실 움직임 예측 기법에는 기준 블록과 후보 블록의 블록합을 이용한 후보 제거 알고리즘(SEA: successive elimination algorithm)과 전체의 블록 에러값을 이용하지 않고 부분 매칭 에러값을 이용한 후보 제거(PDE: partial distortion elimination) 알고리즘 및 그 응용 방법[9-12] 등이 있다.

본 논문에서 제안하는 방법은 부분 블록에러합의 문턱치와 각 단계별 최소에러위치가 변하지 않는 횟수에 대한 문턱치, 각 단계별 순차적인 탐색, 그리고 문턱치에 의한 멈춤기법을 이용하여 불필요하다고 판단되는 후보점들을 조기에 제거하여 움직임 예측을 수행한다. 본 논문에서는 복수개의 문턱치와 최종 블록매칭에러의 크기를 인접 주위 블록의 매칭에러와 비교하

여 검사를 함으로써 지역 최소점으로 인한 화질 저하를 최소화 하여 예측 화질을 향상시키며, 단계 수와 중간점의 최소 에러 지점의 부동 횟수를 이용하여 연산량 감소 및 제어를 하게 된다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 탐색 영역의 각 후보점에 대하여 한 번에 전체 매칭에러를 계산하는 것이 아니라 몇 단계로 나누어서 매칭에러를 계산하면서, 중간에 특정 조건에서 불가능한 후보를 제거한다.

본 논문은 다섯 장으로 구성되어 있다. II장에서 기존의 고속 움직임 예측 알고리즘을 소개할 것이다. III장에서는 본 논문의 제안 알고리즘을 기술하며, IV장에서는 본 논문의 알고리즘 성능 비교를 위해 실험 결과 및 분석이 기술될 것이다. 마지막 V장에서 결론으로 마무리를 할 것이다.

II. 관련 연구

전술한 바와 같이, 많은 고속 움직임 예측 알고리즘들을 몇 가지 개념별로 나누어 보면 TSS, NTSS, DS, HXS, 등을 포함하는 단일 모드 에러표면 가정기법, 다해상도 탐색기법, 매칭 에러의 문턱치를 이용한 멈춤기법, 탐색 영역의 크기를 가변하는 가변 탐색영역기법, 저해상도 비트 영상기법, 행/열 프로젝트 기법 등 많은 연구 결과가 발표되어 왔다[1-8]. 여기서 대량의 계산 감축을 위해서는 단일에러모드의 개념을 이용하여 탐색점을 선별하는데, 이는 특정 상황에서는 심각한 화질 저하를 갖는 문제점을 가지고 있다. 최근까지도 이러한 문제를 해결하고자 하는 연구들이 발표되고 있으며, 더 나은 성능을 얻는 결과들이 보고되고 있다. 단일 에러 모드 가정에 근거한 대표적인 방법이 TSS 방법인데, 이는 탐색점의 후보 선별을 3단계로 나누어 각 단계로 진행하면서 화소의 간격을 줄이면서 움직임 예측을 수행한다. 이외에 로그 탐색, 블록 기반 경사하강 탐색, 십자형 탐색, 다이아몬드 탐색, 크로스 다이아몬드 탐색, 육각형 탐색, 검사 영역 탐색 방법 등이 있으며, 이들을 통하여 계산량 감축과 화질 향상을 개선해 오고 있다[1-8].

기존의 전역 탐색방법과 비교하여 예측 화질의 손실이 발생하지 않는 무손실 방법으로는 SEA와 PDE [9-12] 방법들이 있다.

블록매칭 기반의 움직임 예측에서 블록매칭의 에러값을 계산할 때 절대 오차의 합(SAD: sum of absolute

difference)을 가장 많이 사용하는데, 이는 식 (1)과 같다. PDE 방법에서는 식 (2), 식 (3)에서 보듯이 부분 블록매칭 에러값이 현재까지의 최소 블록 매칭에러의 값보다 크다면 나머지 k값에 대해서는 계산을 중단하고 불가능한 후보 벡터로 결정하게 되며, 나머지 k값에 해당하는 계산량만큼 줄어들게 된다. 이 방법에서는 가능한 일찍 나머지 계산을 중단하는 것이 좋은데, 탐색 영역 내에서 최소 블록매칭에러를 일찍 발견하든지, 또는 블록매칭에러의 값이 큰 값을 먼저 계산하든지 하면 불필요한 계산을 더 많이 줄일 수 있다.

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

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

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

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

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

위의 식에서, $f_t(i,j)$ 는 t 시간의 영상 (i, j) 위치에서 화소값을 나타내고, $f_{t-1}(i+x,j+y)$ 는 t-1 시간의 영상 (i+x, j+y)에서 화소값을 나타낸다. 여기서 $PSAD_k$ 는 매칭블록에서 k행까지의 누적 부분 블록매칭에러이다. N은 매칭 블록의 크기를 나타내며, SAD_{min} 은 계산 시점에서 최소의 블록매칭에러인 SAD 값을 의미한다.

그러나 이러한 무손실 예측방법들은 여전히 계산량의 감소가 제한적인 문제점이 있다. 고속의 손실 예측 방법들은 지역 최소화(local minimum)의 함정에 빠질 위험을 가지고 있으며, 특정 영상에서는 심각한 화질 저하를 초래하기도 한다. 이러한 이유로 손실 기반의 움직임 예측에 있어 계산 속도와 예측 화질에 대한 성능 향상의 요구가 계속 제기되고 있다.

III. 제안 방법

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 예측 화질과 계산량을 조정하면서 원하는 시점에 최적의 화질과 계산량을 효율적으로 감축하는 것이다. 전 영역 탐색방법과 비교하여 예측 화질의 손실이 발생하지 않으면서 계산량을 줄일 수 있는 방법으로 SEA와 PDE 방법이 있다. 이 중에서 PDE 방법은 불가능한 후보를 제거하

기 위해 부가적인 계산을 하지 않기 때문에 기존의 고속 움직임 예측 방법들과 연계하여 사용할 수 있으며, 계산량의 감축에 있어 우수한 방법이다. PDE 기반의 변경된 고속 움직임 예측 방법들은 거의 다음 수순을 따른다. 블록매칭에러를 계산함에 있어 블록 영역의 계산 순서를 결정하고, 그 선별된 순서대로 블록매칭에러를 구함으로써 고정된 순서로 매칭에러를 구하는 것보다 불필요한 계산을 더 줄일 수 있도록 하였다. 식(2)에서 부분 블록매칭에러를 계산하고, 식 (3)에서의 SAD값과 비교하지 않고 SAD 값에 일정 상수를 곱한 결과와 비교하여 계산량 감축을 더 많이 얻도록 하였으나 이는 예측화질의 저하를 초래할 수 있는 심각한 문제점을 가지고 있는 방법이다. 식 (2)와 (3)은 PDE 방법에서 사용되는 블록매칭에러인 SAD값의 부분 비교를 나타낸 것인데, 여기서 $PSAD_k$ 는 매칭블록에서 k행까지의 누적된 부분 블록매칭에러의 값이다.

식 (3)에서 $k < N$ 일 때, 부분 매칭에러 합이 그때까지의 최소 에러보다 크다면 k+1 부터 N까지의 행에 대한 매칭에러 계산을 중단하고 그 만큼의 계산량 절감을 얻을 수 있다. 계산량 감축을 얻는 방법을 생각해 보면, 식 (3)에서의 SAD_{min} 을 가능한 일찍 찾을 수 있다면 더 작은 k값에 대해 더 많은 후보들이 조기에 제거될 것이다.

본 논문에서 제안하는 방법은 몇 단계의 문턱치를 이용하여 단계별로 최소 에러를 갖는 최적의 후보지점을 가능한 한 일찍 찾아내어 불가능한 후보 벡터를 더 빨리 제거하고, 적절한 조건에서는 예측 화질의 저하 없이 나머지 계산을 중단하기도 한다. 탐색 영역 내에 존재하는 최소의 블록 에러 지점을 더 빨리 찾기 위하여 부분 블록에러 합의 결과와 적절한 조건을 이용하여 최적의 후보를 대상으로 전체 블록에러를 계산함으로써 탐색 영역 내의 최소 에러 지점을 더 빨리 계산한다. 기존의 전 영역 탐색 및 PDE, 그리고 PDE 변경 알고리즘들은 탐색 영역 내에서 블록매칭에러를 순차적으로 계산을 전부 수행하여 최소 에러 지점을 알 수 있게 되는 것이다. 또한 중간에 부분 블록 에러합을 갖는 위치가 변경이 되지 않는다면 k의 값이 N에 도달하기 전에 그 지점을 최종적인 움직임 벡터의 지점으로 간주하여 계산량 대비 높은 예측 화질을 얻을 수도 있다. 연속적으로 부분 블록에러 합의 최소치가 변하지 않으면, 단계 수에 대한 문턱치를 이용하여 쉽게 계산량을 조절할 수 있다.

본 논문에서는 탐색 영역 전체에 대하여 부분 블록 에러의 합을 한 번에 계산하지 않고, 여러 단계로 나누어서 계산한다. 단계적으로 블록에러의 합을 계산한다는 것은 그 블록의 행이나, 열, 또는 작은 서브 블록 별로 계산을 수행하며, 탐색 후보지점에서 서브 블록 매칭 에러 합을 계산한다. 한 지점에서 한 번에 블록 매칭에러의 값을 계산하는 것이 아니라 매칭블록에서 작은 단위의 영역으로 나누어서 단계별로 실행을 한다. 탐색 영역 내의 탐색점에 대하여 단계별 부분 블록매칭에러값과 그 단계에서의 최소 블록에러값을 이용하여 불가능한 후보 벡터를 매 단계마다 제거하며, 제거되지 않고 남은 후보에 대하여 다음 단계에서 동일 과정을 반복하게 된다. 남아있는 탐색 지점들 중에서 그 부분 블록 에러합의 크기에 따라 미리 설정된 문턱값보다 작은 부분 블록에러값을 갖는 후보 지점에 대하여 다음 단계에서 계산을 한다면 효율적으로 최소 에러의 후보 지점을 더 빨리 찾아낼 수 있다. 그 문턱치는 식 (4)에서 현 단계에서 첫 번째, 두 번째, 세 번째 최소값과 단계별 상수값을 이용하여 탐색 영역별로 적응적으로 설정할 수 있다.

$$TH_E = (\min_1(PSAD_k) + \min_2(PSAD_k) + \min_3(PSAD_k)) / 3 * (\alpha_k) \quad (4)$$

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

$$TH_C = \begin{cases} \gamma_k & \text{if } k \leq \gamma_k \\ \partial(-\beta_k k + \gamma_k) & \text{if } \gamma_k < k < T_t \\ 1 & \text{if } k \geq T_t \end{cases} \quad (5)$$

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

식 (4)에서, $\min_1(PSAD_k)$, $\min_2(PSAD_k)$, $\min_3(PSAD_k)$ 은 k 행까지 첫 번째, 두 번째, 세 번째 최소 부분 블록에러 값을 의미하며, SAD_k 는 그 단계에서 최소 부분블록의 에러값을 갖는 위치에서의 블록매칭에러값을 의미하고, α_k 는 단계별 특정 상수를 의미한다. 이 식에서 보듯이, 문턱치 계산을 위하여 추가적으로 계산하는 항목이 없으며, 각 단계에서 절차적인 진행을 위하여 반드시 계산해야 하는 $\min_1(PSAD_k)$, $\min_2(PSAD_k)$, $\min_3(PSAD_k)$, SAD_k 를 이용한다. 각 단계에서 최소 에러의 값에 대한 위치가 변경이 되면 그 변경된 위치에서 전체의 블록에러값을 계산하고, 이전의 블록에러값

과 비교하여 그 두 값의 크기 변경 여부에 따라 최소 에러의 지점이 변경되는 것이다.

식 (5)는 각 단계별로 최소 지점이 변하지 않는 $\min_1(PSAD_k)$ 위치가 변하지 않는 단계 수를 문턱치로 설정한 것이다. 식 (5)에서 k 값이 γ_k 보다 작으면 문턱치는 γ_k 가 되고, k 값이 γ_k 과 T_t 값 사이면 $\partial(\beta_k k + \gamma_k)$ 이 되고 $\partial(\beta_k k + \gamma_k)$ 는 $\beta_k k + \gamma_k$ 값의 반올림 값을 의미한다. 마지막으로 k 값이 설정된 상수 T_t 값이 되면 이 문턱치는 1이 되고, 이는 그 단계에서 블록매칭에러값의 계산을 중단하며, 움직임 벡터는 그 단계에서의 최소 에러 지점과 같다. 이 문턱치를 이용하여 계산량이 임계치에 다다르면 즉시 계산을 중단할 수 있으며, 움직임 벡터는 그 시점까지의 최소 에러 위치를 가짐으로써 화질 대비 계산량을 쉽게 조절할 수 있다.

그림 1은 제안 알고리즘의 절차를 나타내고 있다. $PSAD_k$ 은 k 단계에서 부분 블록에러의 합을 나타내며, SAD_k 는 k 단계에서 최적의 후보 지점에서 블록에러의 합을 나타낸다. 그림 1에서 과정 3, 과정 6은 식 (4), 식 (5)에서의 문턱치를 이용하며, 과정 8에서는 조건을 충족 시 그 블록에서의 남은 계산 과정을 멈추고 다음 블록으로 이동하며, 계산량을 감축할 수 있다.

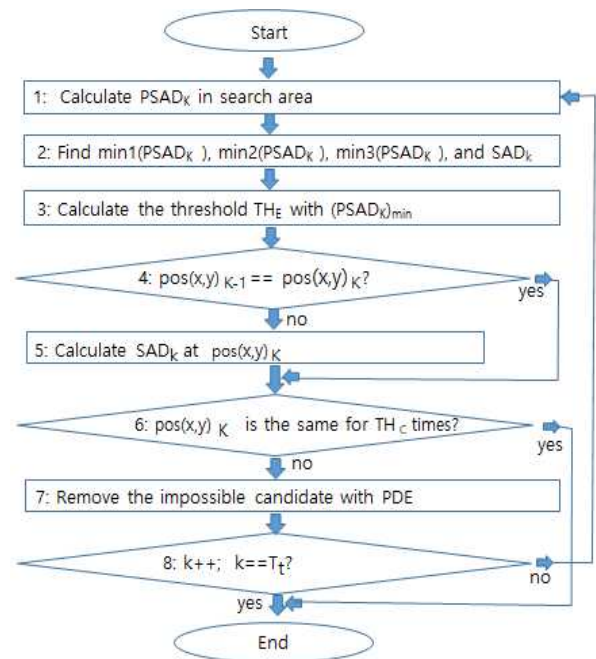


Fig. 1. Procedure of the proposed algorithm

IV. 실험 결과 및 고찰

제안 알고리즘의 객관적인 성능 평가를 위해, 720×480 SD급 영상의 “bus”, “bally”, “bicycle”, “flower garden”, “football” 비디오 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 이들 비디오 데이터는 통상 움직임 예측 및 비디오 압축을 위해 표준적으로 사용하고 있는 영상으로서 영상의 공간 복잡도, 움직임의 크기, 움직임의 복잡도를 고려하여 선별되었다. 움직임 벡터 계산을 위해 블록의 크기는 16×16이며, 탐색 영역의 범위는 ±15 화소, 비디오 프레임 수는 95이다. 알고리즘의 성능 비교 실험 결과는 움직임 벡터 계산에 사용된 평균 계산량과 움직임 벡터의 정확도와 예측 화질 평가를 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로 나타내었다.

각 방법에 대한 계산량은 16×16 화소의 매칭블록의 크기에서 계산을 위해 사용된 매칭블록의 행의 수로써 나타내었다. 또한, 식 (4)에서 $PSAD_k$ 문턱치 계산을 위한 상수는 0.6, 0.8을 사용하였다. 이의 값이 커지면 더 많은 후보들에 대하여 부분 블록매칭 에러 계산을 하며, 값이 작아진다면 계산 대상자를 제거하여 계산량을 더 줄일 수 있다. 또한 과정 6에서 $\min(PSAD)$ 의 위치 변동성 문턱값은 식 (5)에서 γ_k 의 값을 3, 6을 사용했으며, β_k 값은 $\gamma_k / (T_t - \gamma_k)$ 이 되며, T_t 은 13, 15을 사용하였다. 이의 문턱값이 16 미만인 경우는 손실 예측이 발생할 수 있으나, 화질 손실이 극히 제한적이었고, 계산량의 감축은 많이 얻을 수 있었다.

전 영역 탐색 결과와 고속의 무손실 탐색 방법 및 최근의 손실 고속 탐색방법의 결과를 비교하고 있다. 고속의 무손실 움직임 예측방법으로는 H.264에서 사용되는 PDE 알고리즘(PDE H264) [11], Hadamard 변환을 이용한 고속 PDE 방법(PDE HD) [12], 손실 고속 방법으로 CDMHS(Cross-Diamond Modified Hierarchical Search)[6], ARTZS(Angle Restricted Test Zone Search)[8] 등이 있다.

Table 1. Computational amount of each algorithm for sequences (rows)

	bus	bally	bycl	flower	football
FS	16	16	16	16	16
PDE H.264	9.9	7.5	9.5	6.6	7.5
PDE HD	9.0	6.5	8.3	5.7	6.7
MSEA	10.9	8.4	10.6	7.8	10.2
ARTZS	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8
CDMHS	1.1	1.0	1.1	1.0	1.0
ARTZS+					
Proposed					
($T_{He}=0.8,$	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6
$T_{Hc}=6,$					
$T_H=13)$					
Proposed					
($T_{He}=0.6,$	5.3	4.2	5.2	3.5	4.5
$T_{Hc}=3,$					
$T_H=13)$					
Proposed					
($T_{He}=0.8,$	7.3	5.9	7.2	4.5	5.5
$T_{Hc}=6,$					
$T_H=16)$					

표 1과 표 2는 각 움직임 예측 방법에 대하여 각 비디오 시퀀스별로 움직임 벡터 계산을 위해 평균 계산량과 움직임 벡터를 이용한 예측 화질 결과를 나타내었는데, 계산량은 FS방법을 16행으로 놓을 때 각 방법별로 행의 수로 나타내었다.

표 1은 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 평균 계산량을 나타낸 것인데, 표에서 보는 바와 같이 전 영역 탐색방법의 계산량은 모든 비디오 시퀀스에서 고정적으로 16행이다. 표에서 보듯이 나머지 방법들은 고정된 계산량이 아니고 영상에 따라 가변적임을 알 수 있다.

표 1에서 보면 “flower” 시퀀스에서 계산량이 가장 적으며, “bus” 시퀀스에서 계산량이 상대적으로 많음을 알 수 있다. 이런 결과에 대한 이유로는 비디오 영상의 움직임 크기와 비디오 프레임의 시간적 상관성이 적음을 들 수 있다. 무손실 방법들은 연산량의 감축이 손실 방법에 비하여 훨씬 적음을 알 수 있으며, 계산량의 현저한 감소를 위하여 손실 예측 방법의 사용이 불가피하다고 결론지을 수 있다. 제안 알고리즘

은 모든 영상에서 기존의 손실 예측 방법들보다 더 적은 계산량을 사용하는 것을 알 수 있다.

표 2는 모든 알고리즘의 예측 화질 결과를 나타냈었는데, 무손실 방법들은 전 영역 탐색 방법에 비하여 예측 화질의 저하가 전혀 없으며, 기존의 손실 방법들은 예측 화질의 손실이 현저함을 알 수 있다. 또한 제안 알고리즘은 기존의 손실 방법들보다 예측 화질이 많이 향상되었으며, 무손실 방법들과 비교해 보면 예측 화질 대비 연산량 감소가 현저히 차이가 나는 것을 알 수 있다.

Table 2. Prediction quality of each algorithm for sequences (dB)

	bus	bally	bycl	flower	football
FS	26.0	31.5	23.5	27.7	36.5
PDE H.264	26.0	31.5	23.5	27.7	36.5
PDE HD	26.0	31.5	23.5	27.7	36.5
MSEA	26.0	31.5	23.5	27.7	36.5
ARTZS	24.0	29.9	22.1	24.9	35.0
CDMHS	24.4	30.2	22.0	25.4	35.2
ARTZS+					
Proposed ($TH_e=0.8$, $TH_c=6$, $TH_f=13$)	24.1	29.8	21.9	25.3	35.0
Proposed ($TH_e=0.6$, $TH_c=3$, $TH_f=13$)	25.6	31.1	23.2	27.4	36.3
Proposed ($TH_e=0.8$, $TH_c=6$, $TH_f=16$)	25.8	31.4	22.4	27.5	36.4

V. 결론

본 논문에서는 움직임 예측에서 전 영역 탐색방법에 비하여 예측 화질의 저하가 적으면서 사용되는 계산량을 현저히 줄이며, 화질과 계산량 조절이 용이한 움직임 예측방법을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은

부분에러합에 대한 문턱치와 각 단계별 최소 위치의 유지에 대한 문턱치를 이용하여 다음 단계에서 진행할 후보들을 선별하고, 최소 에러 지점의 최적 후보 위치에 대해 단계별 불변동을 비교 판단하여 그 다음 단계의 진행 여부를 결정함으로써 움직임 벡터를 고속으로 계산하였다. 본 논문의 제안방법은 고속 무손실 탐색 알고리즘과 비교하여 미미한 화질 저하를 감수하면서 현저하게 적은 계산량을 사용하며, 기존의 고속 손실 방법들보다 더 높은 예측 화질과 더 적은 계산량을 갖는 결과를 보이고 있으며, 실시간 비디오 부호화 응용 분야에 유용할 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 부경대학교 연구년 사업(2016)의 지원을 받아 수행된 것임.

REFERENCES

- [1] T. Tan, R. Weerakkody, and G. Sullivan, "Video quality evaluation methodology and verification testing of HEVC compression performance," *IEEE Transactions on Circuits System & Video Technology*, Vol. 26, No. 1, pp. 76-90, 2016.
- [2] T. Lee, Y. Chan, and W. Siu, "Adaptive search range by neighbouring depth intensity weighted sum for HEVC texture coding," *IEE Electronics Letters*, Vol. 52 No. 12, pp. 1018-1020, 2016.
- [3] T. Lee, Y. Chan, and W. Sui, "Adaptive search range for HEVC motion estimation based on depth information," *IEEE Transactions on Circuits System & Video Technology*, Vol. 27, No. 10, pp. 2216-2230, 2017.
- [4] Z. Pan, J. Lei, Y. Zhang, X. Sun, and S. Kwong, "Fast motion estimation based on content property for low-complexity H.265/HEVC encoder," *IEEE Transactions on Broadcasting*, Vol. 63, No. 3, pp. 675-684, 2016.
- [5] P. Bhalge and S. Amdani, "Modified hexagonal search for motion estimation", *Proceeding of International Conference on Intelligent Computing and Control Systems*, pp. 94-96, 2017.
- [6] N. Alnajdawi, M. Alnajdawi, and S. Tedmori, "Employing a novel cross-diamond search in a modified hierarchical search motion estimation algorithm for video compression,"

- Elsevier Information Sciences*, Vol. 268, pp. 425-435, 2014.
- [7] A. Paramkusam, "Efficient motion estimation algorithm on the layers," *IEE Electronics Letters*, pp. 467-468, 2017.
- [8] N. Vayalil, M. Paul, and Y. Kong, "A novel angle-restricted test zone search algorithm for performance improvement of HEVC", *Proceeding of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 6-10, 2017.
- [9] X.Q. Gao, C.J. Duanmu, and C.R. Zou, "A Multilevel Successive Elimination Algorithm for Block Matching Motion Estimation," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 9, No. 3, pp. 501-504, 2000.
- [10] J. Kim, S. Byun, Y. Kim, and B. Ahn, "Fast Full Search Motion Estimation Algorithm Using Early Detection of Impossible Candidate Vectors," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 50, No. 9, pp. 2355-2365, 2002.
- [11] H.264/AVC reference software, http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/
- [12] S. Jin and H. Lee, "Fast Partial Distortion Elimination Algorithm based on Hadamard Probability Model," *IEE Electronics Letters*, Vol. 44, No. 1, pp. 17-19, 2008.

저자 소개

김 종 남 (Jong-Nam Kim)



1997년 2월 : 광주과학기술원
정보통신공학과 졸업(공학석사)
2001년 8월 : 광주과학기술원
기전공학과 졸업(공학박사)
2001년 8월 ~ 2004년 2월 : KBS
연구원
2004년 3월 ~ 현재 : 부경대학
IT융합응용공학과 교수

관심분야 : 비디오압축, 영상처리, 컴퓨터비전 등