

탐색영역의 중요도와 적응적인 매칭기준을 이용한 고속 움직임 예측 알고리즘

Fast Motion Estimation Algorithm Using Importance of Search Range and Adaptive Matching Criterion

최홍석*, 김종남*, 정신일**

Hong-Seok Choi*, Jong-Nam Kim*, Shin-Il Jeong**

요약

본 논문에서는 비디오 압축에서 성능의 중요한 요소인 움직임 예측을 위한 고속 알고리즘을 제안한다. 기존의 고속 움직임 예측 방법들은 연산량 감축으로 인하여 프레임에 따라 심각한 예측화질 저하의 문제점과 여전히 많은 연산량의 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 전영역 탐색기반의 방법에 비하여 예측화질은 거의 같게 유지하면서 불필요한 계산량을 현저히 줄이는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 움직임 벡터의 확률분포를 이용하여 탐색영역을 중요도 별로 나누고 적응적인 매칭기준을 이용하여 예측화질은 유지하면서 불필요한 계산만을 줄일 수 있는 방법이다. 제안한 알고리즘은 기존의 전영역 탐색 방법과 비교하여 예측 화질의 저하가 0.01dB 이하이며, 사용되는 계산량은 3~5%이내이다. 제안한 알고리즘은 MPEG-4 AVC 및 H.265를 이용하는 실시간 비디오 압축 응용분야에 유용하게 사용될 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a fast motion estimation algorithm which is important in the performance of video encoding. Conventional fast motion estimation algorithms have serious problems of low prediction quality in some frames and still much computation. In the paper, we propose an algorithm that reduces unnecessary computations only, while keeping prediction quality almost similar to that of the full search. The proposed algorithm uses distribution of probability of motion vectors, divides search range into several groups according to its importance, and applies adaptive block matching criteria for each group of search range. The proposed algorithm takes only 3~5% in computational amount and has decreased prediction quality about 0~0.01dB compared with the fast full search algorithm.

Keywords : Motion estimation, Full search, Search range, Matching criterion, Search pattern

I. 서론

비디오 압축에서 시간적 중복성을 줄이는 핵심 기술이 움직임 예측(motion estimation)기술이며, 이는 이전 프레임을 이용하여 현재 프레임과 가장 유사한 영역을 찾는 것이다. 가장 유사한 영역의 위치를 움직임 벡터(motion vector)라고 하며, 움직임 벡터를 이용하여 현재 프레임과 유사한 영상을 구성하는 것을 움직임 보상이라 한다.

특히 블록 기반의 움직임 예측 방법은 계산량 대비 예측화

질이 우수하여 현재까지의 동영상 압축 표준에 널리 사용되고 있다[1,2]. 블록 기반 움직임 예측 방법에서 가장 대표적인 전영역 탐색 방법은 주어진 탐색 영역에서 모든 후보점에 대하여 매칭 에러를 계산하고 최소의 매칭 에러를 갖는 후보 지점을 찾는 것이다. 이 탐색 방법은 구조가 간단하고 구현하기가 용이한 반면 그 계산량이 많기 때문에 이를 해결하기 위해 수많은 연구가 수행되어 왔다. [1,2].

현재까지의 움직임 예측을 위한 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]. 본 논문에서 이에 대한 정의를 한다면 전자는 손실 움직임예측이라 정의하고, 후자는 무손실 움직임예측이라 정의한다. 손실 움직임 예측 방법은 다시 몇 가지 개념으로 나누어 질 수 있다.

* 부경대학교 ** 부경대학교(교신저자)

투고 일자 : 2015.6.22. 수정완료일자 : 2015.7.30

계재확정일자 : 2015.8.6.

※ 본 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2014년)에 의하여 연구되었음

단일모달에러표현 가정기법, 계층적탐색, 낮은 비트 해상도, 가변 탐색법, 문턱치에 의한 중간 멈춤기법, 간소화된 에러 비교 방법, 복합방법등이 이에 포함된다 [2-4]. 그리고 무손실 움직임 예측 기법에는 기준 블록과 후보 블록의 블록합을 이용한 후보 제거 알고리즘(successive elimination algorithm-SEA) 및 그 응용[5-9], 그리고 부분 매칭 에러값을 이용한 후보 제거(partial distortion elimination-PDE) 알고리즘 및 그 응용 등이 있다[10-12]. 그러나 손실 움직임 예측 방법들은 계산량 감축은 많지만 예측 화질이 영상에 따라 심각하게 저하되는 문제점을 지니고 있다. 그렇지만 무손실 움직임 예측 방법의 문제점도 여전히 남아있는데, 이는 예측 화질은 전영역 탐색방법과 같지만 계산량의 감축이 많지 않다는 것이다.

본 논문에서는 예측화질은 무손실 예측 방법과 거의 같으면서 방대한 계산량을 현저히 줄이는 움직임 예측 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 움직임벡터의 분포영역 중요도에 따라 나누고 이에 따라 매칭기준을 다르게 적용할 것이다. 움직임 벡터의 크기에 따라 그 분포가 급격히 감소하기 때문에 탐색영역의 원점부근은 정밀한 기준을 사용하고, 나머지 영역들은 순차적으로 덜 정밀한 매칭기준을 사용한다. 이런 개념을 적용하여 예측화질은 유지하되 불필요한 계산을 효율적으로 제거하게 되는 것이다. 실험을 통하여 확인한 바, 제안하는 방법은 고속 무손실 움직임 예측방법의 계산량 대비 현저히 감소된 계산량을 사용하며 0~0.01dB의 수준의 예측화질 차이를 얻었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 논문의 관련 연구로서 기존의 움직임 추정 알고리즘을 소개할 것이다. 제3장에서는 본 논문의 제안 알고리즘을 소개할 것이다. 그리고 제4장에서는, 본 논문의 알고리즘 검증에 위한 실험 결과 및 분석을 기술한다. 마지막 제5장에서 결론으로 마무리를 한다.

II. 기존의 움직임 예측 알고리즘들

움직임 예측 방법에서 가장 기본적으로 사용하는 전역 탐색방법은 탐색영역 내 모든 후보 블록들을 체크한 후 매칭 에러가 가장 작은 후보블록을 해당 블록의 최종 움직임 벡터로 결정한다. 매칭에러를 측정하는 많은 방법들이 제안되었지만 이들 가운데 절대 오차의 합(Sum of Absolute Difference)이 가장 많이 쓰인다. 전술한 바와 같이, 예측 화질이 좋은 반면 탐색영역이 커질 경우 방대한 계산량이 심각한 문제점으로 남는다. $N \times N$ 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)위치에서 화소값을 나타내고, $f_{t-1}(i+x, j+y)$ 는 t-1 시간의 (i+x, j+y) 위치에서 화소값을 나타낸다.

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. 이들 방법 중에서 다해상도 탐색기법 (Multi-resolution Motion Estimation)이 우수한 계산 감축방법으로 평가 받고 있다. 이 방법은 원 영상에서 낮은 공간해상도 영상을 생성하고, 제일 낮은 해상도에서부터 움직임을 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 [2].

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 SAD(Sum of Absolute Difference)계산에서 제거함으로써 계산감축을 얻는 방법이다 [5].

PDE 계열 방법은 하나의 블록의 부분 매칭 에러를 가지고 최소 에러와 비교함으로써 불필요한 계산을 줄이는 것이다 [10-12]. 즉, 매칭 에러의 중간 합이 그때까지의 최소 에러 보다 크다면 나머지 계산을 할 필요가 없다는 것이다. 식 (2)와 (3)은 일반적인 PDE에서 사용되는 SAD값의 행별 부분비교를 나타낸 것이다. 여기서 APSADK는 매칭블록에서 K행까지의 누적 부분 SAD이다.

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

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

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

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.

무손실 움직임 예측방법은 손실 예측방법에 비하여 예측 화질은 뛰어나지만, 계산량 감소가 낮은 문제점이 있다. 또한 손실 예측방법은 계산량 감소는 뛰어나지만 예측화질이 영상에 따라 심하게 저하되는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 예측화질의 저하가 무손실 방법 대비 0.05dB 이내이면서 계산량 감축을 대폭 얻을 수 있는 알고리즘을 제안한다.

III. 제안한 움직임 추정 알고리즘

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 분포와 탐색영역에 따른 탐색 정밀도를 다르게 하여 움직임 벡터를 계산한다. 이렇게 함으로써 움직임 벡터의 정확성은 거의 전영역 탐색방법과 같으면서 계산 감축은 손실 방법에 견줄만한 연산량을 가진다. 추가적으로 탐색영역에서 기존의 PDE방법과는 달리 각 단계에서 최적후보점을 찾아서 이를 갱신하여 불가능한 후보를 더 빨리 제거하도록 한다.

일반적으로, 비디오데이터의 움직임벡터 확률 분포는 탐색영역의 중앙부인 좌표지점 (0,0)을 기준으로 거리가 멀어질수록 급격히 감소한다. 즉, 대부분의 움직임 벡터들이 (0,0)의 중앙에 위치하며, 기준점에서 멀어질수록 움직임 벡터의 발생 빈도가 현저히 감소한다. 이러한 사실을 볼 때, 움직임 예측을 위한 탐색 영역이 모두 같은 중요성을 가지는 것이 아니라, 원점 부근이 더 높은 중요성을 가지며, 원점에서 거리가 멀어질수록 그 중요성이 떨어진다고 볼 수 있다. 이는 오직 계산의 효율적 관점에서 본 것이며, 이를 통하여 탐색의 방법을 다양하게 적용할 수 있다. 탐색 영역을 중요도 관점에서 몇 개로 분류하고, 각 영역마다 다른 탐색방법을 적용함으로써 움직임 벡터의 정확성은 높이고 계산량은 낮출 수 있다. 탐색 영역을 가장 중요한 영역, 중요한 영역, 보통영역으로 나누고 가장 중요한 영역은 가장 엄격한 기준으로 매칭에러를 계산한다. 그 다음 중요한 영역은 조금 느슨한 기준을 적용하여 매칭에러를 계산하고, 보통 영역은 더 느슨한 기준으로 매칭에러를 계산한다.

본 논문에서는 이러한 움직임 벡터의 확률 분포를 이용하여 탐색영역을 다섯 개의 영역으로 설정하고 이에 따라 매칭 기준을 달리 적용할 것이다.

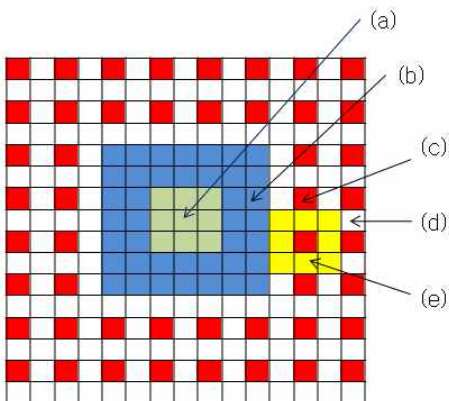


그림 1. 적응적인 탐색을 위한 영역 구분
Fig. 1. Classification of region for adaptive search

우선 움직임 벡터가 가장 많이 분포하는 (a)영역은 가장 중요한 영역으로서 무손실 매칭기준인 기존의 PDE 알고리

즘을 적용할 것이다. 즉, (a)영역의 부분 탐색 영역을 SR1이라 할 때 이의 후보점에 대해서는 식 (2)와 식(3)을 이용하여 가장 정밀하게 탐색을 할 것이다.

(b)영역은 움직임 벡터의 분포에 있어 (a)영역 다음으로 중요하다고 할 수 있다. 따라서, (a)영역보다 덜 엄격한 매칭기준인 식 (4)를 적용을 할 것이다. 이러한 (b)영역의 부분 탐색영역을 SR2라고 할 때 이의 후보지점들은 모두 탐색하는 대신 매칭 에러 기준을 (a)영역과는 다른 기준을 사용한다. 식 (4)에서 기호 *는 곱셈을 의미한다.

$$APSA D_k \leq k * A_k * SAD_{min}, \quad (4)$$

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

매칭블록에서 k 행까지의 블록매칭에러를 APSADk라고 할 때, 기존의 PDE 방법은 APSADk를 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, APSADk의 매칭에러는 $(k * A_k * SAD_{min})$ 과 비교를 해야 한다. 그러나 실제 영상에서는 블록매칭에러의 분포는 균일하지 않고 그 분포를 정확히 수 없는 상황이며, 예측 정확도를 위하여 블록매칭에러의 불균일 분포의 영향을 최소화 해야한다.

$$APSA D_k \leq k * B_k * SAD_{min}, \quad (5)$$

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

(c)영역은 움직임벡터의 분포확률이 낮기 때문에 (a), (b)영역과는 달리 한 픽셀씩 생략하면서 탐색하며, 식 (5)의 매칭에러기준은 식 (4)보다 더 느슨한 조건식을 사용한다. 즉 식(4)의 A_k 보다 더 작은 B_k 를 사용하여 후보 벡터를 더 빨리 제거한다. 여기서 A_k 와 B_k 는 상수 계수로서 불가능한 후보 벡터를 제거함과 동시에 예측 화질을 유지하기 위한 용도이다.

(d)영역은 자동으로 검사를 생략하는 영역으로서, (c)영역에서 새로운 최소 매칭 에러가 발생하지 않은 경우이다. 이 영역은 추가적인 계산을 하지 않고 불가능한 후보지점이라 판단하여 블록매칭에러를 생략하게 되는 것이다.

(e)영역은 (c)영역에서 새로운 최소 매칭 에러가 발생한 경우인데, 이러한 경우는 인접한 주변에서 새로운 최소 에러 발생 확률이 높아지게 된다. 따라서 인접 8연결방향 또는 4방향에 대해 매칭에러 계산을 실시하며, 매칭 에러 기준 정밀한 식 (2)와 식(3)을 이용한다. 제안 방법에서는 각 영역별로 차례로 계산하는 것이 아니고 N*N화소 크기의 매칭 블록에서 N개의 화소씩 매칭에러를 계산할 때 각 단계별로 모든 영역에 대해서 계산을 하며, 각 단계에서 최소화소가 갱신되게 된다. 이러한 매칭 과정은 최소에러지점을 조기에 검출하게 하며, 이를 통하여 불가능한 후보를 더 빨리 제거하도록 한다. 따라서, 제안하는 방법은 통계적인 움직임벡터의 확률분포에 따라 탐색영역의 중요도를 달리 함으로써 예측화질저하를 최소화하면서 계산감축은 최대화 하도록 하였다.

IV. 실험 및 고찰

제안한 방법의 제안한 방법의 객관적인 성능 평가를 위해, “foreman”, “car phone”, “trevor”, “akio”, “grandmother” 의 비디오 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 이 중에서, “foreman” 과 “car phone” 은 비교적 큰 움직임을 가지고 있으며, “akio”, “grandmother” 는 이전 두 시퀀스보다 비교적 작은 움직임을 갖는다. “trevor” 시퀀스는 이들 두 부류의 중간 정도 움직임을 가진다. 매칭 블록의 크기는 16×16화소이며, 탐색 영역의 범위는 ±15 화소로 설정하였다. 영상의 해상도 정보로서 영상 크기는 QCIF (176×144)를 사용하였다. 실험 결과는 움직임 벡터 산출을 위해 소요된 계산량과 예측화질 평가를 위하여 평균 연산량과 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)로 나타내었으며, 계산량은 기존의 전영역 탐색방법의 계산량을 100%로 두고 이의 상대적 비율로 나타내었다. 그림 1에서 (a) 탐색영역은 ±1, (b)영역의 부분 탐색영역은 ±3으로 설정하였다. b), (c), (e)영역에서 식(4)에 사용될 스케일 상수 A_k 는 $(1/N + 2)$ 이며 식 (5)에서 사용하는 상수 B_k 은 $(1/N + 1.5)$ 이고, 이들 설정값은 정확성 및 계산량을 고려하여 실험적으로 얻은 수치들이다.

전술한 바와 같이, 전영역 탐색 방법과 예측화질을 비교하였을 경우 예측화질저하가 무시할 수 있는 수준을 유사 무손실 움직임 예측방법으로 용어를 정의하였다. 본 제안 방법은 유사 무손실 예측 방법과 거의 같은 예측화질을 추구하며, 연산량은 손실 예측 방법에 비교 가능하도록 설계되었다. 기준이 되는 무손실 움직임 예측 방법으로는 전영역 알고리즘 (FS) [1], H.264에서 사용되는 PDE 알고리즘 (PDE H264) [11], 복잡도 기반의 고속 PDE 방법 (PDE Complex) [10], Hadamard 변환을 이용한 고속 PDE 방법 (PDE HD) [12], MSEA(Multilevel Successive Elimination Algorithm) [8]이 있으며, 손실 예측 방법으로는 다해상도 기법 (MRME) 방법 [2]이 있고 이들과 제안알고리즘의 결과를 비교하였으며, 이 실험에서는 다해상도 계층을 두 계층으로 나누었다.

표 1과 2는 각 움직임 예측 방법에 대하여 각 비디오 시퀀스별로 평균 연산량과 예측화질 결과를 나타내었다. 표 1은 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 계산량을 나타낸 것인데, 표에서 보는바와 같이 전영역 탐색방식의 계산량을 100%로 볼 때 나머지 알고리즘의 계산량을 %로 나타낸 것이다. MRME 방법을 제외한 나머지 방법들은 비디오 시퀀스별로 계산량이 다르게 나오는 것을 볼 수 있다. 이는 최저 움직임 벡터를 얼마나 빨리 찾고 불필요한 계산을 어떻게 줄이느냐에 따라 계산량이 달라진다. 전영역 탐색방법의 결과와 비교해 볼 때, 무손실 예측방법들은 많은 연산량 감축을 얻을 수 있다. 표 2의 예측화질 결과를 보면, 전영역 탐색 방법과 비교해 볼 때 무손실 방법들은 예측화질의 저하가 전혀 없음을 알 수 있다. 반면에 MRME 방법은 많은 연산량의 감축을 얻었으며, 모든 시퀀스에서 같은 연산량을 가졌다. 그러나 예측 화질의 결과를 보면 “foreman” 시퀀스에 대해 1dB 이상의 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 특정 응용분야에서는 화질의 심한 저하를 야기할 수 있는 중요한 문제이다. 그러나 제안하는 방

법은 전 영역 탐색방법의 3~5%의 연산량만을 차지하며 이는 손실 방법인 MRME 방법보다 훨씬 적은 수치이다. 고속의 무손실 방법들과 비교해 볼 때 3~4배의 계산감축을 얻었다. 예측화질의 결과를 본다면 전 영역 탐색결과와 거의 차이가 없음을 볼 수 있다. 0.01 dB가 가장 큰 차이이며 이는 통상 화질의 차이를 느끼지 못하는 수치이다. 이는 움직임 벡터 발생이 많은 중요한 영역은 무손실 방법의 예러 매칭 기준을 적용하고, 그 나머지는 중요순으로 예러 기준을 달리 함으로써 계산량을 효율적으로 줄인 것에 기인한다고 볼 수 있다. 전반적으로 <그림 2-이 기준의 전영역 탐색 및 고속 무손실 예측 방법에 비하여 현저히 많은 연산량 감축을 보이고 있다. 반면 예측 화질의 차이는 전영역 탐색 방법과 비교하여 거의 같은 수준을 유지하고 있음으로써 우수한 성능을 보여준다.

표 1. 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 계산량 (단위: %)
 Table 1. Computational amount of each algorithm for sequences

	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
MSEA	19.9	19.4	14.8	8.4	19.3
MRME	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Proposed	4.6	4.6	4.0	2.9	4.8

표 2. 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 예측화질(단위: dB)
 Table 2. Prediction quality of each algorithm for sequences

	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
MSEA	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
MRME	31.47	33.67	33.84	44.14	43.44
Proposed	32.57	34.04	34.08	44.14	43.44

V. 결론

본 논문에서는 비디오 압축에서 그 성능을 크게 좌우하는 움직임 예측의 한 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 움직임 벡터의 통계치를 이용하여 탐색 영역을 구분하고 중요도에 따라 에러 매칭 기준을 달리 적용하였다. 이렇게 함으로써 예측화질은 기존의 전영역 탐색방식인 무손실 움직임예측방법과 비교하여 거의 같은 성능을 가지면서 계산량은 손실 움직임예측인 MRME 보다 2.2% ~ 4.1% 더 많이 줄이게 되었다. 제안한 알고리즘은 무손실 예측방법의 하나인 전영역 탐색 알고리즘과 비교하여 예측 화질의 저하가 0.01dB 이하이며, 계산량은 3%~5%정도이다. 제안한 알고리즘은 MPEG-4 AVC 및 H.265와도 호환이 되며, 이를 이용하는 실시간 비디오 압축 응용분야에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] F. Dufaus and F. Moscheni, "Motion Estimation Techniques for Digital TV: A Review and a New Contribution," Proceeding of IEEE, Vol. 83, No. 3, pp. 858-876, 1995.

[2] J. Kim and T. Choi, "Adaptive Matching Scan Algorithm based on Gradient Magnitude for Fast Full search in Motion Estimation," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3pp. 762-772, 1999.

[3] F. Cheng and S. Sun, "New Fast and Efficient Two-Step Search algorithm for Block Motion Estimation," IEEE Transactions on Circuits System for Video Technology, Vol. 9, No. 7, pp. 977-983, 1999.

[4] C. Zhu, X. Lin, and L. Chau, "Hexagon Based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation," IEEE Transactions on Circuits System for Video Technology, Vol. 12, No. 7, pp. 349-355, 2002.

[5] W. Li and E. Salari, "Successive Elimination Algorithm for Motion Estimation," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 4, No. 1, pp. 105-107, 1995.

[6] M.Z. Coban and R.M. Mersereau, "A Fast Exhaustive Search Algorithm for Rate-Constrained Motion Estimation," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 7, No. 7, pp. 769-773, 1998.

[7] H. Wang and R. Mersereau, "Fast Algorithms for the Estimation of Motion Vectors," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 8, No. 3, pp. 435-438, 1999.

[8] 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.

[9] T.G. Ahn, Y.H. Moon, and J.H. Kim, "Fast Full-Search

Motion Estimation based on Multilevel Successive Elimination Algorithm," IEEE Transactions on Circuits and System for Video Technology, Vol. 14, No. 11, pp. 1265-1269, 2004.

[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/

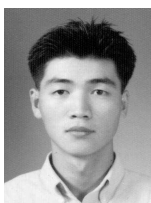
[12] S. Jin and H. Lee, "Fast Partial Distortion Elimination Algorithm based on Hadamard Probability Model," IEE Electron. Letters, Vol. 44, No. 1, pp. 17-19, 2008.

최 홍 석(Hong-Seok Choi)



2005년 2월 동의대 경제학과(경제학사)
 2011년 2월 부경대 컴퓨터공학과(공학석사)
 2014년 9월 부경대 IT융합응용공학과 수료
 ※ 주관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 보안 등

김 종 남(Jong-Nam Kim)



正會員
 1995년 2월 금오공과대 전자공학과(공학사)
 1997년 2월 광주과기원 정보통신공학과 (공학석사)
 2001년 8월 광주과기원 기전공학과(공학박사)

2001년 8월~2004년 2월 KBS 기술연구소 선임연구원
 2004년 4월~ 현재 부경대학교 IT융합응용공학과 교수
 ※주관심분야 : 생체신호처리, 마이크로프로세서

정 신 일(Shin-Il Jeong)



1974년2월 경북대 물리학과(이학사)
 1976년2월 경북대 전자공학과(공학석사)
 1988년2월 경북대 전자공학과(공학박사)
 1981년~ 현재 부경대학교 정보통신공학과 교수

※주관심분야 : 영상처리, 광정보처리, 광통신