

論文96-33B-6-7

움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 이용한 예측 움직임 추정 기법

(Predictive Motion Estimation Algorithm Using Spatio-Temporal Correlation of Motion Vector)

金榮春*, 鄭元植*, 金仲坤**, 李健一*

(Young Choon Kim, Won Sik Chung, Joong Gon Kim, and Kuhn Il Lee)

요 약

본 논문에서는 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 고려하여 별도의 부가 정보없이 움직임을 예측할 수 있는 예측 움직임 추정 기법을 제안하였다. 이는 공간적으로 인접한 두개의 블럭과 시간적으로 인접한 하나의 블럭에 대한 움직임 벡터의 상관성을 이용하여 현재 블럭의 움직임을 예측한다. 이 예측값으로 탐색 영역의 위치를 결정한 후, 이 영역에서 블럭 정합 알고리즘을 이용하여 현재 블럭의 움직임 벡터를 추정한다. 이 기법은 움직임 벡터의 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 동시에 고려함으로써 보다 정확하게 움직임을 예측할 수 있다. 특히 움직임이 빠른 경우 블럭의 크기를 줄이거나 탐색 영역의 크기를 증가시키지 않고도 보다 정확한 움직임 추정을 행할 수 있다. 또한 기존의 블럭 정합 알고리즘과 동일한 계산량을 가지며 인접 블럭으로 부터 움직임을 예측함으로써 인접 블럭에 대한 별도의 부가 정보가 필요없는 장점을 가진다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안한 기법이 기존의 방법에 비하여 좀더 정확하게 움직임 추정을 행하며, 특히 움직임이 빠른 영상인 경우에 더욱 정확하게 움직임 추정을 행함을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose predictive motion estimation algorithm which can predict motion without additional side information considering spatio-temporal correlation of motion vector. This method performs motion prediction of current block using correlation of the motion vector for two spatially adjacent blocks and a temporally adjacent block. From predicted motion, the position of search area is determined. Then in this search area, we estimate motion vector of current block using block matching algorithm. Considering spatial and temporal correlation of motion vector, the proposed method can predict motion precisely much more. Especially when the motion of objects is rapid, this method can estimate motion more precisely without reducing block size or increasing search area. Furthermore, the proposed method has computation time the same as conventional block matching algorithm. And as it predicts motion from adjacent blocks, it does not require additional side information for adjacent block. Computer simulation results show that motion estimation of proposed method is more precise than that of conventional method. Especially when the motion of object is rapid, proposed method can estimate motion precisely much more.

* 正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Department of Electronics, Kyungpook National University)

** 正會員, 慶南專門大學 電子科

(Department of Electronics, Kyungnam Junior College)

接受日字:1995年8月16日, 수정완료일:1996年5月25日

I. 서 론

일반적으로 동 영상은 공간 및 시간적으로 중복되는 성분을 많이 가지고 있기 때문에 공간적인 처리만으로는 압축 효율을 충분히 높일 수 없다. 따라서 압축 효율을 높이기 위한 하나의 방법으로 시간 방향에 대해 움직임 보상 부호화 (motion compensated coding) 를 행한다.^{11) - 14)}

움직임 보상 부호화에서는 이전 프레임을 이용하여 움직임 추정 및 보상을 행하고, 이때 추정된 움직임 벡터 (motion vector)와 보상된 영상과 원영상과의 차이 신호를 부호화한다. 여기에서 사용하는 움직임 추정 방법은 크게 화소 순환 알고리즘 (pel recursive algorithm: PRA)과 블록 정합 알고리즘 (block matching algorithm: BMA)으로 나누어진다.^{[13]-[14]} BMA는 PRA에 비하여 수행 시간이 적게 소요되고 하드웨어 구현이 용이하기 때문에 대부분의 움직임 보상 부호화에 널리 이용되고 있다.

BMA에서는 전체 프레임을 작은 단위 블록으로 나눈 후 각 단위 블록별로 움직임 벡터를 추정하며, 정확한 움직임 벡터를 추정하기 위해서는 블록의 크기가 작거나 탐색 영역의 크기가 커야 한다. 그러나 이 경우 계산량이 많아지고 전송해야 할 움직임 벡터에 대한 부가 정보의 양이 많아진다. 따라서, 계산량의 증가 없이 정확한 움직임 벡터를 추정하기 위하여 현재 블록과 상관성이 많은 인접 블록들의 움직임 벡터를 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하는 예측 움직임 추정 기법이 연구되고 있다.^{[14]-[11]}

움직임을 예측하는 방법으로는 움직임 벡터의 공간적인 상관성을 이용하는 방법과 시간적인 상관성을 이용하는 방법 및 시공간적인 상관성을 이용하는 방법 등이 있다.^{[15]-[11]}

Liu 등^[15]은 각 기본 블록을 네개의 부블럭으로 나눈 후 하나의 부블럭에 대해서만 움직임 벡터를 구하고 나머지 부블럭의 움직임은 공간적인 상관성이 높은 인접 블록들로부터 예측하였다. 이는 계산량은 줄일 수 있지만 예측값으로 사용되어지는 인접 블록에 대한 부가 정보가 필요하다. 또한 Zafar 등^[16]은 각 슈퍼블럭에서 하나의 블록에 대해서만 움직임 벡터를 구하고 이를 나머지 블록들의 움직임 예측값으로 하였다. 이는 계산량은 감소시킬 수 있지만 추정된 움직임 벡터가 정확하지 않을 경우 나머지 블록의 추정 오차가 증가하여 화질을 저하시킨다.

시간적인 상관성을 이용한 방법에서는 현재 프레임과 이전 프레임의 상관성을 고려하여 이전 프레임의 평균 움직임 벡터로 현재 프레임의 움직임을 예측한다.^{[17]-[10]} 이는 카메라 패닝 (panning)과 줌 (zoom) 시에는 움직임 예측이 효과적이지만 움직임이 서로 다른 물체가 있는 경우에 추정 오차가 증가하게 된다.

Hsieh 등^[11]은 공간적으로 인접하는 세개의 블록과

시간적으로 인접하는 이전 프레임의 블록을 이용하여 최소 오차가 되는 블록의 움직임 벡터로 현재 블록의 움직임을 예측하였다. 이는 시공간적인 상관성을 고려하였기 때문에 정확한 움직임 예측을 할 수 있지만 예측값으로 사용되는 인접 블록에 대한 부가 정보가 필요한 단점을 가진다.

본 논문에서는 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 고려하여 별도의 부가 정보없이 움직임을 예측할 수 있는 예측 움직임 추정 기법을 제안하였다. 이는 공간적으로 인접한 두개의 블록과 시간적으로 인접한 하나의 블록에 대한 움직임 벡터의 상관성을 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측한다. 이 예측값으로 탐색 영역의 위치를 결정한 후, 이 영역에서 BMA를 이용하여 현재 블록의 움직임 벡터를 추정한다.

제안한 예측 움직임 추정 기법은 움직임 벡터의 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 동시에 고려함으로써 보다 정확하게 움직임을 예측할 수 있다. 특히 움직임이 빠른 경우 블록의 크기를 줄이거나 탐색 영역의 크기를 증가시키지 않고도 보다 정확한 움직임 추정을 행할 수 있다. 또한 기존의 BMA와 동일한 계산량을 가지며 인접 블록으로부터 움직임을 예측함으로써 인접 블록에 대한 별도의 부가 정보가 필요없는 장점을 가진다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 여러 가지의 동영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 그 결과로 부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 좀더 정확하게 움직임 추정을 행하며, 특히 움직임이 빠른 영상인 경우에 동일한 비트율에서 정확하게 움직임 추정을 행함을 확인할 수 있었다.

II. 이론

1. 기존의 움직임 예측 기법

BMA에서 움직임 예측은 움직임 벡터의 공간적인 상관성이나 시간적인 상관성 또는 시공간적인 상관성을 이용한다.^{[15]-[11]}

Liu 등^[15]은 움직임 벡터의 공간적인 상관성을 이용하여 현재 프레임의 위치 (v, h) 의 블록을 네개의 부블럭으로 나눈 후, 하나의 부블럭에 대해서만 움직임 벡터 $V(v, h)$ 를 구하고 나머지 부블럭의 움직임은 인접하는 블록들의 움직임 벡터인 $V(v, h)$, $V(v, h+1)$, $V(v+1, h)$, 및 $V(v+1, h+1)$ 들로부터 예측 움직임 벡터

$P_t(v, h)$ 를 구하였다. 이는 계산량은 줄일 수 있지만 예측값으로 사용되는 인접 블록에 대한 부가 정보가 필요하다. 또한 Zafar 등¹⁶⁾은 수퍼 블록을 구성하는 기본 블록들의 공간적인 상관성을 이용하여 하나의 블록에 대해서만 움직임 벡터 $V_t(v, h)$ 를 구하고, 이를 나머지 블록들의 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 로 하였다. 이는 추정된 움직임 벡터가 정확하지 않을 경우 나머지 블록의 추정 오차가 증가하여 화질을 저하시킨다.

움직임 벡터의 시간적인 상관성을 이용한 방법에서는 현재 프레임과 이전 프레임의 상관성을 고려하여 이전 프레임의 움직임 벡터를 평균하여 현재 프레임의 모든 블록에 대한 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 로 한다.¹⁷⁾ ¹⁻¹⁰⁾ 이는 카메라 패닝과 줌 시에는 움직임 예측이 효과적이지만 움직임이 서로 다른 물체가 있는 경우에는 프레임 단위의 예측값이 정확하다고 볼수 없어 추정 오차가 증가하게 된다.

또한 Hsieh 등¹¹⁾은 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하였다. 공간적으로 인접하는 세개의 블록에 대한 움직임 벡터 $V_t(v-1, h)$, $V_t(v, h-1)$, 및 $V_t(v-1, h+1)$ 과 시간적으로 인접하는 블록의 움직임 벡터 $V_{t-1}(v, h)$ 들 중에서 최소 오차를 가지는 움직임 벡터를 현재 블록의 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 로 하였다. 그러나 이는 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 고려하여 효과적이기는 하지만 예측값으로 사용되는 인접 블록에 대한 부가 정보가 필요한 단점을 가진다.

이와 같이 기존의 움직임 예측 기법들은 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 가 정확하지 않아 화질을 저하시키거나 움직임 벡터 이외에 별도의 부가 정보가 필요한 단점을 지니고 있다.

2. 제안한 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 이용한 예측 움직임 추정 기법

본 논문에서는 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 고려하여 별도의 부가 정보없이 현재 블록의 움직임을 예측할 수 있는 예측 움직임 추정 기법을 제안하였다. 이는 공간적으로 인접한 두개의 블록에 대한 움직임 벡터 $V_t(v-1, h)$ 및 $V_t(v, h-1)$ 과 시간적으로 인접한 블록에 대한 움직임 벡터 $V_{t-1}(v, h)$ 를 이용하여 현재 블록의 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 를 구하였다. 이 예측값으로 탐색 영역의 위치를 결정한 후, 이 영역에서 BMA를 이용하여 현재 블록의 움직임 벡터를 추정하

게 된다.

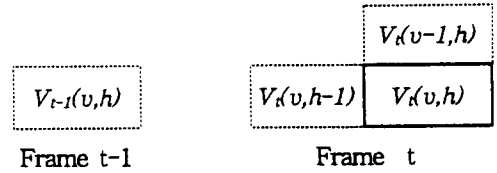


그림 1. 움직임 예측을 위한 인접 블록의 움직임 벡터
Fig. 1. Motion vector of neighboring blocks for motion prediction.

제안한 예측 움직임 추정 기법은 신호의 인과성 (causality) 및 움직임 벡터들의 시공간적인 상관성을 고려하여 그림 1에서와 같이 움직임 예측을 위한 현재 블록의 상단 블록에 대한 움직임 벡터 $V_t(v-1, h)$ 및 좌측 블록의 움직임 벡터 $V_t(v, h-1)$ 을 이용하여 현재 블록의 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 를

$$P_t(v, h) = \begin{bmatrix} P_t(v, h) \\ P_t(v, h) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_v^s \cdot V_t^s(v-1, h) + w_h^s \cdot V_t^s(v, h-1) \\ w_v^h \cdot V_t^h(v-1, h) + w_h^h \cdot V_t^h(v, h-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

와 같이 구하였다. 여기서 $P_v(v, h)$ 및 $P_h(v, h)$ 는 각각 수직 및 수평 방향의 움직임 예측값이다. 또한 $V_t^s(\cdot)$ 및 $V_t^h(\cdot)$ 는 각각 수평 및 수직 방향의 움직임 거리이며, w 는 각 움직임 거리에 대한 가중치이다.

제안한 예측 기법에서 공간적으로 인접한 상단 블록 및 좌측 블록은 움직임이 빠를 경우 시간적으로 인접한 블록보다 상관성이 높기 때문에 현재 블록의 움직임을 예측하기 위하여 공간적으로 인접하는 두개의 블록을 사용하였다. 또한 시간적인 상관성을 가지는 인접 블록을 이용하여 적절한 가중치 w 를 결합함으로써 보다 정확한 움직임 예측값을 얻을 수 있다.

가중치 w 는 시간적으로 인접한 이전 프레임의 (v, h) 블록에 대한 움직임 벡터 $V_{t-1}(v, h)$ 와 공간적으로 인접한 두개 블록에 대한 움직임 벡터 $V_t(v-1, h)$ 및 $V_t(v, h-1)$ 의 상관성을 고려하여 결정한다. 즉 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 동시에 고려하여 현재 블록의 움직임을 예측하기 위한 가중치 w_v^h , w_h^h , w_v^s 및 w_h^s 은 각각

$$w_v^h = \frac{|V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v, h-1)|}{|V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v, h-1)| + |V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v-1, h)|} \quad (2)$$

$$w_h^h = \frac{|V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v-1, h)|}{|V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v-1, h)| + |V_{t-1}^h(v, h) - V_t^h(v, h-1)|} = 1 - w_v^h \quad (3)$$

$$w_v^s = \frac{|V_{t-1}^s(v, h) - V_t^s(v, h-1)|}{|V_{t-1}^s(v, h) - V_t^s(v, h-1)| + |V_{t-1}^s(v, h) - V_t^s(v-1, h)|} \quad (4)$$

$$w_i^j = \frac{|V_{t-1}^j(v, h) - V_t^j(v-1, h)|}{|V_{t-1}^j(v, h) - V_t^j(v, h-1)| + |V_{t-1}^j(v, h) - V_t^j(v-1, h)|} = 1 - w_u^j \quad (5)$$

와 같이 결정하였다. 이는 움직임 벡터 $V_{t-1}(v, h)$ 와 상관성이 높은 블록의 움직임 벡터에 가중치를 많이 할당하고 상관성이 낮은 블록의 움직임 벡터에 가중치를 작게 할당하게 된다. 결국 이렇게 움직임 벡터의 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 모두 고려하여 현재 블록의 움직임을 예측함으로써 보다 정확한 움직임 추정을 행할 수 있다.

그러나 만약 공간적으로 인접한 두개 블록의 움직임 벡터의 차이가 크다면 가중치 w_u^h , w_v^h , w_u^v 및 w_v^v 은 각각

$$w_u^h = w_v^h = 0 \text{ if } |V_t^h(v-1, h) - V_t^h(v, h-1)| > THD \quad (6)$$

$$w_u^v = w_v^v = 0 \text{ if } |V_t^v(v-1, h) - V_t^v(v, h-1)| > THD \quad (7)$$

와 같이 결정한다. 이 경우 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h) = 0$ 이 된다. 이는 공간적으로 인접한 두 블록간의 상관성이 거의 없기 때문에 현재 블록의 움직임을 예측하기 힘들다. 따라서 이 경우 기존의 BMA와 동일하게 움직임 추정을 행한다.

기존의 방법과 제안한 방법에 대한 탐색 영역을 살펴보면, 만약 프레임간 최대 움직임 거리를 M이라 하면 기존의 BMA에 의한 탐색 영역 S는

$$S = \{(k, l) \mid -M \leq k, l \leq M\} \quad (8)$$

이다. 여기서 (k, l) 은 탐색 영역의 탐색점이다. 이렇게 하여 설정된 탐색 영역에서 움직임 벡터를 구하여 전송하게 된다. 그러나 제안한 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 이용한 예측 움직임 추정 기법은 예측 움직임 벡터 P를 고려하여 탐색 영역이 설정된다. 즉 제안한 방법에 의한 새로운 탐색 영역 S'은

$$S' = \{(k, l) \mid -M \cdot P_v \leq k \leq M \cdot P_v, -M \cdot P_h \leq l \leq M \cdot P_h\} \quad (9)$$

로 설정된다. 여기서 P_v 및 P_h 는 수직 및 수평 방향의 움직임 예측값이다. 기존의 방법에 의한 탐색 영역 S 및 제안한 방법에 의한 탐색 영역 S'을 그림 2에 나타내었다. 만약 물체의 움직임이 빠를 경우 기존의 탐색 영역 S에서는 움직임 벡터를 정확하게 추정하기 힘들지만 제안한 방법에서는 예측 움직임 벡터 P 만큼 이동된 탐색 영역 S'을 탐색함으로써 움직임 추정을 정

확하게 할 수 있다.

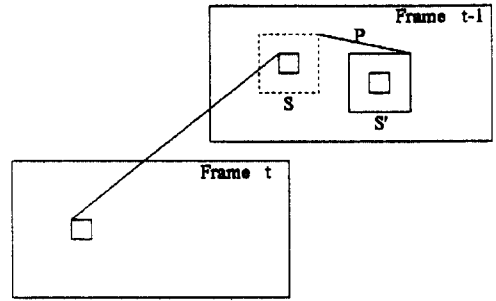


그림 2. 제안된 예측 움직임 벡터에 의한 탐색 영역
Fig. 2. Search area by proposed predictive motion vector.

기존의 방법과 제안한 방법의 움직임 벡터에 대한 전송되는 비트수를 살펴 보면, 만약 프레임간 최대 움직임 거리를 M이라 하면 기존의 방법에 의해 전송되는 움직임 벡터에 대한 비트수는 수평 및 수직 방향의 움직임을 고려하여 블록당 $\log_2(2M+1)^2$ 비트이다. 그리고 제안한 방법에 의해 추정된 움직임 벡터 $V_t(v, h)$ 는 예측 움직임 벡터 $P_t(v, h)$ 와의 차이 벡터를 전송하게 된다. 즉 전송되는 현재 블록의 움직임 벡터 $\nabla_t(v, h)$ 는

$$\nabla_t(v, h) = V_t(v, h) - P_t(v, h) \quad (10)$$

이 된다. 이에 대한 비트수는 기존의 방법과 동일한 탐색 영역의 위치 및 크기를 가지기 때문에 블록당 $\log_2(2M+1)^2$ 비트로서 별도의 부가 정보가 필요없다. 또한 움직임 예측 벡터 $P_t(v, h)$ 는 신호의 인과성을 고려하여 결정하였기 때문에 수신측에서도 동일하게 예측하여 전송되어지는 움직임 벡터에 더해 줌으로써 원래 움직임 벡터를 그대로 복원하게 된다.

이상에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 동시에 고려하여 움직임을 예측함으로써 보다 정확한 움직임 예측을 가진다. 특히 움직임이 빠른 경우 블록의 크기를 줄이거나 탐색 영역의 크기를 증가시키지 않고도 움직임 벡터를 정확하게 추정할 수 있다. 또한 기존의 움직임 추정 기법과 동일한 계산량을 가지며 인과성을 고려하여 움직임을 예측함으로써 별도의 부가 정보가 필요없기 때문에 기존의 움직임 추정 기법에 비하여 동일한 비트율에서 화질을 개선시킬 수 있는 방법임을 알 수 있다.

3. 평균 절대 오차를 보상한 움직임 벡터 추정

BMA에서 정합의 척도로는 평균 절대 오차(mean absolute difference: MAD) 및 평균 자승 오차(mean squared difference: MSD)가 널리 이용되고 있다.^{13) 14)} MAD 및 MSD는 각각

$$MAD(k, l) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} |X_r(i, j) - X_{r-1}(i+k, j+l)| \quad (11)$$

$$MSD(k, l) = \frac{1}{n^2} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} [X_r(i, j) - X_{r-1}(i+k, j+l)]^2 \quad (12)$$

로 주어진다. 여기서 $X_r(i, j)$ 는 현재 프레임, $X_{r-1}(i, j)$ 는 이전 프레임, (k, l) 은 탐색 영역의 탐색점이다. 각 탐색점에 대해 MAD 혹은 MSD가 최소가 되는 (k, l) 을 움직임 벡터로 정의한다. 즉 현재 블록의 움직임 벡터 $V_i(v, h)$ 는

$$V_i(v, h) = \arg \min_{(k, l) \in S} [MAD(k, l)] \quad (13)$$

$$V_i(v, h) = \arg \min_{(k, l) \in S} [MSD(k, l)] \quad (14)$$

로 정의 된다. 여기서 (v, h) 는 블록 위치이고 S는 탐색 영역을 가리킨다. 이렇게 하여 구한 움직임 벡터 $V_i(v, h)$ 를 전송하게 된다. MAD는 MSD에 비하여 계산량이 적고 하드웨어 구현이 용이하여 널리 이용하고 있지만 MSD보다 화질이 저하되는 단점을 지니고 있다. 따라서 본 논문에서는 인접 블록의 움직임 벡터를 이용하여 MAD에 의한 화질 열화를 보상하는 방법을 제안하였다. 현재 블록의 움직임 벡터는 시공간적으로 이웃하는 블록의 움직임 벡터와 많은 상관성을 가진다. 먼저 MAD에 의해서 현재 블록의 움직임 벡터를 찾는다. 그리고 인접 블록들의 움직임 벡터에 대하여 다시 한번 MSD를 계산한다. 즉 각 인접 블록들의 움직임 벡터에 의해 구성되는 새로운 탐색 영역 S''은

$$S'' = \{ V_i(v, h), V_{i-1}(v, h), V_i(v-1, h), V_i(v, h-1) \} \quad (15)$$

이 된다. 이들 탐색점들 중에서 가장 작은 MSD를 갖는 블록의 움직임 벡터를 현재 블록의 움직임 벡터로 대체시킨다. 즉 대체되어지는 현재 블록의 움직임 벡터 $V_i(v, h)$ 는

$$V_i(v, h) = \arg \min_{k \in S''} [MSD(k)] \quad (16)$$

이 된다. 이는 모든 탐색 영역에 대해 MSD를 계산하지 않고 인접 블록의 움직임 벡터를 이용하여 단지 몇 개의 탐색점에 대해서만 MSD를 계산함으로써 계산 부담을 줄이면서 추정 오차를 줄인다.

III. 실험 결과 및 고찰

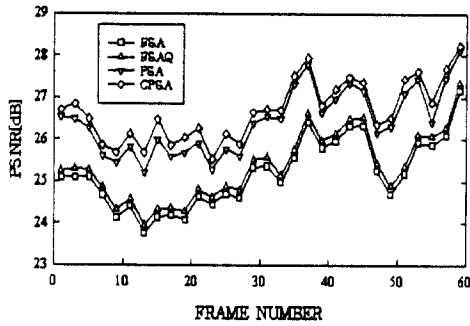
본 논문에서 제안한 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 이용한 예측 움직임 추정 기법의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 본 실험에서는 720×480 크기의 FOOTBALL, TABLE TENNIS 및 FLOWER GARDEN 영상을 각각 60 프레임, 40 프레임 및 60 프레임 사용하였다. BMA에서 움직임 벡터의 추정을 위한 블록의 크기를 8×8 및 16×16, 탐색 범위를 -8~7 및 -16~15 화소의 경우로 하고 정합의 척도는 계산 시간이 빠른 MAD를 사용하였다. 여기에서 사용한 TABLE TENNIS는 정지된 카메라에서 많은 배경 부분을 가지면서 물체가 빠르게 움직이는 영상이며, FOOTBALL은 카메라 및 물체의 움직임이 빠른 영상이며, 또한 FLOWER GARDEN은 정지된 물체에 카메라가 아주 빠르게 움직이는 영상이다.

본 모의 실험에서는 각 탐색 영역의 크기에 대하여 기존의 탐색 영역 S를 사용했을 경우 FSA, FSA에 대하여 정합의 척도로 MSD를 사용했을 경우 FSAQ, 제안한 움직임 예측에 의해 설정된 탐색 영역 S'을 사용했을 경우 PSA 및 MAD 보상을 위하여 S'에 의해 탐색 후, S''에 대해 MSD를 수행했을 경우 CPSA에 대한 결과를

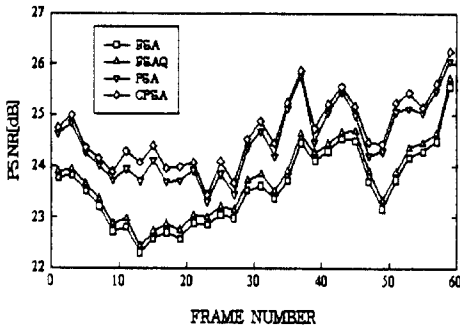
$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\sigma_e^2} \text{ [dB]} \quad (17)$$

을 이용하여 평가하였다. 여기서 σ_e^2 은 원 영상과 움직임 보상된 영상의 평균 자승 오차이다. 또한 PSA에서 공간적으로 인접한 두개 블록에 대한 움직임 벡터의 상관성이 없다고 판단하는 THD는 16.0으로 하였다.

블록 크기 8×8 및 16×16에 대하여 탐색 범위를 -8~7로 했을 경우 FOOTBALL 영상에 대한 PSNR을 계산한 결과는 그림 3에서와 같았다. 또한 FOOTBALL, TABLE TENNIS 및 FLOWER GARDEN 영상을 각각 60 프레임, 40 프레임 및 60 프레임에 대한 평균 PSNR을 계산한 결과는 표 1에서와 같았다.



(a)



(b)

그림 3. FOOTBALL 영상의 블록 크기 (a) 8×8 및 (b) 16×16에 대한 PSNR (탐색 범위: 8~7)

Fig. 3. PSNR of block size. (a) 8×8 and (b) 16×16 for FOOTBALL image.(search area: -8~7)

표 1. 각 방법에 대한 평균 PSNR[dB]

Table 1. Averaged PSNR[dB] for each method.

Block size	Search area	-8~7				-16~15			
		FSA	FSAQ	PSA	CPSA	FSA	FSAQ	PSA	CPSA
8×8	FOOTBALL	25.14	25.33	26.42	26.68	27.33	27.55	27.70	27.81
	TABLE TENNIS	27.05	27.17	27.29	27.36	27.51	27.60	27.58	27.63
	FLOWER GARDEN	27.10	27.21	27.99	28.06	28.24	28.35	28.26	28.30
16×16	FOOTBALL	23.53	23.70	24.46	24.65	25.17	25.37	25.44	25.53
	TABLE TENNIS	26.42	26.48	26.54	26.60	26.74	26.80	26.80	26.83
	FLOWER GARDEN	26.30	26.33	26.94	27.01	27.14	27.28	27.15	27.20

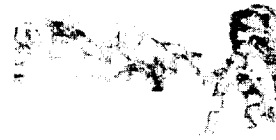
여기에서 움직임 벡터에 대한 비트율은 8×8 블록 크기에 탐색 범위를 -8~7 및 -16~15로 했을 경우에

각각 화소당 0.125 비트 및 0.156 비트이며, 16×16 블록 크기에 탐색 범위를 -8~7 및 -16~15로 했을 경우에 각각 화소당 0.031 비트 및 0.039 비트이다. 이 들에서 볼 수 있듯이 전체적인 결과를 살펴보면, 탐색 영역이 -8~7인 경우, 기존의 FSA보다 제안한 PSA에 의한 PSNR이 약 0.12 dB 내지 1.28 dB 정도 증가하였고, 또한 CPSA에 의한 PSNR이 0.15 dB 내지 1.54 dB 정도 많이 증가하였음을 알 수 있다. 그리고 탐색 영역이 -16~15인 경우, 기존의 FSA보다 제안한 PSA에 의한 PSNR이 약 0.01 dB 내지 0.37 dB 정도 증가하였고, 또한 CPSA에 의한 PSNR이 0.06 dB 내지 0.48 dB 정도 증가하였음을 알 수 있다.

탐색 영역의 크기에 대하여 결과를 비교해 보면, 탐색 영역이 작은 경우에 비하여 탐색 영역이 큰 경우에 제안한 방법들이 기존의 방법보다 PSNR의 증가량이 작은 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. (a) 기존의 FSA, (b) 제안한 PSA 및 (c) 제안한 CPSA에 의해 움직임 보상된 차영상 (영상: FOOTBALL, 블록 크기: 8×8, 탐색 범위: -8~7)

Fig. 4. Motion compensated difference image by (a) conventional FSA, (b) proposed PSA, and (c) proposed CPSA. (image: FOOTBALL, block size: 8×8, search area: -8~7)

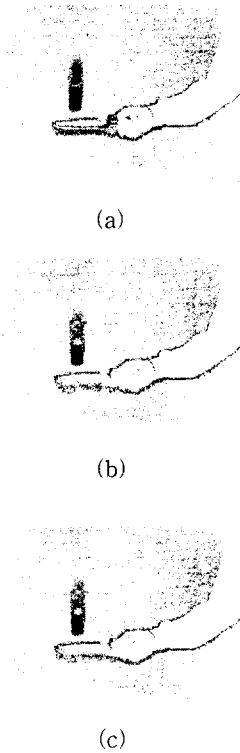


그림 5. (a) 기존의 FSA, (b) 제안한 PSA 및 (c) 제안한 CPSA에 의해 움직임 보상된 차영상 (영상: TABLE TENNIS, 블록 크기: 8×8 , 탐색 범위: $-8 \sim 7$)

Fig. 5. Motion compensated difference image by (a) conventional FSA, (b) proposed PSA, and (c) proposed CPSA. (image: TABLE TENNIS, block size: 8×8 , search area: $-8 \sim 7$)

이는 탐색 영역이 크기 때문에 각 영상에서의 물체의 움직임이 기존의 탐색 영역의 크기를 거의 벗어나지 않기 때문이다. 그러나 이러한 경우에도 제안한 방법의 PSNR이 기존의 방법에 의한 것보다 증가하여 제안한 방법이 좀더 정확하게 움직임을 추정한다고 볼 수 있다.

동일한 탐색 영역에 대하여 각 영상별로 살펴보면, FOOTBALL 및 FLOWER GARDEN 영상인 경우, 기존의 방법에 의한 PSNR 보다 제안한 방법에 의한 PSNR이 0.81 dB 내지 1.54 dB 정도 많이 증가함에 비하여, TABLE TENNIS 영상인 경우, 0.18 dB 내지 0.31 dB 정도로 작게 증가함을 볼 수 있다. 이는 FOOTBALL 및 FLOWER GARDEN은 영상 전체가 빠른 움직임을 가지는 영상인 반면 TABLE TE-

NNIS는 물체의 움직임은 크지만 정지된 카메라에서 많은 배경 부분이 존재하기 때문이다.

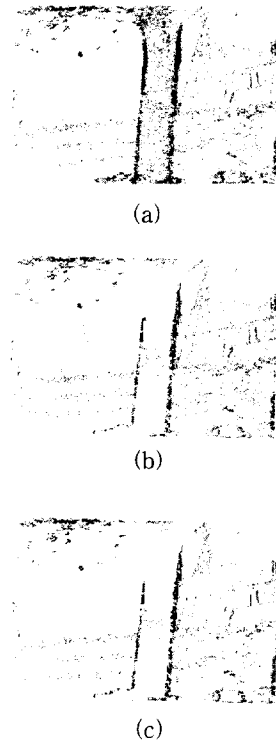


그림 6. (a) 기존의 FSA, (b) 제안한 PSA 및 (c) 제안한 CPSA에 의해 움직임 보상된 차영상 (영상: FLOWER GARDEN, 블록 크기: 8×8 , 탐색 범위: $-8 \sim 7$)

Fig. 6. Motion compensated difference image by (a) conventional FSA, (b) proposed PSA, and (c) proposed CPSA. (image: FLOWER GARDEN, block size: 8×8 , search area: $-8 \sim 7$)

FOOTBALL, TABLE TENNIS 및 FLOWER GARDEN 영상에 대한 원 영상과 각 방법에 의해 움직임 보상된 영상의 차영상을 각각 그림 4, 그림 5 및 그림 6에 나타내었다. 이에서 볼 수 있듯이, FOOTBALL의 사람 부분 및 TABLE TENNIS의 공 부분 및 FLOWER GARDEN의 나무 부분에서 기존의 방법에 비하여 제안한 방법에 의한 보상된 영상의 오차가 많이 줄어들었다. 이에서 제안한 방법의 움직임 예측이 물체의 움직임이 빠른 부분에서 보다 정확하게 예측한다는 것임을 알 수 있다.

이상의 결과로 부터 제안한 방법들이 기존의 방법에 비하여 좀더 정확하게 움직임을 예측하며, 특히 움직임이 빠른 영상인 경우에 동일한 비트율에서 정확하게

움직임 추정을 행함을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 움직임 벡터의 시공간적인 상관성을 고려하여 별도의 부가 정보없이 움직임을 예측할 수 있는 예측 움직임 추정 기법을 제안하였다. 이는 공간적으로 인접한 두개의 블럭과 시간적으로 인접한 하나의 블럭에 대한 움직임 벡터의 상관성을 이용하여 현재 블럭의 움직임을 예측한다. 이 예측값으로 탐색 영역의 위치를 결정한 후, 이 영역에서 BMA를 이용하여 현재 블럭의 움직임 벡터를 추정한다.

제안한 예측 움직임 추정 기법은 움직임 벡터의 시간적인 상관성과 공간적인 상관성을 동시에 고려함으로써 보다 정확하게 움직임을 예측할 수 있다. 특히 움직임이 빠른 경우 블럭의 크기를 줄이거나 탐색 영역의 크기를 증가시키지 않고도 보다 정확한 움직임 추정을 행할 수 있다. 또한 기존의 BMA와 동일한 계산량을 가지며 인접 블럭으로 부터 움직임을 예측함으로써 인접 블럭에 대한 별도의 부가 정보가 필요없는 장점을 가진다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 여러 가지의 동영상에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 행하였다. 그 결과로 부터 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 좀더 정확하게 움직임 추정을 행하며, 특히 움직임이 빠른 영상인 경우에 동일한 비트율에서 정확하게 움직임 추정을 행함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] "Draft Revised Recommendation H. 261-Video codec for audiovisual services at p*64 kbits/s," CCITT SG XV-R 17-E, Jan. 1990.
 [2] Motion Picture Experts Group, "MPEG Committee Draft," ISO-IEC JTC1/SC29/WG11/602, Nov. 1993.

[3] A. K. Jain, "Image data compression: A review," *Proc. of IEEE*, vol. 69, no. 3, pp. 349-389, March 1981.
 [4] H. G. Musmann, P. Pirch, and H. J. Grallert, "Advances in picture coding," *Proc. of IEEE*, vol. 73, no. 4, pp. 523-548, April 1985.
 [5] B. Liu and A. Zaccarin, "New fast algorithms for the estimation of block motion vectors," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 148-157, April 1993.
 [6] S. Zafar, Y. Q. Zhang, and J. S. Baras, "Predictive block-matching motion estimation for TV coding-Part I: Inter-block prediction," *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 37, no. 3, pp. 97-101, Sept. 1991.
 [7] Q. X. Jian and H. R. Wu, "Video coding using dynamic motion compensation," *Proc. of ICIP'92*, pp. 294-297, Sept. 1992.
 [8] S. O'Halek and K. Sauer, "Temporal prediction of block motion vectors with local ambiguity-based adaptivity," *Proc. of SPIE VCIP'94*, vol. 2308, pp. 1818-1825, Sept. 1994.
 [9] C. Horne, "Improving block based motion estimation by the use of global motion," *Proc. of SPIE VCIP'93*, vol. 2094, pp. 576-587, Nov. 1993.
 [10] Y. Q. Zhang and S. Zafar, "Predictive block-matching motion estimation for TV coding-Part II: Inter-frame prediction," *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 37, no. 3, pp. 102-105, Sept. 1991.
 [11] C. H. Hsieh, P. C. Lu, J. S. Shyn, and E. H. Lu, "Motion estimation algorithm using interblock correlation," *IEE Electronic Letters*, vol. 26, no. 5, pp. 276-277, March 1990.

저 자 소 개

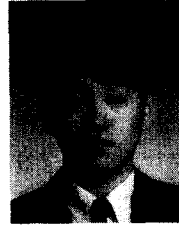


金 榮 春(正會員)

1965년 11월 8일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 3월 ~ 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재

학중. 주관심분야는 영상신호처리, 영상 압축 및 코딩, Remote sensing

金 仲 坤(正會員) 第 31卷 B編 第 8號 參照
현재 경남전문대학 전자과 전임강사



鄭 元 植(正會員)

1969년 12월 7일생. 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1994년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 1994년 3월 ~ 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는

영상신호처리, 영상 압축 및 코딩

李 健 一(正會員) 第 24卷 第 4號 參照
현재 경북대학교 전자공학과 교수