

## 단계별 최적후보를 통한 고속 움직임 예측 알고리즘

김종남<sup>1</sup> · 문광석<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 IT융합응용공학과, <sup>2</sup>부경대학교 전자공학과

### Fast Motion Estimation Algorithm via Optimal Candidate for Each Step

Jong-Nam Kim<sup>1</sup> · Kwang-Seok Moon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of IT Convergence & Applications Engineering, Pukyong National University

<sup>2</sup>Dept. of Electronics Engineering, Pukyong National University

**요약** 본 논문에서는 비디오 부호화 모듈에서 중요한 요소인 움직임 예측의 고속 알고리즘을 제안한다. 전영역 탐색 방법의 방대한 계산량으로 인하여 동일한 예측화질을 갖는 고속 움직임 예측 방법들이 연구되어 왔지만 여전히 예측 화질향상과 연산량 감축에 대한 연구의 필요성을 가지고 있다. 본 논문에서는 전영역 탐색기반의 방법에 비하여 예측 화질은 동일하게 유지하면서 불필요한 계산량을 줄이는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 블록 에러 합을 계산할 때 각 후보지점에서 최소 에러의 가능성을 가진 후보들에게 우선순위를 부여하고, 이들에 대하여 우선적으로 부분 블록 에러 합을 계산한다. 이를 통하여 전체의 최소에러를 갖는 지점을 조기에 찾아내고, 불가능한 후보들을 더 빨리 제거함으로써 불필요한 계산량을 줄이고 계산속도의 향상을 얻는다. 제안한 알고리즘은 전영역 탐색 알고리즘과 같은 예측화질을 갖는 기존의 고속 알고리즘과 비교하여 매우 적은 계산량을 사용한다.

• 주제어 : 움직임 예측, 최적후보, 비디오 부호화, 블록 매칭, 부분 블록 에러

**Abstract** In this paper, we propose a fast motion estimation algorithm which is important in performance of video encoding. Even though so many fast algorithms for motion estimation have been published due to tremendous computational amount of full search algorithm, efforts for reducing computations of motion estimation still remain. In the paper, we propose an algorithm that reduces unnecessary computations only, while keeping prediction quality the same as that of the full search. The proposed algorithm does not calculate block matching error for each candidate directly to find motion vectors but divides the calculation procedure into several steps and calculates partial sum of block errors for candidates with high priority. By doing that, we can find the minimum error point early and get the enhancement of calculation speed by reducing unnecessary computations. The proposed algorithm uses smaller computations than conventional fast search algorithms with the same prediction quality as the full search algorithm.

• Key Words : Motion estimation, Optimal candidate, Video coding, Block matching, Partial block error

Received 04 November 2017, Revised 13 December 2017, Accepted 20 December 2017

\* Corresponding Author Jong-Nam Kim, Dept. of IT Convergence & Applications Engineering, Pukyong National University, 45, Yongso-ro, Nam-gu, Busan, Korea. E-mail: jnkim1225@gmail.com

## I. 서론

비디오 압축을 위한 비디오 부호화기의 각 움직임 예측 모듈이 가장 중요한데, 이는 비디오 화질과 부호화를 위한 연산량에 가장 많은 영향을 미치기 때문이다. 이를 위해서는 블록기반의 예측방법이 가장 널리 사용되는데, 블록 기반 움직임 예측 방법에서 가장 기본적인 전영역 탐색 방법은 주어진 탐색 영역에서 모든 후보점에 대하여 매칭 에러를 계산하고 최소의 매칭 에러를 갖는 후보 지점을 찾는 것이다. 이 움직임 예측 방법은 구조가 간단하고 구현하기가 용이한 반면 그 계산량이 많기 때문에 이를 해결하기 위해 수많은 연구가 수행되어 왔다.

현재까지 움직임 예측을 위한 수많은 고속 알고리즘들이 연구되어 왔는데, 이들은 크게 두 그룹으로 나누어 질 수 있다. 하나는 전영역 탐색 방법에 비해 움직임 보상 후 예측 화질의 손실을 갖는 것이고, 다른 하나는 예측 화질의 손실을 갖지 않는 방식이다. 본 논문에서 이에 대한 정의를 한다면 전자는 손실 움직임예측이라 명명하고, 후자는 무손실 움직임예측이라 명명한다. 계산량의 감축을 많이 얻을 수 있는 손실 움직임 예측 방법은 다시 몇 가지 개념으로 나누어 질 수 있다. TSS(Three Step Search), NTSS(New Three Step Search), DS(Diamond Search)등을 포함하는 단일 모달 에러 표면 가정 기법, 다해상도 계층적 탐색, 낮은 비트 해상도, 가변 탐색 영역 기법, 문턱치에 의한 중간 멈춤 기법, 간소화된 에러 비교 방법, 복합방법 등이 이에 포함된다 [1]-[6]. 그리고 무손실 움직임 예측 기법에는 기존 블록과 후보 블록의 블록합을 이용한 후보 제거 알고리즘(SEA: successive elimination algorithm) 및 그 변형 방법들[7], 그리고 부분 매칭 에러값을 이용한 후보 제거(PDE: partial distortion elimination) 알고리즘 및 그 응용 방법 등이 있다 [8]-[10]. 무손실 움직임 예측 방법의 문제점이 여전히 남아있는데, 이는 예측 화질은 전영역 탐색방법과 같지만 계산량의 감축이 많지 않다는 것이다.

본 논문에서는 예측화질은 전영역 탐색방법과 동일하면서 계산량을 현저히 줄이는 무손실 고속 움직임 예측 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 PDE 방법을 기반으로 하며, 불가능한 후보 벡터를 제거하면

서 움직임벡터를 더 일찍 검출하도록 한다. 이는 각 후보점 각각에 대하여 블록매칭에러를 전부 계산하는 것이 아니고 이를 여러 단계로 나눈다. 주어진 탐색 영역에 있는 각 후보 화소에 대하여 각 단계별로 부분 블록 매칭에러를 계산하고 단계별 최적의 후보 지점을 찾은후 부분 블록 매칭 에러값의 크기에 따라 각 후보의 계산 우선 순위를 결정하며, 우선 순위를 갖는 후보점에 대해 먼저 부분 블록 매칭 에러값을 계산해 간다. 높은 우선 순위를 갖는 후보점에 대해 부분 블록 매칭 에러값을 먼저 계산하고, 나중에 낮은 우선 순위를 갖는 후보점의 블록 매칭 에러값을 계산한다. 이를 통하여 각 단계별 최소의 블록 에러 지점을 찾고 불가능한 후보 벡터를 더 일찍 제거하여 계산 감축의 향상을 얻을 수 있다. 제안하는 방법은 전영역 탐색 움직임 예측방법의 예측화질과 동일하면서 이의 계산량 대비 현저히 감소된 계산량을 사용하며, 기존의 고속 무손실 움직임 예측 방법에 비해서도 더 적은 계산량을 사용한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 논문의 관련 연구로서 기존의 움직임 추정 알고리즘을 소개할 것이다. 3장에서는 본 논문의 제안 알고리즘을 소개하며, 4장에서는 본 논문의 알고리즘 성능 평가를 위한 실험 결과 및 분석이 기술될 것이다. 마지막 5장에서 결론으로 마무리를 할 것이다.

## II. 관련연구

움직임 예측 방법에서 가장 기본적으로 사용하는 것이 전영역 탐색(full search)방법이며, 블록매칭에러를 측정하는 많은 방법들이 제안되었지만 이들 가운데 절대 오차의 합(SAD: Sum of Absolute Difference)이 가장 많이 쓰인다. 매칭블록의 크기가  $N \times N$ 일 때, 블록의 유사도를 측정하는 기준인  $SAD(x, y)$ 는 식 (1)과 같이 정의된다.

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

식 (1)에서,  $f_t(i, j)$ 는 t번째 영상에서의 매칭블록 (i, j)위치에서 화소값을 나타내고,  $f_{t-1}(i+x, j+y)$ 는

t-1 번째의 (i+x, j+y) 위치에서 화소값을 나타낸다.

전영역 탐색의 문제점인 방대한 계산량을 줄이기 위하여 수많은 고속 움직임 예측 알고리즘들이 연구되었다. 그 중에서도 전영역 탐색 방식에 비하여 예측 화질의 저하가 있는 손실 고속 움직임 예측알고리즘이 거의 대부분을 차지한다. TSS (Three Step Search), DS(Diamond Search), HXS(Hexagonal Search)등을 포함하는 단일 모달 에러 표면 가정 기법, 다해상도 탐색기법(Multi-resolution Motion Estimation), 문턱치값을 이용한 멈춤기법, 가변 탐색영역기법, 저해상도 비트 영상기법, 행/열 프로젝션 기법등 많은 연구 결과가 발표되어 왔다 [1]-[6]. 이들 방법은 계산 감축이 많지만 움직임이 많거나 복잡한 영상에서는 예측화질의 저하가 심해지는 문제점을 가지고 있다.

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. SEA 계열 방법은 후보 지점의 블록합을 고속으로 계산하여 그 블록합이 특정 기준을 만족하지 못하면 그 지점은 블록 매칭 에러합(SAD)의 계산에서 제거됨으로써 예측화질의 저하 없이 계산감축을 얻는 방법이다 [7]. 식 (2)는 부분 블록매칭에러를 나타내는데, 이 값이 현재까지의 최소의 블록 매칭에러의 값보다 크다면 나머지 k값에 대해서는 계산을 중단하고 불가능한 후보벡터로 결정하게 되며, 나머지 k값에 해당하는 계산량만큼 줄어들게 되며, 예측화질에는 전혀 영향을 미치지 않게 된다. 식 (1)과 비교해 보면 식 (2)가 부분 블록매칭에러를 나타냄을 알 수 있게 된다. PDE방법에서는 계산하는 매칭 블록의 에러의 중간합이 그때까지의 최소 에러 위치의 전체 블록의 합보다 크다면 그 이후의 나머지 계산을 중단하고 그 후보벡터는 불가능한 벡터라고 결정함으로써 불필요한 계산을 줄이는 것이다. 그림 1은 매칭 블록에서 행 단위로 부분 블록 매칭 에러 계산의 개념을 나타내고 있으며, 가운데 부분합의 비교점에서 탐색영역 내에서 그때까지의 최소 블록 매칭 에러값과 비교하게 된다. 그림에서 보듯이 매칭 블록의 첫 행의 부분 블록에러 계산 후에 그때 까지의 최소 블록 에러의 값과 비교 결과에 따라 그 블록내의 나머지 계

산이 중단될 수 있고 혹은 그 블록의 마지막 행까지 계산을 할 수 있다. 가능한 일찍 계산을 중단하는 것이 좋으며, 이를 위해서는 탐색영역내에서 최소에러를 조기에 발견하든지, 아니면 매칭 블록에서 블록 매칭 에러의 값이 큰 값을 먼저 계산하면 더 일찍 부분 블록 매칭 에러를 계산하는 것을 중단할 수 있다. 즉, 불가능한 후보지점에 대해 불필요한 계산을 더 많이 줄일 수 있는 것이다.

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

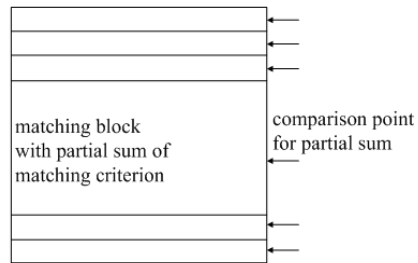


Fig. 1. Concept of partial sum of block matching

이후에 계산량 감축을 위한 방법들은 주로 블록의 매칭에 있어서 매칭 에러가 큰 영역을 유추하여 그 영역의 순서대로 블록 에러를 계산함으로써 예측화질의 저하 없이 계산 속도의 개선을 가져 올 수 있었다 [8]-[10]. 기존의 무손실 움직임 예측에 대한 연구에 대해 많은 연구결과들이 발표되어 계산량 감축을 가져왔지만, 여전히 무손실 기반의 움직임 예측에 있어 계산 속도에 대한 성능향상의 요구가 계속 제기되고 있다.

## II. 제안방법

본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 블록 매칭 에러값이 큰 영역을 유추하는 것이 아니라 단계별로 최소에러를 갖는 최적의 후보지점을 추가적인 계산 없이 가능한 일찍 찾아내어 불가능한 후보 벡터를 더 빨리 제거한다. 탐색 영역 내에 존재하는 최소의 블록 에러 지점을 더 빨리 찾기 위하여 부분 블록 에러합의 결과와 적절한 조건을 이용하여 최적의 후

보를 대상으로 전체 블록에러를 계산함으로써 탐색 영역내의 최소에러 지점을 더 빨리 계산한다. 기존의 전역 탐색 및 PDE, 그리고 PDE 변경 알고리즘들은 각 후보지점에 대하여 전체의 블록 에러합을 계산한 후 다음 후보 지점으로 이동하여 블록 에러합을 계산하는 구조를 가지고 있다. 이러한 방법은 탐색영역 내에서 블록매칭에러를 순차적으로 계산하다 해보아야 최소 에러 지점을 알 수 있게 되는 것이다. 본 논문에서는 탐색 영역 전체에 대하여 부분 블록 에러의 합을 단계적으로 계산한다. 단계적으로 블록에러의 합을 계산하는 것은 그 블록의 행이나, 열, 또는 작은 서브 블록별로 계산을 하는 것을 의미하며, 유효한 탐색 후보지점에 대해 작은 단위의 매칭 에러합을 계산한다. 한 지점에서 한 번에 블록 매칭에러의 값을 계산하는 것이 아니라 매칭 블록에서 작은 단위의 매칭영역 개수의 단계로 나누어서 실행을 하며, 각 단계는 탐색영역에 있는 전체 후보들을 대상으로 하는 것이다. 탐색영역 내에 있는 전체 후보지점에 대하여 불가능한 후보 벡터를 매 단계마다 제거하며, 제거되지 않고 남은 후보에 대하여 다음단계에서 같은 과정을 반복하게 된다. 이때, 제거되지 않고 남아서 다음 단계에서 계산해야 할 후보들 중에서 그 부분 블록 에러 합에 따라 문턱값을 설정하고, 설정된 그 문턱값보다 작은 부분 블록 에러값을 갖는 후보지점에 대하여 낮은 우선순위를 부여하고 다음 단계에서 계산을 한다면 효율적으로 최소에러의 후보 지점을 더 빨리 찾아낼 수 있다. 그 문턱치는 식 (3)에서처럼 그 단계에서 최소값과 최대값 및 적절한 상수값을 이용하여 적응적으로 설정할 수 있다.

$$TH_k = (\min(APSAD_k) + \max(APSAD_k)) / \alpha \quad (3)$$

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

식 (3)에서,  $\min(APSAD_k)$ 는 매칭블록에서 k행까지의 누적 부분 블록 매칭 에러 값들 중에서 최소값을 의미하며,  $\max(APSAD_k)$ 는 최대값을 의미하고,  $\alpha$ 는 특정상수를 의미한다.

각 단계에서 최소에러의 값에 대한 위치가 변경되면 그 변경된 위치에 대하여 전체의 블록 에러값

을 계산하고, 이전의 블록에러값과 비교하여 대소의 여부에 따라 최소에러의 지점이 변경되는 것이다.

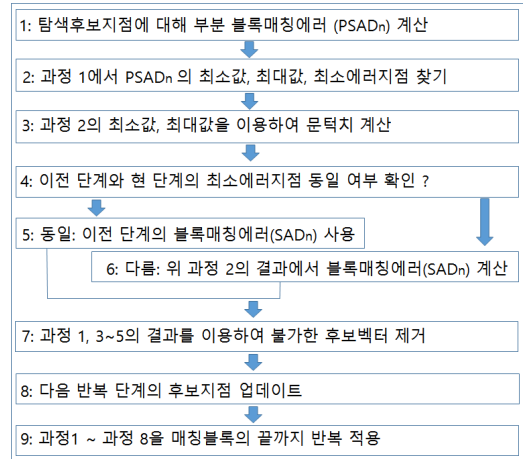


Fig. 2. Procedure of the proposed algorithm

그림 2는 제안 알고리즘의 진행절차를 도식화한 것이다. 그림 2에서  $PSAD_n$ 은  $n$ 단계에서 부분 블록 에러의 합을 나타내며,  $SAD_n$ 은  $n$ 단계에서 최적의 후보지점에서 블록 에러의 합을 나타낸다. 그림 3은 탐색 영역 내에서 각 후보의 상태를 나타내는데, 불가능한 후보로 판정되어 추후 블록 매칭 에러를 구할 필요가 없는 후보군과, 블록 매칭 에러 계산을 위해 가장 나중의 우선 순위를 갖는 후보군과, 바로 다음 단계에서의 후보군을 나타낸다.

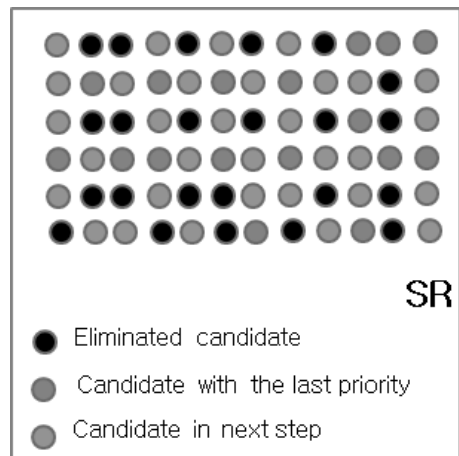


Fig. 3. Candidates of different status

#### IV. 실험 결과 및 고찰

제안 알고리즘의 객관적인 성능 평가를 위해, “bus”, “bally”, “bicycle”, “flower garden”, “football”의 비디오 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 이들 비디오 데이터는 표준적으로 사용하고 있는 영상으로서 영상의 공간 복잡도, 움직임의 크기, 움직임의 복잡도를 고려하여 작성되었다. 움직임 벡터를 계산하는 매칭 블록의 크기는 16×16화소이며, 탐색 영역의 범위는 ±15 화소로 설정하였다. 영상의 해상도 크기는 720×480 화소이며, 비디오 프레임수는 95이다. 알고리즘의 성능평가를 위한 실험 결과는 움직임 벡터 계산을 위해 사용된 평균 계산량과 움직임 벡터의 정확도와 예측화질 평가를 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로 나타내었다. 각 방법에 대한 계산량은 16×16 화소의 매칭블록의 크기에서 계산을 위해 사용된 행의 수로써 나타내었다. 또한, 식 (3)에서 문턱치 계산을 위한 상수는 2를 사용하였다.

본 논문에서 제안하는 방법은 무손실 예측 방법과 동일한 예측화질을 추구하며, 움직임 벡터 계산량은 줄이도록 하였다. 각 방법들의 비교 기준이 되는 무손실 움직임 예측 방법으로는 전영역 알고리즘 (FS) 이 있으며, 고속의 무손실 움직임 예측방법으로는 H.264 에서 사용되는 PDE 알고리즘 (PDE H264) [9], 복잡도 기반의 고속 PDE 방법 (Complex PDE) [8], Hadamard 변환을 이용한 고속 PDE 방법 (PDE HD) [10], MSEA (Multilevel Successive Elimination Algorithm) [7] 등이 있다.

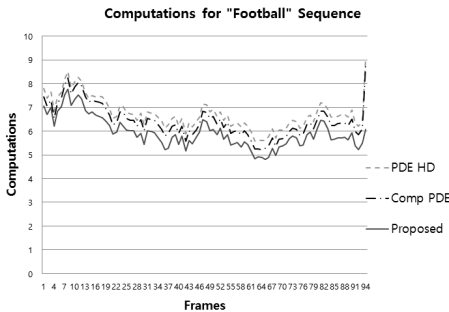


Fig. 4. Computational amount of “Football”

그림 2는 “Football” 시퀀스에 대한 방법별 계산량

을 나타낸다. 제안하는 알고리즘이 전체적으로 적은 계산량을 나타냄을 알 수 있다. 표 1과 표2는 각 움직임 예측 방법에 대하여 각 비디오 시퀀스별로 움직임 벡터 계산을 위한 평균 계산량과 움직임 벡터를 이용한 예측화질 결과를 나타내었다.

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      |
| Comp.PDE  | 8,9  | 6,3   | 8,2  | 5,6    | 6,4      |
| PDE HD    | 9,0  | 6,5   | 8,3  | 5,7    | 6,7      |
| MSEA      | 10,9 | 8,4   | 10,6 | 7,8    | 10,8     |
| Proposed  | 7,8  | 5,9   | 7,1  | 4,5    | 5,9      |

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

|          | bus  | bally | bycl | flower | football |
|----------|------|-------|------|--------|----------|
| FS~MSEA  | 26,0 | 31,5  | 23,5 | 27,7   | 36,5     |
| Proposed | 26,0 | 31,5  | 23,5 | 27,7   | 36,5     |

표 1은 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 평균 계산량을 나타낸 것인데, 표에서 보는 바와 같이 전영역 탐색방법의 계산량은 블록의 전체행을 사용하기 때문에 16을 나타낸다. 나머지 방법들은 고정된 계산량이 아니고 영상에 따라 가변적임을 알 수 있다. 표 1에서 “flower” 시퀀스에서 계산량 감축이 가장 많으며, “bus” 시퀀스에서 계산량 감축이 상대적으로 가장 적다. 이는 영상의 국소적인 움직임과 영상의 공간적 복잡도에 기인한다고 볼 수 있다.

PDE complex와 PDE Hadamard는 최소 에러 위치를 먼저 찾는 것이 아니라 불가능한 후보 벡터를 먼저 찾는 개념으로 접근하며, 이들은 블록의 부분 에러합이 큰 영역을 계산해내고 이의 순서대로 블록의 부분 에러합을 계산함으로써 가능한 일찍 블록의 부분 에러합이 큰 영역을 계산하게 하는 것이다. FS 방법의 결과와 비교해 볼 때, 다른 고속의 무손실 예측방법들은 많은 연산량 감소가 있음을 알 수 있으며, 그 중에서 제안 방법의 연산량 감소가 가장 많음을 알 수 있다.

표 2는 모든 알고리즘의 예측화질 결과를 나타냈었는데, 모든 방법들은 전영역 탐색 방법에 비하여 예측화질의 저하가 전혀 없는 결과를 얻었다.

## V. 결론

본 논문에서는 움직임 예측에서 전영역 탐색방법에 비하여 예측화질의 저하가 없으면서 사용되는 계산량을 줄이는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 탐색 영역의 후보지점 중에서 단계별 최소 에러를 갖는 최적의 후보를 찾고, 이를 통하여 얻는 최소의 블록매칭에러를 이용하여 의미 없는 후보백터를 더 일찍 제거함으로써 불필요한 계산량을 줄일 수 있게 하였다. 본 논문의 제안방법은 전영역 탐색 알고리즘과 비교하여 예측 화질의 저하가 전혀 없이 계산량을 최고 76%를 줄였다. 제안한 알고리즘은 MPEG-4 AVC 및 HEVC와 호환이 되며, 이를 이용하는 실시간 비디오 압축 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 부경대학교 자율창의연구(2016년)에 의하여 연구되었음.

## 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 Electron. Letters, Vol. 52 No. 12, pp. 1018-1020, 2016.

[3] H. Choi, J. Kim, S. Jung, "Fast Motion Estimation Algorithm using Importance of Search Range and Adaptive Matching Criterion," The Journal of The Journal of Korea Institute of Signal Processing and Systems, Vol. 16, No. 4, pp. 129-133, 2015.

[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 Broadcasting, Vol. 63, No. 3, pp. 675-684, 2016.

[5] 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.

[6] A. Paramkusam, "Efficient motion estimation algorithm on the layers," IEE Electron. Letters, pp. 467-468, 2017.

[7] 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.

[8] 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.

[9] H.264/AVC reference software, [http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old\\_jm/](http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/)

[10] 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, 2008.

## 저자소개



**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, 컴퓨터비전등



**문 광 석 (Kwang-Seok Moon)**

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1981년 2월 경북대학교 대학 전자공학과 졸업 (공학석사)  
 1989년 2월 경북대학교 대학원 공학과 졸업(공학박사)  
 1990년 3월~현재 부경대학교 전자공학과 교수  
 ※관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리등