최적후보점을 이용한 비디오 데이터 움직임 예측 방법

최홍석* · 김종남**

*부경대학교

Motion Estimation Method Using Optimal Candidate Points

Hong-seok Choi* · Jong-nam Kim**

*Pukyong National University

E-mail : alice@pukyong.ac.kr

요 약

본 논문에서는 비디오 압축에서 사용되는 중요한 요소 중 하나인 움직임 예측 방법을 제안한다. 기존의 방법들은 연산량 감축으로 인한 화질 저화와 같은 문제점과 연산량 증가로 인한 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 전 영역 탐색기반 예측 방법과 유사한 화질을 유지하면서 최적후보점을 이용하여 계산량을 줄이는 움직임 예측 방법을 제안한다. 실험결과에서 제안한 방법은 화질 저하가 전 영역 탐색 기반 예측과 비교하여 0.01dB 이하로 나타났으며, 계산량은 평균 3%~5% 정도이다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a motion estimation method that is important in performance of video encoding. Conventional motion estimation methods have serious problems of low prediction quality and problems of much computation increase. In the paper, we propose a method that reduces unnecessary computations only using optimal candidate points, while keeping prediction quality almost similar to that of the full search. The proposed method takes only 3~5% in computational amount and has decreased prediction quality about 0~0.01dB compared with the fast full search algorithm.

키워드

최적후보점, 움직임 예측, 비디오 압축, 전역탐색, 탐색영역

Ⅰ. 서 론

움직임 예측(motion estimation)은 비디오 압축의 핵심 기술 중 하나 이다. 이 움직임 예측은 현재 프레임을 구성함에 있어 이전 프레임의 정보를 바탕으로 가장 유사한 영역을 찾는 방법이며, 움직임 벡터를 이용하여 현재 프레임을 구성하는 것을 움직임 보상이라 한다.

이중에서 블록 기반 움직임 예측방법은 계산량 대비 예측화질이 우수하여 현재까지도 동영상 압축 표준 기술에 널리 사용되고 있다[1,2]. 블록 기반 움직임 예측 방법 중 가장 많이 사용되는 방법은 전 영역 탐색 방법이다. 이 방법은 주어진 탐색 영역에서 설정된 모든 후보점에 대하여 매칭에러를 계산하고 이 중 최소의 매칭 에러를 갖는 후보지점을 찾는 방법이다. 이 탐색 방법은 구조가 간단하며 구현이 용이하지만 계산량이 많은 문제점을 가지고 있으므로 이를 해결하기 위한 많은 연구가 진행 중이다[1,2].

기본적으로 움직임 예측 방법은 전역 탐색방법이다. 전역 탐색방법은 예측화질은 좋으나 탐색영역의 범위가 커짐에 비례하여 계산량 또한 커지는 문제점이 있다. 이에 전영역 탐색의 문제점인 계산량 증가를 방지하기 위해 다양한 움직임 예측 고속 알고리즘들이 개발되고 있다. 이런 움직임 예측 고속 알고리즘들은 크게 두 개로 분류할 수 있다. 그중 첫 번째는 예측 화질의 저하가 있는 손실 고속 알고리즘이다. 그 중 다해상도 탐색 기법(Multi-resolution Motion Estimation)이 우수한 계산 감축방법으로 평가 받고 있으며 이 방법은 원 영상에서 낮은 공간 해상도 영상을 생

성하고 낮은 해상도에서부터 움직임 예측을 시작하여 움직임 벡터를 구한다. 그 벡터를 다음 해상도에 맞추어 확대 시킨 후 그 지점을 중심으로 움직임 벡터를 수정한다. 이 방법은 예측 화질이 계산 감축에 대비하여 우수함으로 많은 응용분야에 활용되고 있으나, 해상도의 레벨이 높아질수록 화질 저하가 심하다는 문제점을 가지고 있다. 두 번째는 기존의 전역 탐색방법을 표방하면서 예측 화질의 손실이 발생하지 않는 무손실 움직임 예측 고속 알고리즘이다. 무손실 움직임 예측 고속 알고리즘 중 대표적인 방법은 연속 제거 알고리즘(SEA: Successive Elimination Algorithm)계열과 부분 오차 제거(PDE: Partial Distortion Elimination)계열의 알고리즘들이다. SEA 계열의 방법은 후보 지점의 블록합을 고속으로 계산하여 그 블록합이 설정한 임계 기준을 만족하지 못하면 그 지점으로 SADSAD(Sum of Absolute Difference)로 지정하여 계산에서 제거함으로써 계산감축을 얻는 방법이다.[2]

본 논문에서는 전 영역 탐색 기반방법에 비하여 예측 화질은 거의 같게 유지하면서 불필요한 계산량을 줄일수 있는 움직임 예측 고속 알고리즘을 제안한다. 실험결과 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 계산량은 전역영 탐색 기반 방법에 비해 현저히 감축되고, 예측화질의 저하가 무손실 방법 대비 0.5dB이내 수준의 예측화질을 확인하였다.

II. 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안 하는 알고리즘은 무손실 움직임 예측 고속 알고리즘은 전영역 탐색방법기반으로 각 탐색영역에서 기존의 부분 오차 제거(PDE: Partial Distortion Elimination)와 달리 각 단계에서 최적 후보점을 찾아 이를 갱신하여 불가능한 후보를 더 빨리 제거하도록 하는 방법이다. 이 방법은 예측화질에 있어서는 무손실 움직임 예측 방법과 거의 유사하며 계산량 감축은 손실 예측방법과 비슷한 성능을 얻는다. 본 알고리즘의 핵심은 움직임 벡터의 확률 분포와 탐색영역에 따른 탐색 정밀도를 다르게 하여 움직임 벡터를 계산한다. 이런 방법으로 움직임 벡터의 정확성은 거의 전영역 탐색방법과 같으면서 계산량 감축은 손실 방법과 비교 할만한 연산량을 가진다.

기본적으로 비디오데이터의 움직임벡터 확률분포를 살펴보면 탐색영역의 중앙부인 좌표지점(0,0)을 기준으로 거리가 멀어질수록 확률분포는 급격히 감소한다. 이는 대부분의 움직임 벡터들이 중앙에 위치하며, 기준점에서 멀어질수록 움직임 벡터의 발생 빈도가 현저히 감소한다고 할 수 있다. 이러한 사실로 미루어, 움직임 예측을 위한 탐색 영역의 중요도를 분류 해 볼 수 있다. 움직임 예측을 위한 탐색영역을 기준으로 원점 부근의 움직임 벡터의 발생 빈도가 높으므로 중요도가 높으며 점차 원점에서 거리가 멀어질수록 중요도가 떨어진다고 볼 수 있다. 이는 오직 계산의 효율적 관점에서 본 것이며, 이를 통하여 탐색의 방법을 다양하게 적용할 수 있다.

이를 기준으로 탐색 영역을 중요도 관점에서 몇 개로 분류하고, 각 영역마다 다른 탐색방법을 적용함으로써 움직임 벡터의 정확성은 높이고 계산량은 낮출 수 있다. 먼저 탐색 영역을 가장 중요한 영역, 중요한 영역, 보통영역 등등의 중요도에 따라 분류한다. 이후 분류된 영역을 각 각 중요도 기준의 엄격성을 달리 하여 매칭에러를 계산한다.

본 논문에서는 이러한 움직임 벡터의 확률분포를 이용하여 최적 후보점을 설정하고 탐색영역을 다섯 개의 영역으로 분류하여 이에 따라 매칭 기준을 달리 적용할 것이다.

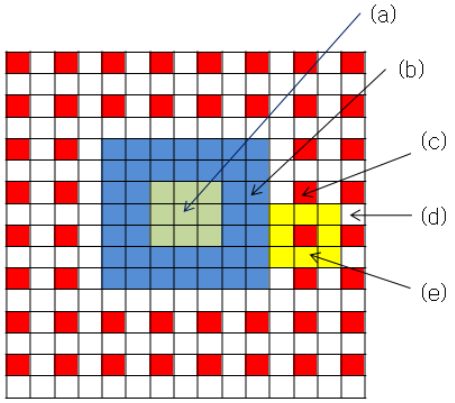

그림 1. 적응적인 탐색을 위한 영역 구분

우선 움직임 벡터가 가장 많이 분포하는 (a)영역은 가장 중요한 영역으로서 무손실 매칭기준인 기존의 PDE 알고리즘을 적용할 것이다. 즉, (a)영역의 부분 탐색 영역을 SR1이라 할 때 이의 후보점에 대해서는 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 (1)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 (1)에서 기호 *는 곱셈을 의미한다.

$$APSAD_k \le k^* A_k^* SAD_{\min}, \quad \text{where} \quad k = 1, 2, \cdots, N \tag{1}$$

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 (1)처럼 변경을 한다면 불필요한 계산을 더 효율적으로 줄일 수 있다. 블록매칭에러가 균일하다면, APSADk 의 매칭에러는 (k*Ak*SADmin)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.

$$APSAD_k \le k^* B_k^* SAD_{\min}, \quad \text{where} \quad k = 1, 2, \cdots, N \tag{2}$$

(c)영역은 움직임벡터의 분포확률이 낮기 때문에 (a), (b)영역과는 달리 한 픽셀씩 생략하면서 탐색하며, 식 (2)의 매칭에러기준은 식 (1)보다 더 느슨한 조건식을 사용한다. 즉 식(1)의 Ak 보다 더 작은 Bk를 사용하여 후보 벡터를 더 빨리 제거한다. 여기서 Ak와 Bk 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 실시한다. 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.

III. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법은 객관적인 성능 평가를 위해, “foreman”, “car phone”, “trevor”, “akio”, “grandmother”의 비디오 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 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(1)에 사용될 스케일 상수 Ak 는 (1/N +2) 이며 식 (2)에서 사용하는 상수 Bk은 (1/N +1.5)이고, 이들 설정값은 정확성 및 계산량을 고려하여 실험적으로 얻은 수치들이다.

이전 서술한 바와 같이, 전영역 탐색 방법과 제안 하는 알고리즘의 예측화질을 비교하였을 경우 예측화질저하가 무시할 수 있는 수준을 유사 무손실 움직임 예측방법으로 용어를 정의하였다. 본 제안방법은 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], 복잡도 기반의 고속 PDE 방법 (PDE Complex) [3], H.264에서 사용되는 PDE 알고리즘 (PDE H264) [4], Hadamard 변환을 이용한 고속 PDE 방법 (PDE HD) [5]이 있으며, 손실 예측 방법으로는 다해상도 기법 (Multiresolution Motion Estimation) 방법 [2]이 있다. 그리고 이들과 제안알고리즘의 결과를 비교하였으며, 이 실험에서는 다해상도 계층을 두 계층으로 나누었다.

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 HD	15.9	16.3	12.9	7.7	17.2
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)

	foreman	carphone	trevor	akiyo	grandma
FS	32.58	34.05	34.07	44.14	43.45
PDE H.264	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	32.57	34.04	34.08	44.14	43.44

표 1과 2는 각 움직임 예측 방법에 대하여 각 비디오 시퀀스별로 평균 연산량과 예측화질 결과를 나타내었다. 표 1은 영상 시퀀스별 각 알고리즘의 계산량을 나타낸 것이며, 전영역 탐색방식의 계산량을 100%로 볼 때 나머지 알고리즘의 계산량을 %로 나타낸 것이다. 다해상도 기법을 제외한 나머지 방법들은 비디오 시퀀스별로 계산량이 다르게 나오는 것을 볼 수 있다. 이는 최적 움직임 후보점을 얼마나 빨리 찾고 불필요한 계산을 어떻게 줄이느냐에 따라 계산량이 달라진다. 전영역 탐색방법의 결과와 비교해 볼 때, 무손실 예측 방법들은 많은 연산량 감축을 얻음을 알 수 있다. 표 2의 예측화질 결과를 보면, 전영역 탐색 방법과 비교해 볼 때 무손실 방법들은 예측화질의 저하가 전혀 없음을 알 수 있다. 반면에 다해상도 기법은 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 방법은 전 영역 탐색방법의 3~5%의 연산량만을 차지하며 이는 손실 방법인 다해상도 기법 보다 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 에러 매칭 기준을 적용하고, 그 나머지는 중요순으로 에러 기준을 달리 함으로써 계산량을 효율적으로 줄인 것에 기인한다고 볼 수 있다. 전반적으로 기존의 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.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 비디오 압축 성능을 크게 좌우할 수 있는 움직임 예측의 한 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 움직임 벡터의 통계치를 이용하여 탐색 영역을 구분하고 최적 후보점을 설정하여 중요도에 따라 에러 매칭 기준을 달리 적용하였다. 이렇게 함으로써 예측화질은 기존의 전영역 탐색방식인 무손실 움직임예측방법과 비교하여 거의 같은 성능을 가지면서 계산량은 손실 움직임예측인 다해상도 기법보다 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.

※본연구는 2016년 부경대학교 연구지원프로그램으로수행되었음

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] 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.
[4] H.264/AVC reference software, http://iphome.hhi.de/suehring/tml/download/old_jm/
[5] 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.