

논문-04-09-1-05

수평, 수직 패턴에 기반한 경계 방향 보간과 전역 움직임 보상을 고려한 새로운 순차주사화 알고리즘

박민규*, 이태윤*, 강문기*

New De-interlacing Algorithm Combining Edge Dependent Interpolation and Global Motion Compensation Based on Horizontal and Vertical Patterns

Min Kyu Park*, Tae-Yoon Lee* and Moon Gi Kang*

요 약

본 논문에서는 에지를 고려한 순차주사화(EDI: edge dependent interpolation)와 전역 움직임 보상(GMC: global motion compensation)을 결합한 효율적이면서도 안정적인 순차주사화 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 에지를 고려한 순차주사화 알고리즘을 사용하면 한 장의 필드를 이용한 다른 순차주사화 알고리즘들을 사용했을 때보다 시각적으로 우수한 결과를 얻을 수 있다. 그러나 한 장의 필드에 담긴 영상 정보에는 한계가 있기 때문에, 한 장의 필드를 이용한 방법을 통해서도 원본 필드로부터 고품질의 순차주사 영상을 얻을 수 없다. 이에 반해 움직임 정보를 이용한 순차주사화 방법은 공간 영역뿐 아니라 시간 영역의 정보를 사용하므로 한 장의 필드를 이용할 때 보다 더욱 정확하게 원 프레임들을 복원해 내지만, 움직임 추정의 정확도에 따라 결과가 크게 좌우되는 단점이 있다. 따라서 제안된 알고리즘에서는 EDI와 GMC를 함께 사용한다. 또한 최상의 결과를 얻기 위해 GMC의 오류를 검출하는 적응적 문턱 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘을 사용하면 기존 방법들에 비해 수치상으로도 시각적으로도 뛰어난 결과가 나타나는 것을 실험을 통해 확인할 수 있다.

Abstract

In this paper, we propose a robust deinterlacing algorithm which combines edge dependent interpolation (EDI) and global motion compensation (GMC). Generally, EDI algorithm shows a visually better performance than any other deinterlacing algorithm using one field. However, due to the restriction of information in one field, a high quality progressive image from interlaced sources cannot be acquired by intrafield methods. On the contrary, since algorithms based on motion compensation make use of not only spatial information but also temporal information, they yield better results than those of using one field. However, performance of algorithms based on motion compensation depends on the performance of motion estimation. Hence, the proposed algorithm makes use of mixing process of EDI and GMC. In order to obtain the best result, an adaptive thresholding algorithm for detecting the failure of GMC is proposed. Experimental results indicate that the proposed algorithm outperforms the conventional approaches with respect to both objective and subjective criteria.

Keywords : deinterlacing, IPC, motion compensation, edge dependent interpolation, edge patterns

I. 서론

최근 고화질 HDTV의 발달과 다중 매체 및 개인용 컴퓨터의 발전으로 인해 다양한 영상 포맷의 변환이 필요하게 되었다. 그동안 메모리와 통신 대역의 절약을 위해 사용하였던 비월 주사(interlacing scanning) 영상을 순차 주사(progressive scanning) 영상으로 바꾸어 주는 순차주사화에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 고화질 영상에 대한 수요가 증가하고 멀티미디어의 대형화에 따라, 우수한 화질의 결과를 갖는 순차주사화 기법이 요구되고 있으며, 이에 따라 기존보다 안정적이면서 높은 성능을 갖는 순차주사화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1]-[15]}.

순차주사화 알고리즘은 크게 한 장의 필드를 이용하는 방법^{[2]-[7]}과 여러 장의 필드를 이용하는 방법^{[8]-[15]}으로 나눌 수 있다. 이러한 방법에는 간단한 선형 보간 방법, 가중치를 사용한 미디언 필터(median filter)^[2]와 미디언 필터와 저역 필터의 결합형태로 사용하는 방법(NMF/MAF: nested median filter/median averaging filter)^[3] 그리고 EDI 방법^{[4]-[7]} 등이 있다. 특히 에지 방향을 보존하는데 효율적인 EDI 알고리즘^{[2]-[6]}은 이러한 방법들 중에 특히 시각적으로 좋은 결과를 낸다. 그러나 이러한 EDI 알고리즘은 에지 방향 추정 결과에 의존적이기 때문에 에지 방향의 정확한 추정을 요구한다. 최근에는 에지 방향 정확한 추정을 위해 수평 방향의 패턴을 이용하여 에지 방향을 정밀하게 추정하는 방법이 제안되었다^[7]. 한 장의 필드를 이용하는 방법은 여러 장의 필드를 이용하는 방법보다 계산량이 적고 하드웨어로 쉽게 집적할 수 있는 장점이 있다. 그러나 원래 가지고 있는 영상의 정보가 제한적이기 때문에 원래의 프레임에 가지고 있는 고주파 성분을 그대로 복원할 수 없는 단점이 있다.

여러 장의 필드를 이용한 방법은 움직임을 고려한 필터링(MAF: motion adaptive filtering)^{[8][9]}과 움직임보상(MC: motion compensation)^{[10]-[15]}으로 나눌 수 있다. MAF는 움직임의 존재 여부를 판단하여 움직임이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 각각 공간 영역 필터나 시간 영역 필터 혹은 시공간 필터의 알고리즘을 각기 영역에 따라 적용한다. 반면에 MC는 움직임을 찾아 그 움직임의 방향을 따라 시간축을 따라서 필터링한다. 움직임 정보를 이용한 순차주사화의 경우, 움직임을 찾는 과정이 안정하지

못하면 움직임 정보를 사용하지 않은 경우에 비해 영상의 질은 오히려 떨어지면서 하드웨어적 측면의 부담만을 증가시키게 된다. 그러므로, 우수한 성능을 갖는 순차주사화를 위해서는 움직임을 정확하게 추정해야 한다. 그러나 물체의 변형이나 움직임에 의한 블러(motion blur) 등으로 인해 움직임을 정확하게 추정하는 것은 쉽지 않으므로, 부정확한 움직임 정보에 대한 정확한 분류가 고화질의 영상을 얻기 위한 순차주사화 알고리즘에 반드시 필요하다.

본 논문에서는 움직임의 부정확한 추정과 한 장에 담긴 영상 정보의 한계로 인한 문제를 동시에 극복하기 위해 EDI와 GMC에 기반하여 새로운 혼합형 순차주사화 알고리즘이 제안된다. 움직임 추정 과정에서 하드웨어의 부담을 줄이기 위해 전역 움직임만을 추정한다. 이때, 여러 장의 필드로부터 고주파 성분을 정확하게 획득하기 위해 소수 단위(sub-pixel)의 움직임 정보를 사용하고, 이 과정에서 발생한 부정확한 움직임 정보로 인한 에러는 기존의 방법과는 다르게 수직/수평 방향의 고주파 성분을 패턴을 통해 정밀하게 분류해낸다. 부정확한 움직임 정보는 GMC의 수평방향 고주파를 증가시키지 않으면서 GMC의 수직방향 고주파를 EDI의 결과보다 많이 증가시킨다. 이러한 특성을 반영한 문턱값의 설정은 여러 장의 필드로부터 들어오는 정보를 보존하면서도 부정확한 움직임 정보에 의한 에러를 정확하게 분류해 낸다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 순차주사화에 사용되는 EDI와 GMC에 대해 설명하고 부정확한 움직임에 의한 에러와 이에 대한 수직/수평방향의 패턴을 이용하여 적절한 가중치의 설정 방법을 보여준다. 제안된 알고리즘의 효율성은 3장에서 실험결과를 통해 설명하고, 마지막으로 4장에서 논문의 결론을 제시한다.

II. 제안된 순차주사화 알고리즘

순차주사화는 필드를 프레임으로 만들어 주는 일련의 과정으로, 이때 필드는 원래의 프레임을 공간 영역에서 수직방향으로 2배로 빠르게 표본화(sampling)한 영상이다. 잃어버린 수직 방향의 정보를 회복하고 원래의 프레임에 가깝도록 복원하기 위해서는 시간 영역 필터나 공간 영역 필터를 모두 사용해야 에일리어싱(aliasing)을 피할 수 있다. 이를 위해, 제안된 알고리즘은 다음과 같이 ①EDI, ②GMC, ③적응적 문턱값의 세 단계로 구성한

* 연세대학교 전기전자공학과
Dept. of Electric and Electronic Engineering, Yonsei Univ.

다. 이 장에서는 이러한 세 단계를 차례로 설명한다. 그림 1은 제안된 알고리즘의 전체적인 개요를 블록선도로 나타낸 것이다.

1. EDI

그림 2에서처럼, 주어진 시각 t 에 대해서 (h, v) 좌표에서

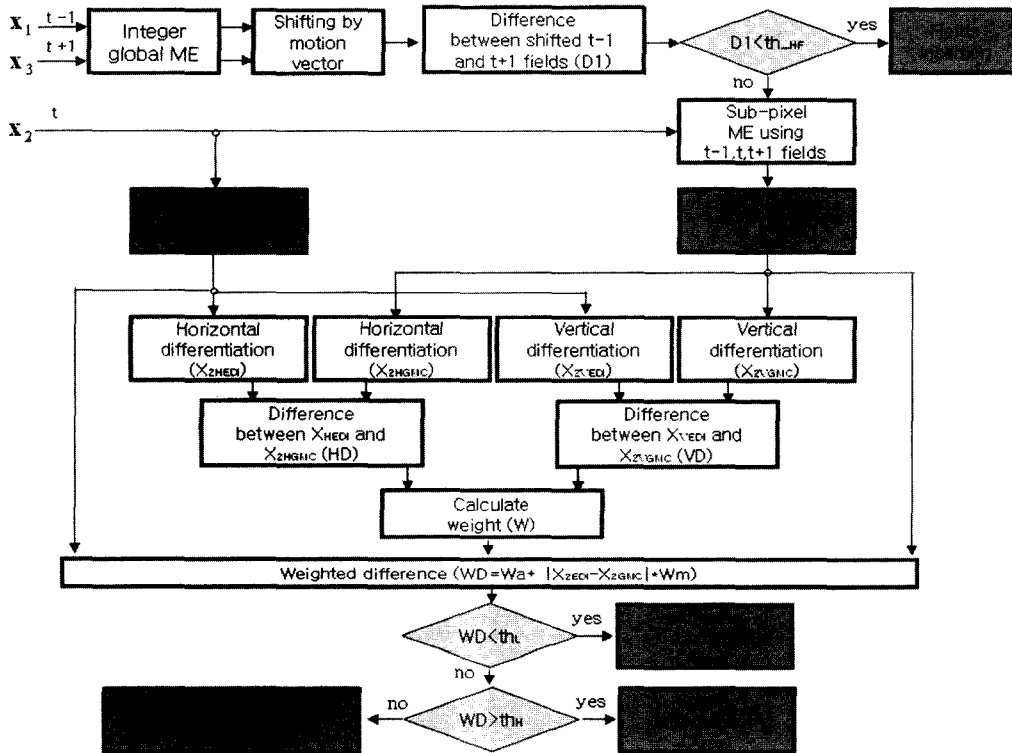


그림 1. 제안된 알고리즘의 블록선도

Fig. 1. The block diagram of the proposed algorithm.

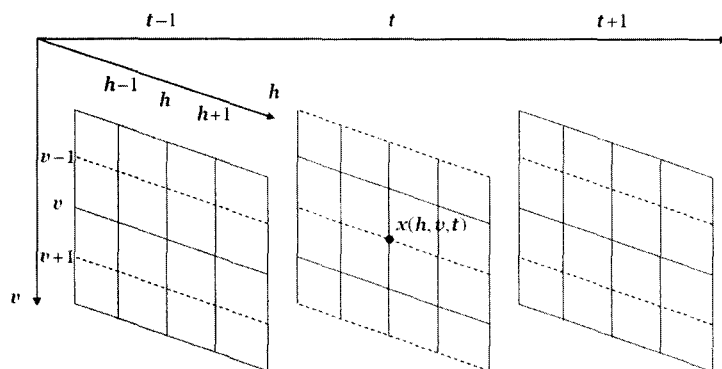


그림 2. 위치 (h, v) , 시각 t 인 화소값

Fig. 2. The pixel intensity at location (h, v) and time t

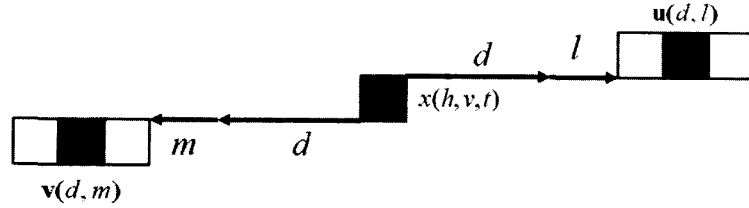


그림 3. 상위벡터와 하위벡터
Fig. 3. upper vector and lower vector.

화소의 밝기 값을 $x(h, v, t)$ 라 하자. EDI를 통해 $x(h, v, t)$ 을 정확하게 추정하기 위해서는 정확한 에지 추정이 반드시 필요하다. 그러나, ELA(edge based line average)처럼 화소 단위로 처리하는 과정을 통해서서는 잡음과 밝기의 변화 등으로 인해, 정확하게 방향을 추정하는 것이 쉽지 않다. 에지 방향의 정확한 추정을 위해, 보간하고자 하는 화소를 중심으로 위/아래의 두 벡터를 이용한 EDI 방법이 널리 사용되고 있다^{[6][7]}. 벡터의 크기는 다양하게 선택할 수 있지만, 일반적으로 위상을 맞추기 위해 홀수의 값을 사용한다. 그림 3과 같이 성분이 3개인 벡터들인 상위 벡터 $\mathbf{u}(d, l)$ 와 하위 벡터 $\mathbf{v}(d, m)$ 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\mathbf{u}(d, l) = \begin{bmatrix} x(h+d+l-1, v-1) \\ x(h+d+l, v-1) \\ x(h+d+l+1, v-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\mathbf{v}(d, m) = \begin{bmatrix} x(h-d+m-1, v+1) \\ x(h-d+m, v+1) \\ x(h-d+m+1, v+1) \end{bmatrix}$$

여기에서 d 는 에지의 기울기이고, l 과 m 은 각각 상위 벡터와 하위 벡터의 수평 방향으로의 작은 이동을 의미한다. l 과 m 은 소수 단위의 정밀한 에지 기울기 추정을 위해 사용되었다. 식 (1)의 벡터로부터 차이 함수를 정의하면 다음과 같다.

$$\text{diff}(d, l, m) = \|\mathbf{u}(d, l) - \mathbf{v}(d, m)\| \times w(d, l, m) \quad (2)$$

여기에서 $\|\cdot\|$ 는 l_1 -norm 을 의미하고, $w(d, l, m)$ 는 일

반화 상수(normalized constant)이다. 이때, 일반화 상수 $w(d, l, m)$ 는 단순한 상수가 아닌 가중치 함수로 대치 가능하다. (d', l', m') 은 식 (3)을 최소화 함으로 구할 수 있다.

$$(d', l', m') = \arg \min_{\substack{-1 \leq l', m' \leq 1 \\ -3 \leq d' \leq 3}} \text{diff}(d, l, m) \quad (3)$$

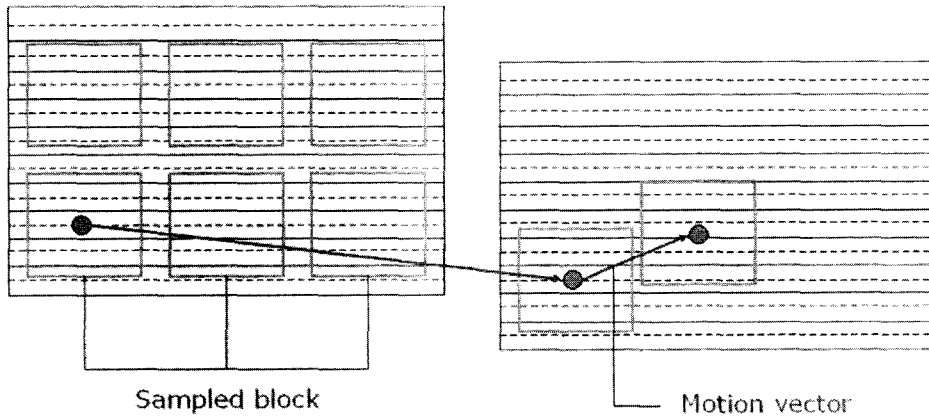
에지의 기울기를 찾는 범위는 다양하게 정할 수 있으나 여기에서는 -3에서 3까지로 정하고, 상위 벡터와 하위 벡터의 이동 정도를 나타내는 l 과 m 의 구간은 -1에서 1로 정한다. 이때, 추정될 화소값 $x(h, v)$ 는 위에서 추정된 에지의 방향을 고려하여 보간하는 식 (4)로부터 얻을 수 있다.

$$x(h, v) = \frac{x(h+a, v-1) + x(h+b, v-1) + x(h+c, v+1) + x(h+e, v+1)}{4} \quad (4)$$

여기에서 a, b, c , 그리고 e 는 다음 식 (5)로부터 얻는다.

$$(abc, e) = \begin{cases} (d', d', -d', -d') & \text{if } (l', m') = (-1, -1) \text{ or } (0, 0) \text{ or } (1, 1) \\ (d'-1, d', -d', d'+1) & \text{if } (l', m') = (0, -1) \text{ or } (1, 0) \\ (d'-1, d'-1, -d'+1, -d'+1) & \text{if } (l', m') = (1, -1) \\ (d', d'+1, -d'-1, -d') & \text{if } (l', m') = (-1, 0) \text{ or } (0, 1) \\ (d'+1, d'+1, -d'-1, -d'-1) & \text{if } (l', m') = (-1, 1) \end{cases} \quad (5)$$

(l', m') 의 값에 따라 보간에 사용될 화소를 결정한다. 예를 들어 (l', m') 이 $(-1, -1)$ or $(0, 0)$ or $(1, 1)$ 이고 $d'=0$ 인 경우에는 단순한 수직방향의 선형보간이 되고, (l', m') 이 $(0, -1)$ or $(1, 0)$ 이고 $d'=0$ 인 경우에는 반정수 단위의 에지이므로 4개의 화소를 이용하여 보간한다.



global motion vector $h_I = \text{Median}\{h_1, h_2, \dots, h_N\}$
 global motion vector $v_I = \text{Median}\{v_1, v_2, \dots, v_N\}$

그림 4. 표본화된 블록을 이용한 전역 움직임 추정
 Fig. 4. Global motion estimation using sampled blo

2. GMC

그림 1에서 x_1 , x_2 그리고 x_3 는 각각 이전, 현재 그리고 이후 필드를 나타낸다. 이러한 세 장의 필드로부터 GMC의 결과 프레임을 구한다. MC는 움직임 추정(ME: motion estimation)의 정확도에 의해 크게 좌우된다. 정확한 ME를 위해 정수 단위 ME와 소수 단위 ME를 나누어서 실행한다. 정수 단위의 전역 움직임 추정을 위해 같은 패리티를 지닌 x_1 과 x_3 사이의 움직임을 블록 매칭 알고리즘(BMA: block matching algorithm)을 적용한다. 그러나 영상 전체에 대해 BMA를 적용하는 것은 하드웨어적으로 매우 비효율적이기 때문에, 속도의 향상을 위해서 작은 블록

단위로 움직임 벡터를 추정한 후, 미디언 필터를 이용하여 움직임 벡터를 구한다. 그림 4는 정수 단위의 ME의 과정을 간단한 그림으로 나타낸 것이다. 이때 얻어진 정수 단위의 움직임 벡터 (h_I, v_I) 로부터 x_2 의 위상으로 보상된 x_{1I} 과 x_{3I} 를 다음 식 (6)으로부터 획득한다.

$$x_{1I}(h, v) = x_1\left(h - \frac{h_I}{2}, v - \frac{v_I}{2}\right)$$

$$x_{3I}(h, v) = x_3\left(h + \frac{h_I}{2}, v + \frac{v_I}{2}\right) \quad (6)$$

[16]의 내용에 따르면 소수 단위의 ME는 보간이 필요

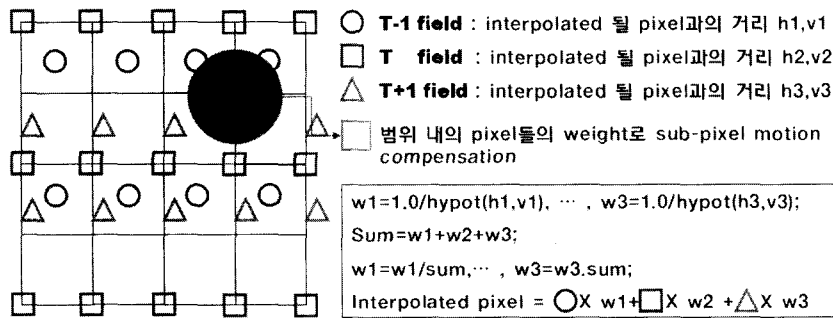


그림 5. 소수 단위 움직임 벡터를 이용한 움직임 보상
 Fig. 5. Motion compensation using sub-pixel motion vect

없이 하드웨어의 부담이 적은 OFE(optical flow equation)를 이용한 방법을 사용한다. x_2 와 x_{1l} (또는 x_{3l}) 사이의 OFE를 이용한 방법을 통해 i 번째 필드의 소수 단위의 움직임 벡터를 구한다. 이때, i 번째 필드의 추정된 소수 단위의 움직임을 $(\Delta h_i, \Delta v_i)$ 으로 정의하면, GMC의 결과 x_{2GMC} 는 식 (7)와 같다.

$$x_{2GMC}(h, v) = x_{1l}(h, v) \times w_1 + x_2(h, v) \times w_2 + x_{3l}(h, v) \times w_3 \quad (7)$$

이때, 각 가중치는 식 (8)과 같이 정의 된다.

$$w_i = k_i / \sum k_i \quad \text{for } i=1,2,3 \quad (8)$$

여기에서

$$k_i = 1 / \sqrt{(\Delta h_i)^2 + (\Delta v_i)^2} \quad \text{for } i=1,2,3 \quad (9)$$

이다. 즉, 가중치가 움직임 벡터의 크기에 반비례하도록 하여 보간하고자 하는 점과 거리가 멀어지면 적게 반영되도록 보간한다. 그림 5는 추정된 움직임 정보와 여러 장의 필드로부터 한 장의 프레임을 만드는 과정을 나타낸 것이다.

3. 적응적 문턱

ME의 과정에서 에러가 발생하지 않고 화소의 밝기가 변하지 않는다면, MC는 한 장의 필드를 사용한 순차주사화 알고리즘에 비해 그 성능이 우수하다. 그러나 ME는 ?필드마다 발생하는 물체의 생성 또는 소멸, ② 줌 인 혹은 줌 아웃에 의한 물체의 크기 변화, ③ 물체 모양의 현저한 변형 등의 이유로 성능을 항상 안정하게 보장할 수 없다. 이 장에서는 불완전한 ME와 MC를 보완하기 위해, 한 필드 내에서 GMC와 EDI가 각각 효율적으로 영역을 분리하는 방법을 제안한다.

움직임 검출(motion detection: MD)은 움직임의 발생 여부를 결정하고, 이에 따라 순차주사화 방법으로 시간 영역 필터를 적용할지 혹은 공간 영역 필터를 적용할지를 결정한다. 기존의 방법들은 MD에 대해 화소

의 밝기 차와 공간 영역의 국부 분산만을 주로 사용하였다. 이러한 MD는 같은 페리티를 갖는 두 장의 필드를 이용한다. 이때, 밝기의 차 $D(h, v, t)$ 는 다음과 같이 정의 된다.

$$D(h, v, t) = |x(h, v, t-1) - x(h, v, t+1)| \quad (10)$$

식 (10)로부터 움직임을 검출하는 $MD(h, v, t)$ 다음과 같이 정의된다.

$$MD(h, v, t) = \begin{cases} 0 \text{ (stationary)} & \text{if } D(h, v, t) < th \\ 1 \text{ (moving)} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

여기서 th 는 상수이고 때로는 공간 영역의 국부 분산에 비례하는 함수 값으로 대체된다. 이러한 MD는 ① 화소의 밝기가 공간적으로 거의 변화하지 않는 경우, ② 에지와 같이 고주파(HF: high frequency) 에너지가 높아 $D(h, v, t)$ 가 높게 측정되는 경우에는 정확하게 추정되지 않는다. 동적인 영역으로 판단되는 곳은 EDI알고리즘이 적용되고, 정적인 영역으로 판단되는 곳에는 GMC알고리즘이 적용된다. 이때, th 의 값은 중요한 역할을 한다. 문턱값 th 가 커지면 GMC에 의한 에러가 결과에 포함되고, 문턱값 th 가 작아지면 EDI만 고려되어 GMC로부터 새롭게 얻어진 정보를 적게 반영시키는 문제가 있다.

문턱값은 단순히 움직임의 발생 여부나 움직임의 잘못된 추정 여부를 판단하는 것뿐 아니라 한 장의 필드에서보다 움직임 추정을 통해 여러 필드에서 복원에 필요한 정보를 얻을 수 있는 지도 판단해야 한다. 그림 6은 ME/MC의 과정에서 에러가 발생하게 될 경우, x_{2GMC} 의 수직방향 고주파(VHF: vertical HF) 에너지가 x_{2EDI} 의 VHF의 에너지에 비해 상대적으로 크게 증가하는 것을 보여주는 예로 ME/MC의 과정에서 에러가 발생했다고 가정한 것이다. 그림 6(a)-6(c)는 각각 움직임이 있는 물체를 갖는 필드라고 하고, 그림 6(d)와 그림 6(e)는 각각 EDI와 GMC의 결과라 할 때, 그림 6(f)와 같이 GMC의 결과가 EDI의 결과에 비해 상대적으로 크게 VHF의 에너지가 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 일반적인 특성을 제안된 알고리즘에 적용한다.

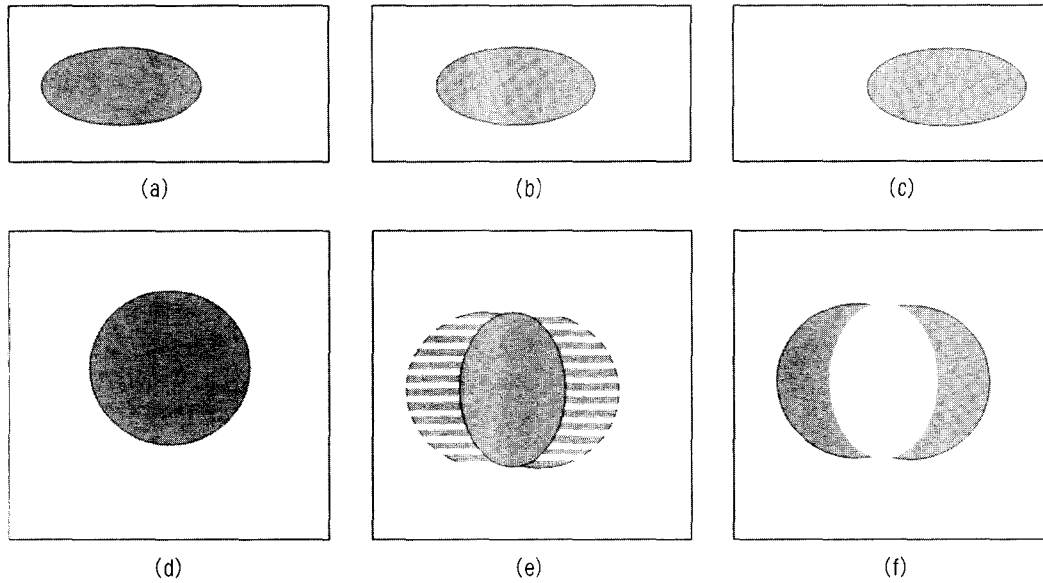


그림 6. X_GMC의 VHF 에너지가 증가하는 예 (a) 이전 필드, (b) 현재 필드, (c) 이후 필드, (d) EDI, (e) GMC(에러 가정)를 이용하여 순차 주사화된 프레임 (f) X_GMC의 VHF 에너지

Fig. 6. An example of an increase of VHF energy of X_GMC (a) pre-field, (b) current field, (c) post-filled, Deinterlaced frame using (d) EDI, (e) GMC (assuming error), (f) VHF energy of X_G

우선, x_{2EDI} 와 x_{2GMC} 를 각각 수평방향과 수직방향으로 미분하여 x_{2HEDI} (EDI의 수평방향 고주파(HHF: horizontal HF)), x_{2VEDI} (EDI의 VHF), x_{2HGMC} (GMC의 HHF), x_{2VGMC} (GMC의 VHF)를 획득할 수 있다. 그러면 x_{2VD} 와 x_{2HD} 를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$x_{2VD} = \begin{cases} 1 & \text{if } |x_{2VGMC}| > th_{HF} \text{ and } |x_{2VEDI}| < th_{HF} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

$$x_{2HD} = \begin{cases} 1 & \text{if } |x_{2HGMC}| > th_{HF} \text{ and } |x_{2HEDI}| < th_{HF} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기에서 th_{HF} 는 고주파 검출에 사용되는 문턱값이다. $x_{2VD}=1$ 의 밀도가 증가할 때는 ME/MC의 과정에서 에러가 발생한 것이므로 가중치가 증가하고, $x_{2VD}=1$ 와 $x_{2HD}=1$ 의 밀도가 모두 감소할 때는 가중치가 감소해야 한다. 그리고, $x_{2VD}=1$ 나 $x_{2HD}=1$ 의 밀도가 하나만 증가하면, ME/MC의 과정에서 에러가 발생한 것인지 원래 고

주파 성분의 에너지가 높은 것인지 알 수 없으므로, 가중치를 중간값으로 둔다. 이때, C_{HD} 와 C_{VD} 를 크기가 $B_h \times B_v$ 인 블록에서 $x_{2HD}=1$ 와 $x_{2VD}=1$ 의 개수라고 하면 더하기 가중치 $W_a(h, v, t)$ 와 곱하기 가중치 $W_m(h, v, t)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} & \text{if } ((C_{VD} - C_{HD}) > block\ 50) \\ & \quad \{W_a(h, v, t) = w_{ah}, W_m(h, v, t) = w_{mh}\} \\ & \text{else if } (C_{VD} > block\ 50) \\ & \quad \{W_a(h, v, t) = w_{ah}, W_m(h, v, t) = w_{mh}\} \\ & \text{else if } ((C_{VD} < block\ 20) \text{ and } (C_{HD} < block\ 20)) \\ & \quad \{W_a(h, v, t) = w_{al}, W_m(h, v, t) = w_{ml}\} \\ & \text{else} \\ & \quad \{W_a(h, v, t) = w_{am}, W_m(h, v, t) = w_{mm}\} \end{aligned} \quad (13)$$

여기에서 w_{ah} , w_{am} , w_{al} 는 더하기 가중치를 w_{mh} , w_{mm} , w_{ml} 는 곱하기 가중치를 각각 큰 값부터 차례로 나열한 것이고 $block50$ 과 $block20$ 은 각각 블록 내 화소 수의 50%

와 20%에 해당하는 값을 의미한다. 이러한 가중치로부터 $WD(h, v, t)$ 를 식 (14)와 같이 정의할 수 있다.

$$WD(h, v, t) = \frac{W_a(h, v, t) + W_m(h, v, t) \times |x_{wEDI}(h, v, t-1) - x_{2GMC}(h, v, t+1)|}{|x_{wEDI}(h, v, t-1) - x_{2GMC}(h, v, t+1)|} \quad (14)$$

$WD(h, v, t)$ 로부터 최종 결과를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (WD(h, v, t) > th_H) \\ & \quad \{x_2(h, v, t) = x_{2EDI}(h, v, t)\} \\ & \text{else if } (WD(h, v, t) < th_L) \\ & \quad \{x_2(h, v, t) = x_{2GMC}(h, v, t)\} \\ & \text{else} \\ & \quad \{x_2(h, v, t) = \alpha \times x_{2EDI}(h, v, t) + (1 - \alpha) \times x_{2GMC}(h, v, t)\} \end{aligned} \quad (15)$$

여기에서

$$\alpha = \frac{WD(h, v, t) - th_L}{th_H - th_L} \quad (16)$$

III. 실험 결과

이 장에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 검증한다. 실험에서 사용된 threshold는 10으로 한다. 우선 정량적 비교를 위해 원본 순차주사화 동영상이 알려져 있는 "mobile" 동영상을 시뮬레이션에 사용하였다. 고정된 문턱값 10(작은 값)과 40(큰 값)을 사용한 기존의 방법

(CM: conventional method)과 제안된 알고리즘을 각각 "mobile" 동영상의 2번째 프레임에 사용한 결과들을 부분 확대하여 그림 6에 제시하였다. 문턱값 10을 사용한 CM의 결과인 그림 7(a)를 보면 "13"와 "16" 등의 달력의 날짜 부분이 매끄럽게 이어지지 않는 것을 알 수 있다. 이는 GMC 대신에 EDI의 결과가 많이 이용되었기 때문이다. 또한 뒷 배경의 "바구니"에서도 그림 7(b)나 그림 7(c)에 비해 선이 부드럽게 연결되지 않는 것을 볼 수 있다. 문턱값 10을 사용한 CM의 결과인 그림 7(b)에는 GMC의 결과만을 주로 차용하게 되어 국부 움직임이 발생한 "기차"에서 GMC의 오류로 인해 생긴 결함이 발생한다. 그림 7(c)는 CM에 비해 안정하고 시각적으로도 만족스러운 결과를 낸다. 더욱이 그림 7(b)는 GMC의 결함은 그대로 간직한 채, 달력의 글자 "13"와 "16"에서는 만족할 만한 결과를 얻을 수 없었지만, 제안된 방법은 글자가 모두 선명하고, GMC에 의한 오류도 없음을 눈으로 확인할 수 있다. 이 결과들의 정량적 분석을 위해서 PSNR을 그림 8에 제시하였다.

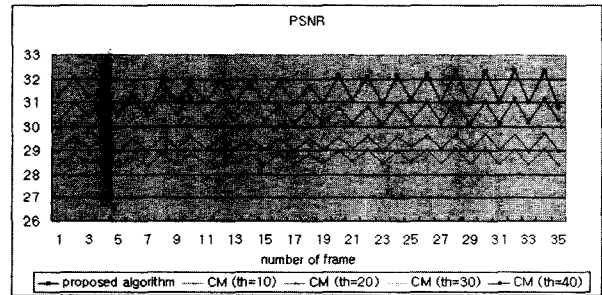
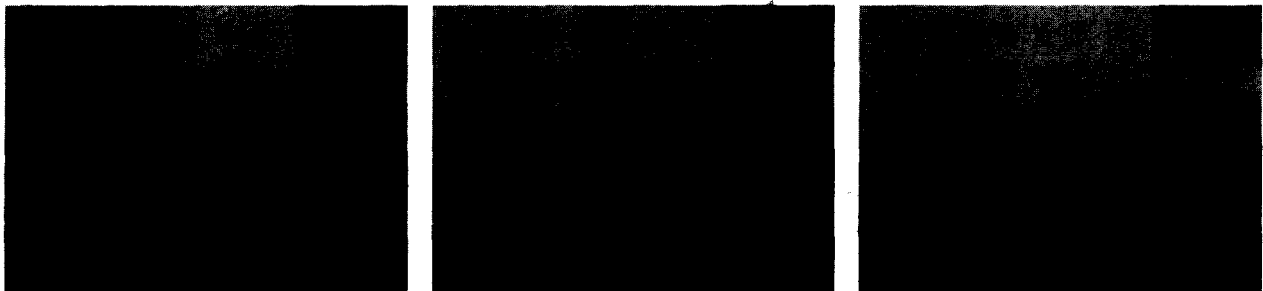


그림 8. "mobile" 동영상에서 세가지 방법의 PSNR 성능 비교
Fig. 8. The PSNR performance of the three methods on the "mobile" sequence.



(a) CM의 결과(th=10) (b) CM의 결과(th=40) (c) 제안된 알고리즘의 결과
(a) the result of CM(th=10) (b) the result of CM(th=40) (c) the result of proposed algorithm

그림 7. "mobile" 동영상의 2번째 프레임에 (a) CM(th=10) (b) CM(th=40) (c) 제안된 알고리즘을 사용한 결과의 부분 확대
Fig. 7. Partially-magnified result of (a) CM (th=10) (b) CM(th=40) (c) Proposed algorithm on a 2nd frame of "mobile" sequence

원본 영상을 알 수 없는 TV로부터 집적 획득한 "flag"와 "horse" 동영상에 고정된 문턱값 20을 사용하여 CM의 결과와 제안된 방법을 사용한 결과를 그림 9과 그림 10에 제

시하였다. "flag" 동영상은 전역 움직임은 없으나, 성조기안에 다양한 형태의 에지와 다양한 기울기를 갖는 에지가 있어 실험에 적합하고 "horse" 동영상은 전체적으로 전역 움



(a) CM의 결과(th=20)
(a) the result of CM(th=2)



(b) 제안된 알고리즘의 결과
(b) the result of proposed algorithm

그림 9. "flag" 동영상의 첫번째 프레임에 (a) CM(th=20) (b) 제안된 알고리즘을 사용한 결과의 부분 확대
Fig. 9. Partially-magnified result of (a) CM (th=20) (b) Proposed algorithm on a 1st frame of "flag" sequenc



(a) CM의 결과(th=20)
(a) the result of CM(th=2)



(b) 제안된 알고리즘의 결과
(b) the result of proposed algorithm

그림 10. "말" 동영상의 첫번째 프레임에 (a) CM(th=20) (b) 제안된 알고리즘을 사용한 결과의 부분 확대
Fig. 10. Partially-magnified result of (a) CM (th=20) (b) Proposed algorithm on a 1st frame of "horse" sequenc

직임이 있고 말에만 국부 움직임이 있어 실험에 적합하다.

"flag"의 경우, 기내에 줄무늬에 작은 점들이 남게 되는 것을 확인 할 수 있다. 이에 반해 제안된 방법의 경우 국부 움직임이 발생한 영역을 정확히 찾아서 이러한 에러가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. "horse" 동영상의 경우, 그림 10(a)의 CM 결과를 보면 숫자 2의 왼쪽 아래부분에 크게 하얀 점이 보이는 것을 포함하여 대체로 글씨의 윤곽이 깨지는 것을 볼 수 있다. 또한 밝기의 변화가 적은 말 꼬리 부분에서는 줄무늬 모양의 잘못된 움직임 보상이 된 것을 호가인 할 있다. 반면에 제안된 방법에서는 이러한 오류들이 나타나지 않았다.

실험을 통하여 본 바와 같이 제안된 알고리즘이 CM보다 우수한 성능을 보임을 쉽게 알 수 있었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 EDI와 GMC를 결합한 새로운 순차주사화 알고리즘을 제안하였다. 이 과정에서 EDI와 GMC를 효과적으로 선택 적용하기 위해 EDI와 GMC의 VHF와 HHF를 사용하여 새롭게 더하기 가중치와 곱하기 가중치를 정의하였다. 제안된 방법은 움직임의 에러가 발생한 영역을 기존보다 더 정확하게 찾을 뿐 아니라 실험에서 보듯 글자와 같이 에지가 얇은 영역에 대해서는 오히려 움직임에 의한 정보를 더 사용함으로써 기존의 방법보다 더 좋은 결과를 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] G. de Haan and E. B. Bellers, "Deinterlacing - an overview," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, Issue 9, pp.1839 -1857, Sep. 1998.
- [2] J. Juhola, A. Nieminen, J. Salo, and Y. Neuvo, "Scan rate conversion using weighted median filtering," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 1989.
- [3] H. Hwang, "Interlaced to progressive scan conversion for HD-MAC application," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 38, pp. 151-156, Aug.2003.
- [4] H. S. Oh, Y. Kim, Y. Y. Jung, A. W. Morales, and S. J. Ko, "Spatio-temporal edgebased median filtering for deinterlacing," in *Digest of the Int. Conference on Consumer Electronics*, pp. 52-53, June 2000.
- [5] Hoon Yoo and Jechang Jeong, "Direction-oriented interpolation and its application to de-interlacing," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 48, Issue 4, pp. 954-962, Nov. 2003.
- [6] Y. Kim, "Deinterlacing algorithm based on sparse wide vector correlations," *SPIE Optical Engineering*, vol. 2727, pp.89-99, 1996.
- [7] M. Park and M. Kang, K. Nam, S. Oh, "New Edge Dependent Deinterlacing Algorithm Based on Horizontal Edge Pattern," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, Vol.49, pp 1508-1512, Nov., 2003.
- [8] N. Seth-Smith and G. Walker, "Flexible up-conversion for high quality TV and multimedia displays," in *Proceedings of the International Conference on Computer Education*, pp.338-339, June 1996.
- [9] M. Lee, J. Kim, J. Lee, K. Ryu, and D. Song, "A new algorithm for interlaced to progressive scan conversion based on directional correlations and its IC design," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 40, pp. 119-129, May 1994.
- [10] Li Renxiang, Zheng Bing, and M. L. Liou, "Reliable motion detection/compensation for interlaced sequences and its applications to deinterlacing," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol.10, Issue 1, pp. 23-29, Feb. 2000.
- [11] J. Kovacevic, R. J. Safranek, and E. M. Yeh, "Deinterlacing by successive approximation," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 6, Issue 2, pp. 339-344, Feb. 1997.
- [12] D. Han, C. Shin, S. Choi, and J. Park, "A motion adaptive 3-D de-interlacing algorithm based on the brightness profile pattern difference," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 690-697, Aug. 1999.
- [13] P. Delogne, L. Cuvelier, B. Maison, B. van Caillie, and L. vandendorpe, "Improved interpolation, motion estimation and compensation for interlaced pictures," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, pp. 482-491, Sep. 1994.
- [14] Y. Kim, S. Kim, and S. Park, "Motion decision feedback deinterlacing algorithms," *IEEE International Conference on Image Processing 2002*, vol. 3, pp. 24-28, June, 2002.
- [15] Y. Jung, S. Yang, and P. Yu, "An effective de-interlacing technique using two types of motion information," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 49, pp. 493-498, Aug., 2003.
- [16] B. Klaus, P. Horn, "Robot vision," *The MIT Press, McGraw-Hill Book Company*, pp. 278-293, 1986.

— 저 자 소 개 —



박 민 규

- 1999년 2월 : 연세대학교 전자공학과 공학사.
- 2001년 8월 : 연세대학교 공학석사.
- 2001년~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정.
- 주관심분야 : 영상복원, 순차주사화, 움직임 추정 및 보상



이 태 운

- 2003년 8월 : 연세대학교 전자공학과 공학사, 2003년~현재 연세대학교 전기전자공학과 석사 과정.
- 주관심분야 : 디지털 영상 처리



강 문 기

- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학사. 1988년 2월 서울대학교 전자공학과 공학석사.
- 1994년 2월 : Northwestern University 공학박사. 1994년 3월~10월 Reserch Fellow(Northwestern University) .
- 1994년 11월~1997년 2월 : Asslstatnt Professor (University of Minnesota, Duluth).
- 1997년 3월~1999년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 조교수.
- 1999년 3월~현재 : 연세대학교 전기전자공학과 부교수
- IEEE와 SPIE의 멤버.
- IEEE signal processing magazine의 editorial board member.
- SPIE Milestone Series Volume(CCD and CMOS imagers)의 Editor
- IEEE ISPCS Steering Committee
- Technical Program Committee of IEEE ICIP
- Technical Reviewer for IEEE Trans. on IP
- 한국방송공학회와 대한전자공학회의 편집위원
- 주관심분야 : 영상복원, 초해상도 영상복원, 비선형 필터링, 비디오 분석 및 처리 부화소단 위의 움직임 추정