

논문 2004-41SP-5-10

개선된 ELA와 양방향 BMA 기반의 움직임 보상을 이용한 재귀적 디인터레이싱

(A time recursive approach for de-interlacing using improved ELA and motion compensation based on bi-directional BMA)

변 승 찬*, 변 정 문*, 김 경 환**

(Seung-Chan Byun, Jeong-Moon Byun, and Gyeonghwan Kim)

요 약

본 논문에서는 공간정보(spatial information)를 이용하는 개선된 ELA(edge based line average) 방법과 시간정보(temporal information)를 이용하는 움직임 보상(motion compensation) 방법 간의 가중합산을 통하여 비월주사 방식의 영상(interlaced image)을 순차주사 방식의 영상(progressive image)으로 변환하는 알고리즘을 제안한다. 이 때, 움직임 보상은 하드웨어 구현이 용이한 양방향 BMA(block matching algorithm)에 의해 이루어진다. 보다 높은 성능과 효율성을 갖기 위하여 앞선 단계에서 디인터레이싱 되어진 영상을 사용하는 재귀적 구조와 움직임 검출을 통한 움직임에 적응적인 처리과정을 거치게 된다. 또한, 가중변수를 통하여 선형 결합할 경우 그 결과값은 결합하는 값의 사이값만을 가질 수 있기 때문에 미디언 필터(median filter)를 사용하여 이를 보완한다. 이러한 접근은 각각의 디인터레이싱 방법이 갖고 있는 단점을 계산복잡도의 증가 없이 극복하여 보다 다양한 영상조건에서 정확하고 효율적인 디인터레이싱을 가능하게 해주며, 실시간 처리를 위한 하드웨어 구현을 용이하게 해준다.

Abstract

In this paper, we propose an algorithm for interlaced-to-progressive conversion by the weighted summation of the information collected from spatial de-interlacing method, in which the weighted edge based line average is applied, and the temporal method in which the motion compensation is employed by using bi-directional BMA (block matching algorithm). We employed time-recursive and motion adaptive processing as motion detection is involved. Also, a median filter is used to deal with limitation of the linear summation in which only an intermediate of values being involved is determined. The main goal of the approach is to overcome the shortcomings of each of the de-interlacing techniques without significant increment of the computational complexity, and the proposed method is apt to implement in hardware for real-time processing.

Keywords: de-interlacing, video format conversion, video signal processing, motion compensation

I. 서 론

비월주사 스캔 방식(interlaced scanning format)은 움직임 영역에서의 톱니모양의 왜곡이 발생한다는 단점

에도 불구하고 전송대역폭을 확보할 수 있기 때문에 TV의 디스플레이 시스템으로 널리 사용되어왔다. 그러나 PC(personal computer)의 보급과, HDTV(high definition television) 및 프로젝터(projector) 등과 같은 순차주사 스캔 방식(progressive scanning format)을 사용하는 장비의 증가에 따라 기존의 비월주사 방식에서 순차주사 방식으로의 변환이 크게 요구되고 있다. 이러한 비월주사 방식에서 순차주사 방식으로의 변환을 디인터레이싱(de-interlacing)이라 하며, 움직임 보상 여부에 따라 크게 non-MC(non-motion compensation) 방법과

* 학생회원, ** 정회원, 서강대학교 전자공학과
(Department of Electronic Engineering, Sogang University)

※ 이 연구는 2002년도 서강대학교 교내 연구비와 BK21핵심연구의 지원에 의하여 이루어졌음
접수일자: 2004년5월11일, 수정완료일: 2004년6월11일

MC(motion compensation) 방법으로 구분할 수 있다^[1].

Non-MC 방법은 일반적으로 연산량이 적고 구현이 간단하여 빠른 속도의 디인터레이싱이 가능하며, 조명이나 장면변환과 같은 영상조건 변화에 따른 영향이 적다. 그러나 물체나 카메라의 이동에 따른 영상의 변화를 반영하기 어렵기 때문에 이로 인한 움직임 왜곡(motion artifact) 현상이 나타나는 단점이 존재한다. MC 방법은 움직임 추정(motion estimation)을 통하여 해당 비디오 영상의 인접한 필드에서 필요한 정보를 가져오는 방법이다. 이러한 MC 방법은 움직임 추정(motion estimation) 결과에 따라 그 성능이 크게 영향을 받기 때문에 높은 성능의 결과를 얻기 위해서는 정확한 움직임 추정이 필수적이다. 그러나 일반적으로 정확한 움직임 추정을 위해서는 매우 높은 계산비용이 요구되며, 영상 조건이 열악한 경우 정확한 움직임 추정에 어려움이 많다. 뿐만 아니라 장면변환이나 급격한 조명 변화와 같이 인접한 프레임 사이의 상관관계가 거의 없는 경우에는 정확한 움직임 추정이 불가능하기 때문에 MC 방법만을 사용할 경우 그 효용성이 문제가 된다.

제안하는 방법은 non-MC 방법과 MC 방법과의 가중합산을 통해 디인터레이싱을 수행하는 일종의 하이브리드(hybrid) 방법^[2]으로 적합한 가중 변수의 조절과 미디언 필터를 활용하여 각 방법의 장점을 취하게 된다. 미디언 필터는, non-MC 방법과 MC 방법의 선형적 결합을 통해 디인터레이싱을 수행했을 경우 non-MC 방법과 MC 방법에 의해 얻어지는 값들의 사이값을 벗어날 수 없는 한계가 존재하기 때문에, 주변값을 반영하여 이를 극복하기 위해 사용된다. 또한 제안하는 알고리즘은 움직임 검출을 통해 움직임이 없을 경우 temporal 필터를 사용하는 움직임에 적응적 방법^[3]과 이전 단계에서 디인터레이싱 되어진 영상을 이용한 재귀적 처리^[4]를 통해 보다 높은 성능을 얻게 된다.

II. 제안하는 알고리즘

제안하는 방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 크게 네 단계를 거친다. 첫 번째 단계에서는 이전 단계에서 디인터레이싱 되어진 1장의 프레임과 2장의 필드 영상을 입력 받아 움직임 검출을 하게 된다. 두 번째 단계에서는 입력되어진 두 장의 필드영상을 프레임 영상으로 변환하게 된다. 이 때, 움직임이 없다고 판단되는 영역에서의 missing line은 필드 평균(field average)을 통해

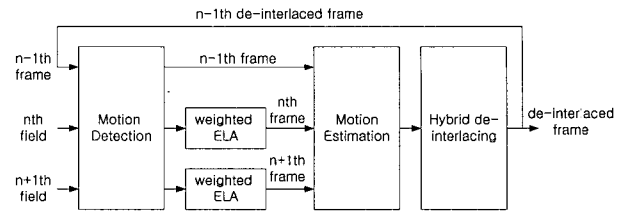


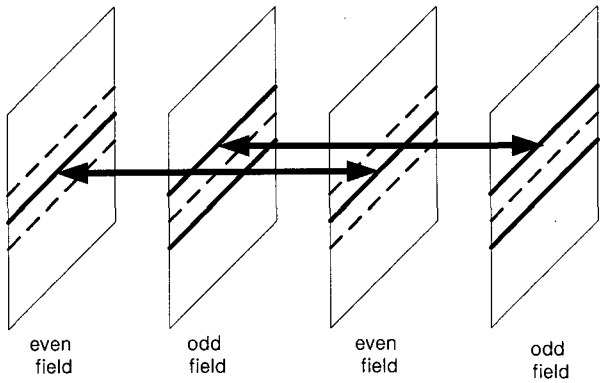
그림 1. 제안하는 알고리즘 블록도
Fig. 1. Block diagram of the proposed algorithm.

보간(interpolation) 되며, 그렇지 않은 영역에서는 개선된 ELA (edge based line average)를 통해 보간 되는 움직임에 적응적인 방법을 사용한다. 다음 단계에서는 이를 통해 얻어진 2장의 프레임 영상과 앞서 디인터레이싱 되어진 프레임 간의 양방향 BMA(bi-directional block matching algorithm)를 이용하여 움직임 추정을 하게 된다. 마지막 단계로 개선된 ELA와 MC 방법 그리고 미디언 필터를 활용한 가중합산을 통하여 최종 디인터레이싱을 수행하게 된다. 본 절은 이 네 단계에 대해서 자세히 설명한다.

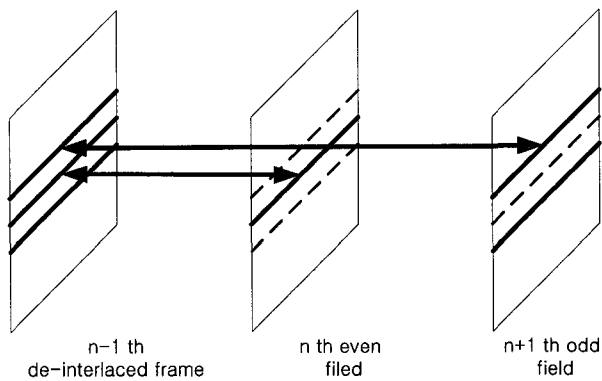
1. 움직임 검출

비월주사 방식의 영상은 그 특징상 움직임이 없는 영역에서 필드 평균(field average)이나 필드 삽입(field insertion)과 같은 temporal 필터를 사용할 경우 최적의 결과를 얻을 수 있다. 따라서 제안하는 알고리즘은 움직임 검출을 통해 움직임이 없는 영역에서는 필드 평균을 이용하여 missing line을 보간하는 움직임에 적응적인 방식을 사용한다. 이러한 움직임에 적응적인 처리는 움직임이 검출되지 않은 영역에서 매우 큰 연산 부담을 갖는 움직임 추정 과정을 생략할 수 있어 계산 복잡도를 줄일 수 있다.

비월주사 방식은 홀수 필드(odd field)와 짝수 필드(even field)가 교대로 입력되기 때문에 정확한 움직임 추정을 위해서는 ‘짝수 필드 대 짝수 필드’ 또는 ‘홀수 필드 대 홀수 필드’ 간의 비교가 필요하다. 그렇기 때문에 대부분의 비월주사 방식에서의 움직임 검출은 그림 2의 (a)에서 보는 바와 같이 4장의 필드 영상을 이용하여 같은 형태(type)의 필드 사이의 차이값을 통해 이루어진다^[5]. 제안하는 디인터레이싱 방법은 재귀적 구조를 갖게 된다. 따라서 본 논문에서의 움직임 검출은 그림 2의 (b)에서 보는 바와 같이 앞서 디인터레이싱 된 프레임 영상($F_D(n-1)$)과 2장의 필드 영상($f(n), f(n+1)$)을 사용하여 이루어지며, 이는 4장의 필드 영상을 사용한 것과 같은 효과를 보인다. 식 (1)에



(a) 4개의 필드를 이용한 움직임 검출



(b) 재귀적 구조를 이용한 움직임 검출

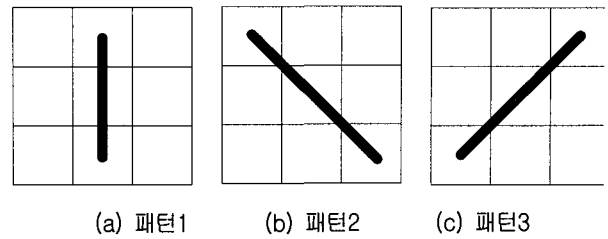
그림 2. 움직임 검출
Fig. 2. Motion detection.

서 보는 바와 같이 두 장의 필드 영상을 필드 삽입(FI)하여 얻어진 한 장의 프레임 영상과 앞서 디인터레이싱된 프레임 영상과의 차이가 특정 임계값 이상인 경우 움직임 영역으로 판단한다. 이 때, 3×3 가우시안 마스크를 이용한 가우시안 연산자 G 를 사용하여 잡음의 영향을 줄인다^[6]. 단, 초기 프레임의 경우 4장의 필드 영상을 사용하여 움직임 검출을 한다.

$$|G \cdot F_D(n-1) - G \cdot FI(f(n), f(n+1))| > Th \quad (1)$$

2. 가중치를 이용한 개선된 ELA.

Non-MC 방법 중 가장 간단한 방법으로 line average가 있다. Line average는 연산량이 적고, 구현이 간단하다는 장점이 있다. 그러나 수직방향에 대한 성분만을 이용하였기 때문에 대각선 에지(edge) 성분과 같이 수직 방향 외의 에지성분이 강한 경우 효과적인 디인터레이싱이 되지 않는다. 이를 보완한 것이 ELA(edge based line average) 방법으로 에지의 방향성에 따라 missing line을 보간하게 된다^{[1][7]}. 일반적인 ELA는 그림 3의 (a), (b), (c)와 같이 수직 및 양대각선 방향



(a) 패턴1 (b) 패턴2 (c) 패턴3

D1	A1	B1	C1	E1
		F		
D2	A2	B2	C2	E2

(d) 픽셀 위치

그림 3. ELA를 위한 에지 패턴
Fig. 3. Edge patterns for ELA.

에 대한 3가지 에지 패턴(edge patterns)을 사용한다. 만약, 그림 3의 (d)에서 F 에 해당되는 위치를 보간한다면, 식 (2)와 같이 F 를 중심으로 수직 및 양대각선에 해당하는 3가지 방향에 대해 상관관계를 구하여, 최종적으로 식 (3)에 의해 보간이 이루어진다.

$$\begin{aligned} corr_1 &= |A1 - C2| \\ corr_2 &= |B1 - B2| \\ corr_3 &= |C1 - A2| \end{aligned} \quad (2)$$

$$F_{ELA} = \begin{cases} \frac{A1+C2}{2} & \text{if } \min(corr_1, corr_2, corr_3) = corr_1 \\ \frac{B1+B2}{2} & \text{if } \min(corr_1, corr_2, corr_3) = corr_2 \\ \frac{C1+A2}{2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

이러한 ELA방법은 에지 성분이 강한 영역에서 보다 효율적인 디인터레이싱을 가능하게 해주며 실제 대부분의 영상에서 좋은 성능을 보인다. 그러나 실제 에지의 방향을 주어진 에지 패턴만으로 표현할 수 없는 경우가 많기 때문에 잘못된 패턴 방향의 결정으로 영상 왜곡이 나타날 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 다수의 에지 패턴을 사용하여 디인터레이싱을 수행하는 방법들이 소개되었다^[8]. 그러나 정확한 에지의 방향을 판단할 명시적인 판단근거를 구하기 어렵기 때문에 많은 수의 패턴을 사용할 경우 오히려 실제 에지의 방향과 부합하지 않는 패턴을 선택할 확률이 높다. 따라서 그림 4의 (b)에서 보는 바와 같이 이로 인한 영상 왜곡이 나타날 수 있다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 3개의 패턴만을 사용하여 각 패턴의 가중합산을 통해 특정 에지 패턴의

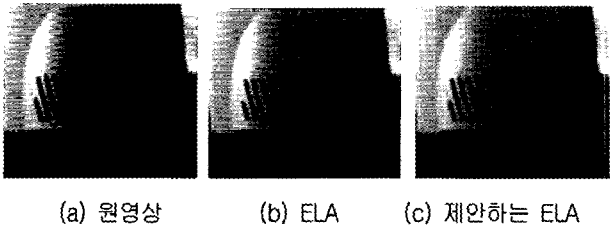


그림 4. ELA와 제안하는 ELA 비교
Fig. 4. The comparison of ELA and proposed ELA.

선택으로 인한 왜곡을 최소화하는 개선된 ELA 방법을 제안한다.

$$\begin{aligned}
 ELA_{\beta 1} &= \frac{A1 + C2}{2} \\
 ELA_{\beta 2} &= \frac{B1 + B2}{2} \\
 ELA_{\beta 3} &= \frac{C1 + A2}{2}
 \end{aligned} \tag{4}$$

$$F_{ELA} = \begin{cases} ELA_{\beta i} & \text{if } (w_{\beta 2} > w_{\beta 1} \text{ and } w_{\beta 2} > w_{\beta 3}) \\ & \text{or } (w_{\beta 1} + w_{\beta 2} + w_{\beta 3} = 0) \\ \sum_{i=1}^3 w_{\beta i} \cdot ELA_{\beta i} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

제안하는 ELA 방법은 그림 3의 (a), (b), (c)와 같은 세 가지 에지 패턴을 사용한다. 그림 3의 (d)에서 F 에 해당되는 위치를 보간한다면, 세 가지 에지 패턴 중 하나의 패턴 방향으로 보간하는 기존의 ELA방법과 달리, 제안하는 방법은 각 에지 패턴 방향에 따른 평균들을 가중합산하여 보간된다. 식 (4)는 그림 3의 각 에지 패턴 방향에 따른 평균을 보여주며, 식 (5)는 각 평균들의 가중합산을 통한 F 에서의 보간을 나타낸다. 단, 수직 방향에 대한 가중변수의 값이 다른 가중변수보다 크거나 에지성분이 없어 각 가중변수의 합이 0인 경우 수직 방향에 해당되는 ELA값으로 보간된다.

$$\begin{aligned}
 corr_{\beta 1} &= \frac{|2A1 - D1 - B1| + |2C2 - B2 - E2|}{|A1 - C2|} \\
 corr_{\beta 2} &= \frac{|2B1 - A1 - C1| + |2B2 - A2 - C2|}{|B1 - B2|} \\
 corr_{\beta 3} &= \frac{|2C1 - B1 - E1| + |2A2 - D2 - B2|}{|C1 - A2|}
 \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned}
 w_{\beta 1} &= \frac{corr_{\beta 1}}{corr_{\beta 1} + corr_{\beta 2} + corr_{\beta 3}} \\
 w_{\beta 2} &= \frac{corr_{\beta 2}}{corr_{\beta 1} + corr_{\beta 2} + corr_{\beta 3}} \\
 w_{\beta 3} &= \frac{corr_{\beta 3}}{corr_{\beta 1} + corr_{\beta 2} + corr_{\beta 3}}
 \end{aligned} \tag{7}$$

식 (5)에서 사용되는 가중변수 $w_{\beta 1}$, $w_{\beta 2}$, $w_{\beta 3}$ 은 식 (6)에 의해 얻어진 상관관계에 의해 결정된다. 식 (6)의

변수들은 그림 3의 (d)에서 볼 수 있으며, 이때의 상관관계는 해당 에지 패턴 방향으로의 픽셀값의 차이가 작을수록, 영상의 에지값이 클수록 높은 값을 갖게 된다. 이렇게 계산된 값은 식 (7)에 의해 정규화 되어 이를 식 (5)에서의 가중변수로 사용한다. 이러한 방법은 그림 4의 (c)에서 볼 수 있듯이 잘못된 패턴의 선택으로 인한 영상 왜곡을 최소화함을 확인할 수 있다.

3. 블록기반의 양방향 움직임 추정

MC를 사용한 디인터레이싱 방법으로 매우 다양한 형태의 방법들이 소개되었으며 기본적으로 움직임 추정 성능에 따라 큰 영향을 받게 된다^[1]. 움직임 추정은 인접한 프레임들에서 가장 높은 상관관계를 갖는 점이나 영역을 통해 움직임 정보를 얻는 과정을 말한다. 본 논문에서는 가장 널리 사용되는 움직임 추정 방법 중에 하나인 BMA(block matching algorithm)를 사용하여 움직임 추정을 한다^[9]. 일반적으로 정확한 움직임 추정을 위해서는 몇 가지 문제점들이 해결되어야 하는데, 그중 aperture 문제와 occlusion 문제를 대표적으로 들 수 있다.

Aperture 문제는 인접한 프레임 간의 매칭 되는 영역이 다수 존재하기 때문에 움직임 추정의 해가 단일(unique)하게 결정되지 못함으로서 나타나는 문제이다. 이러한 문제는 주로 에지성분이 강한 영역에서 나타난다. 그렇기 때문에 본 논문에서는 이러한 영역에서 보다 높은 성능을 보이는 개선된 ELA값 또는 미디언 필터 결과값에 보다 높은 가중치를 부여하여 가중합산을 함으로써 aperture 문제로 인한 디인터레이싱의 성능저하를 최소화한다. 즉, 공간정보를 이용함으로써 부정확한 움직임 추정에 따른 시간정보의 오류를 만회한다.

Occlusion 문제는 물체의 움직임으로 인해 배경이 가려지거나 나타남으로서 발생하는 문제이다. 이 경우 인접한 프레임 사이의 매칭 되는 영역이 존재하지 않기 때문에 움직임 추정의 해가 존재하지 않게 된다. 전방향(forward motion estimation) 또는 후방향 움직임 추정(backward motion estimation)과 같은 한쪽 방향으로의 움직임 추정은 이러한 occlusion 문제를 피하기 어렵기 때문에, 제안하는 알고리즘에서는 그림 5에서 보이는 바와 같이 양방향 BMA를 이용한 움직임 추정으로 이러한 문제를 해결한다^[10]. 이 때, 방향의 선택은 블록 내의 MAD(mean absolute difference)값에 따라 결정된다. 같은 위치에서의 $n-1$ 번째 프레임 블록과 n 번째 프레임 블록과의 MAD가 $n+1$ 번째 프레임과 r

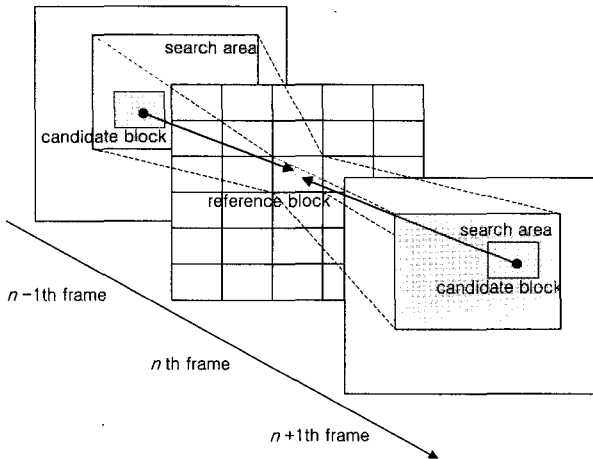


그림 5. 양방향 BMA
Fig. 5. Bi-directional BMA

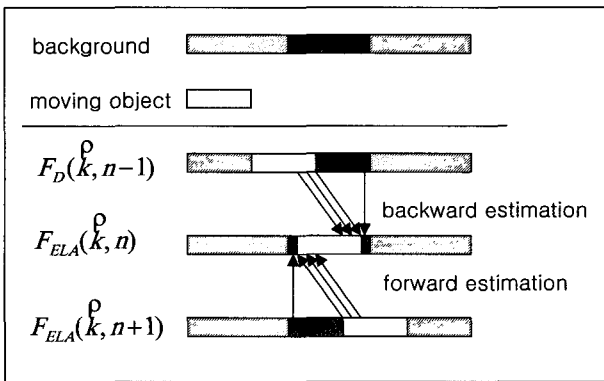


그림 6. 전방향/후방향 움직임 추정
Fig. 6. Backward/forward motion estimation.

번째 프레임간의 MAD보다 작을 경우 후방향 움직임 추정을 수행하며 그렇지 않은 경우 전방향 움직임을 수행하게 된다. 이러한 양방향 움직임 추정은 그림 6에서 보는 바와 같이 대상 물체의 움직임으로 인해 배경이 나타나는 경우 다음 ($n+1$ 번째) 프레임 정보를, 배경의 가려질 경우 전 ($n-1$ 번째) 프레임 정보를 각각 사용하여 occlusion으로 인한 오류를 최소화한다.

제안하는 방법에서 이러한 블록 기반의 전방향 또는 후방향 움직임 추정은 필드 대 필드가 아닌 프레임 대 프레임을 통해 이루어진다. 즉, 제안하는 개선된 ELA방법에 의해 얻어진 2장의 프레임 영상과 앞서 디인터레이싱된 프레임에 대해 움직임 추정을 수행한다. 이러한 프레임 대 프레임 사이의 움직임 추정은 average 필터의 효과를 갖는 ELA의 사용으로 인한 pre-blurring 효과와 필드에서 프레임으로의 스케일 증가에 따른 half-pel accuracy search의 효과를 얻을 수 있다^[8]. 이러한 효과는 잡음의 영향을 줄이면서 움직임 추정의 정확도를 향상시켜 주는 역할을 한다.

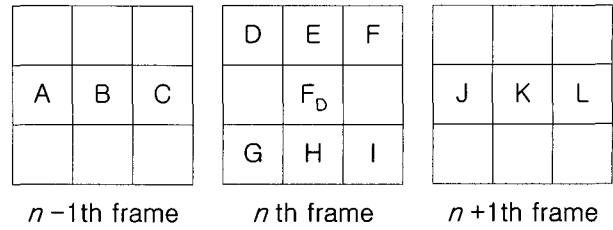


그림 7. 미디언 필터에서 사용된 픽셀 위치
Fig. 7. Pixel positions used in the median filter.

4. MC를 이용한 하이브리드 디인터레이싱

BMA는 잡음에 강할 뿐 아니라 움직임이 큰 경우에도 적용이 가능하며, 하드웨어 구현이 다른 알고리즘에 비해 용이하다. 또한 병렬 구조를 통해 빠른 움직임 추정이 가능하기 때문에 이를 이용하여 실시간 디인터레이싱이 가능하다. 그러나 BMA는 평행 이동하는 움직임을 가정하기 때문에 그렇지 않은 움직임에 대한 정확한 움직임 추정이 어려우며, 블록 단위의 처리로 인해 블록 효과(block effect)와 같은 영상의 왜곡이 발생할 수 있다. 뿐만 아니라 일반적으로 장면변환이나 조명의 급격한 변화가 일어날 경우 정확한 움직임 추정이 매우 어렵기 때문에, 양방향 BMA만을 이용하여 디인터레이싱을 수행하였을 경우 영상조건이 열악할 경우 매우 좋지 않은 결과를 얻을 수 있다. 따라서 제안하는 알고리즘은 식 (8)에서 보는 바와 같이 개선된 ELA(F_{ELA})와 양방향 BMA 결과를 통해 얻어진 움직임 보상값(F_{MC}) 또는 식 (9)의 미디언 필터값과의 가중합산을 통해 디인터레이싱을 수행하게 된다.

$$F_D(\vec{k}) = F_{ELA}(\vec{k}) \cdot (1-w) + F_{MC}(\vec{k}) \cdot w$$

$$F_D(\vec{k}) = F_{ELA}(\vec{k}) \cdot (1-w) + F_{med}(\vec{k}) \cdot w \quad (8)$$

(0 ≤ w ≤ 1)

$$F_{med} = \text{median}(D, E, F, G, H, I, F_{MC}, F_{ELA}, B(\text{or } K)) \quad (9)$$

개선된 ELA의 경우 공간 정보를 사용하기 때문에 상대적으로 영상 조건의 변화에 영향을 적게 받는다. 따라서 움직임 추정이 어려운 조건이라 판단되는 경우 F_{ELA} 값에 보다 높은 가중치를 부여하여 영상 조건에 따른 성능저하를 극복하게 된다. 또한 두 방법 간의 선형결합으로 인한 성능의 한계를 극복하기 위해 두 방법 간의 차이값이 적을 경우 식 (9)의 미디언 필터를 활용하게 된다. 여기서 사용되는 변수들은 그림 7에 나타내었으며, B는 전방향 움직임 추정 시 K는 후방향 움직임 추정 시 사용된다. 이를 통해 이전 프레임과 다음

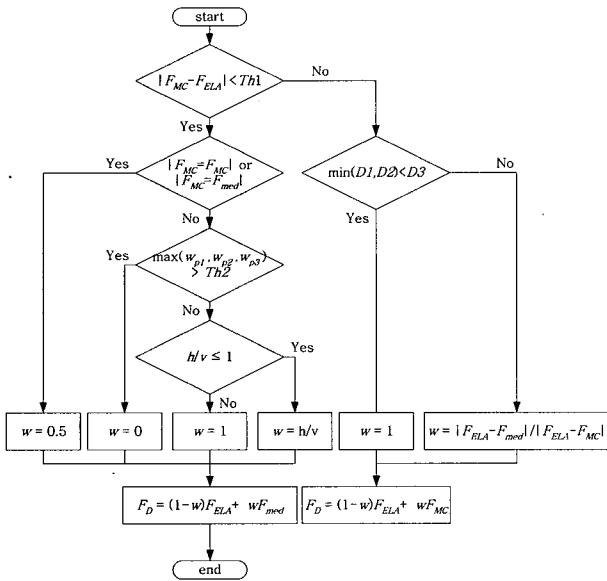


그림 8. 제안하는 디인터레이싱 알고리즘 순서도
Fig. 8. Flowchart of the proposed algorithm.

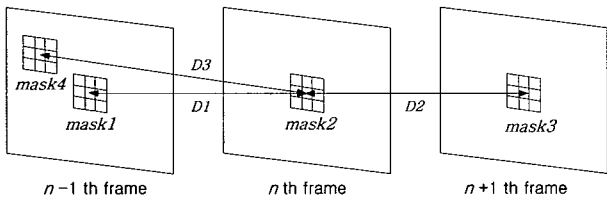


그림 9. 움직임 추정의 검증
Fig. 9. Verification of motion estimation.

프레임 그리고 현재 프레임의 주변값을 반영하게 된다.

이러한 가중치의 조절은 식 (8)의 가중변수 w 에 의해 결정된다. w 는 0과 1사이의 값을 갖게 되며, 이는 그림 8의 순서도에 따라 적합한 값으로 결정된다. 가중변수의 조절 방법은 MC 값과 개선된 ELA 값의 차이에 의해 달라진다.

MC 값과 개선된 ELA 값의 차이값이 클 경우, 움직임 추정의 신뢰성 판단에 의해 가중변수가 조절된다. 이 때, 움직임 추정의 신뢰성은 그림 8의 순서도에서 보는 바와 같이 $D1$ 과 $D2$ 의 최소값과 $D3$ 와의 비교를 통해 판단하게 된다. 이 때 사용된 $D1$, $D2$, 그리고 $D3$ 은 그림 9에서 보는 바와 같다. $D1$ 은 이전 프레임과 현재 프레임에서의 3×3 마스크인 $mask1$ 과 $mask2$ 내에서의 각 픽셀 차이값의 합을, $D2$ 는 현재 프레임과 다음 프레임에서의 $mask2$ 와 $mask3$ 내에서 픽셀 차이값의 합을 나타낸다. 그리고 $D3$ 은 $mask2$ 와 움직임 추정에 의한 움직임 궤적에 해당되는 위치인 $mask4$ 내에서 각 픽셀 차이값의 합을 뜻한다. 만약 $D1$ 과 $D2$ 의 최소값이 $D3$ 보다 크다면 움직임 추정의 신뢰성이 크

다고 판단하여 MC값을 사용한 디인터레이싱을 수행하며, 그렇지 않은 경우 식 (9)의 미디언 필터값과 개선된 ELA값에 의해 결정된 가중변수를 사용하여 디인터레이싱을 수행한다.

만약, MC와 개선된 ELA의 결과값의 차이가 크지 않을 경우 그림 9의 $mask2$ 와 $mask4$ 내에서 수평투영값을 구하여 그 차이값의 합을 뜻하는 h 와 수직투영값의 차이값의 합을 뜻하는 v 에 의해 가중변수가 조절된다. 이는 비월주사방식의 영상의 경우 일반적으로 그 특성상 수직투영성분의 차이값이 클 경우 움직임 추정 결과의 신뢰성이 떨어지기 때문이다. 다만, 개선된 ELA의 처리과정에서 사용된 가중변수값 $w_{\beta1}$, $w_{\beta2}$, $w_{\beta3}$ 의 최대값을 통해 특정 에지 방향이 강하다고 판단되는 경우 개선된 ELA값을 사용한다. 이는 이러한 경우 개선된 ELA값을 사용한 디인터레이싱이 보다 높은 성능을 보이기 때문이다.

이러한 가중변수의 조절은 정확한 움직임 추정의 어려움에 따른 성능저하를 막을 뿐만 아니라 재귀적 구조에 따른 시간정보의 누적 오류를 최소화할 수 있다. 이 경우 움직임 추정에 따른 시간정보의 신뢰성이 떨어지기 때문에 가중변수 조절을 통해 개선된 ELA값을 이용하여 누적 오류에 영향이 없는 공간정보를 보다 많이 활용함으로써 에러전달(error propagation)에 대한 부담을 줄일 수 있다.

III. 실험결과

1. 실험결과

제안한 알고리즘의 성능을 정량적으로 평가하기 위해 순차주사 비디오 영상에서 홀수 필드와 짝수 필드를 교대로 다운샘플링(down-sampling)하여 비월주사방식의 영상을 얻었으며, 이를 입력으로 제안한 디인터레이싱 알고리즘의 성능을 평가하였다. 성능평가는 디인터레이싱 되어진 결과와 원영상인 순차주사 영상 사이의 MSE(mean square error)값을 사용하여 비교하였다. 이 때 사용된 MSE는 식 (10)과 같이 정의한다.

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{k=(1,1)}^{NM} (F_{orig}(\vec{k}) - F_D(\vec{k}))^2 \quad (10)$$

식 (10)에서 N 과 M 은 영상 크기를, F_{orig} 는 순차주사 영상, F_D 는 디인터레이싱 결과 영상을 나타낸다.

제안하는 알고리즘에서 사용된 비디오 영상은 줌 인

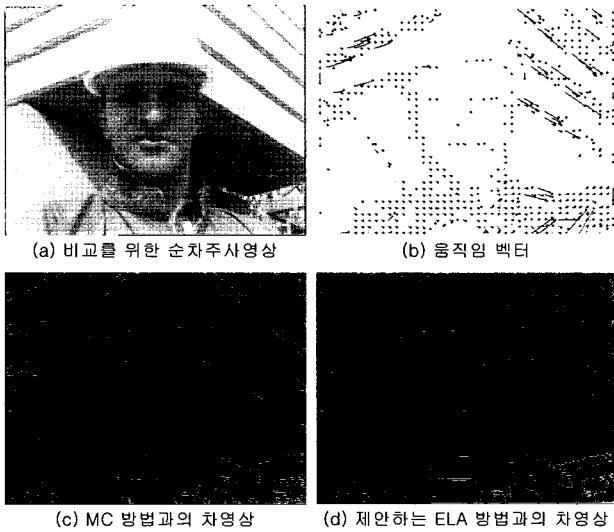


그림 10. 개선된 ELA와 MC방법의 비교
Fig. 10. The comparison of improved ELA and MC method.

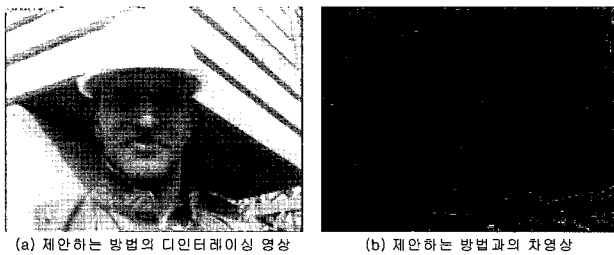


그림 11. Aperture 문제 존재하는 경우('foreman')
Fig. 11. In case of aperture problem('foreman').

(zoom in), 줌 아웃(zoom out), 장면변환 및 카메라의 움직임 등, 다양한 영상 조건이 존재하는 영상들이다. 'mom'은 고정된 카메라에서 'foreman'은 움직이는 카메라에서 취득된 영상이고 'cops'은 줌 인과 줌 아웃이 포함된 영상이며, 'kitty'는 장면변환이 존재하는 비디오 영상이다. 성능비교를 위해 식 (10)의 MSE값을 사용하여 해당 알고리즘을 비교하였으며, 표 1은 각 알고리즘별 평균 MSE값을 보여준다. 표 1에서 ELA는 edge based line average, MED는 temporal 미디언 필터^[1], MA-ELA는 움직임에 적응적인 개선된 ELA, 그리고 MC는 양방향 BMA를 사용하여 움직임 보상을 하는 디인터레이싱 방법을 의미한다.

표 1의 결과를 살펴보면, 대부분의 경우 시간정보를 사용한 방법들이 대체적으로 낮은 MSE값을 보임을 알 수 있다. 그러나 모든 조건에서 완벽한 성능의 보이는 알고리즘은 존재하지 않으며, 각각의 알고리즘은 각 영상이 갖고 있는 다양한 영상조건에 따라 각각의 장단점을 갖고 있다. 고정된 배경을 갖는 'mom' 영상과 이러한 장면이 많은 'kitty' 영상의 경우 움직임 검출을 통한 움직임에 적응적인 방법이 보다 효율적임을 확인할

표 1. 평균 MSE 비교

Table 1. Average MSE comparison.

	ELA	MED	MA-ELA	MC	Proposed
mom	27.125	13.670	6.968	10.565	6.802
foreman	23.651	32.150	25.108	28.381	15.877
cops	44.173	34.656	29.529	38.783	25.427
kitty	36.843	26.624	17.044	36.839	15.313

수 있다. 'foreman' 영상의 경우 aperture 문제가 존재하는 영상으로 정확한 움직임 추정이 어렵기 때문에 MC 방법만 사용할 경우 큰 효과를 얻을 수 없다. 뿐만 아니라 배경과 물체가 모두 움직임이기 때문에 움직임에 적응적인 방법을 사용할 경우도 큰 효율을 기대할 수 없다. 'cop'과 'kitty' 영상의 경우는 각각 줌 인/아웃(zoom in/out)과 장면 변환이 존재하는 영상으로 이러한 경우 정확한 움직임 추정이 어렵기 때문에 이 역시 MC 방법만을 사용할 경우 높은 성능을 기대할 수 없다.

제안하는 알고리즘은 'mom' 영상과 같이 움직임 추정이 용이한 영상의 경우 MC 방법에 보다 많은 가중치를 두어 blurring 없는 높은 성능의 디인터레이싱을 가능하게 한다. 또한, 'foreman', 'cops' 그리고 'kitty' 영상에서 나타나는 정확한 움직임 추정이 어려운 조건인 경우 ELA와 미디언 필터를 통해 공간 정보를 보다 많이 활용하여 MC에 따른 문제를 최소화한다. 제안하는 알고리즘은 이러한 처리를 통해 다양한 영상 조건에서도 각각의 디인터레이싱 방법이 갖고 있는 성능 이상의 결과를 얻을 수 있었으며, 이는 표 1을 통해 확인할 수 있다.

2. Aperture 문제가 나타나는 경우

그림 10의 (a) 'foreman' 영상의 경우 배경인 건물의 사선 부분에서 앞서 설명한 aperture 문제로 인해 정확한 움직임 추정이 어려운 영상이다. 이와 같은 aperture 문제가 존재하는 경우 그림 10의 (b)에서 보는 바와 같이 움직임 벡터의 신뢰도가 떨어지기 때문에 MC 방법만을 사용하여 디인터레이싱할 경우 비효율적이며 경우에 따라 영상의 왜곡을 가져올 수 있다. 이러한 aperture 문제는 특정 에지의 방향이 강할 때 주로 나타난다. 이러한 경우 그림 10의 (c), (d)에서 보듯이 MC를 사용한 방법보다 제안하는 개선된 ELA를 이용한 디인터레이싱이 높은 성능을 보인다. 그러나 line average 기반의 ELA를 통한 디인터레이싱은 그림 10의 (c)에서

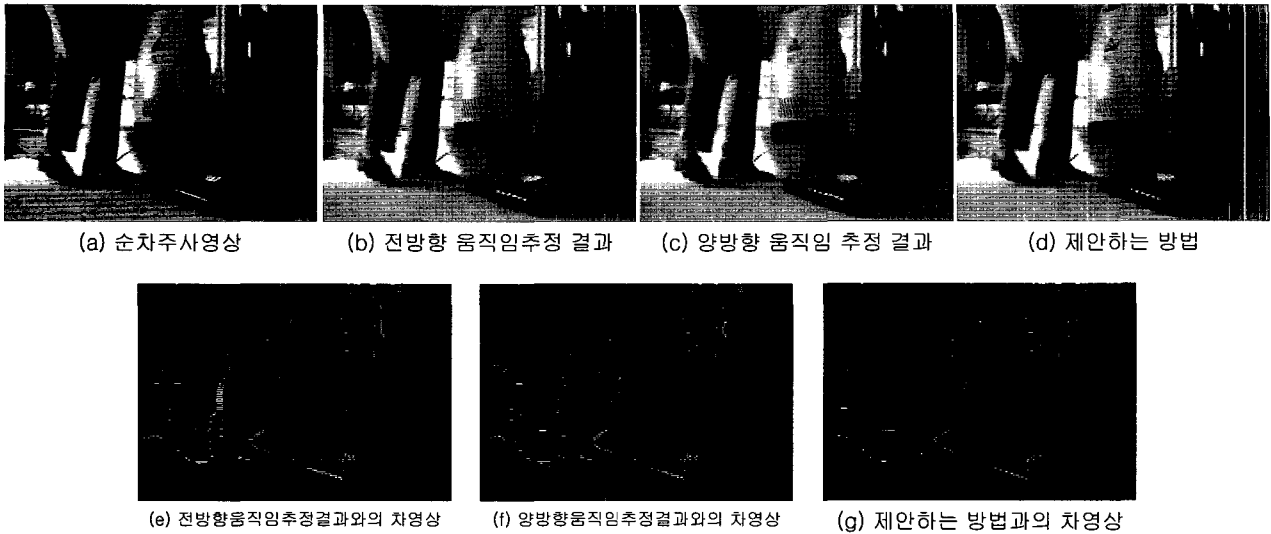


그림 12. Occlusion 문제가 존재하는 경우('kitty')
 Fig. 12. In case of occlusion problem('kitty').

보는 바와 같이 영상의 수평성분에 대해 제대로 보간할 수 없으며 기본적으로 영상의 blurring 현상을 가져온다. 따라서 제안한 방법은 에지 성분이 강할 경우 개선된 ELA에 보다 높은 가중치를 부여하도록 하여 움직임 추정과정에서의 aperture 문제로 인한 성능 저하를 막고 이러한 문제가 없는 영역에 대해서는 MC값을 활용하여 ELA의 단점을 보완하게 된다. 그림 11은 그 결과를 보여준다.

3. Occlusion 문제가 나타나는 경우

그림 12의 (a)는 사람의 다리와 진공청소기의 이동으로 인하여 occlusion 문제가 발생하는 영상이다. 그림 12의 (b)는 BMA를 사용한 전방향 움직임 추정에 보상된 결과영상이다. 그림에서 알 수 있듯이 물체의 이동으로 인한 배경의 등장이나 가려지는 경우 전방향 또는 후방향 움직임 추정만으로는 정확한 움직임 추정이 매우 어렵기 때문에 이로 인한 영상 왜곡이 존재함을 확인할 수 있다. 그림 12의 (c)는 양방향 BMA를 사용한 움직임 보상에 의해 얻어진 영상이다. 그림에서 보듯이 블록단위의 처리로 인한 블록현상이 존재하지만, 앞선 프레임과 다음 프레임에서 필요한 정보를 얻기 때문에 occlusion 문제가 발생하더라도 이로 인한 영상 왜곡이 최소화됨을 확인할 수 있다. 그림 12의 (d)는 제안하는 디인터레이싱 결과영상이다. 그림 12의 (e), (f), 그리고 (g)의 차영상에서 알 수 있듯이 제안하는 방법의 경우 양방향 움직임 추정을 통해 인접한 프레임에서 필요한 정보를 얻으며, 이 과정에서 발생하는 블록현상을 개선된 ELA와 미디언 필터를 통한 공간정보의 활용으로 제

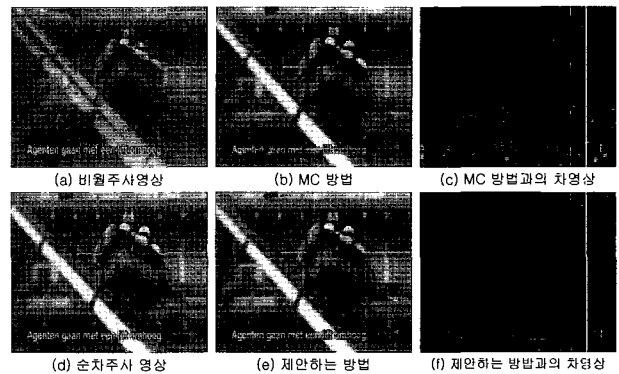


그림 13. '줌 인'이 존재하는 경우('cops')
 Fig. 13. In case of zoom in('cops').

거하여 보다 높은 화질의 결과영상을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 줌 인/아웃(zoom in/out)이 존재하는 경우

'cops' 영상은 줌 인/아웃이 포함되는 비디오 영상으로, 이 중 그림 13의 (a)는 줌 인이 존재하는 영상이다. 이러한 경우 개선된 ELA와 MC 방법 모두 영상의 blurring 현상과 움직임 추정 오류로 인해 전반적으로 높은 MSE값을 보인다. 제안하는 알고리즘은 줌 인으로 인해 움직임 추정이 어려운 경우 식 (9)와 같은 미디언 필터를 사용하여 주변값을 반영하게 된다. 이러한 주변값의 반영을 통해, MC 방법과 제안하는 방법을 비교한 그림 13 (c)와 (f)에서 보듯이, 보다 높은 성능의 디인터레이싱을 결과를 얻을 수 있다. 또한 줌 아웃의 경우 역시 줌 인과 비슷한 영상조건을 갖고 있기 때문에 마찬가지로 이유로 높은 성능의 디인터레이싱이 가능하다.

5. 장면변환이 존재하는 경우

'kitty' 영상은 장면변환을 포함하는 비디오 영상이다. 이러한 장면변환이 존재하는 경우 시간정보를 활용하기 어렵기 때문에 시간정보를 기반으로 하는 MC 방법을 사용하여 디인터레이싱을 할 경우, 심각한 영상왜곡을 가져올 수 있다. 그림 14은 'kitty' 영상에서 시간에 따른 MSE값을 나타낸다. MC 방법의 경우 일반적으로 낮은 MSE값을 보이지만, 급격한 장면변환이 일어난 85번째 프레임에서 정확하지 않은 움직임 추정으로 인해 다른 방법에 비해 높은 MSE값을 갖게 됨을 확인할 수 있다. 반면, 개선된 ELA를 사용한 경우는 이러한 장면변환에도 그 성능의 변화가 크지 않음을 알 수 있다. 제안하는 디인터레이싱 방법은 급격한 장면변환이 일어날 경우 개선된 ELA에 보다 높은 가중치를 부여하여 움직임 추정 오류에 따른 영상왜곡을 피하게 된다.

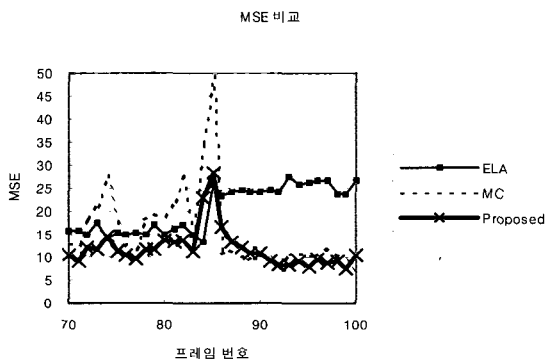


그림 14. 'kitty' 영상의 MSE 비교
Fig. 14. MSE comparison of 'kitty'.

그림 15는 급격한 장면변환이 일어난 85번째 프레임 영상으로, 이 경우 주로 개선된 ELA에 의해 디인터레이싱 된다. 비록, 이러한 개선된 ELA의 사용은 그림 15의 (d)에서 보듯 수평방향의 에지에 대해 제대로 보간할 수 없지만, 그림 15의 (c)와 (d)의 비교에서 알 수 있듯이 장면변환에 따른 움직임 추정의 오류로 인한 영상왜곡 현상을 보이는 MC 방법에 비해 보다 좋은 화질을 얻을 수 있다. 이는 장면변환이 발생하더라도 MC 방법을 사용하여 얻을 수 있는 높은 성능을 효율적으로 유지할 수 있게 한다. 그림 15의 (b)는 이러한 결과를 보여준다.

디졸브(dissolve)로 인한 장면변환이 존재하는 경우 역시 일반적으로 움직임 추정이 어렵기 때문에 MC 방법보다 ELA와 같은 공간정보를 이용하는 방법이 보다 높은 화질의 영상을 얻을 수 있다. 제안하는 방법은 급격한 장면변환뿐만 아니라 디졸브로 인한 장면변환에도 개선된 ELA 방법을 사용하여 공간정보를 보다 많이 활용함으로써 높은 화질의 디인터레이싱 결과를 얻을 수 있다. 그림 16의 (b), (c) 그리고 (d)는 이러한 결과를 보여준다.

IV. 결 론

디인터레이싱에 있어 MC 방법에 의한 시간정보의 사용은 영상의 blurring 없이 높은 화질의 디인터레이싱을 가능하게 해준다. 하지만, aperture 문제나 occlusion 문제가 존재할 경우 정확한 움직임 추정이 어렵

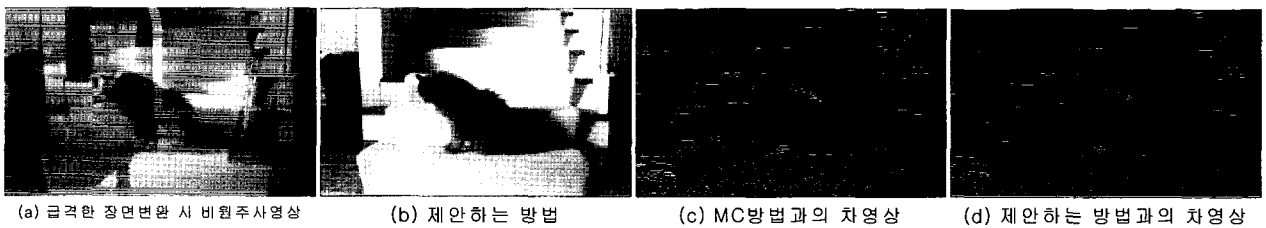


그림 15. 급격한 장면변환이 존재하는 경우('kitty')
Fig. 15. In case of abrupt scene change('kitty').

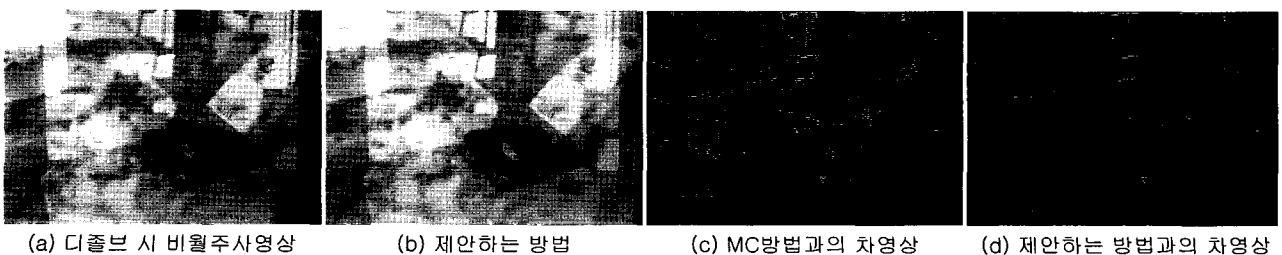


그림 16. 디졸브가 존재하는 경우('kitty')
Fig. 16. In case of dissolve('kitty').

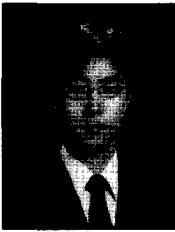
기 때문에 이로 인한 영상 왜곡의 가능성이 존재한다. 본 논문에서는 공간정보와 양방향 추정을 통해 이러한 문제에 따른 영상 왜곡을 최소화하여, 높은 화질의 디인터레이싱이 가능한 알고리즘을 제안하였다. 영상 조건의 변화에 영향이 적은 공간정보의 사용은 부정확한 움직임 추정이나 급작스런 조명 및 장면 변화와 같이 정확한 시간정보를 얻기 어려운 경우에도 효율적인 디인터레이싱을 가능하게 한다. 뿐만 아니라, 재귀적 처리로 인한 에러전달에 대한 부담을 줄일 수 있다.

일반적으로 디인터레이싱은 실시간 처리를 요구하는 경우가 많다. 제안하는 방법에서 요구되는 연산량은 움직임 추정에서의 연산량에 크게 의존한다. 이러한 움직임 추정은 하드웨어 구현이 용이한 BMA를 사용하였으며, 전체적인 구성이 단순하기 때문에 하드웨어적 구현에 적합하다. 이러한 하드웨어 구현은 실시간으로 다양한 조건의 영상을 대상으로 높은 성능의 비월주사방식에서 순차주사방식으로의 변환을 가능하게 해준다.

참 고 문 헌

- [1] G. De Haan and E. B. Bellers, "Deinterlacing—an overview," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 9, pp. 1839-1857, Sep. 1998.
- [2] A. Nguyen and E. Dubois, "Spatio-temporal adaptive interlaced-to-progressive conversion," in *Signal Processing of HDTV*, IV, E. Dubois and L. Chiariglione, Eds. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publisher, pp. 749-756, 1993.
- [3] M. Achiha, K. Ishikura, and T. Fukinuki, "A motion-adaptive high-definition converter for NTSC color TV signals," *SMPTE Journal*, vol. 93, no. 5, pp. 470-476, May 1984.
- [4] F.-M. Wang, D. Anastassiou, and A. N. Netravali, "Time-recursive deinterlacing for IDTV and pyramid coding," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 2, no. 3, pp. 365-374, Oct. 1990.
- [5] T. Koivunen, "Motion detection of an interlaced video signal," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 40, no. 3, pp. 753-760, Aug. 1994.
- [6] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [7] T. Doyle and M. Looymans, "Progressive scan conversion using edge information," in *Signal Processing of HDTV*, II, L. Chiariglione, Ed. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publisher, pp. 711-715, 1990.
- [8] J. Salonen, "Edge and motion controlled spatial upconversion," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 40, no. 3, pp. 225-233, Aug. 1994.
- [9] Y. Wang, J. Ostermann, and Y.-Q. Zhang, *Video processing and communications*, Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, 2002.
- [10] D. J. Wang and J. J. Leou, "A new approach to video format conversion using bidirectional motion estimation and hybrid error concealment," *Journal of Information Science and Engineering*, vol. 17, no. 5, pp. 763-777, 2001.

저 자 소 개



변 승 찬(학생회원)
2002년 8월 서강대학교
전자공학과 학사
2002년 9월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
재학 중

<주관심분야: 영상신호해석, 컴퓨터비전, DTV>



변 정 문(학생회원)
2003년 2월 서강대학교
전자공학과 학사
2003년 2월~현재 서강대학교
전자공학과 석사과정
재학 중

<주관심분야: 영상신호해석, 컴퓨터비전, DTV>



김 경 환(정회원)
1984년 서강대학교 전자공학과
학사
1986년 서강대학교 전자공학과
석사
1996년 State University of New
York at Buffalo 전기 및
컴퓨터 공학과 박사

1997년 9월~현재 서강대학교 전자공학과 부교수
<주관심분야: 영상신호해석, 패턴인식, 문서영상
처리, embedded system design>